



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO – CAMPUS XV  
CURSO DE PEDAGOGIA**

**ANNA CARLA DOS SANTOS MAGALHÃES**

**RELAÇÃO ENTRE NEUROCIÊNCIA E EDUCAÇÃO: IMPORTÂNCIA DO ESTUDO  
PARA A FORMAÇÃO DOCENTE**

Valença – Bahia  
2025

ANNA CARLA DOS SANTOS MAGALHÃES

**RELAÇÃO ENTRE NEUROCIÊNCIA E EDUCAÇÃO: IMPORTÂNCIA DO ESTUDO  
PARA A FORMAÇÃO DOCENTE**

Monografia, apresentada ao Curso de Pedagogia da Universidade do Estado da Bahia, como requisito para obtenção do título de licenciatura em Pedagogia.

Orientador: Prof. Dr. Éverton Nery Carneiro

Valença – Bahia

2025

M189r Magalhães, Anna Carla dos Santos.

Relação entre neurociência e educação: importância do estudo para a formação docente/ Anna Carla dos Santos Magalhães. – Valença-BA, 2025. 62f.

Orientador: Prof. Dr. Éverton Nery Carneiro. Monografia (Graduação – Pedagogia) – Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Educação. Campus XV. 2025.

Contêm referências, ilustração.

1. Neurociência. 2. Sistema nervoso. 3. Aprendizagem. 4. Práticas pedagógicas. 5. Estratégias. I. Carneiro, Éverton Nery. II. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Educação. Campus XV. III. Título.

CDD: 155. 412

## DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a todas as pessoas que, assim como eu, se interessam pelo cérebro e pela forma como ele aprende.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, agradeço por ter me dado força, sabedoria e paciência durante todo o meu processo de formação.

Aos meus incríveis pais, Carlos e Tânia, e à minha querida irmã, Camila, agradeço por todo o apoio. Sem eles, eu não teria chegado até aqui. Essa conquista é tão deles quanto minha. Obrigada por todo o amor, carinho e, principalmente, por terem acreditado em mim quando eu sentia que eu não iria conseguir.

Ao meu sobrinho fofo e sorridente, Ian, agradeço por ter trazido luz à minha vida no meio da correria. Quando eu me sinto para baixo, especialmente no meio da escrita, sei que pensar em seu lindo rostinho já basta para eu me sentir bem novamente.

Às minhas amigas, Lizandra e Sheiva, eu agradeço com todo o meu coração por fazerem parte de um capítulo muito importante da minha história e serei eternamente grata por todas as experiências que vivenciamos durante esse percurso. A universidade se tornou mais leve porque estivemos juntas, nos ajudando e nos apoiando esse tempo todo.

Agradeço também às minhas amigas, lasmin e Kaliane, por toda a parceria e pela troca de conhecimento durante essa trajetória.

Aos meus colegas de curso, agradeço por todo aprendizado que construímos juntos.

A todos os professores do curso, eu agradeço por fazerem parte da minha caminhada e iluminarem os meus caminhos com saberes que deram sentido à minha vida e me ajudaram a olhar o mundo com mais com esperança.

Ao meu querido orientador, Everton, muito obrigada por ter aceitado fazer parte desse momento inesquecível da minha trajetória. Os seus ensinamentos me fizeram observar com mais atenção os detalhes da vida. Obrigada por ter tornado o meu processo de escrita leve e significativo.

Ao meu namorado precioso, Felipe, agradeço por sempre trazer calma e tranquilidade para o meu coração. Obrigada por sempre me ajudar e me ensinar muitas coisas valiosas, sobretudo a importância de continuar tentando, mesmo quando tudo parece turbulento. Obrigada por ter estado presente, ouvindo com paciência as minhas leituras inúmeras vezes sobre o mesmo capítulo.

## RESUMO

A presente pesquisa busca compreender a relação entre neurociência e educação, bem como a importância desse estudo para a formação docente. Foi possível observar, com o passar dos séculos, uma trajetória evolutiva dos conhecimentos sobre o cérebro. Após diversos estudos realizados por cientistas, filósofos e médicos, chegou-se ao entendimento de que o cérebro está diretamente relacionado ao processo de aprendizagem. A neurociência se destaca como um campo interdisciplinar que abrange os estudos do sistema nervoso, permitindo compreender como o cérebro funciona, sobretudo, durante o aprendizado. Portanto, no contexto da educação, esse campo proporciona conhecimentos significativos que possibilitam ao docente elaborar práticas pedagógicas que possam potencializar a aprendizagem do educando. Partindo dessa compreensão, os estudos da neurociência são fundamentais durante o processo de formação docente. Nesse sentido, a pesquisa pretende responder a seguinte pergunta: de que maneira os conhecimentos produzidos pela neurociência, quando articulados ao campo educacional, podem contribuir para a construção da formação docente? Com base nesse questionamento, a pesquisa apresenta como o sistema nervoso está intimamente ligado com o processo de aprendizagem e como a compreensão do seu funcionamento pode favorecer as práticas pedagógicas. A metodologia utilizada para a construção deste trabalho corresponde à pesquisa bibliográfica, constituída principalmente de materiais já elaborados, e exploratória que proporciona mais informações sobre o assunto estudado. A pesquisa possui uma abordagem qualitativa, que se preocupa em interpretar e compreender o tema. Os resultados encontrados na pesquisa apontam para a importância de compreender a relação entre neurociência e educação, e como esse estudo pode contribuir de forma significativa para que os docentes potencializem as suas práticas na sala de aula.

Palavras-chave: Neurociência. Sistema nervoso. Aprendizagem. Práticas pedagógicas. Estratégias.

## **ABSTRACT**

This research seeks to understand the relationship between neuroscience and education, as well as the importance of this study for teacher training. Over the centuries, knowledge about the brain has evolved. After numerous studies by scientists, philosophers, and physicians, it was understood that the brain is directly linked to the learning process. Neuroscience stands out as an interdisciplinary field that encompasses studies of the nervous system, allowing us to understand how the brain functions, particularly during learning. Therefore, in the context of education, this field provides significant knowledge that enables teachers to develop pedagogical practices that can enhance student learning. Based on this understanding, neuroscience studies are fundamental during the teacher training process. In this sense, the research aims to answer the following question: how can the knowledge produced by neuroscience, when linked to the educational field, contribute to the development of teacher training? Based on this question, the research presents how the nervous system is intimately linked to the learning process and how understanding its functioning can benefit pedagogical practices. The methodology used to construct this work is bibliographical research, consisting primarily of previously developed materials, and exploratory research that provides further information on the subject studied. The research adopts a qualitative approach, focused on interpreting and understanding the topic. The results of the study highlight the importance of understanding the relationship between neuroscience and education, and how this study can significantly contribute to teachers enhancing their classroom practices.

**Keywords:** Neuroscience. Nervous system. Learning. Pedagogical practices. Strategies.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. Neurociência e Educação: caminhos históricos, organização do sistema nervoso e perspectivas para as práticas pedagógicas.....	12
2.1. História da Neurociência .....	12
2.2. O Sistema Nervoso .....	18
2.3. Neuroeducação .....	22
3. Como o cérebro aprende: neuroplasticidade, funções nervosas superiores e fatores biológicos .....	26
3.1. Plasticidade Cerebral .....	27
3.2. Atenção .....	30
3.3. Memória .....	32
3.4. Emoções e Motivação .....	38
3.5. Linguagem.....	41
4. A importância do estudo da neurociência para a formação docente .....	42
5. Estratégias que podem ser utilizadas na prática docente com base nos estudos da neurociência .....	51
5.1. Programas de Aprendizagem Social e Emocional (SEL) .....	52
5.2. Métodos Multissensoriais .....	55
5.3. Educação Baseada em Evidências .....	57
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
REFERÊNCIAS .....	62

## 1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa discute a importância do estudo da neurociência para a formação docente, tendo em vista que essa compreensão possibilita ao docente planejar práticas pedagógicas que considerem as particularidades de cada cérebro existente na sala de aula.

A neurociência é um campo interdisciplinar que abrange os estudos do sistema nervoso e teve origem a partir das bases cerebrais da mente humana, envolvendo a compreensão da estrutura, da função e do comportamento desse sistema, o que permite um melhor entendimento de como o cérebro funciona. Diante disso, entende-se que os estudos da neurociência contribuem positivamente para a formação inicial e continuada dos professores.

No contexto educacional, a neurociência colabora de forma significativa com a prática pedagógica e possibilita um processo de reflexão dos profissionais da educação acerca de estratégias que podem favorecer na potencialização da aprendizagem. Assim, a neurociência busca auxiliar a aplicação de práticas de ensino de forma que estejam de acordo com os princípios do funcionamento do cérebro, oferecendo estímulos adequados aos estudantes.

A formação docente diz respeito à maneira de preparar o/ professor/a para lidar com questões educacionais e a criar estratégias que serão importantes para o desenvolvimento cognitivo e comportamental do educando. Segundo Veiga (2008, p. 15), a formação docente “[...] envolve uma ação a ser desenvolvida com alguém que vai desempenhar a tarefa de educar, de ensinar, de aprender, de pesquisar e de avaliar.” Logo, a compreensão sobre os conhecimentos da neurociência é essencial para essa formação, pois proporciona adaptar o seu plano pedagógico de maneira que o processo de aprendizagem do estudante seja impactado significativamente.

Tendo em vista que a neurociência é fundamental na formação docente e que sua compreensão impacta positivamente as práticas pedagógicas, emergiu o questionamento que fundamenta a elaboração deste estudo: de que maneira os conhecimentos produzidos pela neurociência, quando articulados ao campo educacional, podem contribuir para a construção da formação docente?

A neurociência passou por diversos avanços e, atualmente, é discutida a possibilidade da inserção desses conhecimentos na educação. Partindo desse

pressuposto, levanta-se a hipótese de que compreender como o cérebro aprende pode propiciar uma prática docente mais efetiva. Carvalho (2011) assinala que a oportunidade do/a professor/a compreender como o cérebro funciona possibilita condições favoráveis para que ele possa estimular a motivação em sala de aula, permitindo entender os diferentes ritmos de aprendizados dos estudantes. Além disso, esse conhecimento contribui para “[...] compreender os alunos em suas particularidades individuais e situacionais, acompanhando sua evolução no contexto em sala de aula.” (Tardif, 2003, p. 267). Nesse caso, a sensibilização docente está intimamente ligada às questões que a relação entre neurociência e educação carrega.

A neurociência é um campo amplo e proporciona novos olhares em relação à educação. Assim, revela-se pessoalmente relevante devido à relação estreita com as práticas pedagógicas. Portanto, acredito que esse tema é importante pois contribui para o fortalecimento do trabalho nos diversos segmentos da educação e colabora para a compreensão de que esse conhecimento torna o processo de ensino e aprendizagem significativo.

Do ponto de vista científico, a pesquisa apresenta uma grande relevância, pois o entendimento do funcionamento do sistema nervoso e quais são as suas múltiplas funcionalidades permite uma maior compreensão sobre como o cérebro funciona no processo de aprendizagem, possibilitando a elaboração de estratégias que podem potencializar a aprendizagem.

Além disso, a pesquisa é socialmente relevante, pois consiste em refletir sobre os métodos pedagógicos tradicionais e compreender que o papel do educador não é apenas transmitir os conhecimentos aos educandos, mas sim, alcançar um ensino que esteja relacionado à sua participação ativa no processo de aprendizagem do educando.

O referencial teórico que sustenta este trabalho baseia-se nas contribuições de Ramon Moreira Cosenza e Leonor Bezerra Guerra, por meio da obra *Neurociência e educação: como o cérebro aprende* (2011), na qual os autores apresentam a organização do Sistema Nervoso e como ele está envolvido com o processo de aprendizagem do indivíduo. Nesse contexto, os autores discorrem sobre como o cérebro funciona e as estratégias que irão melhorar o seu desenvolvimento.

Para orientar o foco do estudo foi estabelecido o objetivo geral de compreender a relação entre neurociência e educação e sua importância para a formação docente. A partir dele, foram definidos os seguintes objetivos específicos: estabelecer relação

entre neurociência e educação; explicar como o cérebro aprende; compreender a importância do estudo da neurociência para a formação docente; e apresentar estratégias que podem ser utilizadas na prática docente, baseadas na compreensão da neurociência.

O procedimento metodológico utilizado foi por meio da pesquisa bibliográfica, que de acordo com Gil (2002) é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Justamente por haver um levantamento bibliográfico sobre a temática neurociência aplicada à educação, o estudo também conta com a pesquisa exploratória que “[...] tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que vamos investigar, possibilitando sua definição e seu delineamento, isto é, facilitar a delimitação do tema da pesquisa.” (Prodanov e Freitas, 2013, p. 51-52). A pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa pois tem como base conhecimentos teóricos-empíricos e, como discorre Brandão (2001), ela é entendida como uma pesquisa interpretativa. Os autores que fundamentam a pesquisa foram referenciados com base na relevância de suas contribuições para a compreensão da relação entre neurociência e educação, assim como sua importância para a formação docente

Os resultados encontrados possibilitaram uma compreensão acerca da relação entre a neurociência e educação, apresente a perspectiva sobre a influência da neurociência no processo de ensino-aprendizagem, além da importância desse estudo durante a formação docente e como pode contribuir para potencializar a sua prática dentro da sala de aula.

Com esse propósito, esta monografia divide-se em cinco capítulos. O primeiro corresponde à introdução, na qual são apresentados o tema, a justificativa, os objetivos, a pergunta-problema, a hipótese, a metodologia e os resultados esperados. O segundo capítulo estabelece a relação entre a neurociência e a educação, trilhando o caminho histórico e buscando compreender a organização do sistema nervoso e quais as perspectivas para as práticas pedagógicas. O terceiro discute como o cérebro aprende, focando nos processos de neuroplasticidade, nas funções nervosas superiores (atenção, memória, emoções e a linguagem) e nos fatores biológicos (alimentação e sono). O quarto capítulo compreende a importância do estudo da neurociência durante o processo de formação do professor, contribuindo para um ensino mais significativo e estimulante aos educandos. Por fim, o quinto capítulo

apresenta algumas estratégias de ensino que podem ser utilizadas durante o processo de ensino com base nos estudos da neurociência.

A aproximação entre neurociência e educação não se limita à incorporação de conhecimentos técnicos sobre o funcionamento do cérebro, mas envolve uma escuta mais sensível dos processos que habitam o aprender. Compreender os caminhos da mente, os ritmos do corpo e a singularidade de cada sujeito que aprende é também um exercício de cuidado e de reinvenção da prática pedagógica. A docência ultrapassa a função de transmitir conteúdos: torna-se uma experiência de presença, de mediação e de afeto. Quando o professor se debruça sobre os saberes da neurociência, não apenas amplia suas ferramentas, mas ressignifica seus gestos, suas estratégias e seus encontros em sala de aula. É nessa confluência entre ciência e sensibilidade que este estudo se inscreve — como tentativa de compreender e ampliar as possibilidades de ensinar a partir de quem aprende.

## **2. Neurociência e Educação: caminhos históricos, organização do sistema nervoso e perspectivas para as práticas pedagógicas**

A Neurociência é um campo científico que estuda o sistema nervoso central em seu pleno desenvolvimento nos aspectos neuroquímico, anatômico, fisiológico, psicológico, emocional e social para a compreensão do comportamento humano (Relvas, 2012). Dessa forma, há um entendimento que deve ser levado em consideração: a capacidade de aprender é o que torna o cérebro admirável e o estudo da Neurociência é importante para entender como se dá essa aprendizagem.

Neste ponto, o objetivo é estabelecer a relação entre neurociência e educação, buscando contextualizar os avanços dos estudos sobre o cérebro ao longo do tempo, sua organização geral e como tudo isso está relacionado com a educação, visto que a forma de ensinar e aprender são bastante influenciadas pelo funcionamento deste órgão vital. Assim entendendo, o diálogo entre a neurociência e a educação contribui para a potencialização das estratégias de ensino que garantem qualidade tanto no processo de aprendizagem do educando quanto no desenvolvimento de práticas pedagógicas.

### **2.1. História da Neurociência**

Apesar da palavra “Neurociência” ser muito recente, os estudos sobre o cérebro perduram há muito tempo entre os/as pesquisadores/as e suas teorias passam por constantes transformações. Os questionamentos acerca da importância do cérebro para o ser humano surgiram logo com as primeiras gerações, principalmente nas civilizações antigas como Egito, Mesopotâmia, Índia, China e Grécia. (Castro; Jesus, 2011).

Um grande exemplo que revela nitidamente que já havia certa importância sobre o encéfalo<sup>1</sup> foi há cerca de 7.000 anos. Os antepassados já realizavam uma cirurgia chamada trepanação, procedimento que consiste em perfurar o crânio de uma pessoa ainda viva para ter acesso ao cérebro, com o objetivo de curá-la. (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Na Grécia Antiga, no século V a.C, houve uma forte influência do pensamento filosófico no que se refere ao corpo e à mente (Castro; Jesus, 2011). As obras de Homero<sup>2</sup>, grande poeta grego, já revelavam que, apesar de pouco conhecimento sobre o funcionamento no geral, havia uma certa noção de quais partes do corpo dos inimigos deveriam ser atacadas, sendo uma delas, o cérebro. Assim, eles começaram a entender que havia algo dentro da cabeça que era vital.

O homem deve saber que de nenhum outro lugar, mas apenas do encéfalo, vem a alegria, o prazer, o riso e a diversão, o pesar, o luto, o desalento e a lamentação. E por isso, de uma maneira especial, nós adquirimos sabedoria e conhecimento e enxergamos e ouvimos e sabemos o que é justo e injusto, o que é bom e o que é ruim, o que é doce e o que é insípido... E pelo mesmo órgão nos tornamos loucos e delirantes, e medos e terrores nos assombram... Todas essas coisas nós temos de suportar do encéfalo quando não está sadio... Nesse sentido, opino que é o encéfalo quem exerce o maior poder sobre o

---

1 “O encéfalo compreende o telencéfalo (constituído pelos 2 hemisférios cerebrais); o diencefalo (situado na linha mediana, entre os dois hemisférios, dividido em: epitélamo, tálamo e hipotálamo); o cerebelo (localizado por trás do tronco cerebral. É responsável pelo equilíbrio e a coordenação motora); e o tronco cerebral (é a substância nervosa que vai do cérebro à medula. No centro há uma formação reticular no controle da consciência, sono e vigília. É dividido em: mesencefalo, ponte e bulbo).” (Santos, 2002, p. 2)

2 “As musas não ajudam o poeta (seja Homero – como representante dos vários escritores desses textos -, ou os vários escritores dos textos bíblicos) a recordar eventos que eles estavam esquecendo. O que está em jogo aqui não é esse processo, mas sim trazer ao poeta alguma coisa que ele não sabia, nem mesmo tinha visto, isto é, as musas apresentam aos poetas uma sabedoria que eles não tinham como alcançar por si mesmos: ver o pretérito não visto, entender um passado não vivenciado, compreender o não experienciado, perceber uma verdade não acessada. Assim como Homero, que é cego, enxerga o que não é visto, Paulo (escritor de várias narrativas bíblicas) passa pela experiência da cegueira, conforme narrativa em Atos 9.1-30; Atos 22.06-21 e Atos 26.12-18, passando a entender narrativas e a construí-las sem ter vivido as mesmas, passando inclusive a intitular-se um apóstolo de Jesus. Todo o paradigma existente aqui é muito diferente do atual, toda a mentalidade reinante aqui difere sobremaneira da mentalidade ocidental contemporânea [...]” (Carneiro, 2018, p. 231)

homem. (Hipócrates, Da Doença Sagrada (Séc. IV a.C.) *apud* Araújo, 2011, p. 6)

A ideia de Hipócrates sobre o cérebro ser o centro do intelecto causou diversas controvérsias entre os filósofos da época. Então, surgiu um antagonismo entre o cérebro e o coração. De um lado, havia aqueles que defendiam a ideia de o cérebro ser a sede principal do intelecto, como Galeno (130-200 d.C); enquanto de um outro lado, aqueles que concordavam com Aristóteles (384-322 a.C), que acreditava que o coração era a sede da alma e do intelecto. A explicação do filósofo era a de que o cérebro, naturalmente frio, funcionaria como um regulador para manter o coração, naturalmente quente, prudente e justo.

