

## APRENDIZAGEM DAS NOÇÕES DE TRIGONOMETRIA NO TRIÂNGULO RETÂNGULO: REFLEXÕES À LUZ DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA

*José Erisvaldo Lessa vieira*  
*Universidade Federal de Sergipe*  
*erisvaldolessa@yahoo.com.br*

*Laerte S. Fonseca*  
*Universidade Federal de Sergipe*  
*laerte.fonseca@uol.com.br*

*Kleyfton Soares da Silva*  
*Universidade Federal de Sergipe*  
*kley.soares@hotmail.com*

### **Resumo:**

O objetivo deste artigo foi refletir sobre a aprendizagem das relações trigonométricas no triângulo retângulo considerando os princípios da neurociência cognitiva; especificamente, investigar a natureza dos estímulos que promovem o disparo de potenciais de ação esperados pelo Sistema Nervoso Central quando o ponto de partida requisita a ação dos sistemas sensoriais: ativação da função cognitiva “sensação”. Em nível teórico este estudo alicerçou-se nos processos básicos da fisiologia neural discutidas em Carlson (2012), Shiffman (2005), Kandel *et. al* (2013) e Brandão (2004). Na parte empírica decidiu-se priorizar as atividades abordadas em um livro didático eletrônico. As análises desvelaram que as tarefas apresentadas no livro didático podem servir como estímulos externos capazes de promover o disparo de grande quantidade de potenciais de ação ao longo dos neurônios e, conseqüentemente, uma atividade neural mais organizada e propícia visando o aprendizado. Há evidências de uma seqüência lógica com significativa tendência ao conflito cognitivo do aluno, o que possibilita a busca constante por estratégias para a resolução dos problemas propostos.

**Palavras-chave:** Aprendizagem; Trigonometria; Neurociência Cognitiva; Estratégias.

### **1. Introdução**

As discussões acerca da aprendizagem e das práticas metodológicas no ensino de matemática tem se intensificado nas últimas décadas na tentativa de atender a demanda cada vez mais diversificada nas salas de aula e amenizar os impactos negativos nos índices de aprendizagem no ensino desta disciplina. Ainda assim, os estudos de Oliveira (2006) ao defender sua dissertação de mestrado intitulada “Dificuldades no processo ensino aprendizagem de trigonometria por meio de atividades”, aponta a necessidade de ampliar as reflexões sobre o tema em questão, onde as precárias condições de trabalho, baixos salários dos professores e dificuldades no que concernem as competências e habilidades dos alunos

são empecilhos no avanço qualitativo nos índices da aprendizagem matemática, resultando em falta de motivação e pouco interesse pelos conteúdos abordados nos alunos da escola básica.

Nesta mesma perspectiva, os estudos de Fonseca (2012) sobre a aprendizagem matemática pelas vias da neurociência cognitiva, defendem como um dos caminhos para a melhoria dessa aprendizagem, uma reflexão contínua dos docentes sobre suas práticas “se assim desejarem, o prazer da Aprendizagem que resulta do pensamento bem-sucedido e um raciocínio lógico matemático efetivo” (FONSECA, 2012, p.10). Salienta ainda, a necessidade de novas estratégias para abordagem metodológicas, defendendo a Engenharia Didática como uma das alternativas para “suavizar os impactos da aprendizagem matemática”.

No que concerne à aprendizagem, compartilhamos das ideias de Bordenave e Pereira (1983, p. 25) ao defendê-la como “um processo integrado no qual toda pessoa (intelecto, afetividade, sistema muscular) se mobiliza de maneira orgânica”, associando-a a Neuroaprendizagem como aliada para compreender melhor as bases que favorecem a aprendizagem, justificando assim a relevância desta pesquisa, cujo objetivo foi refletir a aprendizagem das relações trigonométricas no triângulo retângulo considerando os princípios da neurociência cognitiva; especificamente, investigar a natureza dos estímulos que promovem o disparo de potenciais de ação esperados pelo Sistema Nervoso Central quando o ponto de partida requisita a ação dos sistemas sensoriais: ativação da função cognitiva “sensação”.

