

OS PSICÓLOGOS SOVIÉTICOS E O CONEXIONISMO

Rosângela Gabriel¹

RESUMO

Este artigo propõe uma releitura da teoria desenvolvida pelos psicólogos soviéticos, Vygotsky, Luria e Leontiev, à luz do paradigma conexionista. Um aspecto fundamental subjacente à abordagem conexionista é que a aprendizagem está baseada em processos associativos envolvendo pesos sinápticos modificáveis entre os neurônios do cérebro. Apesar de Vygotsky, Luria e Leontiev terem concebido sua teoria bem antes do advento da abordagem conexionista, acreditamos que essas teorias são compatíveis e nos ajudam a compreender como os indivíduos adquirem linguagem e conhecimento.

Palavras-chave: linguagem – aprendizagem – conexionismo – Vygotsky.

ABSTRACT

This article offers a brief review of the theory developed by the Soviet psychologists, Vygotsky, Luria and Leontiev, in the light of the connectionist approach. A fundamental assumption underlying the connectionist approach is that learning is based on associative processes involving modifiable synaptic weights between neurons in the brain. Although Vygotsky, Luria and Leontiev conceived their theory some time before connectionist approach was born, we suggest that both theories are compatible and can help us to better understand how individuals acquire language and knowledge.

Keywords: language – learning – connectionism – Vygotsky.

¹ Doutora em Linguística pela PUCRS e professora do Departamento de Letras da UNISC. Endereço para correspondência: Rua Pedro Albino Müller, 863/403 – Bairro Florestal - Lajeado – RS – Brasil – Cep 95900-000 - rgabriel@dlet.unisc.br

1 INTRODUÇÃO

O homem parece ter encontrado um novo significado para o antigo “Conhece-te a ti mesmo”. De fato, o interesse pelo conhecimento do homem, especialmente daquilo que o torna singular entre os demais animais, intensificou-se nas últimas décadas. Questões como: “O que é a inteligência?”, “O que é a consciência?”, “Como funciona a memória?”, “O que é o pensamento?”, ocupam nossas horas de vigília. Imbuído do espírito das últimas décadas, em que o cérebro parece ser o centro das atenções, surgiu um novo paradigma, chamado **conexionista**. Esse paradigma tenta integrar o que se sabe sobre a cognição, buscando superar as limitações de outras abordagens teóricas.

Nesse contexto histórico-científico, a teoria desenvolvida no início do século passado pelo psicólogo russo Vygotsky e seus colegas Luria e Leontiev, de agora em diante **psicólogos soviéticos**, tem merecido leituras mais cuidadosas. Tendo como ponto de partida a relação entre pensamento e linguagem, esses estudiosos acabaram produzindo uma notável teoria sobre o desenvolvimento intelectual.

Nosso objetivo neste artigo é apresentar uma releitura da teoria desenvolvida pelos psicólogos soviéticos à luz do paradigma conexionista. No capítulo que segue apresentaremos, de forma sucinta, o contexto científico em que surge o paradigma conexionista, as limitações dos paradigmas anteriores, as questões que o novo paradigma propõe-se a responder, além de seus pressupostos teóricos. Em seguida, é feita uma síntese da teoria desenvolvida pelos psicólogos soviéticos. No capítulo 4, sem dúvida o mais caro aos nossos propósitos, alguns tópicos da teoria dos psicólogos soviéticos são discutidos numa ótica conexionista. O capítulo 5 retoma o conteúdo dos capítulos anteriores e confirma nosso reconhecimento ao trabalho desenvolvido por Vygotsky, Luria e Leontiev.

2 O PARADIGMA CONEXIONISTA

O conexionismo é uma abordagem científica relativamente recente. Seu surgimento deve-se, especialmente, à necessidade de integrar conhecimentos do paradigma neuronal e do paradigma simbólico. Como esses dois paradigmas não possuem meios de explicar determinadas áreas da cognição, o paradigma conexionista surge com o objetivo de dar conta dessas limitações. Neste capítulo, propomo-nos a recuperar um pouco da história do conexionismo, justificando seu caráter subsimbólico. O campo de atuação do conexionismo tem-se expandido muito nos últimos dez anos e por isso é oportuno lembrar que este capítulo não

apresenta, de forma alguma, uma visão completa e profunda dessa abordagem. Os pontos que necessitarem de maior detalhamento serão contemplados no capítulo 4.

2.1 O paradigma simbólico ou conceitual

Os seres humanos possuem diferentes tipos de conhecimentos: são capazes de aprender a andar de bicicleta, parar diante do semáforo vermelho, resolver cálculos abstratos. Alguns tipos de conhecimento, como por exemplo aspectos do conhecimento cultural, são compostos de regras de interpretação consciente e ocorrem num nível simbólico, composto de conceitos e definições. Quando as pessoas, de forma consciente e sequencial seguem regras, seu processamento cognitivo é naturalmente modelado por uma interpretação sequencial de um procedimento formalizado linguisticamente. Já os conhecimentos num nível individual não seguem regras e sim um processo intuitivo; por isso, precisam ser explicados num outro nível de análise. Esse outro nível será descrito na seção 2.3.

Tradicionalmente, tentou-se explicar o conhecimento humano dentro de um paradigma simbólico de representação, composto de regras e conceitos. Um exemplo dessa tentativa vem de uma linha racionalista/inatista, liderada por Noam Chomsky, conhecida como “gerativismo”. Os estudiosos gerativistas acreditam que todas as línguas usam um conjunto subjacente, similar, de regras gramaticais tão fundamentais e sutis que não podem ser adquiridas apenas pela exposição da criança a um ambiente lingüístico. Esse conjunto de regras, acreditam os gerativistas, são inatas. Um dos grandes desafios dos gerativistas é a definição de quais regras seriam inatas e quais seriam aprendidas, já que o estudo das diferentes línguas humanas não sustenta a existência dessas regras universais.

Outra tentativa de explicar o conhecimento dentro do paradigma simbólico vem de uma linha empiricista. Talmy Givón, um estudioso da linha funcionalista, baseia algumas de suas definições em noções psicolingüísticas, estimuladas por pesquisas em inteligência artificial. Em seu artigo *The grammar of referential coherence as mental processing instructions*, Givón (1992) apresenta a gramática da topicalidade como um conjunto de instruções mentalmente processadas. Referentes importantes são usados como fichário para um novo rótulo estocado na memória episódica. Referentes menos importantes são rotulados como informação nova na memória ativa. No capítulo intitulado *Coming to terms with cognition: coherence in text vs. coherence in mind*, Givón (1995) afirma que a coerência não é uma propriedade objetiva do texto

produzido e, sim, resultado do processo mental da produção e compreensão do discurso. Para esse autor, um termo é acessível quando pode ser recuperado da estrutura mental pré-existente na mente do receptor. Quanto mais conexões um termo apresenta, mais acessível ele se torna e mais coerente se mostra o texto no qual ele está inserido.

