

# FUNDAMENTOS DE NEUROPSICOLOGIA - O DESENVOLVIMENTO CEREBRAL DA CRIANÇA

Marta Pinheiro<sup>1</sup>

## RESUMO

O artigo aprofunda aspectos do desenvolvimento normal do sistema nervoso, com vistas a contribuir na formação de educadores. São discutidas as transformações que ocorrem no sistema nervoso, antes (macroestrutura) e depois (microestrutura) do nascimento, destacando-se que estas resultam de interações entre as heranças biológica e sócio-histórico-cultural da criança e constituem a base de sua aprendizagem.

**Palavras-chave:** neurobiologia, neuropsicologia, aprendizagem, desenvolvimento humano.

---

<sup>1</sup> Professora doutora do Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná. E-mail: dtfe@ufpr.br

## **1 INTRODUÇÃO**

A neuropsicologia ou neurociência cognitiva pode ser definida como a ciência que investiga a relação sistema nervoso, comportamento e cognição. Suas raízes são milenares, mas foi apenas no século XIX que o paradigma materialista emergente propôs-se a explicar a origem da mente e sua relação com o corpo a partir do conhecimento sobre o desenvolvimento filogenético e ontogenético. (PINHEIRO, 2005/2006, p.5).

Entre os profissionais interessados pela neuropsicologia, destacam-se os educadores cujo objeto de investigação é o processo ensino-aprendizagem. Inicialmente, tal interesse estava relacionado à compreensão do não aprender da criança; dificuldades e distúrbios de aprendizagem eram entendidos como resultantes apenas de causas orgânicas e os alunos eram percebidos como doentes ou pacientes.

Esta teoria biológica (orgânica, física e/ou mental) foi posteriormente substituída pela ambiental (empírica), que admitia que a aprendizagem era sempre determinada pelos fatores do meio (estímulos adequados ou não, recebidos no âmbito familiar, escolar ou social maior).

Em ambos os casos, a crença reducionista biológica ou cultural levava o educador a aceitar a dissociação mente-corpo, defendendo a idéia de que a aprendizagem ocorria na mente da criança e que esta não tinha nada a ver com o seu corpo.

Atualmente, nenhum educador sério deixa de considerar a participação tanto da herança biológica (genótipo) quanto da herança sócio-histórico-cultural (ambiente; meio ambiente) na determinação de características físicas e comportamentais, entre elas a inteligência, de seus alunos. Neste contexto, entende-se como indispensável ao educador o estudo das bases neurais da aprendizagem.

Este artigo de revisão tem por objetivo aprofundar aspectos do desenvolvimento cerebral da criança, com vistas a fornecer subsídios para educadores.

## **2 DESENVOLVIMENTO HUMANO – CONCEPÇÕES TEÓRICAS**

A idéia de que a vida inicia-se a partir da fecundação envolvendo a participação de células germinativas, masculina (espermatozóide) e feminina (ovócito II; o gameta feminino só se transforma em óvulo quando é fertilizado e, em decorrência, sofre a segunda divisão da meiose), data do século XIX. Antes disso e por milhares de anos, a quase totalidade das pessoas acreditou que a vida iniciava-se ao nascimento e as explicações para o fato do porque os filhos se parecem mais com os pais do que com quaisquer membros do grupo a que pertencem baseavam-se na hereditariedade (*nature*; natureza biológica) ou no ambiente (*nurture*; criação).

Tais idéias distorcidas resultaram, entre outras, nas crenças da Herança do Sangue (os filhos se parecem com os pais porque recebem destes, via sangue, uma mistura de elementos) e da Herança do Sêmen (o sêmen possui a capacidade de dar vida ao novo ser; a mulher é um mero receptáculo onde se semeia o germe da vida), ambas **inatistas**<sup>2</sup> ou **inativistas**, pois admitem que o indivíduo "já nasce pronto", podendo-se aprimorar um pouco aquilo que ele é ou inevitavelmente virá a ser, pois "o que é bom já nasce feito".