Para tanto, o método empregado nesta pesquisa alicerçou-se na análise documental selecionando um livro didático eletrônico como fonte principal, já que este reflete um recurso didático acessível cada vez mais utilizado nos ambientes escolares; nele investigou-se um conjunto de atividades atreladas às relações trigonométricas no triângulo retângulo em que as mensagens desveladas pela linguagem escrita e representações gráficas representaram os principais critérios para o estabelecimento das categorias analíticas.

Os resultados mostraram que as tarefas identificadas no capítulo analisado evidenciam características viso-espaciais esperadas pelo Sistema Nervoso Central para mobilização de efetivos potenciais de ação em prol do destino final dos estímulos externos que, teoricamente, objetivavam a aprendizagem das referidas noções matemáticas.

Com efeito, as discussões subsequentes versam sobre os processos neurobiológicos envolvidos na codificação de informações do meio, com o objetivo de identificar elementos conceituais que podem nortear a prática docente.

## **2. Fundamentação Teórica: a comunicação entre os neurônios e sua importância para o fortalecimento das redes neurais e efetivação da aprendizagem**

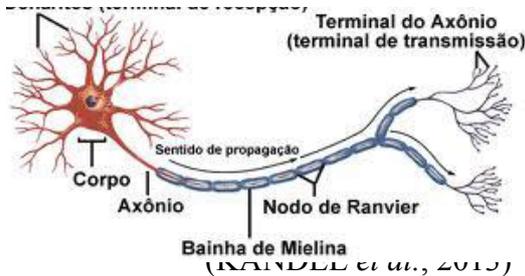
A busca pela compreensão dos mecanismos cognitivos, em se tratando do caminho que o conhecimento percorre em direção à efetivação da aprendizagem, tem levado neurocientistas e educadores a tentar identificar como o entendimento do cérebro humano pode contribuir para o aprimoramento de metodologias de ensino e aumento da capacidade de aprendizagem dos estudantes.

A compreensão dos mecanismos neuroquímicos que são ativados quando adquirimos uma informação tem oportunizado a elaboração e implementação de métodos educacionais propulsores de estímulos que favoreçam as associações cognitivas esperadas pelo Sistema Nervoso Central (SNC). Para os educadores, considerar as propriedades bioquímicas que cercam os mecanismos de aprendizagem como importantes elementos de reflexão para a tomada de decisão em sala de aula, por exemplo, significa se apropriar de conhecimentos multidisciplinares e cientificamente comprovados, demonstrando vontade de atualização.

Debruçamo-nos, portando, no estudo da “sensação”, ou seja, do “processo inicial de detecção e codificação da energia do ambiente” (SCHIFFMAN, 2005, p. 2). Nessa perspectiva, são descritos os mecanismos básicos pelos quais as informações do meio são processadas e produzem respostas a um determinado estímulo.

Tudo que fazemos – perceber, memorizar, pensar, agir, aprender – é reflexo de informações captadas pelos receptores sensoriais, que são terminações nervosas localizadas nos órgãos dos sentidos capazes de receber um determinado estímulo e transformá-lo – por meio da transdução de sinais – em impulso nervoso (CARLSON, 2012). Em outras palavras, as informações na forma de luz, ondas sonoras, odores, paladares ou contato com objetos são primeiramente organizadas pelos neurônios sensoriais.

Os neurônios são células com a habilidade de se comunicar precisamente e rapidamente com outras células distantes. Tal feito é possível, portanto, graças ao alto nível de assimetria funcional e morfológica dos neurônios, além da sua propriedade eletroquímica, o



capacidade de geração de corrente elétrica através da membrana.

