



UC/FPCE\_2010

Universidade de Coimbra  
Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação

**Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)**

Marta Sofia Camacho Gonçalves (e-mail: [marta\\_g@mail.pt](mailto:marta_g@mail.pt))

Dissertação de Mestrado em Psicologia Clínica e da Saúde, sub-especialização em Psicogerontologia Clínica, sob a orientação do Professor Doutor José Augusto Simões Gonçalves Leitão e co-orientação do Dr. Horácio António Jesus Firmino

Estudo inserido no âmbito do Projecto "Pronomes e neuro-degenerescência: processos cognitivos deficitários na interpretação de pronomes e risco de desenvolvimento de doença de Alzheimer" [financiado pela Fundação Bial (Bolsa nº 35/04)]



“Compreender a linguagem e interpretar o discurso ouvido ou texto lido são actividades que se executam sem esforço naturalmente. Tão naturalmente que o que requer esforço é não compreender, é ouvir e não reconhecer as palavras, olhar a página e não ver mais do que uma mancha impressa sobre a folha branca, negar a evidência do sentido que toma forma”

(Costa, 2005, p. 15)

## **Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)**

Investigar a resolução anafórica é uma estratégia privilegiada para observar não só o sistema de processamento linguístico adulto, mas conhecer o sistema cognitivo humano e os seus padrões de mudança no envelhecimento saudável e patológico. Este estudo pretendeu averiguar a localização de estruturas cerebrais envolvidas no processamento de pronomes. Foram, para isso, utilizados potenciais evocados cognitivos (PECs), para estudar duas variáveis: idade (jovens vs idosos) e posição sintáctica do antecedente relativamente ao pronome (PSA). Dois grupos de 20 jovens e 20 adultos idosos saudáveis foram estudados em duas instâncias de resolução pronominal, diferindo nas vias de processamento mobilizáveis (sintáctica ou discursiva vs. exclusivamente discursiva) e na presença de informação pragmática (violação vs. não-violação de uma convenção conversacional). Utilizou-se o sLORETA (tomografia electromagnética cerebral de baixa resolução), um método estatístico de imagiologia, com baixo erro de localização e alta resolução temporal. Em contraste com os jovens, os idosos parecem não identificar a presença de informação pragmática veiculada pela escolha de determinadas expressões pronominais. O efeito N400, marcador da resolução pronominal por via discursiva, é visível apenas no grupo dos idosos, associado à condição exclusivamente resolúvel por via discursiva. No grupo de adultos jovens, os dois níveis da variável PSA não se diferenciam, sugerindo que, neste grupo, a detecção da violação da convenção conversacional determina, na condição em que é possível a opção entre a via sintáctica e a via discursiva, o abandono da via supletiva, sintáctica, e a opção pela via discursiva, por forma a permitir a atribuição de significado. Em congruência com esta leitura, foi encontrada, na janela do efeito N400, uma diferença máxima de activação na AB 18 (cúneo, lobo parietal direito), nos idosos, favorável à condição resolúvel exclusivamente por via discursiva. Nas janelas das positivities tardias, foram encontradas, nos adultos jovens, diferenças máximas de activação nas áreas AB 9 (giro frontal inferior do lobo frontal direito) e AB 31 (precúneo, lobo parietal direito), favoráveis à condição contendo a violação da convenção conversacional, sugerindo a computação e integração de uma inferência pragmática. Os restantes padrões de activação identificados ao longo dos 850 ms subsequentes à apresentação dos pronomes são aqui interpretados no sentido de evidenciar um possível modelo das diferenças do processamento, entre jovens e idosos, associadas à variável PSA.

**Palavras-chave:** Anáfora, Resolução pronominal; Potenciais Evocados Cognitivos; sLORETA; Processamento linguístico.

**Brain areas involved in pronoun resolution in young and older adults: a study with sLORETA (low resolution brain electromagnetic tomography)**

Research on anaphoric resolution is a privileged strategy not only to observe the adult language processing system, but to know the human cognitive system and its patterns of change in healthy and pathological aging. This study sought to determine the brain areas involved in processing pronouns. To do this, we used event related potentials (ERPs) to study the two study variables: age (young *vs.* elderly) and the syntactic position with the pronoun antecedent (PSA). Two groups of 20 young and 20 healthy elderly adults were studied in two instances of pronominal resolution, differing in mobilizable processing cost routes (syntactic or discourse processing *vs.* exclusively discourse processing) and presence of pragmatic information (violation *vs.* non-violation of conversational convention). We used the sLORETA (low resolution brain electromagnetic tomography), an imaging statistical method with low localization error and high temporal resolution. Unlike young adults, the elderly seem not to identify the presence of pragmatic information conveyed by the choice of certain pronominal expressions. The N400 effect, marker of pronoun resolution via discourse route, is visible only in the elderly group, associated with the condition exclusively resolvable via discourse route. In the young adults group, the two PSA levels did not differentiate, suggesting that, in this group, the detection of the conversational breach determines, in the condition in which is possible to choose between the syntactic route and the discourse route, the abandonment of the supplementary syntactic route, and the option for the discourse route, so as to allow the assignment of meaning. In line with this, it was found in the N400 window, a maximum difference of activation in the BA 18 (cuneus, right occipital lobe) in the elderly, favorable to the condition resolvable exclusively by the discourse route. In the late positivities window, we found, in the young adults group, maximum difference of activation in the BA 9 (inferior frontal gyrus, right frontal lobe) and BA 31 (precuneus, right parietal lobe), favorable to the condition containing the conversational breach, suggesting the computation and the integration of a pragmatic inference. The remaining activation patterns identified over the 850 ms after the presentation of pronouns are here interpreted as evidence of a possible model of processing differences between young and old adults associated with the PSA variable.

**Keywords:** Anaphora resolution, pronouns; Event Related Potentials; sLORETA; language processing.

## **Agradecimentos**

À minha família, especialmente à minha mãe, a quem devo o meu sentido de curiosidade e gosto por desafios. Ao Nuno, pela mordacidade.

*To Bernie, for twisting my arm when I was little.*

Ao meu orientador, Professor Doutor José Augusto Leitão, pela oportunidade de participar neste projecto, orientação científica e discussões motivantes.

Ao Dr. Horácio Firmino, pelo apoio no recrutamento de participantes e pela aprendizagem que potenciou como orientador de estágio.

Aos participantes deste estudo, pela generosidade.

Aos meus amigos, pela força e confiança transmitida.

Ao Paulo, com quem partilho o mundo.

## Índice

Introdução .....	1
I – Enquadramento conceptual .....	3
1. Processamento da linguagem .....	3
1.1. Modularidade do sistema linguístico .....	3
1.2. Funções da linguagem afectadas pelo envelhecimento .....	4
1.3. Localizações cerebrais no processamento da linguagem .....	5
2. Processamento Anafórico .....	7
2.1. Anáforas .....	7
2.2. Resolução anafórica .....	8
2.3. A Hipótese da Carga Informacional .....	12
2.4. Localizações cerebrais envolvidas no processamento anafórico .....	14
3. Electrofisiologia .....	16
3.1. Electroencefalograma e Potenciais Evocados Cognitivos ..	16
3.2. N400 e o processamento de pronomes .....	17
3.3. P600/positividades tardias e o processamento de pronomes .....	19
3.4. sLORETA .....	20
II - Objectivos da investigação .....	20
III - Metodologia .....	21
1. Amostra .....	21
2. Materiais .....	22
2.1. Estímulos .....	22
2.2. Instrumentos de Avaliação Neuropsicológica .....	22
2.2.1. Questionário sócio-demográfico dos HUC .....	23
2.2.2. Inventário de Lateralidade Manual de Edinburgh .....	23
2.2.3. Avaliação Cognitiva de Addenbrooke – Versão Revista .....	23
2.2.4. Escala de Depressão Geriátrica 30 .....	23
2.2.5. Memória Lógica I e II .....	24
2.2.6. PAL 14 - Compreensão de Frases .....	24
3. Considerações éticas .....	24
4. Procedimentos .....	24
4.1. Registo e análise dos electroencefalogramas .....	25
4.2. Análise estatística e sLORETA .....	26
IV. Resultados .....	27
1. Caracterização da amostra .....	27
2. Localizações cerebrais das diferenças máximas de activação associadas a efeitos da variável Posição Sintáctica do Antecedente e	

Grupo Etário .....	28
2.1 Estruturação dos dados para análise dos PECs medidos sobre o escalpe.....	28
2.2 Efeitos da Posição Sintáctica do Antecedente e Grupo Etário na actividade cerebral.....	29
2.2.1. Janela 150-300 ms.....	29
2.2.2. Janela 300-500 ms.....	31
2.2.3 Janela 500-750 ms.....	33
2.2.4. Janela 750-850 ms.....	35
 V- Discussão .....	 38
1. Janela 150-300 ms.....	38
1.1.Grupo dos adultos jovens.....	39
1.2. Grupo dos adultos idosos.....	40
2. Janela 300-500 ms .....	42
2.1. Grupo dos adultos jovens.....	42
2.2. Grupo dos adultos idosos.....	43
3. Janela 500-750 ms .....	44
3.1. Grupo dos adultos jovens.....	44
3.2. Grupo dos adultos idosos.....	45
4. Janela 750-850 ms.....	46
4.1. Grupo dos adultos jovens.....	46
4.2 Grupo dos adultos idosos.....	46
 Conclusões.....	 47
 Bibliografia.....	 49



## Índice de Quadros e Figuras

Quadro 1. Características sociodemográficas dos grupos e estatísticas descritivas das avaliações de desempenho cognitivo e sintomatologia depressiva nos participantes idosos .....	27
---	----

Figura 1. Árvore sintáctica da frase [a], em que o antecedente domina o pronome através da relação estrutural “c-comando”: Um nó A c-comanda um nó B se, a partir de um nó de que A é constituinte imediato, se constitui um percurso que termina no nó B, ao longo do qual todos os nós ocorrentes são constituintes imediatos do nó anterior (Reinhart, 1983).....	10
--	----

Figura 2. Árvore sintáctica de [b], em que o antecedente se encontra encaixado num recesso genitivo. ....	11
---	----

Figura 3: Grupos de eléctrodos correspondentes às regiões de interesse usadas nas ANOVAS laterais (anterior esquerda, média esquerda, posterior esquerda, anterior direita, média direita e posterior direita) e nas ANOVAS centrais (central anterior, central média e central posterior).....	29
---	----

Figura 4. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	30
---	----

Figura 5. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	30
---	----

Figura 6. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	31
---	----

Figura 7: Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	31
---	----

Figura 8. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	32
---	----

Figura 9. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas	
--	--

na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	33
Figura 10. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintático’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	34
Figura 11. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintático’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	34
Figura 12. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintático’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	35
Figura 13. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintático’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	35
Figura 14. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintático’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	36
Figura 15. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintático’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	37
Figura 16. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintático’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	38
Figura 17. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintático’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).....	38

## Introdução

Em linguística, o conceito de *anáfora*, de que os pronomes são um tipo particular, remete para expressões linguísticas cujo significado depende da retoma de entidades linguísticas mencionadas anteriormente, designadas *antecedentes*. A resolução anafórica dá-se assim quando o leitor/ouvinte estabelece a relação de dependência referencial anáfora-antecedente, determinando que o conteúdo referencial do antecedente seja partilhado pela anáfora. A escolha, pelo locutor, de uma determinada expressão anafórica (entre várias opções com diferentes cargas informacionais) ajuda, habitualmente, o receptor no processo de compreensão.

A ubiquidade, comprovada nas várias línguas do mundo, da presença de pronomes parece ser a manifestação de um princípio organizador do sistema de processamento da linguagem e da sua ligação com o restante sistema cognitivo (Leitão et al., 2009). É de grande relevância entender, portanto, como o estabelecimento da co-referência ocorre e que tipos de princípios e de factores estão envolvidos nesse fenómeno linguístico.

As relações anafóricas constituem um meio privilegiado para estudar a arquitectura global do sistema linguístico humano e as suas relações com processos cognitivos não linguísticos, dado que o estabelecimento de dependências referenciais implica necessariamente a integração de informação linguística específica (v.g. sintáctica, semântica e discursiva) e informação extra-linguística (v.g. contexto) (Koorneef, 2008). Analisar a relação entre resolução anafórica e padrões de actividade cerebral subjacente em adultos jovens e adultos idosos é uma estratégia excepcionalmente valiosa para promover a nossa compreensão da implementação das actividades cognitivas simbólicas no cérebro adulto os seus padrões de mudança no envelhecimento saudável, bem como cursos de desviantes das alterações relacionadas com a idade, que podem sinalizar o aparecimento de diferentes condições patológicas.

Em psicolinguística, tem havido um interesse considerável na compreensão das interacções de diferentes tipos de informação linguística, nas operações mentais e na arquitectura cerebral envolvidas no processo da compreensão e produção da linguagem (Leitão, 2005). Os estudos com potenciais evocados cognitivos (PECs)<sup>1</sup> contribuíram significativamente para a compreensão do processamento, em tempo real, da resolução anafórica pelo cérebro humano (e.g., Burkhardt, 2007; Lamers et al., 2008; Streb, Hennighausen, and Rosler, 2004). No entanto, se bem que esta técnica

---

<sup>1</sup> Considerados um reflexo de padrões de actividade neuronal associado ao processamento de informação no cérebro, os PECs permitem determinar com precisão os tempos de latência e a duração dos processos neuronais/cognitivos mobilizados durante a execução de uma tarefa, bem como obter indicadores da magnitude da resposta cortical. São, por isso, utilizados como uma ferramenta singular para sondar selectivamente aspectos específicos da compreensão da frase, à medida que esta se revela em tempo real (Federmeier, Van Petten, Schwartz, & Kutas, 2003; Van Berkum, 2004).

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

remeta, em última análise, para a actividade de sistemas neuronais, ela não revela, em sentido rigoroso, quais as redes corticais envolvidas no estabelecimento de dependências referenciais. Como resultado, sabe-se muito pouco sobre como as estruturas cerebrais servem este aspecto central da compreensão da linguagem, e, mais genericamente, quanto à forma como é processado o conteúdo referencial das expressões linguísticas, i.e., como as pessoas compreendem “quem é quem e o que é o quê” num texto ou conversa (Nieuwland et al., 2007, p. 993). A disponibilidade de técnicas de imagiologia directas, como a ressonância magnética funcional (fMRI), a tomografia por emissão de positrões (PET), e indirectas, como sLORETA, que permitem o estudo não invasivo do funcionamento cerebral durante o desempenho de tarefas cognitivas, tornou possível relacionar o desempenho cognitivo com as características estruturais, eléctricas e metabólicas do cérebro (Fabiani & Gratton, 2005; Raz, 2004). No entanto, com a excepção de alguns estudos que se debruçaram sobre a resolução anafórica e processos cognitivos subjacentes (e.g., Almor et al., 2007), não conhecemos, virtualmente, trabalhos sobre o substrato cerebral para o processamento anafórico. São também relativamente escassos os estudos sobre resolução anafórica intra-frásica, tendo a resolução anafórica sido estudada sobretudo em contexto inter-frásicos. O presente estudo centra-se pois sobre a dinâmica da activação cerebral durante o estabelecimento de relações de co-referência intra-frásicas, e constitui-se ainda como um contributo para uma generalização, para além da língua inglesa, do conhecimento adquirido sobre este processo linguístico.

O conteúdo da presente dissertação foi dividido em duas partes principais. A primeira parte abrange o enquadramento conceptual, onde são explorados aspectos relativos ao processamento da linguagem, particularizando a modularidade do sistema linguístico (secção 1.1), as funções da linguagem afectadas pelo envelhecimento (secção 1.2) e as localizações cerebrais envolvidas no processamento linguístico (secção 1.3). Seguidamente, delineia-se uma exposição teórica acerca do processamento anafórico, nomeadamente, as expressões referenciais, as anáforas e os pronomes, foneticamente realizados ou nulos (secção 2.1). Cada um destes tipos de expressão é analisado do ponto de vista das condições que regulam o seu valor referencial (secção 2.2). Fornece-se ainda uma descrição breve da Hipótese da Carga Informacional (secção 2.3) e dos resultados dos principais estudos acerca das localizações cerebrais envolvidas no processamento anafórico (secção 2.4). Posteriormente, é apresentada uma breve exposição teórica sobre a metodologia a que esta investigação recorreu, sendo focados o electroencefalograma e os potenciais evocados cognitivos (secção 3.1), os efeitos PECs mais robustos na investigação sobre processamento linguístico, o N400 e o P600 (secções 3.2 e 3.3), interligando-os com o processamento de pronomes, e o sLORETA (secção 3.4). Na segunda parte, apresenta-se o estudo empírico realizado, nomeadamente, os seus objectivos (secção II), metodologia (secção III) e resultados obtidos (secção IV). No intuito de construir uma ponte entre as concepções recolhidas na literatura e os resultados empíricos obtidos neste trabalho, segue-se a Discussão (secção V) e a Conclusão (secção VI).

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

encerrada numa reflexão acerca das particularidades do estudo apresentado.

## **I – Enquadramento conceptual**

### **1. Processamento da linguagem**

A produção e a compreensão da linguagem assentam no processamento de informação intrinsecamente linguística (elementos fonológicos, semânticos e sintácticos), bem como de informação contextual. Além dos componentes intra e extra-linguísticos, o processamento linguístico pode ser afectado por outros aspectos tais como o envelhecimento. De seguida, exploramos em maior detalhe as especificidades do sistema linguístico e o seu funcionamento na idade avançada.

#### **1.1. Modularidade do sistema linguístico**

Estudos teóricos, comportamentais, neurofisiológicos, e neuroanatômicos têm contribuído para o avanço do conhecimento sobre o processamento linguístico. Por um lado, o desenvolvimento de diferentes metodologias e suas aplicações na investigação do processamento da linguagem normal e patológica levou à descoberta de novos mecanismos subjacentes. Por outro, parece que os novos dados têm corroborado a conceptualização de algumas das perspectivas já existentes (Witruk, Friederici, & Lachman, 2002).

A linguagem, como sistema cognitivo altamente especializado e complexo, é o produto de diversos subprocessos linguísticos, sobre os quais assenta a compreensão e produção. Pensa-se que a capacidade linguística abrange cinco domínios principais: 1) fonológico, responsável pelo inventário dos sons da fala e regras que os combinam; 2) lexical, que estabelece o contacto entre representações linguísticas e entidades exteriores ao sistema linguístico (e.g., objectos, acções, conceitos); 3) morfológico, correspondente à composição de palavras sem representação directa no léxico mental a partir de itens lexicais. As regras de composição morfológica evitam a necessidade de criar, para um mesmo significado elementar, uma entrada lexical correspondente a todas as funções sintácticas que podem ser atribuídas a esse significado; 4) sintáctico, correspondente aos processos que organizam palavras nas estruturas ou padrões formais próprios das frases bem formadas de uma linguagem, constituindo-se estas estruturas como os algoritmos combinatórios necessários à utilização dos significados das palavras na expressão ou compreensão de significados complexos, designadamente aqueles que descrevem situações ou eventos do mundo exterior; e, 5) semântico, referente ao conhecimento do significado da palavra e das relações estruturais desta com os outros elementos da frase, que permite a atribuição de uma interpretação quer à palavra isolada, quer às frases (Caplan, 1992; Kotz & Friederici, 2003; Lopes, 2003). A posterior

integração das representações de significados frásicos em estruturas de nível superior, corresponde ao nível de representação discursivo, em que se estruturam os objectos linguísticos mais complexos, como as narrativas e os argumentos (Friederici & Lachman, 2002).

Para Fodor (1983), a linguagem é um sistema modular reconhecido por três características principais<sup>2</sup>: especificidade de domínio, autonomia, e encapsulamento informacional. Funcionando apenas sobre determinados tipos de entrada (*input*), i.e., de forma especializada, os módulos não dependem de outros sistemas cognitivos para realizarem o conjunto de operações que lhes são próprias, produzindo autonomamente uma saída resultante das transformações aplicadas às suas entradas. Apenas o *output* de um módulo é visível para os demais, podendo então ser tomado como entrada por alguns. Os algoritmos empregues por um determinado módulo e os produtos intermédios criados durante a execução desses algoritmos não são passíveis de apropriação por outros módulos (encapsulamento informacional). Portanto, os módulos são cegos, automáticos e auto-suficientes. Esta breve descrição implica que os componentes sintáctico, semântico e discursivo podem ser considerados como módulos, na medida em que são altamente especializados e que operam de forma independente dos outros. Admitindo a noção de modularidade de Fodor, Caplan (1992) propõe um modelo neuropsicológico estrutural do sistema linguístico. Com a premissa de que a mente humana é um dispositivo de processamento de informação, organizou os módulos em correspondência com os três níveis de funcionamento do código linguístico: lexical, morfológico e frásico<sup>3</sup>. Este modelo baseia-se no pressuposto de que os dispositivos de processamento da informação assimilam informação relativa ao seu exterior (*input*), criando representações internas dessa informação. O processamento consiste numa transformação, subordinada a um determinado objectivo, aplicada a uma representação. O resultado desta actividade (*output*) pode consistir no armazenamento das representações, na disponibilização da informação resultante da actividade de processamento a outro dispositivo de processamento, ou, na produção de uma acção física sobre o exterior.

## 1.2. Funções da linguagem afectadas pelo envelhecimento

Apesar dos declínios que o envelhecimento acarreta, o processamento linguístico encontra-se habitualmente bem preservado ao longo do envelhecimento saudável (Wingfield & Grossman, 2006). No entanto, a partir da faixa etária dos 70/80 anos podem começar a detectar-se diferenças subtis mas significativas relativamente a adultos jovens, acompanhadas de um grande aumento na variabilidade interindividual. Algumas formas desta susceptibilidade podem manifestar-se por pausas não preenchidas,

---

<sup>2</sup> Para uma explicação mais detalhada das características modulares dos componentes da linguagem consultar Fodor (1983).

<sup>3</sup> A inespecificação do modelo quanto ao nível discursivo é uma limitação caracteristicamente atribuída.

