

## AS NEUROCIÊNCIAS AO SERVIÇO DA LINGUAGEM

**Ana Maria Roza de Oliveira Henriques de Oliveira**

amholiveira@esev.ipv.pt

*Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde*

*ESEV*

*Instituto Politécnico de Viseu Portugal*

**Resumo:** A linguagem humana, com a emergência das Ciências Cognitivas, vem contribuir, de maneira decisiva, para a abertura da área interdisciplinar que já se considera transversal, as Neurociências. Tudo o que diz respeito ao tratamento da informação da linguagem ocupa, agora, o seu espaço na exploração e na interpretação de diversos processos em curso, nomeadamente, o da aquisição e o da aprendizagem, assim como os processos que implicam lesões da linguagem. O cérebro constitui o centro de interpretação que permite, de agora em diante, a qualquer investigador aprofundar e compreender o porquê de sistemas tão complexos como, por exemplo, o da leitura e o do discurso. A presente discussão deve contribuir para o debate dos fundamentos teóricos e metodológicos da organização neuro-funcional da linguagem no cérebro bem como para a importância de que se revestem estes estudos no ensino das línguas.

**Palavras-chave:** Linguagem e Neurociências; processamento da linguagem; linguagem e cérebro; neurociências cognitivas; ensino das línguas.

**Abstract:** Human language, with the emergence of the Cognitive Sciences, contributes so decisively to the opening of the interdisciplinary area which is already transversely considered, the Neurosciences. All that concerns the processing of language information occupies now its own space in the exploitation and the interpretation of several ongoing processes, namely the acquisition and the learning, as well as processes involving injuries of the language. The brain is the center of interpretation which allows any researcher, from now on, to deepen and to understand the origin of such complex systems like, for example, reading and discourse. The present discussion should contribute to the debate of the theoretical and methodological foundations of language neuro-functional organization in the brain as well to the study of language teaching.

**Keywords:** Language and neurosciences; language processing; language and brain; cognitive neurosciences; language teaching.

*“As palavras que possuímos não têm senão significados confusos, aos quais o espírito dos homens se acostumou há muito tempo e essa é a causa de não entenderem quase coisa nenhuma perfeitamente”.*

*(Descartes a seu amigo Merseune, em novembro de 1629).*

## **Introdução**

A ideia de que a linguagem humana é uma verdadeira janela para as investigações cérebro/mente surge com a emergência das Ciências Cognitivas na segunda metade do século XX. Os paradigmas linguísticos que, embora com diferentes referências, desenvolvem meios teórico-metodológicos para explicitar o funcionamento da linguagem no cérebro têm contribuído, de uma maneira decisiva, para este desenvolvimento. O eixo da tradição social saussuriana e do behaviorismo bloomfieldiano constituiu um movimento importante para a metateoria das investigações linguísticas para o cognitivismo representado no que se poderia chamar, como o sugere Chomsky, a Biolinguística. O enraizamento do objeto-linguagem no contexto das Ciências Naturais abriu caminho para programas de investigação na interface com a hoje área interdisciplinar de especial relevância, a Neurociência. Aspectos relativos ao lugar da linguagem no cérebro, à aquisição, à compreensão e ao processamento da linguagem (e.g. Pinto 2007a; Pinto 2007b), à sua evolução no quadro da espécie humana, aos princípios subjacentes à variedade das línguas são, atualmente, temas de indiscutível presença na agenda de quem quer que busque o entendimento do fenómeno linguístico e da forma como o cérebro/mente funciona. Se é verdade que, com o advento das investigações cognitivistas, o impacto sobre a pesquisa académica se acentua, também ao nível da aprendizagem e do ensino, as repercussões são inquestionáveis (e.g. Pinto, 2005). Temas clássicos como a compreensão da leitura, o desenvolvimento da fala e da escrita e a aprendizagem de línguas, entre outros, exigem uma reavaliação, agora, sob a ótica dos avanços neurocientíficos.

### **1. Evidência empírica das neurociências**

A popularidade dos estudos sobre linguagem e cérebro é bem evidente no número de trabalhos publicados nos últimos quinze anos, aproximadamente, com o recurso às novas tecnologias de imagem, desde a ressonância magnética funcional (fMRI), à magneto-encefalografia (MEG), à tomografia por emissão de positrões (Pet Scan), à Espectroscopia por infravermelhos (NIRS), entre outras, rastreando o modo como o nosso cérebro trabalha, em campos que vão da fonética, passando pela leitura até ao processamento do discurso. Um conjunto destas técnicas é o chamado hemodinâmico, ou seja, a base das medidas e das imagens colhidas é a relação entre a atividade neuronal do cérebro e o sangue – fluxo sanguíneo, volume de sangue ou oxigenação do sangue. O método mais usado neste conjunto de técnicas é a ressonância magnética funcional (fMRI) que gera imagens com

uma enorme resolução espacial, na ordem de 1mm. Esta técnica, com a tomografia por emissão de positrões e a mais recente, a Espectroscopia por infravermelhos (NIRS) fornecem uma janela única sobre o funcionamento e a organização espacial do cérebro. Contudo, para medir o processamento da linguagem com um elevado nível de resolução temporal, é necessário recorrer às técnicas eletromagnéticas. Estas técnicas captam a atividade cerebral com uma resolução de 1 milésimo de segundo, proporcional com a atividade cerebral *online*. Esta breve discussão sobre a vantagem dos dois conjuntos de técnicas de exploração do cérebro serve para ilustrar as características específicas de cada um para um determinado estudo: assim, para descrever com o máximo detalhe espacial que áreas são ativadas, usa-se a ressonância magnética funcional; para investigar com uma resolução temporal apropriada do tempo de processamento, pede-se uma técnica eletromagnética. Contudo, a fim de obter um modelo explanatório do cérebro e da linguagem, é necessário muito mais do que obter a localização da atividade cerebral da linguagem que pode estar a ocorrer. É necessário compreender como, por exemplo, um circuito neuronal local executa computações de um determinado tipo. Só assim será possível, com um desenho experimental finíssimo, saber que ou quais métodos utilizar.

As conclusões destas pesquisas são de grande valia para se repensarem, nomeadamente, e a crer na importância da linguagem nos seus vários ângulos, os métodos de alfabetização e o ensino-aprendizagem da leitura e da escrita, além de nos esclarecerem sobre as dificuldades que os alunos apresentam, decorrentes de distúrbios de atenção ou da dislexia. A linguagem é um dos mais elaborados comportamentos cognitivos.

São três as áreas que mais se desenvolveram neste contexto da importância das neurociências no processamento da linguagem: (i) a percepção da fala e o reconhecimento da linguagem falada, (ii) a representação e o processamento das palavras e (iii) o processamento do discurso. A percepção da fala parece ser o *input* básico para o sistema da linguagem. Percecionar, analisar e compreender este contínuo sinal variável é o maior desafio dos sistemas perceptivos e cognitivos. Mapear as vibrações no ouvido (os sons) até às abstrações (as palavras) torna-se bastante complexo, envolvendo estádios do percurso auditivo que vão da cóclea ao córtex. Vários são os estudos nesta área (e.g. Sekiyama, K., Kanno, I., Miura, S. & Sugita, Y. 2003; Gerken, L. & Aslin, R. 2005; Poeppel, D. & Monahan, P. 2008) que tentam demonstrar o quão complexo é o estudo da fala, sugerindo que nós usamos uma variedade de sentidos para a percepção da fala; sugerindo que o cérebro “trata” a fala como algo que ouvimos, vemos e, inclusive, sentimos.

O objetivo principal da percepção da fala é o de identificar as palavras no contexto da linguagem falada; perceber de que modo as palavras e os seus morfemas são acedidos durante a percepção, produzidos e representados no cérebro humano. As palavras são o elo de ligação entre o sentido e o som. Nas diferentes línguas, uma determinada palavra tem a mesma representação léxico-semântica, mas uma enorme variedade fonológica. Um falante culto terá um dicionário mental

de 10.000 a 100.000 entradas de pares arbitrários de som/sentido. Contudo, o modo como as palavras são armazenadas no cérebro permite ao falante/ouvinte extraí-las rapidamente da informação armazenada, numa economia de meios com informação similar, a fim de recuperar a informação necessária à compreensão de outras palavras. O dispositivo que armazena toda a informação lexical do falante é sensível a diferenças muito subtis a nível do som, mas categóricas a nível do significado.

A evidência de estudos com crianças sobre as bases neuronais do léxico ou as capacidades sintáticas é ainda relativamente escassa. Estudos de Molfese (1990), Molfese, Morse e Peters (1990) com crianças de 14 meses a quem era pedido que nomeassem objetos novos e depois comparavam, num exame de potenciais evocados (ERP), quando os objetos eram emparelhados por pares com etiquetas verbais corretas e incorretas, mostrou que as respostas com as etiquetas verbais corretas eram registadas nos eléctrodos do hemisfério esquerdo, mas não as incorretas. Noutros estudos sobre a aquisição da linguagem feitos com crianças entre os 13 e os 17 meses, as diferenças dadas pelo ERP para palavras conhecidas *versus* palavras desconhecidas eram dadas bilateralmente e distribuídas largamente pelas regiões anterior e posterior (Mills, Coffey-Corina & Neville, 1997). Aos 20 meses, as diferenças já se limitam às regiões parietal e temporal esquerda.

