



Neurociências e educação: interferência das sinapses no processo de aprendizagem

Neurosciences and education: interference of synapses in the learning process

Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues¹

Fernando Campos Barbosa²

Gabriel César Dias Lopes³

Luigi Santacroce⁴

Resumo

A neurociência ajuda a desvendar a complexidade das sinapses cerebrais e demonstra como a neuroplasticidade influencia na aprendizagem. O objetivo deste artigo é entender como as sinapses moldam nosso pensamento e quais estratégias educacionais podem otimizar essa interação. É fato que a plasticidade sináptica seja essencial neste processo, pois permite a formação de memória e aprendizado contínuo. Neste sentido, estratégias pedagógicas que envolvam os alunos, recursos multissensoriais e *mindfulness* enriquecem as conexões sinápticas e aprimoram a cognição. Além disso, a criação de um ambiente de aprendizagem positivo e inclusivo facilita a formação de sinapses sólidas. Portanto, compreender e explorar as sinapses oferece um caminho promissor para melhorar a educação e promover um aprendizado significativo ao longo da vida. A interação entre neurônios e sinapses é a base da

¹ Doutoranda em Neurociências, Logos University International (UniLogos), 4300 Biscayne Blvd, 203 Miami, Florida, USA, 33137. E-mail: michele@unilogosedu.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4948-6462>

² Doutor em Ciências da Saúde, Logos University International (UniLogos), 4300 Biscayne Blvd, 203 Miami, Florida, USA, 33137. E-mail: fernando.integratividade@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7903-6238>

³ Doutor em Psicologia, European International University (EIU), 59 Rue Lamarck, 75018, Paris.
E-mail: president@unilogos.edu.eu Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4977-5873>

⁴ Medical Doctor, University of Bari, Piazza Umberto I, 1, 70121 Bari BA, Itália.
E-mail: luigi.santacroce@uniba.it Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5671-8124>

cognição humana, e entendê-las pode revolucionar as formas de ensinar e aprender, criando uma sociedade mais educada e adaptável às demandas do mundo moderno.

Palavras-chave: Sinapses. Aprendizagem. Neurociências. Estratégias Pedagógicas.

Abstract

Neuroscience helps to unravel the complexity of brain synapses and demonstrates how neuroplasticity influences learning. The goal of this article is to understand how synapses shape our thinking and what educational strategies can optimize this interaction. It is a fact that synaptic plasticity is essential in this process, as it allows the formation of memory and continuous learning. In this sense, pedagogical strategies that involve students, multisensory resources and mindfulness enrich synaptic connections and improve cognition. Additionally, creating a positive and inclusive learning environment facilitates the formation of strong synapses. Therefore, understanding and exploring synapses offers a promising path to improving education and promoting meaningful lifelong learning. The interaction between neurons and synapses is the basis of human cognition and understanding them can revolutionize the ways of teaching and learning, creating a more educated and adaptable society to the demands of the modern world.

Keywords: Synapses. Learning. Neurosciences. Pedagogical Strategies

Introdução

A neurociência, apesar de ser uma palavra recente, tem raízes antigas, pois nossos ancestrais já reconheciam a importância do cérebro na vida. Os neurocientistas necessitam colaborar com várias áreas para entender o funcionamento cerebral sob diferentes perspectivas (Santos, 2015).

O cérebro humano é uma rede complexa de quase cem bilhões de neurônios interconectados, desempenhando funções básicas e complexas. No entanto, a explicação para o comportamento humano não pode ser atribuída apenas aos neurônios, uma vez que fatores epigenéticos também são importantes. Desta forma, estudos psicobiológicos buscam integrar processos moleculares com fatores sociais, culturais e históricos (Dias & Reis, 2009).

Conexões sinápticas podem ser fortalecidas ou enfraquecidas com base na atividade neuronal. Sendo essencial para aprendizagem e memória, pois a formação de novas conexões sinápticas ou o fortalecimento das existentes são processos centrais na consolidação do

conhecimento (Oliveira *et al.*, 2019; Bear et al., 2017; Santos, 2015; Kandel et al., 2014).

