

COMO OS SABERES DA NEUROCIÊNCIA DA APRENDIZAGEM PODEM CONTRIBUIR COM O ENSINO DA GRADUAÇÃO E COM AS ESCOLHAS PEDAGÓGICAS DOCENTES?

HOW CAN KNOWLEDGE FROM THE NEUROSCIENCE OF LEARNING CONTRIBUTE TO UNDERGRADUATE TEACHING AND TO TEACHING PEDAGOGICAL CHOICES?

Pâmela Billig Mello-Carpes^{1*}

Ana Luiza Trombini Tadielo²

Bruna Trein Crespo²

Karine Ramires Lima³

¹ Docente associada de Fisiologia Humana no campus Uruguaiana da Universidade Federal do Pampa

² Doutoranda em Ciências Fisiológicas no Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal do Pampa

³ Pós-doutoranda em Neurociências no Programa de Pós-Graduação em Bioquímica da Universidade Federal do Pampa

*Autor para correspondência: pamelcarpes@unipampa.edu.br

RESUMO

No Brasil, o ensino universitário é, de modo geral, responsabilidade de professores dos quais é exigida formação em nível de pós-graduação, geralmente mestrado e doutorado, em áreas específicas, conforme a disciplina ministrada. Muito raramente, existe uma preocupação com a formação pedagógica docente nos cursos *stricto sensu* – quando há, ela não costuma incluir conceitos de neurociência da aprendizagem. Na verdade, a neurociência tem uma presença limitada mesmo na formação inicial de professores que cursam graduação em licenciaturas. Por outro lado, é evidente que o entendimento de como o cérebro aprende, e dos fatores que podem influenciar este aprendizado é crucial para a atuação dos professores. Neste artigo, apresentamos reflexões sobre essa temática e compartilhamos nossas experiências no ensino de Fisiologia Humana, as quais confirmam a potencial contribuição da neurociência da aprendizagem na atualização e nas escolhas pedagógicas dos docentes.

Palavras-chave: *Cérebro; Memória; Ensino- aprendizagem; Inovação Pedagógica; Fisiologia Humana.*

ABSTRACT

In Brazil, university teaching is generally a responsibility of professors who are required to postgraduate training, generally master's and Ph.D. degrees, in specific areas, depending on the discipline taught. Rarely is there a concern with teacher pedagogical training in *stricto sensu* courses – when there is, it does not usually include neuroscience of learning concepts. In fact, neuroscience has a limited presence even in the initial training of teachers. On the other hand, it is clear that understanding how the brain learns and the factors that can influence this learning is crucial for tea-

chers' performance. In this article, we present reflections on this topic and share our experiences in teaching Human Physiology, which confirm the potential contribution of the neuroscience of learning in updating and teaching teachers' pedagogical choices.

Keywords: *Brain; Memory; Teaching- learning; Pedagogic Innovation; Human Physiology.*

O ENSINO DE GRADUAÇÃO NAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS

O ensino de graduação nas universidades brasileiras desempenha um papel fundamental na formação de futuros profissionais e na produção de conhecimento. Neste contexto, a formação pedagógica dos professores universitários exerce um papel crítico, influenciando diretamente a qualidade do ensino de graduação; porém, esta não parece ser uma preocupação na maioria dos cursos *stricto sensu* (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Hoje, a formação docente para o ensino superior no Brasil basicamente requer o título de pós-graduação, mas não há a exigência de formação pedagógica (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Além disso, sabe-se que a pós-graduação é historicamente voltada para a produção de pesquisa e desenvolvimento de habilidades acadêmicas, o que muitas vezes distancia o futuro docente das competências básicas que ele precisa ter em sala de aula, dentre as quais estão incluídas, além do conhecimento em áreas específicas, competências na área pedagógica (MASETTO; GAETA, 2016).

Como resultado de uma pesquisa que avaliou a percepção dos docentes em relação à sua própria formação durante os períodos de graduação e pós-graduação no Brasil, foi constatado que entre 25% a 30% dos professores, dependendo da área de formação, avaliam negativamente sua formação pedagógica durante a graduação (OLIVEIRA; RIBEIRO, 2020). Com relação à pós-graduação, 44,4% dos docentes nas áreas das Ciências Biológicas consideram sua formação pedagógica como regular, fraca ou inexistente (OLIVEIRA; RIBEIRO, 2020). Essa deficiência formativa tem como resultado desafios significativos enfrentados por muitos professores universitários, incluindo dificuldades na compreensão e integração de seu planejamento didático ao projeto pedagógico do curso (MASETTO; GAETA, 2016). Neste sentido, uma postura autocrítica em relação à própria formação é necessária para que o docente reconheça suas necessidades na profissão e busque aprimorar sua formação através de atividades de formação continuada (OLIVEIRA *et al.*, 2019; OLIVEIRA; RIBEIRO, 2020).

Dentre os conhecimentos essenciais para a formação docente está o entendimento da neurociência da aprendizagem, que deveria ser abordado tanto na formação inicial quanto em cursos de formação continuada para professores de diferentes níveis de ensino. Isto porque a compreensão do funcionamento do cérebro e dos processos cognitivos desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de estratégias de ensino eficazes (CHANG *et al.*, 2021; DUBINSKY *et al.*, 2019). No entanto, essa área do conhecimento ainda não recebe a devida atenção nos currículos de formação docente no Brasil (GROSSI; LOPES; COUTO, 2014; GROSSI; OLIVEIRA; AGUIAR, 2019,). Portanto, é imperativo repensar essa prática, pois a integração dos princípios da neurociência na formação de professores pode estabelecer uma base sólida para o desenvolvimento de práticas pedagógicas embasadas em evidências (HOWARD-JONES *et al.*, 2020). Assim, a incorporação desses conhecimentos pode conduzir a abordagens de ensino de graduação mais eficazes, beneficiando tanto os professores quanto os alunos.