Essas concepções divergentes revelam não apenas embates filosóficos antigos, mas também diferentes modos culturais de compreender o corpo e seus centros de comando simbólicos. A disputa entre cérebro e coração, razão e emoção, pensamento e sentimento, atravessa tradições distintas e funda interpretações múltiplas sobre o lugar da consciência e da vontade humana. É nesse entrelaçamento simbólico e antropológico que emergem compreensões diferenciadas, como as que contrastam as visões grega e hebraica do pensamento e da afetividade.

Na compreensão hebraica o coração é o centro da razão e na compreensão grega é o centro da emoção. Para os hebreus o coração é o centro do pensamento, enquanto que o baixo ventre é o centro do sentimento. Na compreensão grega, o centro do pensamento está na cabeça e do sentimento está no coração. Podemos assim dizer que, enquanto para os gregos nós pensamos com a cabeça e sentimos com o coração, para os hebreus nós pensamos com o coração e sentimos com o os rins. Na narrativa bíblica assim temos: “O Senhor viu que a perversidade do homem tinha aumentado na terra e que toda a inclinação dos pensamentos do seu coração era sempre e somente para o mal.” (Gênesis 6.5)” (Carneiro, 2018, p. 237).

Essa diferença simbólica entre as tradições hebraica e grega não apenas revela distintas formas de conceber o corpo e seus centros de sentido, como também nos oferece uma chave interpretativa para compreender a evolução histórica das noções de pensamento e sentimento. Essa divergência cultural — entre pensar com o coração ou com a cabeça, sentir com os rins ou com o coração — encontra, na contemporaneidade, uma mediação possível a partir das descobertas da neurociência. O que antes era atribuído a órgãos simbólicos distintos, hoje é compreendido em termos de estruturas cerebrais específicas, como o lobo frontal e a amígdala, que assumem, respectivamente, os papéis do pensar e do sentir. O avanço

científico não invalida os saberes antigos, mas os ressignifica à luz de novas compreensões, apontando para a complexidade com que diferentes culturas e épocas tentaram decifrar a natureza humana.

Mesmo diante dessas concepções históricas, atualmente a neurociência apresenta que os pensamentos são processados pelo lobo frontal<sup>3</sup> – função que os hebreus atribuíam ao coração. Enquanto os sentimentos estão ligados à amígdala<sup>4</sup> – que para os hebreus estavam centrados nos rins e para os gregos, no coração. Assim, entende-se que o cérebro possui uma significativa importância no processamento dos pensamentos e das emoções.

Como mencionado anteriormente, Galeno (130-200 d.C) concordava com Hipócrates. Por ser médico dos gladiadores, vivenciou as consequências de inúmeros danos corporais, especialmente no cérebro (Araújo, 2011). Contudo, a vivência que influenciou fortemente o seu entendimento acerca desse órgão foi seu experimento na dissecação cuidadosa de animais. Em razão disso, através da consistência do tecido cerebral, Galeno supôs que a região mais macia do cérebro se relacionava com as sensações; e o cerebelo, região mais dura, dizia respeito aos movimentos. (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Mesmo com esse método, o médico conseguiu chegar a uma conclusão que, atualmente, é considerada verdadeira. As sensações, realmente, resultam do cérebro; enquanto o cerebelo possui como uma de suas funções a coordenação dos movimentos visando proporcionar mais fluidez e precisão ao corpo. A ideia de Galeno predominou por quase 1.500 anos. Kandel, Schwartz e Jessell (2014, p. 8) explicam que o sistema nervoso central é formado por duas partes principais, que são a medula espinhal e o encéfalo. O cérebro e o cerebelo são algumas das estruturas principais do encéfalo, sendo que o primeiro é formado por dois hemisférios cerebrais (direito e esquerdo), com uma camada externa enrugada chamada córtex cerebral (dividido em quatro lobos: frontal, parietal, occipital e temporal) e três áreas internas importantes – os núcleos da base (planejam o desempenho motor), o hipocampo (associado à formação de novas memórias) e a amígdala (relacionada ao processamento das

---

3 “O lobo frontal possui como principais funções associadas: o pensamento, o planejamento, a organização, a resolução de problemas, a tomada de decisão, o controle inibitório e a regulação dos impulsos e das emoções.” (SEB, [s.d.]).

4 “Região que faz parte do chamado sistema límbico, assim como o hipocampo, e que tem participação no armazenamento de nossas memórias com conteúdos emocionais.” (SEB, [s.d.]).

emoções); e o segundo modula a força e a amplitude do movimento e tem envolvimento no aprendizado de habilidades motoras.

No século XVI, o anatomista Andreas Vesalius (1514-1564) voltou a sua atenção inteiramente aos ventrículos do cérebro, desenhando-os de forma bastante detalhada, apresentando as suas formas. Contudo, mesmo com os avanços anatômicos, as ideias sobre as funções dos ventrículos permaneceram da mesma forma (Bear; Connors; Paradiso, 2017). Já no século XVII, acreditava-se que havia uma espécie de fluido que funcionava como um sistema hidráulico, desenvolvido por inventores franceses, que contribuía para “bombear” e movimentar os músculos (Bear; Connors; Paradiso, 2017). Cabe salientar que, naquele momento, o sistema hidráulico estava em alta, influenciando o pensamento científico.

O filósofo René Descartes (1596-1650) não era anatomista, porém defendeu o entendimento do funcionamento do cérebro baseado nos fluidos (Araújo, 2011), afirmando serem os principais responsáveis pelos movimentos dos músculos. Ele tinha a convicção de que esses fluidos se moviam pelo cérebro (Relvas, 2012). Sua explicação tinha um caráter mecânico; essa ideia ocorreu após perceber visualmente bonecos mecânicos e máquinas hidráulicas em Paris (Relvas, 2012), justamente por causa da popularidade dessas invenções naquela época.

Durante os séculos XVII e XVIII, o cenário começou a mudar e a ideia dos ventrículos foi deixada de lado, gerando uma maior atenção ao tecido cerebral. Por conseguinte, observou-se que esse tecido era dividido em duas partes: substância cinzenta e substância branca, sendo que a última estaria relacionada por levar informações do corpo ao córtex e vice-versa. (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

No final do século XVIII, a neuroanatomia deu um grande passo e foi observado um padrão geral de elevações (giros) e depressões (sulcos) na superfície cerebral em diferentes espécies de animais. Tal padrão divide o cérebro em lobos e a hipótese apontava que determinadas áreas do córtex possuíam funções diferentes. Esse momento ficou conhecido como a era da localização cerebral. (Bear; Connors; Paradiso, 2017).

Durante todo esse tempo, os estudos sobre o funcionamento do cérebro ganharam força e foram excepcionais para a base que a Neurociência utiliza atualmente. No século XIX, quatro ideias-chave foram percebidas, tais como nervos com fios, localização de funções específicas em partes do encéfalo, evolução do

sistema nervoso e neurônios – que são a unidade funcional básica do sistema nervoso (Santos, 2002), capazes de estabelecer conexões entre si, formando redes neurais.

O cientista Luigi Galvani e o biólogo Emil du Bois-Reymond explicaram que os músculos podem ser movimentados quando os nervos são estimulados eletricamente. Além disso, o próprio encéfalo poderia gerar eletricidade (Bear; Connors; Paradiso, 2017). Consequentemente, a ideia relacionada ao movimento dos músculos através dos fluidos foi totalmente desconsiderada. Sendo assim, o novo conceito evidenciava que os nervos eram como fios que conduzem sinais elétricos para o encéfalo. Essa visão foi respondida, mais tarde, pelo médico importante para a Neurociência, Charles Bell, e pelo fisiologista, François Magendie, quando concluíram que em cada nervo havia fios que, enquanto uns carregavam informações para o encéfalo e para a medula espinhal, outros levavam informação para os músculos (Bear; Connors; Paradiso, 2017). Para chegar a essa conclusão, Bell e Magendie cortaram as raízes ventral e dorsal, respectivamente, e analisaram as suas consequências<sup>5</sup>.

Levando em consideração o que foi desenvolvido por Bell e Magendie em relação às diferentes funções das raízes, um novo questionamento surgiu: possivelmente diferentes regiões do cérebro também podem ter diferentes funções. O médico e neurologista conhecido por Franz Joseph Gall, em 1809, sugeriu que alguns traços de personalidade poderiam estar relacionados com as dimensões da cabeça (Bear; Connors; Paradiso, 2017). Certamente essa conclusão partiu de análises minuciosas realizadas sobre os crânios de diversas pessoas. A evidência indicava que diferentes regiões do córtex cerebral possuem diferentes funções. Assim, esse estudo ficou conhecido por frenologia, uma nova “ciência” que correlacionava a estrutura da cabeça com traços da personalidade. A visão de Gall foi bastante criticada e um de seus maiores críticos foi o fisiologista francês Marie-Jean-Pierre Flourens, quando afirmou “que todas as regiões do cérebro participam igualmente de todas as funções cerebrais, uma conclusão que mais tarde se mostrou errada.” (Bear; Connors; Paradiso, 2017, p. 10)

---

<sup>5</sup> “Um curioso fato anatômico é que, justamente antes dos nervos se conectarem à medula espinhal, as fibras se dividem em dois ramos, ou raízes: a raiz dorsal entra pela parte de trás da medula e a raiz ventral, pela frente. Bell testou a possibilidade de que essas duas raízes espinhais carregassem informações em diferentes sentidos cortando cada raiz separadamente e observando as consequências em animais experimentais. Ele observou que, cortando somente as raízes ventrais, havia paralisia muscular. Posteriormente, Magendie demonstrou que as raízes dorsais levavam informações sensoriais para a medula espinhal.” (Bear; Connors; Paradiso, 2017, p. 9)

De certa forma, Gall esteve no caminho certo, apesar de Flourens não concordar, pois considerava a sua opinião fora do comum. (Bear; Connors; Paradiso, 2017). Nos dias atuais é amplamente reconhecido que cada divisão do cérebro possui a sua função. O mapa atual das funções cerebrais é tão minucioso quanto os mapas produzidos pelos frenologistas. A diferença é que hoje os cientistas necessitam de evidências concretas antes de atribuir uma função a certa região do cérebro. Posteriormente, o maior influenciador da comunidade científica, o neurologista Paul Broca (1861), descobriu uma lesão no lobo frontal esquerdo de um paciente que tinha compreensão da linguagem, mas não falava. A partir desse caso, Broca concluiu que essa região era responsável pela produção da fala.

Em 1859, Charles Darwin propôs a teoria da evolução com a sua obra "A origem das espécies". (Bear; Connors; Paradiso, 2017). Ele identificou que o sistema nervoso de diferentes espécies revela respostas similares por meio da comparação de diferentes animais. No entanto, Darwin afirma que, mesmo com a similaridade desses encéfalos, eles precisavam se adaptar de acordo com as necessidades do ambiente.

Ainda no século XIX, com o aperfeiçoamento do microscópio, foi possível examinar tecidos animais de forma mais definida. O zoólogo Theodor Schwann apresentou que os "tecidos são compostos por unidades microscópicas chamadas células." (Bear; Connors; Paradiso, 2017, p. 12). Subsequente a isso, em torno de 1900, o neurônio finalmente foi reconhecido como a funcionalidade básica do sistema nervoso. De acordo com Kickhöfel (2014, p. 30), "o sistema nervoso é a parte do corpo dos animais que coordena e integra impulsos sensoriais entre as diferentes partes do corpo e produz comportamentos." Esta afirmação apresenta uma definição clássica e funcional do sistema nervoso, destacando sua capacidade de integrar impulsos sensoriais e gerar comportamentos. Trata-se de uma abordagem sintética e objetiva, comum às ciências biológicas, que identifica o sistema nervoso como uma rede coordenadora de estímulos e respostas corporais. No entanto, essa definição, embora tecnicamente precisa, não contempla a complexidade das descobertas mais recentes da neurociência, que ampliam significativamente o entendimento sobre as funções cognitivas, emocionais e sociais relacionadas ao cérebro humano.

## **2.2. O Sistema Nervoso**

Entendemos assim que essa compreensão inicial do sistema nervoso, centrada em sua função integradora e coordenadora, ganha novas dimensões à medida que os

avanços da neurociência revelam a sofisticação dos processos mentais e emocionais que nele se originam. O cérebro, mais do que um simples processador de estímulos, é hoje compreendido como o centro dinâmico da experiência humana, onde memória, atenção, afetividade e aprendizado se entrelaçam por meio de complexas redes neurais. A partir dessa perspectiva, é possível perceber que o estudo da mente e do comportamento não pode mais se limitar às respostas biológicas, mas exige um olhar mais amplo, capaz de integrar saberes interdisciplinares e reconhecer a subjetividade como parte constitutiva do conhecimento sobre o humano.

Percebemos que a Neurociência avançou de maneira significativa após a evolução dessas teorias. Atualmente, muito se sabe acerca do funcionamento do sistema nervoso, ou seja, como novas informações vão se formando à medida em que o indivíduo adquire um novo conhecimento e como muitas ações são reguladas por redes complexas de células nervosas. O cérebro é considerado a parte crucial do sistema nervoso, pois ele é responsável por funções cognitivas superiores, que são capacidades complexas do ser humano, como motivação, memória, atenção, emoção e linguagem.

Todas essas atividades são realizadas por meio de circuitos nervosos (Cosenza, Guerra, 2011), compostos por aproximadamente 86 bilhões de neurônios, conhecidos como neurônios. Com o passar do tempo, as células se aprimoraram ao receber e transmitir informações e foram se ajustando em cadeias muito bem elaboradas. O cérebro é composto por dois tipos de células: os neurônios e as células da glia, que são responsáveis por auxiliar na comunicação entre os neurônios, os quais estão totalmente envolvidos com as atividades do sistema nervoso. (Kandel; Schwartz; Jessell, 2014).

O neurônio é uma célula que dispõe de uma estrutura detalhada representada pelos dendritos e axônios. Os primeiros se estendem a partir do corpo celular e recebem sinais de outros neurônios; e os axônios são responsáveis por transmitir a informação pelo sistema nervoso, enviando impulsos elétricos a outras células (Cosenza, Guerra, 2011). Vale ressaltar que esse funcionamento só foi compreendido recentemente, no século XX.

Entende-se que os neurônios se comunicam por meio de impulsos nervosos que viajam por seu prolongamento (Cosenza, Guerra, 2011). Os impulsos nervosos ocorrem por meio de toda a extensão do neurônio que são disparados inúmeras vezes por segundo; para que a informação seja transmitida para um próximo neurônio, é

necessário que o impulso elétrico percorra até o final do axônio, onde acontece a liberação de uma substância química chamada neurotransmissor, que atravessa o ponto de contato entre dois neurônios. Esse processo é chamado de sinapse, composta pelo lado pré-sináptico, de onde o sinal está sendo enviado; e o lado pós-sináptico, onde o sinal está sendo recebido. Assim, o neurotransmissor é detectado pelos dendritos do próximo neurônio, ativando-o.

Os neurotransmissores, substâncias químicas liberadas na região das sinapses, agem na membrana de outra célula e podem provocar dois efeitos: ação excitatória, estimulando o disparo dos impulsos nervosos por ela; ou ação inibitória, dificultando os impulsos nervosos, já que muitos neurotransmissores são inibidores (Cosenza, Guerra, 2011). Cabe destacar que as sinapses são essenciais na aprendizagem, pois regulam a passagem das informações no sistema nervoso. O neurônio pode estabelecer sinapses com inúmeros outros neurônios ao mesmo tempo que recebe informações de outras células nervosas. A forma como o neurônio responde vai depender do equilíbrio entre as ações excitatórias ou inibitórias, influenciando outras células ao redor (Cosenza, Guerra, 2011).

A maioria dos axônios é envolvido pela bainha de mielina, camada lipídica que os reveste e contribui para a velocidade das informações que são transmitidas entre as células. Os axônios que são envolvidos pelas fibras mielinizadas são capazes de conduzir a informação de forma mais acelerada do que uma célula que não é mielínica (Cosenza, Guerra, 2011). Portanto, a mielina é extremamente importante para que a maior parte dos neurônios possam funcionar.

O funcionamento das células nervosas é importante para a atuação do córtex cerebral, que é formado por uma camada de substância cinzenta que fica localizado na região externa do cérebro e contém inúmeros neurônios estruturados por circuitos, de forma bastante complexa, responsáveis por capacidades que são características do ser humano tais como a linguagem, a memória, o planejamento de ações e o raciocínio crítico (Cosenza, Guerra, 2011, p. 16). O córtex cerebral é dividido em quatro grandes regiões:

O lobo frontal é responsável por iniciar e controlar movimentos, por funções cognitivas superiores como resolução de problemas, pensamento e planejamento, e também diversos aspectos da personalidade e da conformação emocional de cada indivíduo. O lobo parietal responde por processamento de sensações, atenção e linguagem. O lobo occipital processa sobretudo informações visuais. O lobo temporal é responsável por processar sensações auditivas e

integrar os sentidos, sendo também responsável pela formação, em uma área chamada hipocampo, e por respostas emocionais, na amígdala. (Kickhöfel, 2014, p. 31)

O conhecimento sobre como a informação circula no cérebro é essencial para a compreensão do seu funcionamento em relação à aprendizagem. O corpo humano é capaz de captar a energia do ambiente (por exemplo, a luz), e para isso, ele possui receptores específicos. Quando os receptores captam um sinal do ambiente, eles enviam a informação para o cérebro através de neurônios, onde será processada no córtex. Cada área do cérebro possui uma funcionalidade para cada tipo de sensação, podemos dizer que "[...] a área que recebe as informações táteis, por exemplo, localiza-se no lobo parietal" (Cosenza, Guerra, 2011, p. 18). Além das sensações, o cérebro também controla os movimentos do corpo por diferentes áreas do córtex motor. Se houver um problema no caminho da informação, ou seja, nos circuitos neurais, a capacidade do movimento ou da sensibilidade serão perdidas.

O sistema nervoso trabalha de forma intensa buscando garantir que as informações, conduzidas por meio dos circuitos neurais, cheguem ao cérebro. Esse funcionamento permite que o ser humano tome consciência das situações que acontecem ao seu redor (ou seja, o que ele vê, ouve, como interage, etc.). O estudo neurocientífico cresceu bastante nos últimos anos, inclusive as descobertas na área da neurociência cognitiva possibilitaram um grande avanço, rompendo com a ideia de que esses conhecimentos são destinados apenas às áreas acadêmicas específicas, alcançando os profissionais do conhecimento de outras áreas, considerando que uma dessas é a educação. Em vista disso, a neurociência contribui fortemente para a educação, pois entende-se que diferentes estruturas cerebrais funcionam em conjunto para que o indivíduo possa aprender. O cérebro é, portanto, o órgão que está diretamente relacionado ao processo de aprendizagem, afinal, a forma como uma pessoa aprende tem grande influência da atividade do sistema nervoso.

