

Correlatos neurais de diferentes experiências linguísticas: impactos do analfabetismo e bilinguismo sobre a cognição

Corrélatos neuronaux des différentes expériences linguistiques: impacts de l'analphabétisme et du bilinguisme sur la cognition
Correlatos neurales de diferentes experiencias lingüísticas: impactos del analfabetismo y el bilingüismo sobre la cognición
Neural correlates of different linguistic experiences: impacts of illiteracy and bilingualism on cognition

Maria T. C. Goulart¹, Elaine C. B. Torresi¹, Henrique S. Silva¹, Maria A. M. P. Parente¹

1. Grupo de Pesquisa em Neurociência da Linguagem e Cognição – GELC, Centro de Matemática, Computação e Cognição da Universidade Federal do ABC, São Paulo, Brasil.

Resumo

O presente artigo tem como objetivo discutir a linguagem como habilidade cognitiva social, que agencia e influencia mudanças na organização e plasticidade cerebral. Para isso serão abordadas duas correntes de investigação: os impactos do analfabetismo na arquitetura cortical e a influência do bilinguismo na plasticidade cerebral. Seguindo o incentivo que Juan Azcoaga deu ao salientar a importância de exames neurais para o estudo do comportamento foram selecionados artigos recentes que estudaram esses dois tópicos utilizando técnicas de neuroimagem. Os achados indicaram que ambos os processos, leitura e bilinguismo, são intervenções culturais que modulam estrutural e funcionalmente o cérebro e que esses aspectos devem ser cuidadosamente considerados na avaliação neuropsicológica. A aquisição da leitura está envolvida com maior especialização do hemisfério esquerdo para tarefas de processamento fonológico e visual/gráfico, além de promover mudanças no processamento visual básico, seguindo a hipótese de reciclagem neuronal. O bilinguismo, por sua vez, parece ser um processo mais complexo, com atuação na plasticidade cerebral em diferentes conexões e redes neurais, favorecendo ainda a formação de uma reserva cognitiva ao longo da vida.

Palavras-chave: linguagem; neuropsicologia; bilinguismo; analfabetismo; neuroimagem.

Résumé

Cet article vise à discuter de la langue en tant que capacité cognitive sociale, qui agence et influence des changements dans l'organisation et la plasticité du cerveau. Pour ce faire, deux courants de recherche seront abordés : les impacts de l'analphabétisme sur l'architecture corticale et l'influence du bilinguisme sur la plasticité cérébrale. Suite aux encouragements de Juan Azcoaga, soulignant l'importance des examens neuronaux pour l'étude du comportement, des articles récents ont été sélectionnés pour étudier ces deux sujets en utilisant des techniques de neuro-imagerie. Les résultats indiquent que les deux processus, la lecture et le bilinguisme, sont des interventions culturelles qui modulent structurellement et fonctionnellement le cerveau et que ces aspects doivent être soigneusement pris en compte dans l'évaluation neuropsychologique. L'acquisition de la lecture implique une plus grande spécialisation de l'hémisphère gauche pour les tâches de traitement phonologique et visuel / graphique, en plus de promouvoir des changements dans le traitement visuel de base, suivant l'hypothèse du recyclage neuronal. Le bilinguisme, quant à lui, semble être un processus plus complexe, avec un rôle de la plasticité cérébrale dans différentes connexions et réseaux neuronaux, favorisant la formation d'une réserve cognitive tout au long de la vie.

Mots-clés: langage, neuropsychologie, bilinguisme, analphabétisme, neuroimagerie.

Artículo recibido: 09/07/2017; artículo revisado: 13/09/2017; artículo aceptado: 29/12/2017.

Toda correspondência relacionada a esse artigo deve ser enviada a Maria T. C. Goulart, Grupo de Pesquisa em Neurociência da Linguagem e Cognição – GELC, Universidade Federal do ABC, Rua Arcturus, 03 – São Bernardo do Campo, São Paulo.

E-mail: teresa.carthery@ufabc.edu.br

DOI:10.5579/ml.2017.0373

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo discutir el lenguaje como habilidad cognitiva social, que organiza e influye en cambios de la organización y plasticidad cerebral. Para ello se abordarán dos corrientes de investigación: los impactos del analfabetismo en la arquitectura cortical y la influencia del bilingüismo en la plasticidad cerebral. Siguiendo el incentivo que Juan Azcoaga dio al resaltar la importancia de exámenes neurales para el estudio del comportamiento fueron seleccionados artículos recientes que estudiaron esos dos tópicos utilizando técnicas de neuroimagen. Los hallazgos indicaron que ambos procesos, lectura y bilingüismo, son intervenciones culturales que modulan estructural y funcionalmente el cerebro y que esos aspectos deben ser cuidadosamente considerados en la evaluación neuropsicológica. La adquisición de la lectura está involucrada con mayor especialización del hemisferio izquierdo para tareas de procesamiento fonológico y visual/gráfico, además de promover cambios en el procesamiento visual básico, siguiendo la hipótesis de reciclaje neuronal. El bilingüismo, a su vez, parece ser un proceso más complejo, con actuación en la plasticidad cerebral en diferentes conexiones y redes neuronales, favoreciendo además la formación de una reserva cognitiva a lo largo de toda la vida.

Palabras clave: lenguaje; neuropsicología; bilingüismo; analfabetismo; neuroimagen.

Abstract

This article aims to discuss language as social cognitive ability, that agencies and influences changes in brain organization and plasticity. In order to do so, two research lines will be addressed: the impacts of illiteracy on cortical architecture and the influence of bilingualism on brain plasticity. Following the incentive that Juan Azcoaga gave in emphasizing the importance of neural exams for the study of behavior, recent articles that studied these two topics using neuroimaging techniques were selected. The findings indicated that both processes, reading and bilingualism, are cultural interventions that structurally and functionally modulate the brain and that these aspects should be carefully considered in neuropsychological assessment. Reading acquisition is involved with greater specialization of the left hemisphere for phonological and visual / graphic processing tasks, besides promoting changes in basic visual processing, following the hypothesis of neuronal recycling. Bilingualism, in turn, seems to be a more complex process, with a role in brain plasticity in different connections and neural networks, favoring the formation of a cognitive reserve throughout life.

Key words: language; neuropsychology; bilingualism; illiteracy; neuroimaging

INTRODUÇÃO

Na América Latina, os primeiros estudos explorando as complexas relações entre mente e cérebro datam do século XX e desde então vem se proliferando com a emergência de diversos grupos interdisciplinares que trouxeram contribuições relevantes a esse campo do conhecimento e ao mesmo tempo consolidaram a pesquisa em Neuropsicologia e Neurociências em suas diversas abordagens metodológicas nesses países.

Neste contexto, o grupo estudos em fisiopatologia da linguagem liderado por Juan Azcoaga, na Argentina, nas décadas de 60 a 90, trouxe importantes contribuições para o estudo da linguagem, especialmente em questões ligadas ao papel do desenvolvimento desta função e da construção do conhecimento semântico na cognição e às imbricadas relações entre linguagem e pensamento. Seus trabalhos discutiram temas como a forma em que informação sensorial está em permanente conexão com a informação semântica. Isso porque a organização dos conceitos depende do ingresso da informação pelos sistemas sensoriais e dos processos de reconhecimento destas informações a partir da apreensão de determinados aspectos da realidade. Por outro lado, como a atribuição de significados, seria a unidade semântica indispensável

para a fixação desses conceitos (Azcoaga, 1988, 1992 e 1993).

De forma bastante avançada para época, os textos de Azcoaga (1987, 1988, 1992 e 1993) refletem seu interesse pelas bases biológicas do comportamento e sua preocupação com o rigor metodológico na experimentação e observação clínica para a compreensão dos processos mentais. A interdisciplinaridade e o uso de ferramentas de estatística, inteligência artificial e de registro da atividade nervosa, temas chave para a Neurociência de hoje, já aparecem como cruciais para investigação da linguagem em suas publicações.

Assim, ao discutir a informação semântica enquanto objeto de estudo e enquanto base para a linguagem interna, destaca os achados eletrofisiológicos a partir de potenciais relacionados a eventos e investigações com eletrodos intracerebrais, em conjunto com paradigmas experimentais bem definidos e tratamento matemático dos dados para a compreensão desse fenômenos mentais (Azcoaga, 1993).

Fica claro seu interesse pelos correlatos neurais das mudanças comportamentais, discutindo evidências de que a aprendizagem estaria "dentro" e não "fora" como na visão dos psicólogos behavioristas que considerava reducionista, já que métodos interdisciplinares já permitiam a

investigação dos diversos níveis de atividade dos neurônios e dos sistemas funcionais do cérebro.

Ao tratar de aspectos relacionados à aprendizagem, Azcoaga utiliza o termo "aprendizagem fisiológica" para designar os processos pelos quais componentes aprendidos se incorporam ao comportamento individual (inato). Em suas palavras, componentes aprendidos consistem em "componentes do comportamento, que não existiam no repertório inato, que não são comuns à espécie, mas que se elaboram frente a situações novas e logo operam no comportamento com a mesma regularidade que apresentam os inatos" (tradução livre, p.06, 1987). Assim, postula que a aprendizagem ocorre através de processos psicológicos centrais como a cognição e a formação de conceitos, o que seria impossível sem a recombinação de informações e o estabelecimento de rotas e conexões cujas protagonistas são ao fim e ao cabo, as células nervosas (Azcoaga, 1987). O conceito de neuroplasticidade já aparece nessa definição já que, em suas palavras: "Essa recombinação toma a forma de conexões de informações novas que é transladada por rotas regulares até uma zona do sistema nervoso em que haja disponibilidade de novas relações. Em outras palavras, onde há neurônios vagos que podem estar envolvidos em novos circuitos" (tradução livre, p.06, 1987). Assim, no presente artigo, considerando a neuroplasticidade em função das experiências com a linguagem, pretendemos discutir dois aspectos que modificam a circuitaria neural e os processos cognitivos: a aquisição da leitura e escrita por adultos e o bilinguismo ou plurilinguismo. Como veremos a seguir, essas mudanças impactam não somente no processamento da linguagem, mas também em processos cognitivos complexos, constituindo uma reserva cognitiva para estes indivíduos.