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

circunlóquios, "discurso vazio", produção de maior número de pronomes, referências ambíguas e erros de substituição (e.g., substituir *ele* por *ela*) durante o discurso espontâneo. Estas observações podem reflectir dificuldades relacionadas com a idade no acesso e recuperação de informação lexical (Cooper, 1992 *cit in* Burke, 1999). As falhas de recuperação de palavras por adultos idosos não parecem ser causadas por um défice na formulação da ideia por expressar, ou, na activação de informação semântica adequada, na medida em que se verifica uma estabilidade no conhecimento conceptual e na sua recuperação. Assim, o *locus* do défice de recuperação de palavras nos adultos idosos parece estar no nível lexical, afectando a selecção das entradas lexicais, ou no nível fonológico (Burke, 1999)<sup>4</sup>. De facto, há evidências consideráveis que o processamento semântico ao nível lexical e discursivo é mantido na idade avançada enquanto o processamento sintáctico complexo e a evocação da informação fonológica e ortográfica declina (Burke & Shafto, 2008).

Os adultos idosos apresentam também dificuldades na utilização da informação contextual para facilitar a integração de novos significados com base em processos predictivos/antecipatórios. O processamento da informação contextual parece resultar na pré-activação dos traços semânticos associados às palavras/conceitos de ocorrência subsequente mais provável, dado o contexto presente. No entanto, embora a previsão pareça ser importante para a compreensão, parece ser também susceptível à idade e pode ser associada a custos de processamento. O cérebro pode resolver este impasse, empregando estratégias de processamento múltiplo, distribuídas entre os dois hemisférios cerebrais. Em particular, o processamento da linguagem no hemisfério esquerdo parece ser orientado para a previsão, através de pistas *top-down*, enquanto a compreensão do hemisfério direito utiliza processos *bottom-up*, tendente para a manutenção de informações verdadeiras (Federmeier, 2007). A utilização deste último tipo de processos tornar-se-ia progressivamente mais prevalente com o envelhecimento.

### 1.3. Localizações cerebrais no processamento da linguagem

Diversas áreas do cérebro foram correlacionadas com funções linguísticas, na produção e compreensão da fala. O estudo de lesões em áreas específicas do cérebro mostra que os pacientes têm dificuldades em aspectos muito específicos da linguagem, o que indica que esta é um processo altamente compartimentado. Estes estudos corroboram a visão modular de Fodor (1983) que assume a existência de módulos de processamento de informação encapsulados. Investigações sobre lesões cerebrais e recentes técnicas de neuroimagem *in vivo* estão a convergir no fornecimento da localização dos componentes do processamento linguístico e fornecem um

---

<sup>4</sup> Muitas das mudanças linguísticas que ocorrem como consequência do processo de envelhecimento, parecem estar directamente relacionadas com alterações na eficácia de outras operações cognitivas afectadas pelo envelhecimento, principalmente a supressão activa de informação irrelevante e a gestão da memória de trabalho (King & Kutas, 1995; Ramage & Holland, 2001).

novo *insight* sobre a actividade cortical subjacente ao processamento da linguagem (Hayes & Cabeza, 2008; Martin, 2003).

A visão clássica, derivada de estudos clínicos de afasia do século XIX (e.g., Broca e Wernicke), consagrou a dominância monológica do hemisfério esquerdo para a compreensão e produção da linguagem. No entanto, os dados de técnicas não invasivas de neuroimagem funcional questionaram a dicotomização linguístico/não-linguístico dos hemisférios cerebrais, revelando a existência de activação associada ao processamento linguístico em várias áreas do hemisfério direito (Federmeier, 2007). Estudos recentes evidenciaram dois efeitos consistentes associados ao cérebro envelhecido: o primeiro efeito é conhecido como *Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults* (HAROLD; Cabeza, 2002) e refere-se a um padrão de activação bilateral em adultos idosos e o segundo efeito é conhecido como *Posterior-Anterior Shift in Aging* (PASA; Davis et al., 2007), referindo-se a uma redução associada à idade na actividade occipital acompanhada de um aumento na actividade do córtex pré-frontal (CPF). Tanto o recrutamento bilateral no HAROLD como o recrutamento do CPF no PASA têm sido atribuídos a mecanismos compensatórios no cérebro envelhecido, uma hipótese que tem recebido recentemente apoio substancial (Hayes & Cabeza, 2008; para revisão ver Raz, 2004)<sup>5</sup>. De facto, o aumento de activação no hemisfério direito, em regiões homólogas daquelas habitualmente activas no hemisfério esquerdo, parece ser comum nos adultos idosos. Por exemplo, em tarefas cognitivas, incluindo as tarefas de linguagem, que são fortemente lateralizadas à esquerda em adultos jovens, os adultos mais velhos tendem a apresentar padrões de recrutamento bilateral (ver Reuter-Lorenz, 2002). Embora o hemisfério direito possa não ser necessário para apoiar as funções básicas do processamento de palavras ou frases simples, pode fornecer contribuições importantes ao processamento de nível superior e pragmático, nomeadamente na utilização de informação contextual durante o processamento lexical (Swinney & Love, 2002). Mais, em alguns estudos de imagem como o de Robertson et al. (2000), utilizando *fMRI*, observou-se que a compreensão de discurso, comparado com a leitura de frases não-relacionadas, produzia maior actividade neuronal no lobo frontal do hemisfério direito em relação ao hemisfério esquerdo. Em contraste, estruturas do hemisfério esquerdo estavam associadas a processos básicos como reconhecimento de palavras e processamento sintáctico. Por sua vez, St George, Kutas, Martinez e Sereno (1999), utilizando a mesma técnica de imagiologia, encontraram uma activação nas regiões temporais e frontais inferiores de ambos os hemisférios na leitura de parágrafos com e sem título. Verificaram também uma predominância de actividade do hemisfério direito nos parágrafos intitulados, sugerindo que a região temporal mediana direita é particularmente importante nos processos integrativos para a compreensão global de um texto.

O processamento linguístico é sustentado por um sistema de redes

<sup>5</sup> Globalmente considerados, os resultados de estudos transversais disponíveis sugerem que as diferenças relacionadas à idade são mais pronunciadas no córtex pré-frontal, especialmente a zona lateral (Raz, 2004).

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010



corticais diferenciáveis. O córtex pré-frontal e as regiões temporais esquerdas (particularmente o giro frontal inferior, o giro temporal superior e médio, partes do giro temporal inferior e o giro angular) têm sido especificamente apontadas como cruciais (Mason & Just, 2006). A investigação sobre as bases neuronais da linguagem descobriu no cérebro uma rede complexa servindo o sistema fonológico, lexical, semântico e sintático, na compreensão e produção da linguagem normal. Para cada um destes processos foi identificada uma correlação com áreas particulares do cérebro, dentro de uma rede globalmente responsável pela compreensão da linguagem (para revisão ver Friederici & Lachman, 2002). Os processos fonológicos foram localizados numa rede integrada com localizações na parte posterior do giro/sulco temporal superior e no giro frontal inferior (Démonet et al., 1992; Zatorre, Evans, Meyer, & Gjedde, 1992). Os processos léxico-semânticos têm sido relacionados com activação no giro temporal médio e giro frontal inferior (Fiez, 1997; Kapur et al., 1994; Thompson-Schill, D'Esposito, Aquirre, & Farah, 1997). Os processos sintáticos mostraram-se associados com activação na parte anterior do giro temporal superior e no giro frontal inferior (Caplan, Alpert, & Waters, 1998; Friederici, Meyer, & von Cramon, 2000; Stromswold, Caplan, Alpert, & Rauch, 1996). Os processos de nível discursivo envolvem áreas do cérebro na parede frontal mediana (Ferstl & von Cramon, 2001 *cit in* Friederici & Lachman, 2002). Embora estas áreas mostrem uma activação predominante no hemisfério esquerdo, é descrita activação simultânea das áreas homólogas no hemisfério direito.

## 2. Processamento Anafórico

Um aspecto central da linguagem é o uso da referência, i.e. a forma como o interlocutor se refere a pessoas, locais, coisas e ideias. A natureza incremental do discurso, i.e. a produção/interpretação sequencial e cumulativa de informação no processo comunicativo, requer a retoma de entidades discursivas mencionadas anteriormente (Almor, 1999).

### 2.1. Anáforas

O conceito de anáfora designa expressões linguísticas cujo significado depende de outras expressões com ocorrência em segmentos anteriores da frase ou do discurso (Brito, 2003). Na relação de dependência anafórica, o elemento com significado incompleto, por ausência de conteúdo referencial, designa-se 'termo anafórico', 'expressão anafórica', ou, simplesmente, 'anáfora'; e, o elemento cujo conteúdo referencial é ligado à anáfora, completando o seu significado, designa-se 'antecedente'. Anáfora e antecedente são co-referenciais, já que referem a mesma entidade do universo discursivo, ainda que com expressões linguísticas eventualmente distintas. Em certos contextos gramaticais de algumas línguas (e.g., Castelhana, Português, Italiano), a anáfora pode manifestar-se sem realização fonética, traduzindo-se num vazio (*pro*), igualmente capaz de

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

reactivar o respectivo antecedente, actualizando o conteúdo referencial deste na posição frásica em que *pro* ocorre.

A mesma relação de dependência anafórica pode, em certos casos, ser estabelecida, através da ocorrência de diferentes expressões anafóricas, de entre as quais o locutor optará por uma em particular<sup>6</sup>. Para efeitos da presente exposição destacam-se as seguintes possibilidades:

- a) Pronome lexical: “Apesar da Sofia e do Jorge gostarem muito de viajar, **eles** não têm dinheiro para isso”.
- b) Pronome nulo: “Apesar da Sofia e do Jorge gostarem muito de viajar, (*pro*) não têm dinheiro para isso”.
- c) Sintagma nominal repetido: “Apesar da Sofia e do Jorge gostarem muito de viajar, **a Sofia e o Jorge** não têm dinheiro para isso”.

## 2.2. Resolução anafórica

Definimos “resolução anafórica” como o processo pelo qual um dos nominais disponíveis, no âmbito do discurso, é seleccionado como o único antecedente para a expressão anafórica, estabelecendo assim uma relação de co-referência. A relação de dependência anafórica é um mecanismo indispensável no estabelecimento da coesão discursiva, possibilitando a integração de diferentes partes de uma frase e/ou de um texto através da criação de cadeias de referência. Estas cadeias permitem ir fazendo ressurgir no discurso entidades anteriormente mencionadas e acrescentar mais informação sobre elas, sobre as suas relações recíprocas, ou sobre relações com novas entidades. A escolha, pelo locutor, de uma expressão anafórica determinada (e.g., (a), (b) ou (c), descritas acima) ajuda habitualmente o receptor no processo de compreensão, permitindo reduzir a carga da memória de trabalho durante a leitura/audição (Almor, 1999), pois o sistema tem que procurar um antecedente adequado entre as representações previamente activadas na memória. Como o número de possíveis antecedentes pode aumentar enormemente ao longo de um texto, o sistema cognitivo deve restringir o alcance da pesquisa (Streb, Hennighausen, & Rosler, 2004). É de grande relevância entender, portanto, como o estabelecimento da co-referência ocorre, do ponto de vista cognitivo, e que tipos de princípios e de factores estão envolvidos no processamento desse fenómeno linguístico (Leitão, 2005).

A resolução anafórica é um processo complexo e pode ser conseguida de, pelo menos, duas maneiras:

- 1) Com base na informação veiculada pela escolha de uma expressão anafórica em detrimento de outra. Os diferentes tipos de expressão anafórica, como, por exemplo, pronomes pessoais, pronomes demonstrativos, reflexos, sintagmas nominais definidos, ou nomes repetidos, associam-se a restrições relativas às posições sintácticas que podem ser ocupadas pelos seus antecedentes. Por exemplo, na frase “O irmão do Pedro só é amigo de si

<sup>6</sup> Dada a finalidade e extensão do presente trabalho, o seu âmbito não pode oferecer um meio de discussão exaustivo da diversa tipologia de anáforas. Para uma descrição compreensiva consultar Brito (2003) e Leitão (2005).

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

próprio” o reflexo ‘si próprio’ pode apenas tomar como antecedente o nominal “o irmão do Pedro”, ao passo que na frase “O irmão de Pedro só é amigo dele”, o pronome ‘ele’ pode já tomar como antecedente o nominal ‘o Pedro’, ou, eventualmente, alguma outra entidade linguística que tenha ocorrido numa frase anterior.

Está demonstrada a actuação de restrições de selecção<sup>7</sup>, definidas por referência a factores sintácticos intra-frásicos. As restrições de selecção descrevem as relações sistemáticas que existem numa dada língua entre os diferentes tipos de expressão anafórica e as posições sintácticas que têm que ser ocupadas pelas expressões anafóricas de um dado tipo e pelos seus antecedentes, para que seja criada uma co-referência admissível na língua em causa (Chomsky, 1981 *cit in* Almor, 1999; Nicol & Swinney, 1989). Por exemplo, um reflexo pode apenas aceitar como antecedente um nominal que seja argumento do mesmo verbo, com posição mais elevada nessa hierarquia de argumentos (sujeito>objecto directo>objecto indirecto). Por exemplo, “O mordomo da condessa discutiu com a criada a quem si próprio tinha emprestado algum dinheiro” (“O mordomo da condessa”=‘si próprio’) é uma frase mal formada em Português, enquanto “O mordomo da condessa discutiu consigo próprio” (“O mordomo da condessa”=‘si próprio’) é uma frase bem formada. As restrições de selecção revestem-se de um carácter obrigatório, determinando, quando violadas, a ocorrência de frases mal formadas.

2) Com base na posição sintáctica ocupada pelo antecedente e/ou pela expressão anafórica. Certas posições sintácticas (e.g., sujeito) podem tornar mais saliente um antecedente, tornando mais provável a sua selecção na resolução de uma anáfora (“O João lutou com o Pedro. A Polícia prendeu-o no dia seguinte”, preferencialmente o=João), ou a semelhança entre as posições sintácticas dos antecedentes e das anáforas pode induzir uma resolução baseada nessa semelhança (e.g., “O Pedro apresentou a Ana à Célia. Mais tarde, procurou afastá-la dela”, preferencialmente a=Ana, ela=Célia).

Ao nível inter-frásico, encontrando-se portanto o antecedente e a expressão anafórica em frases distintas, não actuam princípios do tipo das restrições de selecção. Os dispositivos que guiam a resolução anafórica ao nível inter-frásico são habitualmente designados preferências ou heurísticas, e originam apenas gradações na aceitabilidade semântica quando a relação de co-referência pretendida pelo locutor se afasta dessas preferências. Por exemplo, quanto menos informação fonológica e semântica contiver uma expressão anafórica, tanto maior a preferência, na selecção do antecedente, pelo nominal que, na frase anterior, se apresentar mais acessível, por razões estruturais ou em virtude da distância relativamente à expressão anafórica (Ariel, 1990). Também os factores pragmáticos desempenham um papel crucial na selecção da expressão linguística a utilizar para referir um dado objecto do mundo real ou para retomar anaforicamente a referência de outra expressão com ocorrência no discurso anterior ou subsequente.

<sup>7</sup> Para uma descrição mais detalhada das várias restrições que afectam a relação de co-referência ver Almor (1999), e, Nicol e Swinney (2002).

Designadamente, uma expressão linguística só pode designar um objecto que possa ser identificado no espaço cognitivo determinado pela situação comunicativa ou pelo discurso anteriormente produzido (Brito, 2003). As preferências ou heurísticas podem actuar também a nível intra-frásico, em paralelo com (ou após) as restrições de selecção. Um tipo de relação sintáctica com base na qual podem estabelecer-se preferências na resolução anafórica intra-frásica é a relação de c-comando. A relação de c-comando, ou comando-de-constituintes existe quando o antecedente se encontra imediatamente ligado a um constituinte frásico a partir do qual a anáfora pode ser acedida seguindo um percurso descendente directo (ver figura 1 e 2). Com base na existência/não-existência de relações de c-comando, o conjunto de antecedentes admissíveis (i.e., aqueles que concordam em género e número com a anáfora, e que não violam restrições de selecção) pode ser dividido em dois subconjuntos disjuntos: um contém os antecedentes admissíveis que c-comandam a expressão anafórica em causa, e o outro aqueles que não a c-comandam. Nestas circunstâncias, a resolução anafórica é alegadamente sujeita a uma preferência que favorece resoluções com os elementos de um desses subconjuntos – os comandos [a] – em detrimento dos elementos do outro grupo [b].

[a]. [[*O mordomo*]<sub>MASC d'</sub> [*a condessa*]<sub>FEM</sub>]<sub>i</sub> MASC discutiu com a criada a quem *ele*<sub>i</sub> MASC tinha emprestado algum dinheiro.

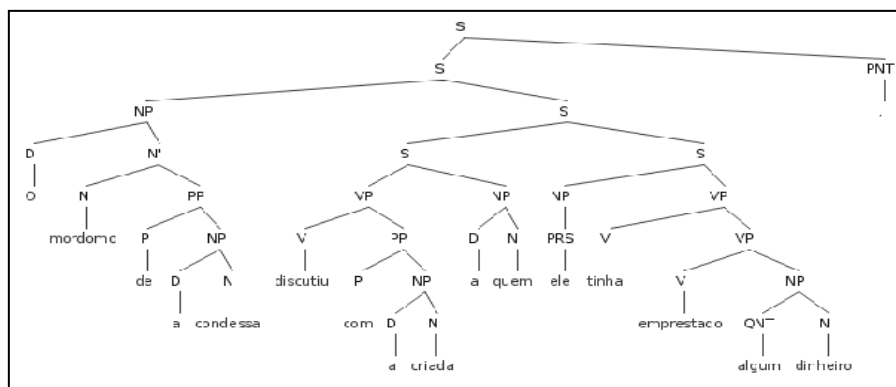


Figura 1. Árvore sintáctica da frase [a], em que o antecedente domina o pronome através da relação estrutural “c-comando”: Um nó A c-comanda um nó B se, a partir de um nó de que A é constituinte imediato, se constitui um percurso que termina no nó B, ao longo do qual todos os nós ocorrentes são constituintes imediatos do nó anterior (Reinhart, 1983).

[b]. [[A empregada]FEM d' [o talhante]<sub>i</sub>; MASC]FEM discutiu com a cliente a quem *ele*<sub>i</sub> MASC tinha vendido carne estragada.

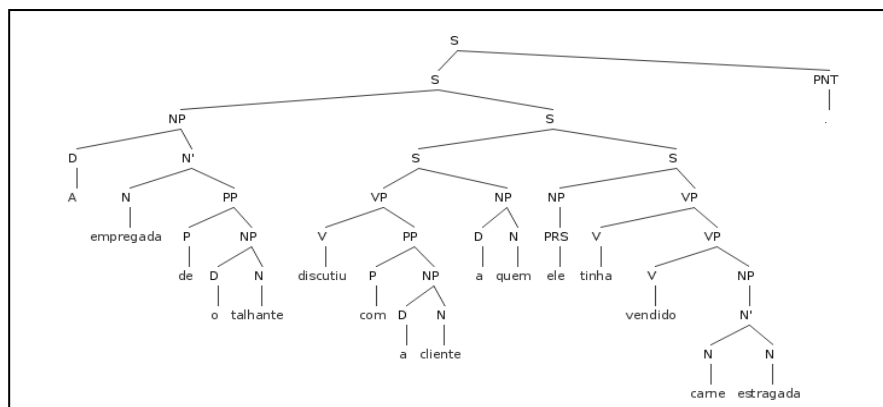


Figura 2. Árvore sintáctica de [b], em que o antecedente se encontra encaixado num recesso genitivo.

As exigências de processamento diferem em contextos de ocorrência de tipo [a] e de tipo [b]: em condições c-comando como em [a], o pronome pode ser processado como uma variável da sintaxe da lógica formal, assumindo o valor do antecedente logo no nível sintáctico de representação, antes da formação de representações de nível discursivo (Koornneef, Wijnen, & Reuland, 2006). Em [b], é impossível a resolução pronominal ao nível sintáctico, já que não existe a relação de acesso privilegiado (c-comando) entre antecedente e pronome<sup>8</sup>. O antecedente deve então ser procurado e recuperado da memória discursiva. A resolução pronominal ocorre ao nível de representação discursivo, em que existem duas representações autónomas para o pronome e para o antecedente, posteriormente vinculadas por uma dependência referencial com valor semântico próprio, estabelecendo que o referente destas representações é idêntico. A resolução pronominal processada desta forma seria computacionalmente mais dispendiosa do que a resolução pronominal processada ao nível sintáctico (Koornneef, Wijnen, & Reuland, 2006; Reinhart, 1983).

Frases [a] e [b] contrastam também ao nível pragmático. Em frases do tipo [a], o Português Europeu permite a utilização de um pronome nulo, *pro*, na posição de sujeito da oração subordinada, em lugar do pronome explícito que ocorre no material desta investigação (e.g. “o mordomo da condessa discutiu com a quem *pro* tinha emprestado algum dinheiro”). De facto, *pro* seria a escolha mais económica e comum para contextos sintácticos do tipo [a]. A ocorrência de um pronome explícito em tais contextos pode ser entendida como uma violação da máxima do modo de Grice (“*avoid*

<sup>8</sup> O recesso sintáctico (recesso genitivo) que ocorre no exemplo [b] é um tipo particular de ausência de c-comando. Nem todos os casos em que está ausente a relação de c-comando correspondem a constituintes encaixados em recessos sintácticos.

*unnecessary prolixity*)<sup>9</sup>. Estas violações de convenções conversacionais podem induzir no sistema receptor a implicatura de que o sentido pretendido pelo emissor é distinto do sentido que seria veiculado pelo uso da expressão mais económica. O receptor poderia inferir, por exemplo, que o mordomo e mais ninguém emprestou o dinheiro, transmitindo a possibilidade da existência de outros candidatos que poderiam ter realizado o empréstimo. Em [b], pelo contrário, um pronome explícito tem que ser necessariamente usado para que possa haver co-referência com o SN encaixado no recesso genitivo. Por outras palavras, em Português Europeu, um *pro* só pode ser resolvido através de um antecedente c-comando. Como o antecedente não comanda o pronome, em [b] a escolha pronome nulo/explicito não existe: o uso de um pronome explícito é obrigatório para seleccionar como antecedente “o talhante”. O uso de um pronome explícito não gera uma inferência pragmática e não é possível utilizar outra via de processamento que não a discursiva. Portanto, em virtude da ausência de alternativas gramaticais disponíveis para o emissor expressar esta co-referência, o pronome explícito não pode em [b] induzir um esforço computacional acrescido do tipo que eventualmente possa ocorrer em [a], especificamente associado ao processamento da inferência induzida pela infracção pragmática. Em contrapartida, se em [a] o pronome for processado no nível sintáctico de representação, uma outra diferença de esforço computacional, desta vez penalizadora da resolução pronominal em contextos do tipo [b], deverá assinalar o custo acrescido da resolução discursiva relativamente à resolução sintáctica. Apenas técnicas de observação com elevada discriminação temporal poderão, eventualmente, distinguir e correlacionar estes dois tipos de custo computacional.