Com a evolução da linguagem, os simples estímulos linguísticos parecem evocar padrões similares de estimulação eléctrica, quer no cérebro de crianças, quer no de adultos, exceto em estímulos linguísticos que envolvam aspetos gramaticais da linguagem. Exames com potenciais evocados sugerem que, só na puberdade, se atinge um patamar de igualdade em relação a estes últimos (Holcomb, Coffey & Neville, 1992). Muitos são os autores que questionam esta meta na aquisição da linguagem, sendo sugestivo o facto de, ao se considerarem adquiridos os percursos neuronais e as operações, ser drasticamente reduzida a plasticidade cerebral ao ponto de ser praticamente impossível adquirir qualquer capacidade sintática rudimentar.

Ao nível da aquisição da linguagem e da modularidade da linguagem, o conhecimento entre a relação do desenvolvimento do cérebro e o desenvolvimento dos aspetos lexicais e sintáticos advém dos estudos sobre a aquisição da linguagem em crianças com síndromas desenvolvimentais ou lesões cerebrais. O maior ou menor comprometimento neste complexo de operações resulta em níveis proporcionais de dislexia. A dislexia surge como um problema ou disfunção de carácter neurológico, que implica alguma desorganização dos complexos sistemas neuropsicológicos envolvidos na lectoescrita, normalmente associados a problemas da fala. A relação entre fala/escrita é intermediada por um complexo conjunto de operações mentais (especialmente as que se relacionam com a segmentação das unidades do pensamento em nível representacional).

A capacidade para aprender a ler e escrever deve-se, fundamentalmente, ao modo como está estruturado e funciona o sistema nervoso central: a plasticidade dos neurónios para reciclarem novas aprendizagens; a dominância

e a especialização das várias áreas secundárias e terciárias do hemisfério esquerdo para a linguagem verbal; a interconexão entre as várias áreas mesmo distantes, inclusive as que processam a significação com as que processam, em paralelo, a linguagem verbal; o processamento das variantes recebidas nas áreas primárias, através do emparelhamento com formas invariantes mais abstratas que os neurónios reconhecem; a arquitetura neuronal capaz de processar formas sucessivamente mais abstratas e complexas, como a função semiótica. Os neurónios desta região, através dos seus axónios, estão ligados a todas as regiões que processam a linguagem verbal, bem como a região que processa o significado. Eles demonstram capacidade de reconhecerem uma letra como sendo a mesma, independentemente da sua forma e da posição que ocupa na palavra, pois elas estão associadas à região que processa o significado. Segundo Scliar-Cabral (2009), o tratamento da escrita começa na fóvea – parte central da retina, rica em células foto-recetoras a que chamamos cones e com elevada resolução para reconhecer o detalhe das letras. Perante um texto escrito, a cadeia de letras é desmembrada pelos neurónios da fóvea e deve ser reconstruída antes de ser reconhecida. A palavra é facetada em milhares de fragmentos, estando perante um sistema de dupla rota: a fonológica e a lexical. A primeira converte a cadeia de letras em fonemas, a outra permite o acesso ao dicionário mental onde o sentido das palavras está armazenado. O campo visual limitado da fóvea (15°) é a principal razão pela qual os olhos se movem incessantemente durante a leitura. Os olhos humanos não abarcam uma linha inteira, percorrem a linha em movimentos de sacadas (quando não se vê nada) e param num ponto (ocorrendo a fixação), quando a fóvea é capaz de abranger 3 ou 4 letras à esquerda e 7 ou 8 à direita do olhar, em sistemas em que a leitura ocorre da esquerda para a direita. A região occípito-temporal ventral também processa faces, objetos e instrumentos, mas somente parte da região occípito-temporal ventral do hemisfério esquerdo prefere o reconhecimento das palavras escritas, enquanto a região contralateral direita prefere o reconhecimento das faces (Tarkiainen, Cornelissen & Salmeli, 2002). Estas descobertas confirmam as conclusões de Allinson e colegas (1999), que aplicaram a eletroencefalografia a mais de cem pacientes epiléticos, quando não afetados pela crise. Outra evidência empírica importante das neurociências ao serviço da linguagem diz respeito ao processamento das invariâncias. A primeira é a invariância espacial. É sabido que as projeções visuais são cruzadas: as palavras apresentadas do lado esquerdo da tela são projetadas na metade direita da retina de cada olho de onde a informação é enviada ao hemisfério direito. O inverso é verdadeiro, se as palavras forem apresentadas no lado direito da tela. De repente, o *output* converge para a região occípito-temporal ventral do hemisfério esquerdo; não importa se os estímulos foram apresentados ao lado direito ou esquerdo da tela. Isso é possível, porque a conexão entre os dois hemisférios é mediada pelo *corpus callosum*. Em consequência, se um paciente sofrer uma lesão vascular naquela região, será impossibilitado de reconhecer as palavras apresentadas no lado esquerdo da tela, um síndrome denominado de hemialexia. Um grande

número de experiências demonstra outro tipo de invariância, a invariância de fonte: os neurónios da região occípito-temporal ventral esquerda, depois de serem reciclados, mostram a capacidade de reconhecer uma letra como a mesma, apesar das suas múltiplas variantes. Não importa se a fonte for MAIÚSCULA, minúscula, **negrito**, *itálico*, sublinhada ou manual. A explicação para essa capacidade provém do conceito de fonema, que é a pedra fundamental da linguística contemporânea, de acordo com o enfoque funcionalista: o fonema possui uma função distintiva; embora sem significado, a sua função é distinguir o significado. O mesmo acontece com as letras: uma ou mais letras formam os grafemas vinculados aos seus valores sonoros (os fonemas), ambos com a função de distinguir o significado. De facto, as evidências obtidas por Polk e Farah (2002) favorecem a hipótese de uma área para a forma abstrata da palavra e não perceptual. Conforme se pode depreender, a região específica que processa material escrito é denominada de região occípito-temporal ventral esquerda. Isso significa que os grafemas e os fonemas devem estar obrigatoriamente vinculados nesse processo. Em *adendum*, existem inúmeras projeções para todas as regiões onde a linguagem verbal é processada, incluindo a região do processamento do significado. A hipótese de Polk e Farah (2002) foi confirmada por Dehaene, Le Clech, Poline; Le Bihan e Cohen (2002) numa experiência em que eles apresentaram subliminarmente a primeira palavra (29 milissegundos), observando o efeito sobre o processamento da segunda palavra. Não importava se a palavra estivesse escrita na mesma fonte ou não, o efeito era o mesmo, uma vez que ocorria a redução da atividade na região occípito-temporal ventral esquerda. É interessante verificar que o efeito não é observável na região primária da visão, uma vez que essa é sensível às mudanças de fonte. Somente a região occípito-temporal ventral esquerda opera com as invariâncias das fontes, isto é, com construtos mais abstratos, cruciais para a atribuição dos mesmos valores às letras que, em diferentes fontes, não compartilham nenhum traço, como, por exemplo, A e a, G e g, M e m. Se o método global fosse correto, a palavra escrita seria reconhecida pela sua configuração, exatamente o que o hemisfério direito faz: reconhece REGRA e regra como diferentes (Dehaene, Jobert, Naccache, Ciuciu, Poline, LeBihan & Cohen, 2004). O mesmo é verdadeiro com as crianças que não aprenderam os princípios do sistema alfabético e somente reconhecem logotipos como Coca-Cola: apenas a região do hemisfério direito é iluminada durante as experiências e não a região occípito-temporal ventral esquerda. Outra evidência trazida à luz pelas neurociências é a de que a região occípito-temporal ventral esquerda prefere as cadeias de letras bem formadas às cadeias que desobedecem às regras grafotáticas de uma dada língua. Ela também não prefere números. Isso prova que tal tipo de conhecimento não é inato: os neurónios precisam de ser reciclados para aprender um dado sistema de cada língua; também prova que a região é especializada para o reconhecimento da palavra escrita. Experiências recentes puseram fim ao mito de que o mandarim era uma língua escrita processada pelo hemisfério direito. Fatores experimentais provaram que a leitura do mandarim ativa a mesma região occípito-temporal

ventral esquerda, com praticamente todas as mesmas propriedades observadas, quando os sujeitos leem sistemas alfabéticos. O mesmo é verdadeiro, quando os sujeitos leem os sistemas kanji ou kana (Nakamura, Dehaene, Jobert, LeBihan & Koider, 2005).

## **2. A especialização dos hemisférios cerebrais no processamento do discurso: uma visão geral**

Muita pesquisa é ainda necessária para se alcançar um completo entendimento sobre como o cérebro processa a linguagem em geral e sobre como os hemisférios cerebrais tratam as línguas como um todo (no caso do bilinguismo) e cada um dos componentes de uma língua (fonológicos, sintáticos, semânticos, morfológicos, discursivos e pragmáticos), com uma atenção especial ao hemisfério direito, cujo funcionamento e papel no processamento linguístico apenas recentemente tem sido focado. Em 1998, Beeman e Chiarello afirmam que uma abordagem dentro da neurociência cognitiva que busque um tipo de investigação deve ser permeada por, pelo menos, quatro objetivos: 1. descrever os padrões de ativação de cada hemisfério; 2. descrever as assimetrias biológicas (macro e microanatómicas, químicas e fisiológicas) das áreas cerebrais envolvidas com a linguagem; 3. usar cada nível de informação para guiar e restringir a busca noutros níveis; e, finalmente, 4. ligar o processamento cognitivo de ambos os hemisférios às suas características biológicas. Inicialmente acreditava-se que o processamento linguístico seria quase exclusivamente atribuído ao hemisfério esquerdo (HE). No entanto, principalmente a partir dos anos 90, as pesquisas têm apontado para uma participação decisiva do hemisfério direito (HD). É no nível do discurso que a sua participação parece ser especialmente importante. Além disso, é pertinente salientar-se que a ativação de áreas contralaterais no HD tem sido constantemente registada em estudos sobre o processamento linguístico com técnicas de neuro-imagem, nas mais variadas componentes linguísticas, tanto na compreensão, como na produção, tanto no modo de apresentação oral, como no escrito (Myers, 1999; Joannette & Goulet, 1990; Tomitch, 2004; Beeman, Boedewyn & Gernsbacher, 2000). Ativações bilaterais observadas nestes e noutros estudos indicam que a construção de uma representação mental coerente de um texto requer a participação de várias regiões dentro de ambos os hemisférios cerebrais, os quais precisam de compartilhar e de integrar informações. A ativação de áreas do HD tem sido observada durante tarefas de compreensão metafórica, quando ocorre uma ativação das áreas no HD homólogas às áreas de Broca e de Wernicke em participantes sem acometimento de lesão cerebral (Huber, 1990); do mesmo modo, ativações em regiões frontais e temporais do HD foram observadas durante o julgamento sobre morais de fábulas e na comparação com julgamentos sobre o significado literal de uma história (Nichelli, Grafman, Pietrini, Clarck, Lee & Milevitch, 1995).