Estas concepções têm até hoje inúmeros adeptos, em grande parte por estarem todas referidas no Velho Testamento - Lv 17:10-14; Gn 17:9-14; Gn 30:35-41; a sua influência pode ser percebida facilmente no cotidiano através do uso de expressões do tipo "está no sangue", "é a voz do sangue", "João é inteligente porque herdou a inteligência do pai e/ou da mãe", "filho de peixe peixinho é", entre outras. (PINHEIRO, 1995, p. 55).

Ao lado dessas crenças, destaca-se uma concepção de desenvolvimento **ambientalista (empirista)** conhecida no âmbito da Biologia como Herança dos Caracteres Adquiridos; esta em síntese admite que as condições a que os pais estão expostos ao longo da vida determinam as características da prole. John Locke (1632-1704), John B. Watson (1878-1958), Edward L. Thorndike (1874-1949) e Burrhus F. Skinner (1904-1990), entre outros, são referidos como behavioristas (comportamentalistas) porque admitiam que os processos de interação que se realizam entre as pessoas dependem da aprendizagem e nada têm a ver com o desenvolvimento das estruturas biológicas. Em outras palavras, para os teóricos referidos, todo conhecimento provém da experiência, e por isso o indivíduo é considerado um produto do meio.

---

<sup>2</sup> Inato = congênito = estar presente ao nascimento; não se refere, portanto, a causa (o que está presente ao nascimento tanto pode ser genético como não-genético ou adquirido).

A superação da questão dualista *nature-nurture*, ocorrida no século XIX, resultou no reconhecimento da participação tanto dos fatores hereditários (denominados genes<sup>3</sup>, em 1910) quanto dos fatores ambientais (intra e extra-uterinos) na determinação das características físicas e comportamentais (normais e anormais) do ser humano, dando início ao paradigma **interacionista**. Assim, em relação a um dado caráter, 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, ou seja, ninguém herda inteligência, que é um fenótipo, mas um conjunto gênico ou um genótipo. (PINHEIRO, 1996, p.45; RIDLEY, 2001, p.93-110).

Cientes de que a vida inicia-se bem antes (cerca de 9 meses) do nascimento (à termo), os pesquisadores passaram a denominar este período de intra-uterino, dedicando-lhe intensas investigações científicas, o que resultou no conhecimento de uma série de eventos críticos que acontecem após a fecundação. Em relação ao desenvolvimento cerebral da criança, admite-se atualmente que tais eventos se sucedem rapidamente até a constituição do indivíduo adulto; resumidamente, pode-se descrevê-los como se segue.

## 2 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso surge muito cedo (3<sup>a</sup> a 4<sup>a</sup> semanas pós-fecundação) no embrião, como um espessamento (conjunto de células que se proliferam por divisões mitóticas<sup>4</sup>) longitudinal do ectoderma denominado placa neural; ao invaginar-se, esta placa se transforma em goteira (ou sulco) neural e, posteriormente, em **tubo neural**. O processo de fechamento da goteira e formação do tubo resulta na presença de duas aberturas: uma superior (anterior), denominada neurópodo rostral e uma inferior (posterior), denominada neurópodo caudal; ambas normalmente se fecham por volta do 24<sup>o</sup>-28<sup>o</sup> dia de vida (quando estas aberturas

---

<sup>3</sup> O conceito de gene sofreu várias mudanças ao longo do tempo; atualmente serve para designar segmentos de DNA na sua maioria não-repetitivos, em relação a informação que contém, que apresentam atividade de transcrição e que codificam um polipeptídeo específico (FARAH, 1997, p.79).