Existem vários tipos e formas de neurônios que desempenham atividades específicas no sistema nervoso. A estrutura básica de um neurônio consiste em dendritos, corpo celular (SOMA) e o axônio (BRANDÃO, 2004). O núcleo presente no corpo celular contém as informações básicas para manufaturar todos os neurotransmissores (substâncias químicas liberadas pelas glândulas presentes no terminal do axônio). Os dendritos, por sua vez, são os terminais de recepção de informações de outros neurônios. As mensagens que passam de neurônio para neurônio são transmitidas ao longo da “sinapse”, uma junção entre os terminais do axônio da célula que envia a informação e a parte do corpo celular ou dendritos da célula que recebe a informação. O axônio é um longo tubo coberto pela bainha de mielina – uma camada lipídica que permite maior velocidade de tráfego dos impulsos elétricos – e sua principal função é carregar as informações do corpo celular aos terminais do axônio. A mensagem básica que ele carrega é chamada de “potencial de ação” (CARLSON, 2012). Os terminais do axônio secretam as substâncias químicas neurotransmissoras que podem gerar sinapses excitatórias (dão continuidade à transmissão de informações) ou inibitórias (BRANDÃO, 2004).



Figura 1 - Esquema de um neurônio. Fonte: Gazzaniga (2006, p. 44)

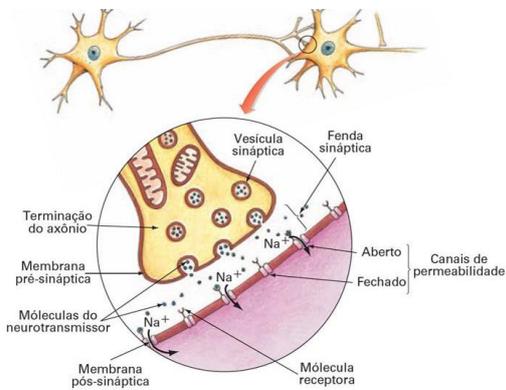
As informações captadas do ambiente caminham por longas distâncias ao longo dos neurônios sensoriais por meio da transdução de sinais luminosos, químicos, mecânicos, entre outros em impulsos nervosos, os quais se comunicam entre si graças à geração de corrente elétrica provocada pela diferença de potencial de substâncias eletricamente carregadas dentro e fora da membrana do neurônio.

Para entendermos a natureza elétrica dos neurônios precisamos recorrer a alguns conceitos eletroquímicos. A carga elétrica dos neurônios é resultado do balanceamento entre

duas forças opostas: difusão (processo espontâneo em que uma substância vai de um meio mais concentrado para o menos concentrado) e pressão eletrostática (força exercida pela atração ou repulsão de cargas elétricas). O movimento ordenado das partículas eletricamente carregadas – íons - produz o que chamamos de “corrente elétrica”. Com efeito, os fluidos intracelulares e extracelulares contêm diferentes íons - forma de um átomo que ganhou ou perdeu elétrons numa ligação química - que participam do controle do potencial da membrana, a saber, íons cloro ( $\text{Cl}^-$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ).

Os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  estão em grande concentração no fluido extracelular, enquanto que o  $\text{K}^+$  está em grande quantidade no fluido intracelular. Estes íons participam da geração de impulsos elétricos, uma vez que se movimentam de um fluido para outro através da força de difusão e pressão eletrostática. Por exemplo, o íon  $\text{K}^+$  está concentrado no interior do axônio, logo a força de difusão tende a forçar a sua saída para o fluido extracelular, porém a alta concentração do íon  $\text{Na}^+$  fora da célula não permite a saída do íon  $\text{K}^+$  devido à pressão eletrostática, pois cargas elétricas iguais se repelem (CARLSON, 2012). Similarmente, a entrada do íon  $\text{Cl}^-$  na célula é impedida devido à alta concentração de ânions orgânicos dentro da célula, pois o fluido intracelular é predominantemente negativo. O íon  $\text{Na}^+$  está concentrado no fluido extracelular embora a força de difusão o force para dentro da célula, porém isso não ocorre porque a membrana é menos permeável para o  $\text{Na}^+$  do que para o  $\text{K}^+$ . A pressão eletrostática também força a entrada do íon  $\text{Na}^+$  para o meio intracelular devido à atração deste pelos ânions orgânicos, porém existem enzimas na membrana, comumente chamadas de bomba de sódio e potássio, que bombeiam três íons de sódio para fora e dois íons de potássio para dentro da célula, mantendo, assim, o nível baixo do íon sódio no meio intracelular.