De acordo com Cosenza e Guerra (2011), as estratégias pedagógicas promovidas pelo processo ensino-aprendizagem, quando estão articuladas com as particularidades de cada indivíduo, desencadeiam a neuroplasticidade, aperfeiçoando a estrutura cerebral de quem aprende. A partir disso, compreende-se que a neurociência tem também o objetivo de complementar, acrescentar e potencializar o processo de ensino-aprendizagem. Cabe salientar que, embora seja uma abordagem

científica desse processo, as neurociências não sugerem uma nova pedagogia ou trazem soluções definitivas para as dificuldades de aprendizagem.

### **2.3. Neuroeducação**

Trata-se de definir a educação como um processo que proporciona o desenvolvimento da memória, atenção, linguagem, emoções, ideias, decisões, interações, por meio do processo de aprendizagem. Quando relacionada aos estudos da neurociência, ela possui a função de estimular e fortalecer as estruturas cerebrais responsáveis pelas habilidades cognitivas, emocionais e sociais supracitadas. A educação pretende compreender o cérebro de forma especial, reconhecendo que cada um é singular e aprende de formas diferentes. Dessa forma, é essencial que o ensino seja realizado de formas diferenciadas, buscando considerar o indivíduo a partir de seu processo neural.

A afirmação de que a neurociência “também” tem o objetivo de complementar, acrescentar e potencializar o processo de ensino-aprendizagem é pertinente e carrega em si uma nuance importante: ela reconhece que a neurociência não se limita ao campo educacional, mas dialoga com ele, oferecendo subsídios valiosos para sua ampliação e qualificação.

A neurociência, enquanto campo interdisciplinar que reúne conhecimentos da biologia, psicologia, medicina e ciências cognitivas, busca compreender o funcionamento do sistema nervoso e suas relações com o comportamento, a emoção, a memória, a linguagem, a tomada de decisões e, conseqüentemente, com a aprendizagem. A sua contribuição à educação não é fundacional, mas colaborativa. Ela não substitui as teorias pedagógicas, mas as amplia, ao oferecer dados empíricos e bases fisiológicas que ajudam a compreender como o cérebro processa, armazena e recupera informações. O termo “também” nesse contexto é crucial porque indica que os objetivos da neurociência vão além da educação. Ela se dedica, por exemplo, a: compreensão de distúrbios neurológicos e psiquiátricos, estudando doenças como Alzheimer, Parkinson, epilepsia, esquizofrenia e depressão, visando seu diagnóstico, tratamento e prevenção (Kandel; Schwartz; Jessell, 2014); pesquisa sobre consciência e identidade, ao investigar a base biológica da consciência, da subjetividade e da construção do self, questões que tocam tanto a filosofia quanto a psicologia conforme Damasio (2000); desenvolvimento de tecnologias biomédicas e neuroprotetoras, sendo estas que atuam no desenvolvimento de próteses neurais,

implantes cerebrais, interfaces cérebro-máquina e fármacos que modulam funções cognitivas (Nicoletis, 2011); estudo do comportamento humano, ao explorar os fundamentos neurais de decisões morais, emoções, hábitos, vícios, linguagem, empatia, entre outros aspectos da vida cotidiana, conforme Ledoux (2001); aplicações no campo jurídico e econômico, com o surgimento de áreas como a neuroeconomia e o *neurolaw* (neurodireito), que investigam os mecanismos cerebrais envolvidos em decisões financeiras ou julgamentos legais (Gazzaniga, 2013).

Assim, ao afirmar que a neurociência também objetiva contribuir com o processo de ensino-aprendizagem, reconhece-se sua inserção num projeto mais amplo de compreensão do ser humano em sua totalidade biológica, psíquica e social. Quando se aproxima da educação, ela o faz não como instância prescritiva, mas como parceira epistêmica que pode potencializar práticas pedagógicas ao iluminar processos antes invisíveis, tais como os modos pelos quais o cérebro responde ao afeto, ao estímulo, à repetição ou ao erro. Essa colaboração requer, porém, um olhar crítico e interdisciplinar, capaz de integrar saberes sem reducionismos, valorizando tanto o corpo que aprende quanto o sujeito que se transforma no ato de aprender.

Há diversas teorias de autores contemporâneos que dialogam com a ideia principal que a neurociência traz acerca do desenvolvimento das habilidades mentais do indivíduo. Portanto, faz-se necessário compreendê-lo para ampliar o conhecimento sobre como o cérebro funciona. Trazemos assim, Jean Piaget (1896-1980), um cientista suíço que propôs diversos aspectos que podem ser considerados pela neurociência. Como ponto de partida, na sua compreensão, o ser humano não nasce com o cérebro pronto; é necessário que essas estruturas se desenvolvam para alcançar o seu melhor desempenho, assim, entende-se que grande parte do cérebro será desenvolvida após o nascimento. Para isso, Piaget (1971) defende que a criança passa por quatro estágios de desenvolvimento e essas fases acontecem mais ou menos na mesma idade e independem da cultura da qual as crianças pertencem.

No primeiro estágio conhecido por sensório-motor, que vai do nascimento até os 2 anos de idade, a criança irá iniciar a sua compreensão para a forma como o mundo funciona através de ações. Antes dos 10 meses, os bebês ainda possuem um básico conceito sobre os objetos que os cercam e acreditam que, se ele não está no seu campo de visão, é porque deixou de existir. No entanto, ao completar os 10 meses, os bebês passam a procurar, de forma ativa, um objeto escondido. Nesse caso, ao fim do estágio, ela terá atingido o conceito de saber que um objeto não deixa

de existir apenas porque ele saiu do seu campo de visão. No estágio pré-operacional, que vai dos 2 aos 7 anos, a linguagem começa a tomar uma forma significativa, utilizando símbolos para representar o mundo. Além disso, nessa fase, a criança é egocêntrica; ela não compreende que existem percepções diferentes. No estágio pré-operacional, que vai dos 7 aos 11 anos de idade, o pensamento já possui uma lógica de operações reversíveis, mas só conseguem realizar essas operações se as situações estiverem na frente delas, ou seja, ainda não trabalham com situações hipotéticas. Por fim, no estágio das operações formais, que vai dos 11 anos em diante as crianças já manifestam o pensamento hipotético-dedutivo. (Piaget, 1971).

Embora possa acontecer das fases serem atingidas antes das idades que Piaget propôs, Mourão-Junior, Oliveira e Faria (2011) não desconsideram a importância da teoria. O entendimento é que delimitar uma linha do tempo do desenvolvimento das estruturas mentais é importante para compreender como o cérebro e a forma como o indivíduo aprende se conectam. (Mourão-Júnior; Oliveira; Faria, 2011).

Outro teórico que contribuiu para a neurociência foi o psicólogo bielorusso Lev Vygotsky, com a sua visão sócio-histórica. O autor explica que o indivíduo se constrói através das suas vivências dentro do ambiente social e, a partir das relações, ocorre a formação social da mente. (Vygotsky, 1995). Essas relações se desdobram na teoria da Zona de Desenvolvimento Proximal, que é a distância entre a Zona de Desenvolvimento Real (o que o indivíduo consegue fazer sozinho) e a Zona de Desenvolvimento Potencial (o que o indivíduo consegue fazer com o outro). Entendemos que o pensamento vigotskiano compreende que o indivíduo modela os seus comportamentos na medida em que interage com o meio. De acordo com Neri (2017, p. 31), a teoria de Vygotsky denota que o cérebro está sempre disposto a adquirir novas informações.

Paulo Freire (2005), educador brasileiro, defende a ideia de que a educação é transformadora. Para ele, o sujeito não é um recipiente vazio no qual são depositados os conhecimentos; pelo contrário, cada pessoa carrega uma bagagem de conhecimentos que são conquistados a partir das suas diversas vivências. O pensamento de Freire dialoga com a neurociência quando busca proporcionar um processo de aprendizagem de qualidade levando em consideração o contexto em que o indivíduo está inserido, proporcionando estratégias que possam estimular o seu processo mental.

A partir dessas relações entre teóricos da educação e da neurociência, que buscavam compreender o desenvolvimento da aprendizagem em crianças, nota-se que existe uma convergência significativa entre ambos, pois esse diálogo pretende compreender a forma como o cérebro funciona durante o processo de aprendizagem e como as atividades mentais trabalham para processar e armazenar as informações. Tais atividades são a atenção, a memória, a emoção, a neuroplasticidade, a alimentação, o sono e a linguagem. (Cosenza, Guerra, 2011). Tudo isso possibilita que as práticas pedagógicas sejam (re)pensadas na medida em que o docente reconhece o estudante como um indivíduo único em suas maneiras de pensar, de agir e, principalmente, de aprender. Dessa forma, entendemos que a utilização dos fatores da neurociência contribui para transformar o espaço escolar mais estimulante e prazeroso.

Cabe salientar que a neurociência não busca reduzir a importância de todo o processo educacional somente a uma explicação biológica, como se todas as dificuldades existentes fossem de responsabilidade total do cérebro, afinal, existem fatores sociais, econômicos e históricos que influenciam na vida do indivíduo. Contudo, a neurociência é um complemento positivo no que tange à educação, pois o seu conhecimento evidencia que existem diversas formas de potencializar o aprendizado, principalmente quando o docente passa a compreender que dentro da sala de aula existem sujeitos complexos em todos os seus sentidos (mente, corpo e contexto).

De acordo com Tokuhamas-Espinosa (2008), a neuroeducação é um campo composto pela intersecção entre neurologia, psicologia e pedagogia que se preocupa em entender como o ser humano aprende da melhor forma e como os docentes podem maximizar esse aprendizado. Além disso, Tokuhamas-Espinosa (2008, p. 27) explica que existem duas categorias básicas entre os pensadores da área da neuroeducação: há um grupo de cientistas que transcreveram suas descobertas para a prática educacional e há educadores que se aventuraram nas ciências para confirmar métodos de ensino que são eficazes com base em evidências empíricas. Tokuhamas-Espinosa (2008) afirma que, embora tenha sido comum que os neurocientistas e os psicólogos oferecessem suas experiências na educação, há um grande número de educadores buscando liderar a neuroeducação, ajudando os cientistas a entender quais são as melhores formas de ensinar um indivíduo.

Outrossim, os avanços tecnológicos são considerados um dos pontos relevantes para o estudo da neuroeducação, uma vez que contribuem para que a observação do funcionamento do cérebro seja mais precisa. Esses avanços podem favorecer a atenção, memória e autorregulação emocional dos estudantes por meio de diversas práticas orientadas pelos docentes que passarão a compreender como os estímulos do ambiente escolar impactam significativamente esses aspectos supracitados.

Durante esse percurso, foi possível compreender que a neurociência é um campo de estudo que integra diversas áreas do conhecimento e dedica-se ao entendimento do funcionamento do sistema nervoso. Atualmente, ela tem como base os conhecimentos construídos por filósofos, médicos, psicólogos e educadores. Para tanto, o cérebro é um sistema complexo e os neurônios são possivelmente grandes responsáveis pelo nosso aprendizado. Esse conhecimento é essencial para os educadores, especificamente, pois compreender que o cérebro é singular e unicamente organizado, proporciona propostas pedagógicas fundamentadas cientificamente possibilitando melhor qualidade no ensino e no processo de aprendizagem.

### **3. Como o cérebro aprende: neuroplasticidade, funções nervosas superiores e fatores biológicos**

Neste capítulo é discutido a forma como o cérebro aprende, à luz das contribuições das neurociências, focando especialmente nos processos de neuroplasticidade, funções nervosas superiores e em fatores biológicos que impactam diretamente a aprendizagem do estudante, como o sono e a alimentação.

Com o passar dos anos, a neurociência revelou que cada vez mais se entende que as estruturas cerebrais trabalham em conjunto para determinar a forma como o indivíduo aprende. Os estímulos constantes do ambiente permitem que essas estruturas permaneçam sempre ativas por meio de padrões de atividade neuronal, que se fortalecem à medida em que são reforçados, consolidando a aprendizagem. (SEB, [s.d.]). Para o educador essa compreensão é fundamental tendo em vista que proporciona novas reflexões para o seu planejamento e possibilita o desenvolvimento de estratégias de ensino que levam em consideração as diferentes formas de

aprender, respeitando os ritmos de aprendizagem e promovendo um ambiente mais inclusivo e significativo.

Cabe salientar que a neurociência não oferece métodos prontos ou pretende ensinar a ensinar, mas ajuda o docente a compreender os processos internos que acontecem no cérebro durante a aprendizagem, dando suporte para a construção de práticas pedagógicas eficazes. Esse suporte se manifesta, por exemplo, ao esclarecer a importância da atenção e da memória na consolidação do conhecimento, ao evidenciar o papel das emoções na motivação e no engajamento dos estudantes, ao reforçar a necessidade de diversificação de estratégias didáticas para respeitar diferentes ritmos e estilos de aprendizagem, e ao orientar sobre como o sono, a alimentação, o movimento e o ambiente impactam diretamente o desempenho cognitivo. Assim, ao integrar essas descobertas às suas práticas, o educador amplia sua capacidade de planejar experiências de ensino mais inclusivas, significativas e capazes de promover uma aprendizagem duradoura. (Dehaene, 2019). Neste livro, Dehaene (um dos maiores especialistas em neurociência cognitiva da aprendizagem) explica de forma nítida e distinta como atenção, memória, motivação e até o erro são componentes centrais do processo de aprender. Ele defende que o conhecimento desses mecanismos pode orientar práticas pedagógicas mais eficazes, mas sem pretensão de apresentar métodos prontos, tal como já afirmamos acima.

### **3.1. Plasticidade Cerebral**

Além de oferecer ao docente subsídios para compreender os processos internos que ocorrem durante a aprendizagem, a neurociência também evidencia que tais processos têm bases formadas muito precocemente no desenvolvimento humano. De acordo com Cosenza e Guerra (2011), os cérebros possuem vias motoras e sensoriais que seguem o mesmo padrão estrutural, mas a formação das conexões neuronais se dá de maneira singular em cada indivíduo. Já no período embrionário, grande parte da arquitetura cerebral está estabelecida, e, embora os circuitos ainda não funcionem plenamente, os bebês já nascem com um conjunto básico de estruturas neurais. Isso significa que o desenvolvimento do sistema nervoso é iniciado nas primeiras semanas de vida intrauterina e que, rapidamente, transforma-se para dotar o recém-nascido de um sistema nervoso que, em sua organização fundamental, acompanhará toda a vida adulta (Cosenza; Guerra, 2011). Assim, compreender que o cérebro carrega desde o nascimento predisposições estruturais, mas também uma

imensa plasticidade, é essencial para que práticas pedagógicas se alinhem tanto à singularidade quanto ao potencial de cada estudante.

Essa primeira fase de desenvolvimento do sistema nervoso é muito importante para que sejam estabelecidas as funções que as diversas estruturas vão desempenhar. (Cosenza; Guerra, 2011). Existem algumas habilidades que seguem uma ordem natural à medida em que o cérebro amadurece e outras que só irão se desenvolver com a ajuda do ambiente. (Cosenza; Guerra, 2011). Entende-se que o sistema nervoso central se adapta, sofre influência do ambiente e passa por diversas mudanças e transformações. A aprendizagem está intimamente ligada a esse desenvolvimento e contribui para a modificação e adaptação das estruturas do cérebro. Conforme destaca Cosenza e Guerra (2011), a aprendizagem ocorre por meio da interação com o ambiente, desencadeando a formação de conexões nervosas.

No entanto, embora a estrutura básica esteja delineada, a neurociência evidencia que o cérebro infantil é altamente plástico, ou seja, possui uma extraordinária capacidade de se modificar e se reconfigurar em resposta às experiências vividas — um fenômeno conhecido como neuroplasticidade precoce. Essa plasticidade é máxima nos primeiros anos de vida, período em que o cérebro é particularmente sensível à qualidade dos estímulos recebidos, como a interação afetiva, a linguagem, a motricidade e o ambiente sociocultural. Assim, compreender que o cérebro carrega desde o nascimento predisposições estruturais, mas também uma imensa abertura para o desenvolvimento a partir das experiências, é essencial para que práticas pedagógicas sejam planejadas de maneira a respeitar a singularidade de cada estudante, potencializando suas capacidades e oferecendo condições favoráveis para a aprendizagem plena e significativa.

Cosenza e Guerra (2011) destacam que a aprendizagem leva à criação de novas sinapses facilitando o fluxo de informações dentro de um circuito nervoso. Se o indivíduo exerce uma mesma atividade diversas vezes, como aprender um novo idioma, terá suas estruturas neuronais modificadas. No entanto, “[...] o desuso, ou uma doença, podem fazer com que ligações sejam desfeitas” (Cosenza; Guerra, p. 36) afetando a comunicação entre os neurônios. Os autores também destacam que a aprendizagem pode levar à associação de circuitos neurais que, até então, operavam de forma independente. Assim, quando o indivíduo aprende algo novo, o seu cérebro

se conecta a circuitos já existentes, aumentando a complexidade das conexões, uma vez que o novo conhecimento se liga aos que já estavam armazenados.

Conforme Amaral e Guerra (2020), nos primeiros anos de vida, o sistema nervoso é altamente plástico; isso quer dizer que os estímulos adequados facilitaram a reorganização dos circuitos neurais e o desenvolvimento de determinadas aprendizagens, mas a falta deles também geram impactos. Partindo disso, as autoras explicam que as crianças que recebem poucos estímulos ou nenhum podem ter dificuldades ao conquistar certas aprendizagens, podendo, inclusive, não desenvolver algumas delas.

Na infância, o desenvolvimento da plasticidade cerebral é mais acentuado e, por isso, ocorrem muitas mudanças nessa fase da vida a partir das experiências que ocorrem no ambiente. Quando o indivíduo chega em sua fase adulta, essas mudanças significativas tornam-se mais difíceis, pois as conexões neurais estão mais consolidadas. No entanto, vale destacar que isso não quer dizer que não seja possível que tais modificações aconteçam. De acordo com Onari (2023), essas alterações acontecem independentemente da idade da pessoa, ou seja, a todo momento da vida de cada indivíduo.

Outro aspecto importante que também envolve a neuroplasticidade é que o erro não deve ser entendido como fracasso, mas como fundamental na formação de conexões neurais. De acordo com Costa (2023, p. 8), “[...] cometer erros e corrigi-los durante o processo de aprendizagem possibilita aos estudantes explorar caminhos diversos para a resolução de um problema.” Nesse sentido, o educador deve promover um espaço em que o erro é compreendido como algo importante para esse processo. Essa abordagem valoriza a aprendizagem ativa e favorece a construção de novas redes neuronais, pois, ao enfrentar o erro e buscar alternativas, o cérebro é estimulado a fortalecer conexões existentes e criar novas vias de processamento. Tal prática, alinhada ao conceito de neuroplasticidade adaptativa, reconhece que a aprendizagem não é linear, mas um processo dinâmico de tentativa, ajuste e inovação. Assim, criar ambientes pedagógicos que acolhem o erro como parte natural da trajetória de aprender incentiva a autonomia, a resiliência cognitiva e o desenvolvimento de habilidades críticas essenciais para a vida acadêmica e para além dela.