<sup>4</sup> Denomina-se mitose a divisão celular que ocorre nas células somáticas e que resulta em células -filhas com a mesma informação genética da célula que lhes deu origem; sendo geneticamente idênticas, as células -filhas são, por definição, clones (leia mais sobre clonagem em BEIGUELMAN, 1998, p.39).

não se fecham, denominam-se as alterações decorrentes, entre elas anencefalia e espinha bífida, de defeitos de fechamento do tubo neural).

O tubo neural cresce, se contorce e se transforma em uma estrutura composta de três dilatações, conhecidas como vesículas encefálicas primitivas; estas estruturas darão origem às estruturas anatômicas principais do indivíduo adulto. A vesícula rostral é chamada prosencefalo e dá origem ao telencefalo (este, por sua vez, originará o córtex cerebral e os núcleos de base) e o diencefalo. A vesícula do meio é chamada mesencefalo; como não se modifica muito, continua sendo chamada assim. A vesícula caudal é chamada de rombencefalo e, ao se dividir, dá origem ao metencefalo (que por sua vez originará o cerebelo e a ponte) e ao mielencefalo (que originará o bulbo). Para trás do mielencefalo, o tubo neural continua cilíndrico e, gradativamente se transforma na medula primitiva e esta, na medula espinhal do indivíduo adulto. (LENT, 2001, p.33-34).

O interior das vesículas encefálicas primitivas é preenchido por um fluido orgânico (denominado líqüor ou líquido cefalorraquidiano) e dá origem aos ventrículos cerebrais e aos canais de comunicação entre eles.

A morfogênese do sistema nervoso central (SNC), que inclui o encéfalo [cérebro (telencefalo + diencefalo), cerebelo e tronco encefálico] e a medula espinhal ocorre, por outro lado, concomitantemente com a que origina o sistema nervoso periférico (SNP); neste caso, a maioria de suas estruturas (gânglios e nervos) surge a partir das cristas neurais<sup>5</sup> que se formam nos dois lados do tubo neural, quando este se fecha.

Em outras palavras, o desenvolvimento do sistema nervoso inicia-se de poucas células do embrião, denominadas **células-tronco neurais**, e sofre, ainda no útero, um explosivo crescimento chegando a atingir, a partir de sucessivas, rápidas e precisas divisões mitóticas, centenas de bilhões de células.

As células-tronco neurais são células com grande capacidade de auto-renovação, capazes de se dividir milhares de vezes, e multipotentes, pois geram as células-mãe (precursoras) que, por sua vez originam todos os tipos de neurônios e de gliócitos (células gliais ou gliais) do sistema nervoso. (KOLB; WHISHAW, 2002, p.243-244).

---

<sup>5</sup> As cristas neurais também participam da formação de outros tecidos que não fazem parte do SN; é o caso das células pigmentadas (melanócitos) da pele, bem como da porção medular da glândula supra-renal. (LENT, 2001, p. 36).

Na década de 90, descobriu-se que as células-tronco neurais continuam capazes de produzir neurônios e gliócitos na fase adulta e também no envelhecimento. No cérebro adulto, neurônios recém formados foram encontrados no hipocampo e nos bulbos olfatórios. (GAGE, 2003, p.43). Embora ainda não se conheça qual a função prática da neurogênese adulta, Lent (2001, p. 40), admite que estes achados sustentam a afirmação de que estas células multipotentes podem se tornar elementos terapêuticos na regeneração do tecido nervoso lesado.

Os gliócitos formam a maior parte das células do SNC, sendo cerca de 10 a 15 vezes mais numerosas que os neurônios. (ANNUNCIATO; DA-SILVA, 1995, p.38). O conhecimento sobre o papel dos gliócitos cresceu muito nas últimas décadas; inicialmente relacionados apenas à prestação de serviços de apoio aos neurônios (afastando patógenos, mantendo saudável o equilíbrio iônico ao redor dos neurônios e os isolando de interferência elétrica), os gliócitos passaram a ser compreendidos como células que produzem e veiculam sinais químicos de orientação do crescimento e da migração dos neurônios, participando também, entre outros, na nutrição, sustentação, regeneração e controle do metabolismo neural. (LENT, 2001, p.14; KREBS; HÜTTMANN; STEINHÄUSER, 2005, p.63).

