

Neuroeducation: An Approach to Brain Plasticity in Learning

*Léa Barbosa de Sousa*¹;
Ingrid Soraya de Oliveira Sá;
*Ana Rebeca Soares Maia de Oliveira*³;
*Maria das Graças de Carvalho*⁴;
*Marlene Menezes de Souza Teixeira*⁵

Abstract: Neuroscience is a field of science that studies the central nervous system (CNS) as well as its relations with the human body. It is intricately implicated in the different fields of knowledge, directly interfering in linguistics, the arts, medicine, among others. Neuropsychology, in turn, deals with the study of the relationship between cognition, behavior and CNS activities, both under normal and pathological conditions. This study aims to discuss aspects of neuroscience in order to clarify aspects related to how the brain learns and how it behaves in the learning process, so that the quality of pedagogical intervention can be reached.

Keywords: Neuroeducation, Neuroscience, Learning.

Neuroeducação: Uma abordagem sobre a Plasticidade Cerebral na Aprendizagem

Resumo: A Neurociência é um campo da ciência que estuda o sistema nervoso central (SNC), bem como suas relações com o corpo humano. Está intrinsecamente implicada aos diferentes campos do conhecimento, interferindo diretamente na linguística, nas artes, na medicina, dentre outras. A Neuropsicologia por sua vez, trata do estudo da relação entre cognição, comportamento e as atividades do SNC, tanto em condições normais como em condições patológicas. Este estudo visa discutir aspectos da Neurociência no sentido de esclarecer aspectos relacionados a como o cérebro aprende e como o mesmo se comporta no processo de aprendizagem, de forma a poder-se chegar a qualidade da intervenção pedagógica.

Palavras-chave: Neuroeducação, Neurociência, Aprendizagem.

¹ Pedagoga, psicopedagoga, mestre em educação. Doutoranda em educação. Professora de graduação e pós, coordenadora da clínica de psicopedagogia no Centro Universitário INTA – UNINTA. lea-b@hotmail.com;

² Economista, especialista em controladoria e auditoria contábil, mestre em gestão empresarial. Doutoranda em Educação. Professora. Pró-reitora administrativa no Centro Universitário INTA – UNINTA. soayaoliveira@hotmail.com

³ Graduação em Medicina pela Universidade Federal do Ceará, Brasil. anarebecasoares@yahoo.com.br;

⁴ Mestra em Ciências da Educação pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias - ULHT- Lisboa-PT. Graduação em História pela Fac. Form. de Professores de Araripina-PE. Especialização em Met. do Ensino Superior (AEDA); Psicopedagogia em Educação (Leão Sampaio); História e sociologia (URCA); Educação contextualizada no semiárido (UESPI); Políticas Educativas e Docência do Ensino Superior (AEDA). Professora do Centro de Educação Municipal de simões-PI. grace.arthur@hotmail.com;

⁵ Graduação em Enfermagem pela Universidade Estadual do Ceará; Doutorado em Educação em Ciências: química da vida e saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Docente do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio. marlensouza@leaosampaio.edu.br.

Introdução

Os estudos neurocientíficos tem buscado descobrir de que forma a neurociência é capaz de ajudar no campo educacional. Dessa forma, incrementar as práticas educativas, permitindo o desenvolvimento de um modelo pedagógico inovador com base nos conhecimentos acerca do funcionamento cerebral. A ideia é encontrar um método eficaz de manejar as dificuldades de aprendizagem dos educandos.

São diversas as dificuldades de aprendizagem que os estudantes podem apresentar. Dentre as quais: incapacidade de percepção, dislexia, autismo, afasia, discalculia, disgrafia, dislalia, TDAH, dentro outros. Elas podem ser originadas por diversas causas, desde biológicas até sociais, que interferem na capacidade de aprendizagem do indivíduo. No campo educacional, as que são mais encontradas são a dislexia, disortografia e discalculia (SANTOS; MONTEIRO; SANTOS, 2012).

Uma pessoa detentora de alguma dificuldade de aprendizagem não significa dizer que necessariamente possuirá um quociente de inteligência (QI) baixo, pois ela apenas aprende com mais dificuldade em razão de algum problema que detenha. Ou seja, seus portadores apresentam dificuldade em desempenhar alguma habilidade ou função específica, sendo um problema crônico, que irá perdurar pelo resto de suas vidas.

Em regra, essas dificuldades são identificadas durante a fase escolar da criança por meio de avaliações específicas acerca dos conteúdos ensinados e do processo de aprendizagem. Ao ser identificado, é possível conferir o apoio e a intervenção adequada, como forma de oportunizar que os portadores das dificuldades obtenham progresso e sucesso escolar assim como os outros estudantes.

As disfunções neurobiológicas, tal como dislexia, discalculia e TDAH, podem ser de origem hereditária, o que torna importante um diagnóstico precoce para o seu devido trato, razão pela qual o professor possui um papel importante, pois se trata de profissional capaz de identificar uma dificuldade de aprendizagem, bem como de orientar devidamente o estudante, para que ele possa se desenvolver tal como os demais.

Assim, a neuroeducação é de grande valia para a educação, pois seus conhecimentos podem ajudar no melhoramento das práticas pedagógicas hodiernamente utilizadas para o ensino, possibilitando a elaboração de um currículo condizente as

limitações dos alunos, mormente em relação aos que apresentam dificuldade de aprendizagem, permitindo a superação e melhora do progresso acadêmicos dos mesmos.

Uma vez que a neurociência revelou que tanto fatores intrínsecos quanto extrínsecos ao sujeito podem influenciar na organização e funcionalidade cerebral; a neuroplasticidade tem demonstrado ser ferramenta de útil aplicabilidade na educação. Isso porque ela trabalha com as estruturas do cérebro, que por possuírem essa característica de adaptação, podem ser treinadas para fins de proporcionar um melhor funcionamento e desenvolvimento da cognição do indivíduo.

Assim, os conceitos da plasticidade cerebral podem ser utilizados de forma vantajosa na educação, uma vez que ela pode ser utilizada nos mais diferentes níveis do sistema nervoso, tal como os neurônios, sinapses nervosas e circuitos neuronais. Ademais, como a neuroplasticidade está presente nos mais diferentes momentos da vida humana, ela pode ser aplicada tanto aos estudantes da educação infantil, quanto do ensino superior, o que revela a validade do seu uso e potencial de eficácia.

