

## ARTIGO

# Neurociência e aprendizagem

Raquel Lima Silva Costa<sup>1</sup> 

### RESUMO

De enfoque teórico, o presente artigo apresenta noções da neurociência, como neuroplasticidade e funções nervosas superiores (atenção, memória, motivação, emoções e funções executivas), estabelecendo relações entre elas e a aprendizagem. Assim, a partir de revisão de literatura e síntese das informações, temos por principal objetivo articular as contribuições da neurociência às práticas pedagógicas. Ao fazê-lo, esperamos contribuir para reflexões voltadas à promoção de aprendizagens ainda mais significativas aos estudantes.

### PALAVRAS-CHAVE

neurociência; educação; neuroplasticidade; funções nervosas superiores; aprendizagem significativa.

---

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

## *NEUROSCIENCE AND LEARNING*

### ABSTRACT

With a theoretical focus, this article presents notions of neuroscience, such as neuroplasticity and higher nervous functions (attention, memory, motivation, emotions, and executive functions), establishing relationships between them and learning. Thus, based on literature review and synthesis of information, the main objective here is to articulate the contributions of neuroscience to pedagogical practices. In doing so, we intend to broaden reflections regarding promoting even more significant learning for students.

### KEYWORDS

neuroscience; education; neuroplasticity; higher nervous functions; meaningful learning.

## *NEUROCIENCIA Y APRENDIZAJE*

### RESUMEN

Desde un enfoque teórico, este artículo presenta nociones de la neurociencia, como la neuroplasticidad y las funciones nerviosas superiores (atención, memoria, motivación, emociones y funciones ejecutivas), estableciendo relaciones entre ellas y el aprendizaje. Así, a partir de una revisión bibliográfica y síntesis de las informaciones, nuestro principal objetivo es articular los aportes de la neurociencia a las prácticas pedagógicas. Al hacerlo, esperamos contribuir a las reflexiones destinadas a promover un aprendizaje aún más significativo para los estudiantes.

### PALABRAS CLAVE

neurociencia; educación; neuroplasticidad; funciones nerviosas superiores; aprendizaje significativo.

## INTRODUÇÃO

Neste artigo, refletimos sobre como a neurociência, campo do conhecimento que sofreu significativos avanços nas últimas décadas, coopera com a prática pedagógica, especialmente no que confere a estratégias que potencializam a aprendizagem e que, por assim ser, precisam ser levadas em consideração na docência. Interessa-nos, assim, compreender alguns aspectos da neuroplasticidade e das funções nervosas superiores (atenção, memória, motivação, emoções e funções executivas) na relação que mantêm com a aprendizagem. Ressaltamos o enfoque propositivo que buscamos empreender neste trabalho ao considerarmos situações vivenciadas no contexto escolar, ao que verificamos tratar-se de uma contribuição aos estudos referentes à Neuroeducação.

## METODOLOGIA

Circunscrito ao campo da Neuroeducação, este artigo resulta de uma revisão de literatura mobilizada a partir da questão: como a neurociência contribui com a aprendizagem em contexto escolar? Partimos da leitura de duas obras, *Critical thinking in teaching and learning* (Fregni, 2019) e *Neurociência e educação* (Cosenza e Guerra, 2011), cujos autores estabelecem um diálogo entre plasticidade cerebral e aprendizagem. Para aprofundamento das noções de neuroplasticidade e de funções nervosas superiores, bem como da relação que estabelecem com as práticas pedagógicas, ampliamos nosso referencial teórico a partir de pesquisas em livros; banco de teses e dissertações; bibliotecas científicas digitais, como Scientific Electronic Library On-line (SciELO); portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Google Acadêmico. Nossas buscas centraram-se em palavras-chave referentes tanto a conceitos gerais (neurociência e educação; neurociência e aprendizagem; neurociência e prática pedagógica) quanto específicos (atenção e aprendizagem; memória e aprendizagem; funções executivas e aprendizagem, etc.). Feitas as análises abrangentes dos textos aos quais tivemos acesso, passamos às etapas de interpretação e de síntese teórica, balizadas por nosso interesse por proposições pedagógicas. O resultado de nossa pesquisa é de uma efetiva contribuição da neurociência para as práticas de sala de aula e, conseqüentemente, para a aprendizagem dos estudantes.

## NEUROPLASTICIDADE

Do ponto de vista da neurociência, a aprendizagem é compreendida “[...] como modificações do SNC [Sistema Nervoso Central], mais ou menos permanentes, quando o indivíduo é submetido a estímulos e/ou experiências de vida, que serão traduzidas em modificações cerebrais. [...]” (Rotta, 2016b, p. 469). Trata-se de um processo que envolve especialmente as funções nervosas superiores — atenção, memória, motivação, emoções e funções executivas —, as quais, ao atuarem de formas multi e inter-relacional, entre si e com outras funções cerebrais, possibilitam o recebimento e processamento das informações pelo cérebro (cf. Rotta, 2016a, p. 5)<sup>1</sup>.

---

1 Também são funções nervosas superiores a linguagem, o pensamento abstrato e o raciocínio lógico. Neste trabalho, abordamos as funções mencionadas anteriormente.

A aprendizagem está, assim, diretamente associada ao fenômeno denominado neuroplasticidade, capacidade que o cérebro humano tem de “[...] fazer e desfazer ligações entre os neurônios [as sinapses] como consequência das interações constantes com o ambiente externo e interno do corpo.” (Cosenza e Guerra, 2011, p. 36). Essas conexões são capazes de alterar as estruturas e funções do cérebro, em razão da natureza plástica desse órgão, ou seja, do potencial que tem em moldar-se mediante estímulos e experiências. A aprendizagem é, portanto, de essência dialética: provoca mudanças no cérebro e resulta dessas mudanças. Observemos ainda que, no contexto da educação formal, ocorre a neuroplasticidade guiada, algo que exige do educador que se pergunte *o quê e como* fazer para promovê-la (Fregni, 2019).<sup>2</sup>

Conforme Cosenza e Guerra (2011, p. 36), a aprendizagem favorece a criação de novas sinapses, as quais facilitam o fluxo de informação no interior de circuitos nervosos, aumentam a complexidade das ligações nesses circuitos e promovem a associação de circuitos independentes (possibilitando-se, por exemplo, que conceitos novos sejam aprendidos a partir de conhecimentos pré-existentes). Em contrapartida, o não uso de ligações já estabelecidas, ou uma patologia, pode causar reações inversas, empobrecendo os circuitos neuronais, o que explica o esquecimento de algumas informações. Assim, conforme os autores, a aprendizagem se caracteriza “[...] pela formação e consolidação das ligações entre as células nervosas [...]”, sendo “[...] fruto de modificações químicas e estruturais no sistema nervoso de cada um, que exigem energia e tempo para se manifestar.” (*idem*, p. 38).

Existem momentos da vida mais propícios para que determinados aprendizados ocorram e se consolidem (como o desenvolvimento motor e a linguagem). Nomeados períodos críticos, são espaços de tempo (janelas temporais) em que os indivíduos estão mais propensos a estímulos externos. Lopes e Maia (2000, p. 128) advertem, contudo, que “[...] este período não deve ser visto apenas como período de tempo em que determinado evento tem influência decisiva numa qualquer função ou órgão, mas como o período de tempo em que um indivíduo está mais suscetível à influência daquele evento [...]”, de modo que existe “[...] a possibilidade da existência de vários períodos críticos ou sensíveis para o mesmo órgão ou função.”

Por mais que existam momentos específicos para que algumas funções cognitivas se desenvolvam (a infância e a adolescência, aliás, são períodos cruciais nesse sentido), a neurociência constata que aprender faz parte de todas as fases da vida; ocorre desde o nascimento e continua a se manifestar na fase adulta e no envelhecimento, ainda que de forma diversa. Portanto, vivemos aprendendo; somos seres *de e para* o conhecimento.