Experiências com microeletrodos têm mostrado que o interior do neurônio humano tem uma carga de cerca de  $-70$  mV em relação ao lado externo (SCHIFFMAN, 2005). Esse estado de controle do potencial da membrana é chamado de potencial de repouso e quando o neurônio é estimulado por outros neurônios ou por estímulos externos esse potencial é alterado, gerando um excesso de carga no fluido intracelular. O excesso de carga é responsável pelo envio de informações de um terminal neuronal aos dendritos receptores dos neurônios adjacentes, vale ressaltar, porém, que nem sempre a alteração de cargas no neurônio resulta na transmissão de informações. Segundo Schiffman (2005, p. 10), “cada



mínimo de estimulação que deve ser atingido, de modo que ele dispare”. A esse nível mínimo é atribuído o termo “limiar neural”.

Quando é atingido o potencial de ação é gerado. Brandão (2004) descreve o potencial de ação como o resultado do distúrbio de cargas causado pela passagem de uma corrente elétrica através da membrana. “O meio intracelular, que é negativo no estado de repouso, torna-se transitoriamente positivo em consequência do grande influxo de íons  $Na^+$  resultante da abertura seletiva de canais de  $Na^+$  na membrana celular” (BRANDÃO, 2004, p. 32). O início de um sinal depende, portanto, dos canais iônicos na membrana da célula que abre em resposta às mudanças de cargas elétricas e aos neurotransmissores liberados por outras células nervosas (KANDEL *et al*, 2013). Shiffman (2005, p. 10) destaca que “quanto mais forte o estímulo, maior a frequência dos potenciais de ação”. A comunicação entre os neurônios é possível graças à geração de vários potenciais de ação, que são, por sua vez, acumulados nos terminais do neurônio e transmitidos – quando o limiar neural é alcançado - a outros neurônios através das sinapses elétricas e químicas.

Os terminais do axônio são compostos por vesículas que liberam vários tipos de neurotransmissores quando um potencial de ação é disparado (BRANDÃO, 2004). O transporte de informações em forma de substâncias químicas (neurotransmissores) e corrente elétrica de um neurônio pré-sináptico, enviadas pelo terminal do axônio, a outro pós-sináptico, recebidas pelos dendritos, acontece na fenda sináptica, uma junção neural onde ocorre a condução de impulsos nervosos e transporte de neurotransmissores (SCHIFFMAN, 2005)



Figura 2 - Esquema da transmissão de um impulso nervoso (estímulo) através de uma sinapse química.

Fonte: Purves *et al* (2010 p. 89)

Os mecanismos básicos de comunicação entre os neurônios descritos acima revelam de forma breve o ponto de partida que nos permite “sentir”, “pensar” e “aprender”. Inspirando-se em Fonseca (2015), o presente estudo, no entanto, introduz os principais processos de veiculação das informações adquiridas pelos estímulos externos, com o objetivo de investigar os estímulos certos<sup>1</sup> presentes no livro didático, por exemplo, como forma de refletir acerca de metodologias que favoreçam a geração contínua de potenciais de ação ao longo da rede neural.

### **3. Parte Empírica: aprendizagem das relações trigonométricas no triângulo retângulo sob a ótica da neurociência cognitiva.**

Como metodologia de pesquisa, optou-se pela análise documental selecionando o livro didático eletrônico de Faraoni *et al* (2016) utilizado atualmente pelo Sistema COC de ensino. Conforme discutimos anteriormente o processamento das informações recebidas pelos canais sensoriais está associado aos princípios que determinam a quantidade e a frequência de potenciais de ação gerados por um determinado estímulo. Por exemplo, um livro didático que traz problemas contextualizados com recursos visuais e uma sequência lógica que permita uma melhor associação do conteúdo com a realidade dos alunos, pode produzir uma maior quantidade de potenciais de ação e, conseqüentemente, melhor processamento e armazenamento das informações no córtex cerebral.

