

Accepted for publication in *Alfabetização e Cognição*, edited by Juan Mosquera, Ir. Albino Trevisan & Vera Wannmacher Pereira.

**LITERACIA: MODELO PARA O ESTUDO DOS EFEITOS DE UMA
APRENDIZAGEM ESPECÍFICA NA COGNIÇÃO E NAS SUAS BASES
CEREBRAIS**

Alexandra Reis^{1,2}, Luís Faísca¹, Karl Magnus Petersson^{1,2,3,4}

¹ Cognitive Neuroscience Research Group, Departamento de Psicologia, Faculdade de Ciências Humanas e Sociais, & Institute of Biotechnology & Bioengineering/Centre for Molecular and Structural Biomedicine, Universidade do Algarve, Faro, Portugal

² Cognitive Neurophysiology Research Group, Stockholm Brain Institute, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden

³ Max-Planck-Institute for Psycholinguistics, Nijmegen, the Netherlands

⁴ Donders Institute for Brain, Cognition and Behaviour

Autor de correspondência: Alexandra Reis, aireis@ualg.pt

Resumo

A aquisição de competências de leitura e de escrita pode ser vista como um processo formal de transmissão cultural, onde interagem factores neurobiológicos e culturais. O treino sistemático exigido pela aprendizagem da leitura e da escrita poderá produzir mudanças quantitativas e qualitativas tanto a nível cognitivo como ao nível da organização do cérebro. Estudar sujeitos iletrados e letrados representa, assim, uma oportunidade para investigar efeitos de uma aprendizagem específica no desenvolvimento cognitivo e suas bases cerebrais.

Neste trabalho, revemos um conjunto de investigações comportamentais e com métodos de imagem cerebral que indicam que a literacia tem um impacto nas nossas funções cognitivas e na organização cerebral. Mais especificamente, discutiremos diferenças entre letrados e iletrados para domínios cognitivos verbais e não-verbais, sugestivas de que a arquitectura cognitiva é formatada, em parte, pela aprendizagem da leitura e da escrita. Os dados de neuroimagem funcionais e estruturais são também indicadores que a aquisição de uma ortografia alfabética interfere nos processos de organização e lateralização das funções cognitivas.

Palavras-chave: literacia; cognição; imagiologia cerebral; plasticidade cerebral; dislexia.

Abstract

The acquisition of reading and writing skills can be seen as a formal process of cultural transmission in which neurobiological and cultural factors interact. The systematic training required to acquire reading and writing skills produce quantitative and qualitative changes at the cognitive-behavioral level as well as in terms of structural and functional brain organization. The study of literate and illiterate subjects thus represents an opportunity to investigate the effects of specific learning mechanisms in cognitive development and its consequences on the structure and function of the human brain.

In this paper, we review a number of behavioral and brain imaging investigations that show that literacy acquisition has an impact on both cognition and neuronatomic structure and functioning. More specifically, we discuss differences between literate and illiterate subjects in both the verbal and nonverbal cognitive domains, suggesting that the cognitive architecture is shaped, in part, by learning how to read and to write. Data from structural and functional neuroimaging also show that the acquisition of an alphabetic orthography modulates the organization and lateralization of cognitive functions.

Keywords: literacy; cognition; brain imaging; brain plasticity; dyslexia.

O sistema de escrita desenvolvido pela civilização Suméria tem perto de 5000 anos e é eventualmente a tentativa mais antiga de representar de forma sistemática os sons da linguagem oral através de sinais gráficos (Fischer, 2001). Deste modo, pode-se considerar que a aquisição das competências de leitura e escrita, só possível por meio de um processo de transmissão cultural altamente estruturado, constitui uma experiência ambiental recente em termos da evolução humana e que faz apelo a diversas funções cognitivas pré-existentes, nomeadamente funções visuo-perceptivas, memória, linguagem, entre outras (Dehaene, 2009; Petersson, Ingvar, & Reis, 2009). A questão que se coloca é saber se a aprendizagem destas competências específicas de leitura e escrita, por resultar de um treino formal e sistemático, poderá conduzir a mudanças quantitativas e qualitativas, não só a nível cognitivo mas também ao nível da organização do cérebro e da respectiva expressão comportamental. Por estas razões, a literacia é um modelo especialmente adequado para estudar os efeitos de uma aprendizagem específica na cognição e nas suas bases cerebrais.

