

Cad.Est.Ling., Campinas, 49(2):151-165, 2007

## A INTERFACE LINGÜÍSTICA-NEUROCIÊNCIA DA LINGUAGEM

ANIELA IMPROTA  
(UFRJ)

**ABSTRACT:** This study reviews the interface Linguistics-Neuroscience of Language under philosophical, theoretical and technical perspectives, taking into account two major inherent obstacles which are the *Granularity Mismatch Problem* and the *Ontological Incommensurability Problem* (Poepfel; Embick, 2005). Some possibilities to lessen the effect of these interface problems are examined, and examples of felicitous attempts to work in this interface are provided: two related to speech perception, two to lexical access and one to syntactic processing.

### I. INTRODUÇÃO:

Entre nós, lingüistas, uma queixa freqüente é a de que o nosso tópico de estudo não é bem compreendido pelas pessoas a nossa volta e tampouco por outras ciências. E justamente na era em que a cognição de linguagem ganha espaço na mídia, com o avanço da neurociência, vem a pergunta se realmente vale a pena assumir a interdisciplinaridade com a biologia para fazer lingüística com mais visibilidade e talvez ganhar um novo ponto de observação metódica de um aspecto de uma cognição da qual já entendemos bastante sem olharmos para dentro do cérebro. O que vamos aprender com exames do tipo ressonância magnética funcional, que mostram imagens de cérebros iluminados em concomitância ao desempenho lingüístico, ou exames como o EEG, que produzem traçados das ondas elétricas relacionadas a eventos lingüísticos?

De certa forma o questionamento é justo. Primeiro, porque a aproximação com a biologia não é nem um pouco trivial. Em segundo lugar porque a Teoria Gerativa, desenvolvida em grande parte a partir do simples exercício de introspecção, já atinge níveis de adequação explicativa, especialmente desde a abordagem de Princípios e Parâmetros (PP).

Em contrapartida, como sinaliza Chomsky, o objetivo último do cientista cognitivo, incluindo neste grupo os lingüistas, deve ser “conhecer o cérebro: sua arquitetura e componentes, com seus estados e propriedades e constituição.” Desta forma, Chomsky já previa no início dos anos 90, ainda bem no início da implementação

desta nova neurolinguística<sup>1</sup>, que ela poderia vir a exercer um papel no mapeamento dos fenômenos da Faculdade de Linguagem:

“As noções externa e interna derivam de uma abordagem do estudo da linguagem que me parece dúbia de começo, uma abordagem que procura distinguir evidência lingüística de evidência psicológica. Um dado específico não vem com uma etiqueta presa na manga indicando seu propósito. É só um dado que pode ser encarado como uma evidência de alguma coisa à luz de uma teoria. Julgamentos de gramaticalidade de sentença (essencialmente perceptuais) são dados legítimos, assim como resultados de estudos de priming e de atividade elétrica do cérebro.(...) Naturalmente, temos esperança de podermos unificar estes [dados]: por exemplo, como a atividade elétrica se relaciona com as representações e derivações ou como elementos dos sistemas computacionais se relacionam com as células.” (Chomsky, 1994, pag.7 tradução minha)

Com efeito, é flagrante a motivação para se investigar a fisiologia da linguagem instada pela própria Teoria Gerativa, especialmente nas versões Minimalistas: a clara explicitação das fronteiras do componente micromodular onde se dá a computação de linguagem propriamente dita (*narrow syntax*, Chomsky, 2001), posiciona *além* do perímetro central de visibilidade um conjunto variado de mecanismos de interface entre a computação gramatical e sistemas de desempenho externos a ela, como memória, decodificação e codificação da fonética e instruções motoras ao aparelho fonador. Já que se assume que cada módulo lingüístico, com seus traços mínimos primitivos, interaja, de forma específica, com módulos externos à linguagem, com os quais faz interface, o licenciamento destes traços, veículos da intensa comunicação intermodular, passa a ser um campo de estudo imprescindível para as ciências cognitivas, entre elas a própria lingüística. Por isto é desejável conhecer os traços primitivos e entender como o cérebro os computa de forma a gerar produtos legítimos nas interfaces.