Sobre essa questão, Fregni (2019) afirma que os seres humanos estão ligados à aprendizagem e que o progresso da civilização resulta do acúmulo rápido de conhecimento. Para o autor, entretanto, há escolas e programas educacionais que parecem ignorar essa capacidade humana e dedicam-se mais a um currículo com grande carga informativa, em vez de uma abordagem mais reflexiva, ativa e crítica.

---

2 A obra *Critical thinking in teaching and learning* (2019), de Felipe Fregni, foi consultada na versão Kindle para PC.

Nesses contextos educacionais, conforme o autor, não é incomum os estudantes prepararem-se, às vésperas, para as provas, ativando apenas a memória de curto prazo (memorização de informações), e preocuparem-se mais com um diploma e uma aprovação do que necessariamente com o que aprendem. Conforme Fregni (2019), os professores, à luz dos mecanismos neurais, podem pensar estratégias capazes de mudar essa realidade e envolver os alunos num percurso de aprendizagem significativa. Substituir a aula-palestra por formas mais contextualizadas de ensino e pensar maneiras de mobilização e motivação são algumas alternativas apresentadas pelo autor.

Outra comprovação da neurociência é a de que os indivíduos aprendem de formas diversas, em tempos distintos, e que é necessário interesse pessoal (uma motivação intrínseca) para que uma aprendizagem profunda ocorra. Ademais, os indivíduos aprendem de maneira única, subjetiva e intransferível, em momentos específicos, e são responsáveis pela própria aprendizagem (no sentido de que ninguém aprende por outrem).

Cosenza e Guerra (2011, p. 27) afirmam que, embora a espécie humana apresente padrões neurais (vias motoras e sensoriais comuns), “não existem dois cérebros iguais”. A diferença cerebral recai, conforme os autores, sobre como os neurônios de cada indivíduo se interligam, estabelecendo vias particulares de conexão: “[...] a história de vida de cada um constrói, desfaz e reorganiza permanentemente as conexões sinápticas entre os bilhões de neurônios que constituem o cérebro.” (*idem*, p. 28).

Essa informação sobre idiosincrasias que marcam a aprendizagem é fundamental para a docência, especialmente no contexto de turmas heterogêneas, pois:

1. explica a diversidade de ritmos de aprendizagem, então vinculados a condições específicas de cada aprendiz (aspectos cognitivos, familiares, ambientais, socioeconômicos e culturais, além de contextos escolares anteriores);
2. apresenta o compartilhamento de saberes e experiências como fenômeno que enriquece o contexto de sala de aula (em razão da diversidade étnica e cultural de uma turma); e
3. exige repensar o processo de avaliação e classificação no contexto escolar (uma mesma régua não dá conta, ao menos não em contexto escolar plural e dinâmico, de observar e avaliar as múltiplas conexões neurais individuais realizadas pelos estudantes).

Os estudos neurocientíficos evidenciam também que, por mais que utilizemos o cérebro a todo momento, inclusive nas horas de sono, pensar de forma crítico-reflexiva é desafiador, pois exige recursos cognitivos extras, que mentalmente cansam e demoram para ocorrer (Willingham, 2011). Em contrapartida, existem estratégias didáticas, especialmente relacionadas à motivação e à solução de problemas (em qualquer área do conhecimento) que, uma vez capazes de aumentar o interesse e os níveis de satisfação dos estudantes diante do que aprendem, são capazes de potencializar a aprendizagem (*idem*).

Ainda sobre a plasticidade cerebral, algo importante a se frisar é que importa não somente a quantidade de neurônios,<sup>3</sup> mas também a riqueza e profundidade das ligações estabelecidas. Sobre essa questão, Fregni (2019), baseando-se no princípio de Donald Hebb, segundo o qual neurônios que disparam juntos se conectam, ressalta a importância de conexões sólidas, capazes de formar redes neurais. São conexões que envolvem várias áreas do cérebro, ativadas simultaneamente, e que, uma vez instituídas, são fundamentais para as conexões conceituais posteriores. Transpondo a reflexão ao contexto pedagógico, compreendemos a importância de se pensar mecanismos para que os estudantes sejam capazes de estabelecer relações de sentido, ampliando suas redes de conexão e, conseqüentemente, aprofundando a compreensão diante dos conceitos abordados em sala de aula.

Nesse aspecto, Fregni (2019, p. 7) ressalta que o grande equívoco que alguns docentes cometem é o de se preocuparem majoritariamente com a quantidade de conteúdos, quando, na verdade, “[...] *it is not the amount of content that matters but how it is reflected on and processed by students. Long-lasting learning is associated with the connectivity of content.*”,<sup>4</sup> ou seja, quanto maior a capacidade de o aluno estabelecer relações de sentido entre os conceitos (ampliando e solidificando conexões neurais), maior também a chance de ele vivenciar uma aprendizagem significativa, profunda e duradoura, a qual, passando a ocupar a memória de longo prazo, poderá ser recuperada posteriormente. Não significa limitar conceitos novos aos alunos; ao contrário, significa aprofundar conceitos existentes por meio de estratégias que possibilitem pensamento crítico e tomada de decisão, o que, conseqüentemente, requererá, em momentos oportunos, a abordagem de conceitos novos.

Reiterando suas explicações, Fregni (2019) menciona que, ao refletir criticamente, os estudantes geram alterações cerebrais (as inter e multiconexões) que facilitam a passagem de informações. Em contextos de pouca atividade reflexiva, pelo contrário, essa passagem torna-se limitada. O autor adverte que o estudante é o principal responsável por gerar a atividade entre os neurônios (trata-se de algo interno), enquanto o professor atua como um motivador, não podendo forçar o processo, mas podendo contribuir para que os alunos construam suas redes neurais cada vez mais sólidas e permanentes. O autor apresenta como possibilidade para a mobilização discente a conversa e interação dos alunos entre si.

*There are many ways to improve neuronal firing in a distributed circuit. A basic approach is human interaction and conversation. These activities are how human beings learn naturally and how they have learned during most of human evolution. The great advantage of conversation is the dynamic nature of this process – concepts can be tested and adapted during the conversation. [...].*

3 Nesse aspecto, importa saber que a quase totalidade dos neurônios de um adulto (dezenas de bilhões) forma-se na fase pré-natal, ou seja, ainda no período fetal. O que ocorre após o nascimento, até o fim da vida, é o estabelecimento de conexões neuronais, que caracterizam a plasticidade cerebral (cf. Cosenza e Guerra, 2011).

4 Tradução nossa: “Não é a quantidade de conteúdo que importa, mas como ele é pensado e processado pelos alunos. A aprendizagem duradoura está associada à conectividade do conteúdo.”.

*Similarly, a conversation with multiple people will be richer [...].* (Fregni, 2019, p. 10)<sup>5</sup>

A troca de experiências entre os pares é, pois, um rico processo de construção do conhecimento por meio de saberes compartilhados. A heterogeneidade da turma, nesse contexto, aliás, torna-se algo altamente positivo, em razão da diversidade de história de vida.

Nesse contexto, Fregni (2019) cita Eric Mazur, professor de física aplicada de Havard que se tornou conhecido pelo seu método *Peer Instruction*, aprendizagem baseada na redução da aula expositiva e ampliação da interação dos alunos, os quais testam hipóteses e cooperam para encontrar respostas e soluções. Mazur desenvolveu esse método após perceber que suas aulas totalmente expositivas não repercutiam significativamente, especialmente quando os estudantes precisavam associar o que aprendiam com problemas reais, que exigiam reflexões mais profundas. O objetivo do método é o de dar mais foco à capacidade dos alunos de compartilhar saberes em um contexto em que o professor não ocupa mais o tempo todo da aula com palestra.