Existem diversas soluções metodológicas para investigar as consequências da aprendizagem da leitura e da escrita, tanto ao nível cognitivo como ao nível neurobiológico. Uma das populações que poderá ser estudada são sujeitos iletrados que, por motivos sócio-culturais, nunca tiveram a oportunidade de aprender e desenvolver as competências de leitura e escrita, comparando-os com um grupo em tudo equivalente excepto no facto de este ter adquirido as referidas competências durante o período adequado à sua aprendizagem. Neste contexto, o estudo comparativo de sujeitos iletrados e letrados representa uma oportunidade única para investigar as repercussões cognitivas e neuroanatómicas da aprendizagem de uma competência particular num determinado período do desenvolvimento, permitindo assim compreender melhor os fenómenos de plasticidade cerebral.

Quando se recorre à comparação de letrados com iletrados adultos para avaliar os efeitos da literacia, é fundamental ter o cuidado de seleccionar sujeitos que sejam equivalentes em termos de variáveis relevantes, de forma a garantir que as diferenças entre grupos se devam unicamente às competências adquiridas durante a aprendizagem formal,

nomeadamente o conhecimento da ortografia alfabética (Reis, Guerreiro, & Petersson, 2003). Neste sentido, nos nossos estudos procurámos sempre seleccionar sujeitos letrados e iletrados funcionalmente activos, que fossem provenientes do mesmo meio sócio-cultural e que estivessem emparelhados em termos de variáveis como o sexo e a idade.

Apesar da clareza do “modelo natural da iliteracia” para investigar a influência da literacia/escolaridade formal no cérebro humano, poderão ser-lhe apontadas algumas limitações metodológicas. O facto de se avaliar na idade adulta o efeito de uma competência adquirida (ou não) durante a infância levanta a questão de as diferenças observadas entre grupos se poderem dever não apenas à aprendizagem da leitura e da escrita mas também a efeitos secundários dessa aprendizagem, que se foram acumulando ao longo do desenvolvimento dos sujeitos. Este problema poderá ser ultrapassado avaliando sujeitos que se tornaram letrados apenas na idade adulta, tal como recentemente foi realizado por Carreiras e colaboradores (Carreiras et al., 2009). Abordagens alternativas para investigar a interacção entre factores neurobiológicos e o treino de competências específicas têm sido propostas [para uma revisão, ver Reis, Petersson, & Faísca (2009)], por exemplo, o estudo das implicações da aprendizagem de diferentes ortografias nas funções cerebrais (Paulesu et al., 2000) e na manifestação da dislexia (Paulesu et al., 2001).

Para além dos contributos teóricos para a problemática da plasticidade cerebral, o estudo de populações iletradas poderá igualmente proporcionar uma maior compreensão da influência da aprendizagem da leitura e da escrita no desempenho de testes psicológicos, nomeadamente os mais utilizados no contexto da avaliação neuropsicológica. A influência da escolaridade na avaliação neuropsicológica está vastamente documentada na literatura, tanto em provas que avaliam domínios cognitivos verbais como não-verbais [ver por exemplo, Ardila, Rosselli, & Rosas (1989); Manly et al. (1999); Ostrosky-Solis, Ardila, & Rosselli (1999); Rosselli, Ardila, & Rosas (1990)], e poderá de forma genérica ser explicada por dois factores: (1) a influência directa que a aprendizagem da leitura e da escrita e, de modo mais genérico, a escolaridade podem ter em funções cognitivas que suportam a execução de determinadas provas de avaliação neuropsicológica; e (2) a motivação face a situações de avaliação que os sujeitos escolarizados desenvolveram durante a escolaridade formal e que se encontra menos presente em populações iletradas (Ceci, 1990). De referir também que uma correcta compreensão da influência da literacia

no desempenho em provas psicológicas permitirá evitar erros de diagnóstico em caso de deterioração cognitiva (Reis & Petersson, 2003). Assim, uma das repercussões directas da investigação com populações iletradas é a possibilidade de constituir um conjunto de provas a utilizar no contexto da avaliação neuropsicológica que possa ser ecologicamente mais relevante para populações com pouca ou nenhuma escolaridade (Silva, Petersson, Faísca, Ingvar, & Reis, 2004) e, portanto, mais adequado e sensível para a avaliação de sujeitos oriundos dessas populações.