Para efeitos didáticos, os sucessivos eventos que fazem parte do desenvolvimento cerebral da criança aparecem abaixo divididos em fases ou estágios.

## 2.1 EVENTOS ADITIVOS/ PROGRESSIVOS

### **Indução neural**

Apenas uma parte do total de células ectodérmicas do embrião é induzida a formar o sistema nervoso (as demais formarão a pele e seus anexos).

O evento principal da indução resulta da interação entre o ectoderma e o mesoderma subjacente. O mesoderma forma-se, filo e ontogeneticamente, após o ectoderma e a sua seqüência de formação é determinante na diferenciação de parte do ectoderma em encéfalo e medula espinhal.

A região do ectoderma que sofre indução transforma-se em neuroectoderma, dando início a neurulação, isto é, a ativação de genes (neurogenes) que sintetizam proteínas específicas do tecido nervoso, levando a transformação gradativa dessas

células precursoras em células neurais. Assim, a regulação da expressão gênica é central na neurogênese. (SHEPHERD, 1994, p.200; LENT, 2001, p.38).

### **Proliferação celular**

Esta fase é marcada pelo surgimento de células-filhas a partir de **células-precursoras**. As precursoras gliais quase sempre recomeçam novo ciclo, mantendo esta capacidade mesmo na vida adulta; a maioria das precursoras neurais, contudo, interrompe o ciclo celular para migrar, não reiniciando um novo ciclo.

A proliferação celular se intensifica após a formação do tubo neural, e este passa a ser formado de várias camadas celulares. As vesículas primitivas surgem à partir de transformações morfogênicas do tubo neural, decorrentes em grande parte da intensa atividade proliferativa.

### **Migração e agregação seletiva**

Os neuroblastos começam a migrar a partir da 5ª semana de vida intra-uterina, com o surgimento dos gliócitos radiais que fornecem sustentação para o movimento de migração. Annunziato e da-Silva (1995, p.39) destacam, contudo, que deve haver outras formas de direcionamento do processo migratório neural, já que muitos neuroblastos migram para regiões do SNC onde não foram evidenciadas fibras radiais.

Até o final do quinto mês se completa a maior parte da migração do que será o futuro córtex cerebral, mas o processo de continua (agora mais lento) até o nascimento. (REED, 2005, p.396).

Uma vez em seus locais de destino, ocorre a fase de agregação isto é, neurônios jovens afins se agrupam e iniciam a formação de camadas ou núcleos; desse modo, se constituem as entidades cito-arquitetônicas características do sistema nervoso adulto às quais se atribui unidade funcional, ou seja, participação coletiva numa mesma função.

### **Diferenciação/maturação neural**

A fase de diferenciação neural consiste na gradativa expressão dos fenótipos neurais: no *plano morfológico*, o corpo celular (soma) aumenta em volume e o citoplasma emite prolongamentos (que se diferenciam em dendritos<sup>6</sup> e axônio<sup>7</sup>) até que a célula assuma sua forma madura característica; no *plano bioquímico*, os neurônios diferenciados começam a sintetizar moléculas que garantirão a função neural madura e no *plano funcional*, surgem e amadurecem no neurônio os diferentes sinais elétricos que serão utilizados para gerar, receber e transmitir informações. (LENT, 2001, p.42-43). Na fase de diferenciação, portanto, o neuroblasto adquire a sua forma madura característica e se transforma em neurônio propriamente dito.

O fenótipo neural resultante surge a partir das interações do genótipo com o meio intra e extra-celular e por isso, embora todos os neurônios tenham os mesmos genes (sendo portanto clones), a expressão de diferentes genes concorre para o surgimento de cada tipo de neurônio.

