
NEUROCIÊNCIA E EDUCAÇÃO: OS PERCALÇOS E POSSIBILIDADES DE UM CAMINHO EM CONSTRUÇÃO

<http://dx.doi.org/10.4025/imagenseduc.v7i1.32171>

Bruno de Bortoli*

Teresa Kazuko Teruya**

* Universidade Estadual de Maringá – UEM. bruno_de_bortoli@hotmail.com

** Universidade Estadual de Maringá – UEM. tkteruya@gmail.com

Resumo

Os estudos da neurociência no campo da educação são uma alternativa para repensar as práticas pedagógicas na contemporaneidade. No campo da neurociência, ancorados em pesquisas que fazem intersecção entre as ciências do cérebro e educação, há possibilidade de promoção de novas estratégias pedagógicas na perspectiva da neurobiologia do aprendizado. O que os estudos da neurociência trazem de conhecimento sobre o funcionamento do cérebro possível de elaborar estratégias pedagógicas? Investigamos a origem e o conceito de neurociência, a fim de correlacionar os estudos nas áreas da neurociência com a educação. Os estudos sobre o cérebro apontam que as emoções contribuem para a aprendizagem porque auxiliam a passagem da memória de curto para a memória de longo prazo, assim como a motivação é indispensável para a liberação de substância responsável por mobilizar a atenção e reforçá-la na relação com o objeto que a afetou. No entanto, ainda há caminhos em construção e necessidade de novas pesquisas que apontem diálogos para maior aproximação entre os campos da neurociência e da educação, diluindo euforias e mitos sobre a neurociência na educação.

Palavras-chave: neurociência, educação, aprendizagem.

Abstract: Neuroscience and education: the mishaps and possibilities of a path in construction. The neuroscience's research in the field of education are an alternative to avail the pedagogical practices in the contemporaneity. In the neuroscience's field studies, there is a possibility of promotion in new pedagogical strategies in the perspectives of neurobiology of the learning process anchored in studies that make an intersection between brain science and education. What the studies of neuroscience bring about is an answer to the question: how the brain elaborates pedagogic strategies? A research has been conducted about the origin of the concept of neuroscience which relates to the neuroscience studies with education. These studies of the brain point that the emotions contribute to the learning process, because it helps the passage of the short-term to the long-term memory, as well as the motivation which is essential to release these substances responsible to mobilize our attention and reinforce in relation with the object that affects us. However, still paths in construction and need for new research to start dialogues towards a major approximation between the field of neuroscience and education, diluting euphoria and myths about neuroscience in education.

Keywords: neuroscience, education, learning.

Introdução

O presente artigo analisa os caminhos entre a neurociência e a educação como uma

alternativa para se repensar as práticas pedagógicas no espaço escolar. Com uma nova abordagem, a neurociência destaca-se pelas pesquisas realizadas sobre o cérebro humano, seguindo uma abordagem multidisciplinar,

ampliando conhecimentos e evidenciando descobertas que até o século XIX eram praticamente intuitivas para algumas áreas do conhecimento, dada a falta de instrumentos tecnológicos capazes de aprofundar os estudos (Oliveira, 2014).

Com o uso de técnicas de neuroimagem, podemos localizar as áreas específicas de funções cognitivas e afetivas (Herculano-Houzel, 2002), que permitem aprofundar os conhecimentos e enriquecer as possibilidades de elaborar estratégias pedagógicas mais conectadas com a biologia cerebral (Guerra, 2011). Por este aspecto, neurociência e educação efetivam um campo de diálogo.

Os estudos que apontam caminhos entre os campos da educação e da neurociência instigaram-nos a investigar a seguinte problemática: o que os estudos da neurociência trazem de conhecimento sobre o funcionamento do cérebro possível de elaborar estratégias pedagógicas? Para responder à questão, ancoramo-nos na teoria da neurociência em uma abordagem multidisciplinar. “O que chamamos simplificada e Neurociência é na verdade Neurociências” (Lent, 2010, p. 06).