Existe, portanto, espaço para investigações lingüísticas junto à neurociência, que usando a teoria lingüística como guia, pode atingir níveis mais internos e fisiológicos da cognição não diretamente transparentes na expressão do desempenho.

Mas há também enormes desafios neste percurso. O mais importante deles foi apontado por Chomsky na citação acima e batizado alguns anos mais tarde por

---

<sup>1</sup> O campo da afasiologia, desde o séc XIX, inaugurou a neurolingüística como uma importante fonte de informação sobre a Faculdade de linguagem a partir do output lingüístico de indivíduos enfermos (Broca, 1874; Wernicke, 1861; Grodzinsky, 1990). O método de investigação se baseia principalmente em estudos comportamentais off-line para correlacionar output lingüístico com regiões do cérebro afetadas em sua tessitura. Juntam-se a estes, estudos off-line de dupla dissociações, em que indivíduos com uma dada lesão têm preservado um módulo que aparece alterado em indivíduos com outra lesão e vice-versa. A dupla dissociação tem sido usada na neurolingüística com sucesso para delimitar e caracterizar os módulos cognitivos (Blumstein, 1977). Porém, a partir dos anos 80 surgem métodos não invasivos de avaliação cerebral (EEG-ERP, MEG, fMRI, PET scan) que, por não representarem perigo à saúde, passam a poder investigar a Faculdade de Linguagem em ação em indivíduos saudáveis. Esta nova neurolingüística inclui estudos on-line, desenhados a partir do pressupostos da Teoria Lingüística nos quais pode-se observar o curso temporal e fisiológico da cognição da linguagem diretamente no córtex.

Poeppel e Embick (2005) como o *Problema da Incomensurabilidade Ontológica* entre os objetos de estudo da lingüística e os da neurociência. Por exemplo, como reduzir as operações de ajuste em PF a algum componente fisiológico como neurônio, junções neuronais, sinapses, dendritos, ou a aspectos da atividade elétrica como amplitude ou latência das ondas?

Outro desafio é o Problema da Incompatibilidade de Granularidade (Poeppel, Embick, 2005). Os objetos de estudo da Lingüística são de um nível de sutileza bem maior do que aqueles atingidos pela neurociência em geral. Enquanto discute-se na lingüística a natureza de diminutas computações de linguagem, fases, checagem de traços, na neurociência os achados indicam, por exemplo, o lobo cerebral que fica mais ativado quando existe atividade lingüística em curso.

Para aqueles que acham que se meter na empreitada da biotecnologia vale a pena, e eu me incluo neste grupo, estes desafios ainda são questão em aberto, ou melhor, só agora começam a ser abordados em um programa ainda incipiente, mas que já começa a delinear alguns caminhos promissores.

Neste trabalho, meu objetivo principal é pontuar alguns destes caminhos, exemplificando com pesquisas relevantes na área. Defendo a tese de que experimentos no âmbito da neurociência da linguagem podem ser ligados diretamente às expectativas minimalistas, especialmente àquelas definidas pela Morfologia Distribuída (Marantz, 1997). Por apresentar um espaço derivacional restrito, delimitado por fases a cada categorização (múltiplos spell-outs à la Marantz, 1997), e ser não lexicalista, a Morfologia Distribuída reforça a idéia de serialidade, micromodularidade e granularidade computacional que são em si um convite para os estudos da neurofisiologia. Para chegar ao meu intento pretendo discutir alguns dados de experimentos de eletrofisiologia que discriminam mecanismos de acesso lexical de mecanismos sintaxe e que mostram como diferentes aspectos do processamento de uma mesma fase podem ou não se afetar mutuamente e quando.

## **II. DA PERCEÇÃO DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS PELOS OUVIDOS ÀS ABSTRAÇÕES REPRESENTADAS NO CÉREBRO**

Seguindo um crescente consenso da comunidade de neurociência, o cérebro aqui assumido é massivamente modular. Cada módulo se increve no cérebro como um órgão independente capaz de desempenhar computações específicas. As cognições são fruto da conjugação instintiva de módulos especializados em resolver problemas típicos da nossa espécie (Gallistel, 1997). Mas que problemas tem a cognição de linguagem?