### 2.3. A Hipótese da Carga Informacional

Almor et al. (2007) especulam que os pronomes podem ser a solução que a linguagem criou para o desafio da comunicação sequencial com um sistema de memória de capacidade limitada.

Numa clara expansão da teoria da acessibilidade de Ariel (1990)<sup>10</sup>, Almor (1999, 2000) propõe a Hipótese da Carga Informacional (HCI; na literatura internacional é utilizado o termo anglo-saxónico *Informational Load Hypothesis*, instituído pelo acrónimo *ILH*), que se baseia, fundamentalmente, na compreensão do processamento de anáforas nominais como um processo de optimização, baseado no princípio do equilíbrio entre custo de processamento e funcionalidade discursiva da expressão anafórica (e.g., seleccionar um de entre vários antecedentes candidatos, ou introduzir

<sup>9</sup> Os falantes devem dar uma contribuição tão informativa quanto necessário, mas, não mais do que o necessário. Por outras palavras, os falantes devem usar a forma linguística menos complexa que é suficientemente informativa para cumprir o objectivo do processo comunicativo em curso.

<sup>10</sup> A teoria da acessibilidade de Ariel defende que a maior parte do processamento linguístico reflecte um equilíbrio entre função cognitiva e custo de processamento. Deste modo, quando um falante perturba este equilíbrio, fá-lo com o propósito de assinalar informação adicional (Almor, 1999).

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

nova informação relativamente ao antecedente). Este custo, definido em termos da sobreposição do conteúdo semântico da expressão anafórica e do antecedente, e da conseqüente sobrecarga para a memória de trabalho na manutenção de representações distintas para as duas entidades, deve ser justificado pelas funções discursivas servidas pela expressão anafórica (Almor, 2000; Almor & Eimas, 2008).

Este princípio de equilíbrio-custo-função é o resultado de certos processos psicológicos subjacentes que usam a memória de trabalho verbal. Identificar o antecedente na memória de trabalho (MT) é uma questão de reactivar a representação do antecedente. Quanto mais baixo o nível de activação da representação do antecedente na MT, mais sobreposição será requerida entre a anáfora e o antecedente para reactivar esta representação. Assim, o aspecto da funcionalidade anafórica, que envolve a identificação do antecedente, corresponde a um papel da anáfora como uma pista mnésica. Quando a distância entre antecedente e a expressão anafórica é longa, em termos de itens lexicais, há um esmaecimento dos traços semânticos do antecedente na memória de trabalho; por isso, uma retomada com sintagma nominal (SN) repetido pode ser mais eficiente, já que carrega mais traços capazes de identificar a representação do antecedente (Almor, 1999).

Concretamente, a Hipótese da Carga Informacional postula que a carga informacional de uma anáfora associada a um determinado antecedente deve ter uma função justificativa em auxiliar a identificação do referente, adicionar nova informação ou ambas. Assim, anáforas menos explícitas, que evocam uma representação conceptual mais geral e não tão detalhada do referente, são preferencialmente usadas para o estabelecimento de relações co-referenciais com antecedentes salientes na memória de trabalho, pois têm um menor custo de processamento e, sendo o antecedente saliente, o nível de sobreposição necessário para reactivar o antecedente, não justificaria o recurso a expressões anafóricas com custo superior. De acordo com a HCI, a melhor forma de expressão linguística para a co-referência depende do foco do discurso. O conceito de foco é utilizado para descrever a entidade mais activa e saliente na representação discursiva. Os pronomes são preferíveis a nomes definidos para referir a entidade mais saliente do discurso (i.e. o foco discursivo). Assim, os pronomes são processados mais rapidamente do que nomes repetidos no estabelecimento da co-referência, em função da carga informacional que essas formas linguísticas contêm. Almor, em 1999, demonstrou que, quando o antecedente é o foco discursivo, as expressões anafóricas na forma de sintagmas nominais mais específicos (e.g., *robin*) do que o antecedente (e.g., *bird*) são processadas mais rapidamente (processamento menos custoso) do que SNs repetidos (e.g., *robin*). As expressões com SNs mais específicos, para além de conterem traços que possibilitam a co-referência com o antecedente, trazem adicionalmente informação nova, criando uma justificação para maior carga informacional. A maior carga informacional, envolveria um custo adicional no processamento co-referencial. Por isso, nomes repetidos seriam menos eficientes, pois têm mais traços semânticos a serem processados para identificar o seu respectivo antecedente, do que os pronomes, o que torna o processamento mais custoso em termos de memória de trabalho – (*repeated*

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)

Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

*name penalty*). A penalidade do nome repetido pode oferecer um insight sobre a forma como estes processos operam e como recruta os circuitos cerebrais especificamente envolvidos (Almor et al., 2007).

Tendo em conta os conceitos de custo de processamento, de função e equilíbrio entre estes dois factores Almor e Eimas (2008) propõem um modelo que distingue os vários estádios de processamento: 1) a anáfora é processada lexicalmente, activando uma representação semântica da expressão; 2) uma vez activada informação suficiente, ocorre a identificação do antecedente com base na compatibilização dos traços semânticos partilhados entre a representação semântica da anáfora e da representação do antecedente (i.e., mantêm-se activas na memória de trabalho as duas representações)<sup>11</sup>; 3) o estádio final do processamento da expressão anafórica consiste na integração com a representação do antecedente e de, se for o caso, nova informação na representação do discurso. Na ocorrência da integração discursiva pode cessar a mobilização de recursos para manter a distinção entre as duas representações.

Estes estádios não ocorrem necessariamente por ordem, contudo é assumido que os processos lexicais ocorrem relativamente cedo e os processos de integração no discurso ocorrem mais tarde. Note-se ainda que este modelo se refere ao processamento anafórico inter-frásico, pelo que não pretende capturar o processamento intra-frásico que ocorreria com um antecedente em posição de c-comando, descrito na secção 2.2. Nesse caso, podendo a dependência antecedente-anáfora ser criada no nível sintáctico, não seriam formadas, representações discursivas distintas para as duas entidades.

Em suma, a Hipótese da Carga Informacional defende que a facilidade do processamento de uma anáfora nominal pode ser descrita pela interacção de três factores: foco discursivo, a quantidade de nova informação adicionada pela anáfora e a carga informacional do par antecedente-anáfora. A HCI implica que se uma anáfora não adiciona nova informação sobre o seu referente, então, quanto mais pequena a carga informacional do par antecedente-anáfora, mais fácil será o processamento, desde que a carga informacional seja suficiente para identificar o antecedente. Isto significa que nos casos em que o antecedente está focado, uma anáfora com uma maior carga informacional seria mais difícil de processar se esta não adicionar nova informação acerca do seu referente. É o caso das anáforas repetitivas que embora tenham uma carga informacional mais elevada, não adicionam nova informação sobre o seu referente.

#### **2.4. Localizações cerebrais envolvidas no processamento anafórico**

A investigação sobre os circuitos neuronais subjacentes ao processamento de pronomes e repetição de nomes é manifestamente escassa.

---

<sup>11</sup> Até esta integração estar completa há um custo associado à permanência da representação semântica do referente na MT. Neste espaço, a representação semântica do antecedente e da anáfora devem ser mantidas como representações distintas (Almor & Eimas, 2008).



No entanto, dados específicos sobre áreas corticais envolvidas no processamento da referência podem fornecer informações cruciais sobre a forma como estes processos trabalham (Mason & Just, 2006).

Estudos recentes sugerem que o processamento da referência não se baseia em circuitos cerebrais estritamente linguísticos. Se a referência linguística se baseia em redes neuronais não-linguísticas, as representações múltiplas geradas pela repetição de um nome, deveriam manifestar-se por: 1) activação aumentada em áreas relacionadas com a memória, muito provavelmente no lobo temporal (Bookheimer, 2002); 2) áreas envolvidas na consolidação e integração de múltiplas representações, muito provavelmente no lobo parietal (Shafritz, Gore, & Marois, 2002, 2007).

Just et al. (2004), num estudo com frases indutoras de processos imagéticos como "O número oito, quando girado em 90 graus parece um par de óculos" verificaram activação adicional do sulco intraparietal bilateral (SIP), relativamente às frases de imagens de baixa indução imagética, embora tenha sido muito mais forte no hemisfério esquerdo. Mason et al. (2003, *cit in* Mason & Just, 2006) também encontraram activação adicional esquerda do SIP no processamento de metáforas classificadas como mais visuais do que as suas párafrases literais. É assim provável que a activação desta área reflecta o processamento de frases que sobrecarregam um referente com informação espacial.

Num estudo de Almor et al. (2007), procurou-se identificar as áreas cerebrais diferencialmente activadas por pronomes *vs.* nomes repetidos. De acordo com os resultados obtidos, a condição "nome repetido" conduziu a maior activação nas áreas envolventes do SIP esquerdo e direito, especificamente no lobo parietal superior e o precúneo, giro fusiforme esquerdo, e, giro médio e temporal inferior; não se tendo verificado áreas mais activas na condição "pronome" comparativamente à condição "nome repetido". A activação do SIP bilateral é portanto interpretada como evidência de que o uso repetido de referências nominais envolve múltiplas representações que precisam ser integradas e ligadas.

Num estudo com *fMRI*, Nieuwland et al. (2007) examinaram as redes corticais envolvidas no estabelecimento de referência durante a compreensão da linguagem. Foram comparadas as respostas BOLD para frases que continham pronomes referencialmente ambíguos (e.g., "*Ronald told Frank that he...*"), pronomes não referenciais (e.g., "*Rose told Emily that he...*") e pronomes coerentes. A ambiguidade referencial recrutou selectivamente regiões mediais pré-frontais, sugerindo que os leitores procuraram seleccionar um único referente. A leitura de pronomes sem referentes aumentou a activação induzida em regiões do cérebro associadas com o processamento morfossintáctico e, para aqueles leitores que relacionaram os pronomes sem referente a entidades não mencionadas, foram observadas outras regiões (particularmente a frontal dorsal medial) associadas com a inferência elaborativa. As redes activadas por estes dois problemas referenciais não coincidem com a rede activada por uma anomalia semântica. Em vez disso, observou-se uma dissociação dupla, em que os sistemas activados pela anomalia semântica são desactivados pela ambiguidade referencial, e vice-versa. Esta ligação inversa pode reflectir o

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)

Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

recrutamento dinâmico do processamento semântico e episódico na resolução de problemas semânticos e referenciais. Tomados globalmente, estes resultados mostram que a ambiguidade referencial, a ausência de referente e anomalia semântica obtêm respostas qualitativamente diferentes do cérebro durante a leitura de uma frase. Pronomes referencialmente ambíguos recrutaram selectivamente regiões mediais pré-frontais, sugerindo que os leitores mobilizam processos de resolução de problemas, por forma a seleccionarem um dos candidatos referenciais e constroem uma interpretação referencialmente coerente. Pronomes sem referente aumentaram a activação induzida em regiões do cérebro associadas com o processamento morfossintático (nomeadamente, as regiões parietal e frontal medial), e espoletaram activações adicionais associadas com inferência elaborativa se os leitores julgaram que os pronomes se referiam a entidades não mencionadas. Assim, a resolução pronominal pode ser considerada um empreendimento multifacetado que se baseia em processos cognitivos inter-relacionados e no recrutamento de uma rede de regiões pré-frontal e parietal (e.g., Fletcher & Henson, 2001; Wagner et al., 2005).

### 3. Electrofisiologia

#### 3.1. Electroencefalograma e Potenciais Evocados Cognitivos

O electroencefalograma (EEG) é uma medida electrofisiológica, consistindo no registo das diferenças de potencial eléctrico entre eléctrodos colocados no escalpe humano. Os registos de EEG podem ser classificados em duas categorias: 1) EEG de fundo, que consiste em flutuações de tensão contínua, que podem ser classificadas de acordo com seu índice de frequência - por exemplo, ritmos *alfa*, *beta* e *gama*; e 2) EEG espontâneo, ou potenciais evocados cognitivos (PECs; na literatura internacional é utilizado o termo anglo-saxónico *event related potentials*, instituído pelo acrónimo *ERPs*) (Tatum, 2008).

Os PECs são mudanças na actividade electrocortical que ocorrem em resposta a estímulos discretos. Constituídos por várias deflexões, também designadas como "componentes", são considerados um reflexo de padrões de actividade neuronal associado ao processamento de informação no cérebro. Cada efeito PEC tem um curso temporal, uma polaridade, uma morfologia e distribuição sobre o escalpe: as deflexões, positivas ou negativas, estão presentes num determinado momento (a latência, em milissegundos), com uma intensidade particular (a amplitude, em microvolts) (Gunter, Vos, & Friederici, 1999)<sup>12</sup>. Estas características são tomadas como indícios consistentes da presença de processos cognitivos qualitativamente diferentes. Se dois efeitos PEC são considerados idênticos nestes três aspectos, então, as diferenças razoáveis na sua evolução no tempo ou magnitude global, ou ambos, são comumente interpretados como reflectindo variações

<sup>12</sup> Por exemplo, o N100 refere-se a um componente negativo com latência média de cerca de 100 ms em relação ao início do estímulo.

quantitativas em “quando” e “em que medida” um processo subjacente cognitivo único está envolvido. Esta rica e multidimensional “assinatura” pode fornecer pistas sobre a identidade do evento cognitivo em estudo (Van Berkum, 2004).

Para a quantificação das alterações nos recursos cognitivos do envelhecimento normal e nos distúrbios associados com perturbações cognitivas, a aplicação de PECs provou ser uma ferramenta valiosa (Anderer, Pascual-Marqui, Semlitsch, & Saletu, 1998). Componentes específicos de PECs permitem a identificação de processos semânticos, bem como processos sintácticos precoces e tardios durante a compreensão da linguagem. A qualidade desta ferramenta reside na sua resolução temporal, que não só oferece a possibilidade de diferenciar processos sintácticos precoces e tardios, mas também permite especificar o atraso patológico de um processo em particular, na ordem dos milissegundos (Palmero-Soler, Dolan, Hadamschek, & Tass, 2007; Van Berkum, 2004). No entanto, como populações de neurónios diferentes podem produzir campos eléctricos semelhantes sobre o escalpe, é muito difícil determinar as fontes neuronais de um determinado efeito PEC a partir da natureza do efeito em si. Qualquer efeito PEC pode ser explicado por um número ilimitado de diferentes configurações geradoras - o chamado problema inverso (Pascual-Marqui, 2002)<sup>13</sup>. Recentemente, um novo método foi desenvolvido para superar estes obstáculos, considerando informação sobre as propriedades físicas e matemáticas da densidade de corrente gerada no cérebro – o sLORETA.

### 3.2. N400 e o processamento de pronomes

Um componente PEC monofásico negativo espoletado entre os 350 e 500 ms após a apresentação do estímulo e com um pico aproximadamente nos 400 ms, referido como o efeito N400 (Kutas & Hillyard, 1980), é de particular interesse para a investigação do processamento da linguagem. A amplitude do N400 tem-se mostrado sensível ao processamento semântico (Federmeier, 2007; Van Berkum, 2004), e é reduzida por factores relacionados com a facilidade de acesso a informações a partir da memória, como a frequência de palavras e repetição, e pela presença de informações de contexto. Aliás, as amplitudes N400 mostram uma correlação forte e inversa com a previsibilidade da palavra (Van Berkum, Hagoort, & Brown, 1999). A ocorrência prévia de um item associado ou semanticamente relacionado reduz a amplitude do N400 para uma determinada palavra, induzindo um efeito de priming semântico<sup>14</sup> (McNamara, 2005).

<sup>13</sup> Por exemplo, o efeito N400, normalmente maior na linha média centro-parietal não tem, necessariamente, o seu gerador perto de Pz. Este efeito é gerado por uma série de áreas do cérebro, distribuídas bilateralmente, e nenhuma delas é particularmente próxima de Pz. Portanto, os PECs, exclusivamente, não informam, de uma forma directa, sobre as áreas do cérebro que lhes deram origem (Van Berkum, 2004).

<sup>14</sup> Definido como a melhoria na velocidade e precisão para responder a um estímulo, quando é precedido por um estímulo semanticamente relacionado, comparativamente a quando é precedido por um estímulo semanticamente não relacionado. Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA) Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

No estudo de relações co-referenciais, o componente N400 tem sido indexado a processos semânticos da resolução pronominal (Burkhardt, 2005). Streb, Hennighausen e Rosler (2004), numa investigação sobre a distância semântica entre antecedentes e pronomes, relataram efeitos N400 diferenciais, interpretados como o reflexo das dificuldades de integração semântica dos pronomes no contexto da frase. É igualmente importante referir que a topografia do efeito N400 provou ser diferente para os pronomes e nomes próprios. O valor máximo da negatividade provocada por pronomes foi ligeiramente mais lateralizada para o hemisfério direito do que a negatividade provocada por nomes próprios. Este resultado pode reflectir o papel do hemisfério direito no processamento de associações relativamente "grosseiras", que são necessárias para resolver lexicalmente pronomes mais transparentes. Em 1999, Streb, Hennighausen e Rosler, utilizando frases singulares e independentes – forçando o sistema a relacionar as palavras processadas em representações que foram activadas por informação sintáctica e semântica prévia da mesma frase – observaram que a resolução pronominal provoca um maior efeito N400 quando contrastada com a compreensão de nomes próprios. Com base em investigações anteriores com PECs, Burkhardt (2007) considera que o N400 registado no momento da ocorrência de um pronome indexa a criação da dependência referencial entre a representação que estabelece, a nível discursivo, a existência da entidade introduzida sintacticamente pelo pronome, e a representação discursiva do antecedente do pronome. Resulta desta dependência referencial a compreensão do pronome como menção repetida à entidade referida pelo antecedente. Note-se que este tipo particular de efeito N400 parece emergir apenas quando o pronome deve ser resolvido ao nível discursivo, não sendo possível o estabelecimento da sua identidade com o antecedente ao nível sintáctico de representação (Burkhardt, 2005, 2007).

Num estudo de Leitão et al. (2009) foram utilizados PECs para contrastar, num grupo de jovens adultos, dois tipos de resolução pronominal, diferindo relativamente ao custo de processamento base (resolução de pronomes ocorrendo no nível sintáctico para antecedentes em posição de c-comando [a], e, ao nível discursivo para antecedentes alojados em recessos genitivos [b]). Apesar de se esperar que a resolução pronominal em contexto tipo [b] ocorra ao nível discursivo, devendo, nessa medida, evocar uma negatividade nesta janela, o facto de ocorrer em [a] a computação de uma implicação pragmática impede que qualquer negatividade relativa se torne aparente. Leitão et al. (2010) consideram que a detecção da violação pragmática em contextos de tipo [a] é suficientemente precoce para induzir no processador o bloqueio da resolução automática do pronome no nível de representação sintáctico. Ao ser deslocada para o nível discursivo de representação, a resolução pronominal em [a], tal como em [b], induziria uma maior amplitude do componente N400, impedindo a observação de diferenças entre [a] e [b] nesta janela. Tais diferenças ocorrem mais tardiamente, na janela da P600, facto que os autores interpretam como traduzindo o trabalho de computação da inferência pragmática, sob a forma

---

independente (McNamara, 2005).

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos:  
um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

de uma Positividade Tardia, induzida pelo uso de pronomes explícitos em contextos de tipo [a], e a integração do conteúdo informacional dessa inferência. Num estudo de seguimento de França (2010), o padrão de PECs nos idosos reflectiu os diferentes níveis de representação. O esforço computacional para contextos de tipo [b] foi marcado por um efeito N400, aparente nos dados de PECs dos adultos idosos, mas ausente nos dados de adultos jovens. A autora argumenta que, não sendo detectada a presença da informação pragmática, a dependência referencial é processada exclusivamente ao nível sintáctico, minimizando o custo computacional da resolução pronominal. Uma negatividade precoce associada ao processamento dos pronomes na condição “recesso” também distinguiu o grupo dos idosos, sugerindo que a resolução pronominal no nível discursivo exige maior esforço computacional nos idosos.

### 3.3. P600/positividades tardias e o processamento de pronomes

Uma positividade centro-parietal tardia foi directamente relacionada com o processamento de frases sintacticamente anómalas (Gunter, Vos, & Friederici, 1999; Van Berkum, 2004). Este efeito inicia-se aproximadamente 500 ms pós-estímulo, durando geralmente cerca de 800 ms, e dada a sua polaridade e latência este efeito foi designado P600 (Osterhout & Holcomb, 1992), também denominado Deflexão Positiva Sintáctica (*Syntactic Positive Shift*; SPS; Hagoort et al., 1993 *cit in* Hagoort et al., 2008). Apesar de se considerar o P600 como o PEC de sintaxe mais robusto, o significado funcional dos componentes relacionados com a sintaxe ainda está em debate (Gunter, Vos, & Friederici, 1999). O P600 é encontrado em estruturas sintacticamente incorrectas (e.g., concordância de número ou género), bem como estruturas sintacticamente raras (e.g., objecto de cláusulas relativas), e é afectado por uma ampla gama de variáveis de tarefa, como semântica, a carga de memória de trabalho, e a probabilidade de ocorrência de uma violação sintáctica (Gunter et al., 1997; Gunter, Vos, & Friederici, 1999; Hagoort, 2008). Alguns investigadores defendem que o efeito P600 é, na realidade, uma família de componentes que diferem tanto topograficamente como nos eventos cognitivos subjacentes (Dwivedi et al., 2006; Friederici et al., 2002; Van Berkum et al., 1999).