Ainda sobre a importância da interação, descobertas neurocientíficas recentes revelam um fenômeno cognitivo denominado “sincronização neural”. Trata-se de uma capacidade que os cérebros humanos têm de literalmente se conectarem quando os indivíduos estabelecem interações sociais, como as que envolvem o trabalho colaborativo, por exemplo. Ao desenvolverem atividades síncronas, ou seja, quando desenvolvem uma ação conjunta e simultânea, os cérebros entram em sintonia. É a conclusão a que chegaram os autores do artigo “*Brain-to-brain synchronization across two persons predicts mutual prosociality*”, que afirmam o seguinte: “[...] *while two persons are behaving in a synchronized way, their brain activities are at the same time coupled, demonstrating the interbrain synchronization (IBS).*”<sup>6</sup> (Hasson *et al.*, 2012 *apud* Hu *et al.*, 2017, p. 1835).

Segundo os pesquisadores, ao menos duas teorias explicam essa sincronia interpessoal. Uma delas relaciona-se ao fato de que, ao desenvolverem tarefas que requerem comportamentos sincronizados, os indivíduos compartilham objetivos comuns, apresentando, portanto, uma intencionalidade compartilhada. Outra teoria refere-se ao fato de que, em interações dessa natureza, os indivíduos percebem semelhanças entre si, condição que aumenta a confiança entre eles, potencializando as ações pró-sociais, ou seja, interativas (cf. Hu *et al.*, 2017). Os resultados do artigo corroboram o que alguns métodos de aprendizagem ativa propõem sobre a importância da troca de saberes, como o *Peer Instruction*, a Aprendizagem Baseada em Problemas, a Aprendizagem Baseada em Projetos, entre outros.

5 Tradução nossa: “Existem muitas maneiras de melhorar o disparo neuronal em um circuito distribuído. Uma abordagem básica é a interação e conversação humanas. Essas atividades representam como os seres humanos aprendem naturalmente e como aprendem durante a maior parte da evolução humana. A grande vantagem da conversa é a natureza dinâmica desse processo — os conceitos podem ser testados e adaptados durante a conversa. [...] Da mesma forma, uma conversa com várias pessoas será mais rica [...]”

6 Tradução nossa: “[...] enquanto duas pessoas se comportam de maneira sincronizada, suas atividades cerebrais estão ao mesmo tempo acopladas, demonstrando a sincronização entre os cérebros (IBS).”

Algo que talvez possa ser pensado, no contexto de atividades de interação (instrução por pares, aprendizagem baseada em problemas e projetos) e em situações em que os alunos tomam contato com algum assunto antes de ele ser explorado pelo professor em aula (sala de aula invertida), é a possibilidade de os estudantes não compreenderem conceitos ou associarem informações equivocadamente, incorrendo em “erros”. Para a neurociência, esse fato é, ao contrário, algo positivo para quem aprende. Cometer erros e corrigi-los durante o processo de aprendizagem possibilita aos estudantes explorar caminhos diversos para a resolução de um problema, o qual, aliás, nem sempre tem ou precisa ter uma única solução.

*A counterargument here is that this approach (students reading or discussing by themselves before a formal discussion that is held by the teacher) may lead to errors. Students might learn the incorrect concepts and make wrong associations during this process. In point of fact, this method is not a problem, and it may be valuable to make these mistakes if they are corrected during the process. When students learn that they have made a mistake, a circuit that shows that that pathway is not correct is activated. To some extent, the student who learned with mistakes might form a larger circuit than those who did not. Part of reflection and experimentation is to explore different pathways.* (Fregni, 2019, p. 14-15)<sup>7</sup>

Ao destacar o papel mediador do docente, Fregni (2019), pela ótica da neurociência, salienta a importância de uma mudança paradigmática na prática de ensino: a passagem de métodos de ensino centrados no professor para aqueles centrados no aluno. Estes últimos voltam-se para mobilizações capazes de envolver o estudante, de forma ativa, na construção do conhecimento e, conseqüentemente, no processo de reflexão crítica mais aprofundada.

## FUNÇÕES NERVOSAS SUPERIORES

Como já mencionado, as áreas neurais responsáveis pelas funções nervosas superiores atuam de maneira inter e multirrelacional, de modo que mantêm conexões entre si e com as demais áreas e funções cerebrais. São atividades complexas que se desenvolvem e se aprimoram pela interação do indivíduo

---

7 Tradução nossa: “Um contra-argumento aqui é que esta abordagem (alunos lendo ou discutindo por si próprios antes de uma discussão formal realizada pelo professor) pode levar a erros, pois os alunos podem aprender os conceitos incorretos e fazer associações erradas durante esse processo. Na verdade, esse método não é um problema e pode ser valioso cometer esses erros se eles forem corrigidos durante o processo. Quando os alunos descobrem que cometeram um erro, é ativado um circuito que mostra que aquele caminho não está correto. Até certo ponto, o aluno que aprendeu com erros pode formar um circuito mais amplo do que aqueles que não o fizeram. Parte da reflexão e experimentação é explorar caminhos diferentes.”



com os meios ambiente e social (estímulos ambientais e sociais). Ademais, são capacidades que tardam a amadurecer, atingindo um grau de maturação na fase adulta, especialmente no que toca, como veremos adiante, às funções executivas relacionadas à metacognição e à autorregulação. Do ponto de vista pedagógico, importa aos profissionais da educação saber minimamente sobre essas funções, pois impactam sobremaneira a própria disposição do indivíduo para a aprendizagem.

Neste tópico, detemo-nos sobre as seguintes funções nervosas superiores: atenção, memória, motivação, emoções e funções executivas.

## ATENÇÃO

A atenção diz respeito à capacidade que o ser humano tem de dar ênfase a fatos relevantes. Bombardeados por informações de naturezas diversa e intensa (percepções auditivas, visuais, olfativas, sonoras, etc.), o indivíduo necessita focar determinados aspectos do ambiente, ignorando outros, para que informações indispensáveis sejam processadas pelo cérebro. É por essa razão que assistir a uma aula enquanto se digita uma mensagem em um aplicativo impacta negativamente ambas as atividades realizadas. Cumpre observar, assim, que não somos tão multitarefas como poderíamos supor. A ideia de que se é possível realizar inúmeras ações simultâneas (ler um livro, assistir a um filme, ouvir uma música e navegar pela internet) e extrair delas seu potencial é errônea. Uma vez sendo realizadas concomitantemente, o sistema atencional é afetado, de modo que nenhuma delas será realizada com eficiência, haja vista que “[...] duas informações que viajem por um mesmo canal não serão processadas ao mesmo tempo, pois o cérebro será obrigado a alternar a atenção entre as informações concorrentes.” (Cosenza e Guerra, 2011, p. 47).

Assim, no contexto educativo, é importante considerar o sistema atencional, pois ele está diretamente relacionado ao engajamento do estudante com a prática escolar a ser realizada. Reduzir ao máximo os mecanismos distraidores para que maior atenção seja dada ao que é indispensável torna-se fundamental. Além disso, importa também provocar estímulos que não só captem a atenção dos alunos como também a mantenham por certo tempo, de modo que os estudantes consigam compreender conceitos e participar do que é proposto.

Sobre a questão, Fregni (2019) ressalta que nosso sistema sensorial responde melhor ao contraste do que a informações constantes, por isso a importância de se considerarem, numa aula, estímulos auditivos e visuais, a fim de captar a atenção dos estudantes (tom e velocidade da voz; aspectos táteis, cores e movimento nas apresentações em *slides*; elementos combinados, etc.). Não é preciso mencionar que uma exposição longa, em formato de palestra, com muitos *slides*, numa sala com luzes apagadas, obterá resultados pouco proveitosos. Fregni (2019) salienta que importa também o modo como o estímulo é apresentado. Para exemplificar, o pesquisador cita três possibilidades para a apresentação de um conteúdo no contexto de uma aula. Para facilitar, inscrevemos, abreviadamente, os exemplos do autor no Quadro 1.