CONTRIBUIÇÕES DA NEUROCIÊNCIA DA APRENDIZAGEM PARA A ATUAÇÃO DOCENTE

Nos últimos anos, a neurociência vem ganhando muita atenção. Este interesse se desenvolveu notadamente a partir da “Década do Cérebro” (1990-99), quando esta área da ciência experimentou uma ampla expansão, especialmente nos Estados Unidos, pelo investimento do governo nas pes-

quisas nesta área (GOLDSTEIN, 1990). Dentre as áreas no qual a neurociência impacta ativamente está a educação; portanto, é crescente o interesse na intersecção destes conhecimentos a fim de aprimorar o ensino e as práticas pedagógicas (GOLDSTEIN, 1990).

Atualmente, é consenso que a neurociência pode ajudar professores e gestores educacionais a melhorar a qualidade e a eficácia da aprendizagem (HOWARD-JONES *et al.*, 2020). Os benefícios do diálogo entre a neurociência e a educação estão relacionados à possibilidade de compreender melhor sobre como nosso cérebro aprende, quais eventos impactam a aprendizagem, quais práticas poderiam favorecê-la, e qualificar a compreensão de outros processos cognitivos, utilizando esses conceitos científicos para melhorar a atuação docente na sala de aula.

Um conceito chave da neurociência, que é fundamental para a educação, é a compreensão de que nosso cérebro é plástico, e que nossas experiências de vida, incluindo aquelas vivenciadas na sala de aula, impactam e moldam nosso cérebro - positiva e/ou negativamente. A escolha docente por determinadas estratégias pedagógicas, portanto, deve considerar seu potencial de promoção da neuroplasticidade (TOVAR-MOLL; LENT, 2016; COSENZA; GUERRA, 2011). São estas modificações nos circuitos cerebrais que permitem que a aprendizagem ocorra; neste sentido, é fundamental que os professores e todas as pessoas envolvidas nos processos educativos conheçam minimamente esses conceitos.

Aprender envolve formar uma memória e ser capaz de utilizar a informação apreendida em situações futuras. Na neurociência, memorizar não é sinônimo de decorar, o que frequentemente causa confusão neste diálogo entre a neurociência e a educação. Pelo contrário, memorizar é essencial para que ocorra aprendizagem, e o que se busca é a formação de uma memória para uma aprendizagem significativa, que permita o uso futuro de informações memorizadas de forma criativa e inovadora.

A formação da memória pode ser descrita como um processo que envolve etapas sequenciais, sendo elas: aquisição, consolidação e evocação (IZQUIERDO, 2002). A aquisição representa o momento em que somos expostos às informações a serem aprendidas. Para tal, diversas áreas do nosso cérebro são simultaneamente ativadas, e convergem em uma área terciária que nos permite integrar as diferentes informações sensoriais e dar sentido a elas: o córtex pré-frontal. Esta região avalia a informação, compara com nossos arquivos/memórias prévias, e identifica se aquela informação é nova e/ou relevante. Se assim for, envia sinais a outras regiões do cérebro, sendo uma das mais importantes o hipocampo, estrutura localizada no lobo temporal que tem papel essencial para a consolidação das memórias declarativas.¹ A aquisição de informações é altamente dependente dos processos atencionais, do envolvimento emocional, e da atribuição de significado às informações. É como se nosso cérebro avaliasse se vale a pena guardar aquela informação, considerando as seguintes questões: ela é ou será útil para mim? Em qual contexto? Guardar esta informação traz benefícios?

No caso da informação ser considerada útil ou importante, inicia-se o processo de consolidação da memória. Este envolve, inicialmente, ativação de redes neurais hipocampais. A ativação pode ser temporária, envolvendo atividade sináptica que não causa modificações permanentes nas redes neurais, e permite que a informação fique acessível por algumas horas, mas não forma arquivos (memória de curta

¹ Memórias declarativas são um tipo de memória que nos permite lembrar e expressar informações e conhecimentos de forma explícita. Elas abrangem fatos, eventos, nomes, conhecimentos teóricos, e outros detalhes que podem ser facilmente comunicados e articulados. Existem dois principais tipos de memórias declarativas: memória episódica, que se refere às lembranças de eventos específicos que ocorreram em um momento e local específicos, geralmente acompanhadas de detalhes emocionais e contextuais; e memória semântica, que envolve conhecimento geral e factual que não está ligado a eventos específicos, como conteúdos de uma área do conhecimento. Essas memórias desempenham um papel fundamental em nossa vida cotidiana, ajudando-nos a recordar informações importantes, aprender novos fatos e entender o mundo ao nosso redor.

duração); ou pode ser mais intensa, promovendo maior ativação eletroquímica, a qual induz a ativação de cascatas intracelulares nos neurônios ativados a ponto de promover a expressão de novos genes e proteínas relacionadas à plasticidade, o que provoca mudanças nas redes neurais, promovendo armazenamento a longo prazo da informação (memória de longa duração). Neste último caso, são necessárias algumas horas para indução da neuroplasticidade - eventos ocorridos neste período podem modular a consolidação dessa memória.