Com base nas diferenças em ondas PEC, Schmitt et al. (2002) chegaram à conclusão que processos sintácticos, indexados pelo componente P600, estão envolvidos na resolução pronominal. Neste estudo, os resultados apresentaram efeitos P600 salientes para os pronomes, o que indica que o estabelecimento de referência envolve reanálise sintáctica. Violações da concordância de género sintáctico e/ou de número entre o antecedente e o pronome ou violações dos estereótipos de género tipicamente evocam amplitudes maiores do efeito P600/SPS, considerado um indicativo de mecanismos de processamento sintáctico (Hammer et al., 2005; Osterhout & Mobley, 1995; Schmitt et al., 2002). Pronomes referencialmente ambíguos (e.g., “*Ronald told Frank that he...*”) também provocam uma deflexão frontal negativa em relação aos pronomes referencialmente coerentes

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

(Nieuwland & Van Berkum, 2006). A montante, quando um referente adequado não está directamente disponível para um pronome (por exemplo “*Rose told Emily that he...*”) surge um efeito P600, sugerindo que os leitores inicialmente tentam encontrar um antecedente adequado dentro de um dado conjunto de entidades do discurso e, portanto, inicialmente atribuem a falha de encontrar um referente a um problema com o género sintáctico do pronome (Osterhout e Mobley, 1995; Van Berkum et al., 2007). Por seu lado, o P600, ou, mais genericamente, as positivities tardias, podem marcar o processamento de inferências pragmáticas, envolvendo, por exemplo, a compreensão da intenção comunicativa do emissor ao seleccionar uma expressão em detrimento de outra, como acontece na ironia e em contextos de resolução ao nível sintáctico (Regel, Gunter, & Friederici, 2010).

### 3.4. sLORETA

Apresentado por Pascual-Marqui em 2002, o método sLORETA (tomografia electromagnética cerebral de baixa resolução) é amplamente utilizado em estudos com EEG. Computando um mapa estatístico através da realização de uma ponderação inversa, constituiu-se como um método estatístico de imagiologia discreto, distribuído em 3D. O sLORETA presume que a variação de densidade da corrente recebe contribuições do possível ruído nas medições EEG/MEG, mas mais importante, da variação biológica, ou seja, variação na actividade eléctrica neuronal real. A variação biológica é assumida como sendo devido a actividade eléctrica neuronal, que é independente e identicamente distribuída por todo o córtex. Isto significa que todos os neurónios têm a mesma probabilidade de ser activos. Sob essa hipótese, sLORETA produz um método de imagem linear, com localização exacta (erro 0) em condições ideais, como mostrado empiricamente em Pascual-Marqui et al. (2002) e comprovada por Sekihara et al. (2005) e por Greenblatt et al. (2005). Este método permite assim resolver o problema inverso através da limitação da actividade eléctrica neuronal de forma a cumprir a propriedade de sincronização máxima, ou seja, assumindo a activação semelhante entre fontes neuronais vizinhas. Isso garante que a tomografia tem erros de localização baixos, embora com baixa resolução espacial ( $1\text{cm}^3$ ). Esta técnica de localização recebeu recentemente a validação inter-modal importante de estudos combinando a LORETA com ressonância magnética funcional, ressonância magnética estrutural e PET (Gianotti et al., 2007; Osterhout et al., 2004).

## II - Objectivos da investigação

O presente estudo está configurado dentro de um paradigma quantitativo e pretende caracterizar os marcadores electroencefalográficos (potenciais evocados) associados à resolução de pronomes pessoais em dois grupos: jovens saudáveis e idosos saudáveis, e, averiguar a localização de estruturas cerebrais envolvidas no processamento de pronomes subjacentes

às diferenças nos PECs nestes dois grupos. Em partícula, este estudo ambiciona estudar as modificações associadas ao envelhecimento normal na resolução de pronomes pessoais em duas situações com exigências de processamento diferenciadas, c-comando e recesso. Os padrões encontrados deverão suportar interpretações congruentes com o bloqueio da resolução sintáctica na condição c-comando, passando a ocorrer no grupo dos jovens uma resolução por via discursiva tal como na condição recesso, persistindo a diferença na via de resolução adoptada em cada condição apenas para o grupo de idosos.

### III - Metodologia

#### 1. Amostra

A amostra foi constituída por um grupo de idosos saudáveis e um grupo de jovens, recrutada entre Janeiro de 2009 e Março de 2010. Os participantes do grupo dos idosos foram recrutados no Hospital da Universidade de Coimbra e na comunidade. Dos 97 idosos contactados, 79% não integraram a amostra analisada devido à não correspondência dos critérios de inclusão e exclusão após análise do registo electroencefalográfico. Dos 31 adultos jovens angariados na Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra, 64,51% dos participantes não integraram a amostra final. O grupo dos idosos incluiu assim 20 sujeitos saudáveis (11 mulheres), com idades entre os 60 e os 77 anos, e uma escolaridade compreendida entre os 3 e os 16 anos. O grupo dos jovens foi constituído por 20 sujeitos (19 mulheres), alunos do 2º ano do curso de Psicologia da FPCE-UC, com idades compreendidas entre os 19 e os 21 anos. A participação dos jovens voluntários foi compensada com uma bonificação na classificação de uma unidade curricular.

Os critérios de inclusão cumpridos pelos participantes do grupo dos idosos foram: ter entre 60 e 80 anos, ser destro, ter visão normal ou corrigida-para-normal possuir o 4º ano de escolaridade (ou a 3º ano de escolaridade se a profissão tenha exigido um contacto continuado com o uso da linguagem escrita) ou superior; e possuir uma pontuação no *Mini Mental State Examination* igual ou superior a 27. Como critérios de exclusão para este grupo foram considerados: história de traumatismo craniano, doença psiquiátrica ou neurológica, ou, hipotiroidismo; ausência de sintomas depressivos (pontuação na Escala de Depressão Geriátrica igual ou inferior a 15), défice cognitivo (pontuação total na Avaliação Cognitiva de Addenbrooke – Versão Revista igual ou inferior a 78); défice objectivo de memória (pontuação padronizada na Memória Lógica I e II igual ou inferior a 7), queixas relativas a um domínio cognitivo; uso regular de antipsicóticos, anticonvulsionantes, bloqueadores-b, regularizadores de humor, medicamentos com acção anticolinérgica; leitura que sugerisse uso de soletração (avaliado pela PAL-PORT 14); problemas na interpretação de frases passivas reversíveis simples (pontuação inferior a 5 em frases passivas reversíveis simples na PAL-PORT 14) e advérbios/preposições (pontuação

inferior a 5 em frases com advérbios/preposições da PAL-PORT 14); resultados que evidenciem problemas no acesso ao significado dos verbos (pontuação somatória de frases do tipo activa-verbo e passiva-verbo inferior a 10 na PALP-PORT 14).

O grupo de jovens cumpriu os seguintes critérios de inclusão: ser destro e possuir visão normal ou corrigida-para-normal. Foi tomado como critério de exclusão a possível presença de patologias neurológicas ou psiquiátricas. O cumprimento destes critérios foi avaliado de forma informal, previamente à recolha do electroencefalograma.

## 2. Materiais

### 2.1. Estímulos

Os potenciais evocados a investigar marcam o processo de interpretação do pronome em duas condições: 1) condição “c-comando”, onde a ligação entre o pronome e o único candidato viável a seu antecedente pode ser estabelecida com base nas suas posições relativas na estrutura da frase, por meio de resolução sintáctica, resultando numa única representação discursiva partilhada pelo SN pronominal e pelo SN antecedente; e, 2) a condição “recesso”, em que o processo de ligação deverá situar-se ao nível discursivo, e uma representação discursiva autónoma é criada para o SN pronominal e a representação da entidade que se encontra associada à posição sintáctica do antecedente deverá ser recuperada, de forma a especificar que as duas representações designam uma mesma identidade.

A condição “c-comando” foi operacionalizada através da criação de 48 frases, variantes do exemplo [a], e a condição “recesso” através de um outro conjunto de 48 frases, variantes do exemplo [b]:

[a] [A empregada d[o merceeiro]j ]k discutiu com [o cliente]l a quem ELA[k] tinha vendido maçãs estragadas.

[b] [O empregado d[a merceeira]j ]k discutiu com [o cliente]l a quem ELA[j] tinha vendido maçãs estragadas.

Nas frases criadas, a concordância de género pronome-antecedente foi manipulada de forma a forçar a resolução do pronome com o sintagma nominal em posição de c-comando relativamente ao pronome em [a] ou com o SN numa posição de não-comando em [b]. Foram também criadas 108 frases alheias à manipulação experimental e um bloco de 6 frases de treino. A sequência de frases foi pseudo-aleatória, sendo a aleatorização completa restringida de forma a evitar a ocorrência em sequência imediata de frases contendo o mesmo verbo na oração principal ou pertencendo à mesma condição (c-comando, recesso).

### 2.2. Instrumentos de Avaliação Neuropsicológica

Considerando que a avaliação neuropsicológica fornece uma caracterização dos défices baseada em dados objectivos, e pode assistir na

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010



inclusão ou exclusão de perfis cognitivos que aparentam ser viáveis noutros aspectos da apresentação clínica, recorreu-se a uma bateria de testes seleccionados. Os instrumentos a seguir descritos foram integrados numa bateria mais extensa, onde constava também a tarefa de ordenação de meses, o Trail Making Test A e B, Memória de Actividades, tarefa de nomeação de PALPA-P, e, Pares de Palavras I e II incluídos como fontes de informação para outras investigações e de forma a conceber uma ordem de administração que respeitasse a duração temporal de cada instrumento e evitasse efeitos de contaminação de outros testes. Apresentamos de seguida os instrumentos utilizados no presente estudo para a inclusão/exclusão dos participantes na amostra.

### **2.2.1. Questionário sócio-demográfico dos HUC (s/a, s/d)**

Permite a recolha de dados sócio-demográficos e informação a respeito da história clínica do indivíduo. Através deste breve questionário pode-se averiguar a presença de condições psiquiátricas e neurológicas relevantes para a participação dos voluntários.

### **2.2.2. Inventário de Lateralidade Manual de Edinburgh (Oldfield, 1971)**

Avalia a lateralidade para a mão, i.e., a dominância (uso preferencial) de uma das mãos, em relação à outra. O inventário é composto por 10 itens e é requerido ao sujeito que indique a mão que habitualmente usa na execução de determinadas tarefas quotidianas.

### **2.2.3. Avaliação Cognitiva de Addenbrooke – Versão Revista (ACE-R; Mioshi et al., 2006; versão experimental portuguesa de Simões et al., 2010)**

Instrumento de rastreio cognitivo, originalmente concebido para colmatar a lacuna da falta de sensibilidade encontrada no *Mini Mental State Examination* (MMSE; Folstein et al., 1975). O resultado total do ACE-R inclui um valor equivalente ao resultado do MMSE. Adicionalmente, o ACE-R permite a avaliação de vários domínios – Orientação, Atenção e Percepção, Memória, Linguagem, Fluência Verbal e Capacidade Visuo-Espacial (Mioshi et al., 2006).

É um indicador fiável para distinção entre sujeitos com perturbação afectiva de sujeitos com demências (Dudas, Berríos, & Hodges, 2005); e indivíduos com doença de Alzheimer e outros tipos de demência, como a Demência Fronto-Temporal (Mathuranath et al., 2000), Demência Semântica (Davies et al., 2008) e Síndromes Parkinsónicas (Bak et al., 2005).

### **2.2.4. Escala de Depressão Geriátrica 30 (GDS-30; Yesavage, Brink, Rose, Lum, Huang, Adey, & Leirer, 1983; versão portuguesa de Barreto, Leuschner, Santos, & Sobral, 2003 *cit in* GEECD, 2008)**

A GDS foi especificamente concebida para avaliar a severidade da sintomatologia depressiva na população geriátrica. Contempla sintomas

afectivos e comportamentais da depressão e exclui sintomas somáticos e vegetativos. Apesar da sua extensa utilização em várias populações geriátricas para despistar quadros depressivos, é específica para adultos idosos não dementes, excluindo preocupações que podem ser confundidas com doenças somáticas ou quadros demenciais (Strauss, Sherman, & Spreen, 2006).

### **2.2.5. Memória Lógica I e II (WMS-III; Wechsler, 2008)**

Nesta prova, que pretende avaliar a memória imediata e diferida através de material verbal estruturado, o sujeito ouve duas histórias diferentes, lidas pelo examinador. As cotações são atribuídas de acordo com a precisão com que o sujeito é capaz de repetir cada uma das histórias (unidades de história) e com a sua capacidade para se recordar dos temas da história (unidades temáticas). As pontuações baixas na Memória Lógica I e II podem sugerir um défice ou uma debilidade na aprendizagem ou na memória de material conceptual apresentado na modalidade auditiva.

**2.2.6. PAL 14 - Compreensão de Frases** (Caplan & Bub, 1992; versão experimental portuguesa, Festas et al., 2006)

A PAL-PORT é uma adaptação para falantes de Português Europeu da PAL, uma bateria destinada a falantes de Inglês Americano (PAL – *Psycholinguistic Assessment of Language*), usada na avaliação da afasia e de outros distúrbios da linguagem, que tem como ponto de referência a neuropsicologia cognitiva. A tarefa de compreensão de frases avalia 8 aspectos da competência gramatical do sujeito, permitindo caracterizar o estado geral do sistema de processamento recrutado na compreensão de frases, e particularizar os subsistemas que eventualmente apresentem funcionamento deficitário.

## **3. Considerações éticas**

O comité de ética dos Hospitais da Universidade de Coimbra avaliou e aprovou o protocolo de investigação. Os participantes assinaram uma declaração de consentimento informado e a sua colaboração foi voluntária, solicitada após descrição dos procedimentos envolvidos na recolha dos dados.

## **4. Procedimentos**

No grupo dos idosos, após análise dos protocolos de avaliação neuropsicológica e cumprimento dos critérios exigidos, os participantes eram recrutados para a recolha de dados por tarefa experimental e electroencefalografia. Os jovens se cumpridos os critérios exigidos após a recolha de dados sócio-demográficos e informação a respeito da história clínica, eram recrutados para a recolha de dados por tarefa experimental em electroencefalografia. Neste âmbito, os participantes sentaram-se

confortavelmente em frente a um ecrã de computador de 19 polegadas a uma distância de, aproximadamente, 100 cm. Foram apresentadas as instruções, seguidas de um bloco com 6 ensaios de treino. Os participantes foram instruídos para compreenderem as frases e alertados para a sensibilidade do EEG à actividade muscular (i.e. que se movessem o mínimo possível e pestanejassem apenas quando indicado pelas instruções).

As frases foram apresentadas, palavra a palavra, no centro do monitor do computador. No início de cada ensaio surgia no centro do monitor, durante 500 ms, uma cruz de fixação, para recordar aos participantes para cessar de pestanejar. Cada palavra era apresentada no monitor durante 300 ms, seguindo-se um intervalo de 300 ms antes da apresentação da palavra seguinte. A seguir à palavra que concluía a frase, três pontos eram dispostos no centro do ecrã, assinalando ao participante que poderia pestanejar até à visualização da cruz de fixação seguinte. Depois de cada frase (800 ms), uma questão de escolha forçada era apresentada, sem tempo-limite, para monitorizar a compreensão da frase. O ensaio seguinte começava 2500 ms depois da resposta do participante à questão de compreensão, antecedido pela apresentação do aviso “vai ver a frase seguinte”.

As respostas foram recolhidas através de dois botões de resposta, um em cada mão. A questão de compreensão foi disposta no centro do ecrã, juntamente com duas opções de resposta, uma no canto inferior esquerdo do ecrã, e a outra resposta no canto inferior direito. Os participantes deviam premir o botão que seguravam directamente em frente à opção correcta. A apresentação de frases foi seriada em 6 blocos, com pequenos intervalos a cada 10 minutos, aproximadamente.

O protocolo de avaliação e recolha de dados teve a duração total de três horas, dividido em duas sessões (1 hora para a aplicação da bateria neuropsicológica e 2 horas para a recolha do electroencefalograma).

#### 4.1. Registo e análise dos electroencefalogramas

O registo electroencefalográfico obteve-se em instalações apropriadas (espaço acusticamente isolado) na Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra. Foi continuamente recolhido durante a execução da tarefa, através de uma rede de 64 eléctrodos activos Ag-AgCl dispostos numa touca de fixação (BioSemi, Inc.), de acordo com o sistema de posicionamento 10-20. Os movimentos oculares verticais e piscadelas foram monitorizados através de 6 eléctrodos externos colocados na face. Dois eléctrodos foram colocados nos mastóides, para referenciar *offline* a actividade medida pelos restantes eléctrodos. Os sinais foram gravados com uma taxa de digitalização de 512HZ e os *offsets* dos eléctrodos foram mantidos a um intervalo de 25  $\mu$ V a -25  $\mu$ V.

O programa EMSE (Source Signal Imaging, Inc.) foi utilizado para a extracção dos PECs e correcção de artefactos. Os ensaios contendo piscadelas excessivas ou sacadas oculares foram identificados por inspecção visual e eliminados. O efeito das piscadelas no EEG foi corrigido por aplicação de um filtro digital construído para cada participante.

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

Posteriormente, o EEG foi filtrado, isolando para análise o intervalo de frequências 0,5 - 100 Hz. Ensaios contendo anomalias entre os 0,5 segundos pré- e 2 segundos pós-estímulo foram eliminados. Os restantes ensaios foram retidos para extracção dos PECs, em épocas de amplitude 150 ms pré-estímulo – 1500 ms pós-estímulo, sendo o instante de ocorrência do pronome na frase o ponto de ancoragem temporal. O intervalo pré-estímulo foi tomado como linha base de actividade, subtraindo-se a actividade nesse intervalo à actividade presente ao longo da época. Os PECs foram extraídos calculando, para cada participante, a forma-de-onda média associada à ocorrência do pronome nas frases de cada uma das condições experimentais.

#### 4.2. Análise estatística e sLORETA

O tratamento estatístico dos dados relativos às diferenças de potenciais eléctricos no escalpe foi realizado através do *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 17.0 para *Windows*.

As análises das diferenças nas localizações cerebrais recrutadas na condição “c-comando” e na condição “recesso”, no grupo de adultos jovens e no grupo de idosos, foram realizadas utilizando o método sLORETA, implementado no software de circulação gratuita para uso académico disponibilizado pelo *KEY Institute for Brain-Mind Research*.

As análises foram conduzidas para quatro janelas temporais, referenciadas ao início da apresentação dos pronomes: 150-300 ms, 300-500 ms, 500-750 ms e 750-850 ms.

A realização das análises sLORETA foi condicionada aos resultados das análises estatísticas dos PECs extraídos do electroencefalograma. Assim, a localização das diferenças de activação cerebral entre a condição “c-comando” e “recesso”, e/ou entre os dois grupos etários, foi calculada apenas nas janelas temporais em que ocorreram diferenças estatisticamente significativas para uma ou outra destas variáveis. Nas janelas em que ocorreram interacções tendencialmente significativas envolvendo as duas variáveis em causa, a comparação entre a condição “c-comando” e “recesso” foi computada separadamente para cada um dos grupos etários. Nas janelas em que ocorreram interacções significativas envolvendo as variáveis em causa, foram inspeccionadas as comparações *pairwise* relevantes para a interpretação da interacção, e computadas as soluções sLORETA para as comparações em que a diferença testada se apresentava estatisticamente significativa.

Os PECs extraídos para 62 eléctrodos (excluindo P9 e P10 do conjunto do total de 64) foram importados para o SPSS para tratamento estatístico. Este tratamento consistiu na realização de ANOVAs factoriais mistas, separadas para as regiões laterais do escalpe e para a região medial, sendo assim realizadas duas análises para cada uma das 4 janelas temporais consideradas. As ANOVAs mediais tiveram como factores a Posição Sintáctica do Antecedente (C-comando, Recesso), o Grupo Etário (Adultos Jovens, Idosos) e uma variável topográfica, Gradiente (Anterior, Central Posterior). As ANOVAs laterais integravam ainda o factor Hemisfério (Esquerdo, Direito). Resultam assim, tendo em conta as janelas temporais, 4 Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos:

ANOVAs factoriais mistas 2x2x3 para a região medial do escalpe, e 4 ANOVAs factoriais mistas 2x2x3x2 para as regiões laterais. A análise e interpretação destes resultados é objecto específico de um outro trabalho (Carvalho, em preparação).

O PECs foram também importados para o sLORETA, destinado a identificar a localização cerebral eventualmente mais activa numa das condições comparadas, responsável pela diferença na distribuição de voltagem no escalpe no intervalo temporal em análise. Para a decisão de computar soluções sLORETA para uma dada janela temporal, considerou-se suficiente a presença de diferenças significativas numa das ANOVAs (medial ou lateral) respeitante a essa janela.

#### IV. Resultados

##### 1. Caracterização da amostra

As principais características sociodemográficas dos grupos de adultos jovens e idosos encontram-se no Quadro 1, bem como as estatísticas descritivas para os testes utilizados na exclusão da presença de défices cognitivos e depressão clínica no grupo de idosos.

**Quadro 1.** Características sociodemográficas dos grupos e estatísticas descritivas das avaliações de desempenho cognitivo e sintomatologia depressiva nos participantes idosos

	Adultos Jovens	Adultos idosos
<b>Idade</b>	$M = 19.50$ ( $DP = 0.68$ ; $A = 19-21$ )	$M = 67.50$ ( $DP = 5,19$ ; $A = 60-77$ )
<b>Género</b>	Feminino = 19 (95%) Masculino = 1 (5%)	Feminino = 11 (55%) Masculino = 9 (45%)
<b>Escolaridade</b>	14 anos	$M = 7.25$ ( $DP = 3,62$ ; $A = 3-16$ )
<b>ACE-R</b>		$M = 86.60$ ( $DP = 6.93$ ; $A = 76-100$ )
<b>MMSE</b>		$M = 28.85$ ( $DP = 1.089$ ; $A = 27-30$ )
<b>GDS</b>		$M = 5.95$ ( $DP = 3.980$ ; $A = 1-15$ )
<b>PAL14</b>		$M = 45.70$ ( $DP = 1.89$ ; $A = 41-48$ )
<b>Memória Lógica Evocação Imediata</b>		$M = 36.05$ ( $DP = 11.84$ ; $A = 16-59$ )
<b>Memória Lógica Evocação Diferida</b>		$M = 22.10$ ( $DP = 8.87$ ; $A = 7-37$ )

## **2. Localizações cerebrais das diferenças máximas de activação associadas a efeitos da variável Posição Sintáctica do Antecedente e Grupo Etário**

Apresentamos, nesta secção, um sumário dos resultados das ANOVAs para os dados electroencefalográficos obtidos com a manipulação do material frásico nos dois grupos etários em estudo. De acordo com a significância estatística dos efeitos principais e interacções detectados nestas análises, foram computadas as soluções sLORETA para a localização cerebral das diferenças máximas de activação associadas a esses efeitos e interacções. Essas soluções são também apresentadas nesta secção.