**Quadro 1 – Cenários pedagógicos apresentados e analisados por Fregni (2019).**

|  |   |
|--|---|
| Contexto dado por Fregni (2019): um professor de biologia deseja ensinar as propriedades da membrana celular para que os alunos compreendam como essa membrana regula as substâncias que entram na célula e saem dela. |   |
| <b>Cenário 1</b>   | Good morning, class. Today, we will continue our biology class, and I will teach you the structure of the cell. First, the cell has a membrane. <i>The cell membrane is important, because it controls the internal environment of a cell, managing the substances that enter and exit.</i> The cell membrane has several functions: it can help you to fight infections ..., etc.* (Fregni, 2019, p. 17, grifos do original)   |
| <b>Cenário 2</b>   | Good morning, class. Today, you will learn something very important to keep you alive, something that helps you fight infections, control your body homeostasis, and helps you to fight the nasty flu. It is a simple structure, billions of which all of us have in our body. Think for a minute: What is this “magic structure” that we have in our bodies that is so vital for keeping us alive?... It is the cell membrane!! <i>The cell membrane is important, because it controls the internal environment of a cell, regulating the substances that get in and out.</i> ** (Fregni, 2019, p. 17-18, grifos do original)  |
| <b>Cenário 3</b>   | Good morning, class (the instructor starts to walk around the class). Today, you will learn about this... [the instructor then shows a big pink balloon, representing a giant cell]... [the instructor pauses and continues to walk around with this big pink ball]... You can feel it... [and the instructor walks among the students while they touch the ball]... This is a cell, and this is the cell membrane [pointing to the pink elastic surface of the ball]. Now pay attention... [the instructor draws a large needle and blows off the ball. A loud bang is heard, and candy bars rain down from the ball]... What did you see [The students will say, “Candy bars”], and how was this possible? Because of the “cell membrane.” <i>The cell membrane is important, as it controls the internal environment of a cell, coordinating the substances that enter and exit.</i> In this case, this cell membrane kept the candy bars inside...*** (Fregni, 2019, p. 18, grifos do original) |

\*Tradução nossa: “Bom dia, turma. Hoje, vamos continuar nossa aula de Biologia e eu vou ensinar a vocês a estrutura da célula. Primeiramente, a célula tem uma membrana. A membrana celular é importante, pois controla a parte interna do ambiente de uma célula, gerenciando as substâncias que entram e saem. A membrana celular tem várias funções: pode ajudá-lo a combater infecções... etc.”

\*\*Tradução nossa: “Bom dia, turma. Hoje, vocês aprenderão algo muito importante para mantê-los vivos; algo que vai ajudar o organismo de vocês a combater infecções, controlar a homeostase do corpo e prevenir uma gripe horrível. É uma estrutura simples, temos bilhões delas em nosso corpo. Pense por um minuto: o que é essa ‘estrutura mágica’ que temos em nossos corpos, que é tão vital para nos mantermos vivos?... É a membrana celular, uma estrutura importante, porque controla o ambiente interno de uma célula, regulando as substâncias que entram e saem”.

\*\*\*Tradução nossa: “Bom dia, turma (o professor começa a caminhar pela classe). Hoje, vocês vão aprender sobre... [mostra um grande balão rosa, representando uma célula gigante]... [faz uma pausa e continua a andar com a grande bola rosa]... Vocês podem sentir isso... [caminha entre os alunos enquanto eles tocam a bola]... Isto é uma célula, e esta é a membrana celular [apontando para a superfície elástica rosa da bola]. Agora, prestem atenção... [com uma agulha grande, o professor estoura a bola. Ouve-se um grande estrondo e chovem chocolates da bola]... O que vocês viram [os alunos dirão, ‘barras de chocolate’], e como isso foi possível? Por causa da ‘membrana celular’. *A membrana celular é importante, pois controla o ambiente interno de uma célula, coordenando as substâncias que entram e saem.* Neste caso, esta membrana celular manteve os chocolates dentro...”. Exemplos dados por Fregni (2019), em seu livro *Critical Thinking in Teaching & Learning*.

Não questionamos que a aprendizagem possa ocorrer nos três cenários apresentados. Deles, contudo, Fregni (2019) apresenta o segundo e o terceiro como aqueles com mais chances de captar a atenção da maior parte dos estudantes, pois denotam potencial de mobilização para o conhecimento. São, portanto, contextos mais propensos a possibilitar os “disparos neuronais”. No segundo cenário, observamos que o professor destaca para os estudantes os benefícios da aprendizagem: “[...] algo muito importante para mantê-los vivos; algo que vai ajudar o organismo de vocês a combater infecções, controlar a homeostase do corpo, prevenir uma gri-

pe horrível [...]” (Fregni, 2019, p. 17-18). No terceiro, existe uma *performance* que envolve a exposição, denotando uma junção de estímulos (visão, audição e tato), o que chama a atenção e gera uma curiosidade inicial.

É importante salientar o risco, no caso do terceiro cenário, de os alunos envolverem-se em demasia com a *performance*. O professor, nesse sentido, precisa estar preparado para fazer a correlação com o conteúdo selecionado, sistematizando as informações. No segundo cenário, o docente, ao comunicar os alunos sobre a relevância do assunto a ser tratado, prepara o cérebro para as informações subseqüentes, aumentando, conforme Fregni (2019), as chances para a aprendizagem significativa. Em todo caso, percebemos, especialmente nesses dois últimos cenários, uma preocupação do professor em mobilizar os estudantes para a reflexão, com estímulos que acionam o sistema atencional.

Por fim, um outro detalhe sobre o sistema atencional a ser levado em conta no contexto pedagógico refere-se à carga cognitiva exigida durante uma aula. Quando o que se exige é muito superior ao que os alunos apresentam como conhecimento prévio, o assunto pode provocar desvio de foco, frustração e cansaço mental (Willingham, 2011, p. 29). Realização de avaliações diagnósticas (formais e informais) no processo de ensino-aprendizagem, olhar sensível aos limites cognitivos momentâneos dos estudantes e saber experiencial em reconhecer a zona de desenvolvimento iminente (Vigotski, 1998), considerando-se inclusive os vários ritmos de aprendizagem, são todas competências necessárias no âmbito de um processo altamente dinâmico como é o da aprendizagem humana.

## MEMÓRIA

A memória humana está diretamente relacionada à atenção, uma vez que, para chegar à memória, as informações passam pelo filtro da atenção. Antes, cumpre diferenciarmos aprendizado e memória, intrinsecamente correlacionados. O primeiro, conforme já vimos, diz respeito, no que toca à neurociência, ao processo de aquisição de informações pelo sistema nervoso, observado por meio de mudanças no comportamento; o segundo permite a codificação, o armazenamento e a evocação das informações (Purves *et al.*, 2010; Cosenza e Guerra, 2011).

Existem diferentes tipos de memória, dentre as quais se destacam a explícita (declarativa), cujas recordações são conscientemente retomadas, e a implícita (não declarativa ou procedural), ativada de forma inconsciente. No âmbito da memória explícita, há informações transitórias, relacionadas a eventos cotidianos (lembrar um número de telefone, o nome de uma rua, onde o carro foi estacionado, etc.), que, após serem utilizadas, desaparecem (memória de curto prazo); e há informações que perduram por mais tempo, em forma de registros permanentes, necessários para eventos futuros (memória de longo prazo).<sup>8</sup>

8 Ao tratar-se de memória, pode-se levar em consideração o aspecto temporal. Nesse caso, temos a memória imediata (envolve segundos); a de trabalho (envolve segundos e minutos); e a de longo prazo (envolve dias, anos). Memórias imediatas e de trabalho podem ser transferidas para a de longo prazo, desde que se tornem relevantes, ao contrário, desaparecem (cf. Purves *et al.*, 2010, p. 792). Pode-se também levar em consideração a natureza dos processos envolvidos. Temos então a memória episódica (relacionada a eventos da vida real, à biografia) e a semântica (relacionada à linguagem e outros códigos) (cf. Cosenza e Guerra, 2011, p. 69 e Izquierdo, 1989, p. 94).

