

Neurociência Cognitiva e Desenvolvimento Humano

CARLOS ALBERTO MOURÃO-JÚNIOR ET AL.



NEUROCIÊNCIA COGNITIVA E DESENVOLVIMENTO HUMANO

Carlos Alberto MOURÃO-JÚNIOR*

Andréa Olimpio OLIVEIRA**

Elaine Leporate Barroso FARIA***

RESUMO: O presente artigo trata-se de uma discussão conceitual sobre a neurociência cognitiva e sua interface com o desenvolvimento humano. Para tal finalidade, iniciamos com um breve histórico da neurociência cognitiva, destacando sua natureza interdisciplinar. Em seguida discutimos conceitos da neuropsicologia tais como o desenvolvimento perceptivo e cognitivo, o desenvolvimento geral do sistema nervoso, a formação do cérebro, a plasticidade sináptica e as bases celulares e moleculares da cognição. Finalmente enfatizamos que não há como separar o comportamento de sua base biológica, entendendo que o sistema nervoso é condição necessária para que o comportamento, os pensamentos e os sentimentos ocorram, ainda que não seja condição suficiente para a emergência da consciência e dos fenômenos comportamentais.

* Professor Adjunto Doutor. UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora. ICB – Departamento de Fisiologia. Juiz de Fora – MG – Brasil. 36036-900 – carlos.mourao@ufjf.edu.br

** Mestranda em psicologia. UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora. Departamento de Psicologia. Pós-Graduação em Psicologia. Juiz de Fora – MG – Brasil. 36033-900 – andreaajf@ig.com.br

*** Mestranda em psicologia. UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora. Departamento de Psicologia. Pós-Graduação em Psicologia. Juiz de Fora – MG – Brasil. 36036-900 – eleporate@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE: Neurociência cognitiva. Desenvolvimento humano.

INTRODUÇÃO

Historicamente, as ciências que se devotam ao estudo do sistema nervoso abrangem diferentes disciplinas: medicina, biologia, psicologia, física, química e matemática. A revolução das neurociências ocorreu quando os cientistas perceberam que a melhor abordagem para o entendimento da função do encéfalo vinha da interdisciplinaridade, a combinação das abordagens tradicionais para produzir uma nova síntese, uma nova perspectiva. (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002). Frente ao panorama atual das ciências que buscam explicar o homem, é possível identificar a interseção existente entre suas fronteiras, porque os limites rígidos de seus objetos e métodos são agora transpostos. Para se compreender o fenômeno humano nenhuma ciência basta por si, pois todas são necessárias. Temos várias abordagens científicas com explicações para um mesmo fenômeno e todas estão em busca de um modelo mais próximo da realidade. Então, várias ciências se uniram a partir da década de 80 do século passado constituindo as neurociências. (BARROS, et al, 2004).

Para compreender as propriedades miraculosas das funções cerebrais há que se considerar que os encéfalos humanos, na sua forma final, apareceram há somente 100.000 anos. O encéfalo dos primatas apareceu há aproximadamente 20 milhões de anos e a evolução tomou seu curso para construir o encéfalo humano de hoje, capaz de todo o tipo de façanhas maravilhosas e banais. Saber se o cérebro funciona como um todo, ou se partes dele trabalham independentemente, constituindo a mente, é o que tem alimentado muito das pesquisas modernas. (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006).

O que chamamos comumente de mente é um grupo de funções desempenhadas pelo cérebro. As ações cerebrais são subjacentes a todo comportamento, não apenas a comportamentos motores relativamente simples, como andar e comer, mas a todas as comple-

xas ações cognitivas que associamos ao comportamento especificamente humano, como pensar, falar, criar obras de arte. A tarefa da ciência neural é a de fornecer explicações do comportamento em termos da atividade cerebral, de explicar como milhões de células neurais individuais, no cérebro, atuam para produzir o comportamento e como, por sua vez, elas são influenciadas pelo ambiente, inclusive pelo comportamento de outras pessoas. (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 1997).

O objetivo deste estudo perpassa pela compreensão da abordagem da neurociência cognitiva e sua influência na psicologia cognitiva buscando, através da revisão da literatura, estudos teóricos e empíricos acerca do entendimento da cognição humana considerando as evidências sobre o comportamento e sobre o funcionamento cerebral e sobre como o funcionamento do cérebro influencia o comportamento.

Há que se considerar que a medicina foi pioneira nos estudos sobre como o encéfalo funciona, no entanto, os psicólogos começaram a defender que tinham condições de mensurar o comportamento e estudar a mente. Assim, visando o nosso objetivo, o presente estudo perpassa pelo estudo da história da neurociência cognitiva, pela natureza interdisciplinar da neurociência definindo o termo neurociência cognitiva e o termo neuropsicologia, pelo estudo da estrutura cerebral que compreende o desenvolvimento perceptivo e cognitivo, o desenvolvimento do sistema nervoso, a formação do cérebro, a plasticidade sináptica, a base celular e molecular da cognição, o lobo frontal e o desenvolvimento cognitivo.