### **2.1 Estruturação dos dados para análise dos PECs medidos sobre o escalpe**

Os potenciais evocados medidos em 62 eléctrodos foram agrupados em 9 regiões topográficas, de acordo com a posição dos eléctrodos no escalpe, calculando-se a média dos valores recolhidos pelos eléctrodos localizados em cada uma dessas regiões (Figura 1). Estes dados foram analisados num estudo paralelo (Carvalho, em preparação) para 4 janelas temporais, definidas relativamente ao momento de aparição do pronome: 150-300 ms, 300-500 ms, 500-750 ms e 750-850 ms. Todas as ANOVAs integravam os factores Posição Sintáctica do Antecedente e Grupo Etário. As ANOVAs laterais foram computadas com os factores espaciais Gradiente (Anterior, Médio e Posterior) e Hemisfério (Esquerdo e Direito), correspondendo a seis regiões: anterior esquerda (AF7 AF3 F7 F5 F3), média esquerda (FT7 FC5 FC3 T7 C5 C3 TP7 CP5 CP3), posterior esquerda (P7 P5 P3 P07 P03), anterior direita (AF8 AF4 F8 F6 F4), média direita (FT8 FC6 FC4 T8 C6 C4 TP8 CP6 CP4) e posterior direita (P8 P6 P4 PO8 P04). A ANOVA central foi computada com o factor espacial Gradiente, correspondente a três regiões: central anterior (FP1 FP2 FPZ AFZ F1 FZ F2), central média (FC1 FCZ FC2 C1 CZ C2 CP1 CPZ CP2) e central posterior (P1 PZ P2 POZ O1 OZ O2).

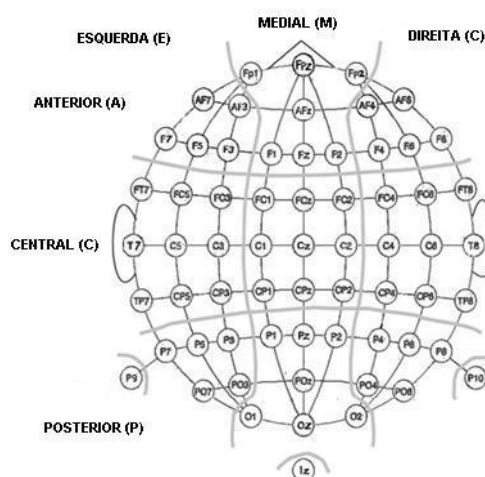


Figura 3: Grupos de eléctrodos correspondentes às regiões de interesse usadas nas ANOVAs laterais (anterior esquerda, média esquerda, posterior esquerda, anterior direita, média direita e posterior direita) e nas ANOVAs centrais (central anterior, central média e central posterior).

## 2.2 Efeitos da Posição Sintáctica do Antecedente e Grupo Etário na actividade cerebral

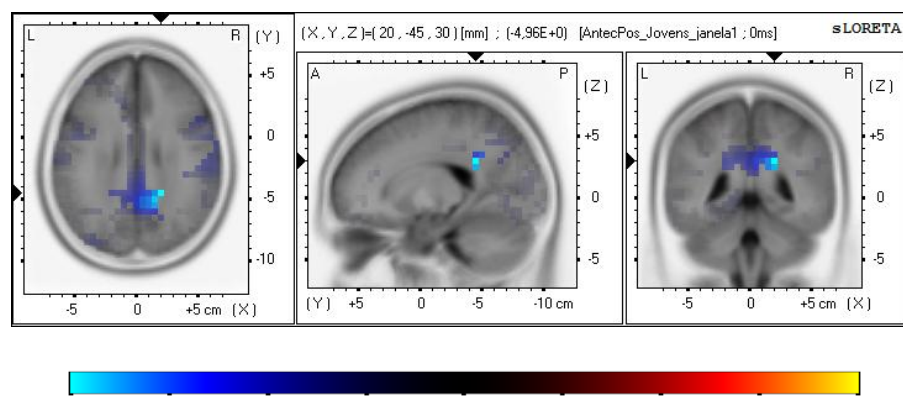
Apresentamos abaixo os resultados das oito ANOVAs, organizados por janela temporal. A correcção Huynh-Feldt foi usada sempre que houve mais do que um grau de liberdade no numerador. Para cada janela, são apresentadas também as soluções sLORETA para as localizações das diferenças máximas de actividade cerebral, cuja computação se considerou legitimada pelos resultados das ANOVAs realizadas para essa janela.

### 2.2.1. Janela 150-300 ms

Os resultados relativos à ANOVA para a janela dos 150-300ms mostram um efeito principal significativo para a variável Posição Sintáctica do Antecedente na ANOVA medial ( $F(1, 38) = 9.721, p < 0.01, MSE = 1.476$ ) e ANOVA lateral ( $F(1, 38) = 9.017, p < 0.01, MSE = 2.042$ ). Foi também verificado um efeito tendencialmente significativo para a interacção Posição Sintáctica do Antecedente x Grupo Etário x Gradiente para a ANOVA medial ( $F(2, 38) = 2.971, p < 0.1, \text{tend.sig.}, MSE = 1.476$ ) e para a ANOVA lateral ( $F(2, 38) = 3.072, p < 0.1, \text{tend.sig.}, MSE = 2.042$ ) e para a interacção Posição Sintáctica do Antecedente x Grupo Etário x Hemisfério para a ANOVA lateral ( $F(1, 38) = 3.891, p < 0.1, \text{tend.sig.}, MSE = 2.042$ ).

No grupo dos jovens, a análise sLORETA revelou que a variável “Posição Sintáctica do Antecedente” induziu no precúneo, lobo parietal direito (AB 31), a diferença máxima absoluta de densidade de corrente entre a condição “c-comando” e a condição “recesso”, mostrando-se esta diferença favorável à condição “c-comando” (Figura 4). A diferença máxima favorável à condição “recesso” localizou-se no giro pré-central do lobo frontal esquerdo (AB 4) (Figura 5). Assim, para os jovens, na primeira janela temporal analisada, foi a condição “c-comando” que induziu maior activação numa área cerebral, concretamente na área 31 de Brodmann do hemisfério

direito.

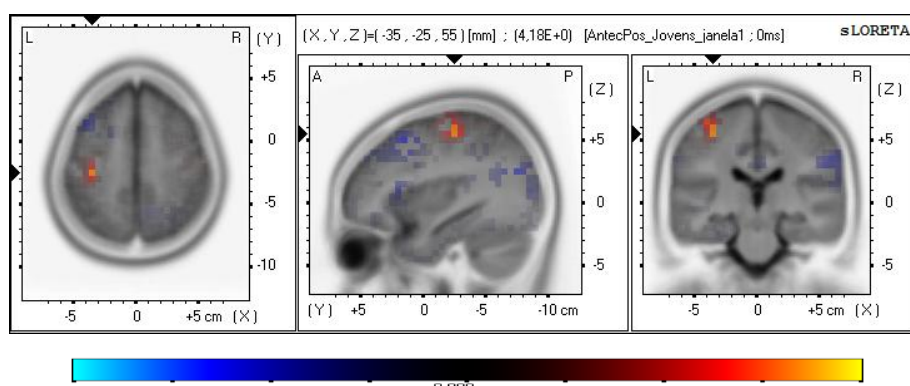


“c-comando>recesso”

“recesso>c-comando”

Valor=  $-4,96E+0$  (X= 20 , Y= -45 , Z= 30) (MNI coords)

Figura 4. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições 'recesso sintático' e 'c-comando' para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).



“c-comando>recesso”

“recesso>c-comando”

Valor=  $4,18E+0$  (X= -35 , Y= -25 , Z= 55) (MNI coords)

Figura 5. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições 'recesso sintático' e 'c-comando' para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).

No grupo dos idosos, a análise sLORETA revelou que a variável “Posição Sintática do Antecedente”, induziu no giro frontal superior direito (AB 10), a diferença máxima absoluta de densidade de corrente entre a condição “c-comando” e a condição “recesso”, mostrando-se esta diferença favorável à condição “c-comando” (Figura 6). A diferença máxima favorável à condição “recesso”, situou-se no giro cingulado do lobo límbico do

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)

Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010



hemisfério esquerdo (AB 31) (Figura 7). Assim, para os idosos, na primeira janela temporal analisada, foi a condição “c-comando” que induziu maior activação numa área cerebral, concretamente na área 10 de Brodmann do hemisfério direito.

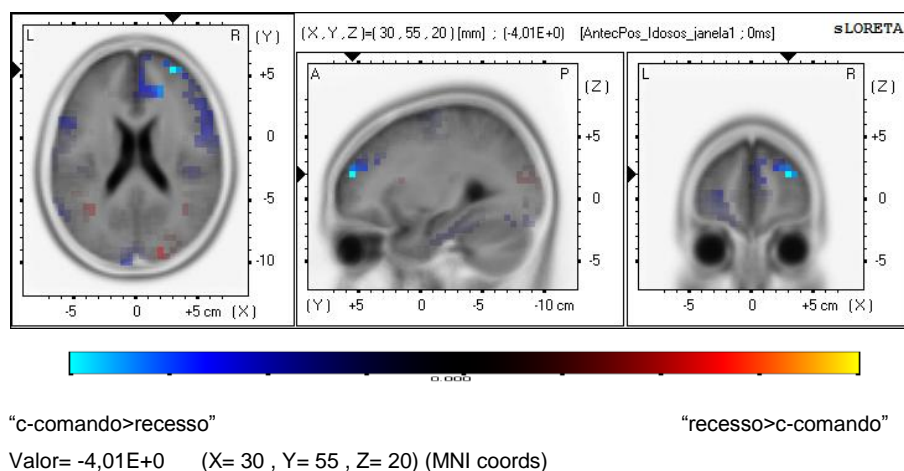


Figura 6. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute and International Consortium for Brain Mapping).

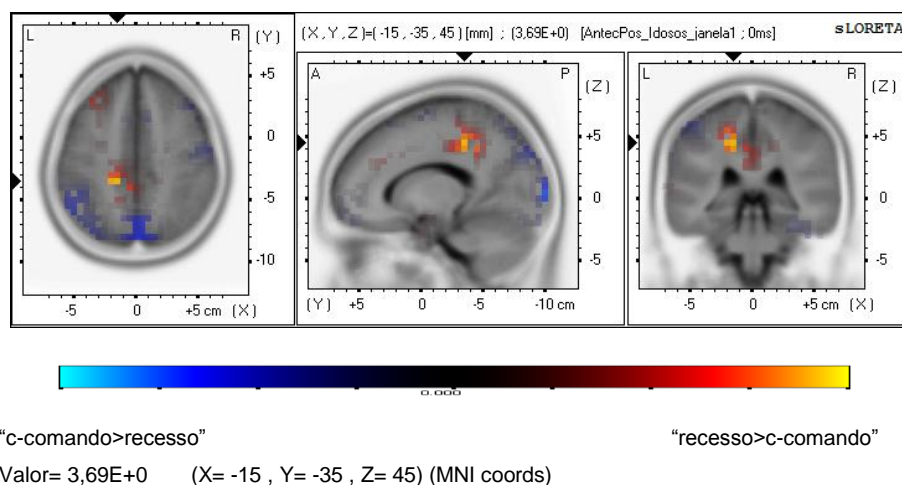


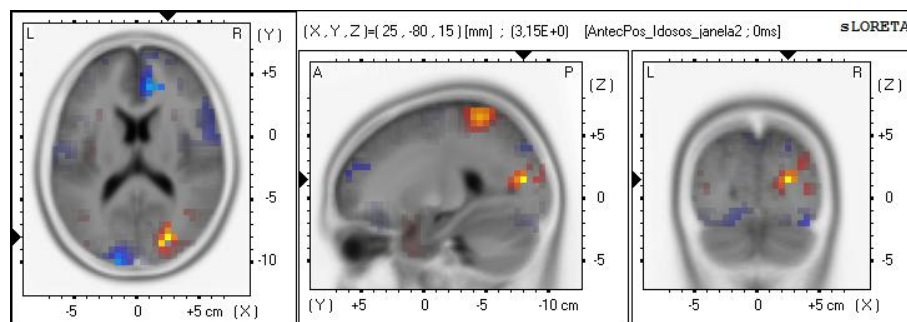
Figura 7: Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute and International Consortium for Brain Mapping).

### 2.2.2. Janela 300-500 ms

Os resultados relativos à ANOVA para a janela dos 300-500 ms mostram um efeito principal significativo para a variável “Posição Sintáctica do Antecedente” na ANOVA medial ( $F(1, 38) = 6.062, p < 0.05, MSE=1.815$ ) e lateral ( $F(1, 38) = 5.252, p < 0.05, MSE=2.531$ ). Foi também Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA) Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

verificado um efeito significativo para a interacção Posição Sintáctica do Antecedente x Grupo Etário para a ANOVA medial ( $F(2, 38) = 4.425$ ,  $p < 0.05$ ,  $MSE = 1.815$ ) e para a ANOVA lateral ( $F(1, 38) = 4.999$ ,  $p < 0.05$ ,  $MSE = 2.531$ ). As interacções significativas foram interpretadas examinando os testes das diferenças nos pares de condições experimentais envolvidos na interacção. O ajustamento de Bonferroni para comparações múltiplas foi utilizado para estabelecer o nível de significância adequado. Verificámos que as condições “c-comando” e “recesso” se diferenciavam significativamente apenas no grupo de idosos: Idosos, “c-comando” vs “recesso”, medial:  $F(1, 38) = 10.423$ ,  $p < 0.05$ ; Idosos, “c-comando” vs “recesso” lateral:  $F(1, 38) = 10.249$ ,  $p < 0.05$ ; Jovens, “c-comando” vs “recesso”, medial:  $F(1, 38) = 0.064$ ,  $p = 0.801$ ; Jovens, “c-comando” vs “recesso”, lateral:  $F(1, 38) = .002$ ,  $p = 0.969$ .

No grupo dos idosos, a análise sLORETA revelou que a variável “Posição Sintáctica do Antecedente” induziu no cúneo, lobo occipital direito (AB 18) a diferença máxima absoluta de densidade de corrente entre a condição “c-comando” e a condição “recesso”, mostrando-se esta diferença favorável à condição “recesso” (Figura 8). A diferença máxima favorável à condição “c-comando” localizou-se no giro lingual occipital esquerdo (AB 18) (Figura 9). Assim, para os idosos, na terceira janela temporal analisada, foi a condição “recesso” que induziu maior activação numa área cerebral, concretamente na área 18 de Brodmann do hemisfério direito.

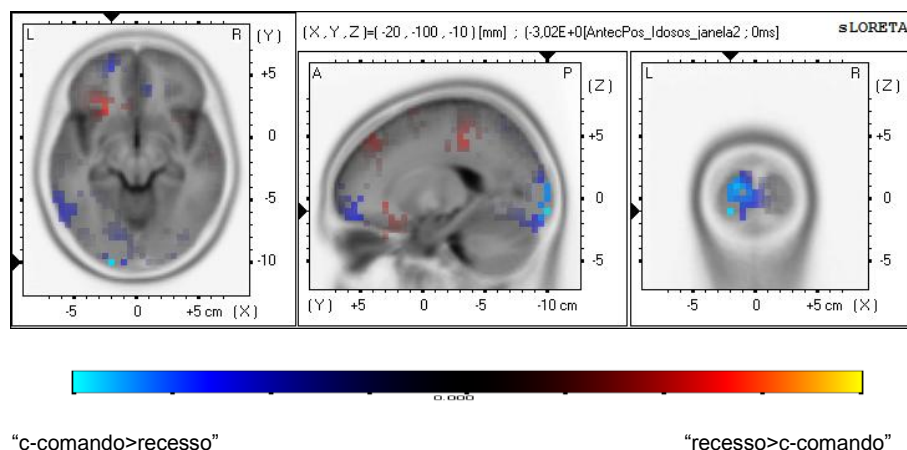


“c-comando>recesso”

“recesso>c-comando”

Valor= 3,15E+0 (X= 25 , Y= -80 , Z= 15) (MNI coords)

Figura 8. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).



Valor= -3,02E+0 (X= -20 , Y= -100 , Z= -10) (MNI coords)

Figura 9. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições 'recesso sintáctico' e 'c-comando' para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).

### 2.2.3 Janela 500-750 ms

Os resultados relativos à ANOVA para a janela dos 500-750 ms mostram um efeito principal significativo para a variável "Posição Sintáctica do Antecedente" na ANOVA medial ( $F(1, 38) = 9.263, p < 0.01, \text{MSE}=1.921$ ) e ANOVA lateral ( $F(1, 38) = 10.027, p < 0.01, \text{MSE}=2.893$ ). Foi verificado um efeito tendencialmente significativo para a interacção Grupo Etário x Gradiente para a ANOVA medial ( $F(2,38) = 2.669, p < 0.01, \text{MSE}=1.921$ ) e um efeito significativo para a ANOVA lateral ( $F(2, 38) = 3.751, p < 0.05, \text{MSE}=2.893$ ). Foi também verificado um efeito tendencialmente significativo para a interacção Posição Sintáctica do Antecedente x Grupo Etário x Hemisfério para a ANOVA lateral ( $F(1, 38) = 2.894, p < 0.1, \text{tend.sig.}, \text{MSE}=2.893$ ).

No grupo dos jovens, a análise sLORETA revelou que a variável "Posição Sintáctica do Antecedente" induziu no giro frontal inferior do lobo frontal direito (AB 9) a diferença máxima absoluta de densidade de corrente entre a condição "c-comando" e a condição "recesso", mostrando-se esta diferença favorável à condição "c-comando" (Figura 10). A diferença máxima favorável à condição "recesso" localizou-se no giro frontal inferior do lobo frontal esquerdo (AB 9) (Figura 11). Assim, para os jovens, na terceira janela temporal analisada, foi a condição "c-comando" que induziu maior activação numa área cerebral, concretamente na área 9 de Brodmann do hemisfério direito.

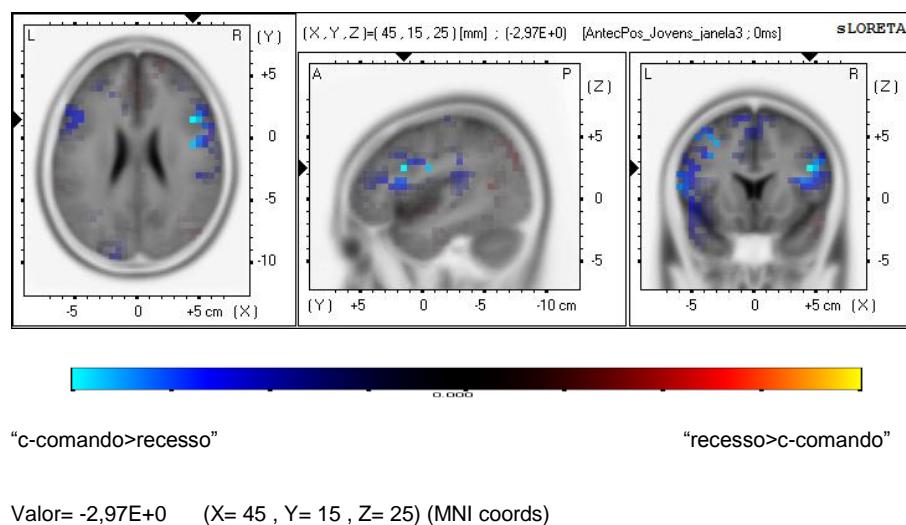


Figura 10. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).

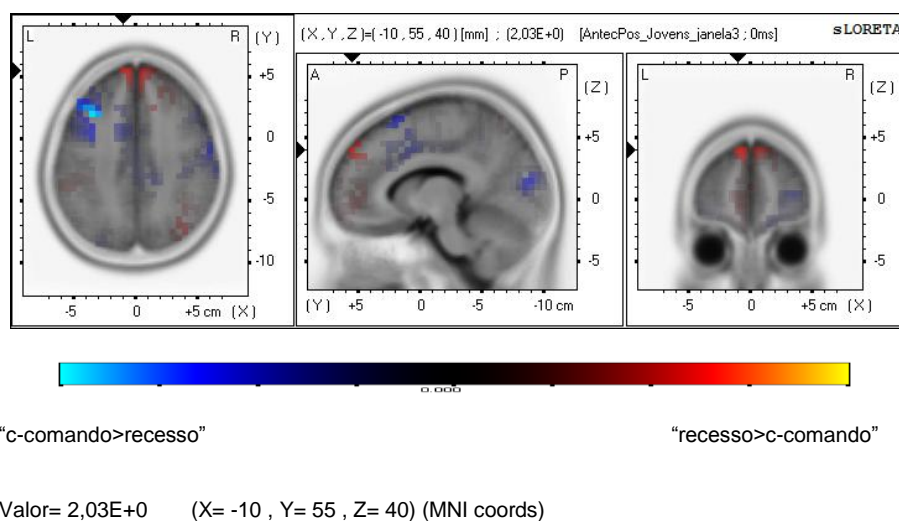


Figura 11. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).

No grupo dos idosos, a análise sLORETA revelou que a variável “Posição Sintáctica do Antecedente” induziu no cúneo, lobo occipital direito (AB 18) a diferença máxima absoluta de densidade de corrente entre a condição “c-comando” e a condição “recesso”, mostrando-se esta diferença favorável à condição “recesso” (Figura 12). A diferença máxima favorável à condição “c-comando” localizou-se no giro frontal inferior do lobo frontal esquerdo (AB 44) (Figura 13). Assim, para os idosos, na terceira janela

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

temporal analisada, foi a condição “recesso” que induziu maior activação numa área cerebral, concretamente na área 18 de Brodmann do hemisfério direito.