É essencial que informações que serão úteis em ocasiões futuras sejam transformadas em registros, para serem arquivados no cérebro e recuperados em contextos determinados. A fim de que um registro se torne permanente na memória, três processos atuam adicionalmente: a repetição, a elaboração e a consolidação. No processo de repetição, não basta que informações sejam fornecidas de forma idêntica; antes, importa que novos conhecimentos sobre um fenômeno sejam agregados e associados, gerando o processo de elaboração, momento em que conhecimentos novos são vinculados a outros já existentes. Quanto mais complexas essas associações, mais fortes serão as sinapses e os vínculos estabelecidos, contribuindo-se, então, para a consolidação da memória, ou seja, para a formação de registros permanentes, menos suscetíveis ao esquecimento (cf. Cosenza e Guerra, 2011, p. 62-63). Um dado relevante é que o sono contribui para o processo de consolidação, haja vista que

É durante o sono que os mecanismos eletrofisiológicos e moleculares envolvidos na formação de sinapses mais estáveis estão em funcionamento. É como se o cérebro, durante o sono, passasse a limpo as experiências vividas e as informações recebidas durante o período de vigília, tornando mais estáveis e definitivas aquelas que são mais significativas. (Cosenza e Guerra, 2011, p. 65)

No que confere à aprendizagem, as implicações referentes à memória explícita são diretas: é preciso consolidar informações para que, de fato, possam ser armazenadas no cérebro e recuperadas em momentos futuros. Como a consolidação requer uma maior complexidade no estabelecimento de vínculos associativos, cabe ao professor pensar estratégias que estabeleçam essas redes de conexão. A leitura, a produção textual, o trabalho em grupo, a exposição em seminários, as pesquisas na internet, etc. são atividades que contribuem para a consolidação da aprendizagem. Como as informações chegam em grande quantidade, a mediação docente na seleção de conteúdos essenciais e de materiais, bem como na condução das tarefas, é algo incontestável (cf. Cosenza e Guerra, 2011, p. 73).

A memória implícita, também conhecida como procedural ou procedimental, associa-se ao comportamento sensório-motor, como andar de bicicleta, dirigir um carro, tocar um instrumento musical, praticar um esporte. São conhecimentos que envolvem ações internalizadas inconscientemente. Para os contextos apresentados, é crucial que certos procedimentos sejam processados de forma inconsciente, como encaixar os pés no pedal da bicicleta, acionar marchas em tempo adequado, saber o tempo para pressionar o dedo na pressão correta para a precisão de uma nota musical, precisar os movimentos para um chute perfeito, etc. Se parássemos para pensar em todos os movimentos mencionados, talvez as ações nem fossem executadas, não, ao menos, no tempo adequado. Tratam-se, pois, de aprendizagens que se tornam hábitos capazes de persistir por toda a vida.

Um detalhe importante a ser considerado sobre a memória refere-se a suas formas de armazenamento e recuperação. As memórias passam por modificações constantes. Seja o arquivamento de registros, seja a evocação deles, o processo ocorre de forma fragmentária, e não de forma estática e completa (Cosenza e Guerra, 2011). Ao lembrarmos de um evento, por exemplo, as cenas, então fragmentadas,

vêm à tona e, além disso, mesclam-se com o momento presente. Nossa memória, portanto, sofre modificações ao longo do tempo, o que ressignifica, inclusive, o sentido que temos do passado. Assim, para além de guardar eventos que já ocorreram, a memória nos prepara para eventos futuros, contribuindo para que reconheçamos situações similares àquelas anteriormente vividas, ajudando-nos na tomada de decisões. Diante dessa certa fragilidade da memória, cumpre-nos saber, pensando inclusive a prática de sala de aula, que as memórias mais sólidas e duradouras estão relacionadas aos registros permanentes, ou seja, consolidados.

Na relação entre memória e aprendizagem, Fregni (2019) salienta ainda alguns pontos. Para que um estudante consiga reter informações, transformando-as em aprendizagem significativa, é preciso que estejam relacionadas à vida real e que possam ser recuperadas periodicamente. É importante ainda que o aluno reflita sobre o que aprendeu em profundidade. Nesse contexto, o professor precisa dar a oportunidade de recuperação das informações, permitir ao aprendiz que retome e aprofunde o que foi aprendido. Um exemplo, aliás já mencionado, é evitar a superabundância de informações novas sem que as anteriores tenham sido consolidadas por meio de conexões fortes e duráveis.

Trata-se de uma mudança de paradigma tanto para o docente como para o discente. Ambos precisam entender que mais importante do que chegar a conclusões de forma rápida é refletir sobre o percurso de aprendizagem, considerando-se, inclusive, as estratégias utilizadas no caminho (a metacognição), isto é, compreender os mecanismos que possibilitaram aprender a aprender. Cumpre cuidar ainda do sono, da dieta e de exercícios físicos, diretamente associados às melhores condições da memória e da aprendizagem.

## MOTIVAÇÃO

Há algo responsável por mobilizar a atenção e facilitar a retenção das informações pela memória: a motivação. Do ponto de vista neural, a motivação vincula-se à liberação de dopamina e relaciona-se a fatores como medo e fome enquanto mecanismos de sobrevivência. Trata-se, em linhas gerais, de todo fator, razão ou motivo que conduz a uma ação, a uma mudança de comportamento, a um aprendizado, a um objetivo; é, assim, um tipo de impulso (externo ou interno) capaz de fazer com que um indivíduo direcione energia e tempo para realizar determinadas tarefas ou continuar aquelas já iniciadas.

A literatura apresenta dois tipos de motivação: a intrínseca, quando é o próprio sujeito que se empenha, por iniciativa e interesse próprio, na realização de uma atividade; e a extrínseca, quando a força que impele o sujeito à ação lhe é exterior e ele decide acatá-la. No contexto educativo, ambos os tipos de motivações são importantes. A extrínseca, por exemplo, relaciona-se à rotina, à disciplina e à organização escolar; já a intrínseca diz respeito a interesses pessoais e projetos de vida.

Ainda que ambas as formas de motivação coexistam no âmbito escolar, Fregni (2019) ressalta a importância de se observarem alguns comportamentos relacionados à motivação extrínseca cujos efeitos, em determinados contextos, possam ser adversos, do ponto de vista cognitivo. São alguns exemplos conhecidos, nesse caso: estudar às vésperas de um exame; dedicar-se apenas a um tópico de um

assunto, em certas divisões de trabalho em grupo; encontrar formas de aprovação no fim de um curso. Todas são estratégias que vislumbram apenas as recompensas finais, e não o processo de aprendizagem.

Fregni (2019, p. 49) também assinala pontos relevantes sobre a motivação intrínseca, aquela que, para ele, “vem de dentro”. Para o autor, essa motivação é mais forte do que a extrínseca e é responsável por mobilizar os indivíduos em grandes descobertas, uma vez que é capaz de gerar em alguém o desejo de manter-se empenhado em seus objetivos. Com base em Daniel Pink (2011), Fregni (2019) cita três componentes associados à motivação intrínseca: a autonomia, relacionada à competência de desenvolver e gerir projetos; o domínio, referente à capacidade de, uma vez desempenhada uma habilidade específica, avançar para etapas mais complexas; e o propósito, concernente à finalidade das atividades, ou seja, aos motivos e sentidos atrelados à ação realizada (Pink, 2011 *apud* Fregni, 2019). Ao refletir sobre a possibilidade de a motivação intrínseca ser desencadeada externamente, Fregni (2019) aponta como alternativa apresentar aos estudantes o propósito da aprendizagem, explicando-lhes, por exemplo, como o que aprendem está relacionado com a vida real.

A questão relevante é, então, refletir sobre como pode o docente conseguir motivar seus alunos. Como sabemos, não existe uma resposta simples e absoluta para essa questão, a qual, aliás, precisa levar em consideração as especificidades dos contextos de aprendizagem. Uma alternativa está vinculada a estratégias didáticas que levem em consideração não somente aspectos cognitivos, mas também metacognitivos. Nesse aspecto, o professor, ao levar em conta formas de potencializar a aprendizagem, pode ainda considerar o fato de que o estudante, ele mesmo, pode pensar em como aprende melhor. Em outras palavras, a importância de se ensinar os estudantes a refletirem sobre como aprendem, para que regulem suas aprendizagens. Essa é a essência das estratégias metacognitivas (vinculadas também, como veremos mais adiante, às funções executivas).