Há ainda outras tentativas de explicar o conhecimento dentro do paradigma simbólico, que não serão aqui detalhadas. Todas essas tentativas são válidas pois produzem teorias que contribuem para o progresso das ciências da cognição. Contudo, os estudos desenvolvidos dentro do paradigma simbólico não dão conta das microestruturas da cognição. Atividades superiores da mente, tais como a compreensão e as inferências, além do conhecimento procedural, não podem ser explicadas através de regras e conceitos.

2.2 O paradigma neuronal

O cérebro humano vem recebendo especial atenção dos cientistas nos últimos anos. Acredita-se que as pesquisas sobre esse órgão poderão fornecer importantes informações a respeito de como as pessoas adquirem, armazenam e recuperam o conhecimento. Num nível neuronal, o objeto de estudo é o cérebro enquanto realidade física: os neurônios que o compõem, as sinapses entre neurônios, a arquitetura cerebral.

Os estudos no paradigma neuronal têm limitações num nível empírico, já que não se pode "ver" o cérebro em funcionamento. Uma das alternativas para o desenvolvimento desses estudos é a observação de pacientes com lesões cerebrais. A investigação de padrões de desempenho cognitivo de pacientes com lesão cerebral e, ainda, a identificação de aspectos da cognição que permanecem intactos ou que são prejudicados, podem fornecer informações a respeito da arquitetura cerebral, da forma de armazenamento, aquisição e recuperação do conhecimento. Um exemplo disso são os estudos sobre a memória. Experimentos com pacientes com lesão cerebral apontam para a existência de uma memória de curto prazo, com funcionamento independente da memória de longo prazo. Outro exemplo são os estudos sobre a modularidade cerebral: o cérebro seria composto de módulos anatomicamente distintos, que funcionam de forma independente uns dos outros, com capacidade para processar um *input* específico. A investigação do desempenho cognitivo de pacientes com lesão cerebral é útil porque pode levar à aceitação ou rejeição de teorias que expliquem esse desempenho, bem como à formulação de novas teorias.

Outra alternativa para os estudos do cérebro são as técnicas de engenharia genética. Alterações em determinados genes e em determinadas enzimas têm

produzido ratos com aprendizado mais lento. Há evidências ligando tipos específicos de aprendizagem a genes específicos. Uma das importantes descobertas dos neurocientistas é a LTP², potencialização de longa duração, um fortalecimento das sinapses que ocorre quando certas vias nervosas são artificialmente estimuladas. As sinapses são uma parceria entre dois neurônios. Um neurônio pré-sináptico envia o sinal e um neurônio pós-sináptico recebe esse sinal. Quando esses neurônios estão simultaneamente ativos, ocorre uma série de mudanças bioquímicas que produzem a LTP. Os neurocientistas vêem a LTP como um possível mecanismo para a base celular da aprendizagem. Segundo Young & Concar (1992), *recentes descobertas sugerem que os mecanismos celulares envolvidos na formação de novas recordações podem estar intimamente relacionados àqueles que sustentam o crescimento do cérebro nos primeiros anos de vida.* Nessa perspectiva, pode-se pensar na aprendizagem como um processo do desenvolvimento.

Os modelos neuronais são uma terceira alternativa para a compreensão do funcionamento do cérebro. Os modelos buscam realismo em termos biológicos, procurando simular em computador o mecanismo da aprendizagem através do fortalecimento seletivo de subgrupos de sinapses. Essas simulações sugerem como o cérebro aprende e partem do pressuposto de que a aprendizagem está ligada ao fortalecimento das sinapses entre neurônios ativos ao mesmo tempo (sinapse Hebbiana). Os modelos neuronais são um meio poderoso de gerar teorias testáveis.

Os estudos dentro do paradigma neuronal têm avançado muito nos últimos anos, mas há muito ainda a pesquisar. Não se sabe com certeza se o cérebro está dividido em módulos com atribuições específicas, já que uma lesão em qualquer área do cérebro pode afetar pessoas diferentes de diferentes maneiras. Também não se tem clareza a respeito de como o cérebro armazena informações ou quais seriam os mecanismos da memória. O que parece ser consenso é que um maior conhecimento sobre as mudanças físicas que ocorrem no cérebro em funcionamento pode trazer esclarecimentos sobre os mecanismos de aquisição, armazenamento e recuperação do conhecimento.

2.3 O paradigma conexcionista

Durante muitos anos, os estudos sobre a cognição se deram em dois níveis claramente distintos: um nível simbólico, abstrato, e um nível neuronal, baseado em realidades físicas. As ciências cognitivas que se identificavam com um nível,

² Em inglês, *Long Term Potential*.

raramente levavam em consideração, em suas teorias, as descobertas do outro. Mais recentemente, vem ganhando força um novo paradigma, chamado conexionista ou subconceitual, que se coloca num nível intermediário, entre o paradigma simbólico/conceitual e o neuronal.

O conexionismo é uma escola de pensamento que afirma que as funções mentais, tais como aprendizagem e conhecimento, originam-se na forma como os neurônios se interligam e se comunicam no cérebro. Uma das idéias centrais do conexionismo é que o cérebro processa informações usando redes de neurônios - células nervosas que "falam" umas com as outras pela transmissão de impulsos elétricos por "fios" denominados axônios. A aprendizagem, nesse paradigma, seria resultado de mudanças sutis na força das conexões entre as células nervosas.

Smolensky (1988) propõe uma formulação coerente da abordagem conexionista, que a coloca em contato com outras teorias da ciência cognitiva de uma forma particularmente construtiva. Ele chama essa formulação de PTC: *Proper Treatment of Connectionism*. De acordo com Smolensky, o nível subconceitual é mais básico que o conceitual, e não tem o objetivo de substituí-lo e sim de enriquecê-lo. Enquanto o nível conceitual opera sequencialmente, o nível subconceitual é alcançado pelo processamento paralelo. Para simular esse processamento paralelo é fundamental a contribuição das simulações em computador, que demonstram esse paralelismo. O paradigma subconceitual sugere uma descrição cognitiva construída sobre entidades que correspondem aos elementos constituintes dos símbolos ou conceitos usados no paradigma conceitual. Esses constituintes mais "finos" podem ser chamados subsímbolos. Operações, que no paradigma conceitual consistem de uma simples operação discreta, são explicadas no paradigma subconceitual como resultado de um grande número de operações "mais finas". Portanto, uma análise de alto nível dos modelos conexionistas revela sutis relações com modelos simbólicos. O resultado é um quadro em que construções teóricas tradicionais e conexionistas colaboram intimamente para produzir uma compreensão da cognição.