## **Sinaptogênese**

A especialização morfo-químico-funcional permite a formação de conexões entre neurônios ou entre neurônios e estruturas efetadoras (musculatura estriada, por exemplo). Estas conexões ou contatos por contigüidade (proximidade), denominam-se sinapses e permitem a passagem do impulso nervoso entre células. As sinapses podem ser classificadas como elétricas, químicas, ou gasosas (que utilizam gases, como o NO), como transmissor. (ANNUNCIATO; DA-SILVA, 1995, p.43). As sinapses químicas são as mais comuns; nestas os neurônios sintetizam substâncias químicas genericamente denominadas neurotransmissores<sup>8</sup> que afetam (inibem ou excitam) a atividade de neurônios-alvo (eventualmente de uma célula muscular).

---

<sup>6</sup> Os dendritos são elementos receptores de impulsos nervosos; são geralmente curtos e em grande número (um único neurônio pode apresentar milhares de dendritos).

<sup>7</sup> O axônio ou fibra nervosa é o elemento emissor de impulsos nervosos; é sempre único e geralmente menor do que os dendritos. O axônio pode ser emitido ainda durante a migração, crescendo ao longo de um trajeto preciso até as células-alvo.

<sup>8</sup> Neurotransmissores são substâncias químicas produzidas por neurônios, armazenadas em vesículas e liberadas no espaço extracelular (fissura sináptica) com a função de transmitir informação entre um neurônio e outra célula localizada nas proximidades.



O cérebro infantil tem uma quantidade excessiva de sinapses; esta exuberância sináptica continua até o início da adolescência, quando então começa a ser reduzida por eventos regressivos (veja abaixo).

A sinapse é um mecanismo extremamente fino. Del Nero (1997, p.53-55) destaca que qualquer desarranjo na quantidade de neurotransmissores, e na forma e quantidade de receptores pode levar à quadros cerebrais e mentais.

A expressão a aprendizagem depende de sinapses (ROSE, 1984, p.87) é muito significativa para os educadores - ela busca destacar o fato de que não basta ter neurônios; por mais especializado que o neurônio seja enquanto célula (e ele é, de longe, a célula com maior especialização funcional do organismo), isoladamente ele não é nada. É fundamental que os neurônios estabeleçam conexões entre si, pois somente a partir da formação das redes neurais torna-se possível o aprendizado (em qualquer nível, desde o que resulta de comportamentos inatos, como sugar, chorar, bocejar, até os denominados processos mentais superiores, como o raciocínio lógico, a abstração, o planejamento). Daí se entender facilmente porque não há diferença estatisticamente significativa entre o número de neurônios de um indivíduo dito intelectualmente superior (superdotado, com altas habilidades) e um dito de inteligência normal ou mediana. O mesmo raciocínio se aplica às diferenças observadas entre os sexos em relação ao número de neurônios: embora o indivíduo do sexo masculino possa apresentar um maior número de neurônios, esta diferença (ainda que estatisticamente significativa) por si só não se traduz em maior inteligência.

## 2.2 EVENTOS SUBSTRATIVOS/ REGRESSIVOS

As etapas ontogenéticas resumidas acima – proliferação celular, migração neural, agregação seletiva, diferenciação celular e sinaptogênese - resultam em um excesso de neurônios, de circuitos neurais e de sinapses, e por isso o desenvolvimento normal do sistema nervoso também inclui os chamados eventos substrativos ou regressivos, que consistem em **retração axonal**, **degeneração sináptica**, e **morte neural**.