BREVE HISTÓRICO DA NEUROCIÊNCIA COGNITIVA

A neurociência moderna está construída sobre o forte fundamento de descobertas individuais, e cada uma dessas descobertas desempenhou sua função ao revelar os mistérios do cérebro e como este promove nossos pensamentos e comportamento.

A visão acerca do funcionamento do cérebro mudou nos últimos 100 anos e continua a mudar. No século XIX, entre 1810 e

1819, Franz Joseph Gall, frenologista, acreditava que as saliências na superfície do crânio refletiam circunvoluções na superfície do cérebro e propôs que a propensão a certos traços de personalidade, como a generosidade, a timidez e a destrutividade podiam estar relacionada às dimensões da cabeça. Assim, funções básicas cognitivas como a linguagem e a percepção, esperança e auto-estima, eram concebidas como sendo mantidas por regiões específicas do cérebro. Para sustentar sua alegação, Gall e seus seguidores coletaram e mediram cuidadosamente o crânio de centenas de pessoas representando uma variedade de tipos de personalidades, desde os mais privilegiados até os criminosos e loucos. Esta nova “ciência” de correlacionar a estrutura da cabeça com traços da personalidade foi denominada de *frenologia*. (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002).

Gall propôs ainda, que o centro para cada função mental aumentaria de tamanho como resultado do uso, de forma idêntica ao aumento do tamanho de um músculo pelo exercício. Esse aumento do tamanho de uma região cerebral causaria uma distorção no crânio. Assim Gall, há 200 anos, foi o pioneiro da noção de que diferentes funções mentais são realmente localizadas em diferentes partes do cérebro – localizacionismo cerebral, porém ele estava enganado em como isso é conseguido pelo cérebro. (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 1997). Mais tarde a frenologia foi rejeitada e descartada pela comunidade científica como uma forma de charlatanismo e pseudociência, tendo, portanto, uma importância histórica, sendo suplantada pelos campos em desenvolvimento da psicologia e da neurociência. Podemos, por assim dizer que os frenólogos desempenharam um papel relevante, ainda que equivocado, nos primeiros avanços da neurociência moderna. Hoje, sabemos que existe uma nítida divisão de trabalho no encéfalo, com diferentes partes realizando funções bem distintas.

O cientista creditado por influenciar a comunidade científica a estabelecer a localização das funções cerebrais foi o neurologista francês Paul Broca, em 1861. Broca descreveu o caso de um paciente que era capaz de entender o que se dizia a ele, mas incapaz de falar. Esse paciente não apresentava qualquer problema motor

convencional em sua língua, boca ou cordas vocais passível de interferir com sua fala. Era capaz de enunciar palavras isoladas e de cantar uma melodia sem dificuldade, mas não conseguia falar gramaticalmente ou em frases completas, nem conseguia expressar seus pensamentos por escrito. O exame do cérebro desse paciente, após sua morte, revelou uma lesão na região posterior do lobo frontal esquerdo – região que, hoje, é chamada de *área de Broca* e baseado em estudos em oito pacientes com quadros semelhantes, concluiu que esta região do cérebro humano era especificamente responsável pelo controle da expressão motora da fala. (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 1997).

O trabalho de Paul Broca estimulou a busca dos locais corticais de outras funções comportamentais específicas. Em 1870, na Alemanha, o fisiologista Gustav Fritsch e o psiquiatra Eduard Hitzig eletrizaram a comunidade científica com sua descoberta de que a estimulação elétrica de determinadas regiões do cérebro do cão produzia movimentos característicos dos membros. Essa descoberta levou os neuroanatomistas a uma análise mais detalhada do córtex cerebral e sua organização celular. Assim, no ser humano, a mão direita, usada comumente para a escrita e para os movimentos que exijam habilidades, é controlada pelo mesmo hemisfério esquerdo que controla a fala e na maioria das pessoas, o hemisfério esquerdo é considerado como dominante (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 1997), responsável pelo pensamento lógico e competência comunicativa, enquanto o hemisfério direito é responsável pelo pensamento simbólico e criatividade. Nos canhotos as funções estão invertidas. O hemisfério esquerdo diz-se dominante, pois nele localiza-se a área de Broca, a área responsável pela motricidade da fala e a área de Wernicke, o córtex responsável pela compreensão verbal.

Carl Wernicke, em 1876, propôs uma teoria para a linguagem a partir do estudo de um caso de uma vítima de acidente vascular cerebral. Nesse trabalho Wernicke descreveu um novo tipo de afasia, relacionado ao distúrbio da compreensão e não da execução. Enquanto os pacientes de Broca podiam entender, mas não conseguiam falar, o paciente de Wernicke podia falar, mas

não compreendia a fala, já que o que o paciente dizia não fazia sentido nem pra ele mesmo. Segundo Wernicke as funções mentais não estariam localizadas em regiões cerebrais específicas, mas, sim, que cada função estaria difusamente representada por todo o córtex. Baseado em seus achados e nos resultados de Broca e de Fritsch e Hitzig, Wernicke propôs que apenas as funções mentais mais básicas, as relacionadas com as atividades perceptivas e motoras simples, estariam localizadas em áreas corticais únicas, e que as funções intelectuais mais complexas resultariam das interconexões entre várias regiões funcionais. Ao colocar o princípio da localização das funções dentro do arcabouço conexivo, Wernicke admitia que os diversos componentes de um mesmo comportamento seriam processados em regiões cerebrais distintas. Wernicke formulou, assim, a primeira evidência para a idéia de *processamento distribuído*, que é atualmente, a idéia central para nossa compreensão do funcionamento cerebral. (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 1997).