O primeiro deles diz respeito ao processamento dos sons da fala: Como os sinais físicos contínuos são transformados em representações abstratas discretas que serão a base para a computação daí em diante? Esta *transdução do input* nada trivial é equivalente à passagem da informação acústica (ondas sonoras) às

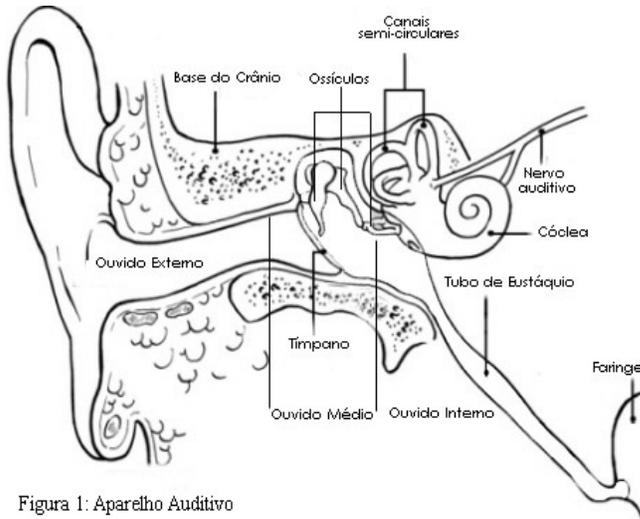


Figura 1: Aparelho Auditivo

representações cerebrais de primitivos abstratos que podemos supor que sejam os traços distintivos com os quais a computação pode operar.

À guisa de ilustração da complexidade desta computação, este processo será descrito a seguir. Tudo se dá a partir do ouvido externo (cf. fig.1) que coleta ondas acústicas com informações mistas: lingüísticas e não lingüísticas. As ondas sonoras que chegam aos ouvidos como vibrações mecânicas são amplificadas neste trecho e mandadas para o ouvido médio que, através do tímpano, transforma a energia das ondas em vibrações que atingem três pequenos ossos ocos, que por sua vez comprimem as informações para entrarem no ouvido interno. O ouvido interno consiste da cóclea, de canais semicirculares, e do nervo auditivo. A cóclea é um órgão em forma de um caramujo que se esticado chega a 3 cm de comprimento.

Além de estar cheia de fluido, a superfície interna da cóclea está recoberta por cerca de 20.000 células nervosas que terminam em cílios com comprimentos minimamente diferentes. À medida que uma onda de compressão se move da interface entre o ouvido médio ao ouvido interno através da cóclea, as células nervosas na forma de cílios são empurradas e entram em movimento. Cada uma destas células possui uma sensibilidade natural para uma dada frequência de vibração. Quando a frequência da onda de compressão casa com a frequência natural da célula nervosa, a célula ressoa com uma grande amplitude de vibração. Esta vibração ressonante induz a célula a liberar um impulso elétrico que passa ao longo do nervo auditivo para dentro do cérebro.

A área de recepção de input sonoro no cérebro é o córtex auditivo primário, situado bilateralmente nos lobos temporais. Lá chegam todas as informações sonoras, 10 ou 15 ms após terem sido captadas pelo ouvido externo. As ondas na frequência de 2000-5000 Hz que codificam as informações da fala passam por uma espécie de *spell-out* para a área de Wernicke, também no lobo temporal, onde são pareadas a representações fonológicas para poderem ser processadas (Luo et al. 2005).