Contudo, há uma longa história de investigação na representação e no

processamento da frase, quer na linguística, quer na psicologia experimental. Diferentes áreas no cérebro associadas à produção de palavras têm sido caracterizadas através dos numerosos estudos, utilizando tarefas de produção de palavras. Indefrey e Levelt (2004) fornecem informação importante no que diz respeito aos modelos de produção da palavra que desenvolveram. Estes dados são consentâneos com os de Hickok e Poeppel (2007) para a percepção da fala. As áreas corticais nos lobos frontal, parietal e temporal formam uma rede que constitui a base da produção da fala.

As neurociências cognitivas dão particular relevo à questão de saber se o cérebro tem uma base sintática separada de uma base semântica. Ben Shalom e Poeppel (2007) vêm afirmar que, sendo a sintaxe uma coleção de subrotinas computacionais, não é de estranhar que muitas zonas cerebrais estejam implicadas no processamento da estrutura da frase. A famosa frase de Chomsky (1965): *Colorless green ideas sleep furiously* é um exemplo que ilustra o facto de uma sequência de palavras sem sentido poder estar sintaticamente correta. São sobretudo as técnicas de ressonância magnética funcional (fMRI) que permitem testar quais as zonas do cérebro que são ativadas com tarefas de sintaxe *versus* tarefas de semântica.

Ao nível da palavra, a especialização hemisférica também parece diferenciar-se (Waldie & Mosley, 2000). Ao ter acesso ao significado lexical de uma palavra, o HE parece estar relacionado com a busca pelo campo semântico mais restrito, focal (*fine coding*), e a ativação do léxico parece limitar-se ao significado alvo e aos seus associados mais próximos, um processo feito rápida e automaticamente nas atividades quotidianas. Por outro lado, o HD parece ser responsável por associar cada palavra a um campo. Para estabelecer um paralelo entre os dois hemisférios em relação à ativação dos significados de palavras, pode mencionar-se a completa revisão de literatura feita por Federmeier e Kutas (1999). Estas autoras afirmam que o HD é integrador, no sentido de que estabelece uma comparação direta entre as características dos itens no contexto e aqueles da palavra em questão; vai ativar uma variada gama de palavras cujos sentidos poderiam ser associados ao termo; ativa a informação semântica de modo mais lento e mantém-na por mais tempo; vale-se de um maior uso de informação associativa advinda da frase. Em relação ao HE, as autoras postulam que ele é preditivo, no sentido de que compara a informação nova com elementos previstos; ativa itens possíveis de serem encontrados; direciona a atenção para palavras altamente relacionadas; é sensível a limitadores no nível do contexto; demonstra dificuldade em rever e reinterpretar uma informação; é mais rápido, mais seletivo e mais usado na linguagem do quotidiano. O desenvolvimento de pesquisas mais conclusivas sobre a dinâmica inter e intra-hemisférica no processamento linguístico, em especial do discurso, adivinha-se necessário. No entanto, evidências importantes têm sido disponibilizadas por estudos comportamentais e de neuroimagem, investigando a produção e a compreensão de texto por parte de indivíduos acometidos ou não de lesão cerebral. Certas competências mais concentradas no

HD, especialmente a habilidade de inferir do contexto e o conhecimento geral, são usadas por pacientes agramáticos, crianças, disfásicos e aprendizes de uma segunda língua, a fim de apreender o significado da intenção do falante/escritor sem depender do processo de descodificação da estrutura sintática. Os estudos de Molloy e colegas (1990) e de Huber (1990) postularam que o desempenho de indivíduos com lesão no HD reflete-se na redução da sua capacidade de empregar o conhecimento prévio para abordar o texto de uma maneira descendente (*top down*). A crescente implementação de estudos sobre o processamento do discurso através de técnicas de neuroimagem deve fornecer um suporte com dados da atividade neurocognitiva relacionada a esse nível mais alto de processamento linguístico, adentrando na investigação da dinâmica inter e intra-hemisférica relacionada com essa tarefa. Este conhecimento poderá fornecer elementos importantes para que se refutem, reforcem ou reinterpretem teorias sobre o processamento do discurso em indivíduos com e sem lesão cerebral, uma vez que o emprego de uma técnica, por si só, não faz sentido, se não gerar dados a serem aplicados no desenvolvimento e no avanço das discussões teóricas neuropsicolinguísticas existentes.

Os estudos ao nível do discurso, com o emprego de técnicas de neuroimagem, têm tido o seu enfoque quase na totalidade na compreensão do discurso, ao passo que os processos de produção aguardam mais investigação. A compreensão do discurso tem sido estudada basicamente através da escuta passiva de histórias. As principais regiões cerebrais imbricadas com a compreensão e a produção de discurso são as regiões temporais mediais (principalmente no HD), responsáveis por processos integradores para a coerência global (St. George, Kutas, Martinez & Sereno, 1999); lobos frontais inferiores no HD e no HE, para o processamento de histórias dentro de uma representação coerente; região temporal esquerda, principalmente o hipocampo, responsável pela manutenção da coerência da informação nova e, portanto, relacionada com processos de memória; o precúneo, ligado a outras regiões corticais e implicado em processos de memorização. Áreas frontais do HD revelaram ativação em tarefas que pediram a construção de representações de histórias, porém, não durante a escuta passiva de histórias (Gernsbacher & Kaschak, 2003).

### **3. A evidência das neurociências nas línguas**

Identificar a zona do cérebro responsável por cada função da mente tem sido uma força motriz das neurociências, desde o seu nascimento. Alguns neurocientistas associam essa data à frenologia de Gall e outros à localização da linguagem por Broca. A diferença não é grande, pois a principal contribuição deste foi confirmar uma previsão do primeiro: a localização da fala numa pequena região do cérebro. Segundo o esquema do austríaco Franz Gall (1757-1828), a linguagem ficaria localizada nos lobos frontais, perto dos olhos. O próprio Gall apresentou evidência clínica de casos de perda da fala após lesões do lobo frontal, confirmando o que ele julgava demonstrar com a craniometria. A sua teoria encontrava apoio

nos casos clínicos apresentados pelo francês Jean-Baptiste Bouillaud (1796-1881), professor influente do *Hôpital de la Charité* em Paris e membro fundador da *Société Phrénologique*. A frenologia, no entanto, era mal vista pela maioria dos cientistas, que, aliás, haviam impedido o ingresso de Gall como membro da *Académie des Sciences*. Em abril de 1861, o neurologista francês Paul Broca (1824-1880) anunciou, na reunião da *Société d'Anthropologie*, que tinha um caso para mostrar: um paciente incapaz de falar, que acabara de falecer. No dia seguinte, voltou com o cérebro do paciente – que tinha uma lesão no córtex frontal esquerdo. Ao longo dos meses seguintes, Broca apresentou alguns casos semelhantes e, em 1863, desafiado por casos aparentemente contraditórios, apresentados pelo grande neurologista Jean-Martin Charcot (1825-1893), descreveu oito casos de afasia, todos portadores de lesões no lobo frontal esquerdo. A lateralidade das lesões chamou a sua atenção e Broca levantou a possibilidade de uma especialização do hemisfério esquerdo para a linguagem. Broca desconhecia que, poucos dias antes, havia sido depositado na *Académie de Médecine* um manuscrito datado de 1836 que constatava uma associação entre lesões do hemisfério esquerdo e afasia. O manuscrito era de Marc Dax (1770-1837), um médico do sul de França. Baseava-se em mais de 40 casos clínicos. Foi revisto pelo próprio Bouillaud, entre outros, mas somente foi lido na *Académie* no final de 1864. Até então, Broca tinha permanecido bastante conservador quanto às suas conclusões, ciente de que, se era difícil convencer a sociedade científica anti-Gall da localização da fala, restringi-la a um só hemisfério seria ainda mais problemático. Mas, em 1865, provavelmente já a par das observações de Marc Dax, Broca publicou um trabalho em que tratava diretamente, e em detalhe, a questão da lateralidade da fala. Enquanto a capacidade de conceber as conexões entre ideias e palavras pertenceria a ambos os hemisférios, Broca argumentava que a capacidade de as exprimir com movimentos articulados na fala era exclusividade do hemisfério esquerdo. A descoberta firmou o espírito localizacionista e estimulou uma nova era de experiências em animais com lesões. De certa forma, essa foi a “vingança” de Gall – a quem Broca, aliás, considerava como “o ponto de partida de todas as descobertas em fisiologia cerebral do nosso século”. A neurolinguística, geralmente, emprega ferramentas da neurologia clínica e da neurofisiologia, como as técnicas modernas de obtenção de imagens funcionais do sistema nervoso e as técnicas de estimulação e registo elétrico ou magnético do tecido cerebral. Indivíduos normais bem como os portadores de doenças neurológicas são utilizados nestas experiências que envolvem a fala e funções correlatas. A identificação das regiões e sub-regiões cerebrais envolvidas com a linguagem evoluiu significativamente. Há três modelos de linguagem descritos: o modelo do século XIX, que descreve o modelo neurológico com a anatomia e os componentes cognitivos do processamento auditivo e visual de palavras e dois modelos cognitivos do século XX que enfatizam duas diferentes vias de leitura que não estão presentes no modelo neurológico. Os estudos mais recentes com neuroimagem mostram que a repetição de palavras apresentadas de modo verbal ou visual envolve a região posterior do sulco temporal superior