Assim como a linguagem apresenta evidências anatômicas convincentes, segundo as descobertas de Michael Posner e Marcus Raichle, em 1988, as características afetivas e traços de personalidade são também anatomicamente definidos. Embora a localização do afeto (emoções) ainda não esteja mapeada de maneira precisa, as funções motoras, sensoriais e cognitivas, foi demonstrada de maneira contundente. (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 2003).

No entanto, a grande revolução na compreensão sobre o sistema nervoso ocorreu no final do século XIX quando Camillo Golgi e Santiago Ramón y Cajal fizeram descrições detalhadas das células nervosas. Golgi desenvolveu uma maneira de corar os neurônios com sais de prata, visualizando no microscópio sua estrutura: um corpo celular e ramificações dendríticas de um lado e um axônio em forma de cabo do outro. Cajal conseguiu corar os neurônios separadamente, usando as técnicas de Golgi. Ele foi o primeiro a identificar não somente a natureza unitária do neurônio, mas também a transmissão de informação elétrica em uma única direção, dos dendritos para a extremidade do axônio. (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006).

No início do século XX, surgiu na Alemanha, uma nova escola de localização cortical, liderada pelo anatomista Korbinian Brodmann. Essa escola buscou diferenciar as diversas áreas funcionais do córtex cerebral com base nas diferenciações das estruturas celulares e na organização característica dessas células em camadas. Usando esse método *citoarquitetônico*, Brodmann distinguiu 52 áreas, funcionalmente distintas, no córtex cerebral humano (KANDEL; SCHWARTZ; JESSELL, 1997). Foi subsequentemente descoberto que muitas, porém não todas das áreas identificadas por Brodmann correspondem a áreas funcionalmente distintas e encontramos referência a áreas como BA17, que significa Área 17 de Brodmann (EYSENCK; KEANE, 2007).

Assim, no começo do século XX, já existiam evidências convincentes, funcional e anatômica, para a existência de muitas áreas distintas no córtex, e para algumas delas podia ser atribuída participação específica em determinados comportamentos. No final de 1930, Edgar Adrian, na Inglaterra e Wade Marshall e Philip Bard, nos Estados Unidos, comprovaram que estímulos aplicados sobre a superfície corporal (no caso de um gato) geravam atividades elétricas em áreas específicas do córtex cerebral descritas por Brodman. No final de 1950, Wilder Penfield usou pequenos eletrodos para estimular o córtex cerebral de pacientes que, em neurocirurgias, estavam despertos e assim, conseguiu confirmar as áreas descritas por Broca e Wernicke. Mais recentemente, George Ojemann descobriu outras áreas essenciais para a linguagem, indicando que as redes neurais para a linguagem são maiores do que aquelas delimitadas por Broca e Wernicke. (TABACOW, 2006).

Assim, a neurociência continua a revelar a surpreendente complexidade e a especialização do córtex cerebral. A partir de 1990, ocorreu um grande avanço nos estudos sobre o cérebro, através do desenvolvimento tecnológico e uso de técnicas como a IRMf – Imagem por Ressonância Magnética Funcional e a Tomografia por Emissão de Pósitrons. Os avanços tecnológicos permitem várias maneiras de obter informações detalhadas sobre a estrutura e o funcionamento do cérebro, como por exemplo, nos ajuda a ver quais regiões do cérebro ficam relativamente mais ativas quan-

do um pensamento, emoção ou comportamento correspondente acontece. Hoje, é possível estabelecer onde e quando ocorrem no cérebro os processos cognitivos específicos. Essa informação pode permitir determinar a ordem em que diferentes partes do cérebro tornam-se ativas quando alguém está realizando uma tarefa, além de permitir também se duas tarefas envolvem as mesmas partes do cérebro da mesma maneira ou se há diferenças consideráveis. (EYSENCK; KEANE, 2007).

DESENVOLVIMENTO PERCEPTIVO E COGNITIVO

Entender sobre o desenvolvimento de habilidades mentais é fundamental para compreender a organização e o funcionamento da mente humana. Uma abordagem comum em neurociência é correlacionar à maturação de funções cognitivas específicas com um estágio particular do desenvolvimento neural.

Segundo Gazzaniga, Ivry e Mangun (2006), a diferença existente entre as capacidades dos recém-nascidos e a dos adultos são visíveis. Recém-nascidos não caminham, não seguram objetos, não falam nem compreendem quando falamos com eles. Essas diferenças podem ser elucidadas de duas maneiras: os recém-nascidos podem ter todas as capacidades dos adultos, mas ainda não obtiveram, pela experiência, suas habilidades; e, em contraste, recém-nascidos podem diferir dos adultos em capacidades neurais e/ou cognitivas. A primeira hipótese coloca os recém-nascidos como possuidores de um circuito neural completamente formado, à espera das aferências e dos sinais do ambiente para que o desenvolvimento ocorra. A última propõe que recém-nascidos ainda não possuem estruturas neurais e cognitivas para agir como um adulto e que esse desenvolvimento abarca mudanças radicais e qualitativas. Essa visão tem sido amplamente aceita pelas teorias do desenvolvimento com base em evidências tanto neurais quanto psicológicas.