Por fim, memórias previamente formadas podem ser acessadas - processo de evocação. Um aspecto importante deste processo é que ele promove a reativação das redes neurais previamente formadas/modificadas, tornando-as lábeis, i.e., passíveis de modificação. Desta forma, as memórias podem ser modificadas, informações podem ser adicionadas... Este processo é denominado reconsolidação. A reconsolidação é essencial para a persistência das memórias, pois, se as memórias não forem utilizadas e reconsolidadas, acabam esquecidas.

Compreender esses processos e sua capacidade de serem modulados ou potencializados pode ser de grande ajuda para os professores na escolha das estratégias de ensino mais eficazes. Isso também auxilia na organização da aula, permitindo que as intervenções sejam feitas no momento mais apropriado. Essas práticas desempenham um papel crucial em quebrar a tendência tão comum no ensino universitário, que é a reprodução, por parte dos docentes, dos métodos tradicionais de ensino que eles próprios experimentaram quando eram alunos, promovendo a inovação pedagógica.

AS EXPERIÊNCIAS DAS AUTORAS COMO EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

É importante destacar que a aplicação da neurociência à educação não representa uma revolução completa na maneira como o ensino universitário está estruturado atualmente. A neurociência não propõe uma nova pedagogia ou andragogia, e também não promete soluções definitivas para todas as dificuldades de aprendizagem (COSENZA; GUERRA, 2011). Contudo, a neurociência pode ajudar a selecionar e justificar algumas escolhas pedagógicas e buscar estratégias para superar os desafios cotidianos da sala de aula, ou seja, os saberes da neurociência contribuem para a inovação pedagógica docente. Neste sentido, a seguir refletimos acerca de nossas experiências na escolha de estratégias de ensino que consideram o funcionamento do cérebro ao ministrar disciplinas na área de ciências biológicas em cursos de graduação, considerando diferentes etapas do processo de aprendizagem.

1. Intervenções que buscam qualificar o processo de aquisição de informações

Conforme supramencionado, na fase de aquisição de informações, a compreensão do significado e das possibilidades de aplicação do conhecimento, o envolvimento emocional com o conteúdo, o professor e o grupo, bem como a motivação, são fatores que podem facilitar este processo e promover a consolidação da memória. Neste contexto, entre nossas práticas, promovemos:

1.1 Seminários aplicados à prática profissional: Neste projeto convidamos graduandos em fase de conclusão de curso da área da saúde e professores de disciplinas profissionalizantes para conversar com estudantes do primeiro ano, que estavam cursando a disciplina de Fisiologia Humana, com o objetivo de evidenciar a presença da fisiologia na prática dos diferentes profissionais da saúde. De acordo com os estudantes participantes, os seminários ajudaram a reforçar a importância dos conceitos fisiológicos para a prática profissional, promovendo entusiasmo pelas aprendizagens da disciplina de ciências básicas. Essa estratégia comprovou ser excelente para auxiliar os professores na facilitação do aprendizado dos alunos. Em outra ação similar, utilizamos a discussão de artigos e novas descobertas científicas para aumentar o interesse dos estudantes pela Fisiologia, proposta que também se mostrou efetiva (ALTERMANN *et al.*, 2016).

1.2 Casos clínicos e outras situações problemas aplicadas à realidade profissional (NEVES *et al.* 2019): Os casos clínicos, ou casos-problemas, que podem ser utilizados não apenas em cursos relacionados à área da

saúde, têm sido tradicionalmente empregados em disciplinas profissionalizantes ou em cursos de graduação com formato diferenciado, como o PBL (do inglês *Problem-Based Learning*). Eles representam recursos valiosos para promover interesse nos conteúdos de disciplinas iniciais, ao mesmo tempo em que permitem aos estudantes compreender a utilidade futura dos conhecimentos básicos abordados. Nós temos adotado essa abordagem desde o primeiro semestre de ingresso na universidade, na disciplina de Fisiologia Humana. Nossas experiências demonstram que os estudantes reconhecem a contribuição desta abordagem metodológica, considerando seus benefícios para o melhor desempenho na disciplina, a compreensão e aplicação dos conceitos, bem como a aproximação com a prática clínica.

1.3 Situações vinculadas a acontecimentos reais: dar sentido e aplicabilidade ao conteúdo, como mencionamos, auxilia nosso cérebro a entender a importância da aprendizagem de determinados conteúdos. O uso dessa abordagem depende muito do momento que vivemos, mas podemos citar dois exemplos que utilizamos nos últimos anos. Em 2017, após o surto de Zika vírus na região norte do Brasil, que foi relacionado à microcefalia em bebês recém-nascidos, utilizamos esses eventos como pontos de partida para discutir a neurociência e as funções do cérebro com os estudantes (SOUZA *et al.*, 2018). Outro exemplo ocorreu durante a pandemia da COVID-19, quando ministramos um curso de Fisiologia Humana abordando o funcionamento de todos os sistemas a partir da fisiopatologia da COVID-19 (ALVES *et al.*, 2021). Além de contribuir para a compreensão da Fisiologia, o curso teve um grande impacto na compreensão da doença que desencadeou uma pandemia, bem como nas formas de prevenção e controle de sua disseminação.

