

AMIRA AMARAL DO SIM

**EMOÇÃO E AFETIVIDADE NA APRENDIZAGEM: BREVE REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Amira Amaral do Sim

**EMOÇÃO E AFETIVIDADE NA APRENDIZAGEM: BREVE REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Licenciatura em Física da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Licenciatura em Física.

Orientadora: Valéria Silva Dias

S588e	<p>Sim, Amira Amaral do Emoção e afetividade na aprendizagem: breve revisão bibliográfica / Amira Amaral do Sim – Guaratinguetá : [s.n], 2014.</p>
	<p>40 f.: il.</p>
	<p>Bibliografia: f. 38-40</p>
	<p>Trabalho de Graduação em Licenciatura em Física – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014</p>
	<p>Orientadora: Profa. Dra. Valéria Silva Dias</p>
	<p>1. Aprendizagem 2. Emoção e afetividade 3. Neurociência I. Título</p>
	<p>CDU 159.953.5</p>

Amira Amaral do Sim

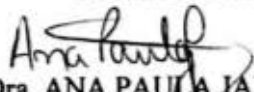
**ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA"**

**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA**


Prof. Dr. ISABEL CRISTINA DE C. MONTEIRO
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dra. VALÉRIA SILVA DIAS
Orientadora externa/ IF - USP


Prof. Dra. ANA PAULA JAHN
Membro Externo/ IME - USP


Prof. Dra. ISABEL CRISTINA de CASTRO MONTEIRO
UNESP-FEG

Fevereiro de 2014

A minha família,
meu pai Paulo,
minha mãe Rita e
minha irmã Aimée.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, por me apoiar, oferecer todo o suporte possível e frequentemente me inspirar para que eu vencesse mais essa etapa da minha vida. Agradeço também aos amigos que fizeram parte dessa jornada, tornando os dias mais divertidos e os estudos menos cansativos, ao grupo PIBID e a todos envolvidos nesse projeto, com vocês pude aprender e crescer. Aos professores que contribuíram para minha formação seja ministrando os conteúdos ou por conversas e trocas de experiência, e a minha orientadora por toda a paciência, dedicação e momentos de risada.

SIM, A. A. **Emoção e afetividade na aprendizagem: breve revisão bibliográfica.** 2014. Trabalho de Graduação em Licenciatura em Física – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

RESUMO

Este trabalho possui como temática o papel das emoções e da afetividade na aprendizagem, particularmente, na aprendizagem das ciências, desenvolvido a partir de levantamento bibliográfico. Partimos da ideia de que a aprendizagem ocorre por meio de mudanças nas redes neurais de cada indivíduo e que tais mudanças são provocadas por uma combinação de fatores genéticos e biológicos, influenciadas também pelas emoções e pela afetividade. Buscamos elementos sobre o funcionamento do cérebro humano, destacando a neuroanatomia e neurocognição, para entender como o cérebro processa as informações, incluindo os sentimentos e as emoções, vivenciadas pelo indivíduo. Depois buscamos compreender quais papéis são atribuídos aos sentimentos e emoções em diferentes teorias de aprendizagem, destacando as teorias cognitivistas e humanistas. Por fim, encontramos algumas contribuições mais recentes para o entendimento do processo de aprendizagem, produzidas no campo da neurociência. Fomos levados a concluir que existe um grande espaço para pesquisa na área da neurociência aplicada à educação, visto que os trabalhos, principalmente na literatura nacional, são ainda escassos.

Palavras-chaves: aprendizagem. emoção e afetividade. neurociência.

SIM, A. A. **Emotions and affectivity in learning: brief review bibliographic**. 2011. Graduation Thesis as Requirement for the Degree in Physics Course – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

ABSTRACT

This work has as its theme the role of emotions and affectivity in learning, particularly in science learning, being developed from a literature review. We start from the idea that learning occurs through changes in the neural networks of each individual and that these changes are caused by a combination of genetic and biological factors also influenced by emotions and affectivity. We seek information on the functioning of the human brain, highlighting the neuroanatomy and neurocognition, to understand how the brain processes information, including the feelings and emotions experienced by the individual. Once we try to understand which roles are assigned to the feelings and emotions in different learning theories, emphasizing the cognitive and humanistic theories. Finally, we found some more recent contributions to the understanding of the learning process, to the field of neuroscience. We were led to conclude that there is great scope for research in applied neuroscience to education, since the work, especially in the national literature are still scarce.

Key-words: learning. emotion and affection. neuroscience.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Amostragem das cinquenta e duas áreas distintas do cérebro.	13
Figura 2 – Sistema nervoso central.	13
Figura 3 – Neurônio: corpo celular, dendritos e axônio.	15
Figura 4 – Estruturas neuronais.	16
Figura 5 – Diferentes tipos de células gliais.	17
Figura 6 – Visualização esquemática da sinalização entre os neurônios.	19

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 FISIOLOGIA DO CÉREBRO HUMANO	12
1.1 NEUROANATOMIA	12
1.2 NEUROCOGNIÇÃO	20
2 TEORIAS DE APRENDIZAGEM	25
3 NEUROCIÊNCIA APLICADA À EDUCAÇÃO: A QUESTÃO DA APRENDI- ZAGEM DE CIÊNCIAS	33
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38

INTRODUÇÃO

A compreensão de como ocorre o processo de aprendizagem tem sido buscada há décadas. Diversas teorias de aprendizagem já foram desenvolvidas com esse objetivo e hoje alguns autores afirmam que a resposta é uma combinação de fatores genéticos e biológicos que moldam o cérebro humano, de forma que a aprendizagem está intimamente ligada a mudanças neurais (KANDEL et al., 2000; GAZZANIGA et al., 2009).

Existe a necessidade de compreender os processos de aprendizagem, principalmente no contexto escolar, considerando que é um amálgama de elementos, sendo um deles as emoções, já que o cotidiano nos leva a perceber que o estado emocional influencia a maneira que pensamos, tomamos decisões e agimos, de forma que é possível perceber que as relações estabelecidas com o mundo são influenciadas pela emoção.

No começo do século XX uma das linhas de teorias de aprendizagem, o cognitivismo, enfatizou a cognição, como o ser humano conhece o mundo e os processos mentais superiores, bem como a percepção, resolução de problemas, tomada de decisão, compreensão, armazenamento e uso da informação. O cognitivismo foca a mente não de maneira especulativa, mas objetiva, científica. Dentre os cognitivistas, destacamos Vygotsky, para quem o contexto social e a cultura são de extrema importância, a ponto do desenvolvimento cognitivo depender deles, assim os processos mentais superiores para Vygotsky se originam em relações entre os seres humanos, e a interação social supõe um envolvimento ativo, o que não deixa de lado as emoções (MOREIRA, 2011).

As emoções portanto, têm um papel “coadjuvante” para os teóricos cognitivistas. Outra corrente de teorias da aprendizagem, no entanto, atribuem às emoções um papel bem mais importante nos processos de aprendizagem, trata-se do humanismo, que considera o indivíduo como um todo (pensamentos, ações e sentimentos) não apenas o intelecto, de forma que para um indivíduo aprender, o domínio afetivo do aprendiz também deve ser levado em conta, pois tanto os pensamentos, os sentimentos e as ações estão integradas. Paulo Freire, assim como os cognitivistas defende a interação social, mas é considerado um humanista por ver o ser humano como um todo e destaca o amor, pois sem ele não é possível ensinar e aprender (FREIRE, 1983).

Dentro do humanismo, destacamos também o psicólogo Rogers que defende que facilitadores da aprendizagem se encontram na autenticidade do educador, tanto no ponto de ser uma pessoa genuína quanto na aceitação de seus sentimentos e se preciso, o compartilhamento deles para o educando, assim, esse vê o educador como uma pessoa, com seus saberes, gostos e sentimentos. Outro facilitador da aprendizagem seria a estima do educador pelo educando, aceitando suas características e atribuindo à ele confiança (MOREIRA, 2011).

Dessa forma, as emoções e a afetividade rondam as teorias de aprendizagem. Pesquisas investigaram a influência da emoção na cognição e obtiveram resultados indicando que mesmo

pequenas diferenças nos estados afetivos são capazes de produzir diferenças em seus processos cognitivos (SCHWARZ; BLESS, 1991). Um exemplo é a pesquisa do Laukenmann (2003) que investigou a relação entre cognição e emoção especificamente na área de ciências e obteve resultados indicando que emoções positivas estão fortemente ligadas ao aumento na qualidade da aprendizagem de determinados conteúdos, e que aspectos emotivos tem um forte envolvimento nas fases de apresentação do problema e na aquisição de dados, porém são enfraquecidos na prática experimental (LAUKENMANN, 2003).

Podemos observar então uma necessidade de considerar os aspectos emocionais na aprendizagem de ciências, mas quando falamos em aprendizagem, falamos mesmo que de forma indireta do desenvolvimento do cérebro, assim, o interesse pela compreensão do cérebro tem crescido nos últimos anos e a neurociência tem mostrado uma nova visão de diferentes processos cognitivos.

Estudos (TEMPLE; POSNER, 1998; POSNER; ROTHBART, 2005) mostraram que a aprendizagem está acompanhada de modificações cerebrais, de modo que as atividades das redes neurais guiam os modelos de cognição. Explorar esses modelos pode ajudar a aprofundar o entendimento dos processos cognitivos que ocorrem na aprendizagem.

A aprendizagem nesse contexto é o fortalecimento ou o enfraquecimento das conexões neurais, que podem ter seus padrões alterados em resposta aos estímulos (GAZZANIGA, 2000; KANDEL et al., 2000; GAZZANIGA et al., 2009).

Resultados de pesquisas (FORGAS, 2001; WATTS, 2001) indicam que estados afetivos e características emocionais influenciam fortemente no processamento das informações, pois a cognição e a emoção se relacionam, apesar de fazerem parte de sistemas neurais diferentes.

O perfil desse trabalho de conclusão de curso é puramente teórico, sendo desenvolvido a partir do levantamento bibliográfico principalmente em artigos científicos e livros na área da neurociência e da educação que dialoguem o processo da aprendizagem com aspectos emotivos ou emocionais do aprendiz. Dessa forma, foi inicialmente pesquisado e selecionado o material para então o desenvolvimento do trabalho escrito.

Com esse trabalho queremos investigar teoricamente o funcionamento do cérebro e o papel da emoção no processo particularmente complexo da aprendizagem de ciências, e esperamos poder contribuir para ampliar o conhecimento da comunidade ligada ao ensino de ciências sobre as contribuições da neurociências à educação.

Começamos o trabalho com o capítulo intitulado “Fisiologia do cérebro humano” que aborda sobre o sistema nervoso central, as células nervosas e suas conexões, e como se dá a aprendizagem em termos neuronais. Diante da escolha do recorte temático abordando a neurociência, houve a preocupação de escolher assuntos pertinentes, apresentando informações específicas da área da neurociência, um pouco de sua história, objeto de estudo e campo de atuação, de forma que fosse possível transmitir informações de forma simples sobre as relações

das regiões cerebrais e a aprendizagem.