Para efeito desse estudo, os critérios que auxiliaram na identificação de estímulos viso-espaciais presentes no livro didático em tela se referiram à linguagem escrita e representações gráficas das atividades propostas. Os elementos relacionados às relações trigonométricas no triângulo retângulo (seno, cosseno e tangente) foram analisados categoricamente de acordo com a qualidade e quantidade de informações que o livro dispõe, a saber: verificando-se a qualidade da contextualização do problema, a relação da figura com o cotidiano e, por fim, a relação da figura com o conteúdo abordado. A categoria avaliada como sendo “satisfatório” foi atribuída para os exemplos que consideramos ser um estímulo forte. Para Schiffman (2005, p. 10), “quanto mais forte o estímulo, maior a frequência dos potenciais de ação”. Sendo assim, estabelecemos os seguintes parâmetros:

- Contextualização  
Satisfatório (S) = apresenta contexto de aplicação, dá sentido ao problema.

<sup>1</sup> Compreendemos por estímulo certo o conjunto de informações do meio capaz de gerar potenciais de ação em quantidade e frequência necessária para que a transmissão sináptica ocorra. (SCHIFFMAN, 2005)



atório (PS) = apresenta apenas enunciado e informações básicas para a problema.

- Relação figura-cotidiano

Satisfatório (S) = representa os exemplos a partir de figuras que remetem ao cotidiano.

Pouco satisfatório (PS) = representa os exemplos a partir de figuras geométricas sem relação direta com o cotidiano.

- Relação figura-conteúdo

Satisfatório (S) = relação bem definida com o conteúdo.

Pouco satisfatório (PS) = apresenta exemplos com poucos recursos que permita a relação da figura com o conteúdo.

O livro didático eletrônico em questão, ao iniciar a abordagem do conteúdo é sugestivo ao trazer um pouco das construções inventadas pelo homem, dando enfoque às pontes como uma situação em que não se obtém a média de forma direta. É possível ainda, fazer uma associação entre a imagem e o título do capítulo, o qual o autor deu um enfoque chamando de “*Medindo o que não se alcança – A razão trigonométrica tangente*”. A associação entre a imagem e o cotidiano é feita com a figura da ponte do Gard na França, conforme ilustrado abaixo:



Figura 3 - Ponte do Gard – França. Importante aqueduto construído há cerca de 2.000 anos pelo Império Romano. Fonte: Faraoni (2016. p. 70).

Diante disto e das categorias estabelecidas foi possível classificar a abordagem do livro didático nesta situação como satisfatória (S).

Quanto à associação entre conteúdo e figura, foi feito uma transposição para a forma geométrica do triângulo retângulo. A imagem abaixo representa, sem contexto, uma típica figura sem potencial, visto que não teria significado para o aluno. No entanto o autor contextualiza com as medições feitas pelo engenheiro que a projetou, conforme ilustração abaixo:

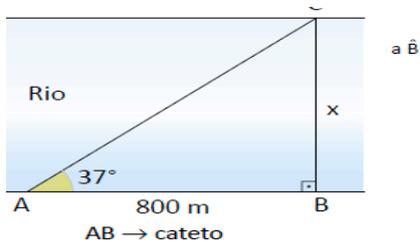


Figura 4: Uma ponte será construída sobre um rio. Deseja-se, portanto, determinar qual é a largura do rio no local da construção da ponte. Um engenheiro fez então algumas medições de um lado da margem. FONTE: Faraoni (2016. p. 70).