O input chega à Wernicke por volta dos 100 ms e lá começa a ser processado. Evidências robustas da micromodularidade no processamento destas representações fonológicas e da existência de especificidade lingüística nestes processamentos vêm da área de lesões: (i) *surdez pura para palavras* (Coslett et al., 1984) – inabilidade de entender fala com preservação da percepção auditiva não lingüística e preservação da leitura e produção da fala; (ii) *agnosia auditiva* (Hattiangadi et al., 2005) – inabilidade de reconhecer qualquer som com preservação no processamento da linguagem escrita; (iii) *fonoagnosia*<sub>1</sub> (Van Lancker et al., 1987, 1988) – inabilidade de reconhecer vozes familiares com preservação total da compreensão e produção da fala e preservação da capacidade de diferenciar vozes; (iv) *fonoagnosia*<sub>2</sub> (Van Lancker et al., 1989) – inabilidade de diferenciar novas vozes com preservação na identificação de vozes familiares. Vale notar que a modularidade no caso da fonoagnosia é mais específica do que se poderia supor, já que foi dado o mesmo nome de disfunção para a perda de duas cognições diferentes.

Através de exames de imagens pode-se saber onde o estímulo vai parar a partir de Wernicke, mas se temos a esperança de encontrar algum ponto em comum entre dados da teoria lingüística e as porções materiais do cérebro, assim evitando o PIG, precisamos sempre descer ao nível da computação que é a moeda em comum. Em relação ao processamento fonológico, isto significa partir dos traços distintivos, estruturando protocolos experimentais em que a percepção destes traços possa ser testada isoladamente.

Phillips et al. (2000) é um estudo com estas características, desenvolvido a partir do magnetoencefalógrafo (MEG)<sup>2</sup>. Os estímulos foram elaborados para avaliar a percepção de um traço sub-fonêmico: o vozeamento. Os achados mostram que a discriminação do vozeamento ocorre 180 ms depois da estimulação e é processada só no lobo temporal esquerdo. Isto quer dizer que 80ms após chegar em Wernicke a informação binária de vozeamento pode ser usada pela computação.

Estudando a percepção de estímulos da fala, Hickok, Poeppel (2000) e Poeppel (2001a, 2001b) contribuem com achados também sugestivos de que a percepção inicial do som da fala varia segundo a tarefa. A fala é percebida em Wernicke bilateralmente, mas o hemisfério esquerdo e o direito trabalham com janelas de integração temporal diferentes: traços sub-fonêmicos de ponto de articulação são percebidos entre 25 e 50 ms no hemisfério esquerdo. Intonação e prosódia são processados mais lentamente no hemisfério direito em uma janela temporal que pode chegar a 200ms. Todos os achados reportados até aqui, se consolidados, já começam a apontar para o curso do processamento da percepção dos sons da fala como é esquematizado na figura 2:

---

<sup>2</sup> A magnetoencefalografia (MEG) é uma das tecnologias que oferece maior precisão no mapeamento funcional do córtex. Além de ser não-invasiva ao ser humano, ela combina as vantagens das técnicas hemodinâmicas e das eletromagnéticas: fornece uma boa discriminação espacial de 2 mm e uma excelente resolução temporal na ordem de 1 ms. O MEG mede as correntes intercelulares dos neurônios dando uma informação direta e acurada a respeito da atividade cerebral espontânea ou relacionada a um estímulo. Um voluntário estimulado pela leitura de uma palavra gera no MEG uma resposta temporal tripla aos 170, 250 e 350 ms. A resposta aos 170 ms - o M170 - está relacionado com o processamento visual primário.

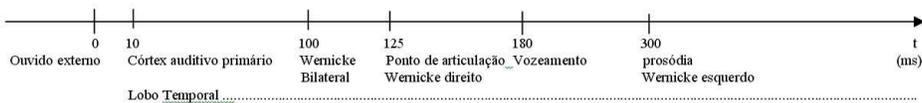


Figura 2: Curso temporal do input da fala

Este esquema do curso temporal, ainda marcado com tão poucos eventos, é um convite para que outros traços sejam testados. A percepção do modo da articulação, a nasalidade, o tom e muitos outros primitivos ainda não foram testados nestes protocolos ou podem até estar sendo testados agora, já que é notável a recente profusão de trabalhos nesta área. Ainda assim, muitos de nós podem se ressentir do fato de os achados deste grupo de pesquisas ainda serem muito rudimentares se comparados à sofisticação dos achados da teoria lingüística. Porém, este parece ser o caminho. Para evitar o PIG é imprescindível encontrar protocolos de estimulação que possam isolar cada traço primitivo dos módulos lingüísticos a fim de que possamos observar seu o efeito na computação e seu curso temporal no cérebro (Poeppel; Embick, 2005; Poeppel, 2005).