No capítulo seguinte, apresentamos algumas teorias de aprendizagem, passando por duas diferentes correntes: o cognitivismo e o humanismo, de forma a destacar as teorias que relacionam o processo de aprendizagem com os sentimentos. No terceiro capítulo abordamos a respeito da neurociência aplicada à educação levando em conta os aspectos emocionais, apresentamos pesquisas que investigaram a influência das emoções na aprendizagem, destacando a aprendizagem de ciências. Por fim, no último capítulo, apresentamos nossas considerações finais.

1 FISIOLOGIA DO CÉREBRO HUMANO

Para entender o mecanismo de aprender, é preciso saber um pouco sobre o funcionamento do sistema nervoso central, o organizador dos nossos pensamentos. (RELVAS, 2009, p. 14)

O cérebro humano é um órgão muito complexo e apenas parcialmente revelado pela ciência, é composto de células nervosas, também chamadas de neurônios, e células glias. Nesse capítulo, falaremos um pouco do sistema nervoso, os neurônios e suas sinapses, de plasticidade cerebral e sua flexibilidade.

1.1 Neuroanatomia

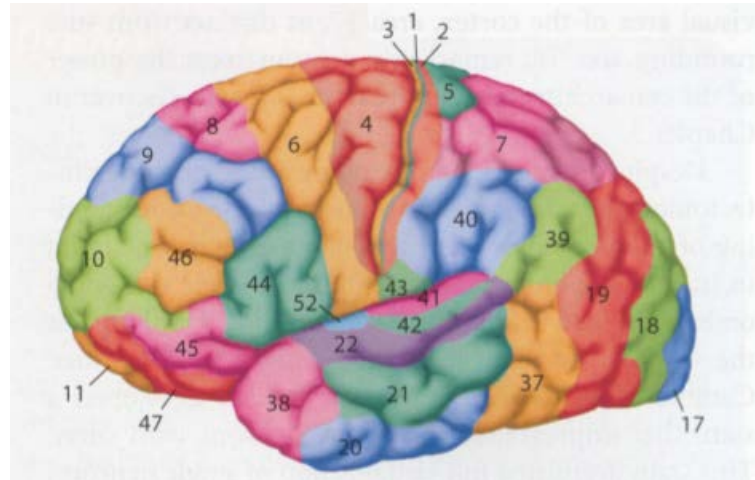
Você não pode ensinar nada a um homem; você pode apenas ajudá-lo a encontrar a resposta dentro dele mesmo. (GALILEI)

Em 1650, o Dr. Thomas Willis, conhecido na época pelos estudos de uma suposta ressurreição e a comprovação tardia do nascimento de um feto morto, fazia a autópsia cerebral dos pacientes que havia acompanhado ao longo da vida, o que lhe permitiu começar a compreender como as mudanças em seus cérebros podia ter causado os comportamentos e as doenças que ele havia monitorado durante suas vidas. Foi ele quem cunhou o termo neurologia e deu nome a várias regiões cerebrais (como cápsula interna e pirâmides medulares). Foi um dos primeiros a teorizar como o cérebro transfere informações no que chamamos hoje de condução neuronal. Willis teria despertado as idéias e conhecimentos que levaram centenas de anos para refletir e evoluir para o que conhecemos hoje como o campo da neurociência cognitiva (GAZZANIGA et al., 2009).

O conhecimento à respeito do cérebro humano se desenvolveu com práticas como a de Willis, principalmente com estudos de lesões localizadas e suas consequências e danos. Hoje são conhecidas áreas do cérebro que são responsáveis por determinadas atividades, e em relação à estrutura celular e arranjo, são conhecidas cinquenta e duas áreas no córtex cerebral humano (Figura 1).

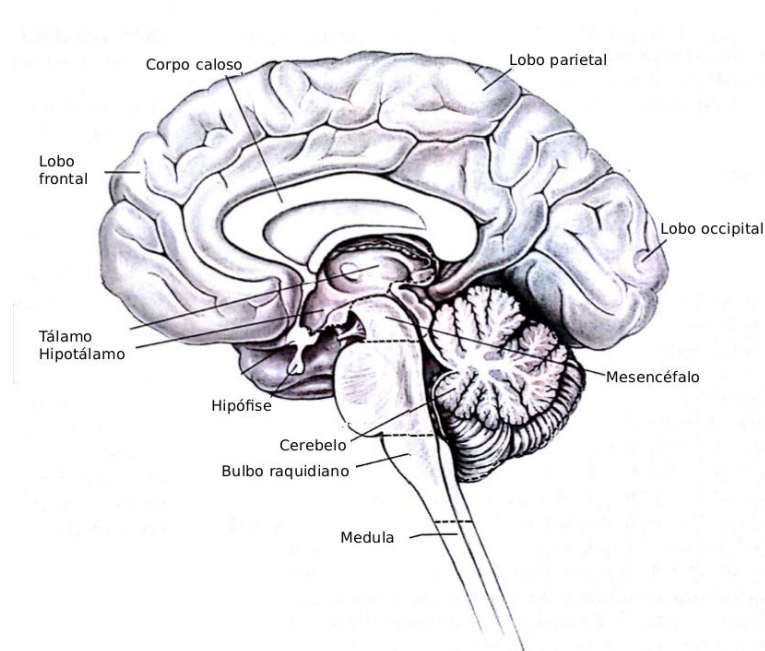
O sistema nervoso central é constituído pelo encéfalo e a medula espinhal, o encéfalo possui bilhões de neurônios e cada um possui mais de dez mil ligações, formando uma complexa rede neural. O encéfalo é basicamente formado por: Bulbo Raquidiano, Tálamo, Hipotálamo, Corpo caloso, Córtex cerebral, Formação Reticular, Cerebelo e Hipófise. De modo a ser dividido em quatro áreas chamadas de lobos cerebrais, são elas: lobo frontal, lobo parietal, lobo temporal e lobo occipital (Figura 2).

Figura 1 – Amostragem das cinquenta e duas áreas distintas do cérebro.



Fonte: (GAZZANIGA et al., 2009, p. 7).

Figura 2 – Sistema nervoso central.



Fonte: Adaptada de (KANDEL et al., 2000, p. 275).

A organização do cortex cerebral é caracterizada principalmente pelos hemisférios, o cérebro é dividido em hemisfério direito e esquerdo, a conexão deles é feita pelo corpo caloso. Apesar deles parecerem similares, não são nem na estrutura nem são equivalentes na função, cada hemisfério está preocupado principalmene com os processos sensoriais e motores do seu lado oposto do corpo. Assim, a informação sensorial que entra na medula espinhal a partir do lado direito do corpo, atravessa para o lado esquerdo do sistema nervoso antes de ser transportado para o cortex cerebral (KANDEL et al., 2000).

Além do sistema nervoso central, existe o sistema nervoso periférico, que é constituído por nervos, gânglios nervosos e órgãos terminais, que representam as entradas e saídas sensoriais e motoras, é graças a este sistema que o cérebro e a medula espinhal recebem e enviam as informações, permitindo-nos reagir as diversas situações com origem no meio externo ou interno.

As informações vindas dos receptores periféricos - que interpretam o ambiente - é analisada pelo cérebro em componentes que originam a percepção, alguns dos quais são armazenados na memória. Assim, o cérebro dá comandos para os movimentos coordenados dos músculos, e isso só é possível com as células nervosas e as conexões entre elas. Apesar de serem simples as unidades básicas, podemos perceber a complexidade do comportamento que fica evidente em nossa capacidade de percepção, armazenamento de informação e ação, o que se dá por uma rede enorme de neurônios. Uma descoberta importante na organização do cérebro é que as células nervosas com propriedades semelhantes são capazes de produzir ações muito diferentes devido às ligações uma com a outra e com os receptores sensoriais e musculares, sendo que poucos princípios de organização dão origem a uma considerável complexidade (KANDEL et al., 2000).

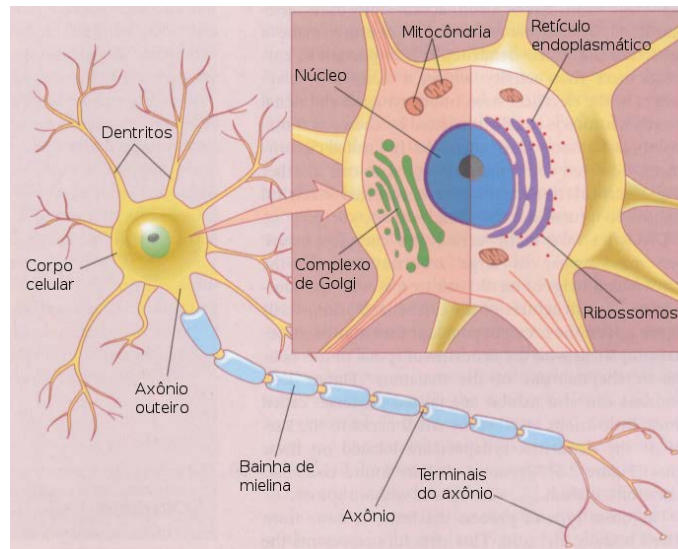
Existem diferenças entre o cérebro feminino e o masculino, sendo o corpo caloso que une os dois hemisférios do cérebro maior nos cérebros femininos, permitindo assim, maior comunicação entre os lados, e como as regiões cerebrais não trabalham isoladamente, é constatado também que nos cérebros femininos há uma maior densidade de neurônios. Já no cérebro masculino o trabalho é mais centralizado nas regiões específicas, produzindo diferentes processos de aprendizagens e formas de lidar com as diferentes tarefas, sendo que as mulheres são mais capazes de verbalizar sentimentos que os homens, que tendem a isolá-las. Assim, as mulheres tendem a ser mais cautelosas ao falar e alcançam a maturidade cerebral cerca de três anos antes que os homens, mas as regiões das atividades de raciocínio mecânico e espacial e concentração visual se desenvolvem cerca de quatro anos mais cedo que dos homens (GAZZANIGA, 2000; RELVAS, 2009).

Para ocorrer a transmissão das informações, o sistema nervoso possui duas classes principais de células: neurônios, também chamados de células nervosas e as células glia. Os neurônios não só compartilham similaridades com todas as outras células, mas também têm propriedades morfológicas e fisiológicas únicas para funções especiais. As células da glia são uma classe de células não neurais localizados no sistema nervoso que servem para vários propósitos, como fornecer apoio estrutural e isolamento para os neurônios para fazer a transmissão neural mais eficiente.