Para o autor da obra, as orientações no canto esquerdo do livro didático, chama a atenção do professor que “neste primeiro momento o estudo será centralizado na obtenção da razão tangente. Após o estudo das razões seno e cosseno, apresentaremos tabelas trigonométricas que possibilitarão o cálculo da medida de lados em triângulos retângulo” FARAONI (2016, p.72). Entretanto, com base nessa informação e na forma que transpôs a figura classificamos como pouco satisfatória, pois acreditamos que se o triângulo fosse esboçado na própria figura da fonte, os estímulos disparados seriam mais eficazes.

Acreditamos que o efeito visual da primeira imagem estímulo certo para despertar a curiosidade do aluno facilitando a identificação da largura do rio; caso contrário, existe a possibilidade de incompreensão da representação indicada ao se deparar com algo desconhecido.

Ao prosseguir para as demais relações seno e cosseno, ao menos no decorrer do conteúdo abordado, as imagens se resumem em triângulos e o nome de seus elementos em linguagem trigonométrica (hipotenusa, cateto oposto ao ângulo e cateto adjacente), conforme figura abaixo:

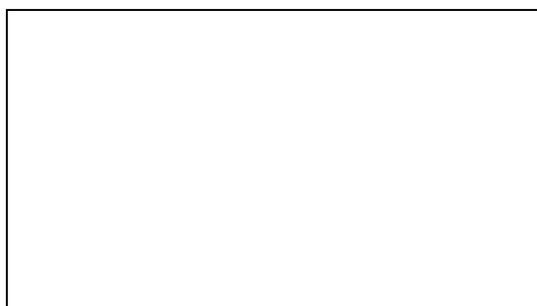
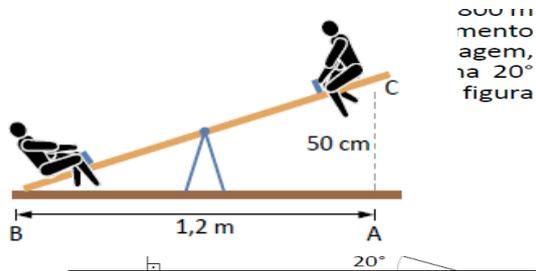


Figura 5 – Introdução às relações trigonométricas no triângulo retângulo. FONTE: Faraoni (2016. p. 71).

As relações seno e cosseno foram abordadas a partir da Figura 5, não apresentando, no entanto, alguma contextualização com o cotidiano, o que levou a ser caracterizada, de acordo



Qual deverá ser a distância  $x$  percorrida pelo avião até que toque o solo?

800 m  
mento  
agem,  
ra 20°  
figura

pios da neurociência cognitiva, como promotora de poucos

no final do conteúdo são bastante pertinentes e, de acordo com as referências utilizadas, tem um potencial de ação alto, considerando que a gangorra remete a ideia de triângulos e suas posições.



Figura 6 – imagem utilizada pelo livro para associar a ideia seno e cosseno. FONTE: Faraoni (2016. p. 61).

Nos exercícios propostos para os alunos, dentre outros, podemos identificar uma coerência entre o título do capítulo no que concerne ao termo “Medindo o que não se alcança” e a questão utilizada:

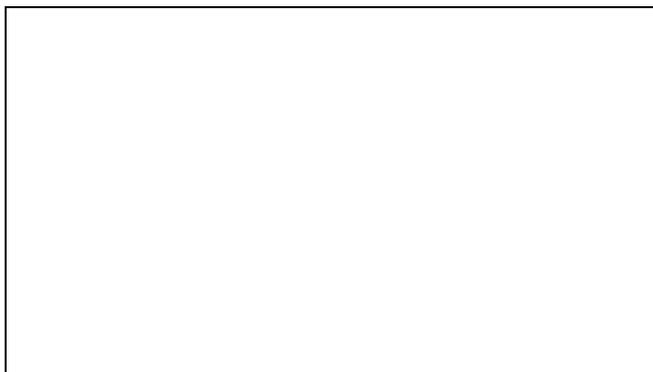


Figura 7 – imagem utilizada pelo livro para associar a ideia seno e cosseno. FONTE: Faraoni (2016. p. 61).