e posterior entre o giro frontal inferior e a ínsula anterior à esquerda. Apesar de estudos neuropsicológicos e psicolinguísticos mostrarem o envolvimento das áreas perisilvianas anteriores como geradoras e posteriores como “receptoras” (Broca e Wernicke, respetivamente), estudos de neuroimagem funcional têm mostrado de um modo preciso que a área de Broca está envolvida em percepção auditiva de palavras e repetição. A atividade da área de Broca é mais subtil e complexa que a da área de Wernicke, a qual é mais frequentemente demonstrada com diversas modalidades de estímulos. Além disso, é frequente haver uma identificação da região posterior inferior temporal bilateral, mais à esquerda, durante tarefa de nomeação, relacionada com a segunda via de leitura, conforme predito pelos modelos cognitivos do século XX. Destas novas teorias, que emergiram, em grande parte, a partir de estudos de neuroimagem, um modelo anatomicamente plausível de processamento de linguagem foi proposto, integrando as regiões anatómicas clássicas do século XIX às informações dos modelos cognitivos. Por outro lado, o processo de leitura tem sido muito mais pautado pelo reducionismo experimental focado em palavras. De modo simplificado, todo o processo de aprendizagem envolve a atenção, a percepção, as funções simbólicas como a linguagem e praxias, os processos de raciocínio, memorização e as funções executivas. As funções simbólicas e as executivas dependem do córtex associativo e o seu processamento é cortical, com fortes interações subcorticais. A linguagem é o sistema de simbolização prototípica.

O estudo da aquisição da linguagem é um excelente paradigma para a compreensão do desenvolvimento da cognição em seres humanos. A função da linguagem tem a maior parte dos substratos neurais localizados no hemisfério cerebral dominante. Na imensa maioria dos indivíduos (mais de 90%), este é o hemisfério cerebral esquerdo. A expressão verbal depende da área de Broca, localizada no giro frontal inferior; no córtex das bordas posteriores do sulco temporal superior encontra-se a área de Wernicke, classicamente responsável pela compreensão e interpretação simbólica da linguagem. Para entender as bases biológicas da leitura, os estudos de neuroimagem permitem-nos conhecer os mecanismos cognitivos da aprendizagem em geral. O processo de leitura depende da descodificação das palavras, fluência e compreensão da escrita. Neste processo, ocorre inicialmente a análise visual, dependente, portanto, deste sistema sensorial e da atenção seguida do processamento linguístico da leitura, para a associação grafema-fonema e leitura global da palavra. Participam a região occipital onde se localiza o córtex visual primário, associada ao processamento dos símbolos gráficos e áreas do lobo parietal, associadas à função viso-espacial diretamente relacionadas com o processo gráfico. Os estudos de imagem funcional e neurofisiológicos têm demonstrado que, durante a aprendizagem da leitura de acordo com o modelo fonológico, o ensino da correspondência fonema-grafema implica uma maior ativação dos giros temporal superior, angular e supramarginal do hemisfério esquerdo, que é a denominada via indireta. A leitura da palavra mesa, por exemplo, ocorreria através da interpretação de que as letras visualizadas,

M+E+S+A seriam associadas por estas regiões cerebrais, resultando na palavra MESA e esta mensagem seria, na sequência, transferida para o giro temporal médio, que efetuará a interpretação do significado e as associações necessárias. À medida que o indivíduo memoriza esta associação, pela repetição natural, ocorrerá uma interpretação inicial da palavra MESA, como um todo, sendo ativadas, neste caso, áreas da região occípito-temporal esquerda, conhecida como via direta e que implicaria um imediato reconhecimento e interpretação semântica da palavra. Palavras novas ou outras menos comuns e as pseudopalavras seriam “lidas” através dos processos de descodificação fonológica, não ocorrendo ativação da via direta. Por outro lado, a aprendizagem da leitura através do método global envolve a ativação direta de regiões dos lobos occipitais e temporal médio e inferior, mais precisamente do giro fusiforme esquerdo, denominado de “área visual da palavra” (AVP) devido à grande frequência com que é detetada em estudos de neuroimagem, envolvendo, sobretudo, tarefas de nomeação.

Não existe uma pesquisa neurocientífica sobre os circuitos envolvidos na aprendizagem e os mecanismos de aquisição do conhecimento podem ser relevantes para a educação. Assim, deveriam ser tomados como referência os estudos sobre a neurobiologia da aprendizagem para se repensar a prática educacional. Um melhor conhecimento dos circuitos neurais para a expressão e entendimento verbal, aquisição da habilidade da leitura, manutenção dos mecanismos atencionais e estratégia de aprendizagem são importantes para estabelecer processos mais eficientes de alfabetização. Na Europa, os Estados da Organização para a Cooperação Económica e Desenvolvimento, OCDE, desenvolveram um Projeto de Investigação, PISA, em que foram utilizados testes que mediam os diferentes “graus de competência” na leitura, desde a simples compreensão (grau de competência I) até à interpretação e formulação de problemas (grau de competência V).

Os psicolinguistas consideram que existe um dicionário interno – o léxico mental – onde estão arquivados os vários elementos da linguagem. O léxico mental representa a ponte entre a mensagem linguística recebida e a interpretação dessa mensagem (van Hell, 1998). Trata-se de um sistema mnemónico, ou seja, ao falar, o indivíduo consulta o léxico em busca de informações semânticas, sintáticas e fonológicas necessárias à expressão verbal dos seus pensamentos. Há evidência clara, atualmente, de que existem diferentes léxicos, de acordo com o tipo de informação que armazenam: as informações semânticas seriam armazenadas num conjunto de regiões cerebrais, as sintáticas noutra diferente, e as fonológicas, num terceiro conjunto. Estima-se que o léxico semântico de um adulto educado possa constar de cerca de 50 mil palavras e expressões idiomáticas. Os mecanismos de consulta a esse dicionário mental são extraordinariamente eficientes, pois permitem o reconhecimento e a produção de cerca de três palavras por segundo, ou seja, quase 200 palavras por minuto! De que modo o léxico estaria organizado no cérebro? Certamente não seria por ordem alfabética. Primeiro, porque essa ordem é arbitrária, de natureza cultural. Segundo, porque seria mais difícil

encontrar e emitir palavras iniciadas por letras do meio do alfabeto (J, L, M etc.), o que não é verdadeiro. Em terceiro lugar, porque é mais fácil compreender e emitir as palavras que usamos frequentemente. Aquelas que não usamos podem ser esquecidas (excluídas do dicionário...), o que significa que o conteúdo do léxico é flexível e dinâmico – depende do uso. De que modo, então, estaria o léxico mental organizado no cérebro? Uma hipótese bem aceite propõe que o léxico esteja organizado segundo redes semânticas, isto é, de acordo com categorias de significado semelhante. Quando nos escapa uma palavra (por exemplo, livro), ao procurá-la na memória, mais facilmente acedemos a *folhas*, semanticamente próxima, do que a *cereja*, que nada tem a ver com ela. Além disso, alguns pacientes portadores de lesões cerebrais localizadas, que apresentam distúrbios da linguagem, cometem erros de compreensão e de expressão frequentemente relacionados com o significado das palavras ou conceitos que querem emitir ou compreender (parafasias semânticas). As redes semânticas reuniriam categorias específicas: animais, instrumentos, pessoas, cores, plantas, etc. Se isso é verdade, seria possível identificar regiões cerebrais específicas para cada categoria? Sim. Esta foi a conclusão de um estudo abrangente reunindo pacientes com distúrbios linguísticos. O estudo dos fonemas de várias línguas levou à elaboração de alfabetos fonéticos que são utilizados nalguns dicionários bilingues para facilitar a identificação da pronúncia das palavras. Essa uniformidade sonora de vários fonemas através de diferentes línguas é considerada uma evidência dos universais linguísticos – neste caso, universais fonémicos – propostos por Chomsky. Apenas uma parte dos fonemas de cada língua é universal. A outra parte é específica de grupos de idiomas, ou mesmo de um único idioma. Considera-se que os universais fonémicos constituem o acervo inato de movimentos do aparelho fonador, comandados e compreendidos de modo único na natureza pelo sistema nervoso humano. A localização do léxico fonológico tem sido tentada, usando métodos de imagem funcional. O interessante é que o processamento fonológico se mostrou lateralizado à esquerda, nos homens, mas bilateral, nas mulheres. Ao que parece, a diferença não se deve a causas genéticas, mas a diferentes estratégias de busca do léxico fonológico empregadas pelas mulheres em comparação com os homens. A consulta ao léxico fonológico permite reconhecer os sons característicos de cada idioma, identificando os fonemas que compõem as palavras. Como o léxico é, na verdade, um sistema mnemónico, é provável que ele contenha arquivos ecóicos de fonemas, palavras, e, até mesmo, expressões idiomáticas ou modos de pronunciar sequências de palavras. O léxico fonológico deve guardar os fonemas tais como pronunciados nas expressões de cada língua ou dialeto regional e esses arquivos são diferentes daqueles que representam as versões escritas das palavras. Alguns psicolinguistas consideram que a identificação das palavras ocorre passo a passo. A decisão final depende do contexto mais amplo, isto é, das frases anteriores e posteriores relacionadas com ela e do tema geral em que a frase está inserida. Os psicolinguistas sabem que a interpretação preferida é a mais simples ou a mais provável. O que concluiria da frase “o bandido atacou o polícia com uma arma”?