Os neurônios são distinguidos por sua forma, função, localização e interconectividade no âmbito do sistema nervoso, sendo formado por diferentes regiões morfológicamente definidas: o corpo celular, chamado também de soma, (do grego, que significa corpo), os dentritos, os axônios e os terminais pré-sinápticos. O corpo celular é o centro metabólico do neurônio, a região de maior volume da célula nervosa e a região onde se encontra o núcleo e a maioria das estruturas citoplasmáticas como o retículo endoplasmático, ribossomos, mitocôndrias, complexo de Golgi e outras organelas intracelulares comuns à maioria das células (Figura 3). O corpo

celular normalmente dá origem aos dendritos e axônios, sendo que um neurônio tem normalmente vários dendritos, que se parecem com ramo em forma de árvore e servem como a principal fonte para receber a entrada de sinais.

Figura 3 – Neurônio: corpo celular, dendritos e axônio.



Fonte: Adaptado de (GAZZANIGA et al., 2009, p. 21).

O corpo da célula muitas vezes é piramidal, estas têm dois conjuntos de dendritos - uma longa série delgada de dendritos apicais emergentes a partir do ápice do sistema operacional do corpo celular e dois ou mais conjuntos de dendritos basais que emergem da base. O corpo da célula também dá origem ao axônio, que se compara a um tubo, com diâmetro que varia de 0,2 a 20 micrometros, capaz de se ramificar e se estender por até um metro. Ele surge a partir de uma região especializada do corpo celular chamada axônio oúteiro.

O axônio é a unidade de condução, capaz de transmitir informações a grandes distâncias através da propagação de uma forma tudo ou nada de um sinal elétrico transitório chamado potencial de ação. (KANDEL et al., 2000, p. 20)

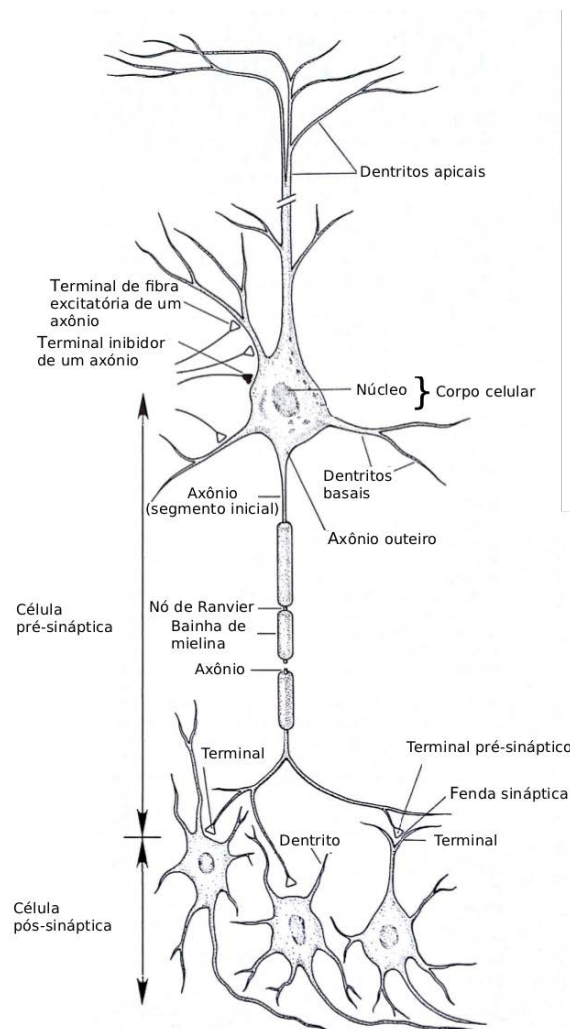
É importante ressaltar aqui que a atividade dentro de um neurônio envolve mudanças no estado elétrico, mas nas sinapses o sinal entre os neurônios é geralmente mediado por transmissão química. Em circunstâncias limitadas, no entanto, alguns neurônios sinalizam um ao outro usando transmissão de energia elétrica nas sinapses elétricas especializadas (KANDEL et al., 2000; GAZZANIGA et al., 2009).

Os axônios maiores são rodeados por uma substância isolante, chamada de bainha de mielina, que é essencial para fornecer isolamento elétrico e a alta velocidade de condução dos estímulos. A bainha não se espalha por todo o axônio, tendo nodos regulares chamados de

nodos de Ranvier, por ter sido descrita pela primeira vez no final do século XIX pelo francês histologista e anatomista Louis Antoine Ranvier.

Quando o axônio vai chegando ao fim, ele se divide em ramos finos que são chamados de terminais pré-sinápticos, são esses os elementos de transmissão dos neurônios. Por meio deles, um neurônio transmite informações sobre sua atividade para as superfícies receptoras de outros neurônios. O ponto de contato entre a parte que cede e o que recebe a informação é chamado de sinapse, a parte da célula que é responsável de enviar as informações, é chamada de célula pré-sináptica, a que recebe as informações é a célula pós-sináptica, o espaço que separa essas células na sinapse é chamado de fenda sináptica que pode se comunicar com o espaço extracelular, podemos observar o esquema na Figura 4

Figura 4 – Estruturas neuronais.



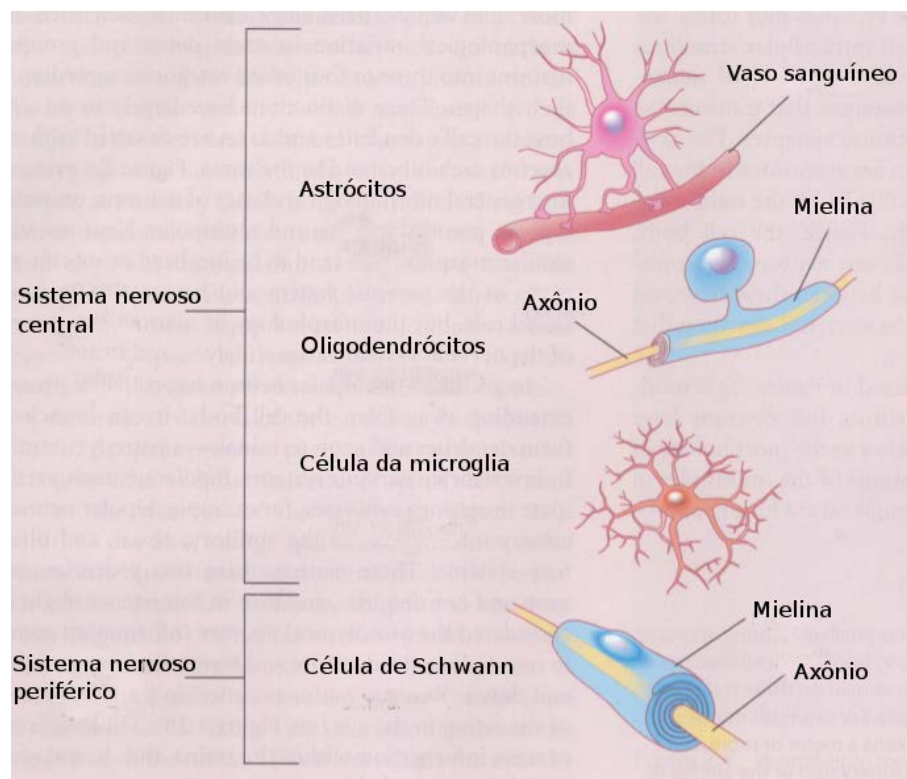
Fonte: Adaptada de (KANDEL et al., 2000, p. 19).

O outro tipo de célula do sistema nervoso é o da célula glia, também chamada célula neuroglial. Essa célula é mais numerosa que os neurônios, e podem ser responsáveis por mais de metade do volume do cérebro. Anatomistas do século XIX acreditavam que o principal

papel da célula neuroglial era o de apoio estrutural, o que levou ao nome da célula, o termo neuroglia significa “cola nervo”. Elas provavelmente não são essenciais para o processamento de informações, mas possuem outras funções como: servir de suporte, proporcionando a firmeza e a estrutura para o cérebro; isolam grupos de neurônios de outros; formam a mielina e servem como catadores, removendo detritos.

Essas células são no sistema nervoso central (cérebro e medula espinhal) e no sistema nervoso periférico (entradas e saídas sensoriais e motoras para o cérebro e medula espinhal) diferentes, contendo três tipos principais: astrócitos, oligodendrócitos e células da microglia (Figura 5).

Figura 5 – Diferentes tipos de células glias.



Fonte: Adaptado de (GAZZANIGA et al., 2009, p. 24).

Os astrócitos são grandes células glias com formas radialmente simétricas que cercam os neurônios e entram em contato com a vascularização do cérebro e com vasos sanguíneos em especializações chamadas de 'pés', que são responsáveis pela aparência da mielina como um material de aspecto gordo, em condições fisiológicas normais a mielina possui um aspecto branco e brilhante. O fato da ligação deles com capilares sanguíneos e neurônios, levou a sugestão de que os astrócitos têm uma função nutritiva (GAZZANIGA et al., 2009).

Os oligodendrócitos são células responsáveis pela formação e manutenção das bainhas de mielina no sistema nervoso central, função executada no sistema nervoso periféricos pelas células de Schwann, com a diferença que apenas um oligodendrócito contribui para a formação de mielina em vários neurônios e a célula de Schwann mieliniza apenas um axônio. Apresentam

um corpo celular arredondado e pequeno, com poucos prolongamentos e ramificações. Já a microglia, menor célula dentre as células gliais, possui elevado poder fagocitário e atua na defesa do sistema nervoso e na remoção de detritos após a lesão ou morte neuronal (KANDEL et al., 2000; GAZZANIGA et al., 2009).

Ao analisar a morfologia dos neurônios, observamos que a sua função é analisar e transmitir informações, formando assim um circuito, que pode ser local ou de longa distância. A passagem da informação possui várias fases, começando com o recebimento de um sinal que pode ser de qualquer forma química (um neurotransmissor, uma substância química em algum dos sentidos, como o olfato) ou física (como sinais elétricos nas sinapses elétricas, toque em receptores da pele, ou a luz em fotoreceptores do olho), esses sinais iniciam mudanças na membrana do neurônio pós sináptico, as mudanças que produzem correntes elétricas fluem dentro e ao redor neurônio.

As correntes elétricas agem como sinais dentro do neurônio, afetando potencialmente a membrana neuronal em locais remotos da sinapse de entrada. O fluxo de corrente é mediada por correntes iônicas desenvolvidas por átomo carregados de íons como o sódio, potássio e cloreto, dissolvido no líquido no interior e no exterior dos neurônios.