Uma teoria clássica de que recém-nascidos diferem significativamente dos adultos vem do cientista suíço Jean Piaget. Piaget considerava que a aquisição do conhecimento é um processo e como tal

deveria ser estudado de maneira histórica, abrangendo o modo como o conhecimento muda e evolui. Desse modo, define sua epistemologia genética como a disciplina que estuda os mecanismos e processos mediante os quais se passa de “[...] estados de menor conhecimento aos estados de conhecimento avançado.” (PIAGET, 1971, p.8).

Para Piaget, no processo de aquisição de novos conhecimentos, o sujeito é um organismo ativo que seleciona as informações que lhe chegam do mundo exterior, filtrando-as e dando-lhes sentido. (PIAGET, 1971). Conhecer, em sua percepção, é atuar diante da realidade modificando-a por meio de ações. Nesse sentido, atuar não significa essencialmente realizar movimentos e ações externas. Esse seria o caso de crianças pequenas que precisam manipular a realidade que as envolve, para entendê-la. Na maioria dos casos, essa atividade é interna, mental, ainda que possa se basear em objetos físicos. Ao contar, comparar, classificar, embora haja imobilidade do sujeito, ele está ativo mentalmente.

De acordo com Piaget, todas as crianças passam por quatro estágios cognitivos mais ou menos na mesma idade, independentemente da cultura em que vivem. Nenhum estágio pode ser omitido, uma vez que as habilidades adquiridas em estágios anteriores são essenciais para os estágios seguintes.

No estágio *sensório-motor* a criança explora o mundo e desenvolve seus esquemas principalmente por meio de seus sentidos e atividades motoras. Vai do nascimento até o período de “linguagem significativa” (por volta de 2 anos). Durante esse estágio, as crianças têm conceitos rudimentares dos objetos de seu mundo. Um conceito adquirido durante esse estágio é o de permanência do objeto: habilidade de saber que um objeto não deixa de existir simplesmente porque saiu de nosso campo de visão. Aos quatro meses, crianças que brincam com um objeto que será depois escondido, agem como se ele jamais estivesse existido. Ao contrário, um bebê com 10 meses procura ativamente um objeto que foi escondido embaixo de um pano ou por trás de uma tela. “Ele tem a consciência de que o objeto continua existindo, mesmo quando não está visível.” (PIAGET; INHELDER, 2003, p.20).

O sucesso em tarefas como essa marca o fim do estágio de inteligência sensório-motora, pois é o resultado de uma habilidade recém-desenvolvida para representar objetos e atos que não estão mais em seu campo de visão. Assim, as crianças exibem a permanência de objetos quando não tem mais dificuldade de conceitualizar a presença de um objeto fora do campo de visão.

Estudos sugerem que Piaget possa ter subestimado as habilidades infantis, questionando sobre a natureza limitada das capacidades de um recém-nascido no domínio da integração sensório-motora, da integração intermodal e da percepção de objetos. Os críticos de Piaget argumentam que um recém-nascido tem alguma forma de integração de experiências sensoriais por meios das modalidades da visão, da audição e do tato. Por exemplo, crianças recém-nascidas, quando dado suporte de cabeça é adequado, podem buscar localizar, visualmente, a origem de sons emitidos no ambiente. Isso sugere uma habilidade bem-desenvolvida de integração intermodal visual e auditiva. (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2006).

Baillageron (1990) demonstrou que crianças pequenas de apenas alguns meses, normalmente percebem objetos parcialmente escondidos. Ela mostrava um objeto para as crianças e colocava-o atrás de um painel vertical que impedia sua visão. O painel era, então, derrubado, de duas formas distintas. Na primeira, o painel era derrubado e batia no objeto colocado atrás dele, como seria esperado. Na segunda, o painel era derrubado, mas o objeto havia sido removido secretamente, fazendo com que o painel caísse direto na superfície da mesa. Nestas tarefas, as crianças mostravam mais surpresa na segunda condição que na primeira.

Após vários estudos em cognição, Flavell et al. (1999) assim se manifestam a respeito da teoria de Piaget, quanto aos estágios:

A teoria de Piaget, entretanto, não faz afirmações apenas gerais, mas muito fortes e específicas a respeito da preponderância dos estágios da cognição em bebês, e estas afirmações não têm se sustentado em pesquisas recentes. Existem simplesmente muitos exemplos de competência mais precoce do que a espe-

rada, muitas discrepâncias no nível de desempenho que não parecem depender dos processos construtivos de ação sobre o mundo com os quais Piaget definiu seus estágios. (FLAVELL, et al., 1999, p.64).