Chamamos de plasticidade, a capacidade que o cérebro animal tem de se alterar ao longo da vida, adaptando-se a mudanças no ambiente (Pascual-Leone, Amedi, Fregni & Merabet, 2005). Essas alterações podem se dar nos níveis funcionais e estruturais, isto é, estarem relacionadas a modificações no funcionamento dos neurônios ou envolver aspectos mais amplos como remapeamentos corticais e remodelamentos de algumas regiões. (Galván, 2010; Pascual-Leone et al., 2011). As mudanças funcionais e estruturais resultam de processos de desenvolvimento, aprendizagem e experiência (Hillman, Erickson & Kramer, 2008; Suo et al., 2012; Newman, Supalla, Fernandez, Newport & Bavelier, 2015) ou ainda de respostas a injúrias (Kornfeld et al., 2015; Guo et al., 2016). A teoria da reserva cognitiva surgiu para

explicar a defasagem, observada em algumas pessoas, entre alterações patológicas cerebrais e as funções cognitivas. Ela diz que certas variáveis melhoram a capacidade do cérebro lidar com as perdas e danos, mitigando seus efeitos sobre as funções cognitivas (Stern, 2002). Ligado a esse conceito, temos o termo reserva cerebral que se refere às alterações estruturais, em termos de volume de substância branca e cinzenta que resultam de experiências ricas do ponto cognitivo (Perani e Abutalab, 2015).

A linguagem ocupa posição privilegiada na cognição, pois proporcionou a nossos ancestrais uma maneira de representar o mundo mentalmente, estando intrinsecamente ligada ao pensamento, influenciando nossas decisões, nossa cultura e nosso comportamento (Pinker, 2007; Ardila et al. 2010; Ramachandran, 2011; Didieu & Levinson, 2013; Zlatev & Blomberg, 2015). A linguagem influencia e é influenciada pela arquitetura cerebral e sua dinâmica; mais do que a organização anatômica do sistema nervoso em si, é a fluidez dos processos neurais de aquisição, tratamento, armazenamento e recuperação da informação que regulam seu funcionamento e que respondem pelas alterações que observamos no cérebro a partir do amadurecimento das funções linguísticas (Kemmerer, 2015).

O desenvolvimento das funções linguísticas está diretamente relacionado ao contexto social no qual nos inserimos, sendo a escolarização a componente que parece atuar de forma mais concreta no amadurecimento dessas funções (Ramirez & Ardila, 2004; Ostrósky-Sollis, Ramirez & Ardila, 2004; Parente et al., 2008; Ardila et al., 2010; Ansari, 2012; Panda et al., 2014). A escolaridade influencia, não só nossas habilidades de leitura e escrita, nas nossas aptidões verbais e nossa capacidade de nos fazermos entender, mas transforma nossas atitudes, crenças e o acesso que temos à cultura e à sociedade. (Ardila et al., 2010).

As histórias da Neuropsicologia e da Neuropsicolinguística estiveram mescladas desde os estudos clássicos de Broca e Wernicke que demonstraram o papel do hemisfério esquerdo na linguagem e fala em meados do século XIX (Haase et al. 2012) e na América Latina isso não foi diferente, verificando-se a formação de grupos de pesquisa em Neuropsicologia no contexto de serviços de reabilitação de lesados cerebrais com afasia e outros transtornos neuropsicológicos. Nesses trabalhos, um grande desafio era utilizar ferramentas de avaliação para inferir o impacto das lesões em populações com experiências diversas e assim com perfis de desenvolvimento bastante heterogêneos. O analfabetismo e as baixas possibilidades de escolarização entre indivíduos atuantes no mercado

de trabalho (e não que tinham dificuldades de aprendizagem ou rebaixamento intelectual), por exemplo, exigia uma análise mais qualitativa do impacto das lesões, constatando-se especialização hemisférica diferenciada nesses casos (Lecour, Mehler & Parente, 1988; Parente & Lecours, 1988; Parente & Lecours, 1998).

Por outro lado, a exposição e/ou o aprendizado de mais de uma língua e a necessidade de lidar com ambas diariamente é uma experiência que demanda grande esforço cognitivo e que parece provocar alterações funcionais, estruturais, e comportamentais (Hosoda, Tanaka, Nariai, Honda & Hanakawa, 2013; Bialystok & Poarch, 2014, Pliatsikas, Moschopoulou & Saddy, 2015). Vários autores sugerem que o bilinguismo colabora ativamente na formação de uma reserva cognitiva, podendo retardar o estabelecimento dos sintomas clínicos de demência, apresentando portanto, efeitos protetivos do sistema nervoso (Craik, Bialystok & Freedman, 2010; Bak, Nissan, Allerhand & Deary, 2014; Bialystok, Craik, Binns, Osher & Freedman, 2014; para revisões: Guzmán-Vélez & Tranel, 2015; Gold, 2015).

Dada a importância desses temas, o presente artigo tem como objetivo discutir a linguagem como habilidade cognitiva social, que agencia e influencia mudanças na organização e plasticidade cerebral. Para isso serão abordadas duas correntes de investigação: os impactos do analfabetismo na arquitetura cortical e a influência do bilinguismo na plasticidade cerebral. Seguindo o incentivo que Azcoaga deu ao salientar a importância de exames neurais para o estudo do comportamento foram selecionados os recentes estudos que estudaram esses dois tópicos utilizando ferramentas de investigação de neuroimagens.

A AQUISIÇÃO DA LEITURA E A ARQUITETURA NEURAL DO CÉREBRO DE ANALFABETOS

Apesar de algumas vezes serem usados como sinônimos, os termos analfabeto e iletrado têm algumas diferenças conceituais (para uma discussão vide Pinho, 2010). De forma geral, enquanto o letramento implica na capacidade de usar efetivamente a leitura e escrita em situações sociais e ocupacionais, a alfabetização per se reflete a habilidade de decodificar grafemas em fonemas e representar estímulos ortográficos através da escrita. No presente artigo usaremos o termo analfabetismo, que melhor reflete as definições empregadas nas recentes publicações em Neurociência.

De acordo com a UNESCO, adultos analfabetos são a parcela da população com 15 anos

ou mais que não consegue ler e escrever um simples bilhete no contexto da vida diária (UNESCO, 2012). Tomando essa definição, estima-se que um quinto da população mundial, ou 774 milhões de adultos, não sabia ler e escrever, projeção que cresce segundo gênero (maior nas mulheres). Na América Latina existem 36 milhões de analfabetos e isso reflete as oportunidades sociais, educacionais e culturais às quais esses indivíduos foram expostos ao longo de seu curso de vida (IBGE, 2011).

Nas Neurociências, estudos com indivíduos analfabetos têm possibilitado um aumento da compreensão sobre como a aquisição da leitura e da escrita modifica processos cognitivos e a estrutura e o funcionamento cerebral. Além disso, os avanços das técnicas de neuroimagem permitiram caracterizar de forma mais precisa as mudanças neurais subjacentes ao processo de alfabetização e o cérebro daqueles que não aprenderam a ler e escrever.

Os achados das últimas quatro décadas sugerem que o domínio da leitura e da escrita modifica o funcionamento de múltiplos domínios cognitivos, especialmente as habilidades visuoespaciais e visuomotoras, a memória visual e verbal, o sistema fonológico e as funções executivas (Ardila et al., 2010). A alfabetização permite que o conhecimento do mundo externo passe a ser simbolicamente construído por um sistema gráfico-fonológico complexo e ordenado e, de acordo com recentes estudos, isso acarreta em mudanças na arquitetura cerebral (Dehaene, 2015, Pegado et al., 2014; Schotten, Cohen, Amemiya, Braga & Dehaene, 2012), já que a leitura exige consciência fonológica para decodificação de grafemas em fonemas (e vice e versa) e, a escrita um conjunto de habilidades visuo-construtivas e de práxis ideomotora, modificando o processamento visual, auditivo e motor.

Embora o analfabetismo esteja associado ao desempenho rebaixado em testes cognitivos, os estudos produzidos principalmente nas duas últimas décadas indicam que a relação entre cognição e aquisição da leitura e da escrita é complexa por algumas razões: a) em tarefas ecológicas, analfabetos apresentam desempenho melhor do que em testes formais de lápis e papel, ou de provas que solicitam habilidades de resolução de problemas e de acesso a informação aprendidas no banco da escola (Bramão et al., 2007; Brucki & Nitrini, 2008; Petersson et al., 2001; Reis et al., 2001; Reis et al., 2006; Silva et al., 2012); b) a influência do analfabetismo e da baixa escolaridade não é linear e depende do grupo de comparação, isto é, as diferenças de desempenho são mais evidentes entre as comparações envolvendo grupos com até quatro anos de estudo, seguindo-se por menor espectro de diferenças entre faixas de

escolaridade posteriores (5 a 9 anos de estudo, e 10 a 19 anos de estudo) (Ostrosky-Solis, Ardila, Rosselli, Lopez-Arengo, Uriel-Mendoza, 1998); c) existem variabilidades entre os próprios analfabetos graduadas pela cultura a que estão expostos (Ostrosky-Solis et al., 2004)e; d) de acordo com a hipótese de reciclagem neural formulada por Dehaene et al. (2015), a aquisição da leitura implica no recrutamento de áreas no hemisfério esquerdo antes destinadas ao processamento de estímulos visuais complexos, ou seja, modifica o processamento visual, trazendo "vantagens" e "desvantagens" cognitivas, como veremos mais adiante.