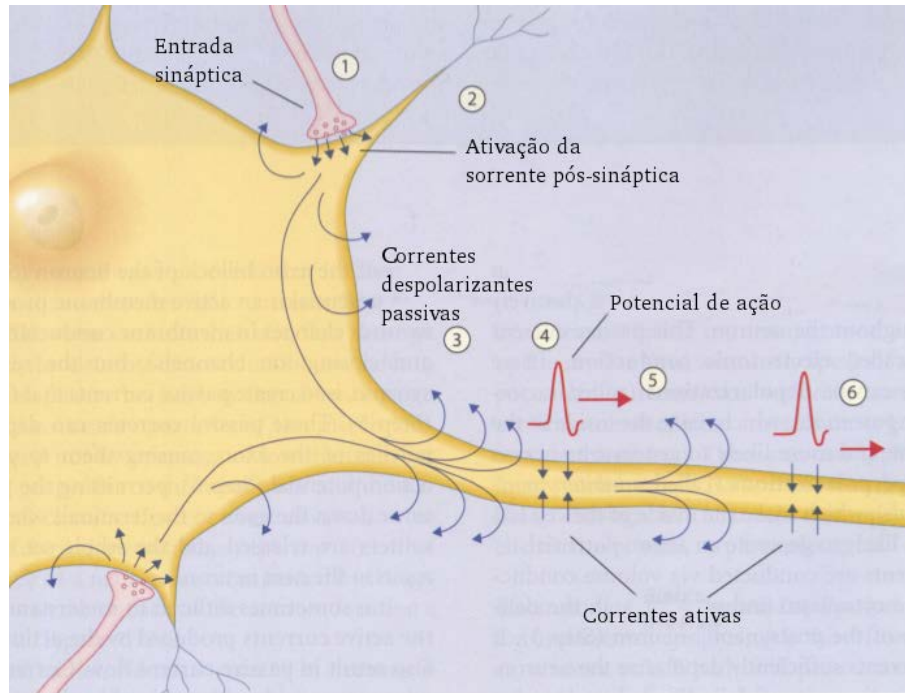
Quando desestimulada, a membrana fica com o que chamamos de potencial de repouso que representa uma carga elétrica de aproximadamente -75 milivolts que existe entre o lado interno e externo da membrana. Com uma excitação da célula nervosa por estímulos fortes o suficiente para causar uma mudança no potencial de repouso cria-se um potencial de ação que será disparado dentro de um princípio denominado de “tudo ou nada”, que produz um impulso nervoso que se move ao longo do axônio com velocidade e amplitude constantes (KANDEL et al., 2000; GAZZANIGA, 2000; GAZZANIGA et al., 2009).

A medida que se move, o impulso vai despolarizando o estado inicial de polarização de repouso que pode ser reestabelecido rapidamente. Até a repolarização da membrana, não é possível a transmissão seguida de outro potencial de ação porque a membrana possui canais de entrada e saída de íons, assim como transportadores ativos (bombas), e os canais de sódio se fecham não deixando entrar mais esses íons. Simultaneamente ao fechamento dos canais de sódio ocorre a abertura dos canais de potássio, que saem. O potencial de repouso só será alcançado com o auxílio da bomba de sódio e potássio, que transporta o excesso de sódio para fora do neurônio.

Na figura 6 podemos observar uma visão geral de alguns passos na sinalização neuronal, começando pela entrada sináptica para a geração do potencial de ação no axônio. Quando a sinapse é ativada, afeta a membrana pós-sináptica, que gera corrente que é conduzida por condução passiva (condução eletrotônica) que despolariza a membrana, e se a corrente for grande o suficiente, pode gerar potenciais no axônio e então ser conduzidos ao longo desse.

A transmissão do impulso ao longo dos axônios ocorre nos neurônios que não possuem bainha de mielina, nos neurônios mielinizados o potencial de ação ocorre ao nível dos nódulos

Figura 6 – Visualização esquemática da sinalização entre os neurônios.



Fonte: Adaptada de (GAZZANIGA et al., 2009, p. 33).

de Ranvier, pontos em que a membrana plasmática faz contato direto com o fluido intersticial. Assim, o potencial de ação “salta” de um nódulo de Ranvier para o seguinte, sendo um tipo de condução mais rápida e com menos gasto de energia.

A sinalização neural finaliza com um neurônio comunicando com outro neurônio ou músculo, para tal, é preciso transmitir sinais de uma ação chamada transmissão sináptica, que como o nome indica, ocorre em sinapses. Existem dois tipos principais de sinapses, químicas e elétricas cada um utilizando mecanismos muito diferentes um do outro. Apesar de os fundamentos da transmissão sináptica serem compreendidos há décadas, os detalhes continuam a ser desvendados.

A transmissão química envolve alguns passos, começando com a chegada de um potencial de ação no axônio, onde as sinapses estão localizadas, com o potencial de ação há a despolarização dos terminais, iniciando um influxo de íons de Ca^{2+} para a região terminal. Esses íons agem como mensageiros intracelular, e seu aumento na concentração intracelular provoca pequenas vesículas contendo neurotransmissor para se fundir com a membrana na sinapse e libertar esse transmissor para a fenda sináptica. O transmissor se difunde através da fenda e ao atingir a membrana pós-sináptica, liga-se com as moléculas de proteína incorporadas na membrana pós-sináptica, caso a célula pós-sináptica seja um neurônio, um potencial de ação pode iniciar um novo evento, despolarizando, ou pode haver a hiperpolarização, que causa a inibição do potencial, causando a hiperpolarização do potencial da membrana, tornando-o mais negativo.

As sinapses elétricas contam com um canal entre as células, formado por proteínas denominadas conexinas, esse canal permite a passagem direta de íons inorgânicos e pequenas moléculas solúveis em água do citoplasma de uma célula para outra, o que liga as células eletricamente e também metabolicamente, não precisando de mediadores químicos. Assim, os potenciais de ação se espalham rapidamente de uma célula para outra, essa sinapse é utilizada pelos músculos lisos ou cardíacos.

1.2 Neurocognição

Integrated Mind:

From what is known of brains split
 scientists can infer the integrated it.
 In the neural codes traversing callosal roads
 informational balance maintained
 neural operations constrained to interact
 via a silent pact from which emerges a sense of free will and unity
 that governs each (hu)man's mentality
 purging disharmony from a large modular community
 and creating its own personal view of reality.¹

(GAZZANIGA, 2000, p. 87)

Embora os médicos tenham sido os primeiros a investigar como o cérebro funciona, os psicólogos e filósofos começaram a estudar como poderiam medir o comportamento e de fato estudar a mente, procurando a resposta de perguntas sobre a natureza do conhecimento e da aprendizagem. Possuindo duas posições principais, o racionalismo e o empirismo.

O racionalismo frequentemente é relacionado com o pensamento lógico, a corrente iniciou com a definição do raciocínio como uma operação mental, discursiva e lógica e leva em conta questões como o sentido da vida.

O empirismo é a ideia de que todo o conhecimento vem da experiência sensorial, de forma que a experiência sensorial direta produz ideias e conceitos simples. Quando ideias simples interagem, tornam-se associadas e ideias e conceitos complexos são criados no sistema de conhecimento do indivíduo. Alguns filósofos, como Thomas Hobber e David Hume, enfatizavam o papel da experiência, sendo essa importante ao ponto de surgir uma escola de psicologia experimental em que os seguidores acreditavam que a soma das experiências de uma pessoa regia o curso do desenvolvimento mental.

¹ *Mente integrada: Pelo que se sabe do cérebro dividido/ os cientistas podem inferir o integrado dele./ Nos códigos neurais que atravessam estradas calosas/ equilíbrio informativo mantido/ operações neurais constrangidos a interagir/ através de um pacto de silêncio a partir do qual emerge um sentimento de livre vontade e unidade/ que rege a mentalidade cada humano/ purgar desarmonia de uma grande comunidade modular/ criando sua própria visão pessoal da realidade*

Utilizando de experiências descobriram que era possível medir processos mentais internos como a memória (EBBINGHAUS, 1913), mas ainda mais influente foi o descobrimento da “lei do efeito”, que foi a primeira declaração geral sobre a natureza de associações. Thorndike (1898) observou que uma resposta seguida por uma recompensa seria gravada no organismo como uma resposta habitual, mas se não houvesse recompensa, a resposta desapareceria, assim, as recompensas forneciam um mecanismo para estabelecer uma resposta mais adaptativa.

O associativismo foi popularizado pelo psicólogo John B. Watson que acreditava que poderia induzir comportamentos, a chave era a aprendizagem já que todos possuíam o mesmo equipamento neural. Watson conseguiu induzir o medo em um bebê, conhecido como o caso do pequeno Albert. A linha que estava surgindo era a conhecida hoje como behaviorista que surgiu no começo do século XX com a ideia de que a psicologia deveria se ocupar do comportamento, estímulos e respostas e deixar de lado a consciência e as ideias (GAZZANIGA et al., 2009; MOREIRA, 2011).

A tônica da visão de mundo behaviorista está nos comportamentos observáveis e mensuráveis do sujeito, ou seja, nas respostas que ele dá aos estímulos externos. Está também naquilo que acontece após a emissão das respostas, ou seja, na consequência. Tanto é que uma ideia básica do behaviorismo mais recente é a de que o comportamento é controlado pelas consequências (MOREIRA, 2011, p. 14)

Em contraposição ao behaviorismo, surgiu na mesma época o cognitivismo, preocupado com as variáveis intervenientes dos processos mentais superiores como a percepção, tomada de decisões, processamento de informação, de forma a pensar em cognição e não apenas em comportamento, já que o behaviorismo não poderia explicar como os comportamentos foram aprendidos. Assim, juntando a neurociência e psicologia cognitiva um campo nasceu: a neurociência cognitiva. (MOREIRA, 2011; WATSON, 1936; GAZZANIGA, 2000).

Mesmo com anos desenvolvendo o que conhecemos por neurociência, somente nos últimos cem anos foi possível lançar as bases para a compreensão de como as células e o circuito do cérebro ativam o comportamento e funções como a memória e a cognição.

Fonseca (2007) define cognição como sendo um amálgama complexo de componentes, envolvendo conhecimento, pensamento, criatividade, resolução de problemas, inferência, conceitualização e simbolização. Como produto da evolução, evoca sistemas de sobrevivência, de prazer e aprendizagem. De forma que a construção da cognição não é linear, dependendo de fatores que envolvem o desenvolvimento biológico, interno e fatores externos mediatizados por contextos sociais e culturais.

Ainda Fonseca (2007) defende que o processo cognitivo é global, pois não se pode determinar exatamente o que ocorre no cérebro em termos de aprendizagem, mas observar como ele

capta, extrai, integra, armazena, combina, elabora e comunica a informação. O desenvolvimento cognitivo então é revelado na interligação que ocorre nesse processo.

Ao longo da vida o cérebro vai se adaptando perante as questões por ele aprendidas, pode haver alteração seja por reforço, enfraquecimento, eliminação ou aumento das conexões neurais situadas no cérebro. A essa flexibilidade dá-se o nome de plasticidade cerebral.