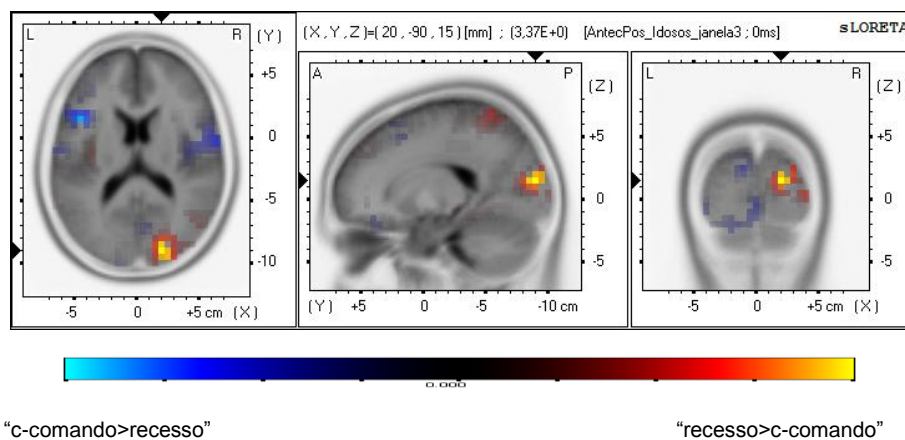


Figura 12. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).

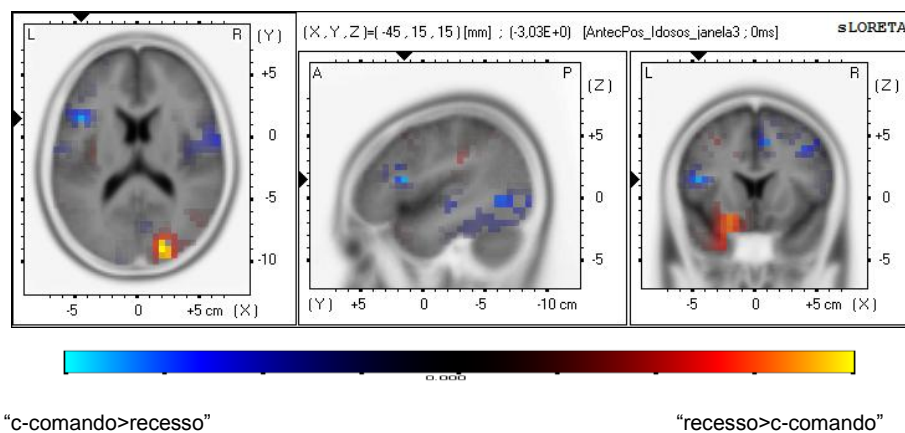


Figura 13. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).

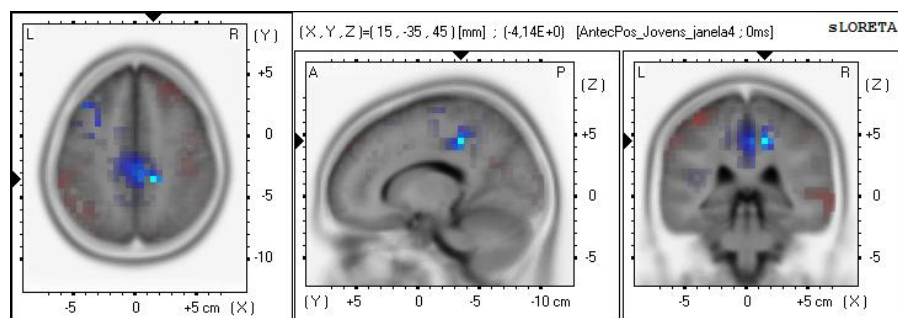
#### 2.2.4. Janela 750-850 ms

Os resultados relativos à ANOVA para a janela dos 750-800 ms mostram um efeito principal tendencialmente significativo para a variável “Posição Sintáctica do Antecedente” na ANOVA medial ( $F(1, 38) = 3.050$ ,  $p < 0.1$ , tend. sig.,  $MSE=6.706$ ) e ANOVA lateral ( $F(1, 38) = 3.105$ ,  $p < 0.1$ ,

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

tend. sig., MSE=10.220). Foi verificado um efeito significativo para a interacção Posição Sintáctica do Antecedente x Hemisfério para a ANOVA lateral ( $F(1,38) = 2.669, p < 0.05, \text{MSE} = 10.220$ ) e um efeito tendencialmente significativo para a interacção Posição Sintáctica do Antecedente x Grupo Etário x Hemisfério para a ANOVA lateral ( $F(1, 38) = 3.308, p < 0.1, \text{tend.sig.}, \text{MSE} = 10.220$ ).

No grupo dos jovens, a análise sLORETA revelou que a variável “Posição Sintáctica do Antecedente” induziu no giro cingulado no lobo límbico direito (AB 31) a diferença máxima absoluta de densidade de corrente entre a condição “c-comando” e a condição “recesso”, mostrando-se esta diferença favorável à condição “c-comando” (Figura 14). A diferença máxima favorável à condição “recesso” localizou-se no giro pós-central no lobo parietal esquerdo (AB 2) (Figura 15). Assim, para os jovens, na quarta janela temporal analisada, foi a condição “c-comando” que induziu maior activação numa área cerebral, concretamente na área 31 de Brodmann do hemisfério direito.



“c-comando>recesso”

“recesso>c-comando”

Valor= -4,14E+0 (X= 15 , Y= -35 , Z= 45) (MNI coords)

Figura 14. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).



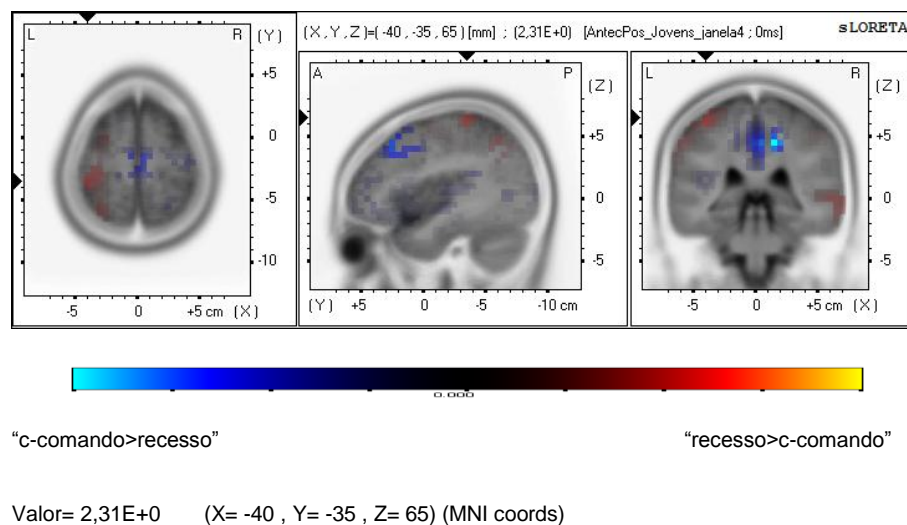


Figura 15. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições ‘recesso sintáctico’ e ‘c-comando’ para o grupo dos jovens, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).

No grupo dos idosos, a análise sLORETA mostrou que a variável “Posição Sintáctica do Antecedente” induziu no giro pré-central do lobo frontal, hemisfério direito (AB 6) a diferença máxima absoluta de densidade de corrente entre a condição “c-comando” e a condição “recesso”, mostrando-se esta diferença favorável à condição “c-comando” (Figura 16). A diferença máxima favorável à condição “recesso” localizou-se no giro temporal medial no lobo temporal direito (AB 39) (Figura 17). Assim, para os idosos, na quarta janela temporal analisada, foi a condição “c-comando” que induziu maior activação numa área cerebral, concretamente na área 6 de Brodmann do hemisfério direito.

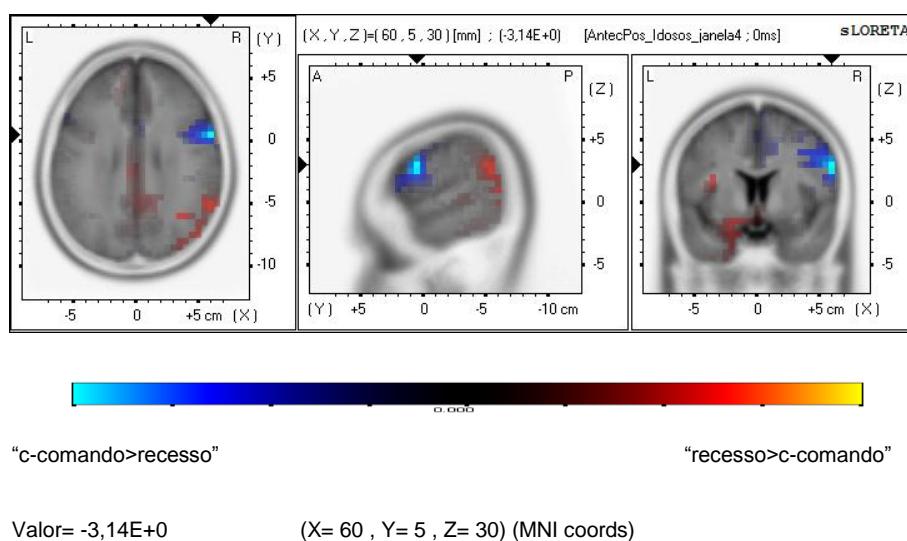


Figura 16. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições 'recesso sintáctico' e 'c-comando' para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).

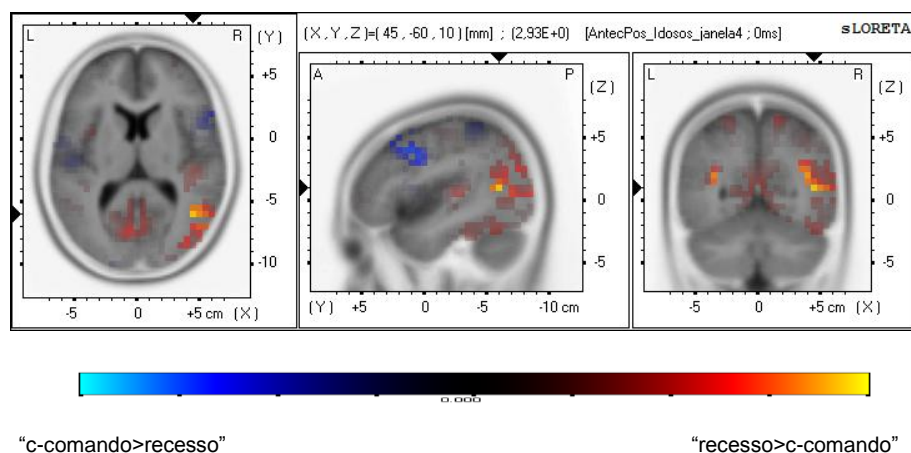


Figura 17. Logaritmo do rácio das médias (logaritmo do F-rácio) das densidades de corrente nas condições 'recesso sintáctico' e 'c-comando' para o grupo dos idosos, calculadas pelo método sLORETA e localizadas na ressonância magnética padrão MNI152 (Montreal National Institute e International Consortium for Brain Mapping).

## V- Discussão

### 1. Janela 150-300 ms

De acordo com o modelo neurocognitivo de processamento frásico proposto por Friederici (2002, 2006)<sup>15</sup>, nesta janela temporal inicia-se o processamento pós-perceptivo da palavra recém-ocorrida na frase, sendo feita a correspondência entre a sequência de identidades de letras que a constituem e uma entrada activada do léxico mental. Enquadramos de seguida, neste modelo, a análise do momento em que, no nosso material, ocorre o pronome. Entre os 150 e os 200 ms após a apresentação do pronome, a informação morfossintáctica associada à respectiva entrada no léxico mental ortográfico (género e número gramaticais, e categoria sintáctica) é disponibilizada para processamento. A identificação da categoria sintáctica ‘pronome’ mobiliza o processador sintáctico, que expande a estrutura sintáctica previamente existente, integrando um novo sintagma nominal, associado à entrada activada no léxico. Entre os 200 e 500 ms iniciam-se os processos de integração semântica. Estes processos

<sup>15</sup> A autora dividiu o processamento auditivo de frases em quatro grandes estádios, identificando estruturas cerebrais activadas em cada um: segmentação e sequenciação fonológica (até 100ms); construção da estrutura sintáctica (entre 100 e 300 ms); definição das relações semânticas e atribuição temática (entre 300 e 500 ms); integração sintáctica, prosódica e semântica (entre 500 e 1000 ms).



deverão produzir uma representação discursiva para o novo SN, sedimentando no modelo da situação descrita pela frase o contributo semântico e referencial do SN previamente criado no nível de representação sintáctica da frase. Em resposta ao objectivo de criar esta representação discursiva, é agora mobilizado o processo específico de resolução anafórica (Koornneef, 2008; Nicol & Swinney, 2003).

De acordo com Koornneef, Wijnen e Reuland (2006) e Koornneef (2008), a resolução anafórica é inicialmente tentada no nível de representação sintáctico, na possibilidade de instituir directamente como representação discursiva do sintagma nominal pronominal a representação discursiva do SN (antecedente) que o c-comanda, dispensando a construção de uma representação discursiva distinta. Apenas se o antecedente se revelar incompatível em género e/ou número com o pronome, será construída uma representação discursiva específica para o sintagma nominal pronominal.

### 1.1. Grupo dos adultos jovens

Neste grupo, a diferença máxima absoluta de densidade de corrente mostrou-se favorável à condição “c-comando”, que induziu maior activação na área 31 de Brodmann, no precúneo direito. A AB 31 integra o córtex cingulado posterior, abrangendo ainda as porções mais ventrais do precúneo, no lobo parietal. Cavanna e Trimble (2006) propõem excluir do estudo funcional do precúneo as porções integradas na área 31, dado que a citoarquitectura desta área, distinta da da área de Brodmann dominante no precúneo (AB 7), sugere que as porções precuneanas da AB 31 deverão integrar-se funcionalmente com o córtex cingulado posterior. Para a interpretação do resultado aqui em apreciação, guiámo-nos assim pela literatura relevante para a compreensão do significado funcional da actividade do córtex cingulado posterior.

Ng et al. (2007) atribuem a activação significativa que o córtex cingulado apresenta numa grande variedade de tarefas (e.g., atenção, aprendizagem e memória) ao facto de, em maior ou menor grau, todas elas comportarem uma componente de atenção selectiva. Os mesmos autores sugerem, com base em estudos lesionais conduzidos em modelos animais, que o córtex cingulado (anterior e posterior) desempenha um papel crucial na inibição das dimensões exteriores àquela em que se situam as características relevantes para gerir os deslocamentos do foco atencional. Hayden et al. (2008), numa investigação com modelos animais, identificam um papel inibitório específico para os neurónios do córtex cingulado posterior na gestão de comportamentos de escolha contingentes a resultados. Esse papel consistiria em inibir a escolha seleccionada num ensaio ou sequência de ensaios, para permitir a selecção alternativa, em particular quando a nova escolha é arriscada, surgindo após um ensaio em que a escolha seleccionada produziu o resultado positivo máximo. O padrão de disparo dos neurónios do córtex cingulado posterior sugere aos autores que a actividade encontrada reflecte também processos associados à memória de trabalho e atenção, servindo assim o córtex cingulado posterior não só como suporte de processos inibitórios mas também como *buffer* para a manutenção

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

da informação relativa ao resultado de escolhas prévias, entretanto inibidas. Huster et al. (2010), utilizando uma variante do paradigma *go-nogo* e técnicas de reconstrução de actividade cerebral associada a PECs, identificaram como centro do efeito P300 evocado pelos ensaios *no-go* a zona posterior do cíngulo médio direito, implicando novamente esta estrutura na gestão de actividade inibitória.

Os dados PEC obtidos na presente investigação sugerem que, nos adultos jovens, a selecção de um antecedente que c-comanda um pronome explícito em posição de sujeito, ainda que bem sucedida no que diz respeito à concordância em género e número, é truncada por um processo *top-down*<sup>16</sup>. Esta suspensão interromperia o processo de resolução anafórica no nível sintáctico, deslocando-o para o nível de representação discursivo.

A literatura revista relativamente ao significado funcional da activação do cíngulo posterior implica esta estrutura na inibição de opções ajustadas, como o seria a resolução do pronome com antecedente que o c-comanda, dada a concordância em género e número entre os dois. A opção mais arriscada de examinar um novo antecedente candidato em posição de não-comando, para o qual não foi ainda testada a concordância com o pronome, pode assim ser assumida pelo sistema. A activação desta área permite também conceber que o resultado do teste de concordância para o antecedente em posição de c-comando seja mantido em memória, e que a selecção desse candidato possa ser reassumida. O processo de resolução prosseguirá então na segunda janela, com a criação de uma representação autónoma, referencialmente deficiente, para o pronome no nível discursivo.

## 1.2. Grupo dos adultos idosos

Globalmente, os dados PEC obtidos na presente investigação sugerem que, nos adultos idosos, a tentativa inicial de resolução anafórica no nível de representação sintáctica conduz, na condição c-comando, à selecção final do antecedente que c-comanda o pronome, na sequência imediata do êxito do teste de concordância em género e número. Neste grupo etário, contrariamente ao que se passaria nos jovens, não seria detectado o conflito entre a resolução validada no nível de processamento sintáctico e o uso habitual do pronome explícito em posição de sujeito, privilegiadamente destinado à selecção de antecedentes em posição de não-comando. Dada a indisponibilidade do processamento preditivo e uso preferencial de estratégias de processamento *bottom-up*, os idosos não suspendem a resolução iniciada no nível sintáctico e esta completar-se-á, pela via sintáctica.

As representações discursivas de entidades individuais devem ser integradas em representações de eventos, introduzidas no nível discursivo pela ocorrência de verbos (Avrutin, 2006). Esta integração implica que sejam atribuídos às entidades individuais os papéis semânticos associados ao significado do verbo (e.g., agente, paciente, origem, destino, *etc.*) (O'Grady

<sup>16</sup> Concebivelmente motivado, por sua vez, por processos antecipatórios que mobilizam o conhecimento relativo à utilização do contraste pronome nulo/pronome explícito.

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

& Dobrovolsky, 1993). A atribuição de papéis semânticos é guiada pela relação estrutural entre o verbo e os SNs no nível sintáctico de representação (i.e., informação de caso gramatical, como sujeito, complemento directo, etc.). Uma vez que a atribuição de papéis semânticos é uma operação discursiva, a sua realização bem sucedida exige que as entidades individuais retenham informação identificadora do seu estatuto sintáctico relativamente ao verbo. Essa exigência evidencia-se no facto de diferentes verbos atribuírem diferentes papéis temáticos a entidades com estatutos sintácticos idênticos:

“O João deu o livro ao Pedro”: [o João] *sujeito* → *origem*, [o livro] *complemento directo* → *tema*, [o Pedro] *complemento indirecto* → *destino*

“O João recebeu o livro do Pedro”: [o João] *sujeito* → *destino*, [o livro] *complemento directo* → *tema*, [o Pedro] *complemento indirecto* → *origem*

O completamento da resolução de um pronome por via sintáctica implica um passo de processamento especificamente destinado a actualizar a informação de caso gramatical existente na representação discursiva do antecedente. Tendo esta representação sido originada pelo SN sujeito da oração principal, ela contém a informação de caso gramatical caracterizadora da posição estrutural desse SN, *sujeito*. Uma vez que, na resolução por via sintáctica, a representação discursiva do antecedente é directamente assumida como representação do pronome, não sendo criada para este uma representação discursiva autónoma, a informação de caso gramatical nesta representação deve ser actualizada, por forma a reflectir agora a posição estrutural do pronome na oração subordinada. Na oração principal, essa informação cumpriu já a sua função, tendo-se completado a construção da representação discursiva do evento descrito por essa oração. A sua actualização não alterará portanto a interpretação da oração principal, e é condição para que possa ser devidamente processada a atribuição dos papéis semânticos associados ao verbo da segunda oração. Uma vez actualizada a informação de caso, a representação do antecedente pode ser reassumida como representação do pronome, completando-se o processo de resolução anafórica.

Neste grupo, a diferença máxima absoluta mostrou-se favorável à condição “c-comando”, induzindo uma maior activação surgiu no giro frontal superior direito (AB 10). A área 10 de Brodmann tem sido recentemente implicada no processamento de comparações, desde verificações simples de correspondências, a cuja dificuldade a AB 10 direita é sensível (Bunge, Helskog, & Wendelken, 2009). A AB 10 direita surge também implicada na substituição adaptativa de uma regra a aplicar por uma outra, durante a execução de uma tarefa, quando estas regras não se distinguem no tipo de elementos que relacionam (Yoshida, Funakoshi, & Ishii, 2010). O último trabalho referido, no que respeita à troca simples de regras, presta-se uma analogia interessante com a actualização da informação de caso gramatical na representação discursiva do antecedente. Trata-se de substituir a regra de mapeamento caso gramatical → papel semântico que vigorou na oração principal, por uma outra regra que relaciona elementos da mesma natureza daqueles envolvidos na regra em

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)

Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

atualização, estabelecendo assim uma regra adequada para a computação do mapeamento em causa na oração subordinada.

De facto, na atribuição de papel semântico ao antecedente, na oração principal, é activada uma das regras de preenchimento da grelha de papéis semânticos do verbo dessa oração (e.g., numa circunstância em que o antecedente é sujeito dessa oração, *sujeito* → *agente*). Quando, numa resolução por via sintáctica, a representação discursiva do antecedente é remobilizada como valor do SN pronominal, a mesma regra encontra-se implicitamente pré-seleccionada enquanto a informação de caso gramatical presente na representação discursiva do antecedente não for actualizada, substituindo-a pela informação de caso associada ao SN pronominal. Com esta actualização, a regra de preenchimento da grelha de papéis semânticos a aplicar é devidamente substituída por aquela que permitirá a atribuição adequada de um papel na grelha de papéis semânticos do verbo da segunda oração (e.g., numa circunstância em que pronome seja complemento directo dessa oração, *c.d.* → *paciente*). Trata-se de uma substituição em que não há variação na categoria dos elementos relacionados pela primeira e pela segunda regra (caso gramatical → papel semântico, num caso como noutro), configurando assim um caso análogo àqueles em que Yoshida, Funakoshi e Ishii (2010) identificaram activação na AB 10 direita.

Esta activação parece assim corresponder à resolução do pronome por via sintáctica, marcando o aspecto processual que, nesta janela, seria a marca distintiva da condição “c-comando” relativamente à condição “recesso”, no grupo dos idosos. Enquanto, na condição “recesso”, a tentativa de resolução por via sintáctica é abandonada com o fracasso do teste de concordância de género, na condição “c-comando” a resolução por via sintáctica progride, actualizando-se a informação necessária ao mapeamento do caso gramatical do SN pronominal para a grelha de papéis semânticos do verbo da oração subordinada.