2. *Intervenções que buscam contribuir para a melhor consolidação da informação*

Estudos mais recentes têm demonstrado que intervenções realizadas logo após uma aprendizagem têm o potencial de modular a consolidação da aprendizagem. Tais intervenções não precisam estar diretamente relacionadas ao conteúdo aprendido em si, mas devem ter o potencial de modular os processos fisiológicos envolvidos na consolidação da memória. Nosso grupo tem conduzido pesquisas com modelos animais para avaliar o potencial do exercício físico e da exposição à novidade na promoção dessa modulação (RAMIRES LIMA *et al.*, 2021; VARGAS *et al.*, 2020). Verificamos que estas intervenções são capazes de promover a melhora da memória, garantindo sua persistência por mais tempo, e envolvem a ativação do sistema catecolaminérgico. No contexto educacional, tais práticas começaram a ser estudadas:

2.1 Exposição à novidade: utilizando como novidade práticas diferentes daquelas previstas no cotidiano escolar regular (no caso utilizaram aula de música e experimentos laboratoriais), um grupo de pesquisadores argentinos constatou que a novidade tem o potencial de melhorar o processo de aprendizagem formal no ambiente escolar (BALLARINI *et al.*, 2013). Além disso, os pesquisadores observaram um efeito dependente do tempo dessa intervenção. Quando aplicada 1 hora após a aprendizagem, ela promovia sua melhora, mas quando aplicada 4 horas após, não (RAMIREZ BUTAVAND *et al.*, 2020).

2.2 Sessão de exercício físico: Embora a quantidade de pesquisas acerca dos efeitos do exercício físico na cognição seja substancial, os estudos investigando efeitos agudos do exercício físico na modulação da aprendizagem formal ainda são raros. Nosso grupo está atualmente desenvolvendo um estudo neste sentido, investigando se uma sessão de exercícios logo após uma aula melhora a aprendizagem do conteúdo trabalhado, e esperamos em breve obter dados mais definitivos sobre o potencial translacional dos nossos achados em modelos animais. No entanto, um estudo recente que examinou o efeito da prática de exercícios físicos durante uma aula universitária encontrou efeitos benéficos na motivação de aprendizagem dos alunos (TAMURA *et al.*, 2022). Embora neste estudo não tenha sido mensurada a aprendizagem em si, seus resultados sugerem que sessões curtas de exercícios físicos em ambiente de aprendizagem podem aumentar a motivação dos alunos em sala de aula. Isso é particularmente relevante, considerando que a motivação tem grande potencial de melhorar a consolidação da aprendizagem dos es-

tudantes. É importante destacar que, assim como na exposição à novidade, a depender do momento da prática do exercício físico, seus efeitos podem ter efeitos modulatórios (ou não) sobre a aquisição de informações (se realizado antes da aprendizagem, por exemplo), a consolidação (se realizado depois), ou a persistência das informações (se realizado muitas horas após a aquisição, ~10-12h). Isto vale para toda intervenção proposta, o que reforça a importância dos conhecimentos básicos de neurobiologia da aprendizagem para o melhor planejamento das aulas e melhor uso das metodologias disponíveis.

3. *Intervenções que buscam promover a reconsolidação e o reforço das aprendizagens*

Quem nunca ouviu aquela máxima: "O uso faz o órgão"? Pois, para nosso cérebro, ela também é válida! De nada adianta adquirir e consolidar informações de maneira eficaz se elas não forem usadas no futuro. Informações não utilizadas, acabam perdidas. Assim, é sempre importante promover oportunidades para os estudantes "reverem" conteúdos já estudados. Isto pode ser um desafio para os docentes, especialmente porque, embora rever o conteúdo seja importante, não é interessante ser repetitivo. Ao oferecer oportunidades de revisão de conteúdo, é preciso pensar estratégias eficazes de fazê-lo. O ideal aqui é promover situações para que os estudantes possam ativamente evocar as memórias previamente adquiridas - a prática do lembrar, que favorece a reconsolidação da informação (EKUNI; POMPEIA, 2020). Ao longo de anos ensinando Fisiologia, desenvolvemos algumas estratégias para promover a reconsolidação dos conhecimentos, sendo algumas delas:

3.1 Uso de pré-testes (SOSA *et al.*, 2018): Nesta abordagem, testada no contexto de ensino de Fisiologia Humana e de Cinesiologia, propomos o uso, no início de cada aula das disciplinas, de um pré-teste, para promoção da evocação ativa do conteúdo previamente estudado (o pré-teste sempre incluía questões abertas, relacionadas ao conteúdo da aula anterior, o qual seria dado seguimento na referida aula). Observamos que a maioria dos alunos considerou que esta estratégia contribuiu para melhorar seu entendimento dos conteúdos de fisiologia. Além disso, na avaliação de desempenho, em comparação com estudantes de turmas que não realizaram os pré-testes, os estudantes que realizaram a evocação ativa (reativação) dos conteúdos prévios obtiveram resultados significativamente melhores nas avaliações.