Aliás, a comunicação entre neurônios gera memória sináptica, que envolve mudanças moleculares nas sinapses, relacionadas a estímulos ambientais. Por isso, a sinapse é fundamental para a aprendizagem, e a memória resulta da plasticidade sináptica (Hohl, 2020; Oliveira *et al.*, 2019). Ademais, neuroplasticidade é crucial na aprendizagem humana, embora a neurogênese em humanos ainda não tenha consenso (Hohl, 2020).

Quanto ao processo de aprendizagem, este evoluiu ao longo do tempo, passando de uma abordagem mecanicista para uma visão mais qualitativa. A ciência do século XX destacou a importância da maneira como aprendemos em vez da quantidade de informações. E, desta maneira, a afetividade é fundamental na motivação e na formação da inteligência, influenciando a aquisição e a memorização de informações (Rodrigues, 2022).

Com base no exposto, este artigo visa entender como as sinapses cerebrais influenciam o processo de ensino-aprendizagem e quais estratégias pedagógicas podem otimizar essa interação por meio de revisão de literatura.

Biologia das Sinapses e Relação com Aprendizagem

Cientistas enfrentam dilemas sem respostas definitivas, pois a formação de neurônios a partir de células embrionárias, a orientação dos axônios para seus alvos corretos e a interação entre fatores genéticos e ambientais no refinamento do sistema nervoso ainda são mistérios (Dias & Reis, 2009).

Ademais, a compreensão de como os circuitos afetam comportamentos cognitivos e emocionais, adaptando-se ao ambiente, é um desafio interdisciplinar (Oliveira *et al.*, 2019; Dias & Reis, 2009). Porém, com os avanços constantes dentro da ciência, estas questões serão em breve respondidas.

Por exemplo, a evolução das pesquisas científicas, demonstrou que a unidade funcional do sistema nervoso já não é apenas o neurônio individual, mas sim a vasta rede de conexões sinápticas entre neurônios, incluindo as células gliais. Essas conexões são moldadas pela experiência individual, variando em tamanho, formato e localização, determinando sua função (Oliveira *et al.*, 2019).

Quando se têm disfunções neuronais, estas podem resultar em sintomas comportamentais, mas os neurônios têm a capacidade de se adaptar a novas situações, influenciando funções intelectuais como memória, linguagem e aprendizado no cérebro (Oliveira *et al.*, 2019).

2.1 Estrutura e Funcionamento das Conexões Sinápticas

Cada neurônio (Figura 1) tem como principal função integrar informações dos dendritos e transmitir impulsos nervosos à soma através dos axônios. Desta forma, ele possui uma estrutura que consiste em três partes principais: a soma, ou **corpo celular**, que contém o núcleo e órgãos vitais; os **dendritos**, ramificações que recebem sinais de outros neurônios; e o **axônio**, uma longa projeção que transmite os impulsos nervosos (Rodrigues, 2022).