No modelo de Piaget, temos ainda três estágios que seguem o estágio de inteligência sensório-motora. No estágio *pré-operacional* (dos 2 aos 7 anos), a linguagem progride substancialmente e a criança começa a pensar simbolicamente, usando símbolos, tais como palavras, para representar conceitos. No entanto, a criança ainda não consegue fazer operações ou processos mentais reversíveis. Neste estágio, a criança também é egocêntrica, isto é, não consegue distinguir suas próprias perspectivas das de outras pessoas, nem consegue entender que há pontos de vista diferentes dos seus. (PIAGET, 1971).

Dos 7 aos 11 anos, encontra-se o estágio de *operações concretas*. Nesse período, há a emergência de muitas habilidades importantes de raciocínio. O pensamento da criança, agora mais organizado, possui características de uma lógica de operações reversíveis. Entretanto, durante esse estágio, elas inicialmente podem realizar operações quantitativas somente com eventos concretos. Não é capaz de operar com hipóteses. (PIAGET, 1971). E dos 11 anos em diante, durante o estágio o estágio de *operações formais*, as crianças aprendem a fazer representações abstratas de relações, de acordo com Piaget. Crianças nessa idade podem generalizar relações matemáticas e manifestar pensamento hipotético-dedutivo – a habilidade de gerar e testar hipóteses sobre o mundo.

Piaget trouxe contribuições importantes, delimitando a linha do tempo do desenvolvimento cognitivo e tentando mostrar quando as crianças são capazes de realizar tarefas perceptivos, motoras e cognitivas complexas. O fato de que a idade exata para um processo particular possa ocorrer ser antes do que Piaget propôs, ou de que os estágios descritos por Piaget possam ser mais graduais do que os mencionados, não diminui significativamente o valor de seu conceito de desenvolvimento cognitivo. Além disso, descrever uma linha do tempo de maturação cognitiva é, com modificações

adequadas, útil, porque um objetivo da neurociência cognitiva é relacionar a linha do tempo de desenvolvimento cognitivo com o desenvolvimento neural para esclarecer as bases biológicas da cognição.

O SISTEMA NERVOSO

A idéia de que a vida humana inicia-se a partir da fecundação envolvendo a participação de células germinativas, masculina e feminina, data do século XIX. Antes disso e por milhares de anos, a grande maioria das pessoas acreditava que a vida iniciava-se no nascimento e que a explicação para o fato dos filhos se parecem mais com os pais do que com outros membros do grupo a que pertenciam baseava-se na hereditariedade (*Nature*: natureza biológica) ou no ambiente (*Nurture*: criação). (PINHEIRO, 2007).

A superação da questão dualista *nature-nurture*, ocorrida no século XIX, resultou no reconhecimento da participação tanto dos fatores hereditários quanto dos fatores ambientais na determinação das características físicas e comportamentais do ser humano, dando início ao paradigma interacionista. Desse modo, em relação a uma dada característica, por exemplo, a inteligência, admite-se que ela resulta da interação dos genes herdados com o ambiente (intra e extra-uterino) em que a criança se desenvolve. (PINHEIRO, 1996).

O cérebro humano é formado por quase cem bilhões de neurônios intrinsecamente conectados que permite desde a regulação de funções básicas, como a respiração, até tarefas elaboradas, tais como acreditar num conceito. (LEDOUX, 2002). Todas as condutas humanas, sejam elas explícitas ou implícitas, são possibilitadas por essas redes neurais.

Pode parecer, num primeiro momento, que o desenvolvimento embrionário depende unicamente de um comando genético. Entretanto, fatores epigenéticos desempenham um papel crucial nesse processo. (LEDOUX, 2002). Por exemplo, se houver a ingestão de álcool, drogas, no período inicial da gestação, a produção

neural sofre alterações e podem surgir quadros de anencefalia, espinha bífida. (LEONARDO; HEN, 2006).

A antiga discussão natureza e cultura têm sido substituídas pela questão de como ambos – interagindo nas experiências do sujeito – contribuem para a formação do cérebro e para o estabelecimento de sinapses. (LEDOUX, 2002). A construção da intersubjetividade, a consciência de si e dos outros, o conhecimento social, a capacidade de entender as intenções alheias, entre tantas outras capacidades, só se constituem na interação e pela interação com os outros. Deparamo-nos assim, com o problema de explicar a grande adaptabilidade do cérebro frente aos variados ambientes sociais e culturais ao longo da história. Como é possível a plasticidade?

O termo plasticidade sináptica refere-se às respostas adaptativas do sistema nervoso frente aos estímulos percebidos. A maioria dos sistemas no cérebro são plásticos, ou seja, são modificados com a experiência, o que significa que as sinapses envolvidas são alteradas por estímulos ambientais captados por alguma modalidade de percepção sensorial.

O conceito de plasticidade sináptica foi definido há mais de um século pelo fisiologista Charles Sherrington e é uma propriedade essencial do desenvolvimento e uma das principais funções cerebrais. Em concordância com o conceito de plasticidade, Ledoux (2002) sustenta que o cérebro é muito sensível ao ambiente, e isso não é incompatível com um funcionamento possibilitado (mas não determinado) pelos genes. A experiência permite a aquisição de conhecimentos e de informações pelo sistema nervoso provocando alterações anatômicas em diversos locais do encéfalo e essas alterações modificam a intensidade das conexões entre as células.