Como se pode observar pelas afirmações anteriores, o paradigma conexionista procura dar conta de aspectos da cognição que não são explicados nem pelo paradigma conceitual, nem pelo paradigma neuronal. A posição trazida pelo paradigma subconceitual é que uma avaliação completa, formal da cognição só existe nesse nível. Pode-se dizer que a pedra fundamental desse paradigma é a hipótese de que o processamento intuitivo é um sistema subconceitual conexionista dinâmico que não admite uma descrição completa, formal e precisa em nível conceitual.

O paradigma conexionista coloca a seguinte questão: como representações

do domínio cognitivo, como padrões de atividade sobre unidades subconceituais em modelos de rede do paradigma subconceitual relacionam-se a representações de neurônios no cérebro? E ainda: como a arquitetura de processamento adotada pelas redes no paradigma subconceitual relaciona-se à arquitetura de processamento do cérebro?

Os pesquisadores conexionistas procuram respostas a essas e outras perguntas a partir de simulações em computador do processamento paralelo e do ajuste da força das sinapses entre neurônios, observadas no cérebro humano. Através dessas simulações, buscam-se novos instrumentos para examinar as relações entre o papel do *input* e o papel das adaptações das estruturas durante o processo de desenvolvimento.

Muitos trabalhos importantes já foram desenvolvidos dentro desse paradigma. Rumelhart e McClelland (1986) desenvolveram um programa para testar a capacidade do computador aprender as formas regulares e irregulares do passado dos verbos do inglês. Eles simularam em computador uma rede neural, que é assim descrita por Shanks (1993):

A rede consiste numa camada de 460 unidades "de entrada" conectadas em paralelo a uma camada de 460 unidades "de saída". Cada uma dessas unidades - os neurônios da rede - pode ser ligada ou desligada e seus padrões de atividade atuam como representantes de estruturas fonológicas de verbos. As raízes de verbos podem ser programadas para as unidades de entrada, as quais, então, transmitem sinais, através das conexões, para as unidades de saída, onde as formas do passado dos verbos são codificadas. Cada unidade de saída recebe sinais de muitas unidades de entrada, alguns dos quais a estimularão, enquanto outros a inibirão. O efeito combinado de todas essas entradas determina se uma unidade de saída é ligada ou desligada.

Rumelhart e McClelland (1986) descobriram que a rede pode ser treinada a produzir formas verbais do passado, devido a uma capacidade interna de ajustar a força de suas conexões. O treinamento consiste em apresentar à rede formas corretas do presente e do passado de um pequeno número de verbos-exemplo. Em seguida, a rede tenta construir a forma correta do passado. Os "erros" fornecem a base para o treinamento da rede. A força das conexões vai se ajustando devido a um mecanismo denominado "retroprogramação de erro". Os pesquisadores acreditam que esse processo imita a aquisição da língua pelas crianças, pois, à medida que as crianças ouvem a fala, usam seu conhecimento

gramatical para fazer predições sobre o tipo de orações que provavelmente ouvirão no futuro.

Outras pesquisas semelhantes já foram desenvolvidas, especialmente na área da linguagem. O mais fascinante das simulações conexionistas é a capacidade das redes de se autoprogramarem, colocando em xeque as teorias que advogam a necessidade de regras inatas para a aquisição e processamento da linguagem.

É importante lembrar que o paradigma conexionista ignora grande número das características do cérebro e que as redes de simulação lidam com um número infinitamente menor de entradas do que os neurônios do cérebro. Logo, a capacidade das redes de simulação em computador não pode ser superdimensionada. Apesar dessas limitações, o paradigma conexionista oferece contribuições para a compreensão da performance cognitiva humana em tarefas de alto nível que são, ao menos, tão significativas quanto as oferecidas pelos modelos simbólicos tradicionais.

3 O PENSAMENTO VERBAL E A FORMAÇÃO DE CONCEITOS SEGUNDO OS PSICÓLOGOS SOVIÉTICOS

Esqueci a palavra que pretendia dizer, e meu pensamento, privado de sua substância, volta ao reino das sombras.
(O. Mandelstam)

A frase acima, de Mandelstam, dá início ao capítulo 7 do livro *Pensamento e linguagem*, de L. S. Vygotsky. Apesar de a frase não ser da autoria de Vygotsky, ela parece encerrar a essência de seu pensamento:

... a relação entre o pensamento e a palavra não é uma coisa mas um processo, um movimento contínuo de vaivém do pensamento para a palavra, e vice-versa (...). O pensamento não é simplesmente expresso em palavras; é por meio delas que ele passa a existir. (Vygotsky, 1993: 108)

Com essas palavras, Vygotsky chama a atenção para a íntima relação existente entre pensamento e linguagem: podemos imaginar uma forma de pensamento que não se traduza em palavras? Quando programamos nossa agenda para a semana, não o fazemos em forma de palavras? Quando resolvemos um problema matemático, não são as palavras que dão forma ao nosso raciocínio? Seria possível existir uma espécie humana/animal privada de

qualquer tipo de linguagem, mas dotada de pensamento? Como teríamos acesso a esse pensamento e saberíamos de sua existência?

3.1 O pensamento verbal

De acordo com Vygotsky, pensamento e palavra compõem um todo cujas propriedades não podem ser estudadas separadamente. Porém, o progresso da fala não é paralelo ao progresso do pensamento. No desenvolvimento da fala da criança, podemos estabelecer um estágio pré-intelectual, quando a fala se caracteriza pela imitação. Exemplo disso seria o balbucio, a repetição de sílabas: *papapa... mamama...* Também no desenvolvimento do pensamento, há um estágio pré-lingüístico, por exemplo: a imagem do seio da mãe associada à satisfação de uma necessidade física de alimento através da amamentação.

Os estágios pré-lingüístico e pré-intelectual, observados na ontogênese de cada criança, imitam o desenvolvimento da filogênese humana. Antes do surgimento da palavra, há o pensamento ligado à criação de meios mecânicos para fins mecânicos; antes do surgimento do pensamento, há a produção de ruídos com função predominantemente emocional.