Além da plasticidade cerebral, ou seja, sua capacidade de reorganização, as chamadas funções nervosas também possuem um papel fundamental no processo de

aprendizagem. Tal como afirma Costa (2023), essas funções são atividades que se desenvolvem e se aprimoram pela interação do indivíduo com os meios ambiente e social. Consideram-se as funções superiores nervosas a atenção, a memória, a motivação, as emoções, a linguagem e as funções executivas.

### 3.2. Atenção

Segundo Amaral e Guerra (2020), as vias sensoriais são estimuladas levando à ativação e reorganização de circuitos neurais, o que gera novos conhecimentos, habilidades e atitudes. Por causa disso, as autoras destacam para a importância do contato com diversos tipos de estímulos, situações, contextos e pessoas no processo de aprendizagem. No entanto, de acordo com Dehaene (2022), o cérebro não consegue digerir diversos estímulos ao mesmo tempo. Ele possui uma função mental importante que o permite selecionar a informação: a atenção. (Amaral; Guerra, 2020).

Dehaene (2022) revela que a atenção resolve o congestionamento de informações. Segundo ele, seu papel é tão importante que está presente nos diferentes circuitos do cérebro. O psicólogo americano Michael Posner (2012) distingue três circuitos neurais da atenção: alerta, que indica quando prestar atenção, mantendo o indivíduo desperto e disposto a captar o que o ambiente oferece; orientação, que evidencia aquilo que necessita de atenção, direcionando o indivíduo para o objeto de interesse; e atenção executiva, que fixa o indivíduo a um foco em específico, fazendo-o resistir às tentações do ambiente. Conforme Dehaene (2022), esses sistemas ajustam a atividade do cérebro e podem facilitar o aprendizado.

Por isso, afirmamos que a atenção é a porta de entrada da aprendizagem, por onde entram as informações que serão processadas pelos diferentes sistemas de memória. Se o aprendiz não presta atenção, seu cérebro não processa a informação e não faz qualquer registro dela. Consequentemente, não haverá aprendizagem. (Amaral; Guerra, 2020, p. 74)

Cosenza e Guerra (2011) apontam que a atenção pode ser regulada de duas formas: *bottom-up*<sup>6</sup> ou *top-down*<sup>7</sup>. A primeira diz respeito à atenção reflexa, que acontece quando algo no ambiente desvia a atenção, como o sinal que anuncia a hora do intervalo. A segunda refere-se à atenção voluntária, quando o foco é direcionado para algo de maneira intencionada, como acontece durante o estudo. Essa distinção

---

6 Tradução: De baixo para cima.

7 Tradução: De cima para baixo.

é importante na neuroeducação, pois contribui para que o docente crie um ambiente com o mínimo de distrações e ao mesmo tempo incentive a atenção controlada.

Podemos dizer que o cérebro tem uma motivação intrínseca para aprender, mas só está disposto a fazê-lo para aquilo que reconheça como significante. Portanto, a maneira primordial de capturar a atenção é apresentar o conteúdo a ser estudado de maneira que os alunos reconheçam como importante. (Cosenza; Guerra, 2011, p. 48)

Entende-se que o estudante só direcionará a sua plena atenção para um conteúdo se fizer sentido para ele. Em vista disso, o educador deve proporcionar estratégias de ensino garantindo que o estudante possa correlacionar o conteúdo estudado com as suas experiências, pois isso despertará a motivação intrínseca que o cérebro possui para aprender. Cosenza e Guerra (2011, p. 48) apontam que “[...] uma exposição prévia do assunto a ser aprendido, que faça ligações do seu conteúdo com o cotidiano do aprendiz e que crie as expectativas adequadas é uma boa forma de atingir esse objetivo”.

Existem alguns recursos que podem contribuir para o funcionamento dos processos atencionais, como atividades centradas nos estudantes, o uso da interatividade, apresentação dos objetivos da aula e orientação dos educadores. (Cosenza; Guerra, 2011). Esses recursos são fundamentais para atrair a atenção do estudante. Além disso, o ambiente deve proporcionar o mínimo de distração possível e os materiais didáticos precisam ser adaptados às realidades existentes na sala de aula.

Amaral e Guerra (2020) salientam que os circuitos cerebrais de atenção processam um estímulo de cada vez. Ou seja, é possível alternar a atenção entre dois estímulos que exijam esforço cognitivo, porém não há como manter o foco atencional efetivo nos dois estímulos simultaneamente; as autoras destacam que algum aspecto da informação poderá ser prejudicado. Além disso, as emoções também podem impactar no funcionamento dos processos atencionais, o que significa dizer que “[...] emoções intensas, especialmente as negativas, podem prejudicar a atenção dedicada ao processamento cognitivo.” (Amaral; Guerra, 2020, p. 76). Com base em evidências científicas, Amaral e Guerra (2020) apresentam que na região anterior do giro do cíngulo<sup>8</sup> coexistem a atenção emocional e a atenção cognitiva, duas funções

---

<sup>8</sup> Localizado na face medial de cada um dos hemisférios cerebrais, acima do corpo caloso, participa de processos emocionais e cognitivos como atenção, detecção de erros, tomada de decisão, memória e controle motor. Sua porção anterior é também denominada córtex cingulado anterior. (Amaral e Guerra, 2010, p. 287)

importantes controladas por circuitos neurais distintos, e a atividade em um desses circuitos pode inibir o funcionamento do outro, gerando o impacto supracitado.

Amaral e Guerra (2020) explicam que o cérebro volta a sua atenção para aquilo que é necessário para cada indivíduo conforme as suas necessidades físicas, cognitivas e emocionais. Sendo assim, as situações relevantes ou que proporcionam bem-estar ao indivíduo mobilizam a sua atenção. Destaca-se também que quando uma informação recebe atenção, os circuitos são ativados e as conexões sinápticas se fortalecem. Essa ativação repetida dos circuitos formam as memórias, possibilitando a aprendizagem. (Amaral; Guerra, 2020).

### **3.3. Memória**

À medida que o indivíduo aprende algo, novos circuitos são criados por meio da reorganização das conexões entre neurônios. Se esse aprendizado for relevante, ele será usado com frequência, o que consolida esses circuitos neurais. Com o tempo, o acesso a essa nova informação torna-se mais fácil. Esse processo é o que se entende por memória. (Amaral; Guerra, 2020). O cérebro humano é dotado da capacidade de aprender algo novo e de armazenar informações na memória por meio de mecanismos complexos, baseados na atividade neural e na formação de redes de conexões sinápticas. Esse processo ocorre especialmente quando a experiência vivenciada desperta a atenção, pois a atenção atua como um filtro que seleciona os estímulos que serão priorizados para o processamento cognitivo mais profundo. De acordo com Dehaene (2019), a atenção desempenha um papel crucial ao permitir que o cérebro amplifique o processamento de determinados estímulos em detrimento de outros, aumentando a probabilidade de que essas informações sejam codificadas e consolidadas na memória de longo prazo.

Complementando essa perspectiva, LeDoux (2001) explica que o cérebro é biologicamente preparado para captar estímulos emocionalmente relevantes, tais como novidades, desafios ou situações que exigem resposta rápida, e que a emoção, frequentemente associada à atenção, modula diretamente os processos de consolidação mnemônica no hipocampo. Além disso, Kandel, Schwartz e Jessell (2014) demonstram que o fortalecimento sináptico, base da formação de novas memórias, depende da ativação repetida e atenciosa dos circuitos neurais, o que reforça a importância de experiências que envolvam o foco e o engajamento.

Cientificamente, pode-se afirmar que o aprendizado e o armazenamento na memória são mais eficazes quando as experiências ativam o sistema atencional, promovendo condições favoráveis para a neuroplasticidade e para a formação duradoura das representações cognitivas.

Cosenza e Guerra (2011) revelam que existem diferentes tipos de memórias e cada uma envolve partes específicas do cérebro. As memórias podem ser de curta ou longa duração. Assim, as memórias de curta duração são transitórias<sup>9</sup> e responsáveis por armazenar as situações recentes por um breve período de tempo, e as memórias de longa duração se encarregam de registrar as lembranças permanentes.

De acordo com Cosenza e Guerra (2011), a memória de curta duração, também denominada memória operacional ou memória de trabalho, é uma memória transitória, onde são mantidas e processadas informações necessárias para realizar uma tarefa conscientemente. Os autores destacam que a primeira informação que é processada pelo cérebro e torna-se consciente para o indivíduo se faz por meio da memória sensorial, durando apenas alguns segundos, ativando os sistemas sensoriais. Então, se a informação for relevante, poderá ser mantida. Conforme Amaral e Guerra (2020), a memória de trabalho funciona a partir da ativação dos circuitos neurais do córtex pré-frontal e depende da ativação repetida desses circuitos. Para que isso ocorra, é exigida atenção.

Cosenza e Guerra (2011) também apontam que a memória de trabalho processa diversos tipos de informações, como sons, imagens e pensamentos e os mantém disponíveis para que possam ser utilizados quando necessário. No entanto, esse tipo de memória “[...] tem uma capacidade limitada quanto ao número de itens que podem ser mantidos em processamento.” (Cosenza; Guerra, 2011, p. 52). Contudo, os autores sinalizam que a memória de trabalho dispõe de um processo que conserva a informação por mais tempo. Isso é feito por meio da ativação de registros armazenados no cérebro e se tornam acessíveis à consciência para ser utilizado na ocasião. Se uma informação for ativada diversas vezes ou se for associada com sinais e pistas que levam a conhecimentos que já existem, a memória operacional poderá conservá-la por horas ou até dias.

Amaral e Guerra (2020) citam o exemplo dos estudantes em vésperas de prova. Eles guardam um grande número de informações, sem elaboração, na memória de

---

<sup>9</sup> A memória transitória é uma forma de memória explícita, que se refere a conhecimentos adquiridos, lembrados e utilizados conscientemente. (Cosenza e Guerra, 2011, p. 51)

trabalho. Por ser uma memória transitória, à medida em que vão respondendo às questões, essas informações são eliminadas da memória de trabalho. Apenas o decoreba daquilo que foi estudado não irá garantir uma aprendizagem definitiva. Nesse caso, é necessário que haja “[...] a consolidação das novas informações na memória de longa duração, o que requer tempo e esforço pessoal ao longo de um período e não simplesmente antes da prova.” (Amaral; Guerra, 2020, p. 78).

É preciso destacar a distinção entre decorar e decoreba, pois é fundamental para compreender diferentes níveis de relação entre o sujeito e o conhecimento. Decorar, etimologicamente, deriva do latim *decorare*, que significa "ornamentar, embelezar", mas, no contexto do português clássico, assumiu também o sentido de "guardar no coração" (de cor), isto é, saber algo com profundidade, como parte da própria subjetividade. Nesse sentido mais originário, decorar implica apropriação afetiva e significativa do conteúdo, um movimento de internalização que envolve a memória, a emoção e a compreensão. (Houaiss, 2001)

Já a decoreba, termo popularizado no uso brasileiro, refere-se a uma prática mecânica de repetição, desvinculada do entendimento e da construção de sentido. Trata-se de uma memorização superficial, voltada apenas para a reprodução imediata de informações, sem verdadeira integração ao pensamento do sujeito de acordo com Ausubel (2003). Ainda conforme este autor, o verdadeiro aprendizado ocorre quando novos conhecimentos se conectam de maneira substantiva a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, o que ele chama de aprendizagem significativa, e não apenas pela simples repetição de informações isoladas, característica da decoreba.

Neurocientificamente, Dehaene (2019) aponta que o cérebro aprende melhor quando a informação é contextualizada, compreendida e emocionalmente significativa, ativando múltiplas áreas neurais, como o hipocampo (associado à memória declarativa) e o córtex pré-frontal (envolvido na compreensão e no planejamento). Em contraste, práticas mecânicas de decoreba ativam padrões mais restritos e frágeis de memorização, que tendem ao esquecimento rápido, pois não consolidam redes neurais robustas.

Portanto, decorar no seu sentido mais profundo (saber "de coração") está vinculado ao autêntico aprendizado, no qual o conhecimento se torna parte constituinte do ser, envolvendo emoção, compreensão e significação. Já a decoreba

é uma técnica limitada, que favorece o esquecimento e impede a formação de estruturas cognitivas duradouras e flexíveis.

Essa distinção entre decorar e decoreba ressalta que o verdadeiro aprendizado está intrinsecamente ligado à construção de sentido e à apropriação afetiva do conhecimento. Nesse horizonte, torna-se imprescindível reconhecer que a aprendizagem autêntica não ocorre pela simples repetição, mas pela integração significativa dos novos conteúdos à estrutura cognitiva do aprendiz. É nesse ponto que a neurociência educacional reforça a importância da significação na aprendizagem: o cérebro, como organismo ativo e seletivo, dedica-se com mais eficiência a aprender aquilo que reconhece como relevante e conectado às suas experiências prévias. Como afirmam Cosenza e Guerra (2011, p. 58):

É bom não esquecer, mais uma vez, que o cérebro se dedica a aprender aquilo que ele percebe como significativo e, portanto, a melhor maneira de envolvê-lo é fazer com que o conhecimento novo esteja de acordo com suas expectativas e que tenha ligações com o que já é conhecido e tido como importante para o aprendiz.

Entende-se que o cérebro mantém as novas informações por meio da memória de trabalho enquanto busca conexões com os conhecimentos já armazenados. Por causa disso, para que um conteúdo tenha significado para um estudante, é fundamental que ele seja capaz de correlacionar aquilo que ele já conhece com a nova informação que considera relevante. Esse processo facilita a compreensão, consolida o aprendizado, desperta interesse e contribui para que o funcionamento da memória de trabalho seja eficaz.

O outro tipo de memória é a de longa duração. Cosenza e Guerra (2011) destacam que conhecer o seu funcionamento é essencial para auxiliar o docente na utilização de estratégias que façam o estudante aprender da melhor forma. Assim, conforme apresentado anteriormente, a memória de trabalho permite que a experiência vivenciada ou a informação relevante, após passar pelo filtro da atenção e provocar a ativação de neurônios, seja processada. A relevância da informação ou da experiência alteram os circuitos nervosos específicos, tornando as sinapses mais eficientes, possibilitando o surgimento de um registro permanente na memória de longa duração. (Cosenza; Guerra, 2011). É necessário que haja uma dedicação complementar para que uma informação seja fixada definitivamente no cérebro. Conforme Cosenza e Guerra (2011), os estudos da psicologia cognitiva levam em

consideração os processos de repetição, elaboração e consolidação para que isso ocorra.

Os novos conhecimentos que despertam a curiosidade incentivam o indivíduo buscar outros caminhos para ampliar o seu aprendizado sobre aquilo. Esse processo é caracterizado como a repetição do uso da informação. Por conseguinte, o conhecimento será associado a um registro que já existe, complementando a informação que está sendo aprendida, fortalecendo o traço de memória, tornando-o mais durável. (Cosenza; Guerra, 2011). Sendo assim, à medida em que a atividade se repete, ou seja, quanto mais “ganchos” forem estabelecidos com as informações disponíveis no cérebro, melhor o registro se fixará, definitivamente. Vale ressaltar que as informações que são aprendidas por meio de um nível mais complexo de elaboração possuem maior chance de se tornarem um registro forte, pois mais redes neurais estão envolvidas no processo. (Cosenza; Guerra, 2011).

Conforme Cosenza e Guerra (2011), a consolidação é um processo indispensável para que os registros no cérebro sejam fixados por um tempo maior. Nesse processo, ocorre alterações entre os neurônios que fazem com que o registro se ligue a outros já existentes. Essas mudanças contribuem para que o registro se torne duradouro, com a produção de proteínas e outras substâncias que fortalecem ou criam novas sinapses entre os neurônios, facilitando a sua comunicação. Esse é um processo que demora um tempo para acontecer, mas, quando terminado, as memórias estarão consolidadas. Ademais, “[...] as pesquisas mostraram que uma região do lobo temporal em particular, o hipocampo, é importante para a consolidação de novas informações.” (Cosenza; Guerra, 2011, p. 63)

Alguns fatores podem prejudicar na consolidação das memórias, a privação de sono é um deles. Cosenza e Guerra (2011) revelam que “[...] existem evidências de que o fenômeno da consolidação ocorre durante o sono”, uma vez que é durante esse momento que o cérebro trabalha melhor para estabelecer a conexão entre os neurônios. O cérebro revisa as experiências vividas e informações recebidas no período da vigília e tornam estáveis e definitivas aquelas que são significativas. (Cosenza; Guerra, 2011).

Além do sono e a importância de mantê-lo regulado para a consolidação das memórias e garantir que o aprendizado ocorra da melhor forma, um outro fato biológico que influencia diretamente no processo de aprendizagem é a alimentação. Ela é um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento humano, mais

especificamente, cognitivo. (Rocha *et al.*, 2023). Sendo assim, a alimentação saudável ativa o cérebro e proporciona bem-estar para o indivíduo, o que possibilita um processo de aprendizagem mais significativo. Vale ressaltar que a alimentação é uma questão que compreende contextos socioeconômicos, uma vez que o acesso a uma dieta adequada varia de acordo com os contextos de uma família. Mesmo que a dieta possa variar de acordo com os diferentes grupos, é necessário compreender que uma alimentação adequada ou a falta dela devem ser levados em consideração dentro da sala de aula.

De acordo com Cosenza e Guerra (2011), a memória implícita, por sua vez, acontece independentemente da consciência. São registros vinculados a memórias motoras, por exemplo, amarrar os cadarços, abotoar os botões das roupas, tocar um instrumento. Tais memórias “[...] não dependem do hipocampo, mas de estruturas envolvidas com o processamento motor.” (Amaral; Guerra, 2020, p. 80). O processo de repetição é eficiente para que elas sejam armazenadas. É por meio da memória implícita que o indivíduo cria padrões sensório-motores que tornam as atividades automáticas. (Amaral; Guerra, 2020).

Além disso, Cosenza e Guerra (2011) destacam sobre a importância de compreender como essa memória é recuperada e como o que foi aprendido pode ser esquecido ocasionalmente. A recordação parte de uma pista ou sinal que desperte uma lembrança ou possibilite a sua reconstrução, ou, através dos sentidos, é possível reconhecer uma sensação que foi vivida. No caso do esquecimento, as conexões sinápticas<sup>10</sup> podem ser desfeitas pelo desuso, portanto, passado certo tempo, o que foi aprendido pode se perder ao longo do tempo. (Cosenza; Guerra, 2011).

Diante disso, discutir sobre memória também é pensar na história, pois ambas fazem parte da construção da identidade dos indivíduos. Porém, de acordo com Ricoeur (2007), entre os caminhos da memória e da história, há algo muito profundo: o esquecimento. O autor destaca que o "império do esquecimento" enfrenta um conflito entre a ameaça do apagamento definitivo dos rastros, que diz respeito ao receio de que tudo o que foi vivenciado desapareça; e a garantia de que os recursos da anamnésia são postos em reserva, ou seja, a esperança de que as lembranças guardadas podem ser resgatadas se houver esforço.

---

10 Sinapse é a estrutura dos neurônios através da qual ocorrem os processos de comunicação entre os mesmos. As conexões sinápticas são as interações que acontecem durante esse processo. (Santos, 2002).