Isto explica porque, mesmo antes de nascer o ser humano já perde neurônios; esta perda neural é considerada normal porque ela é geneticamente programada (inclui todas as células e pode acontecer a qualquer momento, sendo contida por

fatores denominados neurotróficos). Esta morte neural recebe o nome de apoptose e é totalmente distinta da necrose; nela se admite que as perdas são benéficas, necessárias ao bom funcionamento e à sobrevivência do organismo, enquanto na necrose as mortes neurais são entendidas como patológicas por serem decorrentes de fatores externos tais como traumas, produtos tóxicos, bactérias ou vírus. E como a apoptose faz parte do desenvolvimento normal, qualquer distúrbio de sua regulação (genes responsáveis pela autodestruição da célula) pode provocar várias doenças; Alzheimer e Parkinson são exemplos de distúrbios decorrentes de apoptose excessiva que resultam em demência progressiva e irreversível, dada a perda de cognição e da memória. (HORTA ; YOUNG, 1999, p. 44).

### 2.3. MIELINOGENESE E APRENDIZAGEM

O estágio final de maturação ontogenética do sistema nervoso é marcado pelo processo de **mielinização**; este se inicia no útero (sexto mês de vida intra-uterina), se intensifica após o nascimento (por volta dos dois anos), e prossegue às vezes até a terceira década (REED, 2005, p.395). Nem todos os neurônios, contudo, são mielinizados.

A mielina é uma substância lipo-protéica produzida por certos tipos de glíocitos; estas células se enrolam em torno dos axônios, formando uma bainha isolante de mielina que, entre outros, contribui para aumentar a velocidade de propagação do impulso nervoso, atribuindo maior eficiência na transmissão da informação. Dessa forma, o processo de mielinização tem uma relação direta com a aprendizagem.

As diferentes áreas do córtex não sofrem mielinização homogênea. As regiões corticais com mielinização precoce controlam movimentos relativamente simples ou análises sensoriais, enquanto as áreas com mielinização tardia controlam as funções mentais elevadas. Assim, pode-se afirmar que a mielinização funciona como um índice aproximado da maturação cerebral. (KOLB; WHISHAW, 2002, p.253).

Miranda e Muszkat (2004, p.217) referem que existem diferenças sexuais na cronologia da mielinização; ela é mais precoce em meninas em áreas relacionadas à linguagem (o que pode, em parte, explicar nestas a superioridade no desenvolvimento das habilidades lingüísticas), e mais prolongada no hemisfério direito nos meninos (o que pode, em parte, explicar a maior habilidade destes em tarefas que envolvem o processamento visuo-espacial).

Segundo Reed (2005, p.398), contudo, a linguagem não parece tão dependente da mielinização como outras funções mentais superiores. Aspectos ligados à sinaptogênese parecem ser mais explicativos para avaliar seu desenvolvimento.

### **3 PLASTICIDADE, ESPECIALIZAÇÃO CEREBRAL E COMPORTAMENTO**

O cérebro em desenvolvimento é plástico, ou seja, capaz de reorganização de padrões e sistemas de conexões sinápticas com vistas a readequação do crescimento do organismo às novas capacidades intelectuais e comportamentais da criança.

As células em desenvolvimento têm maior capacidade de adaptação do que as maduras; por isso, com o avanço da idade e diminuição da plasticidade, a aprendizagem requer o emprego de muito mais esforço para se efetivar. Logo, as pessoas não deixam de aprender quando amadurecem, mas perdem um pouco das vantagens naturais. Ao educador, cabe lembrar que a eficácia de uma aprendizagem se relaciona fortemente com a sua continuidade (repetição), aplicação e construção de processos dinâmicos de pensamento (discussão, problematização, e argumentação). (FACCHINI, 2001, p.100).

A reorganização do cérebro em resposta a uma lesão tem crescente interesse em investigações científicas. Tais estudos constataram, contudo, que a plasticidade cerebral nem sempre deve ser entendida como adaptativa, no sentido de facilitar e/ou melhorar a vida da criança. A plasticidade pode ter aspectos negativos, por exemplo, envolvendo a formação de circuitos neurais reverberantes e com isto levando a uma maior excitabilidade da região envolvida com o processo de reorganização cerebral, o que responderia pela ocorrência de crises epiléticas ou de disfunções dos circuitos envolvidos com a memória ou com a atenção. (MIRANDA; MUSZKAT, 2004, p.219-220).