### III. DAS ABSTRAÇÕES SUB-FONÊMICAS AO ACESSO LEXICAL

Indo além da computação de percepção sonora, chegamos ao acesso lexical, propriamente dito, ou seja, às computações que resultam no estabelecimento da relação saussureana entre forma e significado no âmbito da palavra.

O acesso lexical é um campo de pesquisa muito produtivo que convive com uma forte tensão sobre como as palavras são arrumadas no cérebro. A visão lingüística gerativista propõe que temos uma capacidade formidável de processamento que pode se valer de primitivos abstratos estocados no cérebro para serem dinamicamente combinados sempre que recrutados (Marantz, 1997; Pytkkanen et al. 2000; 2002; 2003a; 2003b). Esta visão defende que a sintaxe pode mobilizar conteúdos abstratos representados no cérebro para funcionarem como peças formadoras das palavras. Há, portanto, decomposição imediata e radical das partes internas da palavra: “Trata-se da derivação de estrutura hierárquica sintática de cima a baixo” (Halle, Marantz; 1994, p. 276, tradução minha).

Contrastantemente, uma outra a visão, influenciada pela psicologia, não crê em decomposições estruturais, nem em abstrações generalizantes no cérebro. Esta visão, que chamaremos aqui de psicológica radical, aposta que as palavras são unidades atômicas monomorfêmicas, indecomponíveis, incansavelmente guardadas por inteiro e contextualizadas no cérebro todas as vezes em que há estimulação. Isto faz de nós pessoas com uma formidável capacidade mnemônica, equivalente a de um disco rígido de um supercomputador. Por outro lado, não precisaríamos lidar com morfemas que seriam considerados por esta corrente como um construto demasiadamente problemático (Beard, 1995; Hay, Baayen, 2005).

Finalmente, ainda existe a posição moderada da psicologia que defende a existência de processamento dinâmico de unidades abstratas, mas só para algumas palavras com semântica composicional. De acordo com esta visão haveria também memória suficiente para estocar milhares de palavras inteiras quando elas tiverem conteúdo semântico idiossincrático (Pinker, 1999; Grainger, 2006). Para este grupo, primeiro há uma intuição metalingüística que faz a pessoa lidar com a palavra como um todo. Depois, olha-se para dentro da palavra. Se houver indícios de composicionalidade, há a aplicação de regras derivacionais em prol do significado final (jardineiro: jardim +eiro).

Fiorentino e Poeppel (2007) dão um passo decisivo para resolver esta tensão ao montarem um estudo usando MEG para aferir o acesso lexical de palavras compostas, contrastando de um lado a previsão de estrutura interna que eles chamam de *Hipótese Lingüística* e de outro a previsão de indecomponibilidade, a que eles chamam de *Hipótese Psicológica*, esta última englobando em um só grupo as versões radical e moderada descritas acima.

A tarefa requisitada dos voluntários era a de decisão lexical, ou seja, o julgamento se o estímulo apresentado é uma palavra ou uma não palavra. Este é um estudo cuja força está na simplicidade experimental e na capacidade direta de desafiar as previsões das hipóteses acima mencionadas. Para isto os autores comparam listas lexicais. A lista do tipo 1 trazia 60 palavras compostas, como *flagship*, que significa ‘carro-chefe’. As partes formadoras das palavras nesta lista, por exemplo, *flag* e *ship* que significam respectivamente ‘bandeira’ e ‘navio’, não contribuem composicionalmente para a semântica do todo. A lista do tipo 2 trazia 60 palavras simples, monomorfêmicas como *crescent*<sup>3</sup> ‘crescente’, cuja raiz se junta a um morfema categorizador (adjetivador).