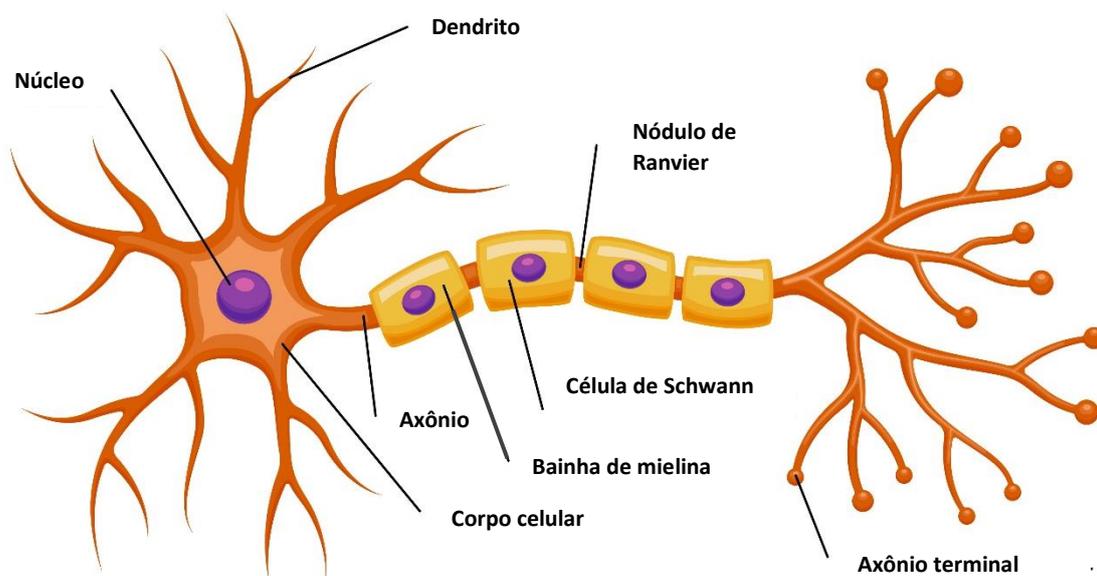


Figura 1: Neurônio

Fonte: Elaborada pela autora adaptado de Freepik.

Dentre neurônios, ocorrem as neurotransmissões que se inicia com impulsos elétricos transmitidos pelos axônios dos neurônios. Um neurônio emite neurotransmissores que atuam sobre receptores em outro neurônio. Essa comunicação nas sinapses, ou conexões sinápticas, é predominantemente química, não elétrica (Oliveira *et al.*, 2019).

O impulso elétrico do primeiro neurônio converte-se em um sinal químico na sinapse para o segundo neurônio, processo conhecido como acoplamento excitação-secreção, o primeiro estágio da neurotransmissão química (Gomides *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2019).

A estrutura de uma sinapse é composta por três elementos principais: o terminal axônico do neurônio pré-sináptico, a fenda sináptica e a membrana da célula pós-sináptica (Oliveira *et al.*, 2019; Bear *et al.*, 2017; Kandel *et al.*, 2014). No terminal axônico, encontramos vesículas sinápticas contendo neurotransmissores, que são substâncias químicas essenciais para a comunicação entre os neurônios (Figura 2).

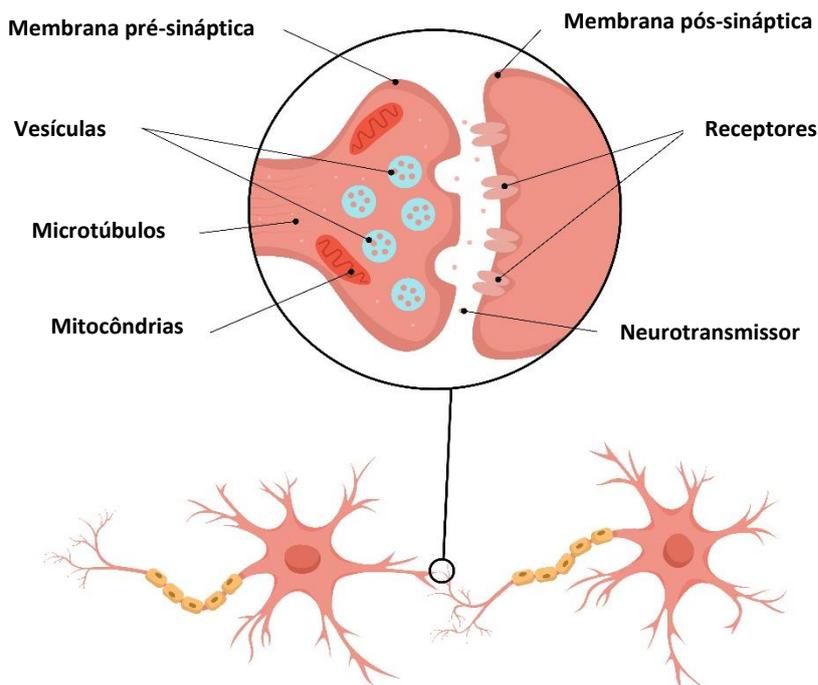


Figura 2: Conexão sináptica

Fonte: Elaborada pela autora adaptado de Freepik.