Considerando essa tensão entre lembrar e esquecer, Cosenza e Guerra (2011, p. 72) sinalizam que “[...] o cérebro é um dispositivo aperfeiçoado para guardar aquilo que se repete com frequência, pois provavelmente esses serão os dados relevantes para a sobrevivência.” Partindo disso, fica evidente a importância de o docente criar maneiras de que um mesmo conteúdo seja explorado diversas vezes e em diferentes situações. (Cosenza; Guerra, 2011). Deve ser levado em consideração que não é possível aprender tudo o que foi estudado em apenas um dia e apenas com uma forma de exposição. A Teoria das Inteligências Múltiplas (TIM), proposta por Howard Gardner (1995), revela que não existe uma inteligência única, mas múltiplas inteligências que consideram as diferentes habilidades que os indivíduos podem desenvolver. Assim, pensar em outras maneiras de ensinar é importante para que o educando possa compreender e processar o conhecimento.

Gardner acredita que a inteligência é o “[...] potencial biopsicológico para processar informações, que pode ser ativado num cenário cultural para solucionar problemas ou criar produtos que sejam valorizados numa cultura.” (1999, p. 47). O autor desafia o conceito de QI (quociente de inteligência) quando propõe que a inteligência estabelece as diversas competências humanas e não a resume apenas em medir a capacidade de raciocínio de um indivíduo. A partir da compreensão da TIM, o docente observa que dentro da sala de aula existem diferentes formas de aprender, mas que todos possuem essa competência. Portanto, Gardner (1995) propõe que todas as pessoas têm o potencial de aprender tudo, porém com diferentes potencialidades.

### **3.4. Emoções e Motivação**

As emoções são um outro fator fundamental para o processo de aprendizagem, que se manifestam por meio de mudanças no corpo e despertam os recursos cognitivos, como a atenção e a percepção. Elas preparam o corpo para uma aproximação, confronto ou afastamento a uma situação específica e determinam a escolha das ações posteriores. (Cosenza; Guerra, 2011). As emoções “[...] atribuem valor às interações que estabelecemos e ao que fazemos, indicando-nos o quanto algo é bom ou ruim, significativo ou não para nós.” (Amaral; Guerra, 2020, p. 71). Conforme Cosenza e Guerra (2011), elas são como um sinalizador interno que indicam que algo está acontecendo e funcionam também como um sinalizador intragrupal, uma vez que é possível reconhecer as emoções de outros indivíduos.

Na nossa cultura, as emoções costumam ser consideradas um resíduo da evolução animal e são tidas como um elemento perturbador para a tomada de decisões racionais. Acredita-se que os seres humanos deveriam controlar suas emoções para que a razão prevaleça. Na verdade, as neurociências têm mostrado que os processos cognitivos e emocionais estão profundamente entrelaçados no funcionamento do cérebro e têm tornado evidente que as emoções são importantes para que o comportamento mais adequado à sobrevivência seja selecionado em momentos importantes na vida dos indivíduos. (Cosenza; Guerra, 2011, p. 76)

Tendo em vista que as emoções possuem um papel fundamental para o funcionamento do cérebro e a seleção delas em determinadas situações ajudam o organismo a se preparar da melhor maneira possível. Entendemos que não existe nada que impeça um indivíduo de sentir uma emoção; mas, se ela se torna excessiva, pode impossibilitar a ação adequada. O que deve ser levado em consideração é a importância de uma emoção para a sobrevivência do indivíduo. (Cosenza; Guerra, 2011).

As emoções desencadeiam respostas periféricas, ou seja, reações que acontecem no corpo e podem ser percebidas, como mãos suando, pupilas dilatadas, respiração ofegante, alteração da expressão facial; mas também há alterações corporais internas, como o coração acelerado ou “frio na barriga”. (Cosenza; Guerra, 2011). Essas emoções podem ser identificadas pelo indivíduo e são denominadas como medo, raiva, alegria, tristeza, tédio, inveja, ansiedade, nojo, etc. (Amaral; Guerra, 2020).

O sistema nervoso possui várias estruturas que estão envolvidas com a experiência das emoções, sendo uma delas o sistema límbico que é responsável por essa experiência. (Bear; Connors; Paradiso, 2002). Uma das regiões importantes desse sistema é a amígdala<sup>11</sup>, composta por um conjunto de neurônios que se organizam de maneira complexa e são conectados a outras regiões do sistema nervoso. (Cosenza; Guerra, 2011). Ela indica quais situações são ameaçadoras para a sobrevivência do indivíduo, sejam as emoções desencadeadas positivas ou negativas<sup>12</sup>. Quando a amígdala ativa, aspectos como atenção, percepção,

---

11 A amígdala cerebral (ou núcleo amigdalóide) é uma região de substância cinzenta subcortical do lobo temporal. (Cosenza e Guerra, 2011, p. 77)

12 As emoções podem ser classificadas por valências (positivas ou negativas). As positivas são: amor, alegria, encantamento, amizade. As negativas são: ódio, tristeza, agonia, desespero, pânico, inveja, medo, ansiedade, raiva. (Lent, 2010, p. 716 apud Carvalho, et al., 2019, p. 3-4)

motivação, memória e metabolismo são influenciados para que o indivíduo possa adaptar as suas ações diante da situação que o desafia. (Amaral; Guerra, 2020).

Além da amígdala, outras estruturas cerebrais têm envolvimento com as emoções, como é o caso do núcleo acumbente<sup>13</sup>, que, de acordo com Amaral e Guerra (2020, p. 71) é a “[...] principal estrutura do sistema de recompensa”. Esse sistema diz respeito às sensações de prazer e bem-estar que são provocados por estímulos significativos para o indivíduo. Por exemplo, um educando estudou bastante para uma avaliação e teve bom rendimento. Quando o cérebro entende que certos comportamentos geram sensação de satisfação, ele avalia que há chances de acontecer novamente e repete a ação. O sistema de recompensa está ligado à motivação. (Amaral; Guerra, 2020).

Segundo Cosenza e Guerra (2011), a motivação pode ser definida como uma força que impulsiona o indivíduo a agir considerando informações recebidas do meio interno (como fome e dor) ou do meio externo (como ameaças e oportunidades). Como mencionado anteriormente, existem comportamentos que proporcionam satisfação, e a motivação leva a pessoa a repetir essas ações na busca pela recompensa previamente experimentada. Nesse contexto, entende-se que ela é extremamente importante para o processo de aprendizagem. (Cosenza; Guerra, 2011).

É curioso e compreensível que o sistema de recompensa tenha conexões com uma área cerebral relacionada ao planejamento de estratégias de comportamento, a chamada área ou córtex pré-frontal. Uma vez ativado o sistema de recompensa, ele ativará o córtex pré-frontal, que planejará o conjunto de ações necessárias para atingir o objetivo que proporcionará, novamente, o prazer, o bem-estar, a sensação de autoeficácia. (Amaral; Guerra, 2020, p. 72)

O sistema de recompensa tem uma relação estreita com o aprendizado. A satisfação e o bem-estar que o sistema de recompensa oferece quando é ativado impulsiona o indivíduo a repetir o comportamento. Esse reforço é fundamental para o processo de aprendizagem, pois, quando um educando compreende que o estudo leva à recompensa, a probabilidade de repetir esse comportamento aumenta. Outro aspecto que envolve a questão das emoções e ativa o sistema de recompensa é proporcionar o ambiente escolar favorável para que o estudante compreenda que o erro não é algo sério, mas sim, um caminho para a aprendizagem. Quando isso

---

13 O núcleo acumbente é uma região do cérebro que é alvo do circuito dopaminérgico (que utiliza a dopamina como neurotransmissor). (Cosenza e Guerra, 2011, p. 80)

acontece, o educando perde o medo de errar e se torna mais confiante, buscando outras formas de fortalecer o seu processo de aprendizagem. (Amaral; Guerra, 2020).

Além disso, conforme Cosenza e Guerra (2011) salientam, o ambiente escolar deve ser planejado de forma a motivar as emoções positivas e evitar que as emoções negativas prejudiquem a aprendizagem. Vale ressaltar que as emoções dos docentes também devem ser cuidadas, pois a linguagem emocional pode se expressar pelo corpo antes de se tornar verbal. Portanto, às vezes, a postura do educador pode impactar na forma como o ensino é percebido (Cosenza; Guerra, 2011).

### **3.5. Linguagem**

Outra função que desempenha um papel fundamental na forma como o cérebro processa e transmite informações é a linguagem. De acordo com Costa, Coimbra e Santos (2024), ela é uma característica única dos seres humanos e uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento da sociedade. O esperado é que a aquisição e o aperfeiçoamento da linguagem aconteçam até os 3 anos de idade, nesse momento várias áreas do cérebro ativam simultaneamente. Além disso, mesmo fazendo parte de diferentes culturas, as crianças conseguem perceber e tentar produzir sons de qualquer língua, pois ela ainda não está vinculada a um idioma específico. (Costa; Coimbra; Santos, 2024). É por isso que as pesquisas revelam que as crianças possuem uma capacidade maior do que os adultos em aprender um idioma – isso está relacionado com a plasticidade cerebral. Dessa forma, “[...] a aquisição de uma língua é frequentemente considerada com um exemplo de uma habilidade que é mais bem aprendida durante um período crítico de desenvolvimento”. (Costa; Coimbra; Santos, 2024, p. 104).

Quando a criança aprende a primeira língua, seu cérebro se molda para reconhecê-la e usar os sons e padrões. Por conseguinte, o cérebro se acostuma com tais sons e padrões e se torna menos flexível para aprender uma outra língua. É por isso que, à medida em que uma pessoa envelhece, dificulta o aprendizado de uma nova língua. Isso não significa que a competência de aprender é perdida completamente.

Independentemente da idade em que se começa, a aprendizagem de uma segunda língua pode ser melhorada com um programa de treinamento que imite componentes-chave do aprendizado precoce – como os longos períodos de imersão na língua falada em um contexto social, o uso de informações visuais e auditivas e a exposição a uma

fala simples e marcada, semelhante ao “maternês”. (Costa; Coimbra; Santos, 2024, p. 105).

Nesse contexto, é possível compreender que existe uma fase da vida em que as janelas de oportunidades são favoráveis para o aprendizado da linguagem, como é o caso dos primeiros anos de vida. No entanto, vale salientar que, mesmo com idade avançada, as pessoas ainda são capazes de aprender uma nova língua, com as estratégias adequadas para tal.

Tendo em vista o que foi exposto nesse capítulo, entendemos que aprender é um processo biológico, emocional e social. A compreensão sobre a forma como o cérebro aprende permite que os docentes possam criar ambientes mais favoráveis ao desenvolvimento cognitivo do estudante. Os aspectos como plasticidade cerebral, atenção, memória, emoção, motivação são essenciais para que o processo de aprendizagem ocorra de forma significativa e os fatores biológicos como sono e a alimentação, quando não levados em consideração, podem prejudicar diretamente na forma como o indivíduo irá aprender.

#### **4. A importância do estudo da neurociência para a formação docente**

Neste capítulo discutiremos sobre como o estudo da neurociência pode contribuir para estratégias eficazes que auxiliam o docente a desenvolver formas de ensino que podem potencializar o processo de aprendizagem. Conforme Amaral, Galvão e Farias (2022), uma maneira de viabilizar o acesso dos docentes às descobertas das pesquisas realizadas no campo da Neurociência é por meio da formação inicial e continuada. Além disso, Dehaene (2022, p. 20) assinala que “[...] é fundamental que cada criança e cada adulto entendam plenamente o potencial do seu cérebro.” Nesse contexto, ao compreender a si mesmo, o docente passa a ter um olhar mais sensível ao educando, levando em consideração as suas singularidades, ritmos e necessidades.

Sendo assim, ao se dar conta dessa competência, o docente passa a se envolver com cérebros que sentem, que pensam, que mudam e que reconstroem constantemente. Esse entendimento torna o processo de ensino e aprendizagem prazeroso para ambos – educando e educador. Cosenza e Guerra (2011) revelam que os conhecimentos neurocientíficos cresceram muito nas últimas décadas. Tokuhama-

Espinosa (2008, p. 5) explica que a Década do Cérebro<sup>14</sup> estimulou novas descobertas e teorias sobre o cérebro e a aprendizagem. Além disso, com o desenvolvimento de equipamentos tecnológicos que possibilitaram a captação de imagens do interior do cérebro humano, foi possível estabelecer um avanço em ritmo até então nunca observado. (Cosenza; Guerra, 2011).

A afirmação de Cosenza e Guerra (2011) destaca um ponto crucial para o avanço da neurociência contemporânea: o papel das tecnologias de imagem cerebral na compreensão do funcionamento do cérebro humano. De fato, o desenvolvimento de ferramentas como a ressonância magnética funcional (fMRI)<sup>15</sup> a tomografia por emissão de pósitrons (PET)<sup>16</sup> e a eletroencefalografia (EEG)<sup>17</sup> permitiu aos cientistas observar, em tempo real, as áreas do cérebro ativadas durante diferentes tarefas cognitivas e emocionais. Essas tecnologias não apenas tornaram possível o mapeamento das funções cerebrais com maior precisão, mas também abriram novas fronteiras de investigação sobre aprendizagem, memória, linguagem e emoções. Podemos ainda inferir que essas três técnicas têm sido fundamentais para os avanços na neurociência e em sua interface com a educação, permitindo compreender como o cérebro aprende, reage a estímulos e processa informações. Como reforça Gazzaniga (2012, p.47), “as neuroimagens revolucionaram o modo como compreendemos o comportamento humano, permitindo estabelecer correlações entre atividades mentais e padrões específicos de ativação cerebral.” Em vista disso, os recursos tecnológicos não apenas impulsionaram a pesquisa básica, como também

---

14 En Junio de 1990, el NINDS redacta un Plan de Implementación: Década Del Cerebro. Éste incluía catorce categorías de enfermedades graves por las cuáles se auguraba dentro del campo de la investigación neurobiológica un gran avance incipiente. (Tandon, 2000 apud Martín-Rodríguez, 2004, p. 132). Tradução da autora: Em junho de 1990, o NINDS redigiu um Plano de Implementação: Década do Cérebro. Isso incluiu categorias de doenças graves para os quais foram inaugurados no campo da investigação neurobiológica com um grande avanço incipiente.

15 fMRI – Functional Magnetic Resonance Imaging (Ressonância Magnética Funcional). Esta é uma técnica de neuroimagem que mede a atividade cerebral detectando alterações no fluxo sanguíneo. Quando uma área do cérebro é ativada, há aumento do consumo de oxigênio, o que é detectado pela fMRI. Essa técnica permite visualizar quais regiões cerebrais estão envolvidas em determinadas tarefas cognitivas, emocionais ou sensoriais, com alta precisão espacial. (GAZZANIGA, 2012)

16 PET – Positron Emission Tomography (Tomografia por Emissão de Pósitrons) A PET é um exame que utiliza substâncias radioativas para medir a atividade metabólica das células cerebrais. Ao rastrear o metabolismo da glicose ou de outros compostos, essa técnica permite avaliar funções cerebrais associadas a diferentes estados mentais e patologias neurológicas, sendo muito usada no diagnóstico de doenças como Alzheimer e epilepsia. (KANDEL, 2014).

17 EEG – Electroencephalography (Eletroencefalografia). Esta é uma técnica que registra a atividade elétrica cerebral por meio de eletrodos colocados no couro cabeludo. Ela capta os sinais elétricos gerados por grupos de neurônios em atividade, sendo útil especialmente para estudar ritmos cerebrais, estados de consciência, sono, atenção e epilepsias, com alta resolução temporal. (BEAR, 2017).

ofereceram subsídios valiosos para áreas aplicadas, como a educação, a psicologia e a medicina.

Para compreender de maneira mais clara as especificidades de cada uma dessas tecnologias de imagem cerebral (fMRI, PET e EEG) e seus diferentes aportes ao campo da neurociência, é útil recorrer ao Quadro Comparativo: Técnicas de Neuroimagem Cerebral, apresentado a seguir. Esse quadro sintetiza as principais características, vantagens, limitações e finalidades de uso dessas ferramentas, evidenciando como cada técnica contribui de forma singular para a investigação do cérebro humano. Essa visualização permite perceber que, embora distintas em metodologia e alcance, todas se complementam na tarefa de decifrar os processos neurais relacionados à aprendizagem e ao comportamento. Assim, o diálogo entre a descrição conceitual e a organização comparativa reforça o argumento de que tais recursos tecnológicos são essenciais para a consolidação de práticas educacionais fundamentadas em evidências neurocientíficas.

Quadro Comparativo: Técnicas de Neuroimagem Cerebral

Técnica	Nome Completo	O que mede	Vantagens	Limitações	Referência ABNT
fMRI	Functional Magnetic Resonance Imaging (Ressonância Magnética Funcional)	Fluxo sanguíneo cerebral relacionado à atividade neural	Alta resolução espacial; não invasiva; ideal para localizar funções cerebrais	Baixa resolução temporal; sensível a movimentos do paciente	GAZZANIGA, Michael S. et al. Neurociência cognitiva. 2012
PET	Positron Emission Tomography (Tomografia por Emissão de Pósitrons)	Atividade metabólica cerebral (uso de glicose ou fluxo sanguíneo)	Boa para detectar alterações metabólicas precoces em doenças neurológicas; útil em diagnóstico clínico	Uso de substâncias radioativas; custo elevado; menor resolução espacial que fMRI	KANDEL, Eric R. et al. Princípios de neurociência. 2014
EEG	Electroencephalography (Eletroencefalografia)	Atividade elétrica do cérebro em tempo real	Alta resolução temporal; portátil; baixo custo; ideal para	Baixa resolução espacial; menos eficaz para localizar	BEAR, Mark F. et al. Neurociências. 2017

			estudar estados mentais	a origem da atividade	
--	--	--	-------------------------	-----------------------	--

Fonte: Elaboração da autora.

As informações sistematizadas no quadro comparativo não apenas evidenciam a diversidade e a sofisticação das tecnologias de neuroimagem, como também reforçam a relevância dessas ferramentas na produção de dados que impactam diretamente o campo educacional. Ao possibilitar a visualização das dinâmicas neurais envolvidas na atenção, memória, emoção e motivação, essas técnicas oferecem subsídios concretos para repensar estratégias pedagógicas com base em evidências. É justamente a partir desses achados científicos que educadores podem acessar conhecimentos aprofundados sobre o funcionamento cerebral e, assim, refletir sobre práticas de ensino mais eficazes. Como destacam Rosat et al. (2010), compreender os mecanismos cerebrais associados às emoções e à tomada de decisões amplia o repertório docente, favorecendo abordagens mais sensíveis às necessidades dos estudantes. Nesse cenário, a neuroeducação surge como um campo promissor, articulando saberes das ciências cognitivas, da pedagogia e da neurociência para promover uma formação integral, como ressalta Tokuhamas-Espinosa (2008), ao afirmar que esse novo modelo integra princípios e diretrizes institucionais que orientam práticas educacionais fundamentadas em bases interdisciplinares.

Para os educadores, as informações oriundas de pesquisas realizadas por neurocientistas, como "[...] explicações sobre o papel das emoções no aprendizado, nos processos de tomada de decisão e nas várias possibilidades de motivação dos alunos" (Rosat *et al.*, 2010, p. 202), podem garantir formas de ensinar eficazes para alcançar um aprendizado eficiente. O interesse do campo educacional pelos conhecimentos da neurociência tem crescido, uma vez que, como destaca Tokuhamas-Espinosa (2008, p. 17), "o novo modelo de neuroeducação articula os objetivos, princípios, premissas e diretrizes institucionais"<sup>18</sup> que orientam essa área interdisciplinar.