Para compreendermos a neurociência, investigamos sua origem e seu conceito que abrange uma área interdisciplinar e o estudo do cérebro humano em um processo de contextos e épocas dissemelhantes. Em seguida, apresentamos a neurociência como possibilidade de articular as discussões para diluir mitos e propagar reflexões sobre o funcionamento do cérebro como um percurso em construção e uma possibilidade de arquitetar novas estratégias de ensino para construir o conhecimento no espaço escolar.

Após um breve histórico da neurociência e do campo de estudo dessa área, assim como suas possibilidades na educação, organizamos as informações para apontar algumas descobertas do cérebro e aprendizagem, evidenciando contribuições didáticas para reflexões entre os/as professores/as.

Origem e conceito de neurociência

O estudo do cérebro não é algo recente (Lent, 2010). Há evidências de que, por volta de 7.000 anos atrás, nossos antepassados pré-históricos usavam técnica denominada trepanação em uma tentativa de curar enfermidades como dores de cabeça e

transtornos mentais, permitindo a libertação dos maus espíritos que pudessem estar alojados no cérebro dos sujeitos (Bear, 2008). O procedimento consistia em abrir uma fissura na cabeça para visualização do cérebro, em muitos casos, com a pessoa ainda em vida.

Cosenza e Guerra (2011) informam que até aproximadamente o século XVIII atribuíam-se o intermédio de algo sobrenatural ao funcionamento cerebral, sendo crédulo a ideia de que espíritos vagavam pelos nervos cujo comando era o cérebro. Pela forte influência religiosa, o pensamento perdurou até o surgimento do microscópio e a comprovação, por Camilo Golgi e Santiago Ramon Y Cajal, da verdadeira base estrutural das células do tecido nervoso.

Kandel (2003) também informa que o anatomista espanhol Ramon Y Cajal decidiu fazer cortes microscópicos no tecido cerebral e mergulhá-los em sais de prata com o intuito de corá-los. Em decorrência dessa experiência, observou que os sais alastravam-se por todas as células de formas distintas, ou seja, em algumas áreas havia coloração por causa dos sais de prata; em outras áreas, porém, os tecidos permaneciam intatos. Foi possível verificar, com essas observações microscópicas, que o cérebro é povoado por células que têm um corpo central de onde surgem ramificações de conectores e se relacionam umas com as outras, formando, assim, uma cadeia de relações neurológicas (Gazzaniga, 2006).

Para Herculano-Houzel (2002), Cajal chamou as células de neurônios, cujo funcionamento atribui-se à capacidade de receber informações por meio dos dendritos e propagá-las para outras células pelos axônios. Os neurônios foram definidos como:

Células altamente especializadas na produção e na condução de energia eletroquímica denominada impulso nervoso. Essas células são especiais por diferirem de todas as outras células do corpo humano pela sua capacidade de adquirir informações do meio através dos receptores sensoriais, processá-las, enviá-las a outros neurônios e promover resposta adequada por meio de uma estrutura efetora, que pode ser o músculo. Estão envolvidas com o armazenamento de determinadas informações (memória) e representam a estrutura biológica relacionada ao pensamento, à inteligência, à linguagem, às emoções e ao controle

emocional (Melo, Neto & Natali, 2013, p. 01).

Nesta citação há a indicação das peculiaridades dos neurônios como células responsáveis pela evolução da espécie humana, em razão de sua quantidade no córtex cerebral. Entre 1,2 e 1,5 Kg, o cérebro humano é menor do que o de alguns outros animais, no entanto, em relação ao tamanho do órgão em comparação ao corpo e à sua quantidade de neurônios, somos a espécie com as proporções mais adequadas e promovedoras de funções complexas (linguagem, pensamento) que somente o homem é capaz de realizar (Herculano-Houzel, 2002). Desenvolvemos, evolutivamente, um tamanho sincrônico entre o corpo e o cérebro, com cerca de 86 bilhões de neurônios, fato possível em decorrência de giros e sulcos presentes no órgão.