As transformações irão depender do tipo de conhecimento que será estimulado, sendo que quando o processo da aprendizagem é longo, o cérebro produz maiores e mais profundas modificações, como o reforço de ligações existentes e novas ligações, de forma que novas sinapses podem crescer com a cognição de novas competências, ou em paralelo a elas, preservando a capacidade da plasticidade cerebral. Assim, a aprendizagem é uma modificação na comunicação entre os neurônios que resulta no crescimento ou em alterações das células quando o axônio recebe um potencial com estimulações fortes e esse potencial vai sendo passado de uma célula para outra, em contraponto, caso alguma informação seja inutilizada o conjunto de neurônios à ela relacionada podem passar a controlar outra informação. (GAZZANIGA, 2000; RELVAS, 2009).

A capacidade de aprender é ampla já que o cérebro conta com mais de 100 bilhões de neurônios que podem estabelecer milhares de sinapses. A aprendizagem dependerá também do hipocampo, pois ele ajuda a filtrar as informações e selecionar onde serão armazenadas. O lobo frontal funciona como um “coordenador geral” das memórias, guardando as informações e classificando de acordo com seu tipo. Nessa zona, as diferentes memórias (das diferentes áreas e podendo ser recentes ou antigas) se unem formando o raciocínio. Para que possamos guardar uma informação, é necessário que ocorra alterações permanentes nas sinapses das redes neurais de cada memória e, para a evocação de uma memória é necessário a reativação das redes sinápticas da memória armazenada, de forma que a cognição está relacionada com a memória, pois aprender está diretamente relacionado a capacidade de lembrar e de recuperar informações armazenadas (*Op. cit.*).

A memória envolve complicados códigos eletroquímicos e desencadeia um conjunto de mudanças nas estruturas neuronais. Possuindo uma dimensão temporal, no primeiro momento foca a informação por cerca de trinta segundos, então passa a um nível mais elaborado e emocionalmente mais integrado de armazenamento, onde possa ser acessada por um período mais longo, sendo que quanto mais antiga for a informação maior a chance dela ser acessada mais facilmente, pois encontra-se em um estado distinto (GAZZANIGA, 2000). Para proporcionar uma facilidade no acesso à informação da memória, são indicadas estratégias como a visualização, imaginação, verbalização e categorização. Lima (2007) fala da importância da cultura sobre a memória, pois esta depende da biografia do sujeito, construindo seu conhecimento através do domínio das práticas culturais existentes em seu meio e sendo a cultura papel principalmente do corpo caloso já que é nele que são realizadas as conexões entre o pensamento analítico e o intuitivo. É importante ressaltar que a memória não está localizada em uma única região isolada

do cérebro, ela é um fenômeno biológico e psicológico, de forma que as emoções, os níveis de consciência e o estado de ânimo podem inibir esses processos.

São classificados três tipos de processos de aprendizagem: intraneurosensorial, interneurosensorial e integrativa. A aprendizagem intraneurosensorial é específica do sistema nervoso, à sua estrutura, com o sistema sensorial interligado, caso alguma região seja comprometida, pode apresentar disfunções. A aprendizagem interneurosensorial funciona na interligação, com muitas atividades integradas com a finalidade de desenvolver potencialidades, trabalhando concomitantemente com vários sistemas como o visual, tátil, auditivo, capazes de despertar a atenção. E a aprendizagem integrativa está relacionada às atividades do organismo, como os desejos e a inteligência (GAZZANIGA et al., 2009).

O processo de aprendizagem dá-se a partir de experiências que podem ser organizadas em graus de complexidade. São eles: sensação, percepção, formação de imagens, simbolização e conceituação. As sensações, ativam as estruturas sensoriais de forma a perceber o mundo que nos cerca; as percepções constituem-se na tomada de consciência relativa a sensações em progresso. A formação de imagens refere-se a sensações ou informações já recebidas e percebidas, está relacionada aos processos de memória já que corresponde a um registro de aspectos das experiências vividas e no processamento de informações, registros e experiências da vida não verbalizadas que podem ser captadas através de sons e cheiros. A simbolização é a habilidade descrita como exclusiva da espécie humana e que corresponde à capacidade de representar uma experiência de forma verbal ou não verbal, as simbolizações não verbais verificam-se através de símbolos visuais ou auditivos, em manifestações artísticas, musicais e religiosas. Incluem-se nesta categoria as capacidades de avaliar e recordar situações, emitindo julgamentos do tipo: perto, longe, grande, pequeno, alto, baixo, cheio, vazio, depressa, devagar, etc. As simbolizações verbais estão relacionadas a palavras, lembrando que o ser humano apresenta três sistemas verbais: falado, escrito e lido. Por fim, a conceituação é um complexo processo mental que envolve capacidades de abstração, classificação e categorização (GAZZANIGA et al., 2009; RELVAS, 2009).

Segundo Relvas (2009), todas as áreas cerebrais estão envolvidas no processo da aprendizagem, inclusive a emoção, de forma que as áreas cerebrais não trabalham isoladamente. A emoção responde a um circuito cerebral que envolve estruturas do sistema límbico (que está associado ao hipocampo, hipotálamo, os núcleos anteriores ao tálamo e a amígdala) e do lobo frontal, que desempenha papel de regulador das emoções. Esse lobo amadurece tardiamente em seres humanos e isso interfere enormemente nos indivíduos expostos à aprendizagem, como ele também é mediador da aprendizagem acaba relacionando-a com a emoção, principalmente no quesito memória, de forma que torna-se impossível separar as dimensões relativas ao cognitivismo e as emoções. As definições sobre as emoções não são precisas por não serem fáceis de serem observadas em nível de repercussão orgânica (GAZZANIGA et al., 2009; SCHWARZ; BLESS, 1991).

As emoções são operações mentais acompanhadas de uma experiência interior característica e subjetiva, capaz de orientar o comportamento e realizar alterações fisiológicas como expressões faciais e movimentos corporais, além de suor, taquicardia, etc. Charles Darwin foi o primeiro a constatar que tanto em homens quanto em animais, as expressões comportamentais de emoções são inatas, podendo ser as emoções positivas ou negativas relacionadas ao bem e estar do sujeito (DARWIN, 2009).

2 TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Entre o estímulo e a resposta, há um intervalo. Neste intervalo, reside a liberdade de escolher a nossa resposta. Na nossa resposta, residem o nosso crescimento e a nossa felicidade (COVEY *apud* PATTAKOS, 2010, p. 6)

A forma como aprendemos é extremamente peculiar, e junto com o desenvolvimento da neurociência, a psicologia também evoluiu com suas metodologias de pesquisa e propostas de aprendizagem, tendo psicólogos que desenvolveram teorias de aprendizagem. Essas, nada mais são que tentativas humanas de sistematizar uma área do conhecimento. As teorias de aprendizagem podem ser agrupadas em três linhas: o comportamentalismo (behaviorismo), o cognitivismo e o humanismo.

O behaviorismo está associado com os comportamentos observáveis e mensuráveis do sujeito, nas respostas que ele dá aos estímulos externos e as consequências. Embora essa vertente possuísse importantes teorias para oferecer, e tivesse sucesso em relação aos comportamentos e ao condicionamento, não poderia explicar toda a aprendizagem, ficando assim uma lacuna (MOREIRA, 2011).

De forma que só era possível saber a informação de entrada (estímulo) e a de saída (resposta), sem compreender os processos intermediários e o funcionamento do cérebro, abrindo espaço para o cognitivismo em que buscava entender de fato os processos mentais levando em conta não apenas o ser biológico, mas o sujeito psicológico e suas interações.

Com a aceitação do enfoque cognitivo para a aprendizagem e com base no processamento das informações e da importância da memória, foram criados esquemas da psicologia cognitiva para explicar e elucidar os processos que ocorrem. Na psicologia cognitiva geralmente é difícil diferenciar entre os processos que correspondem a memória e aqueles relacionados com a aprendizagem, já que eles se fundem (MOREIRA, 2011; COLL et al., 1996).

Dentro das explicações de vários processos cognitivos, a comparação entre o homem e o computador quase sempre é feita, e essa comparação levou a formulação de um esquema sobre a memória humana e sobre a aquisição do conhecimento que se manteve com mais força nos últimos anos. O esquema é conhecido como a concepção multiarmazém, onde a ideia central é que existem várias fases na aquisição da informação, e assim, permaneceria durante um tempo em um armazém correspondente a fase.

A concepção multiarmazém distingue a memória em sensorial, de curto e de longo prazo, considerando que a primeira tem uma duração muito rápida, de trinta segundos, sendo responsável assim por uma primeira impressão da informação. A memória a curto prazo possui uma capacidade limitada, com uma duração aproximada de vinte a trinta segundos, essa fase da memória permite que aprendamos vários elementos novos, mas as informações que não se reterem na memória de curto prazo, se perdem. Já a memória de longo prazo não possui

limites, nem em sua duração nem em sua capacidade, esse seria o armazém final, que dispõe de toda a informação que guardamos ao longo da vida e este seria totalmente organizado. Para que possamos armazenar mais informações e que essas sejam de fácil acesso, recomenda-se estratégias para que a informação se mantenha na mente e possa relacionar-se com informações já existentes, como agrupar a informação de modo a ocupar menos espaço na memória de curto prazo.

O que leva à uma das principais críticas ao modelo, a de que a memória de curto prazo não está separada totalmente da memória de longo prazo já que associamos novas informações com as já existentes estando elas assim, relacionadas, como vimos no capítulo anterior a nova informação dependerá de alterações cerebrais para que seja guardada, e não é isolada de outros conhecimentos (COLL et al., 1996).

O último armazém estaria organizado em conjuntos de esquemas ou representações mentais, esses esquemas são modelos do mundo exterior, que criamos através da vivência e da experiência com objetos, situações, sequência de situações e ações. Assim, eles organizam o conhecimento em classes de representações, que vão de categorias genéricas e discretas à específicas, podendo representar o conhecimento em todos os níveis de abstração. A função dos esquemas nos processos de memória tem lugar principalmente no processo de codificação, e depois nos processos de recuperação. Assim, a aprendizagem se dá pela alteração nas representações da memória pela aquisição de novos conteúdos, assim como pela ativação e aplicação do conhecimento existente (COLL et al., 1996).

Esse modelo muito usado, nos remete a aprendizagem pelo construtivismo e pela mudança conceitual. O construtivismo defende que a construção do conhecimento se dá individualmente, contribuindo para seu crescimento cognitivo e amadurecimento, sendo baseado em teorias filosóficas, epistemológicas e psicológicas. Sendo guiado pela epistemologia genética de Jean Piaget, pelas visões de ciência de filósofos como Thomas Kuhn, Paul Feyerabend e Imre Lakatos e pela teoria de aquisição da linguagem de Lev Vygotsky (MATTHEWS, 1993).