A importância desse vínculo entre motivação e estratégias didáticas é apresentada por Perassinoto, Boruchovitch e Bzuneck (2013) no artigo “Estratégias de aprendizagem e motivação para aprender de alunos do Ensino Fundamental”, cujos resultados apontam que os alunos precisam aprimorar tanto os aspectos cognitivos (armazenamento e recuperação da informação) como os metacognitivos (controle e reflexão sobre o próprio processo de aprendizagem). Contudo, conforme os autores, estratégias metacognitivas também precisam ser conhecidas e realizadas pelos professores, de modo que possam dar a ver aos estudantes que, se, por um lado, existem atividades que podem ser realizadas de modo mais espontâneo e intuitivo, há também aquelas que requerem maior tempo de preparo e autorregulação (cf. Perassinoto, Boruchovitch e Bzuneck, 2013, p. 357).

Perassinoto, Boruchovitch e Bzuneck (2013) defendem, assim, que a melhora do desempenho escolar, em razão do uso de estratégias de aprendizagem, fomenta a motivação intrínseca. Ademais, como também mencionado por Fregni (2019), os autores aludem a estratégias motivadoras que os docentes podem desempenhar quando concedem maior autonomia aos estudantes nas tarefas escolares; exploram interesses pessoais dos alunos; revelam o valor e significado das aprendizagens; e

fornecem *feedback* de desempenho para possibilitar a percepção da competência. Ademais, afirmam que “[...] a previsão é de que se feche um círculo virtuoso, no qual a motivação para aprender fomenta o uso de estratégias e estas, a motivação, com efeitos finais sobre o desempenho.” (Perassinoto, Boruchovitch e Bzuneck, 2013, p. 359).

## EMOÇÕES

O desempenho acadêmico sofre também influência do estado emocional do indivíduo que aprende. A neurociência comprova um profundo vínculo entre cognição e emoção. Sabemos, contudo, ser um desafio abordar a questão em sala de aula, especialmente, em nosso contexto cultural, em que “[...] as emoções costumam ser consideradas um resíduo da evolução animal e são tidas como um elemento perturbador para a tomada de decisões racionais.” (Cosenza e Guerra, 2011, p. 76). O que a neurociência evidencia é, ao contrário, a importância da autogestão emocional para que as melhores decisões sejam tomadas não somente no contexto educacional, como em qualquer esfera da vida. No entanto, conforme assinala Fonseca (2016), ainda que as emoções impactem significativamente a aprendizagem, há insegurança por parte dos profissionais da educação em abordarem as emoções em sala de aula. Isso se deve, como sabemos, à complexidade do tema.<sup>9</sup>

De acordo com Cosenza e Guerra (2011), as emoções mobilizam mecanismos cognitivos, como a atenção e a percepção, e sinalizam que algo importante acontece. São essenciais, pois também mantêm relação com a sobrevivência (o medo, por exemplo, manifesta-se frente ao perigo). Ao associarem-se à memória, as emoções prepararam os indivíduos para evitar eventos semelhantes ou para vivê-los novamente, já conscientes dos riscos sofridos e das ações a serem realizadas. Algo a ressaltar é que a espécie humana é a única a demonstrar consciência emocional, ou seja, somos capazes de reconhecer nossas próprias emoções. Além disso, também identificamos e distinguimos as emoções de outrem. Essas habilidades são fundamentais, pois nos tornam aptos a controlar nossas emoções, especialmente em razão de exigências sociais, bem como possibilitam que desenvolvamos sentimentos como os de empatia, altruísmo e solidariedade.

Há outra questão importante a considerar. As emoções geram reações, reveladas pelo corpo, como sudorese e taquicardia (perceptíveis por quem as sente) e tremores, rubor e demais expressões faciais (desveladas a um observador). Processos químicos também estão relacionados a essas sensações, que se originam em regiões específicas no cérebro, em especial, no sistema límbico, responsável pelo controle das emoções e pelos processos motivacionais (Cosenza e Guerra, 2011). Existe, contudo, uma região, no córtex pré-frontal, que se dedica a analisar e integrar todos esses avisos emocionais. Decidimos esmiuçar um pouco esses detalhes, de forma

9 Indicamos os estudos de António Damásio (2006), notadamente *O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano*, em que o autor conceitua não só a emoção e o sentimento, mas também suas variedades.

breve, para explicar algo importante para o contexto pedagógico, especialmente para quem atua com crianças, pré-adolescentes e adolescentes: “[...] o córtex pré-frontal é lento no seu desenvolvimento e até a adolescência não está maduro, inclusive na sua capacidade de inibir impulsos.” (*idem*, p. 83).<sup>10</sup>

Na adolescência, portanto, então atraídos por experiências novas, os jovens precisam lidar com situações para cujas decisões não estão completamente maduros, do ponto de vista cognitivo. Isso explica impulsividades e comportamentos instáveis que enfrentam. Por outro lado, é nesse momento da vida que se preparam para a fase adulta, quando também atinge maturidade o sistema destinado às funções executivas, responsável pela autorregulação e tomadas de decisão (cf. Cosenza e Guerra, 2011, p. 83-85). No contexto educativo, observamos, assim, a relevância das orientações pedagógicas, especialmente no que se refere a prevenir os jovens sobre a importância do equilíbrio emocional e orientá-los a respeito dos riscos comuns a essa fase da vida.

Considerando as emoções, Fregni (2019) aborda dois fatores que, no contexto da sala de aula, afetam mais diretamente a aprendizagem: o estresse e o clima social. No caso do estresse, em geral associado à excitação emocional, o autor assinala que pode ser benéfico, quando relacionado à fase de codificação da aprendizagem (por contribuir com fatores relacionados à plasticidade cerebral), e prejudicial, caso ocorra na fase da recuperação e consolidação. Ademais, quando prolongado e intenso, associando-se à produção de cortisol, também afeta negativamente a aprendizagem.

Sobre o clima social, Fregni (2019) explica que a interação, altamente positiva para promover motivação e trocas de saberes, pode também gerar estresse em alguns indivíduos, quando se sentem expostos (por exemplo, quando precisam falar em público, expor uma ideia, etc.). O estresse é reduzido e o sentimento de recompensa é ativado quando o indivíduo é acolhido pelo grupo, sendo reconhecido por suas contribuições, visto como componente fundamental para a realização dos objetivos grupais. O trabalho em grupo precisa, então, funcionar como apoio social (Fregni, 2019). Ao professor, cabe conhecer as possibilidades de interação que potencializam a aprendizagem em contextos grupais.<sup>11</sup>

Ainda sobre o estresse, Fonseca (2016) alerta para casos em que estudantes, uma vez sujeitos a pressões escolares, podem desenvolver estresse crônico e sofrimento emocional, o que, por sua vez, pode gerar outros problemas, como ansiedade, depressão, desmotivação, vulnerabilidade e baixa produtividade, fatores que interferem no rendimento escolar. Cumpre salientar também outros tipos de pressão vivenciados pelos jovens, como os advindos de contextos familiares e grupais, em geral conflitos relacionados a desempenhos escolares, identitários e sociais, que afetam inclusive a formação da autoimagem. Instabilidades emocionais dessa ordem, ao estarem associadas ao sistema cognitivo, acometem, conseqüentemente, a aprendizagem.

10 Indicamos *O cérebro adolescente*, de Suzana Herculano-Houzel (2015).

11 Indicamos *Planejando o trabalho em grupo: estratégias para salas de aula heterogêneas* (Cohen e Lotan, 2017).



Cumpre, todavia, frisar um aspecto relevante sobre as emoções: é possível lidar com elas. Esse processo de autogestão emocional é fundamental para o convívio social e para a aprendizagem, pois envolve processos de metacognição, ao passo que refletimos sobre uma situação visando torná-la mais agradável. Ao, por exemplo, tomarmos consciência de que acordar atrasado(a) ou postergar a entrega de uma atividade nos causa estresse ou ansiedade, somos capazes de mobilizar estratégias para evitar situações similares. Conversar sobre o que sentimos com outra pessoa, bem como tomar ciência que outros indivíduos enfrentam situações semelhantes a que vivemos também coopera com o autoconhecimento. Não há, portanto, como separar emoção e cognição, nem do ponto de vista cognitivo (funções neurais comuns são utilizadas em ambos os sistemas), nem do social (sentimos, como indivíduos, emoções comuns), além de termos consciência emocional.