Sobre o primeiro aspecto, no contexto das tarefas cognitivas, os analfabetos possuem melhor desempenho em tarefas mais ecológicas, por exemplo: na fluência verbal para ítems de supermercado quando comparados a outros tipos de fluência (Petersson et al., 2001); na tarefa de nomeação e reconhecimento de objetos tridimensionais quando comparados a figuras (Reis et al., 2001) e; na nomeação e reconhecimento de figuras coloridas quando comparados a figuras em preto e branco (Reis et al., 2006). Em tarefas que exigem uma experiência aprendida geralmente na escola, os analfabetos têm desempenho inferior como por exemplo: 1) na detecção visual ou visual scanning em uma tela de touch screen de pontos luminosos simples, com maior lentidão e ausência de dominância direito e esquerdo (velocidade e reconhecimento) para os dois lados da tela (Bramão et al., 2007); 2) no teste de cancelamento, com menor desempenho para o número de alternativas corretas e de ítems falso-positivos (Brucki & Nitri, 2008) e 3) na memória operacional de dígitos visual em comparação com a auditiva (Silva et al., 2012).

Quanto ao grupo de comparação, as diferenças entre analfabetos e alfabetizados podem ser observadas na maioria dos testes neuropsicológicos. A magnitude das diferenças é modulada pelos grupos de comparação utilizados e pelos tipos de testes, sendo que alguns parecem ser mais adequados para diferenciar casos de declínio cognitivo em pessoas de baixa escolaridade (Ardila et al., 2000; Choi et al., 2011; Hong et al., 2009; Marcopulos e MacLain, 2003; Nitri, et al., 2004; Ostrosky-Sólis et al., 1998; Silva et al., 2011; Yassuda et al., 2009). Assim, pode-se dizer que a escolaridade exerce efeito cumulativo sobre as funções cognitivas que é mais evidente nas faixas mais baixas de estudo, principalmente nas comparações entre analfabetos, pessoas de 1 a 2 anos de estudo e 3 a 4 (Ostrosky-Sollis et al.; 1998). Nas demais faixas o efeito é menor, observando-se efeito teto nos testes cognitivos entre adultos com 12 a

mais anos de estudo. Como exemplo, no estudo de Ostrosky-Sollis e colaboradores (ANO), testes neuropsicológicos (ex. compreensão da linguagem, fluência verbal fonológica e funções conceituais, semelhanças) apontaram para diferenças significativas entre os analfabetos e alfabetizados com 1 a 2 anos de estudo.

Além do impacto da escolaridade, Ostrosky-Sólis et al. (2004) ressaltam que a cultura influencia no desenvolvimento de determinadas funções cognitivas. Em comparação a analfabetos não-indígenas, os indígenas (Maia e Pame) tiveram melhor desempenho em tarefas visuoperceptuais e construtivas (cópia de figuras semi-complexas e posição das mãos) e pior desempenho desse grupo em tarefas de memória verbal imediata e tardia. Esses achados indicam que a cultura, definida como o modo como grupos humanos vivem e aprendem a viver e agir em sociedade modulam habilidades de resolução de problemas (Ansari, 2012).

Sendo a escrita também uma invenção cultural, alguns autores, como Stanislas Dehaene e colaboradores propõem o termo "reciclagem neural" para definir o impacto da aquisição desta função no processamento de estímulos visuais, passando a ajustar algumas regiões dedicadas ao processamento de estímulos visuais complexos (faces, por exemplo), para o processamento e reconhecimento gráfico (Dehaene et al., 2015).

O CÉREBRO ANALFABETO E AS MUDANÇAS A PARTIR DA ALFABETIZAÇÃO

Apesar dos relatos das mudanças cognitivas a partir da aquisição da leitura e da escrita, somente com o advento da neuroimagem é que foi possível desvendar os correlatos neurofuncionais e estruturais dessas habilidades no cérebro. Nesse sentido, os estudos pioneiros datam de 1998 na equipe do Prof. Castro-Caldas, utilizando o PET em tarefas de processamento auditivo. Posteriormente, outros cinco centros de pesquisa publicaram seus achados usando técnicas diversas de neuroimagem, incluindo os estudos mexicanos (Ostrosky-Sólis, García & Pérez, 2004), chineses (Li et al., 2006; Li, Wu & Guo, 2009a; Li, Wu & Guo, 2009b; Qi, Li, Yan, Wu & Guo, 2010; Qu et al., 2014; Wu, Li, Yang, Cai, Sun & Guo, 2012; Wu, Wang, Yan, Li, Bao & Guo, 2012), alemães (Boltzmann & Rüsseler, 2013; Boltzmann, Rüsseler, Ye & Münte, 2013; Schaadt, Pannekamp & van der Meer, 2013), e latino-americanos na Colômbia (Carreiras, et al., 2009) e Brasil (Dehaene et al., 2010; Pegado et al., 2014; Schotten, Cohen, Amemiya, Braga & Dehaene,

2012) no contexto de cooperação e colaboração internacional com centros de pesquisa europeus.

Na maioria dos estudos acima, foram selecionados participantes que não sabiam ler e escrever quando avaliados por provas de leitura e escrita, mas que tinham bom funcionamento cognitivo e que não tinham adquirido a leitura por razões sociais e econômicas.

Os primeiros estudos indicaram que, em comparação aos indivíduos alfabetizados, os analfabetos apresentaram menor especialização em hemisfério esquerdo em tarefas de memória auditiva de curto e longo prazo, com menor ativação no lobo parietal inferior esquerdo (IPL) (Castro-Caldas et al., 1998; Petersson et al., 1999) em tarefa de repetição de palavras e não-palavras; em regiões temporoparietais esquerdas em tarefa de memória auditiva (Ostrosky-Sólis et al. 2004; Petersson et al., 2007) e no giro frontal medial esquerdo (Li et al., 2009a) em tarefa de julgamento de tom caractere chinês ou tom puro. No estudo do Petersson et al. (2007) a tarefa de memória auditiva consistia em codificar 12 pares de palavras, sendo metade deles com relação fonológica e a outra metade com relação semântica. Os achados indicaram que os analfabetos apresentam ativações mais lateralizadas à direita no córtex parietal inferior do que os letrados, sem diferenças quanto as relações entre estímulos após ajustes segundo a idade (Petersson et al., 2007). Os achados desses estudos indicam que os analfabetos processam de forma diferenciada estímulos verbais, recrutando áreas atencionais (de forma menos automática que os letrados) e hemisfério direito, que pode estar atrelado à criação de imagéticas na tarefa de memória episódica. Contudo, os mecanismos que subsidiam essas hipóteses precisam ser melhor estudados.

Em um estudo mais recente Schaadt et al. (2013) observaram que a própria discriminação do estímulo fonêmico é menor em pessoas que não adquiriram a leitura e escrita suficientemente. Os autores investigaram analfabetos funcionais (pessoas que não eram capazes de ler e escrever de forma apropriada mesmo depois de ter frequentado a escola) em tarefa de discriminação fonêmica (paradigma oddball) utilizando EEG. Nos analfabetos funcionais não houve o potencial relacionado a evento negativo na janela temporal de 100ms a 200ms após a apresentação do estímulo (efeito NMN - negatividade mismatch) quando os participantes ouviram fonemas padrões e desviantes, padrão oposto ao observados nos participantes alfabetizados.

Além das diferenças no processamento fonêmico, os estudos mais atuais elucidaram aspectos importantes da alfabetização no processamento visual, focalizando as investigações

com múltiplas técnicas e em populações brasileiras, portuguesas, germânicas e chinesas. Os achados principais são de que a ausência da representação ortográfica levaria a mudanças no processamento visual básico e em julgamentos visuais, com impacto no processamento visual imediato semântico/lexical. Quanto ao processamento visual básico, em conformidade com a hipótese de “reciclagem neural”, Dehaene et al. (2010) encontraram que alfabetizados apresentaram maior ativação da Visual Word Form Area ou Região Visual para Forma das Palavras (VWFA) após 200ms de apresentação de figuras de letras e decréscimo da ativação em resposta a faces (mesmo após o controle para habilidade de leitura e diferenças de ativação entre analfabetos e voluntários alfabetizados na fase adulta. (Dehaene et al., 2010; Dehaene et al., 2013). Esse achado propõe que a leitura media mudanças funcionais, sendo essas alicerçadas numa complexa representação cortical que pode impactar o modo como percebemos os estímulos e interagimos com eles. Em outras palavras, à medida em que aprendemos a ler, dedicamos menos áreas para o processamento visual de estímulos complexos em um processo de ganhos e perdas em função da reorganização neural.

Outros estudos, como é o caso dos chineses, indicam que embora o processamento de caracteres chineses e figuras recrutem os dois hemisférios cerebrais posteriores, os analfabetos chineses tenderam a ter menor ativação do hemisfério esquerdo (giro frontal medial e inferior e giro temporal superior) em tarefa de visualização passiva (Li et al., 2006), com achados variáveis na tarefa de julgamento caracter x não caracter (Li et al., 2009b ; Qi et al. , 2010; Qi et al. , 2014; Wu et al. , 2012a ; Wu et al., 2012b).

A composição de que a leitura pode mudar a ativação de áreas de processamento visual advém de estudos de alfabetização e de comparações entre indivíduos que aprenderam a ler na infância e na vida adulta. Esses estudos sugerem que o aprendizado da leitura na vida adulta elicia a especialização de áreas visuais do hemisfério esquerdo, com evidências de maior ativação da VWFA e do giro lingual em fMRI comparativo pré e pós-alfabetização (Boltzman & Rüsseler , 2013) e ao aumento das amplitudes do potencial relacionado a evento N170, associado ao reconhecimento das palavras (Boltz,am et al., 2013). No entanto, existem diferenças entre alfabetizados na vida adulta (após 50 anos de idade) e na infância em tarefa de leitura com registro MEG (Castro-Caldas et al., 2009; Nunes et al., 2009). Mesmo com mesmo desempenho comportamental, os alfabetizados tardios exibiram pouca assimetria na ativação

(hemisfério esquerdo: 45.47%; hemisfério direito: 54,53%), com maior ativação em hemisfério direito no giro frontal inferior em um processamento inicial (150-400ms após apresentação do estímulo) e tardio (400-800ms), o que denota uma possível lentificação de processamento quando comparado aos letrados na infância. Em conjunto esses achados indicam que a leitura induz plasticidade cortical, mas essa é afetada pela idade e provavelmente pelo uso ao longo do curso de vida, conferindo uma maior reserva cognitiva aos alfabetizados na infância.