3.2 Ações de divulgação científica: Outra estratégia interessante para promover o uso ativo dos conteúdos aprendidos, induzindo sua reconsolidação, é a prática de "ensinar para outras pessoas". No ensino superior, essa abordagem pode ser feita por meio de ações de divulgação científica para a comunidade. Isso também contribui para a curricularização da extensão nos cursos de graduação, meta do Plano Nacional de Educação a ser atingida até 2024 (PEREIRA; VITORINI, 2019). Neste sentido, ao longo dos anos, envolvemos alunos de graduação em ações diversas nas quais foram desafiados a propor práticas para divulgar Fisiologia à comunidade, incluindo idosos, escolares, professores e a população em geral (MARTINS; MELLO-CARPES, 2014; BORGES; MELLO-CARPES, 2015; ALTERMANN *et al.*, 2016). Essas ações incluíram organização de palestras, atividades práticas em feiras de ciências e campanhas como a Semana Internacional do Cérebro (*Brain Awareness Week*) e a Semana da Fisiologia (*Physiological Understanding Week*), entre outras. Em geral, nas avaliações dos estudantes de Fisiologia acerca das práticas realizadas, a vasta maioria concorda que elas contribuíram para as aprendizagens e para o melhor entendimento dos conceitos de Fisiologia Humana. Além disso, neste tipo de abordagem os alunos compreendem a importância de divulgar informações científicas, de interagir e trocar conhecimentos para a comunidade.

3.3 Uso de jogos didáticos e materiais 3D: a aplicação de jogos na educação não é uma novidade. Os jogos podem ser incorporados em diferentes momentos do processo de ensino, seja para introduzir um assunto, promovendo melhor aquisição e consolidação da informação, ao despertar o interesse e motivação dos estudantes, ou para reforçar o aprendizado, ao induzir a evocação ativa da informação e potencializar sua reconsolidação. Nós temos criado jogos com o intuito principal de utilizá-los conforme a segunda abordagem (NEVES *et al.*, 2019). Neste sentido, verificamos que a aprendizagem de conteúdos fisiológicos complexos, como potenciais bioelétricos de membrana (MACHADO *et al.*, 2018) e transmissão sináptica (CHAVES *et al.*, 2020; CARRAZONI *et al.*, 2023), pode ser reforçada por meio de jogos de tabuleiro criados

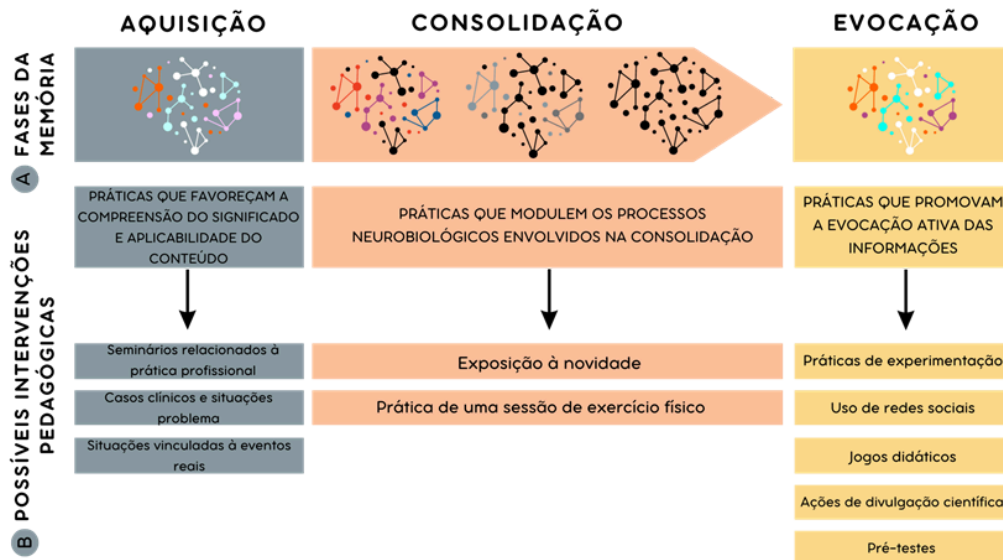
por professores. Adicionalmente, exploramos o potencial dos "jogos de montar". Desenvolvemos um quebra-cabeça impresso em 3D (simulando terminais sinápticos) para melhorar a compreensão e diferenciação dos processos de transmissão sináptica química e elétrica - nossos resultados demonstraram que essa abordagem, que envolveu a impressão 3D de modelos didáticos de sinapse, também se mostrou efetiva para qualificar a aprendizagem dos estudantes (CARRAZONI *et al.*, 2023).

3.4 Uso de redes sociais: Não há dúvidas de que as redes sociais atualmente fazem parte do nosso cotidiano, especialmente dos estudantes. Neste sentido, incluir o uso destes espaços para discussão e debate de diferentes conteúdos pode ser uma estratégia interessante. No entanto, é importante estar atento aos interesses dos estudantes naquele momento, pois as redes sociais em uso variam consideravelmente. Em experiências realizadas entre 2014 e 2019, utilizamos a rede social *Facebook* para promover a continuidade de discussões de conteúdos de fisiologia iniciadas em sala de aula (VARGAS *et al.*, 2014). Observamos que esta abordagem aumentou o interesse dos alunos pela fisiologia e facilitou seu aprendizado em sala de aula, contribuindo, ainda, para o aumento do seu interesse pela pesquisa científica. Atualmente o *Facebook* já tem uso mais limitado entre os jovens, e outras redes, como o *Instagram* (que temos utilizado atualmente) e o *Tiktok* têm ganhado maior destaque, com maior potencial de impacto no uso educacional.