Os neurônios organizam-se em circuitos locais e estes constituem regiões corticais ou núcleos. Estes, por sua vez, interligam-se de modo a formar sistemas e sistemas de sistemas, com níveis de complexidade progressivamente mais elevados. As principais conseqüências desse arranjo, segundo Damásio (1996, p.53) são: o que um neurônio faz depende do conjunto de outros neurônios no qual o primeiro se insere; o que os sistemas fazem depende de como os conjuntos se influenciam mutuamente, numa arquitetura de conjuntos interligados; a contribuição

de cada um dos conjuntos para o funcionamento do sistema a que pertence depende da sua localização nesse sistema. Desse modo, a especialização cerebral é consequência do lugar ocupado por conjuntos de neurônios no seio de um macrosistema.

Além das influências genéticas, o sistema nervoso também sofre influência de adequados fatores ambientais para a interação das regiões cerebrais e para promover as alterações das estruturas celulares. (VASCONCELOS; CARVALHO, 2004, p.134-135). Através dos mecanismos envolvidos na aprendizagem, os eventos do ambiente podem moldar os comportamentos.

Os cérebros de uma criança e de um adulto são muito diferentes; da mesma forma, os cérebros de crianças em idades diferentes não podem ser comparados. Tais diferenças cerebrais respondem por comportamentos diferentes que, de um lado caracterizam fases de desenvolvimento mental típicas da espécie biológica (*Homo sapiens sapiens*) e, de outro, conferem a cada humano a unicidade do ser.

Segundo Kolb e Whishaw (2002, p.237), pode-se constatar a relação desenvolvimento cerebral e comportamental de três formas básicas: 1. correlacionando o surgimento de determinados comportamentos com o desenvolvimento estrutural do SN (por exemplo, o surgimento de comportamentos facilmente observáveis, tal como engatinhar – novas e complexas conexões cerebrais garantem o surgimento dessa função); 2. examinando o comportamento quanto ao surgimento de novas habilidades e fazendo deduções sobre a maturação neural subjacente (por exemplo, a observação de novas habilidades surgidas durante a adolescência tais como a capacidade de entender nuances da interação social, permite deduzir que tais habilidades devem ser controladas por estruturas neurais de maturação tardia); 3. identificando e estudando fatores que influenciam tanto o desenvolvimento cerebral quanto o comportamental (por exemplo, uma lesão cerebral – neste caso, admite-se que os eventos que alteram o desenvolvimento cerebral também alteram o desenvolvimento comportamental).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do SNC inicia-se na vida intra-uterina e sofre influências de fatores genéticos e ambientais. As pré-condições cognitivas são dadas pela herança biológica (que define a macroestrutura) sob a forma de potencial; sobre ela agem os

processos de aprendizado e memória, modelando o cérebro (microestrutura) da criança dotado de sinapses em excesso. Processos competitivos entre neurônios, resultantes de eventos progressivos e regressivos que se superpõem e interagem, determinam a estrutura e a função definitiva do cérebro.

A neuroplasticidade tem funções importantes no desenvolvimento normal do organismo. O cérebro só manterá permanentemente vivas as conexões sinápticas que permitirem o processamento eficiente de uma variedade de funções.

O desenvolvimento comportamental é restringido pela maturação das células cerebrais; desse modo, o estudo do desenvolvimento do sistema nervoso permite ao educador fazer previsões sobre quando os comportamentos irão aparecer na criança. Assim, o conhecimento sobre o desenvolvimento normal do sistema nervoso é fundamental na adoção, pelo educador, de teorias pedagógicas que levem em conta os substratos anatômicos cerebrais e os mecanismos neurofisiológicos do comportamento, pois só assim ele conseguirá maximizar as capacidades cognitivas de seu aluno.