Pensando as emoções no contexto da sala de aula, Fonseca (2016) apresenta-nos três possibilidades:

1. promover conexões emocionais com os conteúdos de aprendizagem, envolvendo os alunos na própria escolha dos temas e projetos a serem desenvolvidos, expondo-lhes a importância desses temas e estimulando tarefas críticas e criativas;
2. incentivar o desenvolvimento do pensamento intuitivo e estratégico dos estudantes, diretamente vinculados ao raciocínio crítico; e
3. administrar, de forma intencional, o clima emocional e social em sala de aula, reconhecendo os erros e aprendendo com eles, assinalando-se os princípios de confiança e respeito.

Assim, cabe-nos, como docentes, compreender a escola como um espaço das inter-relações, local próprio do encontro intersubjetivo e, por assim ser, propício a conflitos emocionais de toda ordem. Reconhecer essa dinâmica é, cremos, fundamental para a gestão emocional não mais somente individual, como também coletiva, algo específico a todos os ambientes que promovem profundas, duradouras e significativas interações sociais, como a escola.

## FUNÇÕES EXECUTIVAS

As funções executivas são responsáveis, conforme já adiantamos, por capacidades, entre as quais estão as de metacognição, autorregulação e tomada de decisão. Essas funções referem-se a habilidades a partir das quais os indivíduos tornam-se aptos a planejar, executar, regular e monitorar metas e objetivos, sejam de curto, médio ou longo prazos. Daí o termo “funções executivas”, pois relacionam-se à execução de tarefas desde o planejamento até a conclusão de atividades estabelecidas. Nas palavras de Cosenza e Guerra (2011, p. 87), por meio dessas funções “[...] organizamos o nosso pensamento, levando em conta as experiências e conhecimentos armazenados em nossa memória, assim como nossas expectativas em relação ao futuro [...]”, a fim de estabelecer “[...] estratégias comportamentais e dirigir nossas ações de uma forma objetiva, mas flexível, que permita, ao final, chegar ao objetivo desejado.”.

Estudos recentes destacam o funcionamento de algumas regiões do córtex pré-frontal como responsáveis por funções executivas básicas. Essas regiões envolvem funções destinadas ao planejamento e à flexibilidade de ações; ao automonitoramento e à correção de estratégias dos erros; e à avaliação de riscos (relacionado à capacidade de se inibirem certas ações). Observemos que os processos mencionados, desde o planejamento até a avaliação das ações realizadas, ativam processos relativos à memória de trabalho, à atenção e à emoção. Ou seja, as funções executivas ativam inúmeras regiões corticais e subcorticais e atrelam-se a distintas capacidades cognitivas, revelando a complexidade dos processos envolvidos (cf. Cosenza e Guerra, 2011, p. 91).

No que toca ao contexto pedagógico, torna-se evidente a importância dessas funções para a realização de atividades escolares, desde as mais simples, como separar materiais para o estudo a ser realizado e prestar atenção numa aula, até as mais complexas, como ser capaz de delinear estratégias para compreender um texto, explicar a síntese de um processo químico ou realizar uma equação matemática. Estão, assim, relacionadas não só a atividades rotineiras (como não se atrasar para chegar à escola), como também a estratégias (se organizar para uma prova, uma apresentação oral, por exemplo) e metacognitivas (como considerar os melhores métodos e recursos para a aprendizagem). Exige, portanto, além da rotina cotidiana (atividades que se repetem frequentemente), capacidade de prever ações futuras, calculando-as, organizando-as, inclusive dispensando-as quando não são mais necessárias ou quando podem ser substituídas por algo mais favorável. Assinalamos ainda que as funções executivas se atrelam às decisões e à capacidade de prever a repercussão de uma ação (levando-se em conta o que pode gerar um comentário, por exemplo). Ou seja, por meio das funções executivas, somos capazes de analisar as consequências de nossos atos e palavras, inibindo o que, porventura, possa gerar conflitos.

Enfatizamos, contudo, que, uma vez sendo processadas nas regiões do córtex pré-frontal, as funções executivas também tardam a amadurecer. O desenvolvimento dos processos a elas relacionados inicia-se na infância e segue até a fase adulta. A adolescência, marcada, como vimos, por várias reações emocionais, está lidando, de igual modo, com a maturação das funções executivas. Isso justifica os conflitos vividos diante de situações que requerem solução e tomada de decisão.

Dias e Seabra (2013) observam que, se, por um lado, o desenvolvimento tardio das funções executivas gera possíveis vulnerabilidades, por outro, amplia as oportunidades para o aprimoramento dessas funções. Consideremos ainda que, no curso do desenvolvimento humano, o indivíduo, para aprender, precisa de tempo para consolidar o aprendizado, o que, por sua vez, como já vimos, requer foco atencional, memória e motivação. Daí a importância, ao longo das aprendizagens, da orientação e da mediação, que marcam, como sabemos, a passagem da heteronomia para a autonomia, seja em ambiente familiar, seja em contexto escolar. Nesse ponto, Dias e Seabra (2013) revelam o impacto, comprovado por pesquisas, que têm variáveis como organização familiar, estilo de interação entre pais e filhos e níveis socioeconômico e cultural no que se refere ao desenvolvimento das funções executivas. As autoras citam a pesquisa de Moffitt *et al.* (2011), cujos resultados,

obtidos ao longo de 30 anos de investigação, revelam que crianças incentivadas no que diz respeito às suas funções executivas tornaram-se adolescentes e adultos mais socialmente adaptados, mais autônomos na gestão dos processos escolares e mais exitosos profissionalmente.<sup>12</sup>

Diante do exposto até aqui, compreendemos a relevância, no âmbito da promoção das funções executivas, dos estímulos ambientais (especialmente um ambiente social bem estruturado) e da mediação do par mais experiente que, por ter vivido mais ou tido maiores experiências durante a vida, está um pouco mais preparado a auxiliar nas decisões daquele que vivencia, pela primeira vez, algo.

Um ponto a se considerar ainda sobre as funções executivas é o profundo impacto que sofrem das mudanças pelas quais passam as gerações, especialmente a sociedade atual, marcada não somente pela ausência familiar (os pais se ausentam em razão do trabalho), como também pela superabundância de informações (proveniente de uma série de aparelhos eletrônicos), dificultando, por exemplo, a solidificação de um filtro capaz de ajudar um indivíduo a organizar os dados recebidos como relevantes ou não, especialmente quando a capacidade crítica e analítica ainda está se desenvolvendo, como é o caso de crianças e jovens.

Nesse cenário, novamente a escola aparece como a instituição a quem compete pensar formas para contribuir com o desenvolvimento desse filtro de análise por parte dos estudantes. Também aqui mencionamos a importância do salto para além da quantidade excessiva de conteúdo, primando-se por atividades que impulsionem a consolidação da aprendizagem. São ações que ensinam a aprender. Nessa perspectiva, ao mencionar alternativas para a promoção das funções executivas pela escola, Cosenza e Guerra (2011, p. 94) destacam que elas

[...] devem estar voltadas para que os estudantes aprendam a planejar suas atividades, decompondo-as em subtarefas que possam ser desenvolvidas, sendo capazes de estabelecer metas dentro de uma perspectiva temporal. Pretende-se que eles saibam não somente buscar a informação utilizando os recursos existentes, mas que saibam também identificar as questões relevantes. Que possam organizar criticamente a informação, fazendo avaliações e generalizações, além de organizar e incorporar novos conceitos dentro do que já é conhecido. Deseja-se que desenvolvam a capacidade de serem flexíveis, lidando de forma construtiva com as ambiguidades. E que possam debater e discutir ideias, examinando as abordagens alternativas e daí tirando conclusões. Devem ser capazes de identificar erros, a discrepância e ausência de lógica, estando aptos a identificar e corrigir os próprios lapsos nas diversas matérias acadêmicas.