Nesse diapasão, a neuroplasticidade pode ser utilizada para o melhoramento do desenvolvimento da cognição de um indivíduo, principalmente porque acredita-se que o fortalecimento das sinapses nervosas permite a melhora da capacidade cerebral. Sendo assim, dentre os diversos objetivos educacionais ligados a plasticidade cerebral, o princípio de todo e qualquer indivíduo é passível de melhora do seu potencial, é um dos principais e mais importante para a neuroeducação.

Não existe apenas uma definição de plasticidade cerebral, tampouco uma teoria unificadora. No entanto, analisando as diversas definições na literatura, é possível defini-la como sendo uma tendência do sistema nervoso de se ajustar às possíveis perturbações em sua estrutura, estabelecendo ou restaurando as funções desestabilizadas por alguma interferência externa ao sujeito (DURAN, 2008).

Assim, a plasticidade se trata de processo relacionado tanto com o desenvolvimento ontogenético do sistema neural, quanto com a capacidade de compensação do organismo frente a ocorrência de lesões ou outras influências externas, razão pela qual a plasticidade cerebral pode ser analisada por diversos ângulos, a depender da abordagem de estudo (morfológica, fisiológica, psicofísica, dentre outras) e da forma de expressão do sistema nervoso (motricidade, percepção, linguagem, por exemplo), que vai ser analisada.

Sendo assim, o presente estudo tem por objetivo apresentar os conceitos gerais neuroplasticidade, bem como a correlação desta com a educação formal demonstrando que este elo é vantajoso para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes, mormente para aqueles que possuam algum problema de aprendizagem. Ao final, será apresentado os principais motivos pelos quais o uso da plasticidade cerebral pode ser uma ferramenta útil e eficaz para as práticas pedagógicas no trato e manejo das dificuldades de aprendizagem dos alunos.

Neuroplasticidade: breves considerações acerca da alta capacidade adaptativa do cérebro às interferências no funcionamento cerebral

Roberto Lent (2010, p. 650) ensina que aprendizagem consiste em processo de aquisição de informações que serão armazenadas na memória, para serem solicitadas sempre que necessário. O autor também comenta que a aprendizagem pode ser mais ou menos fácil para alguns educandos, a depender de alguma dificuldade de aprendizagem que apresente.

Com base nisso, cientistas e profissionais do ensino têm aplicado conceitos neurocientíficos no campo educacional, o que ensejou a criação da neuroeducação. Esta última, por seu turno, tem se empenhado em analisar as estruturas cerebrais, verificando a forma como os neurônios se comportam durante o aprendizado para fins de otimizar as práticas educacionais. Assim, seu objetivo final é estimular o cérebro da forma correta, para que o sujeito possa alcançar o melhor desenvolvimento cognitivo possível.

A neuroeducação, então, toma como base a premissa de que se a ciência for capaz de entender como o cérebro funciona, será possível organizar um planejamento de aula específico e eficaz para o devido estímulo das habilidades humanas, dentre as quais está a própria aprendizagem. Para tanto, a utilização das descobertas da neurociência pode moldar a educação tornando-a sensível as diferenças, inclusiva e válida.

Nesse cenário, a plasticidade do cérebro tem sido alvo de interesse do campo educacional, pois trata da capacidade de adaptação cerebral, de criar ou reorganizar os circuitos neurais, para fins de compensar ou superar alguma dificuldade neural, seja ela de origem orgânica ou externa ao indivíduo. Assim, os conceitos de plasticidade cerebral ajudam os educadores a identificarem possível deficiência de aprendizado e, a partir disso, saber qual a melhor forma e o tempo certo de estimular o intelecto do educando para que ele possa se equiparar ao nível de cognição dos demais.

Roberto Lent (2010, p. 676), define a plasticidade neuronal como característica do sistema nervoso que possibilita que sua estrutura morfofisiológica se modifique em razão de alguma influência do meio externo¹. O autor explica que as células que compõem o sistema nervoso podem sofrer modificações, pois são dotadas de uma propriedade denominada pela ciência de “plasticidade”. Em razão disso, os neurônios podem se modificar, sofrendo variações em suas funções ou formas, em resposta as influências externas ao sujeito².

A plasticidade incide principalmente durante o início do desenvolvimento do indivíduo, e vai declinando gradativamente conforme vai atingindo a vida adulta e velhice, mas não chega a se extinguir³ (LENT, 2010, P.676). Este atributo proporciona a maleabilidade dos circuitos nervosos ligados ao armazenamento de memórias e da aprendizagem, assim como ajuda na adaptação do sistema nervoso a ocorrência de lesões ou eventos traumáticos durante a vida⁴ (D’OTTAVIANO, 2012).

Isso não é desencadeado apenas por processos patológicos, incidindo também sobre o funcionamento normal do sujeito. Nesse sentido, pode se manifestar de várias maneiras, dentre as quais citamos: (i) a regenerativa, relacionada ao crescimento dos axônios anteriormente lesados; a (ii) axônica, também chamada de plasticidade ontogenética, que acontece, em regra, na fase mais importante do desenvolvimento do sistema nervoso que ocorre do nascimento até os dois anos de idade; (iii) sináptica, que consiste na capacidade de sinapse entre as células do sistema nervoso; (iv) dendrítica, que está relacionada às alterações no número, comprimento, disposição e densidade das espinhas dendríticas, sendo momento que também ocorre mormente nas fases iniciais do desenvolvimento; e (v) somática, que apenas existe no sistema nervoso embrionário e se trata da regulação da proliferação ou morte das células do sistema nervoso .

Esse processo é essencial para o funcionamento do organismo como um todo, pois as conexões cerebrais não são determinadas exclusivamente pela constituição genética do sujeito, também sendo desencadeadas e influenciadas pelo meio ambiente que o envolve.

¹ No mesmo sentido Dale Purves et al (2004), ao afirmarem que a neuroplasticidade consiste na capacidade mutacional do sistema nervoso, de se adaptar ou se moldar ao longo do seu desenvolvimento quando sujeito à novas experiências.

² É interessante lembrar que, há pouco tempo “*admitia-se que o tecido cerebral não tinha capacidade regenerativa e que o cérebro possuía um programa genético fixo. Porém, não era possível explicar o fato de os pacientes, através de técnicas de terapia, recuperarem a função após severas lesões cerebrais*” (RELVAS, 2012, p.45).

³ Segundo Margaret Kennard (1942) os cérebros dos embriões ou neonatos detém de maior capacidade de plasticidade do que os indivíduos já maduros. Outro aspecto importante, diz respeito a neuroplasticidade proveniente decorrente da interferência ambiental, que é capaz de alterar as propriedades fisiológicas neurais dos sistemas sensoriais (BLAKEMORE; COOPER, 1970 apud RODRIGUES, 2009).