Os demais exercícios utilizam como estímulos o cálculo de alturas de prédios, de teleféricos sempre considerando um valor aproximado entre a horizontal e um determinado segmento.

#### 4. Algumas considerações

Não é somente o fato de o cérebro ser o principal órgão relacionado à aprendizagem que justifica a abertura de portas para pesquisas em neuroaprendizagem, mas também a necessidade de compreensão dos processos neurobiológicos que levam a aprendizagem por meio de escolhas de métodos e materiais que atendam às especificidades cognitivas do indivíduo.

A análise pontual do livro didático eletrônico de Faraoni *et al* (2016) permitiu identificar diferentes estímulos por meio da “visão”, o canal de entrada utilizado para a obtenção de informações deste recurso didático. Vale ressaltar, porém, que uma única via receptora desencadeia uma série de impulsos nervosos, responsáveis pelo acúmulo e disparo de potenciais de ação na fenda sináptica. Embora com algumas inconsistências em termos da categorização realizada, o livro dispõe de estímulos certos capazes de promover uma grande quantidade e frequência dos potenciais de ação, uma vez que traz exemplos contextualizados e conectados com a realidade cotidiana, além de apresentar uma sequência lógica em que os níveis de dificuldade vão sendo apresentados gradualmente.

Assim, ao que tudo indica, as questões que justificam os problemas relacionados à aprendizagem podem estar, também, relacionadas à falta de conhecimentos – por parte dos educadores – que subsidiem “interpretações do comportamento manifesto durante as aulas de Matemática, por exemplo” (FONSECA, 2012, p. 10). Nestas condições, fica evidente, portanto, a importância do conhecimento dos fatores que contribuem para a mudança de padrões de conectividade ente neurônios, levando em consideração que a formação da memória e aprendizagem depende da organização estrutural da rede neuronal.

Como discutido, o caminho que leva a aprendizagem é constituído por vários estágios cognitivos hierarquizados e interdependentes. Os processos neurobiológicos no nível cognitivo primário (sensação) foram discutidos e resultou em alguns subsídios para futuras pesquisas abarcando a função cognitiva “percepção”, processo inerente a cada sujeito e que depende de suas experiências sensoriais e anteriores para ser interpretado.

## 5. Referências

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. Petrópolis: Vozes, 1983.

BRANDÃO, Marcus Lira. **As bases biológicas do comportamento**: introdução à neurociência. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 2004.

CARLSON, N. R. **Physiology of Behaviour**. Boston: Ally and Bacon, 2012.

FARAONI, A. *et al*. **Matemática grupo 6**: conflitos. São Paulo: COC, 2016.

FONSECA, L. S. **Um estudo preliminar sobre a neurociência cognitiva nos cursos de licenciatura em matemática de Sergipe/Brasil**: necessidades de incorporação de uma engenharia neurodidática. In: VI COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E

CONTEMPORANEIDADE, 2012. Comunicação Científica. Disponível em <[http://educonse.com.br/2012/eixo\\_06/PDF/60.pdf](http://educonse.com.br/2012/eixo_06/PDF/60.pdf)>. Acessado em: mar. 2016.

FONSECA, L. S. da. **Um estudo sobre o Ensino de Funções Trigonométricas no Ensino Médio e no Ensino Superior no Brasil e França**. 2015, 1v. 495p. Tese de Doutorado. Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo (SP).

GAZZANIGA, M. S. *et al.* **Neurociência Cognitiva: a biologia da mente**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J.H., JESSELL, T. **Principles of Neural Science**. New York: McGraw-Hill, 2013.

OLIVEIRA, F. C. **Dificuldades no processo ensino aprendizagem de trigonometria por meio de atividades**. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal (RN).

PURVES, D. *et al.* **Neurociências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

SCHIFFMAN, Harvey Richard. **Sensação e percepção**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.