Nos últimos anos, as técnicas empregadas em estudos estruturais avançaram. Schotten et al. (2012), ao utilizar medidas de DTI e análise do trato de substância branca do cérebro observaram que analfabetos apresentaram diminuídos os valores de anisotropia fraccionada (FA) no fascículo arqueado posterior esquerdo em comparação aos letrados na infância e na vida adulta. Essas fibras foram associadas a ativação do plano temporal e da região VWFA (Tabela 3). Dados de outros estudos estruturais sugeriram que os analfabetos tiveram menor espessura do corpo caloso médio (Castro-Caldas et al, 1999a; Petersson et al., 2007), e menor intensidade de sinal em regiões parietais inferiores e temporo-parietais do que letrados (Petersson et al., 2007). Carreiras et al. (2009), utilizando a análise de VBM, observou que o grupo que se alfabetizou na vida adulta tinha mais substância cinzenta em cinco regiões cerebrais posteriores: áreas dorsais bilaterais, o giro supramarginal esquerda e áreas temporal superiores, giro angular e regiões temporais médias posteriores. Usando DTI, os autores observaram um maior volume de substância branca no esplênio do corpo caloso em letrados durante a infância.

Em suma, aprender a ler e escrever confere mudanças no processamento fonológico e visual, com evidências a favor de mudanças na arquitetura, função e arranjo das estruturas corticais posteriores. Essas mudanças ocorrem de modo a favorecer o processamento gráfico e fonológico, com implicações no processamento visual básico, como sugere a hipótese de reciclagem neuronal.

O BILINGUISMO E A PLASTICIDADE CEREBRAL

O bilinguismo é um fenômeno multidimensional que envolve aspectos não apenas linguísticos, mas também culturais e sociais. Há uma variedade de fatores que podem afetar a experiência de quem fala duas ou mais línguas, por exemplo: a idade e a forma de aquisição, o grau de imersão, o contexto de uso, a estrutura das línguas, entre outros; assim, definir o que seja um bilíngue é tarefa das mais difíceis. Atualmente, entende-se que o bilíngue é o

indivíduo com capacidade de se comunicar em duas línguas, sem que necessariamente tenha o mesmo grau de proficiência em ambas ou iguais desenvolvimentos nas quatro competências linguísticas: compreensão, expressão, leitura e escrita (Grosjean,1982; Megale, 2005).

Os bilíngues são classificados mais frequentemente como precoces ou tardios (quanto à idade de aquisição), balanceados ou não balanceados (quanto à competência relativa) e imersos ou não imersos (endógeno/exógeno- quanto à exposição à segunda língua, mas poderíamos ainda considerar outros fatores como o modo de aquisição: na escola ou em família ou o até mesmo o fato da segunda língua passar a língua dominante) (Harmers e Blanc, 2000).

Dados sobre o número de bilíngues na população mundial são controversos, mas considerando que temos cerca de 6800 línguas distribuídas em apenas 193 países é razoável supormos que mais da metade da população mundial é bilíngue (Associated Press, 2001; European Commission, 2006). O bilinguismo está presente em todos os continentes, em todas as classes sociais e em todas as idades e avança na medida que as fronteiras sociais, políticas e econômicas se estreitam, sendo portanto, uma experiência cognitiva bastante comum que merece ser avaliada com atenção (Marian & Shook, 2012).

Nos últimos anos têm sido estudadas tanto a estrutura e organização cerebral dos bilíngues quanto as possíveis vantagens cognitivas, que quando reportadas parecem se refletir no conjunto de funções designadas como executivas, especialmente as que envolvem o controle atencional e inibitório, a flexibilidade e o monitoramento. A possível explicação para esses achados é que o bilinguismo é praticado ao longo da vida e o fato de estar constantemente inibindo uma das duas línguas, monitorando o contexto de uso e alternando entre elas, faz com que os bilíngues apresentem um fortalecimento do seu controle executivo (Garbin et al., 2010; Coderre & Heuven, 2014; para revisão ver Bialystok, Craik, Green & Gollan, 2009).

Em um estudo envolvendo adultos jovens e idosos bilíngues balanceados, moradores da Índia, de Hong Kong e Canadá, Bialystok, Craik, Klein, & Viswanathan (2004) observaram vantagens em ambos os grupos no Simon task (um teste não verbal que avalia controle inibitório e atencional). Coderre, Van Heuven & Conklin (2013), por sua vez, estudando inibição de processamento com um teste de Stroop verbal, aplicado a jovens universitários também puderam observar melhores performances no grupo bilíngue que falava chinês e inglês. Quanto à flexibilidade, Wiseheart, Viswanathan &

Bialystock, (2016) usando um teste de switching, onde alternam-se randomicamente as tarefas a serem executadas, encontraram vantagens cognitivas em grupos de jovens bilíngues quando comparados aos monolíngues. Por outro lado, há também trabalhos onde essa vantagem não pôde ser demonstrada (Costa, Hernández, Costa-Faidella, & Sebastián-Gallés (2009); Paap & Greenberg (2013); Duñabeitia et al (2014)). Além disso, apesar do bilinguismo exercer possíveis efeitos na cognição nas funções cognitivas, curiosamente apresenta efeitos contrários no que se refere ao processamento da linguagem. Desta forma, verifica-se que o vocabulário na língua dominante é menor em bilíngues assim como o acesso lexical é mais lento.

As técnicas de neuroimagem vem, nesse contexto, agregar uma enorme contribuição aos estudos na medida em que mesmo na ausência de achados comportamentais ou na presença de achados negativos é possível, muitas vezes, encontrar alterações morfológicas e funcionais no cérebro bilingue. Como exemplos temos os trabalhos de Mohades et al. (2014) e Ansaldi, Ghazi-Saidi & Adrover-Roig (2015) com populações de idades diferentes: no primeiro, os autores avaliaram crianças através de imageamento por fMRI usando dois testes não verbais (Stroop numérico e Simon task) e apesar de não encontrarem diferenças nos dados comportamentais, puderam observar maior ativação no córtex cingulado bilateral dos bilíngues, que segundo os autores, além de ser uma região relacionada ao controle e monitoramento da linguagem é também responsável pela detecção de erros e monitoramento de conflitos não linguísticos, reportando ao córtex frontal incompatibilidades potenciais independentemente de suas naturezas, enquanto o processo de resolução das mesmas está acontecendo. No segundo, os autores também não encontraram diferenças comportamentais aplicando o Simon task em idosos monolíngues e bilíngues, mas, usando o FMRI para acessar os correlatos funcionais, mostraram que nas tentativas incongruentes (e que, portanto, exigiam maior controle inibitório) monolíngues e bilíngues apresentavam diferentes padrões de ativação neural, com monolíngues recrutando a rede do córtex pré-frontal (que é conhecida por participar do controle de interferências) enquanto os bilíngues usavam apenas as regiões associadas com demandas de testes visuoespaciais (lobo parietal inferior esquerdo), isto é, idosos bilíngues não apresentaram o efeito clássico de “shift” anteroposterior (PASA effect - onde há um aumento na ativação do córtex pré-frontal e diminuição no córtex occipital, numa tentativa de compensar perdas funcionais advindas do envelhecimento, mantendo o desempenho).

Segundo os autores o bilinguismo aumentaria as capacidades cognitivas, compensando o declínio cognitivo associado com o envelhecimento, sem que sejam necessárias adaptações como o efeito PASA.

A ativação de diferentes redes neurais por monolíngues e bilíngues frente a um mesmo teste, foi observada por outros pesquisadores e poderia explicar as vantagens apresentadas por bilíngues em tarefas executivas com itens verbais e não verbais (Garbin et al., 2010).

A divergência de achados nessa área de estudo é discutida de diversas formas, entre elas o fator da idade, verificando-se efeitos protetivos e diferenças apenas em grupos idosos. Perani e Abutaleb (2015) explicam esses achados pelas múltiplas oportunidades de tarefas que exigem controle executivo na idade adulta (ex. uso de videogames) enquanto que entre idosos, muitas dessas atividades são abandonadas, matendo-se o uso de diversas línguas. Isso levaria a diferenças mais pronunciadas entre idosos bilíngues e monolíngues e uma atenuação deste efeito em adultos mais jovens. O substrato neural desses possíveis efeitos protetivos são o que se chama de reserva cerebral (aumento de substância branca e cinzenta em áreas relacionadas ao controle executivo) e reserva cognitiva (aumento da conectividade funcional entre os lobos frontais e outras regiões adjacentes e posteriores). Assim, na revisão de literatura de Wong, Win & O'Brien (2016) buscam entender as relações entre estrutura, função e conectividade no cérebro bilingue e observam que a compilação dos estudos que utilizam técnicas de neuroimagem indica que esse fortalecimento no controle cognitivo dos bilíngues é acompanhado pelo aumento no volume de substância cinzenta (SC) e branca (SB) e na ativação regional na rede frontoparietal (em testes de controle atencional e inibitório) e dos gânglios da base (testes de switching).

Quanto à conectividade funcional, Li et al. (2015), comparando a conectividade funcional (CF) entre regiões de controle cognitivo (córtex cingulado anterior dorsal (CCAD) e núcleo caudado esquerdo (NCE) e regiões relacionadas à linguagem (giro temporal superior esquerdo (GTSE)) de monolíngues e bilíngues, usando FMRI durante um teste de nomeação de figuras e no “resting state”, demonstrou que em bilíngues a CF é maior entre CCAD e GTSE durante o teste e é menor durante o resting state quando comparados aos monolíngues. Segundo os autores, esse achado demonstra que o bilinguismo altera a relação entre as regiões de controle e as regiões de linguagem, e esse aumento da conectividade poderia estar ligado ao fato do bilingue estar constantemente controlando o uso de suas línguas.