3.5 Uso de experimentação: uma estratégia que, sem dúvidas, qualifica o ensino de ciências, é o uso de práticas experimentais. Ao longo dos anos, desenvolvemos e propomos diferentes práticas simples que podem ser realizadas com poucos recursos materiais - a título de exemplo, criamos uma prática para estudo da circulação (ALTERMANN *et al.*, 2015). No entanto, além da infraestrutura, nem todos os currículos preveem espaços/tempos para aulas práticas em disciplinas básicas como a Fisiologia Humana. Neste sentido, elaboramos roteiros para práticas domiciliares de Fisiologia, com o intuito de estimular os estudantes a realizar experimentos simples em suas casas, permitindo a visualização de fenômenos fisiológicos, e, assim, a sua melhor compreensão do assunto (NEVES *et al.*, 2017). Embora as práticas presenciais tenham sido consideradas mais eficazes pelos estudantes (o que parece estar relacionado ao trabalho em equipe e à presença do professor e tutores), é importante notar que os estudantes também reconhecem a importância das práticas domiciliares para a aprendizagem de Fisiologia.

O resultado de nossa reflexão acerca de diferentes intervenções pedagógicas que poderiam ser utilizadas em cada fase da formação da memória é sumarizado na figura 1. É importante ressaltar que muitas das intervenções citadas podem ser utilizadas em mais de um momento, dependendo da forma como são planejadas. Este planejamento, por sua vez, depende dos conhecimentos do docente acerca da neurociência da aprendizagem.

Figura 1. Relações entre as diferentes fases da memória (A) e possíveis intervenções pedagógicas que poderiam ser utilizadas para potencializar a aprendizagem em cada fase (B)



A. A formação da memória é essencial para a aprendizagem, e envolve 3 fases principais: a aquisição, quando redes neurais são ativadas; a consolidação, quando ocorrem mudanças neuroplásticas em redes neurais e estas são consolidadas para que a informação seja armazenada a longo prazo; e, a evocação, quando lembramos das informações aprendidas, ativando as redes neurais que guardam a informação, e as tornando novamente lábeis, i.e., passíveis de modificação (reconsolidação). **B.** Diferentes intervenções pedagógicas podem ser utilizadas para modular positivamente a aprendizagem. Exemplificamos algumas estratégias de inovação pedagógica utilizadas no ensino de Fisiologia Humana, cujas escolhas consideraram as diferentes fases da formação de memória, a fim de modular os processos neurobiológicos necessários para a aprendizagem. **Fonte:** As autoras (2023)

REFLEXÕES FINAIS

A neurociência da aprendizagem nos permite compreender que o ato de aprender depende da interação com o meio e com o outro, e que nossas experiências têm potencial de modificar nossas redes neurais, promovendo a neuroplasticidade. Portanto, a qualidade da experiência de ensino desempenha um papel crucial na promoção da aprendizagem efetiva. A qualidade do ensino, por sua vez, está intrinsecamente ligada ao planejamento pedagógico e às suas escolhas feitas pelos professores. Neste contexto, os conhecimentos da neurociência podem ser ferramentas valiosas para ajudar os professores em seu planejamento, permitindo que façam escolhas que considerem "como o cérebro aprende" e, assim, promovam inovação pedagógica.

No entanto, embora os professores em geral demonstrem interesse pela neurociência (TADIELO *et al.*, 2022), sua inclusão na formação inicial e/ou continuada de professores é uma prática muito rara. Infelizmente, pouco avanço tem sido feito neste sentido. Embora, programas como o *Science of Learning*² da IBRO, em parceria com o Escritório Internacional de Educação da UNESCO, tenham procurado fomentar esta área, seu impacto ainda é limitado. Uma possibilidade promissora é envolver estudantes de pós-graduação da área de neurociência da aprendizagem na promoção de oportunidades de formação continuada de professores, iniciativa que nosso grupo tem promovido há mais de 10 anos (TADIELO *et al.*, 2022). No entanto, compreendemos que esta é uma ação pontual, e políticas mais abrangentes precisam ser consideradas.

Além de promover uma melhor compreensão da neurofisiologia da aprendizagem, a neurociência tam-

² <https://solportal.ibe-unesco.org>

bém tem potencial de: (i) auxiliar os professores a avaliar criticamente as informações, evitando a disseminação de neuromitos educacionais³; (ii) informar os professores sobre novas abordagens de aprendizagem e novas descobertas desta ciência; e, (iii) capacitar os professores para desempenharem sua prática docente baseada em evidências científicas (MAROPE, 2016; HOWARD-JONES *et al.*, 2017).

Para alcançar esta abordagem baseada na ciência nos processos de ensino-aprendizagem, no entanto, é imperativo que os cursos de formação inicial e continuada de professores incorporem conceitos fundamentais da neurociência. Isso permitirá que os professores compreendam como o cérebro aprende e adquiram conhecimentos sobre mecanismos fisiológicos específicos relevantes para a educação, como a aquisição, a consolidação e a evocação da memória e sua relação com a aprendizagem, bem como o papel da atenção, da motivação e das funções executivas neste processo (COSENZA; GUERRA, 2011).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTERMANN, C.; GONÇALVES, R.; LARA, M.V.; NEVES, B.S.; MELLO-CARPES, P.B. Observing and understanding arterial and venous circulation differences in a physiology laboratory activity. *Advances in Physiology Education*, vol. 39, n. 4, 2015, pp. 405-410.

ALTERMANN, C.; GARCIA, A.; MELLO-CARPES, P.B. Apresentação de resultados de pesquisa científica como estratégia para aumentar o interesse dos alunos em fisiologia. *Revista de Ensino de Bioquímica*, vol. 14, n. 1, 2016, pp. 89-98.