Nesse contexto, Tokuhamas-Espinosa (2008) explicita 14 princípios básicos da Neuroeducação que foram articulados a partir das três áreas do conhecimento:

---

<sup>18</sup> Texto original: The new model of neuroeducation articulates the goals, tenets, premises and instructional guidelines.

neurociência, psicologia e educação. Isso quer dizer que o ensino é um processo complexo e multifacetado, pois a conexão entre essas áreas permite que o docente compreenda como o cérebro aprende em sua integralidade. Dessa forma, a formação docente deve ser interdisciplinar, pois é preciso um olhar biológico, psicológico e pedagógico ao mesmo tempo. Os princípios assinalados por Tokuhamas-Espinosa (2008) estão relacionados com aspectos da aprendizagem individualizados, ou seja, “[...] são relativos a cada aprendiz” (Rosat *et al.*, 2010, p. 203), portanto, cada educando aprende de uma forma.

(a) os alunos aprendem melhor quando estão altamente motivados do que quando não tem motivação; (b) o estresse afeta o aprendizado; (c) a ansiedade bloqueia as oportunidades de aprendizado; (d) estados depressivos podem impedir o aprendizado; (e) os tons de voz de outras pessoas são rapidamente julgados no cérebro como ameaçadores ou não ameaçadores; (f) os rostos das pessoas são julgados quase instantaneamente (ou seja, boas ou más intenções); (g) o feedback é importante para o aprendizado; (h) as emoções desempenham um papel fundamental no aprendizado; (i) o humor pode melhorar as oportunidades de aprendizado; (j) a nutrição afeta o aprendizado; (k) o sono afeta a consolidação da memória; (l) os estilos de aprendizado (preferências cognitivas) são devidos à estrutura única dos cérebros individuais; (m) a diferenciação nas práticas de sala de aula é justificada pelas diferentes inteligências dos alunos. (Tokuhamas-Espinosa, 2008, p. 78)<sup>19</sup>

Ao contrário dos princípios que são relativos a cada aprendiz individualmente, a autora também destaca aqueles que são importantes da mesma forma para todos os estudantes.

(a) cada cérebro é único e organizado de forma única; (b) os cérebros são especializados e não são igualmente bons em tudo; (c) o cérebro é um sistema complexo e dinâmico e é alterado diariamente pelas experiências; (d) os cérebros são considerados "plásticos" e continuam a se desenvolver ao longo de nossas vidas; (e) a aprendizagem é baseada em parte na capacidade do cérebro de se autocorrigir e aprender com a experiência por meio da análise de dados e autorreflexão; (f) a busca por significado é inata na natureza humana; (g) a busca por significado ocorre por meio de "padronização"; (h) a aprendizagem é baseada em parte na capacidade do cérebro de detectar padrões e fazer aproximações para aprender; (i) as emoções são críticas para detectar padrões; (j) a

---

19 Texto Original: (a) students learn better when they are highly motivated than when they have no motivation; (b) stress impacts learning; (c) anxiety blocks learning opportunities; (d) depressive states can impede learning; (e) other people's tones of voices are quickly judged in the brain as either threatening or non-threatening; (f) people's faces are judged nearly instantaneously (i.e., good or bad intentions); (g) feedback is important to learning; (h) emotions play a key role in learning; (i) movement can enhance learning; (j) humor can enhance learning opportunities; (j) nutrition impacts learning; (k) sleep impacts memory consolidation; (l) learning styles (cognitive preferences) are due to the unique structure of individual brains; (m) differentiation in classroom practices is justified by students' different intelligences. (Tokuhamas-Espinosa, 2008, p. 78)

aprendizagem é baseada em parte na capacidade do cérebro de criar; (k) a aprendizagem é aprimorada pelo desafio e inibida pela ameaça; (l) o cérebro processa partes e todos simultaneamente (é um processador paralelo); (m) os cérebros são projetados para flutuações em vez de atenção constante; (n) a aprendizagem envolve atenção focada e percepção periférica; (o) o cérebro é social e prospera na interação (bem como na reflexão pessoal); (p) aprender sempre envolve processos conscientes e inconscientes; (q) aprender é desenvolvimentista; (r) aprender envolve toda a fisiologia (o corpo impacta o cérebro e o cérebro controla o corpo); (s) diferentes sistemas de memória (curto prazo, de trabalho, longo prazo, emocional, espacial, mecânico) aprendem de maneiras diferentes; (t) novas informações são armazenadas em muitas áreas do cérebro e podem ser recuperadas por diferentes caminhos; (u) o cérebro lembra melhor quando fatos e habilidades estão inseridos em contextos naturais; e (v) Memória + Atenção = Aprendizagem. (Tokuhama-Espinosa, 2008, p. 79-80)<sup>20</sup>

Os princípios propostos por Tokuhama-Espinosa (2008) destacam que aprender é algo individual e ao mesmo tempo universal. O cérebro possui processos biológicos similares, porém cada pessoa apresenta um ritmo único de aprender. Esse dualismo ressalta a importância de que a formação docente ocorra de maneira interdisciplinar, uma vez que reforça a necessidade de o professor articular os saberes da neurociência, da psicologia e da educação com o objetivo de desenvolver práticas pedagógicas que considerem o educando na sua integralidade.

Conforme estabelece a Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional, a educação tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. (Brasil, 1996). Nesse sentido, para que esse objetivo seja alcançado, é necessário pensar em propostas pedagógicas que atendam às necessidades das realidades existentes dentro da sala

---

20 Texto Original: (a) each brain is unique and uniquely organized; (b) brains are specialized and are not equally good at everything; (c) the brain is a complex, dynamic system and is changed daily by experiences; (d) brains are considered 'plastic' and continue to develop throughout our lives; (e) learning is based in part on the brain's ability to self-correct and learn from experience through analysis of data and selfreflection; (f) the search for meaning is innate in human nature; (g) the search for meaning occurs through 'patterning'; (h) learning is based in part on the brain's ability to detect patterns and make approximations to learn; (i) emotions are critical to detecting patterns; (j) learning is based in part on the brain's capacity to create; (k) learning is enhanced by challenge and inhibited by threat; (l) the brain processes parts and wholes simultaneously (it is a parallel processor); (m) brains are designed for fluctuations rather than constant attention; (n) learning involves both focused attention and peripheral perception; (o) the brain is social and thrives on interaction (as well as personal reflection); (p) leaning always involves conscious and unconscious processes; (q) learning is developmental; (r) learning engages the entire physiology (the body impacts the brain and the brain controls the body); (s) different memory systems (short term, working, long term, emotional, spatial, rote) learn in different ways; (t) new information is stored in many areas of the brain and can be retrieved through different pathways; (u) the brain remembers best when facts and skills are embedded in natural contexts; and (v) Memory + Attention = Learning. (Tokuhama-Espinosa, 2008, p. 79-80)

de aula. Devemos considerar que todos os indivíduos possuem um grande potencial para aprender e torna-se imprescindível alinhar as ações pedagógicas com o conhecimento do funcionamento cerebral. Sob essa perspectiva, a formação de educadores com um olhar mais neurocientífico permite reconhecer o educando em sua totalidade. As neurociências ampliam significativamente no repertório do docente em formação, ao considerar que a aprendizagem é um aspecto complexo e cada cérebro é marcado por múltiplas singularidades, como é o caso dos diferentes ritmos de aprendizado.

Por ser único, o cérebro humano possui uma arquitetura individual que combina três fatores: genes, ambiente e experiências. (Valizadeh *et al.*, 2018 *apud* Grossi, *et al.*, 2019). Assim, o educador deve entender que a maneira de pensar, refletir e aprender é diferente para cada indivíduo, considerando os contextos socioeconômicos e vários outros, como a atenção, a emoção, a motivação, o sono, a alimentação.

Amaral e Guerra (2020) destacam que as emoções influenciam diretamente no aprendizado, então, a forma como o educando se sente em relação à aula de Matemática diz respeito ao seu contexto, da história de vida e das características pessoais do indivíduo. Dependendo desses aspectos, ele pode se sentir animado, ansioso, interessado, estressado, capaz ou despreparado. As autoras supracitadas também assinalam que as emoções provocadas por situações que causam estresse impactam de forma negativa a aprendizagem. Além das emoções, a motivação também pode influenciar na forma como o indivíduo aprende, pois entende-se que ela é “[...] a força que impulsiona os estudantes a buscar informações, a empenhar-se nas tarefas, a envolver-se em projetos desafiadores...” (Amaral e Guerra, 2020, p. 135). No entanto, as autoras revelam que estimular a motivação é algo que deve ser pensado minuciosamente e requer uma prática pedagógica que contribui para intensificar as funções cerebrais que têm relação com a motivação.

A atenção é um outro fator de extrema importância que está intimamente ligado ao aprendizado. Amaral e Guerra (2020) explicam que um dos maiores desafios do educador é conseguir fazer com que os estudantes prestem atenção. Um dos fatores relevantes a ser citado é que a popularização das redes sociais contribuiu para o crescimento do consumo de vídeos curtos e, por conseguinte, diminuiu significativamente o tempo médio de atenção das pessoas. Porém, “[...] as descobertas da Neurociência sobre como o cérebro processa a atenção permitem

indicar um conjunto de estratégias que favorecem a manutenção do foco do estudante na aprendizagem.” (Amaral e Guerra, 2020, p. 140). Cabe salientar que os aspectos mencionados revelam a importância de o professor entender que o conhecimento acerca do funcionamento cerebral o torna um mediador consciente dos processos mentais. Cabe ao docente propor estratégias que estejam de acordo com a realidade do educando e, para isso, é necessário que o conhecimento acerca de todos esses aspectos faça parte da sua trajetória de formação humana e profissional.

De acordo com Cosenza e Guerra (2011, p. 48), o docente precisa ter sempre presente a indignação: por que aprender isso? E em seguida se perguntar qual é a melhor forma de apresentar o conteúdo aos estudantes de forma que eles o reconheçam como significativo. Tais atitudes estabelecem uma postura crítica e reflexiva do professor, o que significa dizer que são elementos essenciais para que os conhecimentos neurocientíficos sejam compreendidos e utilizados de maneira eficiente durante o processo de ensino. Assim, como ressalta Santos (2018), a formação reflexiva ligada aos saberes neurocientíficos podem ser um dos caminhos para o aprimoramento da qualidade educacional. Embora o professor seja importante para essas mudanças, a abordagem dominante propõe outras sugestões, como ter professores condicionados a seguir o currículo prescrito pelo Estado sem questionamentos. (Zeichner, 2003 *apud* Santos, 2018). No entanto, a formação docente baseada no ensino reflexivo revela que essa reflexão possibilita uma mudança significativa na forma como o docente pensa e o permite fazer suas práticas pedagógicas. (Santos, 2018).

Os conhecimentos neurocientíficos são saberes que podem, na medida do possível, auxiliar ao professor no entendimento desta visão reflexiva sobre sua prática, já que quando ele passa a compreender os mecanismos fisiológicos que envolve todo o substrato neural, os processos de aprendizagem, torna-se capaz de intencionalmente elaborar estímulos significativos com o propósito de construir uma prática que desperte uma reflexividade metacognitiva nos alunos e em si mesmo. (Santos, 2018, p. 37)

Ademais, a partir dos conhecimentos neurocientíficos, o docente se torna um pesquisador, pois a neurociência oferece evidências científicas sobre como o cérebro funciona durante a aprendizagem. O professor passa a compreender a aprendizagem “[...] como um fenômeno complexo a ser investigado, visto que o cérebro é o órgão central na construção do raciocínio, pensamento, memória, emoções, linguagem e aprendizagem” (Izquierdo, 2011 *apud* Rabelo, 2022, p. 5). Entender os processos

emocionais e cognitivos permite um olhar mais atento e cuidadoso aos estudantes e a aplicação de suas práticas passa a ter como base os estudos neurocientíficos.

É imperativo destacar que o docente deve atuar de forma reflexiva, observando quais práticas são mais eficazes para os educandos; assumir uma postura investigativa, aproximando-se dos princípios da neuroeducação para compreender o comportamento dos educandos e elaborar suas práticas com base nos processos cognitivos e emocionais; além de desenvolver uma leitura crítica da neurociência, a fim de evitar a reprodução de concepções equivocadas ou generalizações indevidas sobre o funcionamento cerebral. Tais concepções equivocadas correspondem a interpretações simplificadas ou mal fundamentadas de estudos científicos, ou ainda a hipóteses que, embora inicialmente aceitas, foram superadas por evidências mais recentes (Pasquinelli, 2012 apud Troncoso, 2023). Troncoso (2023) destaca que, devido ao entusiasmo de muitos docentes em se apropriar dos conhecimentos da neurociência e aplicá-los à sala de aula, essas ideias distorcidas acabaram ganhando força. O percurso que o saber neurocientífico percorre até o ambiente escolar, quando não mediado por uma análise crítica e contextualizada, pode resultar em interpretações imprecisas e práticas mal orientadas (Dekker, 2012 apud Troncoso, 2023). Um exemplo clássico desse tipo de concepção equivocada é a crença de que “utilizamos apenas 10% do nosso cérebro”, o que não encontra respaldo científico, uma vez que diversas áreas do cérebro são ativadas dependendo da atividade realizada, demonstrando sua ampla e contínua funcionalidade.

O que se busca é uma formação de docentes crítica e fundamentada, tendo em vista que as pesquisas da neurociência demonstram resultados que contribuem para o conhecimento sobre o envolvimento do cérebro no processo de aprendizado. Assim, podemos pensar nas formas pelas quais a neurociência pode ser integrada à formação docente. As suas contribuições devem ser compreendidas de forma cautelosas e é necessário que haja respaldo científico para que elas possam ser aplicadas. Isso exige não apenas leituras simplistas do funcionamento cerebral, mas uma leitura crítica, de forma que a complexidade do contexto escolar seja respeitada.

Cabe salientar que a integração da neurociência na formação do professor enfrenta alguns desafios. Embora seja um campo repleto de informações que são essenciais para as práticas pedagógicas, é importante lembrar que os estudos neurocientíficos não apontam “receitas prontas” ou resolvem todas as dificuldades relacionadas ao aprendizado, mas sim, um elemento que complementa e apresentam

caminhos para estimular o funcionamento neural dos educandos e desenvolver novas competências. (Rodrigues, 2014, *apud* Silva; Azevêdo, 2024). Diante disso, Silva e Azevedo (2024) assinalam que, para que haja a integração da neuroeducação no contexto escolar, é necessário que educadores e gestores se atentem à importância de uma formação continuada de docentes, superação de práticas pedagógicas voltadas a um ensino mais tradicional e possam enfrentar e transformar barreiras que dificultam esses avanços.

Apesar do crescente interesse no campo da neuroeducação, muitos educadores ainda não possuem conhecimento sobre os princípios neurocientíficos que fundamentam as práticas de ensino e aprendizagem. A falta de acesso a programas de desenvolvimento profissional adequados pode dificultar a incorporação efetiva desses conhecimentos na prática pedagógica cotidiana. (Silva; Azevêdo, 2024, p. 2477)

Dessa maneira, evidencia-se a importância da formação continuada como elemento essencial para o aprimoramento da prática docente. A legislação brasileira reconhece essa necessidade, como demonstra a Lei nº 14.817, de 16 de janeiro de 2024, que trata da valorização dos profissionais da educação básica pública. Conforme estabelece o art. 3º, inciso II, essa valorização inclui a "formação continuada que promova a permanente atualização dos profissionais" (BRASIL, 2024), reforçando o compromisso com a qualificação constante e com o desenvolvimento profissional ao longo da carreira. No entanto, como citado acima, muitos educadores não têm acesso aos conhecimentos necessários sobre os estudos da neurociência que fundamentam as práticas de ensino e aprendizagem. Silva e Azevêdo (2024) reforçam que existe a resistência à mudança, falta de recursos e políticas educacionais menos flexíveis, dificultam ainda mais a implementação das neurociências. Existem iniciativas favoráveis que podem fazer parte da rotina do professor como o acesso à cursos e programas adequados que destacam evidências científicas para integrar tais conhecimentos para o desenvolvimento profissional.

## **5. Estratégias que podem ser utilizadas na prática docente com base nos estudos da neurociência**

Neste capítulo discutiremos como o conhecimento neurocientífico pode ser traduzido em ações pedagógicas concretas. Como afirma Tokuhama-Espinosa (2008, p. 1), "a neuroeducação é definida por vários especialistas como o uso de pesquisas

científicas empíricas para confirmar práticas em pedagogia."<sup>21</sup> Isso quer dizer que se trata de um campo que utiliza as inovações científicas para entender o que funciona melhor no ensino e na aprendizagem. Ainda conforme a autora, a neuroeducação pode contribuir para uma mudança significativa nos padrões das técnicas de ensino e no surgimento de um novo modelo de aprendizagem desde a primeira infância até a idade adulta. Por isso, entendemos que as pesquisas neurocientíficas orientam as práticas pedagógicas e evidenciam o que pode funcionar na sala de aula. Estratégias como o papel das emoções na aprendizagem, os métodos multissensoriais, a educação baseada em evidências e a inclusão da diversidade cognitiva, refletem essa responsabilidade em ações pedagógicas fundamentadas nas inovações da neuroeducação.

### **5.1. Programas de Aprendizagem Social e Emocional (SEL)**

Como discutido no capítulo 2, as emoções são fundamentais para que ocorra uma aprendizagem significativa. Cosenza e Guerra (2011) assinalam que as emoções fazem parte do processo de aprendizagem, logo devem ser respeitadas e desenvolvidas de forma adequada. Goleman (1996) destaca que seu interesse acerca do termo “inteligência emocional” contribuiu para que fosse possível analisar “[...] os primeiros frutos do campo incipiente da neurociência afetiva, que explora como as emoções são reguladas pelo cérebro.” (Goleman, 1996, p. 11). Cabe salientar que a inteligência emocional possui um papel fundamental no desenvolvimento do indivíduo, pois auxilia na compreensão dos próprios sentimentos e em como expressá-los de maneira equilibrada. Além disso, o autor citado revela que os educadores receberam o conceito na forma de programas de aprendizado social e emocional (SEL)<sup>22</sup>.

Agora é possível afirmar cientificamente: ajudar as crianças a aperfeiçoar sua autoconsciência e confiança, controlar suas emoções e impulsos perturbadores e aumentar sua empatia resulta não só em um melhor comportamento, mas também em uma melhoria considerável no desempenho acadêmico. (Goleman, 1996, p. 13)

---

21 Texto original: “Neuroeducation is defined by several experts as using empirical scientific research to confirm best practices in pedagogy.” (Tokuhamas-Espinosa, 2008, p. 1)

22 Também conhecido como SEL (social and emocional learning). Por volta de 1995, havia vários programas nesse sentido dos quais ensinavam habilidades de inteligência emocional a crianças. (Goleman, 1996, p. 12).

Podemos considerar que o SEL é uma das estratégias eficazes que contribuem no desempenho acadêmico do indivíduo. Conforme Goleman (1996), os dados<sup>23</sup> apontam que esses programas provocaram mudanças significativas no processo de aprendizagem. O autor também revela que o SEL assume essa posição positiva por impactar diretamente a estruturação dos circuitos neurais em desenvolvimento na criança. Além disso, fortalece as funções executivas - como a regulação emocional - do córtex pré-frontal, ajudando no controle dos impulsos emocionais que podem interferir nas atitudes e comportamentos. Assim, reconhecer a importância desses aspectos ajuda o docente a construir um ambiente onde o estudante se sinta confortável para expressar as suas emoções.