Como vemos, as ações mencionadas pelos autores dão ênfase a estratégias que ensinam aos estudantes a como aprimorar as funções cognitivas, por meio da autoavaliação, caminho que, como sabemos, conduz à autorregulação e à metacog-

12 Sobre o estudo citado por Dias e Seabra (2013), trata-se do intitulado “*A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety*” (Moffitt et al., 2011).

nição. Ademais, acrescentamos que é também necessário, na esfera acadêmica, permitir aos estudantes que reflitam a respeito de suas práticas escolares, da relevância de frequentarem a escola e do que podem fazer para tornar essa fase da vida uma etapa significativa, em todos os sentidos. Fregni (2019) orienta-nos a reservar todo início de curso para reflexões dessa natureza (sobre *o que é, por que e como* aprender). Uma sugestão é a de que a escola, enquanto organismo estruturado, pense suas próprias funções executivas, no sentido de considerar o que precisa ser feito para impulsionar as funções executivas dos estudantes. Há professores, por exemplo, que estabelecem contratos pedagógicos com os discentes. É uma alternativa que aponta funções executivas a serem aprimoradas. Como essas funções seguem um processo de amadurecimento longo, importa considerar meios de conscientizar ainda mais os educandos quanto à essência de ações relacionadas ao cumprimento de prazos e à responsabilização diante do desempenho acadêmico, tornando-os, assim, coparticipantes de todo o processo de ensino e aprendizagem.

## CONSIDERAÇÕES

À luz da neurociência, compreendemos que a aprendizagem, complexa em sua natureza cognitiva, diz respeito a uma série de processos neurais capazes de modificar a estrutura e o funcionamento do cérebro e, conseqüentemente, os comportamentos dos indivíduos, que aprendem continuamente mediante estímulos ambientais e a partir das interações sociais. No que se refere às funções cognitivas altamente complexas, que envolvem áreas corticais e subcorticais que tardam a amadurecer, torna-se importante considerar, na escola, estratégias que promovam seu desenvolvimento.

Aos profissionais da educação, atentos às abordagens da neurociência, cumpre, então, pensarmos estratégias que, ao implicarem o estudante no seu processo de aprendizagem formal, tornam-no também ativo nesse contexto, ou seja, os alunos são postos em reflexão diante do *quê*, do *porquê* e do *como* aprendem, para que possam aprender de forma mais profunda e significativa. A neurociência, em nosso entender, contribui positivamente nesse aspecto por permitir que compreendamos como se dão alguns fenômenos cognitivos e, nesse sentido, passemos, dessa maneira, a revisitar nossa prática pedagógica, de modo que ressignifiquemos nossos objetivos de aprendizagem, nossas estratégias didáticas e nossos mecanismos de avaliação.

## REFERÊNCIAS

- COHEN, E. G.; LOTAN, R. A. **Planejando o trabalho em grupo**: estratégias para salas de aula heterogêneas. Tradução de Luís Fernando Marques Dorvillé *et al.* Revisão técnica Mila Molina Carneiro e José Ruy Lozano. 3. ed. Porto Alegre (RS): Penso, 2017.
- COSENZA, R. M.; GUERRA, L. B. **Neurociência e educação**: como o cérebro aprende. Porto Alegre (RS): Artmed, 2011.
- DAMÁSIO, A. **O erro de Descartes**: emoção, razão e o cérebro humano. 2. ed. Tradução de Dora Vicente e Georgina Segurado. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.

DIAS, N. M.; SEABRA, A. G. Funções executivas: desenvolvimento e intervenção. **Temas sobre Desenvolvimento**, v. 19, n. 107, p. 206-12, 2013. Disponível em: <http://menteaprendente.com/wp-content/uploads/2020/08/funcoes-executivas-desenvolvimento-e-intervencao.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2021.

FONSECA, V. Importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicopedagógica. **Revista Psicopedagogia**, São Paulo, v. 33, n. 102, p. 365-384, 2016. Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84862016000300014](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84862016000300014). Acesso em: 20 fev. 2021.

FREGNI, F. **Critical thinking in teaching and learning: the nonintuitive new science of effective learning**. Edição Kindle, 2019.

HERCULANO-HOUZEL, S. **O cérebro adolescente: a neurociência da transformação da criança em adulto**. Edição Kindle, 2015.

HU, Y.; HU, Y.; XIANCHUN, L.; PAN, Y.; CHENG, X. Brain-to-brain synchronization across two persons predicts mutual prosociality. **Social Cognitive and Affective Neuroscience**, v. 12, n. 12, p. 1835-1844, Dec. 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/scan/article/12/12/1835/4523866>. Acesso em: 18 jan. 2021.

IZQUIERDO, I. Memórias. **Estudos Avançados**, v. 3, n. 6, p. 89-112, ago. 1989. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141989000200006>

LOPES, V. P.; MAIA, J. A. R. Períodos críticos ou sensíveis: revisitar um tema polêmico à luz da investigação empírica. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 128-40, jul.-dez. 2000. Disponível em: <http://citrus.uspnet.usp.br/eef/uploads/arquivo/v14%20n2%20artigo3.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MOFFITT, T. E.; ARSENEAULT, L.; BELSKY, D.; DICKSON, N.; HANCOX, R. J.; HARRINGTON, H.; HOUTS, R.; POULTON, R.; ROBERTS, B. W.; ROSS, S.; SEARS, M. R.; THOMSON, W. M.; CASPI, A. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. **PNAS**, v. 108, n. 7, p. 2693-2698, Jan. 2011. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010076108>

PERASSINOTO, M. G. M.; BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A. Estratégias de aprendizagem e motivação para aprender de alunos do Ensino Fundamental. **Avaliação Psicológica**, Itatiba, v. 12, n. 3, p. 351-359, dez. 2013. Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-04712013000300010](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712013000300010). Acesso em: 18 fev. 2021.

PINK, D. H. **Drive: the surprising truth about what motivates us**. Canongate Books, Edinburgh, 2011.

PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J.; FITZPATRICK, D.; HALL, W. C.; LaMANTIA, A.-S.; McNAMARA, J. O.; WHITE, L. E. (org.). **Neurociências**. 4. ed. Tradução de Carla Dalmaz *et al.* Alegre (RS): Artmed, 2010.

ROTTA, N. T. Introdução. *In*: ROTTA, N. T.; OHLWEILER, L.; RIESGO, R. S. **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. 2. ed. Porto Alegre (RS): Artmed, 2016a. p. 3-8.

ROTTA, N. T. Plasticidade cerebral e aprendizagem. *In*: ROTTA, N. T.; OHLWEILER, L.; RIESGO, R. S. **Transtornos da aprendizagem: abordagem neurobiológica e multidisciplinar**. 2. ed. Porto Alegre (RS): Artmed, 2016b. p. 469- 486.

VIGOTSKI, L. S. **A Formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.  
WILLINGHAM, D. T. **Por que os alunos não gostam da escola?** Respostas da ciência cognitiva para tornar a sala de aula atrativa e efetiva. Tradução de Marcos Vinícius Martim da Silva. Revisão técnica de José Fernando Bitencourt Lomônaco. Porto Alegre (RS): Artmed, 2011.

## SOBRE A AUTORA

RAQUEL LIMA SILVA COSTA é doutoranda em Educação pela Universidade de São Paulo (USP). Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP).

*E-mail:* professoraquel10@gmail.com

**Conflito de interesses:** A autora declara que não possui nenhum interesse comercial ou associativo que represente conflito de interesses em relação ao manuscrito.

**Financiamento:** O estudo não recebeu financiamento.

*Recebido em 28 de julho de 2021*  
*Aprovado em 3 de maio de 2022*