ALTERMANN, C.; NEVES, B.S.; MELLO-CARPES, P.B. The inclusion of undergraduate students in physiology outreach activities improves their physiology learning and understanding skills. *Advances in Physiology Education*, vol. 40, n. 4, 2016, pp. 529-532.

ALVES, N.; CARRAZONI, G. S.; SOARES, C. B.; ROSA, A.C.S.D.; SOARES, N.M.; MELLO-CARPES, P.B. Relating human physiology content to COVID-19: a strategy to keep students in touch with physiology in times of social distance due to pandemic. *Advances in Physiology Education*, vol. 45, n. 1, 2021, pp. 129-133.

BALLARINI, F.; MARTÍNEZ, M.C.; DÍAZ PEREZ, M.; MONCADA, D.; VIOLA, H. Memory in Elementary School Children Is Improved by an Unrelated Novel Experience. *PLoS ONE*, vol. 8, n. 6, 2013, pp. e66875.

BORGES, S.; MELLO-CARPES, P.B. Undergraduate students as promoters of science dissemination: a strategy to increase students' interest in physiology. *Advances in Physiology Education*, vol. 39, n. 2, 2015, pp. 133-136.

CARRAZONI, G.S.; CHAVES, A.D.; SILVA, L.G.A.; ROCHA, C.F.K.; MELLO-CARPES, P.B. The Synaptic Board Ga-

³ Neuromito é uma desinformação, baseada em dados infundados ou mal compreendidos sobre conceitos relacionados ao Sistema Nervoso e funcionamento cerebral que acabam disseminados para a população. Este conceito foi proposto pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, em 2002. Alguns neuromitos estão relacionados a aspectos educacionais, e podem impactar as escolhas pedagógicas e a prática docente. A título de exemplo, podemos citar a implementação de ideias de que existam janelas de aprendizagem ao longo da vida, e que, ao passar o período para desenvolver determinado conhecimento, não é mais possível retomá-lo; ou ainda, que os alunos são classificados como aprendentes visuais, auditivos ou cinestésicos, levando à ideia que os mesmo só irão aprender de forma significativa se forem ensinados de forma condizente ao seu “estilo de aprendizagem”.

me Improves Health Sciences Students' Learning on Synaptic Transmission. *Simulation & Gaming*, vol. 54, n. 5, 2023, pp. 477–488.

CARRAZONI, G.S.; CHAVES, A.D.; ROCHA, C.F.K.; MELLO-CARPES, P.B. A 3-D-printed synaptic puzzle contributes to students' synaptic transmission comprehension. *Advances in Physiology Education*, vol. 47, n. 2, 2023, pp. 307–317.

CHANG, Z.; SCHWARTZ, M.S.; HINESLEY, V.; DUBINSKY, J.M. Neuroscience Concepts Changed Teachers' Views of Pedagogy and Students. *Frontiers in Psychology*, vol. 12, 2021, pp. 1-19.

CHAVES, A.D.; PIGOZZO, D.F.; ROCHA, C.F.K.; MELLO-CARPES, P.B. Synaptic board: an educational game to help the synaptic physiology teaching-learning process. *Advances in Physiology Education*, vol. 44, n. 1, 2020, pp. 50–59.

COSENZA, R.; GUERRA, L.B. *Neurociência e Educação: Como o cérebro aprende*. Porto Alegre: Artmed, 2011.

DUBINSKY, J.M.; GUZEY, S.S.; SCHWARTZ, M.S.; ROHRIG, G.; MACNABB, C., SCHMIED, A.; HINESLEY, V.; HOELSCHER, M.; MICHLIN, M.; SCHMITT, L.; ELLINGSON, C.; CHANG, Z.; COOPER, J.L. Contributions of Neuroscience Knowledge to Teachers and Their Practice. *Neuroscientist*, vol. 25, n. 5, 2019, pp. 394–407.

EKUNI, R.; POMPEIA, S. Prática de lembrar: a quais fatores os educadores devem se atentar?. *Psicologia Escolar e Educacional*, vol. 24, 2020, pp. 1-10.

GOLDSTEIN, M. The Decade of the Brain. *Neurology*, vol. 40, n. 2, 1990, pp. 321.

GROSSI, M.G.R.; LOPES, A.M.; COUTO, P.A. A Neurociência na Formação de Professores: Um Estudo da Realidade Brasileira. *Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade*, vol. 23, n. 41, 2014, pp. 27-40.

GROSSI, M.G.R.; OLIVEIRA, E.S.; AGUIAR, F.A. A neurociência na formação inicial de professores: uma investigação científica. *Ensino em Re-Vista*, vol. 26, n.3, 2019, pp. 871–895.

HOWARD-JONES, P.; CUNNINGTON, R.; D'ANGIULLI, A.; PRADO, J.; REIGOSA-CRESPO, V. *The neuroscience of learning and the global learning crisis*. IBE Infocus. Paris: UNESCO Publishing. 2017.

HOWARD-JONES, P.; JAY, T.; GALEANO, L. Professional Development on the Science of Learning and teachers' Performative Thinking—A Pilot Study. *Mind, Brain, Education*, vol. 14, n. 3, 2020, pp. 267–278.