A fenda sináptica é o espaço microscópico entre o terminal axônico e a membrana da célula pós-sináptica, onde ocorre a transmissão do sinal. E, por fim, a membrana da célula pós-sináptica é equipada com receptores específicos para os neurotransmissores, permitindo a recepção do sinal (Bear *et al.*, 2017; Kandel *et al.*, 2014).

Quando um potencial de ação (impulso elétrico) alcança o terminal axônico, ele desencadeia a liberação de neurotransmissores nas vesículas sinápticas para a fenda sináptica que, por sua vez, atravessam a fenda e se ligam aos receptores na membrana da célula pós-sináptica (Bear *et al.*, 2017; Kandel *et al.*, 2014).

Esta ligação acarreta uma mudança na permeabilidade da membrana pós-sináptica, permitindo a entrada de íons e gerando um potencial de membrana pós-sináptico. O potencial pode ser excitatório, tornando a célula mais propensa a disparar um potencial de ação, ou inibitório, dificultando a geração de um potencial de ação (Bear *et al.*, 2017; Kandel *et al.*, 2014).

Durante a atividade elétrica, envolve-se a ativação de receptores sensoriais por estímulos físicos e a atividade espontânea das células neurais, especialmente em estágios iniciais quando os sistemas sensoriais ainda não estão completamente formados. Essa atividade influencia o refinamento das conexões sinápticas, mas seu exato papel ainda é debatido (Dias & Reis, 2009).

Alguns argumentam que ela ajuda a criar conexões, enquanto outros a veem como um

mecanismo de seleção. Porém, a evidência empírica apoia ambas as visões, sugerindo que o cérebro pode operar de acordo com esses princípios de forma complementar, adaptando-se aos contextos variados que enfrenta (Dias & Reis, 2009).

Na prática, as sinapses permitem que o sistema nervoso processe informações de maneira sofisticada (Bear et al., 2017; Kandel et al., 2014). Por exemplo, a formação da memória de longo prazo depende da interação de neurotransmissores com receptores específicos na membrana pós-sináptica, desencadeando reações bioquímicas cruciais para sua formação (Gomides et al., 2021).

Se por um lado as sinapses excitatórias, que facilitam a geração de potenciais de ação, são cruciais na aprendizagem, permitindo a transmissão eficaz de informações relevantes. Por outro lado, as sinapses inibitórias desempenham um papel regulatório, controlando o fluxo de informações e evitando a sobrecarga de estímulos (Bear et al., 2017; Kandel et al., 2014).

2.2 Plasticidade das Conexões Sinápticas, Memória e Aprendizagem

A plasticidade sináptica ocorre em todas as regiões do cérebro, promovendo o aprendizado ao formar novas sinapses e fortalecer as antigas, criando uma vasta rede de comunicação que mantém o processo em constante sinalização (Gomides *et al.*, 2021; Hohl, 2020; Oliveira *et al.*, 2019).

Entende-se plasticidade sináptica como a capacidade adaptativa do sistema nervoso, onde as sinapses se modificam em resposta a estímulos ambientais captados pelos sentidos (Hohl, 2020; Dias & Reis, 2009). Essas mudanças ocorrem ao longo da vida, não se restringindo a um período específico. O cérebro adulto é constantemente influenciado por estímulos, refletindo na individualidade biológica e no processamento neuronal (Dias & Reis, 2009).

Estudos indicam que, para a formação da memória de curto prazo (MCP), são necessárias alterações estruturais e funcionais nos neurônios, incluindo mudanças morfológicas nas sinapses, pontos de comunicação neuronal, causadas por vários sinais intracelulares (Gomides *et al.*, 2021).

Sendo assim, a plasticidade sináptica é essencial para a aprendizagem e memória, e estudos destacam a importância da interação entre genes, experiências e fatores sociais no desenvolvimento cerebral e comportamental (Hohl, 2020; Oliveira *et al.*, 2019; Dias & Reis, 2009). A memória permite que o indivíduo crie sua identidade e compreenda o mundo. Para que as informações sejam registradas na memória é necessário aprender (Barros & Sousa,

2022; Gomides *et al.*, 2021).