Gazzaniga (2006) revela que Cajal se apropriou da técnica de coloração desenvolvida pelo pesquisador Camilo Golgi e isso foi motivo de desavenças entre os dois. Ao descrever o experimento, Cajal cita:

Contra um fundo claro apareciam filamentos negros, alguns finos e lisos, outros grossos e espinhosos, em um padrão pontuado por pontos pequenos e denso, estrelado ou fusiformes. Tudo era definido como um esboço de tinta nanquim em papel transparente japonês. E pensar que este era o mesmo tecido que, corado com carmin ou campeche, aparecia como um bolo emaranhado em que o olhar tateava e tentava inutilmente enxergar alguma coisa, terminando frustrado na tentativa de desvendar uma confusão e completamente perdido em sombria dúvida. Aqui, ao contrário, tudo está claro e simples como um diagrama. Uma olhada era suficiente. Como um tolo, eu não podia tirar os olhos do microscópio (Sherrington, 1935 apud Gazzaniga, 2006, p. 29).

Com a técnica e as informações descobertas pelo seu uso, formulou-se a denominada Teoria Neural. Conforme essa teoria, os neurônios não formam um sincício (célula multinucleada) como acreditava Golgi, mas são células individuais, que não se comunicam com continuidade protoplasmática com outros neurônios. Além disso, é a unidade estrutural e funcional do sistema nervoso que conduz os estímulos em

sentido do dendrito para o axônio, apresentando três principais componentes: o axônio, o corpo celular e o dendrito, cada qual com uma função específica (Lent, 2010).

Pinker (2005) reconhece que os estudos de Cajal e Golgi deram origem às novas pesquisas, abrindo caminhos para o aprofundamento e a compreensão do funcionamento do sistema nervoso. Nos anos 70 do século XX, a neurociência, ancorada numa abordagem interdisciplinar, constituiu-se como um campo de estudo responsável pela compreensão dos processos mentais e pela explicação do processo de organicidade do sistema nervoso concernente ao comportamento humano. Gazzaniga (2006) destaca que, diante da complexidade e abrangência da área, a neurociência é formada pela interlocução entre as diferentes áreas do conhecimento científico, cada qual responsável por pesquisas subjacentes ao funcionamento do sistema nervoso. Entre os campos, o autor aponta a neurobiologia molecular, a neurobiologia celular, a neuroanatomia, a neurociência comportamental, a neurobiologia e a neurociência cognitiva.

É notório que os limites não são nítidos, razão pela qual é preciso caminhar com as pesquisas que constroem pegadas entre os conhecimentos da neurociência e a área estudada (Oliveira, 2014). Por esse motivo, na educação, o estudo da neurociência possibilita a elaboração de estratégias pedagógicas mais coerentes com a neurobiologia do aprendizado, no entanto, este caminho representa o começo de uma ruptura de paradigmas educacionais ao lançar possibilidades de novos conhecimentos sobre a aprendizagem.

Neurociência e educação

Na educação, a neurociência tem destaque no documento publicado pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2003), apontando novas perspectivas sobre a aprendizagem com base em pesquisas sobre o cérebro. No entanto, o movimento emerge na considerada década do cérebro, que compreende o período de 1990 a 1999. Ao final dos dez anos, descobriu-se que esse tempo não foi suficiente para explorar todo o funcionamento do cérebro humano. Por esse motivo, na conjuntura atual, ainda perduram

muitos mistérios sobre o cérebro, apesar do uso de técnicas cada vez mais sofisticadas.