Urge ressaltar que capacidade de reorganização cortical é inversamente proporcional ao tamanho da zona atingida ou quanto maior for a lesão do nervo (PRESTES, 1998, p. 33).

Para exemplificar, cabe citar duas formas de plasticidade dos neurônios, sendo elas: (i) uma relacionada com os fatores epigenéticos do organismo, responsáveis pelo amadurecimento estímulo-dependente do sistema nervoso; e outra relativa ao (ii) processo de aprendizagem, que se relaciona a desenvolvimento cognitivo do motor consciente (automatismo) e do aprendizado ligado ao inconsciente (memória). Esses dois processos utilizam mecanismos fisiológicos análogos, e são tanto basilares para a organização normal do sistema neural, como para a reabilitação desse após alguma lesão (PRESTES, 1998, p. 31).

A literatura entende que a neuroplasticidade possui três estágios principais, quais sejam: (i) desenvolvimento, (ii) aprendizagem; e (iii) o momento após processos lesionais. Claudia Eunice Neves de Oliveira; Maria Elisabete Salina; Nelson Francisco Annunziato (2001), explicam as etapas da seguinte forma:

O desenvolvimento ocorre na embriogênese, momento em que ocorrem as diferenciações celulares, e as células passam a ser neurônios. Após esse momento, as células nervosas migram para os locais para que estão destinadas e realizam conexões entre si (ANNUNCIATO; SILVA, 1995.). Nesse contexto, nota-se que a maturação do sistema nervoso do ser humano tem marco inicial na fase embrionário, mas que se estende até a vida extra-uterina, também podendo sofrer modificações durante a vida adulta, pois pode ser influenciado não só pelos fatores genéticos, como também pelo ambiente externo, sendo este último muito relevante no desenvolvimento do sujeito.

Na fase da aprendizagem, que ocorre durante toda a vida do sujeito, os neurônios permitem que a pessoa aprenda algo novo, o que permite não só p desenvolvimento intelectual, como também comportamental, em razão da influência do que foi aprendido. Esse estágio envolve a aquisição de conhecimentos, o estímulo a memorização e a integração do que foi aprendido com o que já fazia parte do conhecimento do indivíduo (MANSUR; RADONOVIC, 1998, p. 3-10).

No processo de aprendizagem, a neuroplastia é muito perceptível, pois enseja a modificação das estruturas e do funcionamento dos neurônios e de suas conexões, o que pode ocasionar: (i) o crescimento de terminações nervosas; (ii) aumento do quantitativo de botões sinápticos; (iii) o crescimento de mais espículas dendríticas; (iv) o aumento extensão das áreas sinápticas funcionais (KLEIM; BALLARD; GRRENOUGH, 1997); (v) diminuição da fenda sináptica, (vi) modificações na conformação das proteínas receptoras, e (vii) incremento dos neurotransmissores (ARNSTEIN ,1997).

Por fim, o momento posterior à lesão neural é o último dos principais estágios da plasticidade neural. Uma lesão ao sistema nervoso pode ocasionar vários eventos que aconteceram, de forma simultânea, no local lesionado e distante dele. Inicialmente, as células lesadas irão liberar aminoácidos e neurotransmissores, que em alta concentração tornarão os neurônios mais excitados.

Estes, por sua vez, muito excitados podem dar início a liberação de neurotransmissor glutamato, ocasionando desequilíbrio do íon cálcio e induzindo seu influxo para dentro das células nervosas, o que ensejará a ativação de enzimas tóxicas e consequente morte dos neurônios. Outrossim, também há o rompimento de vasos sanguíneos ou, ainda, o desencadeamento de isquemia cerebral, o que causa a diminuição do quantitativo de oxigênio e glicose, que são substâncias essenciais para a manutenção da vida celular.

A depender do grau de lesão cerebral, o estímulo nocivo pode dar ensejo à necrose das células nervosas, ocasionando a ruptura da membrana celular e a liberação de seu material intracitoplasmático, que podem lesar o tecido vizinho. Ademais, é possível que haja o desencadeamento de apoptose, que é um tipo de “autodestruição celular”, no qual não haverá a liberação de substâncias pró-inflamatórias, evitando, assim, a agressão de outras células (LINDEN, 1996). A apoptose acontece na presença de alguns tipos de estímulos nocivos, como é o caso da toxicidade causada pelo glutamato, por estresse oxidativo, bem como pela alteração na homeostase do cálcio (SAVITZ; ROSEMBAUM, 1998).

A lesão pode promover, então, três situações diferentes: (i) o corpo celular do neurônio atingido morre, sendo isso algo irreversível; (ii) o corpo celular pode permanecer íntegro e apenas um (ou alguns) dos seus axônios estarem lesados; (iii) o neurônio lesado fica com o potencial de excitação diminuído (DA-SILVA, 1995). Ocorrendo uma lesão os mecanismos de reparação e reorganização começam a atuar de forma imediata, que podem ocorrer de várias maneiras, dentre as quais citamos (i) a recuperação da eficácia sináptica; (ii) a potencialização sináptica; (iii) o aumento da sensibilização das células deafferentadas; (iv) a persistência de inervação; (v) recrutamento de sinapses que estavam inativas; (vi) brotamento regenerativo; (vii) brotamento de colaterais; e (viii) Adaptação⁵.

⁵ Segundo Valéria Menezes Martins Prestes (1998, p. 35-36), esses mecanismos podem ser definidos da seguinte forma: (i) recuperação da eficácia sináptica: após acidentes vasculares, traumatismos cranianos ou cirurgias do sistema nervoso, muitas sinapses se tornam inativas por estarem próximas às áreas de lesão, sendo comprimidas pelo edema

Esses mecanismos são a base da reorganização e reabilitação do sistema neural, sendo característica comum a todos eles o objetivo de restabelecer as funções cerebrais dentro de seus campos específicos. Para tanto, é preciso fornecer os estímulos adequados ao sistema nervoso para que esse possa operar de forma adequada no sentido de aprender ou reaprender a decodificação de informações, para que possa tanto processá-las quanto armazená-las e integrá-las devidamente às outras áreas.