No contexto educacional, o ensino é mediado pelo professor, e a neurociência busca entender os mecanismos neurais da formação da memória e aprendizagem para aprimorar a educação. Hermann Ebbinghaus foi um pioneiro nessa pesquisa, destacando a importância da repetição e associação de informações na fixação da memória (Gomides *et al.*, 2021).

Desta forma, a aprendizagem envolve mudanças na estrutura dos neurônios, afetando a memória (Barros & Sousa, 2022; Gomides *et al.*, 2021; Hohl, 2020). Durante a memorização e aprendizado, as sinapses podem se fortalecer ou enfraquecer devido a experiências externas. A consolidação da memória é um processo que converte traços de memória instáveis em formas mais permanentes (Barros & Sousa, 2022; Rodrigues, 2022), com o sono desempenhando um papel importante nesse processo, permitindo ao cérebro reforçar memórias na ausência de estímulos externos (Barros & Sousa, 2022).

2.3 Estratégias Educacionais para Aprimorar as Conexões Sinápticas

Para otimizar a aprendizagem, é importante considerar a integridade das sinapses. Estratégias pedagógicas que promovem a participação ativa dos alunos, como discussões em sala de aula, resolução de problemas e atividades práticas, podem estimular a formação de conexões sinápticas eficazes (Rodrigues, 2022; Bear *et al.*, 2017; Kandel *et al.*, 2014).

A variedade de estímulos e abordagens de ensino pode fortalecer diferentes tipos de sinapses, enriquecendo a experiência de aprendizagem (Bear *et al.*, 2017; Kandel *et al.*, 2014). Ademais, a educação e a formação de professores podem ser aprimoradas ao aplicar o conhecimento sobre o funcionamento do cérebro e da mente nas estratégias de ensino e aprendizagem, o que pode beneficiar o desempenho dos alunos (Barros & Sousa, 2022).

Jean Piaget e Sigmund Freud, de maneiras diferentes, enfatizam a importância da motivação e das emoções na aprendizagem. A educação deve considerar as particularidades de cada estudante, promovendo uma abordagem mais inclusiva e biopsicossocial. O que representa uma mudança em relação à educação tradicional (Rodrigues, 2022).

Um ponto-chave é a importância do engajamento ativo dos alunos no processo de aprendizagem. Estratégias como a aprendizagem baseada em projetos, onde os estudantes resolvem problemas do mundo real, estimulam a curiosidade e promovem conexões sinápticas mais robustas (Willis, 2016).

Outra abordagem eficaz é a incorporação de elementos multissensoriais no ensino. A aprendizagem é ampliada quando vários sentidos são envolvidos, como a visão, audição e

tato. A utilização de recursos visuais, música e experiências práticas pode aprimorar a retenção do conhecimento (Sousa, 2017).

Neste sentido, o *mindfulness* pode ser uma alternativa, uma vez que engloba diversas atividades com o objetivo de desenvolver a consciência e expandir a mente, muitas vezes por meio de disciplinas sensório-motoras, como silêncio, relaxamento, foco na respiração e adoção de um objeto de concentração (Gomides *et al.*, 2021).

A técnica de *mindfulness*, se concentra no momento presente sem julgamentos, tem benefícios comprovados, incluindo o controle de pensamentos repetitivos e melhoria do bem-estar emocional. Para além, ela também melhora a cognição, incluindo a atenção e memória, e beneficia a saúde mental e emocional (Gomides *et al.*, 2021).

Já a repetição espaçada é uma técnica que se baseia na distribuição das revisões ao longo do tempo, em oposição à memorização intensiva. Essa estratégia está alinhada com os princípios da plasticidade sináptica, permitindo a consolidação de informações de forma mais eficaz (Brown, Roediger III & McDaniel, 2014).

A criação de um ambiente de aprendizagem positivo e acolhedor também é fundamental. Estudantes que se sentem seguros e apoiados têm menos barreiras emocionais para o aprendizado, facilitando a formação de conexões sinápticas (Immordino-Yang, 2016).