Como explicado no capítulo 3, Bear, Connors e Paradiso (2002) explicam que, em torno de 1930, evidências apontaram que algumas estruturas do sistema límbico estão envolvidas com as emoções. Assim, "[...] o neurologista americano James Papez propôs que houvesse, na parede medial do encéfalo, um "sistema da emoção" que ligaria o córtex com o hipotálamo" (Bear; Connors; Paradiso, 2002, p. 585), ou seja, o córtex estaria envolvido com a experiência emocional. O autor ainda afirma que lesões em certas áreas corticais podem provocar mudanças na expressão emocional. Portanto, cabe mencionar que o sistema límbico tem relação com os processos de atenção, memória e aprendizagem e, partindo disso, entende-se que o SEL atua sobre essas competências emocionais e, conseqüentemente, pode melhorar a habilidade de focar, lembrar e aprender.

O ambiente escolar é o espaço que pode favorecer essa ativação do sistema límbico de forma positiva, pois o docente irá criar situações de aprendizagem que sejam estimulantes e desafiadoras. Tais situações ativam áreas cerebrais relacionadas às emoções e podem modificar o desempenho cognitivo do indivíduo (Amaral e Guerra, 2020, p. 73). Os programas de aprendizado emocional e social auxiliam o educando a compreender os seus comportamentos. Numa dada perspectiva, já superada no paradigma da neurociência, acontece um pensar antes de agir, no entendimento de tomar decisões de forma consciente e evitar emoções

---

23 Nas escolas que adotaram os programas, mais de 50% das crianças tiveram progresso nas suas pontuações de desempenho e mais de 38% melhoraram suas médias. Os programas SEL também tornaram as escolas mais seguras: ocorrências de mau comportamento caíram em média 28%; as suspensões, 44%; e outros atos disciplinares, 27%. Ao mesmo tempo, a percentagem de presença aumentou, enquanto 63% dos alunos demonstraram um comportamento significativamente mais positivo. (Goleman, 1995, p. 13)

que possam causar conflitos posteriormente. Entretanto, a neurociência rompe com essa expressão “pensar antes de agir”, pois esta parte de uma concepção cartesiana, em que o pensar (*res cogitans*) se sobrepõe ao agir (*res extensa*), como se o sujeito racional precisasse controlar ou corrigir a ação bruta, instintiva ou impulsiva. Contudo, essa perspectiva tem sido superada por abordagens que compreendem o sujeito como um ser integrado, onde cognição, emoção, corpo e ação estão intrinsecamente ligados.

Na neurociência contemporânea, por exemplo, o próprio ato de agir mobiliza circuitos cerebrais que também estão envolvidos na antecipação, na representação e no planejamento. O que chamamos de “pensar” já está implicado na ação, de modo que pensamento e ação são coconstituintes e ocorrem de forma dinâmica e simultânea, e não como etapas lineares. Como escreve Francisco Varela, no campo da neurofenomenologia, não há consciência sem corporificação; o conhecer é sempre um agir (Varela, 1997).

No campo da neuroeducação, essa crítica aparece com força nas abordagens que reconhecem a importância da corporeidade, da afetividade e da experiência concreta na aprendizagem. Tokuhamas-Espinosa (2010), por exemplo, enfatiza que ensinar e aprender não são apenas atividades mentais, mas experiências sensorimotoras, emocionais e sociais, nas quais pensamento e ação se constroem mutuamente. A aprendizagem não é uma preparação para agir, mas é já uma forma de ação.

Além disso, as pesquisas em neurociência corporificada indicam que muitos processos que antes eram atribuídos unicamente à “mente” ocorrem em interação com o corpo e o ambiente, reforçando a ideia de que agir é uma forma de pensar, especialmente no contexto educacional, onde o fazer, o experimentar e o viver são dimensões estruturantes da construção do conhecimento.

Desta forma, do ponto de vista epistemológico, filosófico e neuroeducacional, a separação entre pensamento e ação é uma falsa dicotomia. O que ocorre, na práxis, é uma integração contínua, em que agir é um modo de pensar e pensar é um modo de agir. Superar essa visão fragmentada é fundamental para construir propostas pedagógicas mais humanas, engajadas e coerentes com o funcionamento real do cérebro e da experiência vivida.

Nesse horizonte integrador entre corpo, mente e ação, ganha relevância a compreensão de que os aspectos emocionais não são acessórios ao processo

educativo, mas constituem uma dimensão essencial da aprendizagem. Assim como não há dissociação entre pensar e agir, também não se pode separar razão e emoção no contexto da formação humana e escolar. Essa compreensão prepara o terreno para refletir sobre a importância do desenvolvimento da inteligência emocional na prática pedagógica.

Essa estratégia é essencial na prática docente, e Goleman (1996), Meyer e Salovey (1990) destacaram a importância de desenvolver a inteligência emocional nas crianças. Goleman (1996) assinala que as emoções impactam diretamente o rendimento acadêmico e por isso é necessário que elas sejam fortalecidas dentro da sala de aula, pois cria um ambiente emocionalmente seguro e estimulante para aprender. Para tanto, Pinheiro (2022) explica que a interação entre emoção, motivação e aprendizagem autorregulada são elementos fundamentais para alcançar o sucesso da aprendizagem dos estudantes. Assim, é imprescindível reconhecer que o aprendizado social e emocional (SEL) permite que os educandos desenvolvam habilidades para compreender as suas emoções e saber lidar com elas de forma equilibrada, pois isso garante bem-estar e um processo de aprendizado significativo.

## **5.2. Métodos Multissensoriais**

A integração de métodos multissensoriais pode ser considerada outra estratégia eficaz utilizada pelo docente para garantir um aprendizado eficiente. A neurociência explica que o cérebro aprende melhor quando múltiplos sentidos são ativados. Conforme Ramos (2014), pesquisas indicam que o estímulo multissensorial tem efeito positivo sobre a aprendizagem.

O grupo finlandês, de Heikkilä et al., enfatiza que a percepção é essencialmente multissensorial em humanos e investigou os efeitos de estímulos audiovisuais no desempenho da memória. Os participantes memorizaram estímulos auditivos e visuais, congruentes ou incongruentes ou neutros. Foi demonstrado que o desempenho da memória mostrou-se melhor quando os estímulos visuais e auditivos concomitantes eram semanticamente congruentes. Esses resultados sugerem que experiências multissensoriais semanticamente congruentes resultam em melhora da memória cognitiva. (Ramos, 2014, p. 267-268)

Nesse estudo, os estímulos congruentes são os que o som e a imagem possuem o mesmo significado (por exemplo, ouvir o som de um cavalo e ver a imagem de um cavalo), pois os incongruentes não combinam no significado (como a imagem de um lobo e o som de um violino), e neutros não possuem sentido em comum.

(Heikkilä, 2014). Ou seja, foi possível perceber que o cérebro lembra das informações quando esses dois sentidos (audição e visão) estão funcionando concomitantemente. Diante disso, a aprendizagem é um processo neurobiológico complexo que envolve múltiplas vias sensoriais. Entre elas, a visão, a audição e a cinestesia (movimento e tato) desempenham papéis fundamentais na codificação, processamento e consolidação das informações. A neurociência tem evidenciado que o cérebro aprende melhor quando engajado de forma multissensorial, ou seja, quando diferentes canais perceptivos são ativados de maneira integrada, o que favorece a plasticidade neural e o armazenamento de longo prazo.

A visão, por exemplo, é responsável por uma parte significativa da aprendizagem humana, visto que o córtex visual ocupa grande porção do cérebro. Segundo Bear, Connors e Paradiso (2017, p.297), “mais da metade do neocórtex humano está envolvido no processamento de informações visuais”, o que evidencia sua importância. As imagens, cores, formas e movimentos visuais ativam o córtex occipital e outras áreas associativas, contribuindo para a retenção de conteúdos e a construção de representações mentais. A aprendizagem visual é especialmente potente quando combinada com elementos emocionais e simbólicos, que envolvem o sistema límbico.

No caso da audição, o cérebro processa sons por meio do córtex auditivo, localizado no lobo temporal. Esse sistema permite não apenas a decodificação de estímulos sonoros, como também a atribuição de sentido à linguagem oral, aos ritmos e à entonação. De acordo com Dehaene (2019, p.118), o cérebro humano é “extraordinariamente sensível aos sons da linguagem”, e essa sensibilidade auditiva é crucial para o desenvolvimento da alfabetização, da música e da memória auditiva. A escuta ativa, especialmente quando associada a emoções, favorece a consolidação da memória episódica e semântica.

Por sua vez, a cinestesia, que inclui movimentos corporais, tato e propriocepção<sup>24</sup>, é fundamental para a aprendizagem experiencial e para o

---

<sup>24</sup> A propriocepção é a capacidade do organismo de perceber a posição, o movimento e a orientação do corpo no espaço, mesmo sem o uso da visão. Essa percepção interna é mediada por receptores sensoriais localizados nos músculos, tendões e articulações, que enviam informações ao sistema nervoso central sobre o estado de contração muscular, a posição das articulações e o equilíbrio corporal. Segundo Bear, Connors e Paradiso (2017), a propriocepção é uma forma especializada de sensação somática, essencial para a coordenação motora fina, o controle postural e a aprendizagem de movimentos complexos. Ela permite que o corpo “saiba onde está” e “como se move”, mesmo na ausência de estímulos visuais ou auditivos, sendo crucial tanto para atividades rotineiras quanto para a aprendizagem motora em contextos escolares e terapêuticos.

desenvolvimento da memória procedimental. O corpo não apenas executa, mas também sente e aprende. Como destaca Damásio (2000), o corpo é parte constituinte do processo de consciência e aprendizado, pois “o sentimento é um componente essencial do pensamento racional” (Damásio, 2000, p. 273). Movimentos corporais ativam o cerebelo, os gânglios da base e o córtex motor, favorecendo o aprendizado por meio da prática, da experimentação e do engajamento sensório-motor. Isso é particularmente evidente em crianças, cuja aprendizagem é fortemente mediada pelo brincar, pelo toque e pela ação corporal.

A neurociência sustenta que a aprendizagem efetiva se dá por meio da ativação coordenada dos sistemas sensoriais, onde visão, audição e cinestesia interagem com as emoções e com o contexto sociocultural do aprendiz. Essa perspectiva desafia práticas pedagógicas excessivamente centradas em métodos verbais e abstratos, convidando a uma educação mais multissensorial, experiencial e significativa.

Doidge (2016) destaca a importância da estimulação multissensorial ao apresentar casos de pessoas que perderam determinadas funções cerebrais — como a audição —, mas que, por meio de outros estímulos sensoriais (visuais, táteis, motores), conseguiram restabelecer conexões neurais, utilizando diferentes sentidos para desempenhar a mesma função. Essa situação reforça a ideia de que quanto mais sentidos são estimulados, mais redes neurais são ativadas. Isso mostra que o cérebro é plástico e pode se reorganizar à medida em que novas informações são aprendidas. Dessa forma, podemos entender que a aprendizagem com base nos estímulos multissensoriais fortalece as conexões sinápticas, fazendo com que a informação fique armazenada na memória de longo prazo e demonstrando a forma como o cérebro se adapta a diferentes tarefas ou novas situações. Vale ressaltar que essas práticas proporcionam inclusão no processo educativo, pois todas as formas e os ritmos de aprendizado são levados em consideração.

### **5.3. Educação Baseada em Evidências**

A implementação eficaz de estratégias em sala de aula exige um olhar cuidadoso ao sistema educacional brasileiro, especialmente no que tange a valorização da educação baseada em evidências. Oliveira (2014) sinaliza que os métodos científicos não são capazes de responder a todas as particularidades do processo educativo, mas, colaboram para alcançar uma educação de qualidade em que tanto o educando quanto o professor possam se beneficiar. Oliveira (2014) explica

que a integração das evidências científicas e empíricas possibilita que os profissionais da educação cheguem a conclusões bem fundamentadas e com maior potencial de impactar positivamente a aprendizagem dos educandos, tornando o espaço escolar mais flexível às diversas realidades existentes.

Conforme Oliveira (2014, p. 12) explica, a palavra “evidência” tem origem latina e provém do verbo *videre* (ver) que significa “visibilidade, clareza, transparência”. O autor ainda sinaliza que no contexto educacional, evidências são conclusões baseadas em estudos científicos. Portanto, “[...] o objetivo de um estudo científico é descobrir as causas dos fenômenos – o que leva uma criança a aprender melhor, mais depressa ou com mais facilidade.” (Oliveira, 2014, p. 13).

A afirmação de que “o objetivo de um estudo científico é descobrir as causas dos fenômenos” expressa uma concepção tradicional da ciência, fortemente ancorada na epistemologia positivista. Esse entendimento, herdeiro de uma visão cartesiana e newtoniana, concebe o conhecimento como algo objetivo, neutro e cumulativo, cujo propósito seria o de desvendar leis universais e invariantes da realidade por meio da observação e da experimentação rigorosas. Contudo, essa concepção tem sido criticada ao longo das últimas décadas por diversas correntes epistemológicas que colocam em questão a ideia de verdade como correspondência entre fato e teoria.

Um dos principais críticos desse modelo foi Thomas Kuhn (1997), ao afirmar que o desenvolvimento da ciência não segue um caminho linear de progresso rumo à verdade, mas sim um percurso marcado por rupturas paradigmáticas. A ciência, segundo ele, é uma atividade histórica e socialmente situada, cujos “fatos” só fazem sentido dentro de determinado quadro teórico. Da mesma forma, Sandra Harding (2004) questiona a pretensão de neutralidade e universalidade da ciência, defendendo uma epistemologia feminista que reconheça os valores, os contextos e as posições de sujeito envolvidos em toda produção científica. Para ela, a ciência não é menos válida por ser situada; ao contrário, torna-se mais forte quando reconhece seus vínculos éticos, sociais e culturais.

Em consonância com essa visão, Boaventura de Sousa Santos (2006) propõe uma “ecologia de saberes” e uma “ciência prudente para uma vida decente”, defendendo que a ciência ocidental moderna precisa reconhecer-se como apenas uma entre muitas formas legítimas de conhecimento. Seu objetivo não deveria ser a imposição de uma verdade absoluta, mas a produção de sentidos plurais, dialogados

e comprometidos com a justiça cognitiva e social. A ciência, nesse horizonte, torna-se ferramenta de emancipação e transformação, não um tribunal da verdade.

Dentro desse contexto epistemológico, é essencial também revisitar o papel da neurociência, especialmente quando aplicada ao campo educacional. Embora a neurociência tenha se desenvolvido, em grande parte, sob os moldes das ciências naturais, com forte apelo empírico e tecnológico, ela não está isenta dos riscos do reducionismo biológico, sobretudo quando busca explicar fenômenos complexos da aprendizagem apenas por meio de imagens cerebrais ou correlações neuronais. Como alerta Antonio Damásio (2000, p. 284), "o cérebro sozinho não aprende — quem aprende é o organismo em interação com o mundo", indicando que os processos cognitivos não são puramente internos, mas corpóreos, emocionais e situados.

Compreender a ciência como um campo dinâmico, histórico e socialmente situado não significa rejeitar a importância do rigor, da evidência ou da investigação empírica, mas sim reconhecer que esses elementos devem estar sempre articulados a uma postura crítica e reflexiva. No contexto da prática pedagógica, isso implica valorizar o conhecimento produzido pelas neurociências e outras áreas afins, sem aderir a uma visão determinista ou dogmática. Trata-se de integrar o saber científico a partir de uma perspectiva aberta ao diálogo com diferentes formas de conhecimento e experiências educativas. É justamente a partir dessa postura crítica que se fortalece o compromisso do professor com uma prática fundamentada, mas também sensível às transformações do conhecimento e às necessidades concretas de seus educandos.

Para tanto, faz-se necessário que o docente organize a sua prática pedagógica partindo de um estudo sustentado em dados, experimentos e revisões científicas. Além disso, é necessário se aproximar de fontes confiáveis, avaliando o impacto dessas práticas de forma crítica. Oliveira (2014) ainda destaca que a verdade científica existe, mas pode ser aprimorada com o tempo a partir de novos conhecimentos, com outras perspectivas, ou com o uso de métodos diferentes.

A neuroeducação se apresenta como um campo interdisciplinar que se apoia em evidências científicas, oferecendo subsídios ao docente para planejar e aplicar suas práticas com base em métodos que investigam como o cérebro processa as informações durante a aprendizagem e como se estruturam as conexões neurais. Isso possibilita que o professor alinhe sua atuação pedagógica ao funcionamento real do cérebro em processo de aprendizagem.

De acordo com Sousa (2025), as limitações das práticas pedagógicas tradicionais dificultam o processo de aprendizagem de estudantes com dificuldades e transtornos de aprendizagem. Nesse contexto, a neurociência busca promover um diálogo crítico que auxilie o docente a compreender como o cérebro aprende e, principalmente, a pensar em estratégias que atendam às necessidades desses estudantes com dificuldades. A autora também destaca que, nos últimos tempos, tem crescido a demanda por práticas educacionais inclusivas, adaptadas para estudantes com dislexia, Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH), Transtorno do Espectro Autista (TEA), entre outros. Conforme Sousa (2025), a plasticidade cerebral, um dos principais conceitos da neurociência, refere-se à capacidade do cérebro de modificar sua estrutura e funcionamento em resposta a novas experiências, aprendizagens e estímulos ambientais. Esse conceito é importante na sala de aula, pois “[...] reforça a importância de experiências significativas, diversificadas e individualizadas, especialmente para estudantes que apresentam dislexia, discalculia ou TDAH”. (Sousa, 2025, p. 3059). Além disso, tanto as emoções quanto as janelas de oportunidade<sup>25</sup> são conceitos que interferem diretamente na aprendizagem, pois influenciam a retenção de informações e o aproveitamento das fases mais propícias ao desenvolvimento de determinadas habilidades.

Essas são algumas das estratégias que podem favorecer no processo de ensino e aprendizagem. A visão do docente amplia quando ele passa a compreender que cada cérebro é único e existem ritmos de aprendizado diferentes. Consequentemente, as suas práticas pedagógicas devem ser repensadas levando em consideração os diversos mundos que existem dentro da sala de aula.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em virtude do que foi exposto, foi possível compreender que os conhecimentos produzidos pela neurociência são importantes para a construção da formação docente, uma vez que conhecer como o cérebro do educando funciona durante o processo de aprendizagem, impacta de forma positiva no processo de ensino.

---

<sup>25</sup> Períodos críticos de desenvolvimento em que o cérebro se mostra sensível a determinados tipos de aprendizagem.

Embora a palavra "Neurociência" seja recente, os estudos sobre o cérebro existem há muito tempo entre filósofos, cientistas e médicos. Ao longo dos séculos, estudiosos começaram a entender que o cérebro é mais do que um simples processador de estímulos; ele é o centro dinâmico da experiência humana onde funções nervosas superiores se conectam por meio de redes neurais complexas. Sendo assim, a neurociência avança significativamente e o cérebro passa a ser considerado a parte crucial do sistema nervoso. Com isso, passamos a compreender que o cérebro possui elevada potencialidade para aprender e, com as práticas adequadas, podemos alcançar uma aprendizagem eficiente.

Entendemos que o cérebro é o órgão diretamente responsável pela aprendizagem, tendo em vista que a forma como uma pessoa aprende está relacionada com a atividade do sistema nervoso, realizada pelos neurônios. Vale destacar que, por meio da pesquisa, ficou constatado que existem mais de cem milhões de células que, ao longo do tempo, aprimoraram a sua capacidade de receber e transmitir informações; o que deixa evidente a complexidade do cérebro humano.