Em determinado momento, tanto no desenvolvimento filogenético quanto no ontogenético, essas linhas se encontram: o pensamento torna-se verbal e a fala torna-se racional. Ou seja, a fala torna-se intelectual, com função simbólica, generalizante, e o pensamento torna-se verbal, mediado pelos significados dados pela linguagem.

A união do pensamento e da fala dá origem ao que Vygotsky chama de pensamento verbal. O surgimento do pensamento verbal e da linguagem como sistema de signos é um momento crucial no desenvolvimento da espécie humana, momento em que o **biológico** transforma-se no **sócio-histórico**.

Surge aqui outro aspecto fundamental da teoria de Vygotsky: a fala social. A fala surge e se desenvolve, tanto quanto filogeneticamente, com uma função primordial, qual seja, a comunicação, o intercâmbio social.

3.2 Funções da fala

Ao contrário de outros pensadores, Vygotsky vê o pensamento verbal como um comportamento determinado por um processo histórico-cultural, ou seja, social, cujas propriedades e leis específicas não podem ser encontradas nas formas naturais de pensamento e fala.

A primeira função da fala é, portanto, o intercâmbio social. Já a segunda, mas não menos importante função da fala, é o pensamento generalizante. A

palavra não somente substitui ou nomeia uma coisa, mas também a analisa, abstrai características gerais, separa o traço essencial do objeto, inclui o objeto em determinada categoria, introduz o objeto em um sistema de complexos enlaces e relações. A palavra é, portanto, a célula do pensamento e o pensamento generalizante a operação mais importante da consciência.

Dessa segunda função da fala surge uma terceira, que podemos chamar de função instrumental. A fala desempenha um papel importante no planejamento da ação. Em algum momento, a fala deixa de apenas acompanhar a ação e começa a organizar o comportamento. O desenvolvimento da função instrumental da fala pode ser facilmente observado na criança pequena que brinca e ao mesmo tempo narra, em voz alta, sua brincadeira: a criança fala sozinha. Já em idade escolar, a parte sonora do pensamento emudece e ganha um caráter mais intelectual.

Resumindo, as funções da fala para Vygotsky são:

- 1^a) intercâmbio social;
- 2^a) pensamento generalizante;
- 3^a) planejamento de ações.

3.3 O significado das palavras

Como vimos, em determinado momento da evolução, surge o pensamento verbal, fruto da união do pensamento e da palavra. Vygotsky busca o que seria a unidade fundamental, comum tanto ao pensamento quanto à linguagem, e encontra essa unidade básica no **significado das palavras**. Para ele:

O significado de uma palavra representa um amálgama tão estreito do pensamento e da linguagem, que fica difícil dizer se se trata de um fenômeno da fala ou de um fenômeno do pensamento (...). O significado das palavras é um fenômeno de pensamento apenas na medida em que o pensamento ganha corpo por meio da fala, e só é um fenômeno da fala na medida em que esta é ligada ao pensamento, sendo iluminada por ele. É um fenômeno do pensamento verbal, ou da fala significativa - uma união da palavra e do pensamento. (Vygotsky, 1993: 104)

O significado das palavras merece uma atenção especial dentro dos estudos dos psicólogos soviéticos porque é o **elo** entre pensamento e palavra. O conhecimento da natureza, surgimento e evolução do significado das palavras

pode dizer-nos muito sobre a natureza, desenvolvimento e funcionamento do raciocínio. Segundo esses autores, as teorias anteriores cometem dois erros fundamentais quando tratam do significado das palavras. O primeiro é a pressuposição de que todas as conexões semânticas são de natureza idêntica. O segundo é o pressuposto de que os significados das palavras não se alteram. Essas teorias não dão a necessária atenção ao desenvolvimento do significado das palavras durante o desenvolvimento do pensamento.

À medida que transcorre o desenvolvimento da criança, o significado das palavras muda substancialmente. Na criança pequena, o significado está estreitamente ligado ao afeto. Por exemplo: quando questionada sobre o que é moranguinho, a criança pode responder "Vovô deu moranguinho para a Bia". Na idade escolar, o significado está ligado à memória, à imagem imediata: "O significado de erosão está próximo à fotografia de um barranco desmoronando perto de um rio" - pensa o menino na hora da prova de avaliação. Já no adulto, o significado está ligado ao raciocínio lógico, que permite a conceituação formal e o estabelecimento de relações entre diversos significados.

É apropriado lembrar que, provavelmente, à medida que o significado das palavras evolui, não haja um processo de substituição do significado afetivo pelo lógico, e sim um processo de complementação, de adição. Paralelamente ao significado dicionarizado e/ou cultural de uma palavra, cada indivíduo possui uma imagem e um significado afetivo dessa mesma palavra.

Luria chama esse significado individual de **sentido**. O sentido é o conjunto de enlaces (conexões) que têm relação com o momento e a situação dados e é o elemento fundamental da comunicação, por seu aspecto social-comunicativo e, por que não dizer, afetivo. Já o significado possui um valor referencial, fruto de um sistema de relações que se formou objetivamente no processo histórico e que está encerrado na palavra. O significado é um sistema estável de generalizações, comum a todas as pessoas, e é o elemento fundamental da linguagem. Portanto, na palavra junto ao significado, existe sempre um **sentido** individual, em cuja base encontra-se a reelaboração do **significado**, a separação, entre os enlaces (conexões) possíveis presentes na palavra, daquele sistema de relações que é atualizado num dado momento.

Para tornar mais clara essa distinção entre significado e sentido, vamos pensar num exemplo: ao tocarmos a campainha da casa de uma amiga, ela abre a porta e exclama: - *Que susto tu me deste! Quando a campainha tocou, eu me borrei toda!*

Essa frase pode ter vários significados, por exemplo:

- (1) a amiga estava trocando a tinta da impressora e se borrou toda;
- (2) a amiga estava se maquiando e se borrou toda;

(3) a amiga levou um susto com o ruído da campainha e sentiu medo. Dependendo da situação, nós selecionaremos, entre os vários significados, o sentido apropriado da frase naquele dado momento. Por exemplo, a amiga abre a porta com as mãos sujas de tinta de impressora. Imediatamente selecionamos o sentido (1) e a comunicação se realiza, isto é, compreendemos o que a amiga quis dizer.