Anteriormente, Luk et al. (2011), usando MRI (resting state), já tinham observado que bilíngues apresentavam maior conectividade do lobo frontal com as regiões adjacentes e posteriores quando comparados àqueles que só falam uma língua, mas foram inovadores ao propor que alguns efeitos protetivos (relacionados à reserva cognitiva) observados em bilíngues deviam-se à manutenção da substância branca.

No maior estudo documentado até o momento sobre reserva cognitiva e bilinguismo, Alladi et al. (2013) revisando os registros de 648 pacientes com demência (sendo 391 bilíngues), comparou a idade de aparecimento dos primeiros sintomas entre os grupos, considerando ainda: número de línguas faladas, nível educacional e ocupação e observou uma latência de 4,5 anos no aparecimento de sintomas em bilíngues tanto para demência por Alzheimer e demência frontotemporal quanto para demência de origem vascular, observando ainda que esse atraso aconteceu até mesmo em pacientes analfabetos.

A influência da prática do bilinguismo ao longo da vida nas estruturas cerebrais ainda é pouco estudada, principalmente em populações idosas, mas as alterações referentes à manutenção de volume de SB e SC foram demonstradas em alguns estudos (Gold, Johnson & Powell, 2013; para uma revisão sobre bilinguismo, reserva cognitiva e mecanismos neurais envolvidos ver Grant, Dennis & Li, 2014).

Abutalebi et al. (2014), comparou idosos bilíngues chineses com monolíngues em um teste de nomeação e fez uma correlação entre os achados comportamentais e as imagens obtidas através de MRI, observando aumento de volume de substância cinzenta no polo temporal anterior esquerdo (região relacionada ao processamento semântico) em bilíngues e diminuição em monolíngues, com forte correlação positiva entre a performance no teste e as alterações estruturais observadas. Olsen et al. (2015), por sua vez, fazendo um trabalho de comparação estrutural e usando MRI em idosos bilíngues e monolíngues, observaram diferenças significantes no volume da SB, além de diferenças na espessura na SC no polo temporal.

Mas não é apenas em idosos que se pode observar alterações na estrutura e função do cérebro bilíngue, estudos em crianças e jovens adultos também são consistentes em apresentar essas mudanças (Garbin et al., 2010; Abutalebi et al., 2012; Pliatsikas et al., 2015). Em um estudo longitudinal sobre alteração na SB em crianças, Mohades et al. (2015), usando Imageamento por Difusão de Tensão (DTI - uma técnica que utiliza o aparelho de MRI de modo a fazer imagens dos tratos e fibras que conectam as regiões cerebrais a partir da

medida da anisotropia fracional)), avaliaram vias relacionadas especificamente ao processamento semântico, observando que em bilíngues sequenciais (aqueles que aprendem a segunda língua entre 3 e 4 anos) há maior mielinização no fascículo occipitofrontal inferior esquerdo, quando comparados à bilíngues simultâneos e monolíngues, isso, segundo os autores, demonstraria que a idade de aquisição da segunda língua pode afetar a maturação e mielinização de vias relacionadas à linguagem.

Já Kaiser et al. (2015), estudando jovens adultos, observaram que a idade de aquisição da L2 (segunda língua) influencia também as alterações observadas na SC, sendo que indivíduos expostos às duas línguas simultaneamente, apresentam menor volume de SC em áreas associadas à linguagem (giros frontais mediais e inferiores bilaterais, giro medial temporal e parietal inferior posterior direitos e giro temporal inferior esquerdo) quando comparados àqueles que adquiriram as línguas sequencialmente. Segundo os autores, quanto mais cedo for a experiência com a segunda língua, mais receptivo o cérebro estará e mais facilmente incorporará esse novo conhecimento ao substrato neural existente, em aquisições mais tardias será necessária alguma forma de integração que envolva alteração de estruturas.

A despeito dos estudos citados até agora, não parece ser necessária uma experiência muito longa com o bilinguismo para que alterações estruturais sejam observadas, há trabalhos demonstrando que mesmo após uma breve exposição à segunda língua, é possível a detecção de mudanças (Hosoda et al., 2013).

Schiegel, Rudelsone & Tse (2012) usaram DTI para avaliar mensalmente 27 monolíngues falantes de inglês, 16 controles e 11 que passaram a tomar aulas de Chinês durante 9 meses. Esses autores mostraram que a matéria branca vai se reorganizando ao longo do tempo, exibindo alterações progressivas tanto no hemisfério esquerdo quanto direito, sendo as maiores mudanças observadas nos tratos que vem do lobo frontal cruzando o corpo caloso, o que é interessante pelo fato desses tratos não estarem envolvidos nos modelos clássicos de processamento linguístico. Quanto à matéria cinzenta, Martensson et al. (2012), usando MRI para estudar militares suecos que aprenderam outras línguas de modo extremamente intensivo, através de imersão (numa taxa de 300 a 500 novas palavras por semana), observaram aumento do hipocampo e da espessura cortical nos giros medial frontal esquerdo e temporal superior, sendo que aqueles que apresentaram maior facilidade na aquisição de proficiência mostraram também

maiores alterações no hipocampo e no giro temporal, enquanto que aqueles que tiveram maiores dificuldades apresentaram aumento na matéria cinzenta no giro frontal.

Independentemente da exposição à segunda língua ser feita num ambiente naturalístico (imersão) ou em um ambiente de sala de aula, alterações podem ser observadas tanto na substância branca (parte anterior do corpo caloso), quanto na substância cinzenta (giros inferior frontal esquerdo e córtex parietal inferior esquerdo) (para revisão ver Stein, Winkler, Kaiser & Dierks, 2014).

Pelo exposto, acreditamos que o bilinguismo como vivência linguística e experiência cognitiva ímpar atua sobre a plasticidade cerebral, modelando e remodelando estruturas, estabelecendo e fortalecendo conexões e expandindo redes, assim, parece-nos lícito propor que a experiência bilíngue seja considerada no âmbito das avaliações neuropsicológicas uma vez que pode estar influenciando os achados comportamentais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência do ambiente nas oportunidades de aprendizagem e de uso da linguagem fica bastante evidente quando estudamos o impacto do analfabetismo e do bilinguismo sobre as funções cognitivas. Do ponto de vista biológico, a escolarização e o bilinguismo podem potencializar as funções cognitivas, maximizando a plasticidade do sistema nervoso, promovendo alterações em sua organização e em seu funcionamento (Simon et al., 2013; Sullivan, Janus, Moreno, Astheimer & Bialystok, 2014, para revisão ver Meng & D'Arcy, 2012).

Os estudos aqui discutidos evidenciam que diferentes experiências com a linguagem mudam a arquitetura neural e que o acúmulo dessas experiências resulta em diferentes perfis neuropsicológicos frente a doenças neurológicas. A falta de especialização do hemisfério esquerdo para a linguagem e do fortalecimento das conexões interhemisféricas, o que se dá em grande parte pela não aquisição da linguagem escrita, parece levar a um declínio cognitivo mais rápido. Por outro lado, experiências com outras línguas parecem aumentar a conectividade entre os lobos frontais e regiões posteriores, melhorando o controle atencional e executivo e exercendo efeito protetor.

REFERENCIAS

Abutalebi, J., Canini, M., Della Rosa, P.A., Sheung, L.P., Green, D.W., & Weekes, B.S. (2014). Bilingualism protects anterior temporal lobe integrity in aging.

Aparentemente, esta reserva cognitiva atua apesar da escolaridade tendo sido evidenciada em indivíduos analfabetos e também em lesados cerebrais.

Outro ponto importante a destacar é a contribuição das técnicas de neuroimagem para a compreensão desses fenômenos. Os avanços nessa área permitiram compreender os processos subjacentes e evidenciar diferenças do funcionamento cerebral diante de perfis de comportamento/neuropsicológicos semelhantes. Além disso, esses recentes estudos evidenciam a forma e os períodos em que as diferentes experiências com a linguagem podem exercer seu impacto máximo sobre a cognição em função das mudanças dos padrões de conectividade e das mudanças estruturais na SB e SC. Assim, aprender a ler e escrever na idade adulta parece ser diferente do que na infância (Raizada et al., 2008; Castro-Caldas et al., 2009). Frente à instalação de um processo neurodegenerativo os perfis neuropsicológicos e funcionais vão diferir entre indivíduos, pois diferentes informações estão sendo processadas pelas áreas acometidas pela doença (Castro-Caldas et al., 2009). Da mesma forma, o impacto do bilinguismo simultâneo também parece ser diferente do consecutivo. Tais temas são controversos e ainda requerem estudos, já que diferenças metodológicas não permitem ainda uma posição final sobre esses achados, mas certamente devem ser considerados na avaliação neuropsicológica.

Em suma, ambos os processos, leitura e bilinguismo, são intervenções culturais que modulam estrutural e funcionalmente o cérebro e que esses aspectos devem ser levados em conta na avaliação neuropsicológica. O bilinguismo parece ser um processo mais complexo, e interligado a processos de imigração, globalização, mudanças políticas e econômicas. Com a ascensão da economia asiática é possível que nas próximas décadas o mandarim seja uma das línguas mais faladas no cenário comercial mundial. E provavelmente o padrão de bilíngues observado hoje seja diferente do que será esperado nas próximas décadas. A era da informação veio ao século XXI revolucionar o acesso, o conhecimento e a interação humana. A linguagem é o que nos conecta, desafiando as neurociências e a neuropsicologia a mapear a extensão desses fenômenos no cérebro e no padrão de desenvolvimento cognitivo ao longo da vida.

Neurobiology of Aging, 35(9), 1-8.
doi:10.1016/j.neurobiolaging.2014.03.010
Abutalebi, J., Della Rosa, P.A., Green, D.W., Hernandez, M., Scifo, P., Keim, R., Cappa, S.F. & Costa, A. (2012).