Toda terapia de recuperação cerebral precisa valorizar quais informações serão fornecidas ao sujeito, para que elas sejam adequadas e favoráveis ao estímulo positivo e consequente reorganização neural. Ademais, deve-se ressaltar que apesar de não haver uma limitação etária para a aplicação de intervenções terapêuticas nesse sentido, tudo indica que quanto mais velha a pessoa, menos eficientes são os seus mecanismos de reorganização cerebral. Na verdade, não é possível definir uma idade certa para o encerramento definitivo da eficácia da plástica neural, pois esta perdura até a velhice, contudo, com o passar dos anos ela fica cada vez menos eficiente.

Com base nisso, é preciso que as medidas terapêuticas sejam iniciadas o mais cedo possível, com o objetivo de aumentar o percentual de melhora das falhas neurais que o sujeito possa apresentar. Ademais, é preciso que se atente para o paciente como um todo, para que sejam fornecidos os estímulos epigenéticos e as informações adequadas ao seu problema e o seu respectivo nível de desenvolvimento cognitivo.

que circunda o tecido lesado. Após uma ou duas semanas, há uma involução do edema levando a uma considerável recuperação das funções motoras e cognitivas; (ii) potencialização sináptica: acontece quando um ou mais ramos de um mesmo axônio são lesados e os outros ramos se mantêm íntegros. Neste caso, as substâncias neuroativas sintetizadas no corpo celular da célula nervosa são transportados para os terminais não lesados, levando a um aumento na concentração dessas substâncias nesses terminais; (iii) aumento da sensibilidade de células deafferentadas: o desaparecimento de alguns prolongamentos axonais é seguido pelo aumento dos receptores da membrana pós-sináptica deafferentada. Esses novos receptores têm a capacidade de responder a substâncias neuroativas que são sintetizadas por botões sinápticos vizinhos; (iv) persistência de inervação: as interferências anormais podem manter vivos e funcionais neurônios que normalmente teriam morrido durante o desenvolvimento embrionário do sistema nervoso; (v) recrutamento de sinapses inativas: O sistema nervoso apresenta mecanismos que fortalecem conexões que foram pouco utilizadas ou se manifestavam fracamente; (vi) brotamento regenerativo: Acontece quando um axônio é lesado ao longo de seu trajeto ou quando seu alvo de inervação é destruído. Nesse caso, originam-se da porção proximal do axônio, que mantém comunicação direta com o corpo celular, brotamentos curtos que formam novas sinapses nesta área; (vii) brotamento de colaterais: Acontece quando a lesão ocorre em um neurônio aferente. Nesse caso, a célula alvo, que deixou de receber informações das outras células, desenvolve a capacidade de atrair brotamentos de células nervosas vizinhas; (viii) adaptação: Acontece compensações que acabam por diminuir alguns déficits neurológico.

O estímulo da neuroplasticidade com a educação formal como forma de melhorar deficiências cognitivas

A vantagem do uso neuroplasticidade para a educação é de fácil percepção, pois se trata de oportunidade de desenvolvimento das capacidades dos educandos, estejam elas fragilizadas ou não. Nesse cenário, o professor possui papel fundamental, uma vez que consiste no principal responsável pela identificação das limitações e necessidades dos estudantes, bem como pelo acompanhamento do processo de ensino e aprendizagem dos mesmos, sendo capaz de elaborar plano de estudo adequado para o desenvolvimento adequado dos seus alunos para a vida.

Nesse sentido, os educadores podem gerar os estímulos adequados nos nossos estudantes, fazendo com que eles realizem o exercício mental adequado para o estímulo positivo de eficaz de plasticidade de seu cérebro, com escopo de ajudá-lo a superar, ou ao menos manejar, suas dificuldades de aprendizagem.

Assim, conhecer os pormenores dos processos neurocognitivos, que são desencadeados durante a aprendizagem, é algo indispensável para que o professor possa elaborar um método pedagógico eficaz. O aprendizado se trata de processo que envolve diversas funções cognitivas complexas, que podem ser estimuladas pela educação formal, razão pela qual é considerada o meio mais eficiente para estimular o desenvolvimento neurocognitivo nos estudantes.

Segundo Denise Oliveira Ribeiro e Patrícia Martins Freitas (2019), o cérebro ao receber as estimulações complexas e sistemáticas que o ambiente escolar proporciona, aprimora suas funções cognitivas utilizando uma forma de mecanismo de retroalimentação. Os estudantes que recebem a estimulação cognitiva adequada para seu nível de desenvolvimento, ampliam seus conhecimentos e capacidade de resolução de problemas de forma mais eficiente, já que o ensino está adaptado para sua idade, capacidade cognitiva ou possível limitação de aprendizado.

As autoras acreditam, então, que como a reabilitação cognitiva busca estimular o cérebro a desenvolver funções intelectuais que estejam apresentando alguma deficiência, é preciso identificar previamente o transtorno de aprendizagem do indivíduo para que ele seja estimulado e ensinado de forma intencionalmente direcionada para seu respectivo problema. Com isso, a partir de uma estimulação intelectual, nesse caso realizada com o uso da educação formal, é possível trabalhar na reabilitação cognitiva do estudante.

Assim, a escolarização se revela como arma poderosa para potencializar o desenvolvimento neurocognitivo de sujeitos portadores de alguma deficiência intelectual (RIBEIRO; FREITAS, 2019).

Para entender melhor os efeitos que esse tipo de estimulação pode proporcionar, é importante entender o mecanismo neuronal da aprendizagem, sendo inicialmente necessário compreender a relevância da neuroplasticidade nesse processo, principalmente para que o educador saiba elaborar seu planejamento de atividades de forma correta e favorável ao desenvolvimento cognitivo de seus alunos.

Conforme comentado, a neuroplasticidade consiste em capacidade do sistema neural de adaptar, alterando sua estrutura ou função, as influências externas que possam afetar o indivíduo exposto demonstrando, em decorrência da alta capacidade de maleabilidade da estrutura neural. As modificações são mais notáveis nas alterações estruturais decorrentes de condições clínicas, tanto decorrentes de causas orgânicas quanto adquiridas, relacionadas à algum transtorno neurológico (ALTERMARK, 2014; AYDIN et al, 2007; MARTINEZ-MORGA; MARTINEZ, 2016).

O processo de aprendizagem, por sua vez, corresponde à um conjunto de mecanismos neurofisiológicos, responsáveis pela manutenção e renovação da rede neural, dentre os quais estão a (i) formação de conexões sinápticas, (ii) o aumento/diminuição de neurotransmissores em regiões sinápticas funcionais, (iii) o crescimento de espinhas dendríticas, bem como (iv) mudanças de macroproteínas nas membranas celulares pós-sinápticas; sendo todos esses mecanismos mutacionais desencadeados por algum estímulo do ambiente externo ou devido ao próprio amadurecimento neural (GULYAEVA, 2017, JOHNSTON, 2009).