Quem tinha a arma: o bandido ou o polícia? É possível sugerir, portanto, que o léxico fonológico esteja situado na região do córtex frontal lateral esquerdo.

As várias funções linguísticas dos bilingues têm sido, também, objeto de estudo da neuropsicologia cognitiva cujos trabalhos abordam, sobretudo, a modularização das funções cognitivas, a fracionamento das tarefas cognitivas complexas e as diferenças individuais respeitantes a cada modelo cognitivo. Assim, grande parte dos estudos atuais em neuropsicologia do bilinguismo centram-se, nomeadamente, em aspetos ligados à interpretação dos padrões de recuperação das línguas de pacientes afásicos e na questão de saber o porquê das diferenças na recuperação das duas línguas (e.g. Paradis, 1997b, 2000a, 2000b, 2001, 2004).

“O cérebro bilingue reflete as capacidades dos seres humanos para o pensamento flexível”, afirma Patricia Kuhl (2004), codiretora do Instituto de Ciências do Cérebro e Aprendizagem da Universidade de Washington. “As crianças bilingues aprendem que os objetos e os eventos no mundo têm dois nomes.” Estudos feitos pela investigadora mostraram que, entre o oitavo e o décimo mês de idade, os bebés monolíngues são cada vez mais capazes de distinguir os sons da fala da sua língua materna, enquanto a sua capacidade para distinguir sons de uma língua estrangeira diminui. Por exemplo: entre os oito e dez meses de idade, bebés expostos ao inglês detetam melhor a diferença entre os sons “r” e “l” do que bebés japoneses, que não estão tão expostos a estes sons. O cérebro infantil sintoniza-se com os sons da língua durante este período sensível do desenvolvimento. Esta diferença no desenvolvimento sugere que os bebés bilingues podem ter um calendário diferente para se comprometerem neurologicamente com uma linguagem em comparação com os bebés monolíngues. Quando o cérebro está exposto a dois idiomas, e não só a um, responde, adaptando-se e permanecendo aberto por mais tempo até mostrar o estreitamento da perceção que as crianças monolíngues costumam mostrar no final do primeiro ano de vida. “Bebés criados em famílias bilingues têm maior capacidade de prolongar as suas capacidades de aprendizagem linguística em comparação com as demais crianças. Kuhl (2004) é a primeira a relacionar atividades cerebrais com exposição a idiomas e fala, na infância. Os resultados podem ajudar a impulsionar a aprendizagem de línguas entre adultos. A pesquisa levou em conta o tempo de exposição de bebés de dez a doze meses de idade ao vocabulário de dois idiomas: inglês e espanhol. As crianças foram acompanhadas até aos quinze meses de idade para ver quantas palavras em espanhol ou em inglês eram capazes de conhecer. A investigação mostrou que a atividade cerebral verificada três meses antes poderia indicar a capacidade que estes indivíduos tinham para a fala. Ou seja: o vocabulário das crianças bilingues foi associado à força da atividade cerebral usada para discriminar sons e palavras mais cedo. A linguagem é uma função fundamental que só se adquire uma vez na vida. A dupla vida da linguagem, neuronal e social, vai gerar, no cérebro, através da zona de Broca, tudo o que é formal em cada língua, todos os automatismos. A área de Wernicke, na zona parietal, é o laboratório do sentido, onde se fazem todas as interpretações e sínteses. É depositária das nossas estruturas lógicas e

semânticas fundamentais. Para cada língua viva, numa aprendizagem tardia da segunda língua (adolescência) e porque cada uma tem as suas especificidades, criamos uma área de Broca que se forma em apoio à área de Broca da língua materna. Ambas comunicam entre si. No caso da criança bilingue, em vez de duas zonas distintas, temos uma área de Broca central, comum, que se forma e que gera as duas línguas ao mesmo tempo. Só no caso de especificidades de cada língua é que são criadas zonas periféricas restritas. Temos uma economia de meios para uma maior eficácia. Só assim a criança bilingue desenvolverá uma formulação livre nas duas línguas e não um processo de tradução.

A especialização hemisférica para determinadas funções está largamente demonstrada, embora não possa ser encarada em termos absolutos. Na maioria dos indivíduos, as capacidades de linguagem dependem, sobretudo, da atividade do hemisfério esquerdo e as capacidades não-verbais visuo-espaciais e relacionadas com a música, sobretudo da atividade do hemisfério direito, bem como a perceção e a expressão de algumas emoções, embora, neste caso, a contribuição do hemisfério esquerdo seja importante. É, hoje, um facto adquirido, quer em provas clínicas, quer experimentais, que o hemisfério cerebral esquerdo tem um papel preponderante no processamento da linguagem (e.g. Beaumont, 1983; Bradshaw & Nettleton, 1981; Hellige, 1983; Poeck, 1982). Estudos realizados no âmbito da neuropsicologia da linguagem sugerem que os bilingues desenvolvem diferentes estratégias de processamento da informação, de acordo com o contexto de aquisição de ambas as línguas (e.g. Hamers & Blanc 1989; Oliveira; de Sousa, 2001; Oliveira 2001a). Os estudos com afásicos políglotas (Paradis 1978, 1983, 1989, 1993, 1997a) continuam a ser uma referência, quer para a explicação da incapacidade de funcionar numa das línguas, quer para a sua subsequente recuperação, que ocorre de modo diferente da perda e da recuperação de outra língua. Vaid e Lambert (1979) sugerem que haverá uma diferente organização cerebral do bilingue para cada uma das línguas e que as bases anatómicas para as duas línguas se sobrepõem parcialmente. Será, contudo, simplista generalizar as conclusões obtidas em estudos clínicos para o comportamento normal.

Alguns trabalhos sugerem que a primeira e a segunda língua são representadas em diferentes regiões do cérebro ou, pelo menos, em diferentes redes neuronais nos cérebros dos bilingues (Ojemann & Whitaker, 1978; Rapport, Tan & Whitaker, 1983). Lesões que provocam alterações da linguagem envolvem frequentemente grandes estruturas anatómicas, em vez de fronteiras funcionais e normalmente afetam toda a linguagem do doente. A maior parte dos investigadores é consensual na atribuição, para a maioria dos falantes monolíngues, da dominância do hemisfério esquerdo para a linguagem.

Aspetos sobre a lateralização hemisférica nos bilingues que envolvem atividades do hemisfério direito relacionam-se, mais especificamente, com: (1) o facto de poder haver um maior envolvimento deste hemisfério numa primeira fase de aquisição da segunda língua (e.g. Opler, Albert & Gordon, 1975; Oliveira, Castro & de Sousa, 1997; Oliveira; de Sousa, & Castro, 1997). Assim, segundo a

hipótese colocada por estes autores, quanto mais um bilingue aperfeiçoa a segunda língua, maior envolvimento do hemisfério esquerdo haverá e o processamento no hemisfério direito para a linguagem diminuirá; (2) o contexto de aquisição da segunda língua - a aquisição em meio informal favorecerá um maior envolvimento do hemisfério direito do que a aquisição em contexto formal (Genesee, Hamers, Lambert, Mononen, Seitz & Starck, 1978). O tipo de escrita (usando a direção da direita – esquerda ou esquerda - direita) e o facto de a língua ser tonal, ou não, são alguns fatores determinantes para o possível envolvimento do hemisfério direito no processamento da linguagem (e.g. Oliveira, de Sousa, 2001).

Em relação ao modo como as línguas são armazenadas, organizadas e acedidas no cérebro de um bilingue durante a percepção e a produção da fala, Paradis (1987) defende que as várias línguas no hemisfério esquerdo poderão estar organizadas segundo quatro sistemas: (1) um sistema alargado, em que as línguas estão representadas nas mesmas áreas corticais para a linguagem. O falante bilingue vai ter acesso aos elementos linguísticos das duas línguas (fonemas, regras sintáticas, etc.) e a uma quantidade maior de alofones e outros elementos fonéticos que só eram usados no contexto das respetivas línguas. Consequentemente, vai poder misturá-las com maior facilidade; (2) um sistema dual, onde os elementos das várias línguas estão armazenados separadamente em sistemas subjacentes e independentes uns dos outros, não implicando, contudo, uma diferente representação ao nível macro-anatómico. Cada sistema linguístico é representado separadamente no cérebro e é interessante verificar que este sistema dual de representação da linguagem justifica o facto de os bilingues serem capazes de falar uma língua de cada vez sem interferência; (3) um sistema tripartido que apresenta os itens que são idênticos nas duas línguas representados num único substrato neuronal comum para ambas. Esta fundamentação foi confirmada, igualmente, em estudos com bilingues de português-francês (cf. Oliveira, de Sousa, 2001). Contudo, os elementos (e.g. fonemas, regras fonológicas, morfológicas ou sintáticas ou itens lexicais) que forem distintos em cada língua têm uma representação separada e (4) um sistema baseado em subsistemas, em que as duas línguas do bilingue são servidas por dois subsistemas de um sistema mais alargado conhecido por competência linguística implícita. Cada subsistema linguístico específico é mais próximo de outro do que de um sistema cognitivo, embora possam ser ativados ou inibidos independentemente. Não parece haver, assim, nenhuma necessidade de postular diferenças entre as estruturas cerebrais e/ou mecanismos, quer dos bilingues, quer dos monolinguês. Embora o conteúdo possa ser diferente, os princípios pelos quais as línguas são representadas e processadas só diferem no grau de envolvimento dos vários subcomponentes a serem processados (Paradis, 1997).