Mas há ocasiões em que não dispomos dos elementos necessários para selecionar o sentido apropriado: "O que ele (o texto, o amigo) quis dizer?" Logo, a palavra não possui uma referência objetiva única, fixa e unissignificativa. Qualquer palavra é sempre multissignificativa e polissêmica. A seleção (na recepção) ou a escolha (na produção) do significado da palavra realizam-se por "marcadores semânticos" e "distintivos semânticos" que tornam preciso o significado da palavra, diferenciando-o de outros possíveis significados. Habitualmente, essa função está determinada pela situação (a amiga está com as mãos sujas de tinta da impressora), pelo contexto (havíamos combinado de ir a uma festa juntas), pelo tom (a voz da amiga parece assustada), ou ainda por fatores lingüísticos (por exemplo, "Eu torço pelo..." seleciona um significado diferente de "Eu torço as...").

3.4 A formação de conceitos

Tendo detalhado a visão dos psicólogos soviéticos, especialmente a de Vygotsky, a respeito da relação entre pensamento e linguagem, é hora de partirmos para outro ponto importante da teoria, qual seja, a formação de conceitos.

Vygotsky diz que as palavras da criança e do adulto coincidem quanto a seus referentes, mas não quanto aos seus significados. Isso é assim porque

...o desenvolvimento dos processos que finalmente resultam na formação de conceitos começa na fase mais precoce da infância, mas as funções intelectuais que, numa combinação específica, formam a base psicológica do processo de formação de conceitos amadurece, se configura e se desenvolve somente na puberdade. (Vygotsky, 1993: 49 - 50)

As fases da formação de conceitos podem ser assim descritas:

- 1ª) tentativa e erro;
- 2ª) organização do campo visual;
- 3ª) elementos tirados de grupos ou amontoados diferentes, que já foram formados pela criança;

4ª) pensamento por complexos (agrupamento concreto de objetos unidos por ligações factuais);

5ª) conceitos potenciais.

Enquanto os conceitos potenciais são agrupados de acordo com um atributo, os complexos são agrupados por ligações diversas. Assim, haveria complexos associativos (por semelhança), coleções (por contraste), complexos em cadeia (por alteração de critérios), complexos difusos (atributos vagos, irreais e instáveis) e pseudoconceitos.

Observando as fases da formação de conceitos, podemos observar que elas caracterizam-se pela crescente utilização da inteligência humana. A formação de conceitos, como postulam os psicólogos soviéticos, é antes de mais nada um processo criativo, e não um processo mecânico e passivo. Um novo conceito surge e se configura através de uma operação complexa, voltada para a solução de um problema (ou seja, em resposta a um estímulo).

Vygotsky (1993:47) afirma que, de acordo com Ach (apud Vygotsky, 1993), a formação de conceitos não segue o modelo de uma cadeia associativa, em que um elo faz surgir o seguinte; antes, trata-se de um processo orientado para um objetivo, uma série de operações que servem de passos em direção a um objetivo final. Ou seja, a formação de um conceito não é um processo seqüencial, passo a passo, mas sim um processo que busca elaborar uma resposta a um determinado estímulo, busca encontrar uma solução para um problema. Desse ponto de vista, pode-se considerar a formação de conceitos como um ato de inteligência.

Vygotsky faz uma distinção entre conceitos espontâneos ou cotidianos e conceitos científicos. A característica psicológica principal que os distingue é que os conceitos espontâneos são desprovidos de um sistema. Além disso, a criança não tem consciência dos conceitos espontâneos e, portanto, não pode operar com eles à vontade. Já os conceitos científicos, desde o início, contêm relações de generalidade, isto é, alguns rudimentos de um sistema. Os conceitos científicos são produto do aprendizado escolar ao passo que os conceitos espontâneos são fruto da experiência diária da criança, da sua interação com o mundo, de uma vigorosa atividade mental por parte da própria criança.

Inicialmente, os conceitos científicos e cotidianos desenvolvem-se em direções contrárias, mas sua evolução faz com que terminem por se encontrar. Quando a criança adquire novos conceitos, ela não tem de reestruturar separadamente todos os conceitos anteriores, o que feria o princípio da economia. Uma vez que tenha sido incorporada ao seu pensamento, uma nova estrutura gradualmente se expande para os conceitos mais antigos, à medida que esses se inserem nas operações intelectuais de nível mais elevado. Assim, os

conceitos espontâneos, mais primitivos, acabam se conectando aos conceitos científicos, mais elaborados, formando um conceito homogêneo.

3.5 Considerações finais

Apesar de ter morrido aos 38 anos e de sua produção científica sistemática restringir-se ao período de dez anos (1924-1934), Vygotsky é autor de uma obra extremamente densa. Seus companheiros, especialmente Luria e Leontiev, deram continuidade às suas pesquisas, aprofundando aspectos importantes, tais como o desenvolvimento da escrita na criança e o seu desenvolvimento psicológico.

Este capítulo não teve a pretensão de recuperar o conjunto da teoria dos psicólogos soviéticos sobre o pensamento e a linguagem, apenas pincelar alguns pontos a fim de construir um ambiente propício para a discussão a que se propõe o próximo capítulo.

4 OS PSICÓLOGOS SOVIÉTICOS E O CONEXIONISMO

O objetivo deste capítulo é analisar alguns aspectos da teoria desenvolvida pelos psicólogos soviéticos à luz da abordagem conexionista. É oportuno lembrar que Vygotsky morreu em 1934, ano em que os conhecimentos neurológicos que dão suporte à abordagem conexionista ainda não existiam. Portanto, não se pode esperar dele um conhecimento que só veio à tona anos mais tarde. Por outro lado, pode-se antever, em certas explicações dos psicólogos soviéticos, uma intuição do que seria mais tarde confirmado pelas descobertas das ciências cognitivas.

Com o intuito de dar clareza às idéias que aqui serão discutidas, este capítulo foi organizado por subseções, cada uma abordando um ponto relevante em ambas as teorias.

4.1 A função cria o órgão

Os seres vivos possuem grande capacidade de adaptação ao meio em que vivem. Essa capacidade de adaptação prevê que o que for útil deve desenvolver-se, ao passo que o que não tiver serventia pode deixar de existir. Assim, com o passar dos anos e a fartura de alimentos de fácil mastigação, os maxiliares dos seres humanos passam por um processo de redução acentuada, a ponto de serem bastante comuns, em nossos dias, as cirurgias de extração de sisos por falta de espaço na arcada dentária. O evolucionismo darwinista pode ser observado no

bico de certos pássaros, nos pescoços das girafas e, por que não dizer, nas mutações de certos vírus.