A literatura tem considerado que uso dos estudos e conceitos sobre a neuroplasticidade é de grande valia para uma melhor recuperação de uma lesão cerebral ou cirurgia de hemisferectomia, por exemplo (DE BODE et al, 2005, SADATO et al, 2004). Nesses tipos de lesões neurais, apesar da estrutura cerebral ser acometida por perdas significativas de tecido, ela mantém as habilidades motoras e de linguagem do sujeito.

Também podem ser citados os estudos de neuroimagem funcional que permitem verificar o volume e espessura da massa branca e cinzenta em algumas áreas cerebrais (BERMUDEZ et al, 2008). Esse tipo de exame, realizado com morfometria por voxel-a-

voxel⁶, é capaz de apontar as diferenças estruturais após a exposição de uma aula com o intuito de estimular a aprendizagem. A referida análise demonstrou o aumento da substância cinzenta em diversas áreas (motoras, auditivas e visuais-espaciais). Com base nisso, é possível afirmar com propriedade que o ambiente externo, nesse caso especificamente em relação ao uso de mecanismos de aprendizagem, é capaz de interferir na neuroplasticidade cerebral (RIBEIRO; FREITAS, 2019).

Outrossim, a plasticidade neural vem sendo estudada com fulcro de se verificar se o estilo de vida do indivíduo é capaz de evitar (ou reduzir) as perdas que ocorrem com o avanço da idade. Esse estudo, sem dúvidas, é de grande importância, não só para a educação, mas para a sociedade em geral, e especialmente para os portadores de alguma deficiência intelectual, pois demonstram que a manutenção da neuroplasticidade é possível com a estimulação da mente associada à prática de exercícios físicos e uma alimentação equilibrada. Assim, a combinação desses três elementos principais potencializa a manutenção das células do sistema nervoso e da proliferação das sinapses nervosas em algumas áreas do hipocampo, o que melhora o desempenho intelectual, mormente no que diz respeito a memória do indivíduo (POWER; SCHLAGGAR, 2017).

Esse conjunto de evidências confirmam o proposto pela Lei de Hebb⁷, que afirma que quanto mais ativa for a rede sináptica mais forte ela será, de forma que, a partir disso, será mais facilmente ativada, o que é vantajoso para a plasticidade do cérebro, que depende disso para atuar de modo mais eficiente (GANGULY; POO, 2013), mormente porque é isso o que ocorre na neurocognição humana quando o sujeito está estimulando seu cérebro a aprender algo.

Nesse diapasão, nota-se que as estruturas cerebrais são capazes de moldar as variações ambientais as quais são submetidas, tal como a do ensino e aprendizagem, que são influência externas que provocam a reorganização das redes neurais (RIBEIRO; FREITAS, 2019). Nesse sentido, havendo alguma alteração no desenvolvimento cerebral provocada pelo ensino formal, isso pode dar causa a reorganização de sua estrutura de

⁶ Conforme Fábio Luís de Souza Duran (2008), “*Voxel é um análogo tridimensional do pixel, em que cada unidade de voxel é uma unidade de volume que tem a si um valor numérico associado que representa algumas propriedades de medidas ou variáveis independentes de um objeto ou fenômeno real. Para a avaliação dos volumes das estruturas cerebrais, os métodos de processamento mais usados são a volumetria manual e o processamento automático voxel-a-voxel*”.

⁷ A chamada Lei de Hebb, proposta pelo neuropsicólogo Donald Hebb, afirma que as conexões sinápticas são fortalecidas quando dois ou mais neurônios são ativados contiguamente no tempo e no espaço. Ao associar o disparo da célula pré-sináptica com a atividade do pós-sináptico, ocorrem mudanças estruturais que favorecem o surgimento de montagens ou redes neurais (Disponível em: <<https://pt.sainte-anastasia.org/articles/neurociencias/ley-de-hebb-la-base-neuropsicologica-del-aprendizaje.html>>. Acesso em 30/08/2019).

forma positiva, o que pode garantir a preservação e o desenvolvimento mais eficiente das funções cognitivas (JOHNSTON, 2009).

Então, o investimento em reabilitação cognitiva com o uso do ensino e aprendizagem, está baseado no potencial que o estudo tem de trabalhar a plasticidade do cérebro. Nesse cenário, a identificação da deficiência cognitiva o mais breve possível é muito importante, pois quanto mais jovem o sujeito é, mais suas estruturas cerebrais estarão suscetíveis à essas modificações (RIBEIRO; FREITAS, 2019).

A educação formal tem se revelado meio útil e eficaz de reabilitação cognitiva, por ser ferramenta eficiente de estimulação cerebral com grande potencial de interferir positivamente nas deficiências de aprendizagem. Para tanto, a literatura tem apontado como importante a aplicação de um programa educacional de estimulação cognitiva com, no mínimo, quinze horas semanais.

Nesse contexto, é mandatório que os profissionais responsáveis pela elaboração e aplicação do programa educacional, possuam conhecimento sobre os conceitos e as capacidades da plástica cerebral, pois isso é indispensável para que eles sejam capazes de trabalhar o desenvolvimento das funções cognitivas dos educandos que demandam de mais investimento pedagógico, como é o caso dos portadores de deficiências de aprendizagem (RIBEIRO; FREITAS, 2019).

Inclusive, o professor estar ciente dos mecanismos que podem ser desencadeados pela plasticidade do cérebro, melhora sua percepção do potencial de aprendizado do estudante, mesmo que este possua alguma deficiência intelectual, o que o ajudará a escolher os estímulos adequados a serem aplicados. Com base nisso, é importante que o profissional ligado à educação especial esteja devidamente habilitado para atuar adequadamente no processo de reorganização e desenvolvimento neurocognitivo do sujeito (MARTINEZ-MORGA; MARTINEZ, 2017).

Sendo assim, resta demonstrada a importância da aplicação dos princípios da neuroplasticidade no processo educacional de portadores de deficiências intelectuais, com vistas a tratar esses indivíduos. Nesse contexto, a neuroplasticidade se apresenta como pilar de sustentação para que as intervenções sejam realizadas de forma adequada a melhorar a funcionalidade cerebral dos estudantes (RIBEIRO; FREITAS, 2019).