Um trabalho de controle minucioso dos estímulos caracterizou as palavras em cada lista, como mostra a Tabela 1:

	<b>Propriedades das palavras do tipo 1, <i>flagship</i>, se vista como inteira (Hipótese da psicologia)</b>		<b>Propriedades das palavras do tipo 1, <i>flagship</i>, se vista como tendo partes (Hipótese da lingüística)</b>		
comparação com palavras do tipo 2, como <i>crescent</i>	<i>flagship</i> = <i>crescent</i>		$\widehat{flag\ ship} \neq crescent$		
Cobuild <i>Log Freq.</i>	.68	.69	1.49	1.95	.69
número de letras	8	8	4	4	8
número de sílabas	2	2	1	1	2

Tabela 1: Controle dos estímulos para desempatar duas previsões

<sup>3</sup> Note que em inglês o adjetivo *crescent*, usado em relação à lua crescente, é uma forma monomorfêmica já que não existe verbo em inglês derivado da forma latina *crescere*.

Se o acesso às palavras se desse como o previsto pela Hipótese Psicológica, as palavras do tipo 1 e tipo 2 resultariam no mesmo curso temporal de acesso lexical. Porém se o acesso às palavras fosse como o previsto pela Hipótese Lingüística, as palavras do tipo 1 teriam partes cada qual mais frequentes e mais curtas do que as palavras do tipo 2. Então

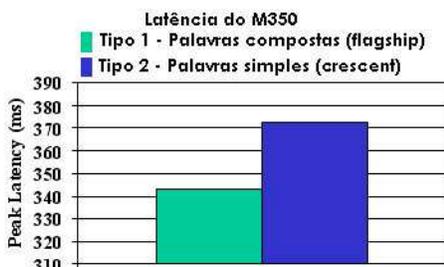


Tabela 2: Tempos de ativação

poderíamos supor que os tempos de acesso lexical seriam diferentes entre os grupos e que esta diferença proporcionaria tempos de ativação menores para as palavras do tipo 1, que se favoreceriam pelo acesso à estrutura interna. Os resultados dos testes (cf. Tabela 2) em forma de latência das ondas captadas pelo MEG mostram que as palavras do tipo 1 (*flagship*) foram ativadas em média aos 343ms enquanto as do tipo 2 (*crescent*), aos 371ms. Esta diferença de cerca de 30ms é estatisticamente significativa ( $p=0,03$ ) e demonstra que a Hipótese Lingüística previu com exatidão que haveria decomposição imediata dos estímulos do tipo 1. Desta forma, antes de acessar o significado composto de *flagship* há acesso a *flag* e a *ship* apesar de não haver composicionalidade em prol da semântica final.

Assim tivemos evidência de acesso à estrutura interna à palavra como uma ação *default*. Mas muitos outros detalhes de como se dá este acesso têm sido investigados pelo grupo de Alec Marantz do Laboratório KIT-MEG do MIT<sup>4</sup>. Este grupo conduziu uma série de experimentos (Pylkännen *et al.*, 2000; Embick *et al.* 2001; Pylkännen *et al.* 2002; Pylkännen *et al.* 2003a; Pylkännen *et al.*, 2003b) que propiciaram avanços consideráveis no campo do acesso lexical. Mais uma vez, o protocolo utilizado foi o de decisão lexical. Em Pylkkanen (2003b), que de certa forma sistematiza os achados dos outros estudos do grupo, os estímulos foram estruturados através do protocolo de priming<sup>5</sup>. Foram testados pares de palavras com semelhança fonológica pelo início como *spin-spinach*, com semelhança fonológica pelo meio, como *teacher-reach*, e com semelhança morfológica, como *teacher-teach*. Depois da apresentação do prime, o acesso à palavra alvo era monitorada em duas dimensões:

<sup>4</sup> Para uma revisão completa deste grupo de experimentos cf. França, (2005)