As ciências da educação e do cérebro possuem especialidades diferentes e, embora com similaridades em alguns aspectos, deve-se romper com mitos para se alcançar as possibilidades entre as áreas. Assim,

As neurociências são ciências naturais, que descobrem os princípios da estrutura e do funcionamento neurais, proporcionando compreensão dos fenômenos observados. A educação tem outra natureza e sua finalidade é criar condições (estratégias pedagógicas, ambientes favoráveis, infraestrutura, material e recursos humanos) que atendam a um objetivo específico, por exemplo, o desenvolvimento de competências pelo aprendiz, num contexto particular. A educação não é investigada e explicada da mesma forma que a neurotransmissão. Ela é regulada apenas por leis físicas, mas também por aspectos humanos que incluem sala de aula, dinâmica do processo ensino-aprendizagem, escola, família, comunidade, políticas públicas (Guerra, 2011, p. 03).

Por este prisma, considera-se extensa a distinção entre os campos, conquanto, ambas se dedicam a estudar o mesmo órgão, o cérebro humano. Para Oliveira (2014), as pesquisas no espaço escolar precisam reconhecer os avanços científicos das novas descobertas sobre o cérebro e a aprendizagem, constituindo um 'espaço comum' entre as áreas.

Nessa direção, é fundamental diluir as euforias e procurar similaridade entre as ciências, construindo trajetórias oportunas para o alcance de uma educação mais coerente com os avanços atuais. Os contextos, as relações sociais, culturais, políticas e econômicas mudaram-se, mas algumas práticas pedagógicas continuam estáticas, havendo necessidade de se pensar outras perspectivas para o ensino (Scorsato & Silva, 2014).

Uma escola do século XXI caminha inserida em um contexto local e também é afetada por características oriundas de um processo de globalização. Isto posto, é preciso refletir sobre as descobertas, cavar lugares inexplorados, errar/acertar/errar e desfrutar dos conhecimentos atuais sobre o cérebro e a aprendizagem. Mas, para isso, é preciso transitar

entre as fronteiras da neurociência e educação (Guerra, 2011).

No entanto, é vital que as informações sejam transpostas para a educação, já que:

Descobertas em neurociências não se aplicam direta e imediatamente na escola. A aplicação desse conhecimento no contexto educacional tem limitações. As neurociências podem informar a educação, mas não explicá-la ou fornecer prescrições, receitas que garantam resultados (Guerra, 2011, p. 03).

Para esta autora, a neurociência permite pensar estratégias pedagógicas, tendo como evidências os estudos sobre o cérebro humano, no entanto, é preciso adaptar os estudos conforme as teorias da educação. Além disso, não são regras estabelecidas, mas alternativas que sugerem refletir sobre planejamentos de ensinos, métodos e técnicas didáticas, estrutura física e materiais escolares.

A neurociência na educação é entendida por Relvas (2010) como neuroeducação e a aprendizagem adquire novas perspectivas em razão dos avanços tecnológicos. As técnicas utilizadas nos estudos do cérebro humano permitem visualizar as regiões ativadas no exato momento de sua execução, possibilitando o aprofundamento de conhecimentos sobre o cérebro que eram apenas dedutíveis e observáveis externamente.

O cérebro e a aprendizagem

O cérebro humano caracteriza-se como o principal órgão do encéfalo, localizado no sistema nervoso central, desempenhando o controle de atividades voluntárias e involuntárias em razão dos estímulos provenientes do meio ambiente (Relvas, 2009; Maia, 2011). As atividades complexas, como o pensamento, a memória, a emoção e a linguagem, fazem parte de suas funções (Aamodt & Wang, 2013).

Nessa perspectiva, a aprendizagem pode ser definida como alterações cerebrais resultantes de experiência (Sant'Ana, 2015). Em outros termos, pode ser compreendida como o "[...] processo de aquisição de informação [...]" (Gazzaniga, 2006, p. 320). Como construtores de nosso próprio cérebro, o processo de apropriação de conhecimentos e modificação cerebral recebe o nome de plasticidade neural, sendo definida como "reorganizações de funções e estruturas

cerebrais, localizadas, portanto, no maior órgão do sistema nervoso, o cérebro” (Sant’Ana, 2015, p. 73).