Neste trabalho, revemos um conjunto de investigações com métodos de estudo comportamentais e com métodos de estudo de imagem cerebral que indicam ter a literacia um impacto significativo nas nossas funções cognitivas e nas suas bases cerebrais. Mais especificamente, discutiremos diferenças entre letrados e iletrados em funções cognitivas verbais e não verbais, sugestivas de que a arquitectura cognitiva é formatada, em parte, pela aprendizagem da leitura e da escrita. Os dados de neuroimagem funcionais e estruturais são também indicadores de que a aquisição de uma ortografia alfabética interfere nos processos de organização e lateralização das funções cognitivas.

O processamento cognitivo em sujeitos iletrados e letrados: estudos comportamentais e de neuroimagem

Está documentado em diversos estudos que a aprendizagem formal da leitura e da escrita tem repercussões acentuadas em diversos domínios cognitivos. Numa revisão recente da literatura, Petersson e Reis (Petersson & Reis, 2006) descreveram diferenças entre grupos, com e sem domínio da linguagem escrita, observadas em diversas provas experimentais que avaliam diferentes aspectos da cognição, tanto verbais como não-verbais. O processamento da linguagem oral tem sido a função cognitiva que mais atenção tem recebido e onde estão descritas e discutidas várias diferenças entre grupos com escolaridades distintas, nomeadamente ao nível da percepção categorial (Serniclaes, Ventura, Morais, & Kolinsky, 2005), do processamento da fonologia (Loureiro et al., 2004; Morais, Cary, Alegria, & Bertelson, 1979), do processamento lexical (Kosmidis, Tsapkini, & Folia, 2006) e do processamento semântico (Kosmidis, Tsapkini, Folia, Vlahou, & Kiosseoglou, 2004). Como exemplo, poder-se-á referir que tanto letrados como iletrados têm desempenhos

semelhantes numa prova de repetição de palavras; porém, quando se trata de repetir pseudo-palavras, os letrados mostram desempenhos significativamente superiores aos iletrados (Reis & Castro-Caldas, 1997). Estas diferenças são justificadas pelo facto dos iletrados apresentarem dificuldades em lidar com aspectos mais finos do processamento da fonologia, exigidos para um bom desempenho numa prova de repetição de pseudo-palavras, e que são desenvolvidos pela aprendizagem das regras de conversão de fonemas em grafemas. Para além do contributo teórico destes achados relativos às repercussões cognitivas da aprendizagem de um sistema de escrita, evidencia-se igualmente uma importante implicação de ordem prática. Sempre que se avaliem funções cognitivas como a memória de trabalho recorrendo a provas que envolvam a repetição de pseudo-palavras ou a repetição de séries de dígitos, é preciso atender ao peso da fonologia nestas provas e à situação de desvantagem que as populações iletradas ou pouco escolarizadas terão ao ser por elas avaliadas.

A dificuldade dos iletrados em lidar com determinados aspectos da fonologia interfere igualmente na sua percepção da palavra enquanto unidade fonológica independente da sua representação semântica (Reis, Faísca, Mendonça, Ingvar, & Petersson, 2007). Reis e colaboradores (2007) pediram a um grupo de letrados e de iletrados para decidir qual o item que, num par de palavras ou pseudo-palavras, tinha maior comprimento fonológico (“*sound longest*”). Nos pares de palavras, a relação entre o comprimento fonológico e o tamanho do referente foi manipulada de modo a definir três condições: (1) *pares congruentes*, onde a palavra mais longa se referia ao objecto maior (carruagem vs. bola); (2) *pares neutros*, onde apenas variava o comprimento fonológico das palavras referindo-se a objectos do mesmo tamanho (prego vs. parafuso); e (3) *pares incongruentes*, em que a palavra mais longa se referia ao objecto mais pequeno (borboleta vs. pato). Os resultados foram claros ao mostrar que o desempenho numa tarefa de comparação do comprimento fonológico depende da escolaridade formal/aquisição do conhecimento ortográfico, ou seja, o comportamento dos letrados não foi afectado pela interferência semântica, enquanto esta interferência manifesta-se de forma acentuada nos iletrados que obtiveram resultados inferiores nos pares incongruentes. Um facto interessante foi o desempenho superior dos iletrados nos pares de pseudo-palavras comparativamente ao seu desempenho global na avaliação de pares de palavras, o que

mostra serem os iletrados capazes de perceber o comprimento fonológico quando a interferência semântica está ausente. Resultados semelhantes foram obtidos por Kolinsky (Kolinsky, Cary, & Morais, 1987), no entanto utilizando como estímulos pares de figuras.