- Bilingualism Tunes the Anterior Cingulate Cortex for Conflict Monitoring. *Cerebral Cortex*, 22(7), 2076–2086. doi:10.1093/cercor/bhr287
- Alladi, S., Bak, T.H., Duggirala, V., Surampudi, B., Shailaja, M., Shukla, A.N. et al. (2013). Bilingualism delays age at onset of dementia, independent of education and immigration status. *Neurology*, 81(22), 1938-1944. doi:10.1212/01.wnl.0000436620.33155.a4
- Ansaldi, A.I., Ghazi-Said, L. & Adrover-Roig, D.(2015). Interference Control In Elderly Bilinguals: Appearances Can Be Misleading. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. doi:10.1080/13803395.2014.990359
- Ansari, D. (2012). Culture and education: new frontiers in brain plasticity. *Trends in Brain Plasticity*, 16(2), 93-95. doi:10.1016/j.tics.2011.11.016
- Ardila, A. (2014). El futuro de la neuropsicología en Latinoamérica. *Rev Mex AMCAOF*, 3 (3), 93-94. Disponible em: <http://www.medigraphic.com/pdfs/audiologia/fon-2014/fon143a.pdf>
- Ardila, A., Bertolucci, P.H., Braga, L.W., Castro-Caldas, A., Judd, T., Kosmidis, M.H., Matute, E., Nitrini, R., Ostrosky-Solis, F. & Rosselli, M. (2010). Illiteracy: The neuropsychology of cognition without reading. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 25, 689-712. doi:10.1093/arclin/acq079
- Ardila, A., Ostrosky-Solis, F., Rosselli, M. & Gómez, C. (2000). Age-related cognitive decline during normal aging: The complex effect of education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 15(6), 495-513. doi: 10.1016/s0887-6177(99)00040-2
- Associated Press. (2001). *Some facts about the world's 6,800 tongues*. Disponible em: http://edition.cnn.com/2001/US/06/19/language.glance/index.html?_%2520s=PM:US. Consultado em: 25/03/2016
- Azcoaga, J. (1987). Aprendizaje Fisiológico. Psicología Lenguaje Aprendizaje - *Acta de las Primeras Jornadas Nacionales de APINEP*. Rosario Ediciones Pedagógicas. Buenos Aires. 17-32. Disponible em: www.adinarosario.com/fotos/biblioteca/aprfs8f.pdf
- Azcoaga, J. (1988). El papel del lenguaje interno en el proceso de conocimiento. Em: Berdichevski et al. *Psicología y nuevos tiempos. Una aproximación epistemológica* (201-207). Buenos Aires. Ed:Cartago.
- Azcoaga, J. (1992). Enfoque neuropsicológico de la actividad cognitiva: La formación de conceptos. *Revista Educación y Pedagogía*, 4(7),13-18. Disponible em: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/.../14762>
- Azcoaga, J. (1993). Informação semântica. Lenguaje interno. Pensamiento. *Acta psiquiátr. Am lat.*, 39 (2), 107-116. Disponible em: www.adinarosario.com.ar/fotos/biblioteca/islip20f.pdf
- Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255(5044), 556-559. doi:10.1126/science.1736359
- Bak, T., Nissan, J., Allershand, M. & Deary, I. (2014). Does Bilingualism Influence Cognitive Aging? *Annals of Neurology*, 75(6), 959-963. doi:10.1002/ana.24158
- Bialystok, E. & Poarch, G. (2014). Language Experience Changes Language and Cognitive Ability. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17(3), 433-446. doi:10.1007/s11618-014-0491-8
- Bialystok, E., Craik, F.I.M., Binns, M.A. & Osher, L.(2014). Effects of bilingualism on the age of onset and progression of MCI and AD: evidence from executive function tests. *Neuropsychology*, 28(2), 290–304. doi:10.1037/neu0000023
- Bialystok, E., Craik, F.I.M., Green, D. & Gollan, T. (2009). Bilingual Minds. *APAS*, 10(3), 89–129. doi:10.1177/1529100610387084
- Bialystok, E.; Craik, F.I.; Klein, R. & Viswanathan, M. (2004). Bilingualism, Aging, and Cognitive Control: Evidence From the Simon Task. *Psychology and Aging*, 19 (2), 290–303. doi:10.1037/0882-7974.19.2.290
- Boltzmann, M. & Rüsseler, J. (2013). Training-related changes in early visual processing of functionally illiterate adults: evidence from event-related brain potentials. *BMC Neuroscience*, 14(1), 154. doi:10.1186/1471-2202-14-154
- Boltzmann, M., Rüsseler, J., Ye, Z. & Münte, T.F. (2013). Learning to read in adulthood: An evaluation of a literacy program for functionally illiterate adults in Germany. *Problems of Education in the 21st Century*, 51, 33-46. Disponible em: <http://oaji.net/articles/2014/457-1419346269.pdf>
- Bramao, I., Mendonca, A., Faisca, L., Ingvar, M., Petersson, K. & 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(2), 359-364. doi:10.1017/s1355617707070440
- Brucki, S.M.D. & Nitrini, R. (2008). Cancellation task in very low educated people. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23, 139-147. doi:10.1016/j.acn.2007.11.003
- Carreiras, M., Seghier, M.L., Baquero, S., Estévez, A., Lozano, A., Devlin, J.T. & Price, C.J. (2009). An anatomical signature for literacy. *Nature*, 461 (7266), 983-86. doi:10.1038/nature08461
- Carret, N.L., Auriacombe, S., Letenneur, L. et al. (2005). Influence of education on the pattern of cognitive reserve hypothesis. *Brain and Cognition*, 57(2), 120-126. doi:10.1016/j.bandc.2004.08.031
- Castro-Caldas, A., Miranda, P.C., Carmo, I., Reis, A., Leote, F., Ribeiro, C. & Ducla-Soares, E. (1999). Influence of learning to read and write on the morphology of the corpus callosum. *European Journal of Neurology*, 6(1), 23-28. doi:10.1046/j.1468-1331.1999.610023.x
- Castro-Caldas, A., Nunes, M.V., Maestu, F., Ortiz, T., Simoes, R., Fernandes, R., La Guia, E., Garcia, E. & Goncalves, M. (2009). Learning orthography in adulthood: A magnetoencephalographic study. *Journal of Neuropsychology*, 3(1), 17-30. doi:10.1348/174866408x289953
- Castro-Caldas, A., Petersson, K.M., Reis, A., Stone-Elender, S. & Ingvar, M. (1998). The illiterate brain: Learning to read and write during childhood influences the functional organization of adult brain. *Brain*, 121(6), 1053-63. doi:10.1093/brain/121.6.1053
- Choi, S.H., Shim, Y.S., Ryu, S.H., Ryu, H.J., Lee, D.W., Lee, J.Y., Jeong, J.H. & Han, S.H. (2011). Validation of the Literacy Independent Cognitive Assessment. *International Psychogeriatric*, 23(4), 593-601. doi:10.1017/s1041610210001626
- Coderre, E.L. & Van Heuven, W.J.B. (2014). Electrophysiological Explorations of the Bilingual Advantage: Evidence from a Stroop Task. *PLoS ONE*, 9(7): e103424. doi:10.1371/journal.pone.0103424
- Coderre, E., Van Heuven, W.J.B. & Conklin, K. (2013). The timing and magnitude of Stroop interference and facilitation in monolinguals and bilinguals. *Bilingualism: Language and Cognition*, 16 (2), 420–441. doi:10.1017/s1366728912000405
- Costa, A., Hernández, M., Costa-Faidella, J. & Sebastián-Gallés, N. (2009). On the bilingual advantage in conflict processing: Now you see it, now you don't. *Cognition*, 113(2),135–149. doi:10.1016/j.cognition.2009.08.001