As modificações sinápticas não se restringem a algum período do desenvolvimento e ocorrem em todos os momentos em que há aprendizagem. (KANDEL, 2000). O cérebro adulto se adapta constantemente aos estímulos e essa plasticidade não se manifesta apenas em comportamentos de aprendizagem e memória que indicam a base biológica da individualidade. Essas mudanças dinâmi-

cas são visíveis no processamento do sistema nervoso e podem ser estudadas de forma mais consistente no principal local que envolve a troca de informações no cérebro: a sinapse.

Na sinapse, um neurônio faz contato com outro neurônio, induzindo a liberação de mediadores químicos (neurotransmissores). Há também sinapses elétricas, caracterizadas pelo fluxo de correntes elétricas; e eletro-químicas, onde coexistem diversos tipos de moléculas sinalizadoras. Estima-se que cada um dos bilhões de neurônios que formam o sistema nervoso é capaz de realizar milhares de sinapses individuais, excitatórias, inibitórias ou regulatórias, aumentando a complexidade do sistema nervoso. (KANDEL, 2000).

Estudos em animais e seres humanos têm atribuído ao córtex pré-frontal o desenvolvimento das funções cognitivas. (FUSTER, 2002). De acordo com Brodmann (apud FUSTER, 2002), o córtex pré-frontal constitui 3,5% da totalidade do córtex no gato, 12,5% em cães, 11,5% no macaco, 17% do chimpanzé e 29% em humanos. Indiscutivelmente, o crescimento desproporcional é uma inferência legítima que essa expansão evolutiva do córtex, está intimamente relacionado com a evolução das funções cognitivas.

Tem sido discutido, com base na neuropsicologia e dados linguísticos, que o desenvolvimento cognitivo da criança está intimamente dependente do desenvolvimento de mielina cortical (GIBSON apud FUSTER, 2002), mas até a publicação de recentes estudos de neuroimagem mencionado acima, no entanto, não tinha sido imaginado que no ser humano a mielinização das áreas de maior associação, nomeadamente o córtex pré-frontal, não está completa até a terceira década de vida.

O córtex do lobo frontal é excepcionalmente bem relacionado com outras estruturas do cérebro. As sucessivas áreas interligadas que constituem uma via cortical estão conectadas umas com as outras de acordo com os princípios de conectividade que prevalecem em todo o sistema nervoso central. Sob condições fisiológicas e anatômicas, as áreas de cada percurso é hierarquicamente organizada.

A principal função e também a mais geral do córtex pré-frontal é a organização temporal de ações para objetivos biológicos ou cognitivos. (FUSTER, 1997). Esta é a essência do papel do córtex pré-frontal, em geral, a execução de todas as formas de ação (somática, movimento do olho, comportamento emocional, desempenho intelectual, etc.). Além do mais, a participação do córtex pré-frontal na escolha entre alternativas, na tomada de decisões e na execução temporalmente estruturada da ação são as razões pelas quais este córtex também foi considerado o “central-executivo”.

A NATUREZA INTERDISCIPLINAR DA NEUROCIÊNCIA

A natureza interdisciplinar da neurociência implica certa sobreposição e diálogo com disciplinas ou campos de conhecimentos variados como a neuropsicologia, a neuropsiquiatria, a neurolinguística. A neurociência transita pela área biológica, em que algumas questões relevantes consistem no modo como os circuitos são formados e operam anatômica e fisiologicamente a fim de produzir as funções fisiológicas, tais como os reflexos, integração dos sentidos, coordenação motora, respostas emocionais, aprendizagem e memória. Ao nível cognitivo a neurociência lida com questões acerca do modo como as funções psicológicas/cognitivas são geradas pelos circuitos neuronais. Com o advento das novas técnicas de medida da neuroimagem, da eletro-fisiologia e da análise genética humana, combinadas às técnicas experimentais sofisticadas da psicologia Cognitiva os neurocientistas e psicólogos podem formular questionamentos mais sofisticados, como por exemplo, como a cognição e a emoção humanas são mapeados e que circuito neuronais específicos estão em atividade?

A neurociência cognitiva é a ciência que busca entender como a função cerebral dá lugar às atividades mentais, tais como a percepção, a memória, a linguagem, incluindo a consciência (ALBRIGHT; KANDEL; POSNER, 2000; SIERRA-FITZGERALD; MUNÉVAR, 2007), considerando aspectos da normalidade e de alteração. A tarefa da ciência neural hoje é a de

fornecer explicações do comportamento em termos da atividade cerebral, de explicar como milhões de células neurais individuais, no cérebro, atuam para produzir o comportamento e como, elas são influenciadas pelo ambiente.