Paralelamente a toda a controvérsia sobre o modo como os bilingues processam a linguagem, como a armazenam na memória, se possuem um ou dois léxicos e de que maneira são ativados ou desativados, os investigadores postularam a existência de uma comutação de línguas que permite ao bilingue

utilizar ora uma ora outra, conforme estão num modo de fala monolíngue, ou num modo de fala bilingue. Assim, vários trabalhos de investigação em áreas como a linguística e a psicolinguística, a sociolinguística e a neuropsicologia, vão contribuir para o aprofundamento do estudo no âmbito da alternância de códigos e para a explicação dos processos subjacentes à utilização de mistura de línguas (e.g. Oliveira, 2002). Contudo, e dado tratar-se de uma área muito recente de investigação, quer a nível dos sistemas linguísticos do bilingue, quer ao nível dos processos psicolinguísticos observados durante a perceção, compreensão e produção da língua (e.g. Muysken, 1995; Myers-Scotton, 1993, Romaine, 1989), verifica-se uma sobreposição de interpretações de fenómenos diferentes, que, aparentemente, parecem idênticos. Grosjean (1985), para justificar esta situação, apresenta o exemplo da palavra inglesa *baving* (do francês *baver* - *to dribble*) produzida num modo monolíngue, que será provavelmente o resultado da intrusão da língua desativada (o francês) na língua falada (o inglês), e considerada uma interferência. No modo de fala bilingue, este caso pode ser considerado, ou uma interferência, ou o acesso normal de uma palavra no léxico menos ativado e a sua integração na língua de base (como se se tratasse de um empréstimo).

Estudos em neurociências descobriram igualmente que o facto de um sujeito adulto ser fluente em duas ou mais línguas protegê-lo-á contra os declínios cognitivos relacionados com a idade. Experiências levadas a cabo com ressonância magnética funcional (fmRI) numa amostra de 110 sujeitos, onde foi tida em consideração a experiência e *background* linguísticos, as competências e a frequência de uso das línguas desde os 10 anos de idade ou mais cedo, demonstraram que o facto de dominarem fluentemente duas ou mais línguas até uma idade avançada é comparado com os benefícios que o cérebro pode ter do exercício físico e outros exercícios de treino.

## Conclusões

A utilização dos avanços da neurociência para políticas educacionais manifesta-se de extrema importância. Spitzer (2007) salienta o estudo da OCDE no que diz respeito a “fundamentar e definir os requisitos para uma colaboração entre as ciências da educação e a investigação do cérebro” e “em promover a aproximação entre os políticos de educação e os investigadores do cérebro, bem como apresentar factos de investigação que possamos (e que devíamos e devemos) transpor para as práticas, se quisermos tornar o sistema educativo mais eficiente”. Os estudos de desenvolvimento cerebral e do funcionamento cerebral, de acordo com os diferentes testes de leitura e de outros estudos referentes à plasticidade cerebral, reforçam a importância da estimulação da capacidade de descodificação fonológica, no início da alfabetização, independentemente do método escolhido para o ensino da leitura. Um eventual atraso na estimulação desta habilidade poderia implicar a perda do melhor momento para o desenvolvimento do reconhecimento da relação grafema/fonema, tão importante para a leitura no

futuro de palavras desconhecidas. A perda do momento inicial mais propício para o desenvolvimento da capacidade de leitura e escrita determina que se procure, após esta faixa etária, resgatar esta aprendizagem com o desenvolvimento de certas habilidades dentro de um processo de aprendizagem e reabilitação.

Os contributos das neurociências não podem igualmente ser ignorados no campo de estudo da didática. A este respeito, Pinto (1999a, 1999b) mostra a importância do processamento da informação nas diferenças individuais, facto que o educador não poderá contornar e que deverá preencher todo o ato educativo. Os fatores crítica e racionalidade são aspetos básicos na aprendizagem. A autora situa a “linguagem” como objeto vivo, moldável a novas situações, às exigências daquele momento e adaptável à evolução da língua.

Compreender de que forma os indivíduos bilingues reconhecem e dizem as palavras em cada um dos seus idiomas tem sido objeto de grande interesse no âmbito da Psicolinguística. As investigações passadas acerca da organização do léxico bilingue centraram-se em aspetos tais como: (1) o modo de representação de palavras de cada um dos idiomas por parte de indivíduos bilingues, considerando duas possibilidades: a representação das palavras num único léxico ou em dois léxicos diferentes; (2) o acesso ao léxico (reconhecimento), de forma seletiva (Gerard & Scarborough, 1989; MacNamara & Kushnir, 1971; Soares & Grosjean, 1984) ou não seletiva (Altenberg & Cairns, 1983; Brysbaert, van Dyck & van de Poel, 1999; de Bruijn, Dijkstra, Chwilla & Schriefers, 2001; Marian & Spivey, 2003; van Hell, 1998). A maioria dos dados acumulados converge num modelo bilingue em que a forma da palavra traduzida se encontra representada num sistema específico das línguas a um nível lexical, enquanto a representação do significado se encontraria a um nível conceptual comum a ambas as línguas (van Hell, 1998), embora a evidência mais recente fale de um léxico integrado e mantenha a ideia de que existem representações semanticamente compartilhadas pelas duas línguas (Perea, Duñabeitia, & Carreiras, 2008). Um professor bilingue, um professor que ensina a sua segunda língua ou um que ensina a língua materna a estrangeiros, poderão ter resultados diferentes em termos de aprendizagem dos alunos. Será interessante desenvolver futuramente esta questão dada a sua importância ao nível do ensino/aprendizagem das línguas e da comunicação alargada entre comunidades.

A investigação centrada na memória bilingue, realizada na última década e, em particular, nos últimos cinco anos, é caracterizada pela utilização de técnicas experimentais, computacionais. Os resultados destes estudos permitiram uma melhor compreensão da memória bilingue, em particular, e da memória, em geral. Com efeito, a investigação tem girado em torno do conhecimento e da organização das línguas e, ao mesmo tempo, em torno dos mecanismos que regem esse conhecimento e organização (ou seja, centram-se nestas duas linhas de divisão conceptuais sugeridas por Grosjean, 2001). Vários modelos conexionistas de memória bilingue tentaram incorporar ambas as considerações organizacionais e operacionais, procurando estabelecer pontes entre estas duas divisões.

Ainda no contexto escolar, e dada a importância, nomeadamente, da ortografia para a aprendizagem da leitura e da escrita, o facto de se constatar que, normalmente, os sujeitos bilingues não apresentam mais dificuldades a nível do reconhecimento da palavra, podendo, inclusivamente, beneficiar do acesso a um duplo léxico, pode trazer novos contributos para a aprendizagem das línguas, mesmo que em níveis precoces de desenvolvimento (Oliveira, 2001b). O ensino deverá prover, também, condições em que essas diferenças/vantagens do confronto de línguas possam ser rentabilizadas.

A alternância de códigos é outro aspeto que pode servir para analisar o contacto, a mistura e a evolução das línguas. A Escola, hoje mais do que nunca, deve incrementar a diversidade linguística e contribuir para que todas as crianças se tornem bilingues ou multilingues.

Este tipo de trabalhos pode, também, ter implicações a nível clínico e, dado que são raros os casos de bilingues que ficam aléxicos, o seu estudo torna-se importante no âmbito da neuropsicologia para uma melhor compreensão do processamento da linguagem. Seria, igualmente, interessante diversificar o estudo de bilingues e examinar as possíveis interações entre a lateralidade, os padrões de bilinguismo e o funcionamento hemisférico.

O estudo dos bilingues, enquanto falantes/ouvintes únicos e comunicadores de um tipo diferente, deve ser encorajado e deve ter em conta o modo como o bilingue estrutura e usa as duas línguas, em situação de fala bilingue e monolingue, acompanhando as suas necessidades comunicativas do dia-a-dia.

Por outro lado, trabalhos em que uma das línguas abordada seja o português, uma das mais faladas no mundo, podem beneficiar um número cada vez maior de países, especialmente os de expressão portuguesa. A evolução/renovação que, nomeadamente o português, está permanentemente a sofrer pelo contacto com outros povos necessita de ser melhor compreendida e o estudo dos bilingues poderá ser, também, um contributo para se atingir esse objetivo.