O movimento construtivista surgiu na década de 70 tendo grande influência sobre a educação até os dias de hoje. O modelo busca compreender como ocorre a aquisição do saber pelo ser humano, tendo como papel fundamental de sua investigação, os processos de aprendizagem. Com influências diversificadas, o construtivismo passou a ser uma série de visões distintas sobre a aprendizagem, possuindo um conjunto de distintos construtivismos, podendo possuir diferenças entre si, mas tendo um núcleo em comum, sendo esse o enfoque na construção do conhecimento pelo próprio sujeito, colocando-o como sujeito principal no processo de aprendizagem e a necessidade de se considerar o conhecimento prévio que o aprendiz possui (MATTHEWS, 1993; COLL et al., 1996).

Em questões de ensino de ciências, nos últimos anos tem sido realizada uma série de pesquisas que buscam conhecer as concepções prévias dos alunos, aparecendo na literatura diversos termos como concepções alternativas, concepções intuitivas, concepções espontâneas,

etc. Assim, pesquisadores (ALBERT, 1978; AFRA et al., 2009; STEAD, 1980) tentaram mapear as concepções prévias de estudantes sobre vários fenômenos naturais, além de buscar entender como essas concepções interagem com os conteúdos científicos. A grande quantidade de dados produzidos nas duas últimas décadas acabou ditando o rumo da pesquisa em ensino de ciências, fortalecendo o construtivismo e destacando o modelo de mudança conceitual.

A mudança conceitual evoluiu com os trabalhos de concepções prévias, de forma que essas concepções são importantes na construção de um novo conhecimento, sendo necessário transformar a concepção prévia em um conhecimento científico. Posner et al. (1982) em seu trabalho pioneiro propuseram um modelo teórico que influenciou fortemente as pesquisas na área, inspirado por Thomas Kuhn e Imre Lakato, o trabalho considera dois tipos de mudança conceitual: assimilação e acomodação.

A assimilação é o processo cognitivo pelo qual uma pessoa classifica um novo dado perceptual, motor ou conceitual às estruturas cognitivas prévias, ou seja, quando se tem novas experiências (vendo ou ouvindo coisas novas) e tenta adaptar esses novos estímulos às estruturas cognitivas que já possui. A acomodação acontece quando o sujeito não consegue assimilar um novo estímulo, não existindo uma estrutura cognitiva que assimile a nova informação em função das particularidades desse novo estímulo. Diante deste impasse, restam apenas duas saídas: criar um novo esquema ou modificar um esquema existente (AVZARADEL, 2006; MOREIRA, 2011).

Esse modelo de mudança conceitual traz uma analogia entre o desenvolvimento de uma teoria científica e a construção do conhecimento por um indivíduo, de forma a fazer sentido com o que vimos de construção do conhecimento em termos de neurociência, esse modelo também é defendido por Jean Piaget, um dos representantes do cognitivismo. (MOREIRA, 2011).

Segundo Sternberg (1985), Sternberg (1977), o desenvolvimento cognitivo é metacomponencial, metaexperencial e metacontextual, onde suas competências podem ser diagnosticadas e ensinadas separadamente, relacionando o conhecimento com fatores sócio culturais, de forma que a aprendizagem envolve um equilíbrio entre a herança biológica e o contexto sociocultural facilitador e outros indivíduos na mesma posição de aprendiz. A aprendizagem humana vai além de processos neuronais, chegando a uma síntese psicopedagógica; psicológica por envolver processos de atenção, expressões e codificação, e pedagógica por envolver a aplicação de estratégias e mediação sociocultural (VIGOTSKI, 2001).

Dessa forma, Vigotski defende que a aprendizagem, e assim, a modificação de estruturas e mecanismos a partir de interações dos indivíduos com o mundo, ocorre de forma que as sensações fornecem ao cérebro informações sobre o corpo que produz uma motricidade adaptativa e flexível. Assim, o desenvolvimento cognitivo do aluno se dá por meio da interação social, ou seja, de sua interação com outros indivíduos e com o meio, sendo a aprendizagem para ele uma experiência social, mediada pela utilização de instrumentos e signos (MORTIMER, 2000; MOREIRA, 2011).

Como para Vigotski a aprendizagem se dá por meios de processos sociais, é interessante

ressaltar o fato que a interação implica um mínimo de duas pessoas trocando informações e trazendo diferentes experiências e conhecimentos. Podendo ser a interação do sujeito com instrumentos sociais, como livros e obras de arte, e necessitando de algum grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes, assim, a interação social supõe o envolvimento ativo dos participantes, incluindo seus estados emocionais e suas percepções.

As interações sociais são mediadas por instrumentos e signos, sendo um instrumento algo que pode ser usado para fazer alguma coisa enquanto um signo, de acordo com a teoria de Vigotski, é algo que significa alguma coisa, como a linguagem falada e a escrita. Nesse sentido, a aprendizagem é uma experiência social de interação pela linguagem e pela ação, tornando o conhecimento de inter para intrapessoal, e podendo então o processo de aprendizagem ocorrer a partir de experiências em diferentes graus de complexidade, como visto no capítulo anterior (MOREIRA, 2011).

Para ocorrer a aprendizagem, a interação social deve acontecer dentro da chamada zona de desenvolvimento proximal. Essa zona é o nível que começa com o real estágio de desenvolvimento do aprendiz até o seu grau potencial de desenvolvimento, ou seja, a zona de desenvolvimento proximal é a distância entre o nível de desenvolvimento atual, que é determinado pela solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado pela solução de problemas com orientação de alguém mais capaz.

Vigotski foi o primeiro a relacionar o pensamento com a linguagem, nessa época a unicidade da consciência era vista pela psicologia como um invariante, de forma a ser possível estudar cada um dos componentes da consciência isoladamente. Sendo esse um ponto de partida importante já que sabemos que de fato a mente relaciona as componentes do saber, não sendo assim invariantes e imutáveis. A linguagem para ele é o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo, porque a libera dos vínculos contextuais imediatos. O domínio da linguagem abstrata, descontextualizada, flexibiliza o pensamento conceitual e proporcional, assim, na aprendizagem de novos conceitos, a criança associa inicialmente o nome do conceito a um animal ou objeto específico, que em uma situação alguém lhe disse o que era, mas ao longo das interações com o mesmo tipo de animal ou objeto, a criança pode abstrair o nome do conceito e a generalizá-lo. Assim, o signo linguístico passa a representar a classe associada de animais ou objetos que são socialmente aceitos, sem uma referência particular, formando assim novos conceitos a partir das interações.

A criança precisa aprender símbolos e códigos para se adequar à sociedade que a cerca, e de um modo empírico sabemos que crianças aprendem rápido. A neurociência indica que nos dez primeiros anos de vida o cérebro é duas vezes mais ativo que o cérebro adulto, o que ajuda a promover a aprendizagem nas idades iniciais (KANDEL et al., 2000).

Paulo Freire também defende a interação social como fator importante para a aprendizagem, mas enfoca o ser humano como um todo, como defende a linha humanista, que surgiu na década de 50 e ganhou força nos anos de 60 e 70. A corrente humanista vê o aprendiz como

pessoa, com sentimentos, pensamentos e ações, não apenas o intelecto, já que esses fatores estão integrados. Para os humanistas o sentido da aprendizagem é o crescimento pessoal e a autorealização. Dessa forma, não faz sentido falar de comportamento ou de cognição sem levar em consideração o domínio afetivo do aprendiz. A aprendizagem para os humanistas é penetrante, visceral e reflete nas atitudes do indivíduo, de modo que aspectos da linha humanista estão frequentemente presentes em discursos pedagógicos como o ensino centrado no aluno e aprender a aprender (MOREIRA, 2011).

Assim, a ênfase é dada à aprendizagem numa perspectiva de desenvolvimento da pessoa humana, centrando o foco no aluno, atendendo suas necessidades, vontades e sentimentos, buscando desenvolver no aluno a responsabilidade pela autoaprendizagem, bem como um espírito de autoavaliação e procura desenvolver também as relações interpessoais, empáticas no interior do grupo. Procura criar uma atmosfera emocional positiva que ajude o educando a integrar as novas experiências e as novas ideias, promovendo uma aprendizagem ativa, orientada para um processo de descoberta autônoma e reflexiva, de modo que ensine o aluno a aprender, a buscar os mecanismos, materiais e interações necessárias para a sua aprendizagem.

Nesse contexto, Paulo Freire defende uma prática didática fundamentada na crença de que o sujeito assimilaria o objeto de estudo fazendo uso de uma prática dialética com a realidade, em contraposição à educação bancária, tecnicista e alienante. O educando criaria sua própria educação, criando o caminho e não seguindo um já construído, libertando-se assim de chavões alienantes e seguindo o rumo de seu aprendizado. Na educação bancária, a educação é o ato de depositar, transferir, transmitir valores e conhecimentos, assim, o saber é uma doação do educador para o educando (FREIRE, 1983; FREIRE, 1987).

Na educação bancária, estudar é memorizar conteúdos mecanicamente, sem significados. O que se espera do educando é a memorização dos conteúdos nele depositados. A compreensão e a significação não são requisitados, e a memorização, sim. Na educação dialógica, estudar requer apropriação da significação dos conteúdos, a busca de relações entre os conteúdos e entre eles e aspectos históricos, sociais e culturais do conhecimento. Requer também que o educando se assuma como sujeito do ato de estudar e adote uma postura crítica e sistemática. (MOREIRA, 2011, p.22)

Em *Pedagogia do oprimido*, Freire delineou uma pedagogia de libertação, intimamente relacionada com suas tendências marxistas e sua visão de terceiro mundo e das consideradas classes oprimidas na tentativa de conscientizá-las politicamente. A pedagogia da libertação é a pedagogia dos homens empenhando-se na luta por sua libertação e também a libertação dos opressores, sendo uma pedagogia que não se acaba (FREIRE, 1987; MOREIRA, 2011).

A pedagogia do oprimido, como pedagogia humanista e libertadora, terá dois momentos distintos. O primeiro, em que os oprimidos vão desvelando o mundo da opressão e vão comprometendo-se na práxis, com a sua transformação; e o segundo, em que, transformada a realidade opressora, esta pedagogia deixa de ser do oprimido e passa a ser a pedagogia dos homens em processo de permanente libertação. (FREIRE, 1987, p.23)

Como defende a *Pedagogia do oprimido*, a criticidade e a consciência crítica são fundamentais para a educação e para isso, é necessário o diálogo. Mas para Freire não há diálogo se não há um profundo amor ao mundo e aos homens, sendo que o diálogo deve iniciar com a busca do conteúdo programático, de forma que a educação seja do educador com o educando. A busca é o momento em que se realiza a investigação do universo temático dos educandos ou o conjunto de seus *temas geradores*, como chamou Freire de assuntos chaves extraídos da problematização da prática de vida dos educandos (*Op. cit.*).