IZQUIERDO, I. *Memória*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MACHADO, R.S.; OLIVEIRA, I.; FERREIRA, I.; DAS NEVES, B.S.; MELLO-CARPES, P.B. The membrane potential puzzle: a new educational game to use in physiology teaching. *Advances in Physiology Education*, vol. 42, n. 1, 2018, pp. 79–83.

MAROPE, P.T.M. Brain science, education, and learning: Making connection. *Prospects*, vol. 46, 2016, pp. 187–190.

- MARTINS, A.; MELLO-CARPES, P.B. A proposal for undergraduate students' inclusion in brain awareness week: promoting interest in curricular neuroscience components. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*, vol. 13, n. 1, 2014, pp. A41–A44.
- MASETTO, M.T.; GAETA, C. Os desafios para a formação de professores do Ensino Superior. *Revista Triângulo*, vol. 8, n. 2, 2016, pp. 4-13.
- NEVES, B.S.; ALTERMANN, C.; GONÇALVES, R.; LARA, M.V.; MELLO-CARPES, P.B. Home-based vs. laboratory-based practical activities in the learning of human physiology: the perception of students. *Advances in Physiology Education*, vol. 41, n. 1, 2017, pp. 89–93.
- NEVES, B.H.; MACHADO, R.S.; SOARES, C.B.; MELLO-CARPES, P.B. Uso de jogos educacionais para explicar conceitos complexos relacionados à fisiologia humana. *Revista de Ensino de Bioquímica*, vol. 17, n. 2, 2019, pp. 41-51.
- NEVES, B.; OLIVEIRA, I.; NAUMANN, M.; MELLO-CARPES, P.B. Ensinando ciências básicas através de casos clínicos: Percepção dos estudantes de Fisiologia sobre o uso deste método. *Revista de Ensino de Bioquímica*, vol. 17, n. Esp., 2019, pp. 13 - 25.
- OLIVEIRA, G.A.; FERREIRA, M.B.C.; NUNES, L.N.; RIBEIRO, M.F.M. Pedagogical training profile of basic health sciences faculty in biomedical and related fields at Brazilian public and private higher education institutions. *Advances in Physiology Education*, vol. 43, n. 2, 2019, pp. 180–190.
- OLIVEIRA, G.A.; RIBEIRO, M.F.M. Formação Para a Docência na Pós-Graduação em Ciências Biológicas e da Saúde: Uma Autoavaliação. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, v. 16, n. 36, 2020, pp. 1–43.
- PEREIRA, N.F.F.; VITORINI, R.A.S. Curricularização da extensão: desafio da Educação Superior. *Interfaces - Revista De Extensão Da UFMG*, vol. 7, n. 1, 2019, pp. 19-29.
- RAMIRES LIMA, K.; DE SOUZA DA ROSA, A.C.; SEVERO PICUA, S.; SOUZA E SILVA, S.; MARKS SOARES, N.; BILLIG MELLO-CARPES, P. One single physical exercise session improves memory persistence by hippocampal activation of D1 dopamine receptors and PKA signaling in rats. *Brain Research*, vol., 1762, 2021, 147439.
- RAMIREZ BUTAVAND, D.; HIRSCH, I.; TOMAIUOLO, M.; MONCADA, D.; VIOLA, H.; BALLARINI, F., Novelty Improves the Formation and Persistence of Memory in a Naturalistic School Scenario. *Frontiers in Psychology*, vol. 11, 2020, pp. 1-7.
- SOSA, P. M.; GONÇALVES, R.; CARPES, F.P.; MELLO-CARPES, P.B. Active memory reactivation previous to the introduction of a new related content improves students' learning. *Advances in Physiology Education*, vol. 42, n. 1, 2018, n. 75–78.
- SOUZA, M.M.; ARCE, J.P.S.; VARGAS, L.S.; MELLO-CARPES, P.B. Importância da popularização da neurociência: o caso do zika vírus e da microcefalia. *Revista Em Extensão*, vol. 16, n. 2, 2018, pp. 227–241.
- TADIELO, A.L.T.; SOSA, P.M.; MELLO-CARPES, P.B. Physiology faculty and student contributions to school teacher training in neuroscience: innovations during the COVID-19 pandemic. *Advances in Physiology Edu-*

cation, vol. 46, n. 4, 2022, pp. 606–614.

TAMURA, A.; MURAYAMA, K.; ISHII, R.; SAKAKI, M.; TANAKA, A. The effect of low-intensity exercise on emotional and cognitive engagement in the classroom. *NPJ Science of Learning*, vol. 7, n. 1, 2022 9. 2022, pp. 1-7.

TOVAR-MOLL, F; LENT, R. The Various Forms of Neuroplasticity: Biological Bases of Learning and Teaching. *Prospects*, v. 46, 2016, pp. 199-213.

VARGAS, L.S.; LARA, M.V.S.; GONÇALVES, R.; NEVES, B.S.; MELLO-CARPES, P.B. The use of Facebook as a tool to increase the interest of undergraduate students in physiology in an interdisciplinary way. *Advances in Physiology Education*, vol. 38, n. 3, 2014, pp. 273–276.

VARGAS, L.S.; LIMA, K.R.; RAMBORGER, B.P.; ROEHRS, R.; IZQUIERDO, I.; MELLO-CARPES, P.B. Catecholaminergic hippocampal activation is necessary for object recognition memory persistence induced by one-single physical exercise session. *Behavioral Brain Research*, vol. 379, n., 2020, pp. 1-8.