Isto posto, a aprendizagem, do ponto de vista biológico, traduz-se como o processo pelo qual se possibilita a formação e a consolidação das ligações entre as células, ou seja, é resultado de uma experiência sensitiva que provocou alterações químicas e estruturais no sistema nervoso. Nesse caso, conforme Izquierdo (2011), a memória pode ser definida como a persistência dessas informações no cérebro, podendo ser recordadas posteriormente. Nosso cérebro, afirmam Cosenza e Guerra (2011, p.72), “[...] é um dispositivo aperfeiçoado para guardar aquilo que se repete com frequência, pois provavelmente esses serão os dados relevantes para a sobrevivência”.

As experiências que obtemos pela interação com o meio modificam as redes de neurônios. Desse modo, quando recebemos uma informação por meio de impulsos nervosos, novas ligações sinápticas podem ocorrer ou reforçar as já existentes. No entanto, isso depende da carga emocional e das informações que chegam até o cérebro (Aamodt & Wang, 2013; Domingues, 2007).

Nosso contato com o meio ambiente só é possível pela condução dos estímulos por meio dos impulsos nervosos ao cérebro (Kandel, 2003). Os neurônios captam as informações transmitidas pelos sentidos, processando-as em determinadas localidades responsáveis pelas funções específicas do estímulo (área da visão, área da audição etc.) e emitem uma resposta em relação aos estímulos recebidos.

No desenvolvimento humano, há determinados períodos considerados mais sensíveis que outros. A infância e a adolescência são mais propícias ao aprendizado, dada a agilidade e a facilidade de aprendizagem (Herculano-Houzel, 2002). São períodos que podem ser caracterizados como:

[...] momentos do desenvolvimento em que a experiência exerce um efeito particularmente forte e duradouro na construção dos circuitos cerebrais. Receber o tipo certo de experiência durante um período sensível é fundamental para a maturação dos comportamentos específicos que dependem desses circuitos (Aamodt & Wang, 2013, p. 73).

Não desconsideramos que aprendemos em todos os períodos da vida humana, embora destacamos os períodos mais propícios para isso. “Com o passar dos anos, na fase adulta, a capacidade de conexões sinápticas declina, sendo que neste período é normal a perda de sinapses devido a não utilização das informações armazenadas” (Sant’Ana, 2015, p. 76). No entanto, como aponta a autora, o constante contato com o meio promove estímulos que ativam as células existentes, reforçando aprendizados armazenados na memória e ampliando nossos conhecimentos. A interação permite o aumento das ligações entre os neurônios, conseqüentemente, a formação de novos circuitos e a geração de um novo conhecimento.

Conforme descobertas da neurociência, as emoções são sentimentos indispensáveis no processo de aprendizagem. Em relação à informação, Domingues (2007) aponta que as emoções permitem a passagem de uma memória de curto para uma memória de longo prazo, o que possibilita maior recordação da informação aprendida.

[...] as neurociências têm demonstrado 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 da vida dos indivíduos (Cosenza & Guerra, 2011, p.76).

Na temática da emoção, Aamodt e Wang (2013) destacam a importância de um ambiente com relações afetivas sincrônicas desde o nascimento. Para esses autores, momentos de carinho, como a troca de gestos, sorrisos e palavras de aconchego, são cruciais para educar a emoção do bebê. Como a criança recém nascida busca interações constantemente, as demonstrações de interação entre a criança e o adulto acontecem de modo diverso, porém com algumas características marcantes entre os bebês, embora não seja uma regra para todos.

Os bem novinhos ficam irritados quando seu parceiro para de reagir e fica imóvel, ainda que só por alguns segundos. Quando isso acontece, a frequência cardíaca e os níveis do hormônio do stress do bebê aumentam. A falta de reação é mais

irritante para os bebês do que a separação física da mãe ou o fato de ela começar a falar com outra pessoa. Mesmo depois que os parceiros voltam a reagir, os bebês ficam mais inquietos e menos sensíveis à interação por alguns instantes. Depois de cinco meses, eles vão aos poucos se tornando mais aptos a lidar com reações pouco confiáveis dos parceiros, e mais capazes de controlar a própria agitação (Aamodt & Wang, 2013, p. 218).