Dois línguas maternas são, na verdade, subsistemas da função linguística. E cada língua, por sua vez, é composta de subsistemas — estruturas sonora e sintática — comuns a todos os idiomas. No que diz respeito ao modo como o cérebro “separa” várias línguas estrangeiras, De Bleser, Dupont, Postler, Bormans, Speelman, Mortelmans (2003) utilizaram vários procedimentos que indicam a ocorrência de determinados processos de bloqueio e ativação nos gânglios basais e no córtex pré-frontal esquerdo. Parece haver uma espécie de vigilância do processamento de línguas, com a ativação constante de idiomas - maternos, adquiridos desde cedo, ou aprendidos mais tarde. Esse local de vigilância não é um componente da linguagem, ele só é ativado quando se trata de impedir a perturbação de uma língua pela outra.

Ellen Bialystok (2011), da Universidade de York, em Toronto, demonstrou que, para certas funções de comando e atenção, o bilinguismo leva vantagem. Aliás, usar duas línguas durante toda a vida parece ser um bom exercício para o cérebro. Pessoas com mais de 50 anos com dois idiomas maternos, que usam os dois

regularmente, revelam melhor desempenho em algumas atividades que exigem a transferência rápida do foco de atenção de um estímulo a outro. Há indícios de que pessoas multilingues sofrem mais raramente da doença de Alzheimer em relação à média da população.

A capacidade para aprender coisas novas tem uma base nas alterações cerebrais. A esta capacidade de aprender e reter informação nova os neurocientistas chamam neuroplasticidade. Estudos mostram que há modos eficazes de aumentar a eficiência cerebral de um sujeito num momento de aprendizagem. É o caso dos neurotransmissores, fundamentais para o equilíbrio do indivíduo. Destes neurotransmissores, os que ajudam no processo de tornar mais eficaz o processamento, encontramos a acetilcolina, que ajuda a manter os níveis de atenção mais elevados; a dopamina, que ajuda o cérebro a guardar novas conexões; a norepinefrina, que, entre outras coisas, nos ajuda a manter alerta e interessados em novos assuntos (Burns, 2010). Em contexto escolar, o facto de o professor usar novos materiais, está a incrementar a norepinefrina, naturalmente; quando o professor elogia o trabalho de um aluno, está a incrementar a dopamina.

As neurociências podem ajudar na escola de duas maneiras diferentes: o professor fica habilitado a compreender melhor o porquê de certas aprendizagens serem mais difíceis para alguns alunos do que para outros; em segundo lugar e, talvez o mais importante, as neurociências podem providenciar ferramentas que melhorem a capacidade e a eficiência da aprendizagem. As neurociências aplicadas à educação abrem inúmeras portas a todos os agentes educativos, seja na aprendizagem da leitura, seja, simplesmente, no modo de melhorar mais rapidamente a capacidade de aprender. De qualquer forma, seja qual for o contexto, a questão levantada por Pinto (1999b) “em termos cognitivos, será que nos damos todos conta do papel da linguagem no estabelecimento de relações, no trabalho de classificação, de generalização, de argumentação, de formulação de hipóteses, etc., etc.?” pode levar-nos a reflexões pertinentes.

---

Recebido em fevereiro de 2013 ; aceite em abril de 2013.

## Referências

- Allinson, T.; Puce, A.; Spencer, D.; McCarthy, G. 1999. Electrophysiological studies of human face perception. I: Potentials generated in occipitotemporal cortex by face and non-face stimuli. *Cereb Cortex*, **9(5)**, 415-430.
- Altenberg, E. P.; Cairns, H. S. 1983. The effects of phonotactic constraints on lexical processing in bilingual and monolingual subjects. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **22**, 174-188.

- Beaumont, J. G. 1983. Methods for studying cerebral hemispheric function. In A. W. Young (Ed.). *Functions of the right cerebral hemisphere*. London: Academic Press.
- Beeman, M.; Chiarello, C. 1998. Commentary: Getting the right meaning from discourse: Concluding remarks: getting the role story right. In: M. Beeman, C. Chiarello (Eds.). *Right hemisphere language comprehension: perspective from cognitive science*. New Jersey: LEA.
- Beeman, M.; Boedewyn, E.; Gernsbacher, M. 2000. Right and Left Hemisphere Cooperation for Drawing Predictive and Coherence Inferences during Normal Story Comprehension. *Brain and Language*. v. 71: 310-336.
- Ben Shalom, D.; Poeppel, D. 2007. Functional anatomic models of language: assembling the pieces. *Neuroscientist*. 14:119-27.
- Bialystok, E. (2011). Coordination of executive functions in monolingual and bilingual children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110, 461-468.
- Bradshaw, L.; Nettleton, N. 1981. *The nature of hemispheric specialization in man*. BBS 4:51-91.
- Brysbaert, M., van dyck,.; van de Poel, M. 1999. Visual word recognition in bilinguals: Evidence from masked phonological priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25 (1), 137-148.
- Bums, I. 2010. Skeletal and hormonal responses to sunlight deprivation in Antarctic expeditioners. *Osteoporosis International*. 20(9). 1523-8.
- Chomsky, N. (1965). *Aspects of the Theory of Syntax*. Cambridge: The MIT Press.
- De Bleser, R., Dupont, P., Postler, J., Bormans, G., Speelman, D., Mortelmans, L. 2003. The organisation of the bilingual lexicon: A PET study. *Journal of Neurolinguistics*, 16, 439-456.
- De Bruijn, E. R., Dijkstra, A. F., Chwilla, D. J. ; Chriefers, H. J. 2001. Language context effects on interlingual homograph recognition: Evidence from event-related potentials and response times in semantic priming. *Bilingualism: Language and Cognition*, 4 (2), 155-168.
- Dehaene, S.; Le Clech, G. Poline; J. B.; Le Bihan, D.; Cohen, L. 2002. Cerebral mechanisms of word masking and unconscious repetition priming. *Nat. Neurosci*, 4 (7): 752-758.
- Dehaene, S.; Jobert, A.; Naccache, L.; Ciuciu, P.; Poline, J. B.; Le Bihan, D.; Cohen, L. 2004. Letter binding and invariant recognition of masked words: behavioral and neuroimaging evidence. *PsycholSci*. 15 (5): 307-313.
- Federmeier, K.; Kutas, M. 1999. Right words and left words: electrophysiological evidence for hemispheric differences in meaning processing. *Cognitive Brain Research*. v. 8: 373-392.
- Gerard, L.; Scarborough, D. 1989. Language-specific lexical access of homographs by bilinguals. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15 (2), 305-315.
- Gerken, L.; Aslin, R. 2005. Thirty years of research on infant speech perception: The legacy of Peter W. Jusczyk. *Language Learning and Development*, 1: 5-21.

- Gernsbacher, M. A.; Kaschak, M. P. 2003. Neuroimaging studies of language production and comprehension. *Annual Review of Psychology*, **54**: 91-114.
- Genesee, F., Hamers, J. F., Lambert, W. E., Mononen, L., Seitz, M., & Starck, P. 1978. Language processing in bilinguals. *Brain and Language*, **5**, 1-12.
- Gold, B.T.; Jiang Y, Jicha G.A.; Smith C.D. 2010. Functional response in ventral temporal cortex differentiates mild cognitive impairment from normal aging. *Human Brain Mapping* **31**: 1249-1259.
- Grosjean, F. 1985. The bilingual as a competent but specific speaker-hearer. *Journal of Multilingual and Multicultural Development*, **6**, 467-477.
- Grosjean, F. 2001. The bilingual's language modes. In Col, J. (Ed.). *One Mind, Two Languages: Bilingual Language Processing* Oxford: Blackwell. 1-22.
- Hamers, J.; Blanc, M. 1989. *Bilinguality and Bilingualism*. Cambridge.
- Hellige, J. 1983. *Cerebral hemisphere asymmetry: Method, theory and application*. New York: Praeger.
- Hickok, G.; Poeppel, D. 2007. The cortical organization of speech processing. *Nature Reviews Neuroscience*. **8**: 393-402.
- Holcomb, P. J.; Coffey, S.A.; Neville, H. J. 1992. Visual and auditory sentence processing: a developmental analysis using event-related brain potentials. *Dev. Neuropsychol.* **8**: 203-241.
- Huber, W. 1990. Text comprehension and production in aphasia: analysis in terms of micro and macro-processing. In: Y. Joannette, H. Brownell (Eds.). *Discourse ability and brain damage: theoretical and empirical perspectives*. Chesnut Hill, MA: Springer-Verlag.
- Indefrey, P.; Levelt, W. J. 2004. The spatial and temporal signatures of word production components. *Cognition*, **92**: 101-144.
- Joannette, Y.; Goulet, P. 1990. Narrative Discourse in Right – Brain – Damaged Right – Readers. In: Y. Joannette; H. H. Brownell (Eds.). *Discourse ability and brain damage: theoretical and empirical perspectives*. Chestnut Hill: Springer-Verlag.
- Kuhl, P. 2004. Early language acquisition: cracking the speech code. *Nature Reviews. Neuroscience*. **Vol. 5**: 831-843.
- MacNaMara, J.; Kushnir, S. 1971. Linguistic independence of bilinguals: The input switch. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **10**, 480-487.
- Marian, V.; Spivey, M. 2003. Comparing bilingual and monolingual processing of competing lexical items. *Applied Psycholinguistics*. **24**, 173-193.
- Mills, D. L.; Coffey-Corina, S.; Neville, H.J. 1997. Language comprehension and cerebral specialization from 13 to 20 months. *Dev. Neuropsychol.* **13(3)**: 397-445.
- Molfese, D. L. 1990. Auditory evoked responses recorded from 16-month old human infants to words they did and did not know. *Brain Language*. **36**: 345-363.
- Molfese, D. L.; Morse, P. A.; Peters, C. A. 1990. Auditory evoked responses to names for different objects: Crossmodal processing as a basis for infant language acquisition. *Dev. Psychol.* **26(5)**: 780-795.
- Molloy, R.; Brownell, H.; Gardner, H. 1990. Discourse comprehension by right – hemisphere stroke patients: deficits on prediction and revision. In: Joannette,