Assim como um músculo, que se torna flácido ou rijo de acordo com o uso que se faz dele, o cérebro também é sensível à estimulação externa. A construção das conexões neuronais ou sinapses se dá através dos estímulos recebidos pelo organismo (desafios, problemas, experiências vividas, etc.), sendo que a maior parte dessa construção se dá nos primeiros anos de vida. Para que as conexões sejam estabelecidas, a experiência tem papel fundamental. Se os neurônios forem estimulados, as sinapses se estabelecerão e estarão disponíveis por toda a vida. Caso contrário, após um período crítico que varia nas diversas áreas cerebrais, os neurônios acabarão atrofiando.

Durante toda a vida do indivíduo continuam ocorrendo alterações nas conexões cerebrais. Sinapses muito utilizadas são reforçadas e as informações nelas contidas são facilmente recuperadas. A aprendizagem causa "reajustamentos" das redes neuronais, que podem aumentar ou diminuir o peso de suas sinapses devido a um efeito excitatório ou inibitório sobre a atividade dos neurônios. A necessidade de lidar simultaneamente com um grande número de informações é o que possibilita a flexibilidade e expansão da inteligência humana.

Por tudo isso, podemos dizer que o cérebro é um *órgão* que vai se adaptando às necessidades impostas pela experiência. Se estiver exposta a uma rica estimulação, a densa malha de interconexões se expandirá; caso contrário, conexões podem ser perdidas ou se tornarem de difícil recuperação. Todo esse processo de desenvolvimento pode ser observado no aumento do peso do cérebro, que gira em torno de 400 gramas no recém-nascido e chega a 1.300 gramas no cérebro adulto.

Vygotsky não teve acesso a esse conhecimento neurobiológico, mas, em seu trabalho, inúmeras vezes chamou a atenção para a importância inofismável da experiência. Aliás, é na importância dada à experiência que reside o principal ponto de conflito entre Piaget e Vygotsky. Para Piaget (1959), o desenvolvimento e o aprendizado são processos separados e incomensuráveis. Piaget afirma que a criança passa por estágios de desenvolvimento, independentemente da instrução que possa receber. Já a abordagem de Vygotsky se concentra na interação entre desenvolvimento e aprendizado. Vygotsky defende que o aprendizado geralmente precede o desenvolvimento: é o aprendizado que toma possível o desenvolvimento.

Vygotsky conceitua *zona de desenvolvimento potencial* como aquilo que a criança é capaz de fazer com alguma ajuda, instrução. Portanto, se a criança for auxiliada no cumprimento de uma tarefa, posteriormente poderá ser capaz de realizar a tarefa sozinha. Ou seja, a aprendizagem de uma habilidade levará ao desenvolvimento dessa habilidade.

Assim, podemos concordar com Jerome S. Brunner que, na 'Introdução' ao livro *Pensamento e linguagem*, diz que *se Vygotsky tivesse sido um anatomista, muito provavelmente teria compartilhado do ponto de vista, tão caro a William James, de que a função cria o órgão*. De fato, a afirmação de que o aprendizado favorece o desenvolvimento é confirmada pelas novas descobertas neurobiológicas e ratificada pela abordagem conexionista. Os desafios, as experiências, as aprendizagens estimulam o cérebro a desenvolver redes neuronais cada vez mais inter-relacionadas, com sinapses reforçadas, que permitem a recuperação quase imediata da informação exigida. Portanto, quanto mais a zona de desenvolvimento potencial for ativada, maior a possibilidade de o indivíduo desenvolver-se.

4.2 Arquitetura neuronal

O cérebro humano é particularmente complexo. Há dois tipos de tecido no cérebro: um tecido cinzento, que compõe o corpo celular, e um tecido branco, que compõe o prolongamento axonal. Há vários tipos morfológicos de neurônios, desde os grandes neurônios motores até as pequenas células sensoriais. Há também diversas variedades de células nervosas cuja função é de transmissão e de regulação. A diferença fundamental dos tecidos nervosos em relação aos outros tecidos de todos os sistemas vivos é que eles não se regeneram. Assim, o número de células nervosas só pode diminuir durante a vida do indivíduo³.

As informações sensitivas e sensoriais, tais como temperatura, dor, gosto, som, formas, são transmitidas às diversas áreas especializadas do cérebro. O tratamento dessas diversas origens de informação implica a interação de várias áreas do córtex, que estão interligadas não só a áreas vizinhas, como também a zonas muito distantes. Essa interligação é possível graças à estrutura das células nervosas, que são compostas basicamente por três elementos: um corpo celular, um axônio e vários dendritos.

O corpo celular é responsável pela manutenção da célula. O axônio conduz a informação proveniente do corpo celular para outros neurônios. Ele pode variar de milímetros de milímetro a mais de um metro antes de terminar em ramificações múltiplas. Já os dendritos repartem-se em múltiplos ramos cuja arborescência ocupa um espaço espantosamente grande.

³ Pesquisas recentes colocam em dúvida a incapacidade de regeneração dos neurônios. Os resultados dessas pesquisas ainda são preliminares e não invalidam a afirmação de que as células nervosas são, de fato, de natureza distinta das demais células encontradas no corpo humano.

Os dendritos de um neurônio nunca tocam efetivamente as ramificações provenientes do axônio de outro neurônio. Há sempre entre eles um minúsculo espaço denominado sinapse, onde é feita a troca de neurotransmissores. Com a chegada de um impulso elétrico a uma sinapse, dá-se a liberação de um mediador químico que excita a membrana pós-sináptica ligada ao dendrito de um outro neurônio, que conduzirá o sinal eletroquímico a outros neurônios e assim sucessivamente.

A estrutura dos neurônios está, ao que parece, perfeitamente adaptada a sua função. A arborescência dendrítica e o comprimento variável do axônio permitem a interligação de todas as áreas do cérebro, garantindo o surgimento das habilidades cognitivas superiores: capacidade de generalização, estabelecimento de inferências, intuição, memória, etc. Sabe-se hoje, pelo estudo de pacientes com lesões cerebrais, que cada hemisfério cerebral está mais predisposto a lidar com um tipo de informação. Na maioria das pessoas, por exemplo, o hemisfério esquerdo é responsável pelo raciocínio lógico-matemático e pelo raciocínio sequencial. Contudo, essa predisposição é algo bastante tênue, pois a plasticidade do cérebro permite que, no caso de uma área não estar disponível, outra a substitua. Além disso, os dados experimentais, até agora, não possibilitaram a localização das habilidades superiores da mente, provavelmente porque elas não estão localizadas e sim pulverizadas na malha de conexões sinápticas (para maiores detalhes, ver Dubois, 1994).