Considerações Finais

No estudo da biologia das sinapses e sua relação com a aprendizagem, percebe-se tanto a complexidade do funcionamento cerebral quanto como as sinapses desempenham um papel central nesse processo. A plasticidade sináptica, que permite a adaptação do sistema nervoso às experiências e estímulos ambientais, é fundamental para a formação da memória e o aprendizado ao longo da vida.

Entender o funcionamento cerebral permite a otimização do processo de ensino e aprendizagem. Neste sentido, utilizar estratégias que promovem a participação ativa dos alunos, como a resolução de problemas e atividades práticas, podem fortalecer essas conexões e enriquecer a experiência de aprendizagem.

A plasticidade das sinapses é uma característica do cérebro humano, permitindo a formação de novas e o fortalecimento das existentes. Sendo assim, é importante o uso de abordagens educacionais que explorem essa capacidade adaptativa. Aplicação de recursos multissensoriais e técnicas como o *mindfulness* pode contribuir para o desenvolvimento de conexões sinápticas mais eficazes e para a melhoria da cognição e do bem-estar emocional

dos alunos.

Por fim, a criação de um ambiente de aprendizagem positivo e inclusivo aprimora as sinapses. E quando os estudantes se sentem motivados, seguros e apoiados emocionalmente têm maior probabilidade de formar conexões sinápticas sólidas e alcançar um aprendizado significativo.

Referências

- BARROS, Júlia Pessanha & SOUSA, Carlos Eduardo Batista de. Privação crônica do sono e desempenho escolar-acadêmico: uma revisão sistemática. **Revista Neurociências**, v. 30, s. n., p. 1-24, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34024/rnc.2022.v30.13010>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- BEAR, Mark. F. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- BROWN, Peter C.; ROEDIGER III, Henry L. & MCDANIEL, Mark A. **Make it stick: the science of successful learning**. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 2014.
- DIAS, Gisele P. & REIS, Ricardo A. M. Plasticidade sináptica: natureza e cultura moldando o Self. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 22, n. 1, p. 128-135, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-79722009000100017>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- GOMIDES, Lindisley Ferreira *et al.* Meditação, Memória e Aprendizagem: Estudos Neurobiológicos. **Revista Neurociências**, v. 29, s. n., p. 1-37, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34024/rnc.2021.v29.10871>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- HOHL, Rodrigo. O cérebro aprendiz: neuroplasticidade e educação. **Psicologia da Educação**, n. 50, p. 130-133, 2020. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-69752020000100014. Acesso em: 20 ago. 2023.
- IMMORDINO-YANG, Mary Helen H. **Emotions, learning, and the brain: exploring the educational implications of affective neuroscience**. Nova York: WW Norton & Company, 2016.
- KANDEL, Eric R. *et al.* **Princípios de Neurociências**. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- OLIVEIRA, Rayane Serren; BIANCHI, Larissa Renata de Oliveira; CAMPOS, Larissa Renata de Oliveira & SANT'ANA, Débora de Mello Gonçalves. Neuroplasticidade e educação: a literacia relacionada ao desenvolvimento cerebral. **Arquivos do Mudi**, v. 23, n. 3, p. 172-188, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/arqmudi.v23i3.51536>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- RODRIGUES, Michele Aparecida Cerqueira Rodrigues. Contribuições do sistema nervoso central no processo de aprendizagem. **Revista Científica Cognitionis**, v.5, n.2, p.13-24, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.38087/2595.8801.150>. Acesso em: 15 set. 2023.

SANTOS, Katia Maria Limeira. O conceito de aprendizagem na neuropsicologia. **Educon**, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2015. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/9114/13/O_conceito_de_aprendizagem_na_neuropsicologia.pdf. Acesso em: 20 ago. 2023.

SOUSA, David A. **How the brain learns**. California: Corwin Publishers, 2017.

WILLIS, Judy. **Learning to love math**: teaching strategies that change student attitudes and get results. Alexandria, VA : ASCD, 2016.

Submetido em: 21.08.2023

Aceito em: 21.09.2023