Com base no exposto, nota-se que em relação às deficiências intelectuais, a melhor estratégia a ser utilizada para no sentido de reabilitação do sujeito, é a utilização

de métodos educacionais elaborados com base em modelos de aprendizagem direta e individualizada, que pode ser aplicada pelos educadores, no próprio ambiente escolar.

Neuroplasticidade como instrumento educacional a ser utilizado para o tratamento das dificuldades de aprendizagem

O cérebro se trata de órgão do corpo humano detentor de aproximadamente 100 bilhões de neurônios, que são responsáveis por estabelecer milhares de sinapses nervosas, o que torna ampla a capacidade de aprendizado do homem (RELVAS, 2010, p. 35). A aprendizagem, por seu turno, consiste em processo do sistema nervoso central ocasionado pela influência do meio externo no sujeito, o que enseja modificações no mesmo com fulcro de permitir sua adaptação à referida ação do meio (LUDOVICO, 2005).

Como pode se inferir do que já foi exposto, nota-se que a neuroplasticidade consiste em ferramenta valiosa para o progresso de alguns transtornos de aprendizagem. A plasticidade é importante por representar mecanismo cerebral que permite que certas regiões cerebrais assumam funções de outras áreas se for necessário, além da interdisciplinaridade do cérebro que oportuniza que uma área aproveite o conhecimento oriundo de outra área. Nesse meio, os métodos de ensino e aprendizagem, irão fornecer novos conceitos e conhecimentos que aumentarão não só o quantitativo de memórias do sujeito, como também as redes neurais existentes (RELVAS, 2010, p.35).

Essa plasticidade envolve a capacidade de modificação e adaptação cerebral frente à alguma interferência no sujeito, seja ela orgânica ou externa. A aprendizagem, que é um tipo de influência externa, representa uma das principais formas de modificação do sistema nervoso central, pois é responsável pela formação de memórias, sendo estas a base do saber da espécie humana. Os conhecimentos novos e as novas aprendizagens são, então, formadores de memórias, que representam o registro das experiências vividas e fatos observados, que serão resgatados pelo cérebro do sujeito sempre que necessário (RELVAS, 2012, p. 231).

A importância proveniente do elo da neuroplasticidade com a educação, também envolve o fato do processo de aprendizagem demandar diversas áreas cerebrais simultaneamente, mesmo que não sejam análogas ou não possuam plasticidade semelhante (RELVAS, 2010, p.35). Outrossim, a cada experiência vivida, o sujeito cria

ou rearranja suas redes neurais, reforça sinapses e, ainda, aumenta as possibilidades de respostas as influências externas (RELVAS, 2012, p. 212).

Nesse diapasão, levando em consideração que o desenvolvimento neuropsicológico do sujeito ocorre do nascimento até o final da sua vida, pode-se dizer que desde o nascer já são desencadeados inúmeros processos relacionados com o desenvolvimento da atividade cerebral. Isso acontece porque, mesmo que um recém-nascido possua apenas cerca de 25% da massa cerebral de um indivíduo adulto, ele já possui quase a totalidade dos neurônios que irá precisar para toda a sua vida (RELVAS, 2010, p. 38-39).

Deve-se ressaltar que o sistema nervoso das crianças é mais plástico do que o do sujeito adulto, motivo pelo qual é de suma importância que se atue e estimule em tempo adequado e de forma correta a plasticidade do seu cérebro. Com isso, será possível estimular ao máximo as funções motora e sensitiva do aprendizado, facilitando o processo de aprender, assim como oportunizando que o desenvolvimento cognitivo ocorra da melhor forma possível (RELVAS, 2010, p.38).

Como pode se inferir do texto, o ensino pode ser eficaz para fins de estimular devidamente a plasticidade cerebral do educando que possua algum transtorno educacional. Para tanto, objetivando que a dificuldade de aprendizagem dos indivíduos seja contornada, é preciso que a metodologia e didática aplicadas sejam adequadas as limitações do estudante. Segundo ensina, Marta Pires Relvas (2012, p. 50):

Os métodos educacionais têm muito a aprender com a Neurociência, pois cada indivíduo processa informações do seu jeito e de acordo com suas necessidades. Assim, de posse de informações importantes como estas que as ciências têm nos dado sobre plasticidade cerebral, muito de nosso trabalho como educadores poderia ser repensado para que pudéssemos atingir melhor nossos alunos⁸.

Tanto o educador quanto o psicopedagogo⁹ são figuras importantes na tentativa de auxiliar a melhora dos alunos com alguma deficiência de aprendizagem. Ambos detêm um tipo de função tanto assistencial quanto preventiva que advém não só do ato de ensinar em si, como também da importância de sua participação na elaboração de planos

⁸ Sobre a temática Josiane Ludovico acrescenta que *“as dificuldades de aprendizagem não têm apenas origem na criança, mas podem ocorrer também por problemas na escola, com a família, doenças graves, situação econômica precária”, devendo assim ser necessário levar em conta nas dificuldades que podem surgir no processo de aprendizagem não apenas as questões neurológicas, mas também as sociais e psicossociais”*.

⁹ Segundo Olívia Porto (2011, p. 77), a Psicopedagogia *“é uma área de estudo nova, voltada para o atendimento de sujeitos que apresentam alguma dificuldade de aprendizagem.”* E, ainda, que *“A psicopedagogia integra saúde e educação e lida com o conhecimento, sua aplicação, sua aquisição, suas distorções, suas diferenças e seu desenvolvimento por meio de múltiplos processos”* (PORTO, 2011, pp.78).

e projetos educacionais, para fins de se desenvolver um projeto pedagógico adequado que atenda às necessidades individuais de cada estudante (BEYER; OLBRZYMEK, 2003).

Indubitavelmente, a aplicação dos conceitos de neuroplasticidade no campo educacional parece ser algo vantajoso, pois leva em consideração a capacidade do sistema nervoso de se ajustar as influências externas sobre ele, tal como é o ensino formal, para fins de restabelecer ou restaurar as funções prejudicadas por algum motivo (RELVAS, 2012, p. 118). Então, sabendo desse atributo cerebral, os educadores podem elaborar um plano de aula que potencialize o desenvolvimento intelectual de seus alunos.

Ademais, pesquisas recentes apontaram que o crescimento de novos neurônios também ocorre no hipocampo, sendo esta região do cérebro relacionada com a memória e o aprendizado. Essa informação corrobora com a ideia de que a educação pode ser utilizada de forma vantajosa para o trato de deficiências de aprendizagem, pois o correto estímulo da plasticidade cerebral oportuniza um maior crescimento de dendritos, o que aumenta o número de sinapses nervosas e, conseqüentemente, melhora a cognição do sujeito (SAMPAIO, 2005).