No seu conjunto, os estudos comportamentais realizados sobre a linguagem oral permitem-nos sugerir que a semântica é o sistema de referência preferencial para o processamento da linguagem nos iletrados, e que a ortografia constitui um sistema de referência secundário importante que apenas se desenvolve através da aprendizagem formal do código ortográfico. Enquanto os iletrados utilizam preferencialmente o sistema semântico, os letrados têm a capacidade para processar as palavras utilizando simultaneamente todos os sistemas de referência disponíveis. Assim, aprender a ler e a escrever introduz no sistema cognitivo novas estratégias para o processamento da linguagem, nomeadamente processamento fonológico consciente, representação visual da forma lexical da palavra, e todas as associações que estas estratégias permitem.

Um facto interessante é que as diferenças observadas em provas comportamentais de repetição de palavras e de pseudo-palavras se observam igualmente quando se mede a actividade cerebral dos participantes durante a realização das mesmas provas. Num estudo de Tomografia de Emissão de Positrões, observou-se que tanto letrados como iletrados mostram activações cerebrais semelhantes ao repetir palavras; no entanto, os letrados activam um conjunto de áreas distintas quando repetem pseudo-palavras, enquanto que os iletrados se limitam a activar as mesmas áreas que foram activadas para a repetição de palavras (Petersson, Reis, Askelöf, Castro-Caldas, & Ingvar, 2000). Estes resultados sugerem que a aprendizagem da leitura e da escrita conduz ao desenvolvimento de um conjunto de estratégias cognitivas específicas, estratégias estas apoiadas por uma rede cerebral distinta que permite uma repetição adequada de pseudo-palavras.

Cameron e colaboradores (Cameron, Currier, & Haerer, 1971) e Wechsler (Wechsler, 1976) documentaram pela primeira vez resultados indicadores de que a escolaridade podia interferir na organização cerebral de determinadas funções cognitivas, referindo nomeadamente que a incidência da afasia seria menor nos iletrados após lesões hemisféricas esquerdas. No entanto, estes resultados iniciais nunca foram confirmados (Castro-Caldas, Reis, & Guerreiro, 1997; Damásio, Castro-Caldas, Grosso, & Ferro, 1976;

Damásio, Hamsher, Castro-Caldas, Ferro, & Grosso, 1976). Com o intuito de analisar eventuais diferenças hemisféricas associadas à literacia, Petersson e colaboradores (Petersson, Silva, Castro-Caldas, Ingvar, & Reis, 2007) caracterizaram as diferenças inter-hemisféricas relativamente a dados de activação cerebral num grupo de letrados e iletrados para a região parietal inferior (BA 39 e 40). Esta região foi escolhida por, no hemisfério esquerdo, estar referenciada como pertencendo à rede neuronal envolvida na leitura (Price & Mechelli, 2005; Turkeltaub, Gareau, Flowers, Zeffiro, & Eden, 2003). A previsão dos autores era haver uma maior activação do hemisfério esquerdo, sobretudo na região parietal inferior, no grupo de letrados comparativamente aos iletrados. A comparação das activações à direita e à esquerda evidenciou este padrão de diferenças entre grupos, com os letrados a mostrar mais activação no hemisfério esquerdo. Num estudo recente, Carreiras e colaboradores (Carreiras et al., 2009), recorrendo a duas metodologias distintas (morfometria baseada em volumes e imagem por tensor de difusão), obtiveram resultados indicativos de que a aprendizagem da leitura na idade adulta altera as propriedades das ligações inter-hemisféricas entre a região angular direita e esquerda e a região dorsal da circunvolução occipital. No seu conjunto, estes estudos recentes são sugestivos de que a aprendizagem de uma competência específica, quer ocorra na idade adulta (Carreiras et al., 2009) quer ocorra durante o período normal para a sua aquisição (Petersson et al., 2007), pode alterar a anatomia cerebral em regiões associadas a esta competência.

Neste contexto, é importante referir que aprender a ler e a escrever – aquisição da literacia – não implica apenas a aquisição e automatização das correspondências entre fonemas e grafemas. Entre as várias competências treinadas e desenvolvidas simultaneamente com a aprendizagem da leitura e da escrita, encontra-se um conjunto de aptidões não-verbais como, por exemplo, a tendência para pesquisar o espaço numa determinada direcção (da esquerda para a direita), coordenando essa pesquisa com uma actividade motora, e a capacidade para descodificar informação visual bi-dimensional. No entanto, a influência da escolaridade em capacidades cognitivas não verbais tem recebido menos atenção parte dos investigadores, dado se assumir que as provas não verbais estariam eventualmente livres de influências educacionais [para uma discussão, ver Rosselli & Ardila (2003)].