A neuropsicologia tem importantes contribuições no conhecimento mais amplo da atividade mental infantil, permitindo ainda a detecção de problemas comportamentais e de aprendizagem que surgem durante o período de escolarização da criança.

## REFERÊNCIAS

ANNUNCIATO, N.F.; DA-SILVA, C.F. Desenvolvimento do sistema nervoso. **Temas sobre desenvolvimento**, São Paulo, v.4, n.24, p.35-46, abr. 1995.

BEIGUELMAN, Bernardo. Saiba mais sobre clones. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, v.23, n.137, p.39-43, abr. 1998.

DAMASIO, Antônio R. **O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DEL NERO, Henrique S. **O sítio da mente**. São Paulo: *Collegium Cognitio*, 1997.

FACCHINI, Luciana. Brainpower: a compreensão neuropsicológica do potencial da mente de um bebê. **Revista Educação**, Porto Alegre, ano XXIV, n.45, p.93-106, nov. 2001.

FARAH, Solange B. **DNA - segredos e mistérios**. São Paulo: Sarvier, 1997.

GAGE, Fred H. A recuperação cerebral. **Scientific American Brasil**, São Paulo, ano2, n.17, p.41-47, out. 2003.

HORTA, Maria de Fátima; YOUNG, J.D-E. Apoptose - quando a célula programa a própria morte. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, v.25, n.150, p.38-45, jun. 1999.

KREBS, Cláudia; HÜTTMANN, Kerstin; STEINHÄUSER, Christian. O cérebro esquecido. **Viver Mente & Cérebro**, São Paulo, ano VIII, n. 145, p.62-65, mar. 2005.

KOLB, Bryan; WHISHAW, Ian Q. **Neurociência do comportamento**. Barueri, SP: Manole, 2002.

LENT, Roberto. **Cem bilhões de neurônios**: conceitos fundamentais de neurociência. São Paulo: Atheneu, 2001.

MIRANDA, Mônica Carolina; MUSZKAT, Mauro. Neuropsicologia do desenvolvimento. In: ANDRADE, Vivian M.; SANTOS, Flávia H.; BUENO, Orlando F.A . **Neuropsicologia hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004. p.211-224.

PINHEIRO, Marta. Comportamento humano - interação entre genes e ambiente. **Revista Educar**, Curitiba, n.10, p.45-52, jan./dez. 1995.

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

PINHEIRO, Marta. As bases biológicas da neuropsicologia: uma contribuição à formação de educadores. **Temas sobre desenvolvimento**, São Paulo, v.14, n.83-84, p.4-13, jan./dez. 2005-2006.

REED, Umbertina Conti. Desenvolvimento normal do sistema nervoso central. Cap. 21. In: NITRINI, Ricardo; BACHESCHI, Luiz Alberto. **A neurologia que todo médico deve saber**. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 2005. p.395-400.

RIDLEY, Matt. **Genoma** – a autobiografia de uma espécie em 23 capítulos. Rio de Janeiro: Record, 2001.

ROSE, Steven. **O cérebro consciente**. São Paulo: Alfa-Omega, 1984. (Coleção Ciência Aberta, v.1).

SHEPHERD, Gordon M. **Neurobiology**. 3.ed. Nova York: Oxford University Press, 1994.

VASCONCELLOS, Luciana A. de P.; CARVALHO, Regiane L. Plasticidade do sistema nervoso central. Cap. 11. In: RIBEIRO DO VALLE, Luiza Elena L. **Temas multidisciplinares de neuropsicologia & aprendizagem**. São Paulo: Robe; Sociedade Brasileira de Neuropsicologia, 2004. p.133-142.

**ABSTRACT**

The article research normal aspects of child brain development with the purpose to provide fundamental concepts to educators. It is discussed the radical transformations that occurs before (macrostructure) and after (microstructure) birth, emphasizing that they result from both biological and socio-historical inheritances and create the bases of learning child.

**KEY WORDS:** neurobiology, neuropsychology, learning, human development.