Os temas geradores fazem parte do núcleo do método de alfabetização freiriano, do qual podemos observar três etapas: investigação, que é o levantamento de temas geradores; tematização, que é a descoberta de novos temas geradores relacionados com os iniciais e; problematização, que consiste na conscientização como objetivo final do método. Assim, Freire defende uma educação permanente, totalmente voltada para o educando, de forma a abranger o contexto sociocultural, as interações, e coloca como ponto importante o amor (MOREIRA, 2011; FREIRE, 1987).

A base de todo o processo educativo, segundo Paulo Freire, é o amor. O amor entendido como o sentimento primário próprio do ser humano, que desperta para a humildade, superando o egoísmo, as desigualdades e os preconceitos. Na educação, o amor é fundamental para que todos os homens e mulheres, seres inacabados e em constante aperfeiçoamento possam aprender (VASCONCELOS; BRITO, 2006).

Em suas obras, Paulo Freire coloca o amor como uma tarefa do sujeito, uma intercomunicação íntima de duas consciências que se respeitam. Cada um tem o outro como sujeito de seu amor. Não se trata de apropriar-se do outro. Para ele, não há educação sem amor, como não há educação imposta, como não há amor imposto. Quem não ama não compreende o próximo, não o respeita, por isso o amor é a condição para que haja educação (FREIRE, 1983; FREIRE, 1987).

Na mesma linha de Freire, temos a teoria do psicólogo Carl Rogers que considera o aluno como uma pessoa. O ensino deve facilitar a sua auto realização, visando a aprendizagem pela pessoa como um todo, que transcende e engloba as aprendizagens afetiva, cognitiva e psicomotora, o ponto final da educação deve ser o desenvolvimento de pessoas plenamente atuantes. O objetivo educacional deve ser a facilitação da aprendizagem, já que o educador não ensina, mas facilita a aprendizagem. Por esse ponto de vista, o único homem educado é o homem que aprendeu a aprender; o homem que aprendeu a adaptar-se e mudou, que percebe que

nenhum conhecimento é seguro e que só o processo de buscar conhecimento dá alguma base para segurança (MOREIRA, 2011).

Para que o professor seja um facilitador, segundo Rogers, ele precisa ser uma pessoa verdadeira, autêntica, genuína, sem qualquer tipo de máscara, ou “fachada” de ser o professor bonzinho ou compreensivo e tornar-se uma pessoa real com seus alunos. Uma segunda atitude que deve existir na relação entre o facilitador e o aprendiz é a que nasce da confiança e aceitação, e a aceitação do outro como uma pessoa separada, como sendo digna por seu próprio direito e como merecedora de plena oportunidade de buscar, experimentar e descobrir aquilo que é engrandecedor do eu. E, finalmente, em qualquer relação que deva ocorrer aprendizagem, precisa haver comunicação entre as pessoas envolvidas (ROGERS, 1971; MOREIRA, 2011).

A teoria desenvolvida por ele, é na verdade uma extensão da teoria que desenvolveu como psicólogo e defende ideias como a de que os seres humanos possuem uma potencialidade natural para aprender; que a verdadeira aprendizagem ocorre quando o objeto de ensino é percebido pelo aluno como relevante para seus próprios objetivos. Para Rogers a verdadeira aprendizagem é aquela que provoca uma modificação, quer seja no comportamento do indivíduo, na orientação da ação futura que escolhe, ou nas suas atitudes e na sua personalidade. Sendo uma aprendizagem penetrante, essa aprendizagem é chamada por ele de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

Rogers também defende que a aprendizagem envolve mudança na organização do eu, de forma que opiniões e valores externos não sejam ameaçadores, podendo assim o aluno não oferecer resistência e perceber e assimilar o conteúdo com mais facilidade. Assim, quando a ameaça ao eu é pequena, a experiência é percebida de maneira diferenciada e a aprendizagem facilitada (*Op. cit.*).

Rogers ainda defende que grande parte da aprendizagem significativa é adquirida por meio de atos como em confronto experiencial direto com problemas práticos de natureza social, ética, filosófica e pessoal e que a aprendizagem é facilitada quando o aluno participa responsavelmente do processo de aprendizagem e a envolve com seu todo, sentimentos e intelecto, sendo assim, mais duradoura e abrangente. Defende que a independência, a criatividade e a autoconfiança são todas facilitadas quando a autocrítica e a autoavaliação são básicas e a avaliação de outros é de menor importância. Por fim, a aprendizagem socialmente mais útil, segundo Rogers, é a do próprio processo de aprender, uma contínua abertura a experiência dentro de si mesmo, do processo de mudança.

Alguns pontos que vimos de neurociência se aproximam com a teoria de Rogers: que o professor não ensina, apenas facilita a aprendizagem, já que a aprendizagem ocorre no interior do sujeito, dependendo do professor apenas na exposição do tema; que os seres humanos possuem uma tendência natural para aprender; que grande parte da aprendizagem significativa é adquirida por meio de atos, já que o sujeito interage com suas várias capacidades e utiliza mais de um conhecimento por vez e que a aprendizagem é facilitada quando o aluno participa como um

todo. Vimos no capítulo anterior que todas as áreas cerebrais estão envolvidas na aprendizagem, podendo assim, ela ser facilitada com o envolvimento de todo o ser, considerando ainda as teorias de aprendizagem abordadas, vamos ver a aplicação da neurociência na educação.

3 NEUROCIÊNCIA APLICADA À EDUCAÇÃO: A QUESTÃO DA APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

A ciência pode impor limites ao conhecimento, mas não deve impor limites à imaginação. (RUSSELL)

Vimos que o cérebro é um conjunto dinâmico, continuamente modelado a partir de experiências sensoriais e de aprendizagem. Sabemos que estímulos externos como a sociedade e a cultura, modificam o cérebro, mas também já sabemos que o estado emocional influencia o modo que pensamos, sendo que as relações entre raciocínio e emoção estão interligadas. Como visto, o estado emocional influencia nos processos de gravação de memória e pode influenciar também nos processos de lembrança e de tomadas de decisão e julgamento (FORGAS, 2001)

Assim, reacendeu na última década o debate a respeito da distinção e inter-relação entre emoção e cognição, voltando cientistas e filósofos para a compreensão do papel da racionalidade nas experiências emotivas e a relação da emoção com conceitos cognitivos (BROCKINGTON, 2011).

Algumas pesquisas (SCHWARZ; BLESS, 1991; LAUKENMANN, 2003; FORGAS, 2001) que investigaram essa relação obtiveram resultados indicando que: pequenas alterações nos estados afetivos são capazes de provocar diferenças significativas no processo de cognição; o humor influencia na percepção, de modo a selecionar os elementos que serão ressaltados; o estado emocional do sujeito possui uma forte influência na memória, no que será lembrado do passado e o que será gravado do presente (LEWIS et al., 2008).

Assim, há um consenso que os estados afetivos e características emocionais influenciam fortemente no processamento das informações, de forma que a associação de conceitos ocorre baseada na semântica e por meio de associações emocionais, estando conectados (FORGAS, 2001; LEWIS et al., 2008)

Apesar da investigação sobre a influência dos aspectos afetivos e emocionais na educação ser mais forte na área da psicologia e da filosofia, na área de pesquisa em ensino de ciências, como visto, possuímos teorias a respeito da aprendizagem com enfoque na cognição e no ser humano como um todo. Há Algumas investigações que mostram a necessidade de considerar os aspectos emocionais no processo da aprendizagem. Mas para tal, é necessário enfrentar a complexidade de buscar formas seguras e criteriosas de perceber o papel das emoções na aprendizagem, sendo assim, as pesquisas acabam utilizando questionamentos sobre atitudes, enfatizando aspectos relacionados a motivação e interesse (WATTS; ALSOP, 1997; ALSOP, 2001).

Watts (2001) considera que toda aprendizagem, incluindo a de ciência, tem uma dimensão afetiva, de forma que os sentimentos e as emoções moldam algumas características, como atitudes,

gostos, humores e motivações, incluindo a motivação para a aprendizagem. Assim, tanto dentro quanto fora da escola, os sentimentos alimentam o processo da aprendizagem, mas podem também criar hostilidade e aversão.

Ainda para o autor, os aspectos afetivos e emocionais dos alunos em relação a ciência podem gerar sentimentos de encantamento e interesse, tornando a ciência menos distante e estranha e podendo estimular os alunos para seguirem carreiras científicas. Mas para tal, é necessária uma abordagem mais humana nas aulas, contrariando o sistema atual que possui aulas com uma abordagem fria e mecânica.

Laukenmann (2003) verificou que emoções positivas durante aulas de ciências estão envolvidas com um aumento na qualidade da aprendizagem e que o interesse está relacionado ao processo de aprendizagem e não somente ao conteúdo de uma aula. Laukenman apresenta dados indicando que o bem estar e o interesse são imprescindíveis na aprendizagem, com essa base, discute a influência de elementos emocionais em aulas de física. Segundo ele, sentimentos de alegria estão fortemente relacionados com a facilitação do processo de aprendizagem nas aulas de física. Os resultados apresentados convergem para o fato que aspectos emotivos têm um forte impacto nas fases de apresentação do problema e na aquisição de dados, mas são enfraquecidos na fase de prática experimental.

A junção de aspectos de motivação na aprendizagem de conceitos científicos com pesquisas a respeito do estado emocional na formação da memória, apontam que aspectos emotivos podem ser de extrema importância para o processo de mudança conceitual, deixando os alunos mais abertos para a aquisição de novos conceitos (LIMÓN; MASON, 2002). Ou seja, alunos com emoções positivas como a felicidade ou bom humor podem estar mais aptos para a aquisição de novas informações ou informações que pareçam uma ameaça para os conceitos já formados pelo aluno, estando assim abertos para novas ideias. Ao contrário, alunos ansiosos, tristes ou infelizes podem ver novas informações e informações contraditórias com sua concepção prévia como uma ameaça, estando eles menos suscetíveis a considerar todas as informações apresentadas, ou podem ignorá-las de prontidão por serem contrárias ao que já acreditam.

Sendo assim, alunos com emoções positivas tendem a não ver como ameaça opiniões e valores externos, podendo então, ampliar seu potencial de aprendizagem na relação/interação com outras pessoas, fator essencial para teorias como as apresentadas por Vigotski, Freire e Rogers.

Assim, pessoas com características emocionais positivas, utilizam estruturas de conhecimento geral e esquemas para processar a informação ao perceber que não se adequa ao esquema já existente, sendo mais propensas a considerar as novas informações (FORGAS, 2001). E estudantes de humor positivo percebem diferenças entre a informação nova e o esquema já existente, tornando mais provável a alteração do esquema, enquanto alunos com humor negativo tendem a desconsiderar os detalhes da situação, sendo menos propensos a relacionar a nova informação com conhecimentos prévios (LIMÓN; MASON, 2002).