Ostrosky e colaboradores (Ostrosky-Solis, Efron, & Yund, 1991) apresentaram um dos primeiros trabalhos onde se mostrou a influência da literacia sobre os mecanismos de pesquisa no espaço. Mais recentemente, Mature e colaboradores (Matute, Leal, Zarabozo, Robles, & Cedillo, 2000) documentaram a influência da escolaridade em provas visuo-construtivas. Os autores avaliaram adultos iletrados, semi-letrados e letrados numa prova de construção de cópia de figuras constituídas por pequenos paus e constataram, através dos erros cometidos, que existem diferenças perceptivas específicas entre os grupos.

O facto de a literacia também interferir em funções cognitivas não-verbais foi recentemente investigado por Bramão e colaboradores, tendo-se observado diferenças entre letrados e iletrados numa prova que recrutava mecanismos de pesquisa visuo-espacial e integração de uma resposta motora (Bramão et al., 2007). Sendo a leitura e a escrita actividades que solicitam tanto funções do hemisfério direito (processamento visuo-espacial) como funções do hemisfério esquerdo (processamento da linguagem oral e escrita), é natural que se verifique um aumento da transferência de informação entre hemisférios. Este aumento de transferência de informação proporcionada pela escolarização foi igualmente documentado por Castro-Caldas e colaboradores (Castro-Caldas et al., 1999) ao observarem que a região posterior do corpo-caloso (estrutura constituída por substância branca e responsável pela transferência de informação entre os dois hemisférios) era maior num grupo de sujeitos letrados quando comparada à mesma região num grupo de sujeitos iletrados. Uma maior densidade da substância branca na região do corpo caloso, precisamente na região de ligação entre o lobo parietal inferior esquerdo e a área homóloga do hemisfério direito, foi também observada por Petersson e colaboradores (2007) e por Carreiras e colaboradores (2009) em grupos de sujeitos letrados quando comparados a iletrados.

No seu conjunto, estes estudos (Bramão et al., 2007; Carreiras et al., 2009; Petersson et al., 2007) provam que aprender a ler e a escrever envolve tanto funções do hemisfério esquerdo (por exemplo, processamento das correspondências grafema-fonema) como funções do hemisfério direito (pesquisa visual no espaço). A maior transferência de informação entre hemisférios causada pela prática da leitura e da escrita vai traduzir num aumento da conectividade neuronal no grupo de sujeitos escolarizados comparativamente ao grupo não escolarizado.

Num estudo recente procurámos documentar de forma exhaustiva a existência de diferenças ao nível neuroanatômico cerebral entre sujeitos letrados e iletrados, ao comparar a densidade da substância branca e da substância cinzenta nestes dois grupos, utilizando a técnica da morfometria baseada em volumes (Pettersson et al., 2007). Os resultados revelaram diferenças na densidade da substância cinzenta (o córtex motor primário BA 4 do hemisfério esquerdo tem uma densidade maior nos sujeitos letrados em comparação com sujeitos iletrados), e diferenças proeminentes na densidade da substância branca. As diferenças na substância branca localizaram-se na região do terço posterior do corpo caloso, estendendo-se à região parieto-temporal de ambos os hemisférios, e na região occipito-temporal direita (estas regiões apresentavam uma densidade maior nos sujeitos letrados em comparação com os sujeitos iletrados). Em suma, a comparação morfométrica entre letrados e iletrados permite detectar diferenças em áreas cerebrais vocacionadas para o processamento da informação visual, o que sugere poder a aprendizagem da leitura e da escrita alterar a densidade da substância branca adjacente a regiões específicas do cérebro envolvidas no processamento da linguagem escrita. O facto de as diferenças encontradas se localizarem em particular na substância branca, substância com funções de conectividade entre áreas cortico-corticais, sugere que a aprendizagem e o treino da leitura e escrita favorece a comunicação numa rede de áreas cerebrais envolvidas nestas actividades, aumentando a sua densidade.

Da iliteracia à dislexia

Os estudos sobre os processos cognitivos de populações iletradas têm revelado que estes sujeitos compartilham algumas dificuldades com os disléxicos, nomeadamente ao nível do processamento explícito da fonologia e da memória trabalho verbal (Pettersson & Reis, 2006; Reis, Faísca, Castro, & Pettersson, In Press). Estes resultados justificam uma reflexão em torno da comparação entre estas duas populações.