- Craik, F., Bialystok, E. & Freedman, M. (2010). Delaying the onset of Alzheimer disease: bilingualism as a form of cognitive reserve. *Neurology*, 75 (19), 1726–1729. doi:10.1212/wnl.0b013e3181fc2a1c
- Dehaene S. (2013). Inside the letterbox: how literacy transforms the human brain. *Cerebrum*, Mai-Jun, 7. Disponível em: http://dana.org/Cerebrum/2013/Inside_the_Letterbox__How_Literacy_Transforms_the_Human_Brain/
- Dehaene, S., Cohen, L., Morais, J. & Kolinsky, R. (2015). Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(4), 234-44. doi:10.1038/nrn3924
- Dehaene, S., Pegado, F., Braga, L.W., Ventura, P., Filho, G.N., Jobert, A., Dehaene-Lambertz, G., Kolinsky, R., Morais, J. & Cohen, L. (2010). How learning to read changes networks for vision and language. *Science*, 330 (6009), 1359-1364. doi:10.1126/science.1194140
- Didieu, D. & Levinson, S. (2013). On the antiquity of language: the reinterpretation of Neandertal linguistic capacities and its consequences. *Frontiers in Psychology*, 4, 397. doi:10.3389/fpsyg.2013.00397
- Duñabeitia, J.A., Hernández, J.A., Antón, E., Macizo, P., Estévez, A., Fuentes, L.J. & Carreiras, M. (2014). The Inhibitory Advantage in Bilingual Children Revisited: Myth or Reality? *Experimental Psychology*, 61(3), 234–251. doi:10.1027/1618-3169/a000243
- European Commission- Special Eurobarometer. (2006). *Europeans and their languages*. Disponível em: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_243_en.pdf
- Galván A. (2010). Neural plasticity of development and learning. *Human Brain Mapping*, 31(6), 879–890. doi:10.1002/hbm.21029
- Garbin, G., Sanjuan, A., Forn, C., Bustamante, J.C., Rodríguez-Pujadas, A., Belloch, V., Hernandez, M., Costa, A. & Ávila, C. (2010). Bridging language and attention: brain basis of the impact of bilingualism on cognitive control. *Neuroimage*, 53 (4), 1272–1278. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.05.078
- Gold, B.T., Johnson, N.F. & Powell, D.K. (2013). Lifelong bilingualism contributes to cognitive reserve against white matter integrity declines in aging. *Neuropsychologia*, 51(13), 2841-2846. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2013.09.037
- Gold, B. (2015). Lifelong bilingualism and neural reserve against Alzheimer’s disease: A review of findings and potential mechanisms. *Behavioural Brain Research*, 281, 9–15. doi:10.1016/j.bbr.2014.12.006
- Grant, A., Dennis, N.A. & Li, P. (2014). Cognitive control, cognitive reserve, and memory in the aging bilingual brain. *Frontiers in Psychology*, 5, 1401. doi:10.3389/fpsyg.2014.01401
- Grosjean, F. (1982). *Life with two languages: an introduction to bilingualism*. Harvard University Press.
- Guo, X., He, Y., Lu, H., Li, Y., Su, X., Jiang, Y. & Tong, S. (2016). Plastic change along the intact crossed pathway in acute phase of cerebral ischemia revealed by optical intrinsic signal imaging. *Neural Plasticity Volume*, Article ID 1923160. doi:10.1155/2016/1923160
- Guzmán-Vélez, E. & Tranel, D. (2015). Does Bilingualism Contribute to Cognitive Reserve? Cognitive and neural perspectives. *Neuropsychology*, 29(1), 139–150. doi:10.1037/neu0000105
- Haase, V.G., Salles, J.F., Miranda, M.C., Malloy-Diniz, L., Abreu, N., et al. (2012). Neuropsicologia como ciência interdisciplinar: consenso da comunidade brasileira de pesquisadores/clínicos em Neuropsicologia. *Revista Neuropsicologia Latinoamericana*, 4(4), 1-8. Disponível em: http://www.neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia_Latinoamericana/article/view/125
- Hammers, J. & Blanc, M. (2000). *Bilingualism and Bilingualism*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hillman, C.H., Erickson, K.I., & Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58–65. doi:10.1038/nrn2298
- Hong, Y.J., Yoon, B., Shim, Y.S., Cho, A.H., Lee, E.S., Kim, Y.I. & Yang, D.W. (2011). Effect of literacy and education on the visuoconstructional ability of non-demented elderly individuals. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(5), 934–939. doi:10.1017/s1355617711000889
- Hosoda, C., Tanaka, K., Nariai, T., Honda, M. & Hanakawa, T. (2013). Dynamic Neural Network Reorganization Associated with Second Language Vocabulary Acquisition: A Multimodal Imaging Study. *Journal of Neuroscience*, 33(34), 13663–13672. doi:10.1523/jneurosci.0410-13.2013
- Kaiser, A., Eppenberger, L.S., Smieskova, R., Borgwardt, S., Kuenzli, E., Radue, E.W., Nitsch, C. & Bendfeldt, K. (2015). Age of second language acquisition in multilinguals has an impact on gray matter volume in language-associated brain areas. *Front. Psychol*, 6, 638. doi:10.3389/fpsyg.2015.00638
- Kemmerer, D. (2015). *Cognitive neuroscience of language*. New York: Psychology Press
- Kornfeld, S., Rodríguez, J.A.D., Everts, R., Kaelin-Lang, A., Wiest, R., Weisstanner, C., Mordasini, P., Steinlin, M. & Grunt, S. (2015). Cortical reorganisation of cerebral networks after childhood stroke: impact on outcome. *BMC Neurology*, 15(1), 90. doi:10.1186/s12883-015-0309-1
- Labos, E. (2009). La Neuropsicología en Argentina. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatria y Neurociencias*, 9 (2), 21-27.
- Landgraf, S., Beyer, R., Hild, I., Schneider, N., Horn, E., Schaadt, G., Foth, M., Pannekamp, A. & der Meer, E.V. (2012). Impact of phonological processing skills on written language acquisition in illiterate adults. *Cognitive Neuroscience*, 2S, S129-S138. doi:10.1016/j.dcn.2011.11.006
- Lecours, A. R., Mehler, J. Parente, M. A. M. P. et al. (1988) Illiteracy in brain damage. 3: a contribution to the study of speech and language disorders in illiterates with brain damage (initial testing). *Neuropsychologia*, 26(4), 575-589. doi:10.1016/0028-3932(88)90114-5
- Li, G., Cheung, R.T.F., Gao, J.H., Lee, T.M.C., Tan, L.H., Fox, P.T., Jack Jr, C.R. & Yang, E.S. (2006). Cognitive processing in Chinese literate and illiterate subjects: An fMRI study. *Human Brain Mapp*, 27(2), 144-52. doi:10.1002/hbm.20173
- Li, L., Abutalebi, J., Zou, L., Yan, X., Liu, L., Feng, X., Wang, R., Guo, T. & Ding, G. (2015). Bilingualism alters brain functional connectivity between “control” regions and “language” regions: Evidence from bimodal bilinguals. *Neuropsychologia*, 71, 236–247.
- Li, X., Wu, J. & Guo, Q. (2009a). Processing of Chinese characters and pure tones in literate and illiterate subjects: An auditory fMRI study. Proceeding of the 2009 IEEE – *International conference on mechatronics and automation*, 141-45. doi:10.1109/icma.2009.5246074
- Li, X., Wu, J. & Guo, Q. (2009b). Processing of Chinese characters and figures in literate and illiterate subjects: A visual fMRI study. *ICME International Conference on Complex Medical Engineering*. doi:10.1109/iccme.2009.4906649