Construir o autocontrole emocional é um processo longo e com forte influência de fatores ambientais, principalmente, na primeira infância. Por assim dizer, às creches e pré-escolas recomendam-se relações de forte sincronia afetiva, com pouca instabilidade emocional por parte dos educadores. Pouca porque o cérebro do bebê ainda não possui competência para regular suas emoções, necessitando de apoio constante de um adulto no auxílio de sua habilidade emocional (Relvas, 2009).

Desse modo, fica evidente que um 'clima emocional apropriado' no ambiente escolar é algo imprescindível para o processo de aprendizagem, no entanto, não somente para os bebês. Domingues (2007) comenta que os nossos aprendizados sofrem influência de fatores afetivos, dependendo do grau de intensidade, a carga emocional de um/a professor/a ao ensinar um conteúdo ao/a aluno/a torna-o/a mais propenso a memorizá-lo. No entanto, o contrário também é verificado.

Relações imprevisíveis ocorrem, por exemplo, quando um/a professor/a chega à sala e, sem aviso prévio, informa a aplicação de uma avaliação. Nessa situação, fortes cargas emocionais atingem o sistema límbico, centro de regulação das emoções, podendo haver aumento dos batimentos cardíacos, stress, sudorese e uma série de outras reações que pode influenciar negativamente a aprendizagem e o resultado do teste. Por esse motivo, o modo como o/a professor/a decide avaliar os/as alunos/as pode, certamente, comprometer o rendimento de alguns no momento da avaliação (Maia, 2011).

A emoção está para o prazer assim como o prazer está para o aprendizado, a autoestima é a ferramenta que movimenta os estímulos para ganhar bons resultados. O cérebro processa tão velozmente essa relação que não se pode perceber a ligação de elementos, consultando uns aos outros

ao resolver uma simples questão (Maia, 2011, p. 59).

Além da emoção como situação indispensável à aprendizagem, a motivação é relevante nesse processo. A capacidade de gerar expectativas num contexto escolar permite que o/a aluno/a concentre sua atenção em razão de sua significância. Os conteúdos ministrados nas aulas devem ter finalidades e objetivos nítidos, não apenas para o planejamento do/a professor/a, mas para promover a motivação e o êxito nos processos de ensino e aprendizagem do conhecimento escolar. Compreendido a que se destina aquela informação, o/a professor/a produz situações que podem melhorar a capacidade de o/a aluno/a prestar atenção e promover estímulos motivadores em uma escala de metas e parâmetros a serem alcançados (Socorsato & Silva, 2014).

Assim, a motivação pode ser conceituada como

[...] aquelas situações que levam o cérebro a liberar substâncias químicas denominadas de neurotransmissores que irão atuar em diferentes sistemas orgânicos, aumentando a capacidade de atenção por parte do aluno e, até mesmo, de melhorar suas capacidades de memorização. O cérebro é capaz de sintetizar cerca de 60 substâncias diferentes que irão atuar em nosso organismo como neurotransmissores. (Socorsato & Silva, 2014, p. 232).

No entanto, compreender o estado emocional de um/a aluno/a e o quão motivadora é a atividade ministrada não é tarefa simples. Os/as alunos/as apresentam variações emocionais entre si, sem que um único parâmetro possa ser estabelecido como regra ou guia. Para isso, é importante observar as reações da sala no momento da aplicação do conteúdo; assim, é possível identificar, mesmo que em linhas gerais, o quanto a turma se dedica à aula.

Por esse caminho, temos, por um lado, a emoção como importante para registro das informações na memória de longo prazo, por outro lado, temos a motivação como resultado dessas reações afetivas com a liberação de uma substância denominada dopamina, responsável por ativar a região do bem-estar no cérebro, estimulando a pessoa a focar a atenção naquilo que a afetou (Izquierdo, 2011).

Por fim, Bartoszeck (2013), na tabela abaixo, aponta alguns princípios da neurociência e sua aplicação em sala de aula.