Existem alguns questionamentos da parte de alguns pesquisadores acerca da análise da função cerebral que a neurociências se ocupa, isto, questiona-se se estas são suficientemente refinadas para verdadeiramente esclarecer sobre a relação entre comportamento humano e função cerebral. (BARROS, et al., 2004). No entanto, encontramos respostas esclarecedoras a esses questionamentos. O desenvolvimento da neurociência cognitiva conduz a uma epistemologia não-reducionista, que trabalha com distintos, mas inter-relacionados níveis de análise. Diferentes metodologias são usadas para a observação de diferentes níveis de organização da estrutura e funções cerebrais, obtendo-se entendimento detalhado de mecanismos cognitivos no cérebro animal. Modelos mais amplos procuram integrar esse conhecimento empírico e descobrir os princípios fundamentais das funções cognitivas de cérebro. (JÚNIOR, 2001).

A neuropsicologia, um dos campos de estudo da neurociência é uma área de conhecimento que trata da relação entre cognição e comportamento e a atividade do sistema nervoso em condições normais e patológicas. A neuropsicologia cognitiva está preocupada com os padrões de desempenho cognitivo intacto e deficiente apresentados pelos pacientes com lesão cerebral, pois para os neuropsicólogos cognitivos, o estudo de pacientes com lesão cerebral pode revelar muito sobre a cognição humana normal. (EYSENCK; KEANE, 2007; COSENZA; FUENTES; MALLOY-DINIZ, 2008). Este campo compreende o estudo da relação entre as funções neurais e psicológicas e o estudo do comportamento ou mudanças cognitivas que acompanham lesões em partes específicas do cérebro sendo que estudos experimentais com indivíduos normais também são comuns. Assim, se um indivíduo com lesão em determinada área cerebral mostra um déficit cognitivo específico, então essa área poderá estar envolvida na função cognitiva afetada. O estudo aprofundado de indivíduos

com lesão permite compreender o funcionamento cognitivo normal.

A neuropsicologia é o campo das neurociências em que ocorre a intersecção das ciências cognitivas com as ciências do comportamento, e ela engloba ambas. A neuropsicologia tem ramificações que alcançam muitas outras facetas do conhecimento como a psiquiatria. Os psiquiatras se preocupam em saber como, onde e em quais circuitos cerebrais ocorre a ação medicamentosa. Esquizofrenia, depressão, ansiedade, transtornos obsessivo-compulsivos e outras manifestações psiquiátricas são hoje estudadas à luz de seu substrato biológico cerebral. Nesse contexto, o neuropsicólogo participa da avaliação das funções cognitivas e da terapia cognitivo-comportamental. A pedagogia também tem utilizado dos conhecimentos dos mecanismos cerebrais envolvidos na aprendizagem. À medida que ocorre maturação e a especialização das redes neuronais ao longo do desenvolvimento infantil e a participação das diferentes áreas cerebrais na aprendizagem, o material aprendido, por exemplo, a alfabetização, influencia a organização cerebral. (MENDONÇA; AZAMBUJA; SCHLECHT, 2008).

Há uma relação direta entre as neurociências e a educação, se considerarmos a significância do cérebro no processo de aprendizagem do indivíduo, assim como o contrário. O estudo da aprendizagem une de modo inevitável a educação e a neurociência (GOSWANI, 2004). Esta última incide o seu estudo na relação entre o funcionamento neurológico e a atividade psicológica, dando ênfase à análise do comportamento, como a manifestação última da atividade do sistema nervoso. (POSNER; ROTHBART, 2005). A aprendizagem depende da neuroplasticidade e pode ser entendida como um processo pelo qual o sistema nervoso reestrutura funcionalmente suas vias de processamento e representação da informação (GEAKE; COOPER, 2003; MOURÃO-JÚNIOR; ABRAMOV, 2011).

A sociedade criou expectativas em relação ao que as neurociências podem trazer à educação, sendo algumas dessas crenças falsas. A procura de respostas não deve incidir na questão de como a ciên-

cia do cérebro é aplicada à prática educativa, mas sim naquilo que os educadores precisam saber e como podem ser informados pela investigação neurocientífica.

O ponto de partida para o entendimento mútuo passa pela utilização de um vocabulário que seja igualmente entendido por neurocientistas e educadores. Os próprios problemas de investigação devem responder a questões elaboradas pelo trabalho conjunto de modo a ir de encontro aos reais problemas que ocorrem nos contextos educativos. Quanto maior for o diálogo, menos espaço haverá para interpretações erradas, sendo mais esclarecedor por todas as partes.

O desenvolvimento da neurociência é verdadeiramente fascinante e gera grandes esperanças de que, em breve, novos tratamentos estarão disponíveis para uma grande gama de transtornos e distúrbios do sistema nervoso que debilitam e incapacitam milhões de pessoas anualmente.

Concluindo, não há como separar o comportamento de sua base biológica. Entretanto é importante ressaltar que o sistema nervoso é apenas condição necessária para que o comportamento, os pensamentos e sentimentos ocorram. Nunca foi e nunca será pretensão da neurociência afirmar que o sistema nervoso seja condição suficiente para a emergência de tais processos. Não cabe à neurociência discutir construtos como a consciência e nem tampouco tentar solucionar dilemas metafísicos, tais como a possível dualidade mente/cérebro, a questão dos *qualia* ou a causação psicofísica. A despeito do que dizem os críticos da neurociência, esta tem somente um único objetivo: tentar compreender o sistema nervoso, e nada mais! O máximo que podemos afirmar é que os nossos pensamentos e sentimentos são produtos de estímulos que delinham e modelam o encéfalo, sendo que o ambiente social, atuando sobre um substrato genético, é uma poderosa força moduladora para este processo.