Para um desenvolvimento completo e do potencial cerebral, é necessário fornecê-los os estímulos adequados (SAMPAIO, 2005). É um processo gradual e diretamente relacionado ao desenvolvimento do sistema nervoso (RELVAS, 2009, p.50), que ocorre desde os primeiros dias de vida da pessoa, de modo que a devida estimulação do cérebro desde as idades mais jovens do sujeito, proporciona um desenvolvimento mais completo das fibras nervosas relacionadas com o aprendizado e com a aquisição de competências e habilidades (SAMPAIO, 2005).

Iana Muniz, ao escrever sobre o tema, ressalta que o ápice do desenvolvimento cerebral ocorre na primeira infância, quando a criança já possui quase 90% dos neurônios conectados. Chegando aos dezessete anos, o cérebro já possui 100% dos neurônios, atingindo o final de sua fase de crescimento. A autora afirma, ainda que, 30% da capacidade intelectual da pessoa é proveniente da herança genética, enquanto os outros 70% são decorrentes dos estímulos que se dão no decorrer de sua vida, com vistas a aprender algo novo, frutos de novos desafios (MUNIZ, 2014, p.18-21).

A literatura tem apontado o uso da repetição como um dos melhores métodos para o estímulo da plasticidade cerebral, pois se trata de forma de ensino e aprendizado que confere o estímulo correto para o desenvolvimento das estruturas do cérebro (LUDOVICO, 2005). Confirmando isso, Marta Pires Relvas (2010, p. 97) comenta que

diversas pesquisas realizadas nos últimos dez anos têm se mostrado favoráveis ao uso de jogos cujas estimulações e experiências conferidas proporcionem o crescimento das conexões neurais.

Além disso, as atividades multidisciplinares se mostram mais eficientes no sentido de recuperar, pelo menos de forma parcial, certas funções perdidas, pois é um tipo de estímulo mental intenso e diversificado (RELVAS, 2010, p.101), capaz de estimular várias áreas cerebrais e de melhorar a capacidade cognitiva do sujeito. Outrossim, o reforço da atenção do aluno é crucial, pois estudos já demonstraram a importância de uma atenção seletiva na execução de alguma atividade para que ocorra a ativação correta das respectivas regiões cerebrais e, então, um melhor aprendizado.

Sendo assim, a utilização dos conceitos da neuroplasticidades objetivando diminuir ou extinguir dificuldades de aprendizagem, tem demonstrado ser uma forma de intervenção útil e eficaz. Isto porque visa desenvolver o interesse do estudante de aprender, ao mesmo tempo que busca diminuir alguma de suas dificuldades, como forma de garantir, ao final, o sucesso escolar do educando.

Considerações Finais

A neurociência afirma a importância dos fatores externos, dentre os quais se encontra a educação, na organização e funcionalidade do sistema nervoso do ser humano, em especial do cérebro. Ainda, afirma a existência da correlação destes fatores com a neuroplasticidade, que se trata de atributo cerebral que permite sua adaptação aos mais diversos tipo de influência externas.

Hodiernamente, a plasticidade neural tem sido utilizada como instrumento pedagógico que permite a elaboração de modelo educacional adequado às necessidades de cada estudante, em especial daqueles que possuem alguma dificuldade de aprendizagem. Essa plasticidade diz respeito a maleabilidade das estruturas cerebrais de se adaptarem às diversas interferências, sejam elas positivas ou não, motivo pelo qual um treino mental específico é capaz de desenvolvê-lo de forma mais eficiente.

Conforme foi apresentado, está relacionada tanto com o desenvolvimento ontogenético neural do ser humano, quanto com sua capacidade de adaptação em caso de lesões ou outras influências externas, o que pode proporcionar o desenvolvimento ou reparação do sistema nervoso. A aprendizagem, por seu turno, se trata de processo no

qual os neurônios são estimulados a estabelecer novas conexões, com base nas experiências ou conhecimentos adquiridos.

Urge mencionar que, um dos princípios da neuroplasticidade defende que todo indivíduo tem algum potencial de melhoria, por menor que seja. A partir disso, a neuroeducação tem se utilizado dos ensinamentos da plasticidade cerebral na aprendizagem, objetivando melhorar as práticas de ensino atualmente utilizadas. A neuroplasticidade, então, pode ser uma aliada no tratamento das dificuldades de aprendizagem, pois seus conceitos e os pormenores sobre o funcionamento cerebral podem ajudar os educadores a elaborarem métodos educacionais com conteúdos mais estimulantes e adequados.

O estímulo correto da atividade neuronal oportuniza o incremento da eficiência das sinapses nervosas, o que conseqüentemente melhora a intensidade de conexão entre dois neurônios. Assim, o fortalecimento das sinapses melhora o desenvolvimento cognitivo, o que aumenta a capacidade de memorização e aprendizagem do sujeito, podendo diminuir possíveis dificuldades.

Dentre as formas de se estimular a plasticidade do cérebro, ressaltamos o uso da repetição, da multidisciplinariedade e do estímulo à atenção; como ferramentas que proporcionam um maior estímulo cerebral e o conseqüente crescimento das conexões e da rede neural, o que, por fim, proporciona um melhor desempenho cognitivo.

Com base no exposto, nota-se que aliar os conhecimentos neurocientíficos às necessidades educacionais, pode contribuir de forma positiva para minimizar as dificuldades de aprendizagem de um indivíduo. Portanto seria importante permitir a criação de programas educativos mais ajustado com as novas descobertas da neurociência. Por meio da educação formal, é possível utilizar ferramentas como repetição, multidisciplinariedade e reforço da atenção, estimulando adequadamente o cérebro, para que novas conexões neurais sejam formadas, o que implicaria em avanços relativamente a aprendizagem do sujeito.

Referências

Altermark, Niklas. (2014). The ideology of neuroscience and intellectual disability: reconstituting the 'disordered' brain. *Disability & Society*, v. 29, n.9, p. 1460-1472.

Aydin, Kubilay; Uçar, Aysegül; Oguz; Kader Karli; Okur, Ozlem Ozmen; Agayev, Ayaz; Unal, Zeynep Aydin; Yilmaz, Unal, Seda Taşir; Ozturk, (2007). Cengizhan. Increased gray matter density in the parietal cortex of mathematicians: a voxel-based morphometry study. *American Journal of Neuroradiology*, v. 28, n. 10 p. 1859-1864.