- Y.; Brownell, H. H. (Eds.). *Discourse ability and brain damage: theoretical and empirical perspectives*. New York: Springer-Verlag, p. 113-130.
- Muysken, P. 1995 .Code-switching and grammatical theory. In L. Milroy & P. Muysken (Eds.), *One speaker, two languages: Cross-disciplinary perspectives on code-switching*. Cambridge University Press.
- Myers, P. S. 1999. *Right hemisphere damage: disorders of communication and cognition*. San Diego: Singular Publishing Group.
- Myers-Scott, C. 1993. *Duelling languages: grammatical structure in code-switching*. Oxford: Clarendon Press.
- Nakamura, K. S.; Dehaene, J.; LeBihan & Koider S. 2005. Subliminal convergence of Kanji and Kana words: Further evidence for functional parcellation of the posterior temporal cortex in visual word perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*. **17(6)**. 954-968.
- Nichelli, P.; Grafman, J.; Pietrini, P.; Clarck, K.; Lee, K. Y.; Milevitch, R. 1995. Where the brain appreciates the moral of a story. *NeuroReport*. **v. 27, n. 6**: 2309- 13.
- Obler, L.; Albert, M.; Gordon, H. 1975. Asymmetry of cerebral dominance in Hebrew-English bilinguals. Paper presented at the 15th annual meeting of the Academy of Aphasia. Victoria: British Columbia.
- Ojemann, G.A; Whitaker, H. A. 1978. The bilingual brain. *Arch Neurol*, **35**:409-412.
- Oliveira; A.M., Castro, S.L., de Sousa; L. 1997. Verbal Information Processing In Bilinguals (Portuguese/French) In A Dichotic Listening Task. Proceedings of The 5<sup>th</sup> International Congress of the ISAPL. Porto: Portugal.
- Oliveira; A.M., de Sousa, L., Castro, S.L. 1997. Verbal Encoding In Portuguese/ French Bilinguals: A Word Fluency Task. Proceedings of The 5<sup>th</sup> International Congress of the ISAPL. Porto: Portugal.
- Oliveira, A.M., de Sousa, L. 2001. Activação lexical numa prova de reconhecimento visual verbal com bilingues de português/francês. *Actas do Encontro da Primavera da APL — Linguagem e Cognição, na Faculdade de Filosofia de Braga*.
- Oliveira, A.M. 2001a. Processamento de informação em bilingues: estudo de uma amostra de alunos bilingues de Português/Francês do ensino superior. *Actas do VI Encontro da APROLÍNGUAS - Línguas: Futuro Mais-que Perfeito?*, Universidade de Aveiro.
- Oliveira, A.M. 2001b. O papel das neurociências na formação de professores de línguas. *Colóquio Internacional Intercompreensão em 2001: Ano Europeu das Línguas - Desafios e Acções*, Escola Superior de Educação de Santarém.
- Oliveira, A.M. 2002. *Acesso ao léxico e alternância de línguas em bilingues*. *Educação e Comunicação*, **nº 7**, 86-101.
- Paradis, M. (Ed.) 1978. *Aspects of Bilingualism*, Columbia, SC.: Hornbeam Press.
- Paradis, M. (Ed.) 1983. *Readings on aphasia in bilinguals and polyglots*, Montreal: Didier.
- Paradis, M. 1987. *The Assessment of Bilingual Aphasia*. Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum.

- Paradis, M. 1989. Bilingual and polyglot aphasia. In F. Boller and J. Grafman (Eds.). *Handbook of Neuropsychology*, Vol. 2. Amsterdam: Elsevier, 117-140.
- Paradis, M. 1993. Bilingual aphasia rehabilitation. In M. Paradis (Ed.). *Foundations of Aphasia Rehabilitation*. Oxford: Pergamon Press, 413-419.
- Paradis, M. 1997a. The Cognitive Neuropsychology of Bilingualism. In A. M. de Groot, & J. F. Kroll (Ed.). *Tutorials in Bilingualism: Psycholinguistic Perspectives*. Malwall: Erlbawn. 331-354.
- Paradis, M. 1997b. Représentation lexicale et conceptuelle chez les bilingues: deuxlangues, troissystèmes. In J. Auger; Y. Rose (Eds.). *Explorations du lexique*. Québec: CIRAL.
- Paradis, M. 2000a. Generalizable outcomes of bilingual aphasia research. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 52,1-3, 54-64.
- Paradis, M. 2000b. Cerebral representation of bilingual concepts. *Bilingualism: Language and Cognition*, 3: 22-24.
- Paradis, M. 2001. Bilingual and polyglot aphasia. *Handbook of neuropsychology* (2nd ed.). Oxford: Elsevier Science.
- Paradis, M. 2004. *A Neurolinguistic Theory of Bilingualism* (Studies on Bilingualism, 18). Amsterdam: John Benjamins Publishing Co.
- Perea, M.; Duñabeitia, J. A.; Carreiras, M. 2008. Masked associative/semantic priming effects across languages with highly proficient bilinguals. *Journal of Memory and Language*, 58, 916-930.
- Pinto, M. da G. C. 1999a. O professor de português perante os desafios actuais e os problemas de (i)litteracia. In *Português. Propostas para o futuro I: Transversalidades*. Lisboa: Associação de Professores de Português, 9-31.
- Pinto, M. da G. 1999b. Introduction. In: M. da G. Pinto; J. Veloso; B. Maia (Eds.). *Psycholinguistics on the threshold of the year 2000. Proceedings of the 5th International Congress of the International Society of Applied Psycholinguistics (June 25-27, 1997)*. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 1-5.
- Pinto, M. da G. C. 2003. The current status and future prospects of university programmes for seniors in southern and Mediterranean Europe: The case of Portugal. *Línguas e Literaturas: Revista da Faculdade de Letras do Porto*. XX, I. 71-90.
- Pinto, M. da G. C. 2005. Da Psicolinguística: um verbete que se tornou ensaio. In M. G. M. Rio Torto, O. M. Figueiredo & Fátima Silva (Coord.). *Estudos em homenagem ao Professor Doutor Mario Vilela*. Porto: Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2005, I Volume, pp. 571-583.
- Pinto, M. da G. C. 2007a. The Orient-Express or the Inter-Rail: A brief metaphorical look at foreign language learning as part of a general learning process. In: P. Ilieva-Baltova; K. Petrova (Eds.). *Psycholinguistic Studies. Papers in honor of Prof. Dr. Tatiana Slama-Czacu*. Sofia: Riva, 127-150.
- Pinto, M. da G. C. 2007b. In: J. Arabski (Ed.). *Challenging Tasks for Psycholinguistics in the New Century*. Katowice: University of Silesia, 113-122.
- Poeck, K. 1982. The two types of motor apraxia. *Arch Ital Biol*; 120: 361-9.

- Poeppe, D.; Monahan, P.J. 2008. Speech perception: Cognitive foundations and cortical implementation. *Current Directions in Psychological Science*.**17**: 80-85.
- Polk, T. A.; Farah, M. J. 2002. Functional MRI evidence for an abstract, not perceptual word-form area. *J Exp Psychol Gen*.**131**(1): 65-72.
- Rapport, R.L.; Tan, C. T. ; Whitaker, H. A. 1983. Language function and dysfunction among Chinese and English-speaking polyglots: cortical stimulation, Wada testing and clinical studies. *Brain Lang.*, **18**:342- 366.
- Romaine, S. 1989. *Bilingualism*. Blackwell Publishers.
- Scliar-Cabral, L. 2009. Processamento da leitura: recentes avanços nas neurociências. In J. C. Costa; V.Wannmacher Pereira (Eds.). *Linguagem e Cognição*. Porto Alegre: EdiPucrs, 48-58.
- St. George, M.;Kutas, M.; Martinez, A.; Sereno, M. I. 1999. Semantic integration in reading: engagement of the right hemisphere during discourse processing. *Brain*, **122**: 1317-1325.
- Soares, C. ; Grosjean, F. 1984. Bilinguals in a monolingual and a bilingual speech mode: The effect on lexical access. *Memory and Cognition*, **12** (4), 380-386.
- Sekiyama, K; Kanno, I; Miura, S.; Sugita, Y. 2003. Auditory-visual speech perception examined by fMRI and PET. *Neuroscience Research*. **47**, 3: 277-287.
- Spitzer, M. 2007. *Aprendizagem: Neurociências e a escola da Vida*. 1a. Edição. Lisboa: CLIMEPSI Editores. 331-340.
- Tarkiainen, A.; Cornelissen, P.L.; Salmeli, R. 2002. Dynamics of visual features analysis and of-object level processing, in face versus letter-string perception. *Brain*, **125**: 1125-1136.
- Tomitch, L. 2004. *Linguagem e cérebro humano: contribuições multidisciplinares*. Porto Alegre: Artmed.
- Vaid, J.; Lambert, W. E. 1979. Differential cerebral involvement in the cognitive functioning of bilinguals. *Brain and Language*, **8**, 92-110.
- Van Hell, J. G. 1998. Cross-language processing and bilingual memory organization. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Amsterdam. The Netherlands.
- Waldie, K.; Mosley, J. 2000. Hemispheric specialization for reading. *Brain and Language*. **v. 75**: 108-122.