COGNITIVE NEUROSCIENCE AND HUMAN DEVELOPMENT

ABSTRACT: *The present article is a conceptual discussion about cognitive neuroscience and its interface with human development. For this purpose, we begin with a brief history of cognitive neuroscience, emphasizing its interdisciplinary nature. Afterwards we discuss some concepts of neuropsychology such as perceptual and cognitive development, general development of the nervous system, the formation of the brain, synaptic plasticity and cellular and molecular bases of cognition. Finally we emphasize that there is no way to separate the behavior from its biological basis, understanding that the nervous system is a necessary condition for the occurrence of behavior, thoughts and feelings, though it may not be a sufficient condition for the emergence of consciousness and behavioral phenomena.*

KEYWORDS: *Cognitive neuroscience. Human development.*

REFERÊNCIAS

ALBRIGHT, T. D.; KANDEL, E. R.; POSNER, M. I. Cognitive neuroscience. **Current Opinion in Neurobiology**, London, n.10, v.5, p.612-624, 2000.

BAILLARGEON, R. Reasoning about the height and location of a hidden object in 4.5 and 6.59 month-old infants. In: _____. **Cognition**. Illinois: Elsevier Science Publishers B.V., n.38, 1990. p.13-42.

BARROS, C. E., et al. O organismo como referência fundamental para a compreensão do desenvolvimento cognitivo. **Revista Neurociências**, São Paulo, n.12, v.4, p.21-216, 2004.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências**: desvendando o sistema nervoso. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

COSENZA, R. M.; FUENTES, D.; MALLOY-DINIZ, L. A evolução das idéias sobre a relação entre cérebro, comportamento e cognição. In: _____. **Neuropsicologia: teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2008. p.15-19.

EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. **Manual de psicologia cognitiva**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FLAVELL, J. H. et al. Frontal lobe and cognitive development. **Journal of Neurocytology**, Boston, n.31, p.373-385, 2002.

_____. **Desenvolvimento cognitivo**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999.

FUSTER, J. M. Network memory. **Trends in Neurosciences**, Amsterdam, n.20, p.451-459, 1997.

GAZZANIGA, M. S.; IVRY, R. B.; MANGUM, G. R. Breve história da neurociência cognitiva. In: _____. **Neurociência cognitiva: a biologia da mente**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

GEAKE, J; COOPER, P. Cognitive neuroscience: implication for education? **Westminster Studies in Education**, Oxfordshire, n.26, p.7-20, 2003.

GOSWANI, U. Neuroscience and education. **British Journal of Educational Psychology**, Leicester, n.74, p.1-14, 2004.

JÚNIOR, A. P. **Questões epistemológicas da neurociência cognitiva**. 2001. 129f. Tese (Livre-Docência) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

KANDEL, E. R. Cellular mechanisms of learning and the biological basis of individuality. In. KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSEL, T. M. **Principles of Neural Sciences**. New York: McGraw-Hill, 2000. p.1247-1279.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Fundamentos da neurociência e do comportamento**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1997.

_____. **Princípios da neurociência**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2003.

LEDOUX, J. **Synaptic self**: how our brains become who we are. New York: Viking, 2002.

LEONARDO, E. D.; HEN, R. Genetics of affective and anxiety disorders. **Annual Review of Psychology**, Palo Alto, n.57, p.117-137, 2006.

MENDONÇA, L. I. Z.; AZAMBUJA, D. A.; SCHLECHT, B. B. G. Neuropsicologia no Brasil. In: _____. **Neuropsicologia: teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2008. p.411-424.

MOURÃO-JÚNIOR, C. A.; ABRAMOV, D.M. **Fisiologia essencial**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

PIAGET, J. **A epistemologia genética**. Rio de Janeiro: Vozes, 1971.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A psicologia da criança**. Rio de Janeiro: Difel, 2003.

PINHEIRO, M. Fundamentos de neuropsicologia: o desenvolvimento cerebral da criança. **Vita et Sanitas**, Goiânia, v.1, n.1, 2007.

PINHEIRO, M. A inteligência: uma contribuição da biologia ao processo educativo. **Revista Educar**, Curitiba, n.12, p.39-49, 1996.

POSNER, M. I.; ROTHBART, M. K. Influencing brain networks: implications for education. **TRENDS. Cognitive Sciences**, White Ridge, n.9, v.3, p.99-103, 2005.

SIERRA-FITSZGERALD, O.; MUNÉVAR, G. Nuevas ventanas hacia el cérebro humano y su impacto en la neurociencia cognoscitiva. **Revista Latinoamericana de Psicología**, Bogotá, n.39, v.1, p.143-157, 2007.

TABACOW, L. S. Contribuições da neurociência cognitiva para a formação de professores e pedagogos. Campinas: PUC-Campinas, 2006.