Neste contexto, é interessante considerar o desempenho de ambas as populações em provas de nomeação visual. Os processos cognitivos envolvidos na nomeação de objectos sobrepõem-se aos envolvidos na leitura (Wolf, 1991): em ambas as tarefas se dá o reconhecimento e categorização do estímulo visual, bem como a activação de uma forma

lexical a partir do percepto visual. Por esta razão, não é de estranhar que a nomeação de objectos seja uma capacidade preditora da leitura (Reis et al., In Press; Vaessen et al., In Press). McCrory e colegas (McCrory, Mechelli, Frith, & Price, 2005) mostraram que, numa população disléxica, as áreas activadas durante a leitura eram as mesmas que as áreas activadas durante a nomeação de objectos. Esta sobreposição entre leitura e nomeação é consonante com o facto de crianças disléxicas, concomitantemente à perturbação de leitura, apresentarem problemas na nomeação de objectos [para uma discussão recente ver Araújo, Pacheco, Faísca, Petersson, & Reis (In Press)].

Ora, tem-se verificado que também os sujeitos iletrados demonstram dificuldades na nomeação visual de representações bi-dimensionais de objectos (2D), mantendo, no entanto, intacta a capacidade para nomear representações tri-dimensionais (Reis, Faísca, Ingvar, & Petersson, 2006; Reis, Guerreiro, & Castro-Caldas, 1994; Reis, Petersson, Castro-Caldas, & Ingvar, 2001). Nomear objectos ou as suas representações pictóricas 2D é uma tarefa que está dependente dos sistemas de reconhecimento visual, recuperação lexical, organização de *output* articulatorio, bem como da interacção entre estes diferentes sistemas (Levelt, 1989). Na população por nós estudada, a interpretação de representações 2D de objectos reais é uma competência aprendida simultaneamente com a aquisição da linguagem escrita e de outras representações simbólicas durante o período escolar. É por isso provável que esta competência para interpretar representações 2D esteja mais desenvolvida e treinada nos participantes letrados do que nos iletrados, que geralmente têm uma prática reduzida na interpretação de representações visuo-simbólicas.

As populações iletradas e disléxicas possuem em comum um treino reduzido das competências de leitura e escrita. No caso dos iletrados tal acontece por nunca terem aprendido a ler e a escrever, enquanto que no caso dos disléxicos deve-se ao facto de não conseguirem desenvolver esta competência apesar das oportunidades proporcionadas para fazê-lo. A análise comparativa destas duas populações pode levar-nos, assim, a hipotetizar que uma prática deficiente ou inexistente de leitura e escrita dificultará, tanto em iletrados como em disléxicos, a interface entre o sistema de processamento visual e o sistema de processamento linguístico, com consequências que se manifestam tanto ao nível da descodificação de símbolos ortográficos como de representações pictóricas 2D. Desta forma, os resultados observados com os iletrados parecem sugerir que as dificuldades

observadas a nível comportamental em disléxicos poderão ser uma consequência (e não a causa) das dificuldades de leitura desta população. Proposta semelhante foi avançada por Carreiras e colaboradores ao analisar semelhanças neuroanatômicas entre estes dois grupos (Carreiras et al., 2009).

Conclusão

A comparação entre sujeitos que aprenderam e treinaram a leitura e escrita e sujeitos que, por motivos sócio-culturais, não tiveram oportunidade de usufruir desta aprendizagem tem mostrado de forma consistente a presença de diferenças não só na cognição, mas também na anatomia estrutural e funcional do cérebro. Estes resultados proporcionam alguma evidência de que experiências específicas, neste caso particular aprender a ler e a escrever, produzem mudanças significativas, quantitativas e qualitativas, na organização cerebral, dando suporte à perspectiva que considera o desenvolvimento humano como o resultado de interações recíprocas entre processos endógenos (genéticos e neurobiológicos) e exógenos (experiências ambientais).