- Luk, G., Bialystok, E., Craik, F. & Grady, C.L. (2011). Lifelong Bilingualism Maintains White Matter Integrity in Older Adults. *Neuroscience*, 31(46), 16808–1681. doi:10.1523/jneurosci.4563-11.2011
- Ma, H., Hu, J., X, J., Shen, W., Ge, J., Geng, F., Wu, Y., Guo, J. & Yao, D. (2014). Bilingual Cognitive Control in Language Switching: An fMRI Study of English-Chinese Late Bilinguals. *PLoS ONE*, 9(9): e106468. doi:10.1371/journal.pone.0106468
- Manly, J.J., Jacobs, D.M., Sano, M., Bell, K., Merchant, C.A., Small, S.A. & Stern, Y. (1999). Effect of literacy on neuropsychological test performance in nondemented, education-matched elders. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 5(3), 191-202. doi:10.1017/s135561779953302x
- Marcopulos, B.A. & McLain, C.A. (2003). Are our norms “normal”? A 4-year follow-up study of a biracial sample of a biracial sample of rural elders with low education. *Clinical Neuropsychology (Neuropsychology, Development and Cognition)*, 17(1),19-33. doi: 10.1076/clin.17.1.19.15630
- Marian, V. & Shook, A. (2012). *The Cognitive Benefits of Being Bilingual*. Em: <http://dana.org/Cerebrum/2012/The_Cognitive_Benefits_of_Being_Bilingual/> Consultado em 03/04/2016
- Mårtensson, J., Eriksson, J., Bodammer, N.C., Lindgren, M., Johansson, M., Nyberg, L. & Lövdén, M. (2012). Growth of language-related brain areas after foreign language learning. *NeuroImage*, 63(1), 240–244. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.06.043
- Megale, A. (2005). Bilingüismo e educação bilíngüe – discutindo conceitos. Revista Virtual de Estudos da Linguagem – *ReVEL*, 3 (5), 1-13. Disponível em: www.revel.inf.br/files/artigos/revel_5_bilinguismo_e_educacao_bilingue.pdf
- Meng, X. & D’Arcy, C. (2012) Education and Dementia in the Context of the Cognitive Reserve Hypothesis: A Systematic Review with Meta-Analyses and Qualitative Analyses. *PLoS ONE* 7(6): e38268. doi:10.1371/journal.pone.0038268
- Mohades, S.G., Struys, E., Van Schuerbeek, P., Baeken, C., Van De Craen, P. & Luypaert, R. (2014). Age of second language acquisition affects nonverbal conflict processing in children: an fMRI study. *Brain and Behavior*, 4(5), 626–642. doi:10.1002/brb3.246
- Mohades, S.G., Van Schuerbeek, P., Rosseel, Y., Van De Craen, P., Luypaert, R. & Baeken, C. (2015). White-Matter Development is Different in Bilingual and Monolingual Children: A Longitudinal DTI Study. *PLoS ONE*, 10(2): e0117968. doi:10.1371/journal.pone.0117968
- Newman, A.J., Supalla, T., Fernandez, N., Newport, E.L. & Bavelier, D. (2015). Neural systems supporting linguistic structure, linguistic experience, and symbolic communication in sign language and gesture. *PNAS*, 112(37), 11684–11689. doi:10.1073/pnas.1510527112
- Nitrini, R., Caramelli, P., Herrera Júnior, E., Porto, C.S., Charchat-Fichman, H., Carthery, M.T., Takada, L.T. & Lima, E.P. (2004). Performance of illiterate and literate nondemented elderly subjects in two tests of long-term memory. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(4), 634-638. doi:10.1017/s1355617704104062
- Nunes, M.V.S., Castro-Caldas, A., Del Rio, D., Maestú, F. & Ortiz, T. (2009). The ex-illiterate brain: The critical period, cognitive reserve and HAROLD model. *Dementia & Neuropsychologia*, 3, 222-27. Disponível em http://www.demneuropsy.com.br/detalhe_artigo.asp?id=172
- Olsen, R.K., Pangelinan, M. M., Bogulski, C., Chakravarty, M., Luk, G., Grady, C. & Bialystok, E. (2015). The effect of lifelong bilingualism on regional grey and white matter volume. *Brain Research*. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2015.02.034 >
- Ostrosky-Sólis, F., García, M.A. & Pérez, M. (2004). Can learning to read and write change the brain organization? An electrophysiological study. *International Journal of Psychology*, 39(1), 27-35. doi:10.1080/00207590344000268
- Ostrosky-Sólis, F., Ramirez, M. & Ardila, A. (2004). Effects of culture and education on neuropsychological testing: A preliminary study with indigenous and nonindigenous population. *Applied Neuropsychology*, 11(4), 186-93. doi:10.1207/s15324826an1104_3
- Ostrosky-Sollis, F., Ardila, A., Rosselli, M., Lopez-Arango, G. & Uriel-Mendonza, V. (1998) Neuropsychological test performance in illiterate subjects. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 13(7), 645-660. doi:10.1016/s0887-6177(97)00094-2
- Paap, K. & Greenberg, Z. (2013) There is no coherent evidence for a bilingual advantage in executive processing. *Cognitive Psychology*, 66(2), 232–258. doi:10.1016/j.cogpsych.2012.12.002
- Panda, R., Bharath, R.D., George, L., Kanungo, S., Reddy, R.P., Upadhyay, N., Thamodharan, A., Rajeshwaran, J., Rao, S.L. & Gupta, A.K. (2014). Unraveling Brain Functional Connectivity of encoding and retrieval in the context of education. *Brain & Cognition*, 86, 75-81. doi:10.1016/j.bandc.2014.01.018
- Parente, M. A. M. P. & Lecours, A. R. (1988) The influence of cultural factors in neuropsychology and neurolinguistics. *International Social Science*, 115, 97-109.
- Parente, M. A. M. P. & Lecours, A. R. (1998) Participação do hemisfério direito na recuperação das afasias de analfabetos. *Neuropsicologia Latina*, 4(2), 73-78.
- Parente, M.A.M.P., Fonseca, R.P. & Scherer, L.C. (2008). Literacy as a determining factor for brain organization: from Lecour’s contribution to the present day. *Dementia & Neuropsychologia*, 2, 165-72. Disponível em: http://www.demneuropsy.com.br/imageBank/PDF/dnv02n03a04.pdf
- Pascual-Leone A., Freitas C., Oberman L., Horvath J. C., Halko M., Eldaief M. et al. (2011). Characterizing brain cortical plasticity and network dynamics across the age-span in health and disease with TMS-EEG and TMS-fMRI. *Brain Topography*, 24, 302–315. doi:10.1007/s10548-011-0196-8
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F. & Merabet, L.B. (2005) The plastic human brain cortex. *Annu Rev Neurosci*, 28 (1),377–401. doi:10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216
- Pegado, F., Comerlato, E., Ventura, F., Jobert, A., Nakamura, K., Buiatti, M., Ventura, P., Dehaene-Lambertz, G., Kolinsky, R., Morais, J., Braga, L.W., Cohen, L. & Dehaene, S. (2014). Timing the impact of literacy on visual processing. *PNAS*, 111(49), E5233-5242. doi:10.1073/pnas.1417347111
- Perani, D. & Abutalebi J. (2015). Bilingualism, dementia, cognitive and neural reserve. *Current opinion in Neurology* 28(6), doi:10.1097/WCO.0000000000000267
- Petersson, K.M., Reis, A. & Ingvar, M. (2001). Cognitive processing in literate and illiterate subjects: A review of some recent behavioral and functional neuroimaging data. *Scandinavian Journal of Psychology*, 42(3), 251-267. doi:10.1111/1467-9450.00235
- 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), 364-82. doi:10.1162/089892900562147
- Petersson, K.M., Reis, A., Castro-Caldas, A. & Ingvar, M. (1999). Effective auditory-verbal encoding activates the left prefrontal and Medial Temporal Lobes: A generalization to illiterate subjects. *NeuroImage*, 10(1), 45-54. doi:10.1006/nimg.1999.0446
- 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. doi:10.1111/j.1460-9568.2007.05701.x
- Pinker, S. (2007). *Do que é feito o pensamento: A língua como a janela para a natureza humana*. Tradução: Fernanda Ravagnani. São Paulo: Schwarcz.
- Pliatsikas, C., Moschopoulou, E. & Saddy, J.D. (2015). The effects of bilingualism on the white matter structure of the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(5), 1334-1337. doi:10.1073/pnas.1414183112
- Qi, G., Li, X., Yan, T., Wang, B., Yang, J., Wu, J. & Guo, Q. (2014). Similar ventral occipito-temporal cortex activations in literate and illiterate adults during the Chinese character matching task: an fMRI study. *Neuroscience Letters*, 566, 200-205. doi:10.1016/j.neulet.2014.02.032
- Qi, G-Q., Li, X., Yan, T., Wu, J. & Guo, Q. (2010). Different occipito-temporal activations in chinese literate and illiterate subjects during chinese character processing. *The 2010 IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering*. doi:10.1109/icme.2010.5558858
- Ramachandran, V. (2011). O poder do balbucio: A evolução da linguagem. Em: *O que o cérebro tem para contar: desvendando os mistérios da natureza humana* (199-244). Tradução Maria L. X. A. Borges. Rio de Janeiro: Zahar
- Reis, A., Faisca, L., Ingvar, M. & Petersson, K.M. (2006). Color makes a difference: Two-dimensional object naming in literate and illiterate subjects. *Brain & Cognition*, 60(1), 49-51. doi:10.1016/j.bandc.2005.09.012
- Reis, A., Petersson, K.M., Castro-Caldas, A. & Ingvar, M. (2001). Formal schooling influences two-but not three-dimensional naming skills. *Brain & Cognition*, 47(3), 397-411. doi:10.1006/brcg.2001.1316
- Santos, E.B., Tudesco, I.S.S., Caboclo, L.O.S.F. & YACUBIAN, E.M.T. (2011). Low educational level effects on the performance of healthy adults on neuropsychological protocol suggested by the Comissão on Neuropsychology of the Liga Brasileira de Epilepsia. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 69(5), 778-784. doi:10.1590/S0004-282X2011000600011
- Schaadt, G., Pannekamp, A. & van der Meer, E. (2013). Auditory phoneme discrimination in illiterates: Mismatch negativity – A question of literacy? *Developmental Psychology*, 49(11), 2179-2190. doi:10.1037/a0031765
- Schiegel, A., Rudelson, J. & Tse, P. (2012). White matter structure changes as adults learn a second language. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(8), 1664-1670. doi:10.1162/jocn_a_00240
- Schotten, M.T., Cohen, L., Amemiya, E., Braga, L.W. & Dehaene, S. (2012). Learning to read improves the structure of the arcuate fasciculus. *Cerebral Cortex* doi:10.1093/cercor/bhs383
- Silva, C., Faisca, L., Ingvar, M., Petersson, K.M., & Reis, A. (2012). Literacy: Exploring working memory systems. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 34(4), 369-377. doi:10.1080/13803395.2011.645017
- Simon, G. et al. (2013) Dynamics of the Anatomical Changes That Occur in the Brains of Schoolchildren as They Learn to Read. *PLoS ONE* 8(12): e81789. doi:10.1371/journal.pone.0081789
- Stein, M., Winkler, C., Kaiser, A. & Dierks, T. (2014). Structural brain changes related to bilingualism: does immersion make a difference? *Frontiers in Psychology*, 5 (1116). doi:10.3389/fpsyg.2014.01116
- Stern Y (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(3), 448-460. doi:10.1017/s1355617702813248
- Stern, Y., Albert, S., Tang, M.X. & Tsai, W.Y. (1999) Rate of memory decline in AD is related to education and occupation: cognitive reserve? *Neurology*, 53(9), 1942-1947. doi:10.1212/wnl.53.9.1942
- Sullivan, M., Janus, M., Moreno, S., Ashteimer, L & Bialystock, E. (2014). Early stage second-language learning improves executive control: Evidence from ERP. *Brain and Language*, 139,84-98. doi:10.1016/j.bandl.2014.10.004
- Suo, C., Leon, I., Brodaty, H., Trollor, J., Wen, W. & Sachdev, P., Valenzuela, M.J.(2012). Supervisory experience at work is linked to low rate of hippocampal atrophy in late life. *NeuroImage*, 63(3), 1542-1551. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.08.015
- UNESCO. (2012). *Adult and youth literacy*, UIS Fact Sheet: n.20, 2012.
- Velásquez, A. (2009). La Neuropsicología en Perú. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatria y Neurociencias*, 9 (2), 99-104. Disponível em: http://neurociencias.udea.edu.co/revista/PDF/REVNEURO_vol9_num2_13.pdf
- Wiseheart, M., Viswanathan, M. & Bialystock, E.(2016). Flexibility in task switching by monolinguals and bilinguals. *Biling (Camb Engl)*, 19(1), 141-146. doi:10.1017/s1366728914000273
- Wong, B., Yin, B. & O'Brien, B. (2016). Neurolinguistics: Structure, Function, and Connectivity in the Bilingual Brain. *BioMed Research International*, Article ID 7069274. doi:10.1155/2016/7069274
- Wu, J., Wang, B., Yan, T., Li, X., Bao, X. & Guo, Q. (2012a). Different roles of the posterior inferior frontal gyrus in Chinese character from judgment differences between literate and illiterate individuals. *Brain Research*, 1431, 69-76. doi:10.1016/j.brainres.2011.10.052
- Wu, J., Li, X., Yang, J., Cai, C., Sun, H. & Guo, Q. (2012b). Prominent activation of the bilateral inferior parietal lobule of literate compared with illiterate subjects during Chinese logographic processing. *Experimental Brain Research*, 219, 327-337. doi:10.1007/s00221-012-3094-8
- Yassuda, M.S., Diniz, B.S., Flaks, M.K., Viola, L.F., Pereira, F.S., Nunes, P.V. & Forlenza, O.V. (2009). Neuropsychological profile of Brazilian older adults with heterogeneous educational backgrounds. *Archives of Clinical Neuropsychology*; 24(1), 71-79. doi:10.1093/arclin/acp009
- Zlatev, J. & Blomberg, J. (2015). Language may indeed influence thought. *Front. Psychol.*, 6, 1631. doi:10.3389/fpsyg.2015.01631