As estruturas cerebrais trabalham de forma intensa para garantir a aprendizagem de uma pessoa. Para que isso ocorra, os estímulos constantes do ambiente permitirão que essas estruturas se mantenham ativas. Aspectos como atenção, memória, emoções e motivação são importantes, pois influenciam no processamento das informações e na consolidação da aprendizagem. Para tanto, é fundamental que o docente se comprometa com esse estudo para complementar o seu planejamento e desenvolver estratégias de ensino que considera os diversos estilos de aprendizagem.

Cabe ressaltar que a neurociência não oferece receitas prontas ou busca substituir teorias pedagógicas existentes. Na verdade, a neuroeducação é mais uma forma de utilizar as bases científicas para a construção de práticas pedagógicas eficazes. Sendo assim, entendemos que o estudo do cérebro não se limita às respostas biológicas, mas exige um olhar amplo que integra saberes interdisciplinares.

Os conhecimentos sobre o funcionamento do cérebro devem fazer parte da formação inicial e continuada do docente, pois ele passa a atuar de forma reflexiva, analisando as suas práticas e desenvolvendo aquelas que fazem mais sentido para o educando. Tudo isso ocorre com a contribuição do respaldo científico, portanto, durante a pesquisa, buscamos enfatizar a importância de o docente tornar-se um

pesquisador, uma vez que a neurociência oferece evidências científicas sobre como o cérebro funciona durante a aprendizagem.

Entendendo que a neuroeducação pode contribuir para uma mudança significativa nos padrões das técnicas de ensino e que existem estratégias que podem orientar as práticas pedagógicas, evidenciando o que pode funcionar da melhor maneira na sala de aula, notamos que a neurociência e a educação estão intimamente ligadas. Juntas, orientam o docente para o aperfeiçoamento das suas práticas de ensino, tornando o processo de aprendizagem do educando mais significativo, estimulante e prazeroso. A pesquisa nos fez refletir sobre a limitação de informações acerca dos estudos da neurociência durante o processo de formação docente, uma vez que a qualidade de ensino pode melhorar à medida em que os educadores compreendem que cada cérebro é único e funciona de maneiras diferentes. Os estudos estão relacionados com a necessidade em entender a importância da neuroeducação para a formação inicial e continuada.

Mais do que um campo de saber, a neuroeducação se revela como um chamado: um convite para que o educador escute, com mais atenção e afeto, os silêncios e os ritmos do cérebro que aprende. Ao longo desta pesquisa, compreendemos que ensinar é também mergulhar no mistério da mente humana, em seus desvios, repetições e singularidades. Cada educando carrega em si um universo neural único, que pulsa, resiste, se afeta e se transforma. Reconhecer essa singularidade é um gesto de ética, de escuta e de reinvenção constante da prática docente. Ao integrar os saberes da neurociência à formação de professores, não buscamos fórmulas, mas sentidos: caminhos que possam orientar o fazer pedagógico com mais consciência, mais presença e mais humanidade. Porque, no fim das contas, aprender e ensinar, é também um ato de esperança.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Ana Luiza Neiva; GUERRA, Leonor Bezerra. *Neurociência e Educação: olhando para o futuro da aprendizagem*. Brasília: SESI/DN, 2020. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/22/e7/22e7b00d-9ff1-474a-bb53-fc8066864cca/neurociencia\\_e\\_educacao\\_pdf\\_interativo.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/22/e7/22e7b00d-9ff1-474a-bb53-fc8066864cca/neurociencia_e_educacao_pdf_interativo.pdf). Acesso em: 26 mar. 2025.

AMARAL, Maria Gerlaine Belchior. GALVÃO, Willana Nogueira Medeiros. FARIAS, Isabel Maria Sabino de. Neurociência na formação de professores: uma análise das

matrizes curriculares dos cursos de licenciatura de uma universidade pública do Nordeste. *Interfaces da Educação*, Parnaíba, v. 13, n. 38, p. 332 a 351, 2022. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/interfaces/article/view/4866/5137>. Acesso em: 1 abr. 2025.

ARAÚJO, Leonardo Carneiro de. *Fundamentos da neurociência e do comportamento*: artigo 5. [S.l.], 2017. Disponível em: <https://www.scribd.com/document/485232644/ARTIGO5livroFUNDAMENTOSDANEUROCIENCIAEDOCOMPORTAMENTO-20170213-161201-pdf>. Acesso em: 30 mar. 2025.

AUSUBEL, David Paul. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Instituto Piaget, 2003.

BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO, Michael A. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. Disponível em: [https://www.ppgnc.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/Prova%20de%20conhecimentos/Neuro/Cap%C3%ADtulo%201%20%E2%80%93%20Neuroci%C3%A4ncias\\_%20Passado,%20Presente%20e%20Futuro.pdf](https://www.ppgnc.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/Prova%20de%20conhecimentos/Neuro/Cap%C3%ADtulo%201%20%E2%80%93%20Neuroci%C3%A4ncias_%20Passado,%20Presente%20e%20Futuro.pdf). Acesso em: 30 mar. 2025.

BRANDÃO, Z. A dialética macro/micro na sociologia da educação. *Cadernos de Pesquisa*, n. 113, p. 153–165, jul. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cp/a/bLYVCGRqgZKkmpCrTbvCXw/>. Acesso em: 4 abr. 2025.

BRASIL. *Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm). Acesso em: 20 abr. 2025.

CARVALHO, Clecilene Gomes de; JUNIOR, Dejanir José Campos; SOUZA, Gleicione Aparecida Dias Bagne de. Neurociência: uma abordagem sobre as emoções e o processo de aprendizagem. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 17, n. 1, 2019. Disponível em: [http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/5619/pdf\\_900](http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/5619/pdf_900). Acesso em: 26 abr. 2025.

CARNEIRO, Everton Nery. *Mitologia grega e bíblica: Narrativas de transgressão*. Salvador. Eduneb. 2018.

CARVALHO, Fernanda Antonilo Hammes de. Neurociências e educação: uma articulação necessária na formação docente. *Trabalho, Educação e Saúde*, v. 8, p. 537-550, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tes/a/jScBCkB8ZwsGK3f9kZLgQmk/>. Acesso em: 4 mai. 2025.

CASTRO, F. S.; LANDEIRA-FERNANDEZ, J. Alma, corpo e a antiga civilização grega: as primeiras observações do funcionamento cerebral e das atividades mentais. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 24, p. 798–809, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prc/a/K9Npcp7GXNCP8CTkvdMVC3M/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

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

COSTA, Rafaella Iughetti da; COIMBRA, Vitor Olímpio; SANTOS, Júlio César Claudino dos. Linguagem. In: SANTOS, Júlio César Claudino dos. (Org.). *Neurociência cognitiva*. Fortaleza: EdUnichristus, 2024. p. 103-111. Disponível em: <https://www.unichristus.edu.br/wp-content/uploads/2024/06/E-book-Neurociencia-Cognitiva.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2025.

COSTA, Raquel Lima Silva. *Neurociência e aprendizagem*. São Paulo: Revista Brasileira de Educação, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/ZPmWbM6n7JN5vbfj8hfbfyfK/?lang=pt>. Acesso em: 26 mai. 2025.

DAMASIO, Antonio R. *O mistério da consciência*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

DAMASIO, Antonio R. *O sentimento de si: o corpo, a emoção e a construção da consciência*. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

DEHAENE, Stanislas. *É assim que aprendemos: por que o cérebro funciona melhor do que qualquer máquina (ainda...)* / Stanislas Dehaene; tradução de Rodolfo Ilari. – São Paulo: Contexto, 2022. 368 p.: il.

DEHAENE, Stanislas. *Como aprendemos: por que o cérebro funciona melhor do que qualquer máquina (até agora)*. São Paulo: Penso, 2019.

DOIDGE, Norman. *O cérebro que se transforma*. 1. ed. Rio de Janeiro: Record, 2016.

GAZZANIGA, Michael S. *A mente inventada: como o cérebro cria o nosso universo mental*. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.

GAZZANIGA, Michael S.; IVRY, Richard B.; MANGUN, George R. *Neurociência cognitiva: a biologia da mente*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

GAZZANIGA, Michael S. *Quem manda aqui? O livre-arbítrio e a ciência do cérebro*. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo\\_C1\\_como\\_elaborar\\_projeto\\_de\\_pesquisa\\_-\\_antonio\\_carlos\\_gil.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf). Acesso em: 20 abr. 2024.

GOLEMAN, Daniel. *Inteligência emocional*. 82. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 1996. Disponível em: <https://ceaf.mpac.mp.br/wp-content/uploads/10-Inteligencia-Emocional-Daniel-Goleman.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2025.

GROSSI, Márcia Gorett Ribeiro; OLIVEIRA, Eliane Silvestre; AGUIAR, Fabiane Angélica de. A neurociência na formação inicial de professores: uma investigação científica. *Ensino Em Revista*, v. 26, n. 3, p. 871-895, 2019. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/50991/27104>. Acesso em: 27 abr. 2025.

HARDING, Sandra. *Ciência e feminismo*. São Paulo: UNESP, 2004.

HEIKKILÄ, J.; TIIPPANA, K. School-aged children can benefit from audiovisual semantic congruency during memory encoding. *Experimental Brain Research*, v. 234, p. 1199–1207, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00221-015-4341-6#citeas>. Acesso em: 23 mai. 2025.

HOUAISS, Antônio. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

KANDEL, Eric R.; SCHWARTZ, James H.; JESSELL, Thomas M. *Princípios de neurociência*. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

KICKHÖFEL, Eduardo. *As neurociências: questões filosóficas*. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2014. (Filosofias: o prazer do pensar).

KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. 6. ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.

LEDOUX, Joseph. *O cérebro emocional: os misteriosos alicerces da vida emocional*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

LIBERATO, Aline Araújo e Silva. *A neurociência na pesquisa da prática docente: intervenções nas aprendizagens dos estudantes*. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação) – Universidade do Estado da Bahia, Jacobina, 2016. Disponível em: <https://saberaberto.uneb.br/server/api/core/bitstreams/11a894ae-0003-476b-8862-6581c2ac45a7/content>. Acesso em: 6 mai. 2025.

MARTÍN-RODRÍGUEZ, Juan Francisco; PEREIRA, Norberto; BONIFACIO, Valerio; MARTÍN, Juan Manuel Barroso. La década del cerebro (1990-2000): algunas aportaciones. *Revista Española de Neuropsicología*, v. 6, n. 3-4, p. 131–170, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/28137632\\_La\\_decada\\_del\\_cerebro\\_1990-2000\\_algunas\\_aportaciones](https://www.researchgate.net/publication/28137632_La_decada_del_cerebro_1990-2000_algunas_aportaciones). Acesso em: 20 mai. 2025

MOURÃO-JÚNIOR, Carlos Alberto; OLIVEIRA, Andréa Olimpio; FARIA, Elaine Leporate Barroso. Neurociência cognitiva e desenvolvimento humano. *Temas em Educação e Saúde*, v. 7, 2011. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/tes/article/view/9552>. Acesso: 4 abr. 2025.

NERI, Karine Pereira. Neurociência aplicada à educação: teorias da aprendizagem. *Maiêutica – Pedagogia*, v. 5, n. 1, 2017. Disponível em: [https://publicacao.uniasselvi.com.br/index.php/PED\\_EaD/article/view/1696](https://publicacao.uniasselvi.com.br/index.php/PED_EaD/article/view/1696). Acesso em: 7 mai. 2025.

NICOLELIS, Miguel. *Muito além do nosso eu: a nova neurociência que une cérebros e máquinas – e como ela pode mudar nossas vidas*. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

OLIVEIRA, João Batista Araujo e. *Educação Baseada em Evidências*. Brasília: Instituto Alfa e Beto, 2014. Disponível em: [https://www.alfaebeto.org.br/wp-content/uploads/2015/12/Instituto-Alfa-e-Beto\\_Educacao-Baseada-em-Evidencia\\_2014.pdf](https://www.alfaebeto.org.br/wp-content/uploads/2015/12/Instituto-Alfa-e-Beto_Educacao-Baseada-em-Evidencia_2014.pdf). Acesso em: 10 abr. 2025.

ONARI, Pedro. *Neuroplasticidade: o maior poder do seu cérebro*. Instituto Onari, 2023. Disponível em: <https://institutoonari.com.br/wp-content/uploads/2024/02/instituto-onari-neuroplasticidade-o-maior-poder-do-seu-cerebro.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2025.

PETERSEN, S. E., & POSNER, M. I. *The attention system of the human brain: 20 years after*. *Annual Review of Neuroscience*, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/224823470\\_The\\_Attention\\_System\\_of\\_the\\_Human\\_Brain\\_20\\_Years\\_After](https://www.researchgate.net/publication/224823470_The_Attention_System_of_the_Human_Brain_20_Years_After). Acesso em: 14 abr. 2025.

PIAGET, J. *A epistemologia genética*. Rio de Janeiro: Vozes, 1971.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo – ASPEUR; Universidade Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PINHEIRO, Jeane Dias. A importância das emoções na aprendizagem: uma abordagem neuropsicológica. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/360923279\\_A\\_importancia\\_das\\_emocoes\\_na\\_aprendizagem\\_uma\\_abordagem\\_neuropsicologica](https://www.researchgate.net/publication/360923279_A_importancia_das_emocoes_na_aprendizagem_uma_abordagem_neuropsicologica). Acesso em: 17 abr. 2025.

RABELO, Jeriane da Silva. A neurociência na pesquisa e na formação de professores: uma revisão sistemática. *Revista Cocar*, v. 17, n. 35, p. 1-16, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/5385/2506>. Acesso em: 6 mai. 2025.

RAMOS, Angela Souza da Fonseca. *Dados recentes da neurociência fundamentam o método “Brain-Based Learning”*. Brasília: Rev. Psicopedagogia, 2014. Disponível em: [https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S0103-84862014000300004&script=sci\\_arttext](https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S0103-84862014000300004&script=sci_arttext). Acesso em: 11 mai. 2025.

RELVAS, Marta Pires. *Neurociência na prática pedagógica*. Rio de Janeiro: Wak, 2012.

RICOEUR, Paul. *A memória, a história, o esquecimento*. Campinas, São Paulo: Editora da Unicamp, 2007.

ROCHA, Renata Moura da; SANTOS, Sabrina Abreu dos; MENESES, Aline Martins Diolindo; ALENCAR, Ivoneide Pereira de; DIOLINDO, Elda Martins; CHAGAS, Samaira Cristina Souza; CONCEIÇÃO, Pedro Wilson Ramos da; SILVA, Tammya Tercia Oliveira Ribeiro da; CARVALHO, Alexsandra Hermelina de; SANTOS, Juliana Chaves Elias. A importância da alimentação no processo de desenvolvimento cognitivo de estudantes dos anos iniciais do ensino fundamental. *Revista Faculdade & Tecnologia*, v. 4, n. 1, 2023. Disponível em: <https://revistaft.com.br/a-importancia-da-alimentacao-no-processo-de-desenvolvimento-cognitivo-de-estudantes-dos-anos-iniciais-do-ensino-fundamental/>. Acesso em: 27 abr. 2025.

SALOVEY, P.; MAYER, J. D. *Emotional intelligence. Imagination, Cognition and Personality*, v. 9, p. 185–211, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.2190/DUGG-P24E-52WK-6CDG>. Acesso em: 14 mai. 2025.

SANTOS, Angela Kírllian Mendes. *Os saberes neurocientíficos e a formação docente: percepções dos egressos dos cursos de formação inicial e continuada da PUC Minas*. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: [https://bib.pucminas.br/teses/Educacao\\_SantosAK\\_1.pdf](https://bib.pucminas.br/teses/Educacao_SantosAK_1.pdf). Acesso em: 6 mai. 2025.

SANTOS, Boaventura de Sousa. *A crítica da razão indolente: contra o desperdício da experiência*. São Paulo: Cortez, 2006.

SANTOS, Júlio César Claudino dos. *Neurociência cognitiva: um guia neurocientífico para o pensamento*. Fortaleza, EdUnichristus, 2024. Disponível em: [https://www.unichristus.edu.br/wp-content/uploads/2024/06/E-book-Neurociencia-Cognitiva.pdf?utm\\_source=Direto&utm\\_medium=Organico&utm\\_campaign=Direto&utm\\_content=uni\\_editoras/neurociencia-cognitiva-um-guia-neurocientifico-para-o-pensamento&utm\\_term=](https://www.unichristus.edu.br/wp-content/uploads/2024/06/E-book-Neurociencia-Cognitiva.pdf?utm_source=Direto&utm_medium=Organico&utm_campaign=Direto&utm_content=uni_editoras/neurociencia-cognitiva-um-guia-neurocientifico-para-o-pensamento&utm_term=). Acesso em: 26 abr. 2025.

SANTOS, Rocilene Otaviano dos. *Estrutura e Funções do Córtex Cerebral*. Brasília: Uniceub, 2002. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/123456789/2421/2/9713912.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

SEB – SISTEMA EDUCACIONAL BRASILEIRO. Formação de Professores em Neuroeducação. Plataforma AVAMEC, [s.d.]. Disponível em: <https://avamec.mec.gov.br/#/curso/neuroeducacao>. Acesso em: 02 mar. 2024.

SILVA, Tarcísio Fulgêncio Alves da. AZEVÊDO, Barbara Kelly Gonçalves. Conhecimentos sobre neuroeducação: importância e desafios enfrentados por professores da Educação Infantil. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 10, n. 04, p. 2466-2480, 2024. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/13660>. Acesso em: 7 mai. 2025.

TARDIF, Maurice. *Saberes docentes e formação profissional*. Petrópolis: Vozes, 2003.

TOKUHAMA-ESPINOSA, T. N. (2008). *The scientifically substantiated art of teaching: a study in the development of standards in the new academic field of neuroeducation*

(*mind, brain, and education science*). Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, Capella University, Mineápolis, Minesota. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/117084b972c7dc99bbaed9aac35b8221/1?cbl=18750&pq-origsite=gscholar>. Acesso em: 8 mai. 2025.

TOKUHAMA-ESPINOSA, Tracey. *Mind, brain, and education science: a comprehensive guide to the new brain-based teaching*. New York: W. W. Norton & Company, 2010.

TRONCOSO, Ana Cristina. Popularização da Neurociência: Impactos na educação e na pesquisa neurocientífica. In: *Ensino em Ciências: Saberes, Reflexões e Práticas Pedagógicas*. Editora Científica Digital, 2023. p. 88-102. Disponível: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230412861.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2025.

VARELA, Francisco J.; THOMPSON, Evan; ROSCH, Eleanor. *The embodied mind: cognitive science and human experience*. Cambridge: MIT Press, 1997.

VEIGA, Ilma Passos Alencastro (Org.). *Profissão docente: Novos sentidos, novas perspectivas*. Campinas, São Paulo: Papyrus, 2008.

VYGOTSKY, Lev S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

ZARO, Milton Antonio; ROSAT, Renata Menezes; MEIRELES, Luis Otoni Ribeiro; SPINDOLA, Marilda; AZEVEDO, Ana Maria Ponzio de; BONINI-ROCHA, Ana Clara; TIMM, Maria Isabel. Emergência da Neuroeducação: a hora e a vez da neurociência para agregar valor à pesquisa educacional. *Ciências & Cognição*, v. 15, n. 1, p. 199-210, 2010. Disponível em: [https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-58212010000100016](https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212010000100016). Acesso em: 11 abr. 2025.