É incrível que o trio dos psicólogos soviéticos tenha chegado tão próximo da descrição que hoje temos da arquitetura neuronal. Retomando a citação que inicia o capítulo 3, vemos que Vygotsky define a relação entre o pensamento e a palavra não como uma coisa, mas como um processo. Isto é, Vygotsky parece prever que essa relação não ocupa um espaço delimitado, mas sim se constitui num processo distribuído.

Luria (1986:25) vem ratificar a posição de Vygotsky:

Se todas as funções psicológicas humanas são sistemas funcionais complexos, se são produto de desenvolvimento prolongado (e social), são de composição complexa e podem ser sujeitos à modificação dos vínculos que as compõem, então podemos compreender que não possa haver questão quanto à localização de sistemas funcionais complexos em áreas circunscritas do cérebro ou em neurônios isolados.

Luria, nessa passagem, descarta a possibilidade de localização dos sistemas funcionais complexos em áreas do cérebro ou em neurônios isolados. Não há lugar na teoria dos psicólogos soviéticos para o encapsulamento da

inteligência. Ao contrário, é a capacidade de fazer generalizações, ou seja, de lidar com um grande número de dados interligados e deles abstrair traços comuns, o que constitui a essência do comportamento inteligente.

Vygotsky *et al.* (1994:108), no capítulo intitulado *Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar*, dizem que

A tarefa do docente consiste em desenvolver não uma única capacidade de pensar, mas muitas capacidades particulares de pensar em campos diferentes; não em reforçar a nossa capacidade geral de prestar atenção, mas em desenvolver diferentes faculdades de concentrar a atenção sobre diferentes matérias.

O conexionismo é uma abordagem teórica relativamente recente e que sofre influência direta dos avanços nas áreas da neurobiologia e da computação. Não houve tempo ainda para se pensar na aplicação didática da abordagem conexionista, mas podemos considerar as afirmações dos psicólogos soviéticos extremamente coerentes com a aplicação que futuramente poderemos vir a implementar. Segundo Vygotsky, desenvolver o intelecto significa desenvolver muitas capacidades específicas e independentes e formar muitos hábitos específicos, porque a influência da aprendizagem nunca é específica. Todas essas colocações são espantosamente coerentes com a abordagem conexionista: como o conhecimento está pulverizado nas sinapses neuronais, o desenvolvimento do intelecto nunca pode ser compartmentado, pois sempre afetará o processamento global da informação.

4.3 Conceitos espontâneos e conceitos científicos

Smolensky (1988), em seu artigo *Proper treatment of connectionism*, tem como ponto de partida a distinção entre conhecimento cultural e conhecimento individual. Segundo ele, esses dois conhecimentos são bastante diferentes.

O conhecimento cultural é acessível a toda coletividade, é confiável, formalizado e universal. Ele deve ter essas características para que as pessoas possam se comunicar e viver em sociedade. Por exemplo, as leis que governam nosso país devem ser do conhecimento da população, para que essa possa cumpri-las. As leis são formalizadas e aplicam-se a todos os cidadãos.

Já o conhecimento individual é bem menos confiável, mas ao mesmo tempo é muito poderoso, porque tem a capacidade de lidar com situações novas, de se deixar levar por intuições muitas vezes verdadeiras. O conhecimento individual, por definição, não é universal, é particular a cada ser humano e

constitui o próprio SER no mundo. As “regras” que funcionam com um indivíduo não funcionam com outros.

O conhecimento intuitivo de um *expert* em física ou de um falante nativo pode demandar, para uma descrição precisa, um formalismo que não é adequado para objetivos culturais. Além disso, o conhecimento individual na mente de um *expert* não possui as propriedades do conhecimento cultural: ele não é acessível a toda a comunidade nem completamente confiável, além de ser completamente dependente da experiência.

Portanto, um comportamento que segue regras sequenciais conscientes é basicamente um conhecimento cultural. Já o conhecimento de um tradutor, que opta por determinada aceção de uma palavra, só pode ser explicado por um processamento em paralelo de n variáveis.

Como o conexionismo prevê um processamento em paralelo de todas as informações interconectadas nas redes neuronais, essa abordagem teórica propõe uma explicação para o conhecimento individual. Através da experiência, o sujeito vai desenvolvendo redes sinápticas que integram ínfimas e infinitas partículas de informação. Essas redes são diferentes em cada indivíduo, pois cada pessoa processa a experiência de forma única. Através de um processo que ainda não compreendemos completamente, as inúmeras partículas de informação, armazenadas nos neurônios, são recuperadas, e as idéias “surtem”, isto é, tornam-se conscientes. Esse processo é comumente chamado *intuição*.

E o que têm os psicólogos soviéticos a dizer a respeito do conhecimento cultural e individual? Muito.

Leontiev (1994:75) cita o exemplo do tiro ao alvo. Um instrutor de tiro ao alvo conduzirá seu aluno por uma seqüência de procedimentos: posição adequada do corpo, respiração, etc. No atirador perito, nenhuma dessas ações é consciente, apenas o objetivo: acertar o alvo. A experiência engramada nas redes neuronais do atirador perito, do *expert*, possibilita um processo inconsciente de preparação para a atividade consciente: acertar o alvo. Cada atirador perito possui sua rede de sinapses única, que produz o que popularmente chamamos de estilo. O estilo é um conhecimento individual, enquanto que os ensinamentos do instrutor fazem parte do conhecimento cultural.

A mesma analogia pode ser feita em relação aos conceitos espontâneos e aos conceitos científicos. Segundo Vygotsky, os conceitos espontâneos são adquiridos através da experiência individual, enquanto os conceitos científicos são produto do aprendizado escolar. À medida que a criança vai recebendo instrução formal, ela vai integrando os conceitos científicos (conhecimento cultural) aos conceitos espontâneos (conhecimento individual) que ela já possui ou adquire em seu cotidiano. O que resulta disso é uma rede de relações

sinápticas que possibilita ao sujeito selecionar o sentido adequado a cada situação.

Vygotsky (1993:125) credita a Paulhan a seguinte distinção entre sentido e significado: o sentido é a soma de todos os eventos psicológicos que a palavra desperta em nossa consciência. Ou seja, o sentido é a integração dos conceitos espontâneos e dos conceitos científicos, é o complexo de associações que uma palavra desperta, seja pela semelhança fonética, seja por sinonímia, antonímia, aquisição conjunta, etc. Já o significado é apenas uma zona de sentido, a mais estável e precisa, ou seja, a associação culturalmente aceita. Num nível individual, uma pessoa pode associar 'plátano' com a sacada de seu apartamento no quinto andar de um edifício, de onde possui uma visão privilegiada de um plátano. Essa mesma associação seria considerada completamente absurda durante uma aula de botânica. A compreensão de uma metáfora ou de uma ironia só é possível porque somos capazes de transcender aos limites do significado e recuperar zonas do sentido, mesmo que essas sejam um tanto inusitadas.