Tabela 1. Princípios da neurociência com potencial de aplicação no ambiente de sala de aula.

Princípios da neurociência	Ambiente de sala de aula
1. Aprendizagem, memória e emoções ficam interligadas quando ativadas pelo processo de aprendizagem	Aprendizagem sendo atividade social, alunos/as precisam de oportunidades para a discussão de tópicos. Ambiente tranquilo encoraja o estudante a expor seus sentimentos e ideias.
2. O cérebro se modifica, aos poucos, fisiológica e estruturalmente como resultado da experiência.	Aulas práticas/exercícios físicos com o envolvimento ativo dos participantes fazem associações entre experiências prévias com o entendimento atual.
3. O cérebro mostra períodos ótimos (períodos sensíveis) para certos tipos de aprendizagem, que não se esgotam mesmo na idade adulta.	Ajuste de expectativas e padrões de desempenho às características etárias específicas dos alunos, uso de unidades temáticas integradoras.
4. O cérebro mostra plasticidade neuronal (sinaptogênese), mas maior densidade sináptica não prevê maior capacidade generalizada de aprender.	Estudantes precisam sentir-se 'detentores' das atividades e temas que são relevantes para suas vidas. Atividades pré-selecionadas, com possibilidade de escolha das tarefas, aumentam a responsabilidade do aluno no seu aprendizado.
5. Inúmeras áreas do córtex cerebral são simultaneamente ativadas no transcurso de	Situações que reflitam o contexto da vida real, de forma que a informação nova se 'ancore' na compreensão anterior.

nova experiência de aprendizagem.	
6. O cérebro foi evolutivamente concebido para perceber e gerar padrões quando testa hipóteses.	Promover situações em que se aceitem tentativas e aproximações ao gerar hipóteses e apresentação de evidências. Uso de resolução de 'casos' e simulações.
7. O cérebro responde, devido à herança primitiva, às gravuras, imagens e símbolos.	Propiciar ocasiões para alunos expressarem conhecimento por meio das artes visuais, música e dramatizações.

Fonte: Modificado por Bartoszeck (2013, p. 4) de Rushton & Larkin (2001, 2003).

Considerações finais

Em linhas gerais, ainda há dúvidas de que há relação entre os estudos de uma e de outra área. No entanto, são caminhos em processo de construção, com uma infinidade de temáticas a serem exploradas e trajetos por construir. Com outras áreas do conhecimento, a neurociência tem contribuído de maneira significativa nos processos de ensino e aprendizagem e para as práticas pedagógicas que levam em consideração os fatores neurobiológicos.

Os conhecimentos em neuroeducação estão em processo de elaboração, com algumas consequências na reformulação de estratégias pedagógicas. Assim, consideramos que incluir os conhecimentos da neurociência contribui para a elaboração de novas estratégias para o ensino. Poderia, ainda, influenciar nos aspectos sociais, psicológicos e culturais estudados pelos/as profissionais da educação.

Referências

Aamodt, S. Wang, S. (2013). *Bem-vindo ao cérebro do seu filho: como a mente se desenvolve desde a concepção até a faculdade*. São Paulo: Cultrix.

Bartoszeck, A. B. *Neurociência na educação*. 30 jul. 2013. Recuperado em 02 janeiro, 2017, de http://neuropsicopedagogiasaladeaula.blogspot.com.br/2013_07_01_archive.html

Bear, M. F. Neurônios e Glia. In: M. F. Bear, B. W. Connors, & A. Michael. (2008). *Neurociências:*