Nesse contexto, é possível perceber as dificuldades que uma abordagem puramente cognitiva pode trazer, pois mesmo os alunos que se destacam nas avaliações escolares, quando expostos à conflitos cognitivos se revelam presos às suas concepções espontâneas, mostrando que não aderiram os modelos científicos. É um sinal que o estudante pode ter algum vínculo afetivo com sua concepção prévia, precisando assim que o professor faça aflorar sentimentos positivos no decorrer das aulas, fazendo com que o aluno crie vínculos afetivos com o conhecimento científico (PIETROCOLA, 2001).

Custódio (2007) investigou a dimensão afetiva das explicações dos estudantes referente ao mundo, procurando padrões afetivos e determinando critérios de qualidade de explicações escolar, como a capacidade de gerar um sentimento como uma satisfação intelectual afetiva, possibilitando a aceitação. Os critérios foram criados por conta da sobreposição de explicações intuitivas em relação as científicas.

A pesquisa foi realizada com alunos do Ensino Médio e alunos de graduação em Física, possuindo três etapas com questionários e entrevistas. A primeira etapa consistiu em um estudo exploratório da motivação de graduandos pelo ingresso no curso de Licenciatura em Física. A análise dos questionários apontou fortes razões de ordem afetiva na escolha da carreira científica, mostrando que a razão para seguir carreira na área científica, em especial da física, é marcada por valores afetivos. Com isso, Custódio afirma que o resultado:

Significa reafirmar que as explicações e o entendimento, no sentido subjetivo, que são capazes de gerar (satisfação afetiva) se configuram em elementos centrais na construção dos vínculos afetivos com o conhecimento da área científica, e da física em particular. (CUSTÓDIO, 2007, p. 164)

Na segunda fase, o pesquisador procurou validar sua hipótese que vínculos afetivos entre os estudantes e o conhecimento científico determinam a aceitação de uma explicação, assim, procurou compreender as reações afetivas que surgem nas explicações escolares, sendo essa etapa realizada com alunos do Ensino Médio. Os resultados dessa etapa apontaram evidências positivas da relação afetiva com o conhecimento, sendo que os estudantes mostraram consciência da atribuição de valores afetivos no processo didático, sendo descritos em termos de sentimentos positivos associados ao entendimento das explicações. Com essa etapa o autor afirma que foi possível encontrar um nível de aceitação das explicações que depende do caráter afetivo da explicação e da condição cognitiva atribuída a explicação.

E na última etapa o autor buscou fazer deduções diretas baseadas nas explicações dos alunos do ensino médio. Com um questionário elaborado para o experimento, que envolvia a escolha entre duas explicações com a indicação do grau de satisfação e crença atribuída às explicações, o autor pôde observar que para os alunos uma explicação é considerada satisfatória quando é também considerada digna de crença, de forma que os critérios de satisfação e crença

foram utilizados de forma coerente pelos alunos e uma explicação satisfatória é incorporada como instrumento intelectual dos estudantes.

Esses resultados corroboram os estudos realizados por Brockington (2011) para quem a emoção possui um papel fundamental na aprendizagem de conhecimentos científicos, em particular os de Física. Para ele a construção do conhecimento não ocorre apenas pela razão, sofrendo forte influência da emoção. Ele ainda discute que são poucos os resultados que permitem um aprofundamento no tema, fazendo com que as pesquisas sobre a influência das emoções na aprendizagem de ciências aparentem ser ingênuas e prescritivas.

Podemos assim concluir que, embora sejam necessários mais estudos na área, é fato que todo o sistema nervoso central está envolvido na questão da aprendizagem e, portanto, todas suas dimensões (biológicas, psicológicas, afetivas e emocional) devem ser levadas em consideração no momento da aprendizagem.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A neurociência tem apontado que o desenvolvimento do cérebro se forma na dinâmica cotidiana das reações do indivíduo ao meio, e que as funções de cognição e emoção estão relacionadas de forma que mesmo sendo sistemas distintos, não é possível perceber a barreira que os separa, estando intimamente relacionados.

Assim, o processo de aprendizagem humana envolve ao menos a memória e a emoção, somando a estes outros que são os próprios mediadores das ações humanas, como o desenvolvimento e a utilização de sistemas simbólicos, principalmente a linguagem e o papel da cultura no processo de desenvolvimento humano.

Visando a relação entre emoção e cognição, a linha das teorias de aprendizagem que mais se adequa é a humanista que defende que a aprendizagem é um processo pessoal, de caráter vivencial no centro da qual está a pessoa enquanto ser que pensa, sente e vive, não excluindo os aspectos emocionais, pelo contrário, considera-os determinantes sobre o que se retém e o que se aprende de tal forma que o desenvolvimento social e emocional do educando são tão importantes como o desenvolvimento intelectual.

Nesse contexto, Paulo Freire propõe uma nova teoria de educação fundamentada nos princípios da politicidade e da dialogicidade cuja base está no amor, e Carl Rogers defende que é necessário ter uma boa relação entre o aprendiz e o professor, tendo confiança e aceitação de ambas as partes, e para ele a aprendizagem é a que provoca uma modificação no sujeito ou em suas atitudes, evidenciando o aprendizado.

O processo de cognição é desenvolvido através da aprendizagem por exposição direta às fontes de informações e pelas experiências de interações mediadas ou não por outros indivíduos. Dessa forma, é necessário uma aprendizagem contextualizada pelas interações sócio-culturais e afetivas, com um relacionamento interpessoal afetuoso e de interesse tanto do professor quanto do aluno, para que juntos possam aprender e despertar bons sentimentos já que mudanças sutis em nossos estados afetivos podem ter um grande impacto no que e como pensamos e podem gerar sentimentos de interesse e encantamento.

Apesar de indícios que as emoções participam dos processos de cognição, os trabalhos que exploram o afeto no âmbito de ensino de ciências são escassos, muito provavelmente pelo fato da visão racional da ciência, desassociando a razão dos sentimentos.

REFERÊNCIAS

- AFRA, N.; OSTA, I.; AL et. Students' alternative conceptions about electricity and effect of inquiry-based teaching strategies. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 7, n. 1, p. 103 – 132, 2009.
- ALBERT, E. F. Development of the concept of heat in children. **Science Education**, v. 62, n. 3, 1978.
- ALSOP, S. Seeking emotional involvement in science education: Food-chains and webs. **School science review**, v. 83, n. 302, p. 63–68, 2001.
- AVZARADEL, J. R. **Linguagem e Construção do Pensamento Conceção e organização**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2006.
- BROCKINGTON, G. **Neurociência e Educação: investigando o papel da emoção na aquisição e uso do conhecimento científico**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- COLL, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. **Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- CUSTÓDIO, J. F. **Explicando explicações na educação científica: domínio cognitivo, status afetivo e sentimento de entendimento**. Dissertação (Educação Científica e Tecnológica) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- DARWIN, C. **A expressão das emoções no homem e nos animais**. São Paulo: Companhia de Bolso, 2009.
- EBBINGHAUS, H. **Memory: a contribution to experimental psychology**. New York: Teachers college, Columbia university, 1913.
- FONSECA, V. **Cognição Neuropsicologia e Aprendizagem: abordagem neuropsicológica e psicopedagógica**. Rio de Janeiro: Vozes, 2007.
- FORGAS, J. F. **Feeling and thinking: the role of affect in social cognition**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- FREIRE, P. **Educação e mudança**. 9. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1983.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GAZZANIGA, M. S. **The cognitive neuroscience of mind: a tribute to Michael S. Gazzaniga**. 2. ed. Londres: MIT press, 2000.
- GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUN, G. R. **Cognitive Neuroscience**. 3. ed. Londres: MIT press, 2009.
- KANDEL, E. R. S.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Principles of Neural Science**. 3. ed. New York: Appleton e Lange, 2000.

- LAUKENMANN, M. An investigation of the influence of emotional factors on learning in physics instruction. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 4, p. 489 – 507, 2003.
- LEWIS, M.; HAVILAND-JONES, J. M.; BARRETT, L. F. (Ed.). **Handbook of Emotions**. 3. ed. New York: The Guilford Press, 2008.
- LIMA, E. S. **Neurociência e Aprendizagem**. São Paulo: Ed. Inter Alia, 2007.
- LIMÓN, M.; MASON, L. (Ed.). **Reconsidering conceptual change: issues in theory and practice**. Nova York: Springer, 2002.
- MATTHEWS, M. R. Constructivism and science education: Some epistemological problems. **Journal of Science Education and Technology**, v. 2, n. 1, p. 359 – 370, 1993.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 2011.
- MORTIMER, E. F. **Linguagem e Formação de Conceitos do Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.
- PATTAKOS, A. **Prisoners of our thoughts**. 2. ed. San Francisco: Berrett-Koehler, 2010.
- PIETROCOLA, M. **Construção e realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo**. 1. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- POSNER, G.; STRIKE, K.; AL. et. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science education**, v. 66, n. 2, p. 211 – 227, 1982.
- POSNER, M.; ROTHBART, M. Influencing brain networks: implications for education. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 9, n. 3, p. 99–103, 2005.
- RELVAS, M. P. **Neurociência e educação: potencialidades dos gêneros humanos na sala de aula**. 1. ed. Rio de Janeiro: Wak ed, 2009.
- ROGERS, C. **Liberdade para aprender**. Belo Horizonte: Interlivros, 1971.
- SCHWARZ, N.; BLESS, H. **Happy and mindless, but sad and smart? The impact of affective states on analytic reasoning. Emotion and social judgments**. 1. ed. New South Wales: Pergamon Press, 1991.
- STEAD, B. O. Exploring science students, concepts of light. **Austriac Science Teaching Journal**, v. 26, 1980.
- STERNBERG, R. J. **Intelligence, information processing, and analogical reasoning: the componential analysis of human abilities**. [S.l.]: Lawrence Erlbaum, 1977.
- STERNBERG, R. J. Implicit theories of intelligence, creativity, and wisdom. **Journal of personality and social psychology**, v. 49, n. 3, p. 607, 1985.
- TEMPLE, E.; POSNER, M. I. Brain mechanisms of quantity are similar in 5-year-old children and adults. **Proc. Natl Acad. Sci**, v. 95, p. 7836 – 7841, 1998.
- THORNDIKE, E. L. Animal intelligence: An experimental study of the associative processes in animals. In: **Psychological Monographs: general and Applied**. [S.l.: s.n.], 1898. v. 2, n. 4, p. 1 – 109.

VASCONCELOS, M. L. C.; BRITO, R. H. P. **Conceitos em educação em Paulo Freire: glosário**. Petrópolis: Vozes, 2006.

VIGOTSKI, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WATSON, J. B. John b. watson. In: **A history of psychology in autobiography**. [S.l.: s.n.], 1936. v. 3, p. 271 – 281.

WATTS, M. Science and poetry: passion v. prescription in school science? **International Journal of Science Education**, v. 23, n. 2, p. 197 – 208, 2001.

WATTS, M.; ALSOP, S. A feeling for learning: modelling affective learning in schools. **Curriculum Journal**, v. 8, n. 3, p. 351 – 365, 1997.