## 2. Janela 300-500 ms

### 2.1. Grupo dos adultos jovens

Na ausência de diferenças estatisticamente significativas entre as condições “c-comando” e “recesso”, compreende-se que a resolução sintáctica na condição “c-comando” tenha sido anteriormente bloqueada, na janela temporal 150-300 ms discutida. Considerando-se a eventualidade de não ser identificado um antecedente em posição de não-comando congruente em género e número com o pronome<sup>17</sup>, a representação discursiva autónoma criada para o pronome pelos jovens fixará o seu conteúdo referencial através de uma dependência discursiva com o antecedente inibido. Esta indiferenciação implica então que a condição “c-comando” é processada no nível discursivo, analogamente à condição “recesso”.

<sup>17</sup> O antecedente candidato alojado no recesso genitivo da oração principal nunca concorda em género com o pronome.

## 2.2. Grupo dos adultos idosos

Como vimos na secção 3.2, o N400 é conhecido como índice de custo de integração semântica, e a sua ocorrência é interpretada como um marcador da criação de uma representação discursiva e criação subsequente de uma dependência discursiva (Burkhart, 2007). Este efeito marca a formação, no nível discursivo, da dependência referencial entre a representação pronominal previamente projectada para esse nível e a representação do antecedente.

Neste grupo, a diferença máxima absoluta mostrou-se favorável à condição “recesso”, com a área de maior activação na AB 18 direita. A AB 18 está integrada no córtex extra-estriado, e em partes do cúneo, o giro lingual e o giro occipital médio do lobo occipital, tendo sido implicada no processamento visuo-espacial. Num estudo com PECs, Waberski et al., (2008) utilizaram a reconstrução de densidade de corrente para examinar a dinâmica temporal (entre os 50 a 400 ms) dos processos neuronais envolvidos na realização de julgamentos sobre bissecção de linhas. Na tarefa-controlo os participantes teriam que decidir se uma linha horizontal era seccionada transversalmente por uma linha vertical, independentemente da sua posição. Os autores verificaram que a AB 18 direita, constituía uma das fontes neuronais de actividade significativa, implicando-a em processos visuo-espaciais. Globalmente, os resultados da investigação forneceram suporte à ideia de um envolvimento precoce de uma rede parietal do hemisfério direito no processamento de informação visuo-espacial. Por seu lado, Decety et al., (1997) utilizaram a técnica de imagiologia PET para observar e mapear a actividade cerebral associada à observação de gestos manuais. Através de quatro condições experimentais, os participantes foram instruídos a observar acções com dois objectivos: reconhece-las ou imitá-las. Os autores verificaram que, independentemente da estratégia utilizada durante a observação, o significado da acção induziu diferenças significativas nos resultados com claras assimetrias hemisféricas. Acções sem significado pareceram envolver a via occipitoparietal do hemisfério direito, onde se incluiu a AB 18.

Revemos abaixo a interpretação teórica para a existência desta activação.

Na condição “recesso”, a lista de conteúdos candidatos é inicializada com a representação discursiva do nó acessível por via sintáctica, e o exame de correspondências de traços de concordância (género e número gramaticais) é mobilizado no nível de representação sintáctico. Com a detecção da incongruência de género, determina-se a eliminação da representação escrutinada. Seguidamente, com o objectivo de identificar a representação discursiva que corresponde ao conteúdo referencial visado pelo emissor, e especificado como critério de busca a omissão de candidatos previamente verificados e rejeitados, a lista de antecedentes candidatos é reinicializada com a inserção da representação discursiva do nó localizado no recesso genitivo. Uma representação discursiva autónoma, referencialmente deficiente, é construída para o pronome. Assim, o processo de exame de correspondências de traços de concordância é mobilizado e

concluído com sucesso no nível de representação discursivo (género e número semânticos) e é disponibilizada, como origem da informação referencial em falta, a representação que ocupa o topo da lista de candidatos. A representação deficiente é colmatada relativamente ao conteúdo referencial, e uma dependência discursiva é criada entre a nova representação e a representação que originou o seu conteúdo referencial, especificando tratar-se de uma recorrência da mesma entidade. A sobreposição das representações assumiria uma componente visuo-espacial implicada pela activação da área AB 18, reforçando a interpretação de Almor et al. (2007), que sugerem que o sistema linguístico evoluiu através da adaptação de circuitos neuronais pré-existentes, tomando vantagem de funções de áreas que permitem a gestão de múltiplas representações como se fossem espacialmente distintas, necessária ao estabelecimento da co-referência para duas expressões linguísticas com representações discursivas distintas.

Na condição “c-comando”, a resolução do pronome é processada no nível de representação sintáctico. A representação discursiva do antecedente, cuja actualização da informação de caso gramatical foi processada na janela anterior (AB 10 direita), é remobilizada como interpretação do pronome no nível de representação discursivo, concluindo o processo de resolução anafórica. O processador sintáctico pode assim preparar a árvore sintáctica para a criação do próximo nó.

### **3. Janela 500-750 ms**

#### **3.1. Grupo dos adultos jovens**

No grupo dos jovens, a diferença máxima absoluta de densidade de corrente mostrou-se favorável à condição “c-comando”, e localizou-se na AB 9 direita. A AB 9 direita está integrada no córtex pré-frontal dorsolateral (CPF DL), e crê-se estar associada ao controle executivo da MT, nomeadamente em processos de manipulação, operando em informações já mantidas na memória (Fletcher & Henson, 2001). Não temos conhecimento de investigações sobre a AB 9 direita que contribuam para a interpretação do resultado aqui em apreciação, pelo que nos guiámos assim pela literatura relevante para a compreensão do significado funcional da actividade do CPF DL.

Prado e Noveck (2007), através de estudo que reuniu um paradigma PECs e fMRI numa tarefa de julgamento, instruíram a 20 participantes que decidissem se uma regra condicional era verificada ou infirmada por um item-alvo visual correspondente. Os autores verificaram que o CPF DL médio direito estava especificamente envolvido na condição de não correspondência. Uma análise adicional, de natureza psicofisiológica, revelou que a activação do CPF DL foi acompanhada por uma diminuição da integração funcional com o córtex visual bilateral e um aumento da integração funcional com o córtex parietal direito. Estes resultados parecem indicar a necessidade de interromper os processos perceptivos, a fim de seleccionar uma resposta adequada lógica. Sugerem também que as regiões envolvidas em processos de inibição (inclusivas do CPF DL médio direito e

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

córtex frontal médio) estão envolvidas quando os participantes têm de superar os desfasamentos de percepção, a fim de dar uma resposta de raciocínio lógico. Um estudo com o mesmo paradigma que a investigação anterior, da autoria de Monchi et al., (2001), utilizou o *Wisconsin Card Sorting Task* para estudar o padrão de activação durante 4 fases distintas do desempenho de uma tarefa que envolvia a correspondência entre dois cartões idênticos. Os resultados demonstraram envolvimento de diferentes áreas pré-frontais durante as diferentes fases de execução da tarefa, sendo consistentes com o papel proposto para o CPFDL na monitorização de eventos em memória de trabalho. Especificamente, observou-se o aumento de activação da AB 9 durante a fase em que os participantes recebiam *feedback*, i.e., no momento em que a informação actual deveria estar relacionada a eventos anteriores armazenadas na memória de trabalho. Por sua vez, Slotnick e Moo (2006) hipotetizaram que o hemisfério direito seria preferencialmente responsável por processos de coordenação de relações espaciais e que isso se reflectiria no córtex pré-frontal durante tarefas de categorização e coordenação de memória visuo-espacial. Esta hipótese foi testada com recurso a fMRI, durante uma tarefa de codificação, em que formas abstractas eram apresentadas no hemicampo esquerdo ou direito, para além de um ponto a uma distância variável da forma. Os participantes foram instruídos de se lembrar da posição de cada ponto em relação à forma. A região do córtex pré-frontal direito (AB 9/10) revelou-se privilegiadamente associada a coordenar a memória visuo-espacial. Os autores argumentam que este resultado tem implicações directas para a explicação de que o córtex pré-frontal direito está associado com a memória do item e as suas relações espaciais.

As investigações científicas mencionadas, conjuntamente com os nossos resultados, sugerem-nos que, nesta janela temporal, a implicatura conversacional é processada e integrada na representação discursiva do agente da segunda oração. A resolução discursiva na condição “c-comando” permite preservar a ligação entre a representação discursiva do pronome e a forma pronominal escolhida pelo emissor para indicar o antecedente pretendido. Desta forma, torna-se viável para o receptor a actividade inferencial, suportado por componentes visuo-espaciais, relativa à intenção de significado associada à escolha do emissor, que, nesta condição, configura uma violação da máxima do modo de Grice.

### 3.2. Grupo dos adultos idosos

No grupo dos idosos, a diferença máxima absoluta mostrou-se favorável à condição “recesso” e localizou-se na mesma área de activação da janela temporal anterior (AB 18 direita), o que nos sugere que continua, nesta janela, o processo de resolução discursiva do pronome na condição “recesso”, através da activação da representação discursiva cuja dependência com a representação do conteúdo referencial original foi estabelecida na janela anterior.

## 4. Janela 750-850 ms

### 4.1. Grupo dos adultos jovens

No grupo dos jovens, a diferença máxima absoluta mostrou-se favorável à condição “c-comando” localizada na AB 31 direita. O giro cingulado é basicamente composto pelas áreas de Brodmann 24, 23, 29, 30 e por parte da área 31, correspondente ao giro cingulado posterior. O córtex cingulado parece ser anatomicamente relevante para diferentes sistemas cognitivos, tais como atenção, aprendizagem e memória em estudos com modelos animais (Ng et al., 2007). Apesar do córtex cingulado, especialmente o anterior, parecer particularmente activado em humanos durante tarefas atencionais como *Wisconsin Card Sorting Test*, tarefa de *Stroop* e monitorização (Bush et al., 1998; Konishi et al., 1998), défices específicos são difíceis de encontrar em humanos, dificultando o conhecimento do seu envolvimento em processos atencionais. Não obstante, de acordo com Ng et al. (2007), o córtex cingulado anterior e posterior são críticos no deslocamento da atenção para pistas relacionadas através da supressão da interferência de informação de fundo irrelevante (dentro de uma dimensão perceptiva ou *set* atencional). No nosso estudo, a activação desta área parece marcar o processamento e integração, suportada através de recursos atencionais, da implicatura conversacional, na representação discursiva do agente da segunda oração. Por exemplo, a nuance de significado entre “a empregada do merceiro discutiu com o freguês a quem ela tinha vendido maçãs estragadas” e “a empregada do merceiro discutiu com o freguês a quem (*pro*) tinha vendido maçãs estragadas”, consistiria na introdução, por via inferencial, da explicitação da ausência de contributo agencial de “o merceiro”, com base no contraste pronome explícito/nulo, na acção denotada pela segunda oração: A empregada e não o merceiro tinha vendido as maçãs. A introdução do bloco adicional de informação requer que o foco atencional seja deslocado da representação do agente da segunda oração (a empregada), introduzida pelo pronome explícito, para o antecedente candidato preterido (o merceiro), para que possa então ser criado o conteúdo proposicional adicional (o merceiro não tinha vendido as maçãs). O processo descrito é congruente com as funções atribuídas por Ng et al. (2007) ao córtex cingulado.

### 4.2 Grupo dos adultos idosos

No grupo dos idosos, a diferença máxima absoluta mostrou-se favorável à condição “c-comando” localizada na AB 6 direita, no giro pré-central do lobo frontal. Apesar de esta área estar associada a uma miríade de funções linguísticas e cognitivas (e.g., D'Esposito et al. (1998), na memória de trabalho espacial; Knauff et al. (2002), no raciocínio dedutivo), o enquadramento temporal com que guiámos a nossa interpretação leva-nos a supor que os idosos estariam já a lidar com outros aspectos do processamento linguístico, relacionados com a palavra que se sucede ao pronome.



## Conclusões

À medida que a nossa compreensão sobre as estruturas cerebrais responsáveis pela linguagem se desenvolveu ao longo dos anos, também a nossa apreciação e reconhecimento deste sistema da cognição humana se veio a revelar extremamente pertinente e fértil.

O presente trabalho pretendeu acrescentar informação sobre a arquitectura funcional linguística e gerar uma maior compreensão aos modelos linguísticos actualmente existentes. Neste sentido, centrámo-nos particularmente na resolução anafórica de pronomes pessoais em duas situações com exigências de processamento diferenciadas, uma em que o pronome é resolvido com antecedente em posição acessível a resolução por via sintáctica, outra em que o pronome é apenas resolvido por via discursiva. Comparámos o sistema de processamento da linguagem na idade avançada com homólogos jovens e pode-se comprovar de que forma o adulto idoso gere o equilíbrio entre minimização de custos de processamento (mais reduzidos na resolução por via sintáctica) e a maximização da informação extraída da expressão pronominal (que requer, para ser extraída, o deslocamento da resolução pronominal para a via discursiva, computacionalmente mais dispendiosa). Foi também oferecida uma possível visão da forma como as diversas áreas cerebrais podem actuar na resolução pronominal por via sintáctica e discursiva. Dada a aparente ausência de relação linear entre uma área ou estrutura cerebral e uma função linguística correspondente, não é fácil retirar conclusões a partir dos (escassos) estudos que se debruçam sobre a arquitectura deste tipo de processamento linguístico específico, na medida em que utilizam diferentes línguas, tipos de frase, tarefas e metodologias de imagem. É, portanto, provável que muitas das descrições e resultados aqui serão revistos à luz de outros dados, sendo que replicações com diferentes paradigmas e metodologias são necessárias. Não obstante, os dados empíricos aqui analisados suportam um entendimento da resolução pronominal como um aspecto particular e essencial da compreensão linguística que se alicerça em regiões do cérebro além da tradicional rede fronto-temporal.

A compreensão da arquitectura cerebral subjacente ao processamento anafórico na idade avançada tem implicações práticas, bem como significado teórico. O estudo de diferentes assinaturas PEC, como a análise do efeito N400 oferece *insight* sobre o processamento do significado e processos cerebrais e computacionais subjacentes, sugerindo que o significado frásico é um processo polimodal e sensível ao contexto que surge a partir de uma rede cortical temporal e espacialmente distribuída. Por exemplo, a relativa dificuldade, por parte de adultos idosos, em fazer sentido da informação ao nível da mensagem parece surgir na forma como tiram proveito das pistas disponíveis ancoradas ao nível discursivo/pragmático, de forma a enriquecer o significado global da frase. Isto parece explicar as alterações na compreensão do humor e ironia na idade avançada, sugerida por estudos com PECs (e.g. Coulson & Kutas, 2001; Regel, 2008; Regel, Gunter, & Friederici, 2010). A consideração de aspectos relacionados com o efeito N400 será também interessante para a detecção precoce e não invasiva

Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos:  
um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

da demência, e futura obtenção de resultados satisfatórios com a implementação de procedimentos de reabilitação neuropsicológica. A técnica dos PECs tem sido descrita como um meio privilegiado para a identificação de biomarcadores. Um marcador biológico dependente da mobilização funcional de circuitos neuronais poderia oferecer sensibilidade às alterações cognitivas mais precocemente do que técnicas baseadas em imagiologia estrutural, uma vez que alterações destes circuitos ao nível do funcionamento sináptico precederiam na demência o desenvolvimento de alterações estruturais (Selkoe, 2002; Terry et al., 1991). A natureza deste marcador poderia assim permitir identificar alterações cognitivas patológicas antes da sua expressão clara no desempenho de tarefas estandardizadas de avaliação neuropsicológica.

Os nossos resultados também têm implicações para os modelos cognitivos de compreensão da linguagem. O sistema linguístico dos idosos parece, sempre que possível, utilizar a via sintáctica, computacionalmente menos dispendiosa, enquanto os adultos jovens parecem sacrificar a eficiência computacional em benefício de um acesso e integração integral da informação pragmática (Federmeier, 2007). A previsão da necessidade de enriquecer informacionalmente a ligação entre pronome e antecedente faria com que a resolução sintáctica fosse preterida em favor da resolução ao nível discursivo, salvaguardando a existência de representações explícitas do antecedente, do pronome, e da sua dependência referencial, passíveis assim de servirem de *input* a um processo posterior de inferência pragmática (Koorneef, Wijnen, & Reuland, 2006). E de facto, evidências sobre áreas corticais específicas envolvidas no processamento de referência podem contribuir para uma maior compreensão sobre a forma como estes processos operam (Almor et al., 2007) e acrescentam novos dados à Hipótese da Carga Informacional. A perspectiva da modularidade linguística, não tendo lugar no presente trabalho, seria também um fértil alvo de discussão.

Adicionalmente, estudos de neuroimagem, tal como o utilizado nesta investigação fornecem contributo importante. De facto, o sLORETA como técnica válida para estudos de localização permite obter informações temporalmente mais precisas (na ordem dos milisegundos) sobre os processos cerebrais. Novas abordagens não invasivas como esta irão certamente acelerar os avanços na investigação em neurociências, enriquecendo particularmente a nossa compreensão dos processos linguísticos.

Não obstante o possível contributo do presente trabalho para a literatura científica na área, aprez referir algumas limitações associadas a este estudo. Primeiramente, convém ressaltar que os grupos dos idosos e jovens que constituem a amostra do estudo não são equivalentes ao nível dos anos de escolaridade. Em segundo lugar, apesar das suas reconhecidas e robustas vantagens, o sLORETA revela as áreas cerebrais envolvidas, embora não necessariamente essenciais para o desempenho de uma tarefa em curso. Finalmente, dado constrangimentos de espaço e tempo não foi possível apresentar os resultados de sub-intervalos de cada janela temporal, para além da média da janela temporal que foi apresentada.

De forma geral, este trabalho pretendeu reunir o conhecimento Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

adquirido sobre o circuito cerebral que sustenta as diferenças associadas à idade na mobilização do processamento pronominal por via sintáctica e discursiva, tendo-se concentrado principalmente em responder à questão "onde" e "quando". Conforme conquistamos mais conhecimento sobre o "onde" e "quando" do processamento da linguagem, devemos começar a considerar a importante questão do "como". A qualidade temporal e espacial crescente das técnicas de imagiologia será uma referência inestimável a este respeito. Saber onde procurar por um determinado tipo de processo irá simplificar a pesquisa pela forma como o cérebro funciona.

### Bibliografia

- Almor, A. (1999). Noun-phrase anaphora and Focus: The Informational Load Hypothesis. *Psychological Review*, 4, 748-765.
- Almor, A. (2000). Constraints and mechanisms in theories of anaphor processing. In M. W. Crocker, M. Pickering & C. Clifton (Eds.), *Architectures and Mechanisms for Language Processing* (pp. 341-354). Cambridge: Cambridge University Press.
- Almor, A. Smith, D. Bonilha, L. Fridriksson, J., & Rorden, C. (2007). What is a name? Spatial brain circuits are used to track discourse references. *Neuroreport*, 12, 1215-121.
- Almor, A., & Eimas, P. (2008). Focus and noun phrase anaphors in spoken language comprehension. *Language and cognitive processes*, 23, 201-225. doi: 10.1080/01690960701330936.
- Anderer, P. Pascual-Marqui, R. Semlitsch, H., & Saletu, B. (1998). Differential effects of normal aging on sources of standard N1, target N1 and target P300 auditory event-related brain potentials revealed by low resolution electromagnetic tomography (LORETA). *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 108, 160-174.
- Ariel, M. (1990). *Accessing noun-phrase antecedents*. London: Routledge
- Avrutin, S. (2006). Weak Syntax. In Y. Grodzinsky & K. Amunts (Eds.), *Broca's Region* (pp. 49-62). New York: Oxford Press.
- Bak, T. H., Rogers, T. T., Crawford, L. M. Hearn, V. C., Mathuranath, P. S., & Hodges, J. R. (2005). Cognitive bedside assessment in atypical parkinsonian syndromes. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 76, 420-422. doi: 10.1136/jnnp.2003.029595
- Bookheimer, S. (2002). Functional MRI of language: New Approaches to Understanding the Cortical Organization of Semantic Processing. *Annual Review of Neuroscience*, 25, 151-88. doi: 10.1146/annurev.neuro.25.112701.142946.
- Brito, A. (2003). Tipologia e distribuição das expressões nominais. In M. R. Delgado-Martins (Ed.), *Gramática da Língua Portuguesa* (pp.795-847). Lisboa: Caminho.
- Bunge, S. A. Helskog, E. H., & Wendelkenl, C. (2009). Left, but not right, rostralateral prefrontal cortex meets a stringent test of the relational integration hypothesis. *Neuroimage*, 46, 338-342. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.01.064

- Burke, D. M., & Laver, G. D. (1990). Aging and word retrieval: Selective age deficits in language. In E. A. Lovelace (Ed.), *Aging and cognition: mental processes, self-awareness, and interventions* (pp. 281-300). New York: Elsevier-North Holland.
- Burke, D. (1999). Language Production and Aging. In S. Kemper & R. Kliegl, (Eds.), *Constraints on Language: Aging, Grammar and Memory* (pp. 3-28). Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Burke, D. M., & Shafto, M. A. (2008). Language and Aging. In F. Craik & T.A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* (pp.373-427). New York: Psychology Press.
- Burkhardt, P. (2005). *The syntax-discourse interface: representing and interpreting dependency*. Amsterdam: Jonh Benjamin publishing company
- Burkhardt, P. (2007). Reference assignment in the absence of sufficient semantic content. In M. Schwartz-Friesel, M. Consten & M. Knees (Eds.), *Anaphors in text: cognitive, formal and applied approaches to anaphoric reference* (pp. 241-258). Amsterdam: Jonh Benjamin Publishing Company.
- Burkhardt, P. (2008). Two Types of Definites: Evidence for Presupposition Cost. *Proceedings of SuB12*, 12, 66-80.
- Bush, G. Whalen P.J. Rosen B. R. Jenike M. A. McInerney S. C., & Rauch S. L. (1998). The counting Stroop: An interference task specialized for functional neuroimaging—Validation study with functional MRI. *Human Brain Mapping*, 6, 270–282.
- Caplan, D. 1992. *Language, structure, processing, and disorders*. Cambridge: MIT Press.
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. *Psychology Aging*, 17, 85-100.
- Caplan, D., & Bub, D. (1990). Psycholinguistic assessment of aphasia. Mini-Seminário apresentado no *The Annual Convention of the American Speech-Language- Hearing Association* em Seattle.
- Caplan, D., & Waters, G. (1999). Age effects on the functional neuroanatomy of syntactic processing in sentence comprehension. In S. Kemper & R. Kliegl, (Eds.), *Constraints on language: aging, Grammar and Memory* (pp. 283-298). Norwel: Kluwer Academic Publishers.
- Caplan, D. Alpert, N., & Waters, G. (1998). Effects of Syntactic Structure and Propositional Number on Patterns of Regional Cerebral Blood Flow. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 10, 541-552.
- Carvalho, T. (em preparação). *Efeitos da discrepância entre Carga Informacional e função de expressões anafóricas em adultos jovens e idosos: um estudo com potenciais evocados*. Dissertação de Mestrado Integrado. Faculdade de Psicologia e de Ciências de Educação da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Cavanna, A., & Trimble, M. (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*, 129, 564–583. doi:10.1093/brain/awl004
- Costa, A. (2005). *Processamento de frases em Português Europeu: Aspectos cognitivos e linguísticos implicados na compreensão da língua escrita*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