4.4 Pinceladas finais

Nas seções anteriores procuramos aprofundar três pontos de crucial importância, tanto na perspectiva conexionista quanto na perspectiva dos psicólogos soviéticos. Na presente seção, propomo-nos a apontar questões que mereceriam uma discussão mais demorada, mas que receberão apenas um tratamento superficial neste momento. O objetivo desta seção é deixar registradas, para um trabalho posterior, algumas idéias que não passaram despercebidas e que se constituem em caminhos abertos para novas reflexões.

Como foi dito no capítulo 3, Vygotsky dá grande ênfase à íntima relação entre pensamento e linguagem. No início do desenvolvimento da humanidade e no início do desenvolvimento da criança, há um estágio pré-lingüístico e um estágio pré-intelectual. Em determinado momento, essas linhas se encontram e passa a haver o pensamento verbal. Mas, o que acontece com o pensamento não-verbal? Ele deixa de existir?

Para a perspectiva conexionista, o pensamento é uma nebulosa, um conjunto de associações possíveis, uma rede em que as informações estão pulverizadas e disponíveis para uma potencial recuperação. Grande parte do pensamento é inconsciente e através desse pensamento que as idéias "surgem". É esse pensamento que gera a intuição e a criatividade. Na tentativa de darmos expressão ao pensamento, usamos a linguagem, tanto através da fala interior quanto da fala exterior, aqui entendida como fala e escrita.

Vygotsky, por seu envolvimento com a linguagem, parece não dar a devida

atenção ao pensamento não-verbal, referindo-se a ele apenas como um precursor do pensamento verbal. O que em sua abordagem mais se aproximaria da concepção conexionista de pensamento é a fala interior. Vygotsky (1993:119) diz que a fala interior distingue-se da exterior especialmente no aspecto sintático, por ser desconexa e incompleta. Na fala interior parece haver uma tendência para a omissão do sujeito e destaque da predicação. Vygotsky (1993:125) afirma que na fala interior quase não há palavras, havendo um predomínio do sentido sobre o significado.

Outro ponto que não está claro na teoria dos psicólogos soviéticos é a questão dos conceitos. Eles têm existência real no indivíduo, isto é, eles são armazenados como um todo? Para o conexionismo, o que está gravado nas redes são partículas de informações interconectadas, que podem ser recuperadas em partes ou em blocos. Na verdade, os conceitos não são armazenados, e sim formulados *ad hoc*. O que mais se aproximaria dessa visão conexionista é o que Vygotsky chama de pensamento por complexos, cujos critérios de associação são extremamente volúveis.

O valor da teoria dos psicólogos soviéticos, com o merecido destaque dado a Vygotsky, é incontestável. Sua leitura com olhos conexionistas abre um leque de novas possibilidades de interpretação, que só vem reforçar nossa admiração por esses autores.

5 CONCLUSÃO

A leitura da obra dos psicólogos soviéticos com olhos conexionistas é um exercício incrivelmente gratificante. Já a escritura de um trabalho como este, que se propõe a mostrar pontos de contato e pontos de divergência entre essas perspectivas teóricas, é extremamente angustiante. A cada nova linha da leitura temos um *insight*, podemos inferir uma idéia, uma analogia, uma explicação. Já no momento da escritura, quando temos que aprisionar nossa intuição dentro da armadura da linguagem sequencial, fica a sensação de que algo está faltando, de que nem tudo foi dito.

E realmente não foi. Difícilmente, talvez nunca, consigamos passar para a sequencialidade da linguagem a amplitude do pensamento. A leitura é, sem dúvida, uma viagem pelos inúmeros caminhos de relações que estabelecemos em nossas redes neuronais. Por outro lado, a escritura é fruto do esforço humano de tentar comunicar ao outro a essência de seu pensamento. Por enquanto, somos obrigados a concordar com Vygotsky (1993:129):

A comunicação direta entre duas mentes é impossível, não só fisicamente como também psicologicamente. A comunicação só pode ocorrer de uma forma indireta. O pensamento tem que passar primeiro pelos significados e depois pelas palavras.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUBOIS, Daniel. *O labirinto da inteligência*. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.
- GIVÓN, Talmy. The grammar of referential coherence as mental processing instructions. *Linguistics* 30: 5-55, 1992.
- _____. *Syntax and semantics: discourse and syntax*. New York: Academic Press, 1979. p. 81-112.
- _____. Coming to terms with cognition: coherence in text vs. coherence in mind. In: *Functionalism and grammar*. Amsterdam/Philadelphia: J. Benjamins, 1995. p. 341-392.
- LEONTIEV, A. N. Uma contribuição à teoria do desenvolvimento da psique infantil. In: VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R. e LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone, 1994.
- LURIA, A. R. *Pensamento e linguagem: as últimas conferências de Lúria*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1986.
- PIAGET, J. *The language and thought of the child*. London: Routledge & Kegan Paul, 1959.
- RUMELHART, D. E.; McCLELLAND, J. L. On learning the past tense of English verbs. In: McCLELLAND, J. L. e RUMELHART, D. E. *Parallel Distributed Processing: explorations in the microstructure of cognition: psychological and biological models* - vol. 2. Cambridge: MIT, 1986. p. 216-271.
- SHANKS, David. Breaking Chomsky's rules. *New Scientist*, 30 jan. 1993, p. 26-30.
- SMOLENSKY, P. On the proper treatment of connectionism. *Behavioral and brain sciences*, 1988, 11, 1-74.
- VIGOTSKII⁴, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo: Ícone, 1994.

⁴ Não existe uniformidade na grafia do nome de Vygotsky nos vários livros pesquisados. Optou-se pela grafia Vygotsky no corpo do trabalho, sendo que nesta seção será respeitada a grafia trazida nas edições consultadas.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

YOUNG, Stephen e CONCAR, David. These cells were made for learning. *Secret life of the brain* 21: 2-8, 1992.

Para saber mais...

EYSENCK, Michael W.; KEANE, Mark T. *Psicologia cognitiva: um manual introdutório*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

OLIVEIRA, Marta Kohl de. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico*. São Paulo: Scipione, 1995.

RATNER, Carl. *A psicologia sócio-histórica de Vygotsky: aplicações contemporâneas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.