Annunciato, Nelson Francisc; Silva, Ciro Ferreira da. (1995). Desenvolvimento do sistema nervoso. *Temas Desenvolvim* 4(24):35-46.

Arnstein, Paul. (1997). The neuroplastic phenomenon: a physiologic link between chronic pain and learning. *Journal of Neuroscience Nursing*. v.29, n.3, p. 179-86.

Bermudez, Patrick et al. (2009). Neuroanatomical correlates of musicianship as revealed by cortical thickness and voxel-based morphometry. *CerebCortex*, v. 19, n. 7, p. 1583-1596.

Beyer, Marlei Adriana; Olbrzymek, Marilda Regiane. (2003). Psicopedagogia: Ação e Parceria. *Psicopedagogia Online*, v. 01, p. 01.

D'Ottaviano, Vinicius Sampaio. (2012). Neuroplasticidade Humana. *Psicologado*. Disponível em: <<https://psicologado.com.br/neuropsicologia/neuroplasticidade-humana>>. Acesso em: 26/08/2019.

Da-Silva, Ciro.(1995). Regeneração do sistema nervoso central. *Atualiz Neuroc* 1(2):1-16.

De Bode, Stella; Firestine, Ann; Mathern, Gary; Dobkin, Bruce. (2005). Residual motor control and cortical representations of function following hemispherectomy: effects of etiology. *Journal of Child Neurology*, v. 20, p. 64–75.

Duran, Fábio Luís de Souza. (2008). Análise morfométrica voxel-a-voxel de estudos de ressonância magnética do crânio em transtornos psiquiátricos e neurológicos: implementação e otimização de métodos. *Tese* (Doutorado de Psiquiatria), Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Ganguly, Karunesh; Poo, Mu-ming. (2013). Activity-dependent neural plasticity from bench to bedside. *Neuron*, v. 80, n. 3, p. 729-741.

Gulyaeva, Natalia. (2017). Molecular mechanisms of neuroplasticity: An expanding universe. *Biochemistry*, Moscou, v. 82, n. 3, p. 237-242, 20

Johnston, Michael V. (2009). Plasticity in the developing brain: implications for rehabilitation. *Developmental disabilities research reviews*, v. 15, n. 2, p. 94-101.

Kleim, J.A.; Vij, K.; Ballard, D.H. & Grenough, W.T. (1997). Learning – dependent synaptic modifications in the cerebellar cortex of the adult rat persist for at least four weeks. *J Neurosc* 17, (2): 717-21.

Lent, Roberto (2010). *Cem Bilhões de Neurônios? Conceitos Fundamentais de Neurociência*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Atheneu.

Linden, R. (1996). Morte celular programada (apoptose) e o sistema nervoso. *Atualiz Neuroc* 2(4):1-20.

Ludovico, Josiane. Transtorno de aprendizagem e neuroplasticidade (2005). *Fono, educação e psicopedagogia*. Disponível em: < <http://josifono.blogspot.com/>>. Acesso em: 29/08/2019.

Mansur, L. & Radonovic, M. (1998). Diferentes estágios da plasticidade neural: visão da prática clínica. In: Congresso Brasileiro de Neurologia, 18., São Paulo, 1998. *Anais*. São Paulo, Academia Brasileira de Neurologia. p.3-10.

Martinez-Morga, M.; Martinez, S. (2016). Brain Development and Plasticity. *Revista de Neurología*, v. 62, n. 1, p. 3-8.

_____. (2017). Neuroplasticity: Synaptogenesis During Normal Development and Its Implication in Intellectual Disability. *Revista de Neurología*, v. 64, n. 1, p. 45-50, 2017.

Muniz, Iana. (2014). *Neurociência e os exercícios mentais – Estimulando a inteligência criativa*. Rio de Janeiro: WAK Editora.

POWER, Jonathan D.; Schlaggar, Bradley L. (2017). Neural plasticity across the lifespan. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology*, v. 6, n. 1.

Prestes, V. M. M. (1998). *Afasia e plasticidade cerebral*. (Monografia de Especialização. Curso de Especialização em Linguagem, CEFAC - Centro de Estudos em Fonoaudiologia Clínica, São Paulo-SP).

Relvas, Marta Pires. (2012). *Que Cérebro é esse que chegou a escola? – As bases neurocientíficas da aprendizagem*. Rio de Janeiro: Wak Editora.

_____. (2010). *Neurociência e educação – Potencialidades dos gêneros humanos na sala de aula*. Rio de Janeiro: Wak Editora.

Ribeiro, Denise Oliveira; Freitas, Patricia Martins de. (2019). Neuroplasticidade na Educação e Reabilitação Cognitiva da Deficiência Intelectual. *Revista Educação Especial*, v. 32.

Sampaio, Simaia. Estímulos cerebrais na dose certa. (2005). *Psicopedagogia Brasil*. Disponível em: < <https://www.psicopedagogiabrasil.com.br/em-branco-cl14p>>. Acesso em: 26/08/2019.

Santos, Luciene Gil dos; Monteiro, Elisangela; Santos, Lenir Medeiros dos. (2012). *Dificuldade de aprendizagem*. Prefeitura Municipal de Lambari D'oeste. Secretaria Municipal de Educação e Cultura. Disponível em: < <http://www.lambaridoeste.mt.gov.br/secretarias/educacao-e-cultura/artigos-dos-professores/59/view/656>>. Acesso em: 29/08/2019.

Sadato, Norihiro; Okada, Tomohisa; Kubota, Kiyokazy; Yonekura, Yoshiharu. (2004). Tactile discrimination activates the visual cortex of the recently blind naive to Braille: a functional magnetic resonance imaging study in humans. *Neurosci Lett*, v. 359, p. 49–52.

Savitz, Sean I.; Rosebaum, Daniel M. Apoptosis in neurological disease. (1998). *Neurosurgery*, v.42, n.3, p. 555-74,1998.

How to cite this article (APA format):

Sousa, Léa Barbosa de; Sá, Ingrid Soraya de Oliveira; Oliveira, Ana Rebeca Soares Maia de; Carvalho, Maria das Graças de; Teixeira, Marlene Menezes de Souza (2019). Neuroeducação: Uma abordagem sobre a Plasticidade Cerebral na Aprendizagem. *Am. In. Mult. J.*, October. (7) 4, 86-104.

Received: 09/12/2019

Accepted: 10/10/2019