- desvendando o sistema nervoso* (3a ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Cosenza, R., Guerra, L. B. (2011). *Neurociência e educação: como o cérebro aprende*. Porto Alegre: Artmed.
- DomingueS, M. A. (2007). *Desenvolvimento e aprendizagem: o que o cérebro tem a ver com isso?* Canoas: Ulbra.
- Gazzaniga, M., Mangun, G. R. & Ivry, R. B. (2006). *Neurociência cognitiva: a biologia da mente* (2a ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Guerra, L. B. (2011). O diálogo entre a neurociência e a educação: da euforia aos desafios e possibilidades. *Revista Interlocação*, 4(4), 01-10. Recuperado em 23 dezembro, 2016, de <http://interlocucao.loyola.g12.br/index.php/revista/article/viewArticle/91>
- Herculano-Houzel, S. (2002). *O cérebro nosso de cada dia*. Rio de Janeiro: Casa Editorial.
- Izquierdo, I. (2011). *Memória*. Porto Alegre: Artmed.
- Kandel, E. (2003). O sistema nervoso e o comportamento. In E. Kandel, J. Schwartz, & T. M. Jessel (Orgs.). *Princípios da neurociência* (pp. 13-37). Barueri, SP: Manole.
- Lent, R. (2010). *Cem bilhões de neurônios?: conceitos fundamentais de neurociência* (2a ed.). São Paulo: Atheneu.
- Maia, H. (2011). Funções cognitivas e aprendizado escolar. In H. Maia. *Neurociências e desenvolvimento cognitivo* (pp. 68-94). Rio de Janeiro: Wak Editora.
- Melo, S. R. de. (2013). Estruturas límbicas e Comportamento Emocional. In S. R. de Melo (Org.). *Neuroanatomia: pintar para aprender* (pp.171-177). São Paulo: Roca.
- Melo, S. R. de., Miranda, M. H. Neto & Natali, M. R. M. (2013). Introdução ao estudo do sistema nervoso. In S. R. de Melo (Orgs.). *Neuroanatomia: pintar para aprender* (pp. 01-23). São Paulo: Roca.
- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Economico. (2003). *Compreendendo o cérebro: rumo a uma nova ciência do aprendizado*. São Paulo: Senac.
- Oliveira, G. G. de. (2014). Neurociências e os processos educativos: um saber necessário para a formação de professores. *Educação Unisinos*, 18(1), 13-24. Recuperado em 23 dezembro, 2016, de <http://revistas.unisinos.br/index.php/educacao/article/viewFile/edu.2014.181.02/3987>
- Pinker, S. (2005). *Como a mente funciona*. São Paulo: Companhia das letras.
- Relvas, M. P. (2009). *Fundamentos biológicos da educação: despertando a inteligência e afetividade no processo de aprendizagem* (4a ed.). Rio de Janeiro: Wak.
- Relvas, M. P. (2010). *Neurociência e educação: potencialidades dos gêneros humanos na sala de aula* (2a ed.). Rio de Janeiro: Wak.
- Sant'Ana, D. M. G. (2015). Plasticidade neural: as bases biológicas da aprendizagem. In C. L. Chitolina, J. A. Pereira, & R. H. Pinto (Orgs.). *Mente, cérebro e consciência: um confronto entre a filosofia e ciência* (Vol. 1, pp.73-84). Jundiaí, SP: Paco Editorial.
- Scorsato, S., & Silva, C. G. da. (2014). Neurociência: um instrumento para desmistificar e compreender os processos de aprendizagem. *Anais do Seminário Internacional de Educação*, Pinhais, PR, 4. Recuperado em 23 dezembro, 2016, de [http://ww2.pinhais.pr.gov.br/aprefeitura/secretariaseorgaos/educacao/seminario/uploadAddress/NEUROCIENCIA-UM-INSTRUMENTO_PARA_DESMISTIFICAR_E_COMPREENDER_OS_PROCESSOS_DE_APRENDIZAGEM\[6916\].pdf](http://ww2.pinhais.pr.gov.br/aprefeitura/secretariaseorgaos/educacao/seminario/uploadAddress/NEUROCIENCIA-UM-INSTRUMENTO_PARA_DESMISTIFICAR_E_COMPREENDER_OS_PROCESSOS_DE_APRENDIZAGEM[6916].pdf).

Recebido em: 05/06/2016

Aceito em: 06/11/2016