- Coulson, S., & Kutas, M. (2001). Getting it: Human event-related brain response to jokes in good and poor comprehenders. *Neuroscience Letters*, 316, 71-74.
- Davies, R. R., Dawson, K., Mioshi, E., Erzinçlioglu, S., & Hodges, J. R. (2008). Differentiation of semantic dementia and Alzheimer's disease using the Addenbrooke's Cognitive Examination (ACE). *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 23, 370-375.
- Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2007). Qué PASA? The Posterior-Anterior Shift in Aging. *Cerebral Cortex*, 18, 1201-1209. doi:10.1093/cercor/bhm155
- Decety, J., Grèzes, J., Costes, N., Perani, D., Jeannerod, M., Procyk, E., Grassi, F., & Fazio, F. (1997) Brain activity during observation of actions Influence of action content and subject's strategy. *Brain*, 120, 1763–1777.
- Démonet, J. F., Chollet, F., Ramsay, S., Cardebat, D., Nespoulous, J. L., Wise, R., Rascol, A., & Frackowiak, R. (1992). *The anatomy of phonological and semantic processing in normal subjects. Brain*, 115, 1753-1768.
- D'Esposito, M., Aguirre, G. K., Zarahn, E. K., Ballard, D., Shin, R. K., & Lease, J. (1998). Functional MRI studies of spatial and non-spatial working memory. *Cognitive Brain Research* 7, 1–13.
- Dudas, R. B., Berrios, G. E., & Hodges, J. R. (2005). The Addenbrooke's Cognitive Examination (ACE) in the differential diagnosis of early dementias versus affective disorder. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 13, 218-226.
- Dwivedi, V., Phillips, N., Lague-Beauvais, M., & Baum, S. (2006). An electrophysiological study of mood, modal context and anaphora. *Brain Research*, 1117, 135-153.
- Evans, W. J., & Starr, A. (1994). Electroencephalography and Evoked potentials in the elderly. In M. L. Albert & J. Knoefel (Eds.), *Clinical neurology of aging* (pp. 235-265). Oxford: Oxford University Press.
- Fabiani, M., & Gratton, G. (2005). Electrophysiological and Optical Measures of cognitive aging. In R. Cabeza, L. Nyberg & D. C. Park (Eds.), *Cognitive neuroscience of aging: linking cognitive and cerebral aging* (pp. 85-106). Oxford: Oxford University Press.
- Federmeier, K. D., Van Petten, C., Schwartz, T., & Kutas, M. (2003). Sounds, Words, Sentences: Age-Related Changes Across Levels of Language Processing. *Psychology and Aging*, 18, 858–872.
- Federmeier, K. D. (2007). Thinking ahead: The role and roots of prediction in language comprehension. *Psychophysiology*, 44, 491-505.
- Festas, I., Leitão, J., Formosinho, M., Albuquerque, C., Vilar, M., Martins, C., ... Teixeira, N. (2006). PALPORT – Uma bateria de avaliação psicolinguística das afasias e de outras perturbações da linguagem para a população portuguesa. In C. Machado, L. Almeida, A. Guisande, M. Gonçalves, & V. Ramalho (Eds.), *XI Conferência Internacional Avaliação Psicológica: Formas e Contextos* (pp.719- 729). Braga: Psiquilibrios.
- Fiez, J. (1997). Phonology, Semantics, and the Role of the Left Inferior Prefrontal Cortex. *Human Brain Mapping*, 5, 79-83.
- Fletcher, P. C., & Henson, R. N. (2001). Frontal Lobes and human memory: insights from functional neuroimaging. *Brain*, 124, 849-881.

- Fodor, J. (1983). *The modularity of Mind: An Essay on Faculty Psychology*. Cambridge: MIT Press.
- Folstein, M. F. Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). Mini Mental State: A practical method for grading the cognitive state of patientis for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- França, S. (2010). *Resolução de Pronomes em idosos saudáveis: um estudo com Potenciais Evocados Cognitivos*. Dissertação de Mestrado Integrado. Faculdade de Psicologia e de Ciências de Educação da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Friederici, A. D. Meyer, M., & von Cramon, Y. (2000). Auditory Language Comprehension: An Event-Related fMRI Study on the Processing of Syntactic and Lexical Information. *Brain and Language*, 74, 289-300. doi: 10.1006/brln.2000.2313.
- Friederici, A. (2002). Towards a neural basis of auditory sentence processing, *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 78-84.
- Friederici, A., D. Hahne, A., & Saddy, D. (2002). Distinct neurophysiological patterns reflecting aspects of syntactic complexity and syntactic repair. *Journal of Psycholinguistic Research*. 31, 45–63.
- Friederici, A. D., & Lachman, T. (2002). From language to reading and reading disability. In E. Witruk, A. D. Friederici, & T. Lachman, (Eds.), *Basic Functions of language, Reading and Reading Disability* (pp.3-7). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Friederici, A. (2006). The Neural Basis of Sentence Processing: Inferior Frontal and Temporal Contributions. In Y. Grodzinsky & K. Amunt (Eds.), *Broca's region* (pp. 196-217). New York: Oxford University Press.
- Grupo de Estudos de Envelhecimento Cerebral e Demência, GEECD. (2008). *Escalas e testes na demência* (2ª ed.). Lisboa: Novartis.
- Gianotti, L. Kunig, G. Lehman, D. Faber, P. Pascual-Marqui, R. Kochi, K., & Schreiter-Gasser, U. (2007). Correlation between disease severity and brain electric LORETA tomography in Alzheimer's disease. *Clinical Neurophysiology*, 118, 186-196.
- Greenblatt, R. Ossadtchi, A., & Piliieger, M. (2005). Local linear estimators for the bioeletromagnetic inverse problem. *Transactions on Signal Processing*, 53, 3404-3412.
- Gunter, T. C. Stowem L. A., & Mulder, G. (1997).When syntac meets semantics. *Psychophysiology*, 34, 660-676.
- Gunter, T. Vos, S., & Friederici, A. (1999). Memory or aging? That's the question: an electrophysiological perspective on language. In S. Kemper & R. Kliegl, (Eds.), *Constraints on language: aging, Grammar and Memory* (pp. 249-282). Norwel: Kluwer Academic Publishers.
- Hagoort, P. (2008). The fractionation of spoken language understanding by measuring electrical and magnetic brain signals. *Philosophical transactions of the royal society*, 1055-1069. doi: 10.1098/rstb.2007.2159
- Hammer A. Jansma, B. M. Lamers, M., & Munte T. F (2005). Pronominal Reference in Sentences about Persons or Things: An Electrophysiological Approach. *Journal of Cognitive Neuroscience* 2005, 17, 227-239. doi: 10.1162/0898929053124947

- Hayden, B. Nair, A. McCoy, A., & Platt, M. (2008). Posterior Cingulate Cortex Mediates Outcome-Contingent Allocation of Behavior, *Neuron*, 60, 19-25. doi: 10.1016/j.neuron.2008.09.012
- Hayes, S., & Cabeza, R. (2008). Imaging Aging. In S. Hofer & D. Alwin (Eds.), *Handbook of Cognitive Aging: Interdisciplinary Perspectives* (pp. 308-328). Los Angeles: Sage Publications.
- Huster, R. J. Westerhausen, C. Pantev, & C. Konrad (2010). The Role of the Cingulate Cortex as Neural Generator of the N200 and P300 in a Tactile Response Inhibition Task. *Human Brain Mapping*, 31, 1260–1271. doi: 10.1002/hbm.20933
- Kapur, S. Craik, F. I. Tulving, E. Wilson, A. Houle, S., & Brown, G. M. (1994). Neuroanatomical correlates of encoding in episodic memory: Levels of processing effect. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91, 2008-2011.
- Knauff, M. Mulacka, T. Kassubekb, J. Salihc, H. R., & Greenleed, M. W. (2002). Spatial imagery in deductive reasoning: a functional MRI study. *Cognitive Brain Research*, 13, 203–212.
- King, J. Kutas, M. (1995). Do the waves begin to waver? ERP studies of language processing in the elderly. In Allen, P. A. & Bashore, T. R. (Eds.), *Age differences in Words and Language Processing* (pp.314-344). Amsterdam: North-Holland.
- Koornneef, A. Wijnen, F., & Reuland, E. (2006). Towards a modular approach to anaphor resolution. In R. Artstein, & M. Poesio (Eds.), *Ambiguity in Anaphora Workshop Proceedings* (pp 65–72). Málaga: ESLLI.
- Koornneef, A. W. (2008). *Eye-catching Anaphora*. Dissertação de Doutorado. Instituto de Linguística de Utrecht, Utrecht, Holanda.
- Konishi, S. Nakajima, K. Uchida, I. Kameyama, M. Nakahara, K. Sekihara, K., & Miyashita, Y. (1998). Transient activation of inferior prefrontal cortex during cognitive set shifting, *Nature Neuroscience*, 1, 80-85.
- Kotz, S. A., & Friederici, A. D. (2003). Electrophysiology of normal and pathological language processing. *Journal of neurolinguistics*, 16, 43-58.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: Brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207, 203–205.
- Lamers, M. Jansma, B. Hammer, A., & Munte, T. (2008). Differences in the processing of anaphoric reference between closely related languages: neurophysiological evidence. *Biomedical Neuroscience*, 9, 1-13. doi: 10.1186/1471-2202-9-55.
- Leitão, M. (2005). *O processamento do objecto direto anafórico no Português Brasileiro*. Dissertação de Doutorado. Faculdade de Letras da Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Leitão, J. Branco, A. Pinango, M., & Pires, L. (2009). Pronoun Resolution to Commanders and Recessors: A View from Event-Related Brain Potentials. *Lecture Notes in Computer Science*, 5847, 107-109. doi: 10.1007/978-3-642-04975-09.
- Leitão, J. Branco, Firmino, H. Gouveia, J. França, S., Luis, P., ... Leitão, T. (2010, April). *Pronoun Resolution in Young and Older Adults: A Study with Event-Related Brain Potentials*. Poster apresentado no VIII Simpósio da Bial Aquém e além do Cérebro, Porto.

- Lopes, E. (2003). *Fundamentos da Linguística Contemporânea*. São Paulo: Cultrix.
- Mathuranath P. S. Nestor, P. J. Berrios, G. E., Rakowicz, W., & Hodges, J. R. (2000). A brief cognitive test battery to differentiate Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Neurology*, 12, 1613-1220.
- McNamara, T. (2005). *Semantic priming: perspectives from memory and word recognition*. New York: Psychology Press.
- Martin, R. (2003). Language processing: functional Organization and Neuroanatomical Basis. *Annual Reviews of Psychology*, 54, 55-89. DOI: 10.1146/annurev.psych.54.101601.145301
- Mason, R. A., & Just, M. A. (2006). Neuroimaging contributions to the understanding of discourse processes. In M. Traxler & M. A. Gernsbacher (Eds.), *Brain imaging of discourse processing. Handbook of Psycholinguistics* (pp. 765-799). Amsterdam: Elsevier.
- Mioshi, E. Dawson, K. Mitchell, J. Arnold, R., & Hodges J. R. (2006). The Addenbrooke's Cognitive Examination Revised (ACE-R): a brief cognitive test battery for dementia screening. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 21, 1078-1085.
- Monchi, O. Petrides, M. Petre, V. Worsley, K., & Dagher, A. (2001). Wisconsin Card Sorting Revisited: Distinct Neural Circuits Participating in Different Stages of the Task Identified by Event-Related Functional Magnetic Resonance Imaging. *The Journal of Neuroscience*, 21, 7733-7741.
- Ng, C. Noblejas, M. Rodefer, J. Smith, C., & Poremba, A. (2007). Double Association of Attentional Resources: Prefrontal Versus Cingulate Cortices, *The Journal of Neuroscience*, 27, 12123-12131. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2745-07.2007
- Nicol, J., & Swinney, D.A. (1989). The role of structure in coreference assignment during sentence comprehension. *Journal of Psycholinguistic Research, Special Issue: Sentence Processing*, 18, 5-19.
- Nicol, J., & Swinney, D. (2003) The psycholinguistics of anaphora. In A. Barss (Ed.), *Anaphora* (pp. 72-104). Oxford: Blackwell Press.
- Nieuwland, M. Petersson, & K. Van Berkum, J. (2007). On sense and reference: Examining the functional neuroanatomy of referential processing. *Neuroimage*, 37, 993-1004. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.05.048
- Nieuwland, M. S. & Van Berkum, J. (2006). Individual differences and contextual bias in pronoun resolution: Evidence from ERPs. *Brain Research*, 1118, 155-167.
- O'Grady, W. & Dobrovolsky, M. (1993). *Contemporary Linguistics: An introduction*. New York: St. Martins Press.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- Osterhout, L., & Holcomb, P.J. (1992). Event-related Brain Potentials elicited by Syntactic Anomaly. *Journal of memory and language*, 31, 785-806.
- Osterhout, L., & Mobley, L. A. (1995). Event-related Brain Potentials Elicited by Failure to Agree. *Journal of Memory and Language*, 34, 739-773. doi: 10.1006/jmla.1995.1033
- Osterhout, L. McLaughlin, J. Kim, A. Greenwald, R., & Inoue, K. (2004). Sentences in the Brain: Event-Related Potentials as Real-Time Reflections
- Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA)  
Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010



- of Sentence Comprehension and Language Learning. In M. Carreiras & C. Clifton (Eds.), *The on-line study of sentence comprehension: Eyetracking, ERP, and beyond* (pp. 271-308). New York: Psychology Press.
- Pachana, N. Byrne, G. Siddle, H. Koloski, N. Harley, E., & Arnold, E. (2007). Development and validation of the Geriatric Anxiety Inventory. *International Psychogeriatrics*, 19, 103–114.
- Palmero-Soler, E. Dolan, K. Hadamschek, V., & Tass, P. (2007). swLORETA: a novel approach to robust source localization and synchronization tomography. *Physics in Medicine and Biology*, 52, 1783-1800.
- Pascual-Marqui, R. D. (2002). Standardized low resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details. *Methods and Findings in Experimental and Clinical Pharmacology*, 24, 5-12.
- Prado, J., & Noveck, I. A. (2007). Overcoming perceptual features in logical reasoning: A parametric fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 642–657.
- Ramage, A., & Holland, A. (2001). Language in normal aging and age-related neurological disorders. In F. Boller, J. Grafman & S. Cappa (Eds.), *Handbook of neuropsychology: Aging and Dementia* (pp.81-96), Amsterdam: Elsevier Science.
- Raz, N. (2004). The aging brain: Structural changes and their implication for cognitive aging, In R. A. Dixon, L. Backman, & L. Nilsson (Eds.), *New frontiers in cognitive aging* (pp.115-134). Oxford: Oxford University Press.
- Regel, V. (2008). *The comprehension of figurative language: Electrophysiological evidence on the processing of irony*. Dissertação de Doutorado. Faculdade de Ciências Humanas da Universidade de Potsdam, Potsdam, Alemanha.
- Regel, S., Gunter, T., & Friederici, A. (2010). Isn't It Ironic? An Electrophysiological Exploration of Figurative Language Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, (early access), 1-17. Consultado a 4 de Janeiro de 2010, disponível em: <http://www.mitpressjournals.org>
- Reinhart, T. (1983). *Anaphora and Semantic Interpretation*. Chicago: University of Chicago Press.
- Reuter-Lorenz, P. (2002). New visions of aging mind and brain. *Trends in Cognitive Science*, 6, 394-400.
- Robertson, D. A. Gernsbacher, M. A., Guidotti, S. J., Robertson, R. R., Irwin, W. Mock, ... Campana, M. (2000). Functional neuroanatomy of the cognitive process of mapping during discourse comprehension. *American Psychological Society*, 11, 255-260.
- Schmitt, B. Lamers, M., & Munte T. F. (2002). Electrophysiological estimates of biological and syntactic gender violation during pronoun processing. *Cognitive Brain Research*, 14, 333-346. doi: 10.1016/S0926-6410(02)00136-2
- Sekihara, K. Sahani, M., & Nagarajan, S. (2005). Localization bias and spatial resolution of adaptive and non-adaptive spatial filters for MEG source reconstruction. *Neuroimage*, 25, 1056-1067.
- Selkoe, D. (2002). Alzheimer's disease is a synaptic failure. *Science*, 298, 789-791.

- Shafritz, K. Gore, J., & Marois, R. (2002). The role of the parietal cortex in visual feature binding. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 10917-10922. doi: 10.1073\_pnas.152694799.
- Simões, M. Sousa, L. Duarte, P. Firmino, M. Vilar, H. Pinho, M., ... S, Ferreira, (2010). *Avaliação Cognitiva de Addenbrooke – Versão Revista (ACE-R): Manual Técnico, de Administração e Cotação*. Faculdade de Psicologia e de Ciência de Educação: Universidade de Coimbra.
- Slotnick, S. D., & Moo, L. R. (2006). Prefrontal cortex hemispheric specialization for categorical and coordinate visual spatial memory. *Neuropsychologia*, 44, 1560–1568. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.018
- St. George, M. Kutas, M. Martinez, A., & Sereno, M. I. (1999). Semantic integration in reading: engagement of the right hemisphere during discourse processing. *Brain*, 122, 1317-1325.
- Strauss, E. Sherman, E., & Spreen, O. (2006). *A compendium of neuropsychological tests: administration, norms and commentary* (3<sup>rd</sup> edition). New York: Oxford University Press.
- Streb, J. Hennighausen, E., & Rosler, F. (2004). Different anaphoric expressions are investigated by event-related brain potentials. *Journal of Psycholinguist Research*, 33, 175–201.
- Stromswold, K. Caplan, D. Alpert, N., & Rauch, S. (1996). Localization of Syntactic Comprehension by Positron Emission Tomography. *Brain and Language*, 52, 452-473.
- Swinney, D., & Love, T. (2002). Context effects on lexical processing during auditory sentence comprehension. In E. Witruk, A. D. Friederici & T. Lachman, (Eds.), *Basic Functions of language, Reading and Reading Disability* (pp.3-7). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Tatum, W. O. (2008). Normal EEG. In W. O. Tatum, A. M. Husain, S. R. Benbadis, & Kaplan, P. W. (Eds.), *Handbook of EEG interpretation*. New York: Demos.
- Terry, R., Masliah, E., Salmon, D., Butters, N. DeTeresa, R. Hill, R., ... Katzman, R. (1991). Physical basis of cognitive alterations in Alzheimer's disease: synapse loss is the major correlate of cognitive impairment. *Annals of Neurology*, 30, 572-580. doi: 10.1002/ana.410300410
- Thompson-Schill, S. L. D'Esposito, M. Aguirre, G., & Farah, M. (1997). Role of left inferior prefrontal cortex in retrieval of semantic knowledge: A reevaluation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 14792-14797.
- Van Berkum, Hagoort, P., & Brown, C. (1999). Semantic integration in sentences and discourse: evidence from the N400. *Journal of cognitive neuroscience*, 11, 657-671.
- Van Berkum, J. (2004). Sentence Comprehension in a Wider Discourse: Can We Use ERPs to Keep Track of Things?. In M. Carreiras & C. Clifton (Eds.), *The Online Sentence Comprehension: Eye Trackings, ERPs and beyond* (pp. 229 – 270). New York: Psychology Press.
- Van Berkum, J. Koornneef, A. W. Otten, M., & Nieuwland, M. (2007). Establishing reference in language comprehension: na electrophysiological Localizações cerebrais envolvidas no processamento de pronomes em adultos jovens e idosos: um estudo com Tomografia Electromagnética Cerebral de Baixa Resolução (sLORETA) Marta Camacho Gonçalves (marta\_g@mail.pt) 2010

- perspective. *Brain Research*, 1146, 158-171. doi: 10.1016/j.brainres.2006.06.091.
- Van Berkum, J. (2008). Understanding sentences in context: what the brain can tell us. *Current Directions in Psychological Science*, 17, 376-380. doi: 10.1111/j.1467-8721.2008.00609.x
- Waberski, T. D. Gobbelé, R. Lamberty, K. Buchner H. Marshall, J. C., & Fink, G. R. (2008). Timing of visuo-spatial information processing: Electrical source imaging related to line bisection judgements. *Neuropsychologia*, 46, 1201–1210. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.10.024
- Wagner, A. Shannon, B. Kahn, I., & Buckner, R. (2005). Parietal lobe contributions to episodic memory retrieval. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 445-453. doi: 10.1016/j.tics.2005.07.001.
- Wechsler, D. (2008). *Escala de Memória de Wechsler III (WMS-III) - Manual*. Lisboa: Cegoc.
- Wingfield, A., & Grossman, M. (2006). Language and the Aging Brain: Patterns of Neural Compensation Revealed by Functional Brain Imaging. *Journal of Neurophysiology*, 96, 2830–2839.
- Yesavage, J. A. Brink, T. L. Rose, T. L. Lum, O. Huang, V. Adey, M., & Leirer, V. O. (1983). Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *Journal of Psychiatric Research*, 17, 37-39.
- Yoshida, W. Funakoshi, H., & Ishii, S. (2010). Hierarchical rule switching in prefrontal cortex. *NeuroImage*, 50, 314-322. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.12.017
- Zatorre, R. J. Evans, A. C. Meyer, E., & Gjedde, A. (1992). Lateralization of phonetic and Pitch discrimination in speech processing. *Brain*, 256, 846-849.