Agradecimentos: Este trabalho teve o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT, PTDC/PSI/64920/2006; IBB/CBME, LA, FEDER/POCI 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, S., Pacheco, A., Faísca, L., Petersson, K. M., & Reis, A. (In Press). Visual rapid naming and phonological abilities: Different subtypes in dyslexic children. *International Journal of Psychology*.
- Ardila, A., Rosselli, M., & Rosas, P. (1989). Neuropsychological assessment in illiterates: Visuospatial and memory abilities. *Brain and Cognition*, *11*, 147-166.
- Bramão, I., Mendonça, A., Faísca, L., Ingvar, M., Petersson, K. M., & Reis, A. (2007). The impact of reading and writing skills on a visuo-motor integration task: A comparison between illiterate and literate subjects. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *13*, 359-364.
- Cameron, R. F., Currier, R. D., & Haerer, A. F. (1971). Aphasia and literacy. *The British Journal of Disorders of Communication*, *6*, 161-163.
- Carreiras, M., Seghier, M. L., Baquero, S., Estévez, A., Lozano, A., Devlin, J. T., et al. (2009). An anatomical signature for literacy. *Nature*, *461*, 983-986.
- Castro-Caldas, A., Cavaleiro Miranda, P., Carmo, I., Reis, A., Leote, L., Ribeiro, C., et al. (1999). Influence of learning to read and write on the morphology of the corpus callosum. *European Journal of Neurology*, *6*, 23-28.
- Castro-Caldas, A., Reis, A., & Guerreiro, M. (1997). Neuropsychological aspects of illiteracy. *Neuropsychological Rehabilitation*, *7*, 327-338.
- Ceci, S. J. (1990). How much does schooling influence general intelligence and its cognitive components? A reassessment of the evidence. *Developmental Psychology*, *27*(5), 703-722.
- Damáσιο, A. R., Castro-Caldas, A., Grosso, J. T., & Ferro, J. M. (1976). Brain specialization for language does not depend on literacy. *Archives of Neurology*, *33*, 300-301.
- Damáσιο, A. R., Hamsher, K., Castro-Caldas, A., Ferro, J. M., & Grosso, J. T. (1976). Letter to the Editor. *Archives of Neurology*, *33*, 662.
- Dehaene, S. (2009). *Reading in the brain: The science and evolution of a human brain*. Hudson: Viking.
- Fischer, S. R. (2001). *A History of Writing*. London: Reaktion Books, Ltd.
- Kolinsky, R., Cary, L., & Morais, J. (1987). Awareness of words as phonological entities: The role of literacy. *Applied Psycholinguistics*, *8*, 223-232.
- Kosmidis, M. K., Tsapkini, K., & Folia, V. (2006). Lexical processing in illiteracy: Effect of literacy or education? *Cortex*, *42*(7), 1021-1027.
- Kosmidis, M. K., Tsapkini, K., Folia, V., Vlahou, C., & Kiosseoglou, G. (2004). Semantic and phonological processing in illiteracy. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *10*(6), 818-827.

- Levelt, W. J. M. (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Loureiro, C. S., Braga, L. W., Souza, L. N., Filho, G. N., Queiroz, E., & Dellatolas, G. (2004). Degree of illiteracy and phonological and metaphonological skills in unschooled adults. *Brain and Language*, *89*, 499-502.
- Manly, J. J., Jacobs, D. M., Sano, M., Bell, K., Merchant, C. A., Small, S. A., et al. (1999). Effect of literacy on neuropsychological test performance in nondemented, education-matched elders. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *5*(3), 191-202.
- Matute, E., Leal, F., Zarabozo, D., Robles, A., & Cedillo, C. (2000). Does literacy have an effect on stick construction tasks? *Journal of the International Neuropsychological Society*, *6*, 668-672.
- McCrory, E. J., Mechelli, A., Frith, U., & Price, C. J. (2005). More than words: a common neural basis for reading and naming deficits in developmental dyslexia? *Brain*, *128*, 261-267.
- Morais, J., Cary, L., Alegria, J., & Bertelson, P. (1979). Does awareness of speech as a sequence of phones arise spontaneously? *Cognition*, *7*, 323-331.
- Ostrosky-Solis, F., Ardila, A., & Rosselli, M. (1999). NEUROPSI: A brief neuropsychological test battery in Spanish with norms by age and educational level. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *5*, 413-433.
- Ostrosky-Solis, F., Efron, R., & Yund, E. W. (1991). Visual detectability gradients: Effect of illiteracy. *Brain and Cognition*, *17*, 42-51.
- Paulesu, E., Démonet, J.-F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., et al. (2001). Dyslexia: Cultural diversity and biological unity. *Science*, *291*, 2165-2167.
- Paulesu, E., McCrory, E., Fazio, F., Menoncello, L., Brunswick, N., Cappa, S. F., et al. (2000). A cultural effect on brain function. *Nature Neuroscience*, *3*(1), 91-96.
- Petersson, K. M., Ingvar, M., & Reis, A. (2009). Language and literacy from a cognitive neuroscience perspective. In D. R. Olson & N. Torrance (Eds.), *Language and literacy from a cognitive neuroscience perspective* (pp. 152-182). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Petersson, K. M., & Reis, A. (2006). Characteristics of illiterate and literate cognitive processing: Implications of brain-behavior co-constructivism. In P. B. Baltes, P. Reuter-Lorenz & F. Rösler (Eds.), *Lifespan Development and the Brain: The Perspective of Biocultural Co-constructivism* (pp. 279-305). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Petersson, K. M., Reis, A., Askelöf, S., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (2000). Language processing modulated by literacy: A network analysis of verbal repetition in literate and illiterate subjects. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*(3), 364-382.
- Petersson, K. M., Silva, C., Castro-Caldas, A., Ingvar, M., & Reis, A. (2007). Literacy: A cultural influence on functional left-right differences in the inferior parietal cortex. *European Journal of Neuroscience*, *26*, 791-799.

- Price, C., & Mechelli, A. (2005). Reading and reading disturbance. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 231-238.
- Reis, A., & Castro-Caldas, A. (1997). Illiteracy: A bias for cognitive development. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 3, 444-450.
- Reis, A., Faísca, L., Castro, S. L., & Petersson, K. M. (In Press). Preditores da leitura ao longo da escolaridade: Um estudo com alunos do 1º ciclo do ensino básico. In M. C. Tabora Simões et al. (Ed.). Coimbra: Almedina.
- Reis, A., Faísca, L., Ingvar, M., & Petersson, K. M. (2006). Color makes a difference: Two-dimensional object naming skills in literate and illiterate subjects. *Brain and Cognition*, 60, 49-54.
- Reis, A., Faísca, L., Mendonça, A., Ingvar, M., & Petersson, K. M. (2007). Semantic interference on a phonological task in illiterate subjects. *Scandinavian Journal of Psychology*, 48, 69-74.
- Reis, A., Guerreiro, M., & Castro-Caldas, A. (1994). Influence of educational level of non brain-damaged subjects on visual naming capacities. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16(6), 939-942.
- Reis, A., Guerreiro, M., & Petersson, K. M. (2003). A socio-demographic and neuropsychological characterization of an illiterate population. *Applied Neuropsychology*, 10(4), 191-204.
- Reis, A., & Petersson, K. M. (2003). Educational level, socioeconomic status and aphasia research: A comment on Connor et al. (2001) - Effect of socioeconomic status on aphasia severity and recovery. *Brain and Language*, 87(3), 449-452.
- Reis, A., Petersson, K. M., Castro-Caldas, A., & Ingvar, M. (2001). Formal schooling influences two- but not three-dimensional naming skills. *Brain and Cognition*, 47, 397-411.
- Reis, A., Petersson, K. M., & Faísca, L. (2009). Neuroplasticidade: Os efeitos de aprendizagens específicas no cérebro humano. In C. Nunes & S. Jesus (Eds.), *Temas actuais em Psicologia*. Faro: Universidade do Algarve.
- Rosselli, M., & Ardila, A. (2003). The impact of culture and education on non-verbal neuropsychological measurements: A critical review. *Brain and Cognition*, 54, 326-333.
- Rosselli, M., Ardila, A., & Rosas, P. (1990). Neuropsychological assessment in illiterates: II. Language and praxic abilities. *Brain and Cognition*, 12, 281-296.
- Serniclaes, W., Ventura, P., Morais, J., & Kolinsky, R. (2005). Categorical perception of speech sounds in illiterate adults. *Cognition*, 98, B35-B44.
- Silva, C. G., Petersson, K. M., Faísca, L., Ingvar, M., & Reis, A. (2004). The effects of literacy and education on the quantitative and qualitative aspects of semantic verbal fluency. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(2), 266-277.
- Turkeltaub, P. E., Gareau, L., Flowers, D. L., Zeffiro, T. A., & Eden, G. F. (2003). Development of neural mechanisms for reading. *Nature Neuroscience*, 6(7), 767-773.

- Vaessen, A., Bertrand, D., Tóth, D., Csépe, V., Faisca, L., Reis, A., et al. (In Press). Cognitive development of fluent word reading does not qualitatively differ between transparent and opaque orthographies. *Journal of Educational Psychology*.
- Wechsler, A. F. (1976). Crossed aphasia in an illiterate dextral. *Brain and Language*, 3, 164-172.
- Wolf, M. (1991). Naming speed and reading: The contribution of the cognitive neurosciences. *Reading Response Quarterly*, 26, 123-141.