<sup>5</sup> O paradigma de priming no acesso lexical é um teste para desvendar aspectos da arquitetura do léxico mental, por exemplo os critérios de agrupamento. Agrupam-se palavras inteiras ou fatias morfológicas? Por semelhança fonológica ou semântica? Para isto os experimentadores constroem estímulos de muitos pares de palavras. Na metade dos casos, a primeira palavra do par, tecnicamente chamada de prime, terá algum relacionamento com a segunda palavra do par, tecnicamente chamada de alvo; por exemplo, no par caro-carinho há uma relação de semelhança fonológica entre prime e alvo. Nenhum relacionamento existirá entre prime e alvo nos pares restantes, por exemplo caro-frio. Para que possamos conhecer a reação do voluntário aos alvos temos que incumbi-lo de uma tarefa, como discriminar se o alvo é uma palavra ou uma não-palavra. Para isso mesclamos randomicamente os pares de palavra-palavra com um igual número de palavra – não-palavra. Analisa-se o tempo e acuidade de resposta, podendo-se assessar indiretamente a influência que o prime exerceu em relação ao alvo. Os tipos de influências mais testados na literatura são semântica (primo – tio), fonológica (cara-carinho), morfológica (cabeça-cabeçudo), ortográfica (pedra-vidro) e sintática (fazia – tinha).

ativação cortical (MEG) e reação comportamental (aperto de botão indicando se era uma palavra ou uma não palavra)

A observação cuidadosa dos tempos de ativação e reação aos alvos confirma a existência de dois mecanismos de pareamento fonológico: um para os fonemas que começam a palavra e outro para os fonemas que se localizam no meio da palavra. *Reach* do par *teacher-reach* é mais rápido do que *tea* do par *teacher-tea* em termos de ativação cortical. Ao ouvir *teacher* [ti...], todas as representações estocadas na mente com este começo, como *tea*, *teen*, *team*, *teach* e obviamente, *teacher* são ativadas. Mas à medida que pareamento continua, no ponto [...t]..., *tea* não pode mais ser pareado com o input e é então suprimido.

Esta supressão imediata leva *tea* a um nível mais baixo de ativação do que o nível das palavras em repouso na mente, ou seja, *tea* se torna negativamente ativado. Assim, quando em seguida apresenta-se *tea* como estímulo alvo, para que o voluntário consiga acessar sua representação mental ele terá que reativá-lo a partir de um ponto negativo. Por isso esta ativação é mais lenta do que a ativação das representações que se assemelham ao meio da palavra prime. Vejamos como isto se dá, analisando o acesso lexical a *reach* do par *teacher-reach*. Durante o escaneamento de *teacher*, à medida que mais informações do meio da palavra chegam ao cérebro [...it]dr] através do escaneamento contínuo, palavras que têm estes fonemas mediais começam a ser ativadas. Note que estas ativações não se originaram de uma rotina de pareamento pelo início, portanto não serão inibidas. Por exemplo, *each* e *reach*, são ativados porque eles têm fonemas que podem ser pareados com a parte medial da palavra *teacher*. Mas, já que o ponto de pareamento medial não proporciona uma visão retroativa do início da palavra alvo já escaneada, estas palavras com pareamentos não iniciais, mas com semelhança interna, continuam no páreo com níveis diferentes de ativação e competem por reconhecimento. Isto acontece por uma questão de segurança do sistema de reconhecimento, já que é comum termos que entender palavras mal pronunciadas, cujos incios são pouco audíveis. Assim, quando uma dessas palavras que permaneceram por algum tempo na competição aparece como alvo, o início da ativação de sua representação se dá mais rapidamente do que se fosse *tea*, do par *teacher-tea*. Contrastivamente, se do ponto de vista da ativação lexical, o alvo *reach* é ativado mais rapidamente, em termos comportamentais ocorre o oposto. Como não há inibição, a fase final do processo, onde se dá a escolha da representação que é igual ao estímulo, fica mais lenta porque a palavra com a ativação mais alta tem que ser *avistada* dentre muitos competidores que não foram suprimidos o que torna a tarefa de escolha mais difícil atrasando o *aperto do botão*, que é o dado acessível para as atuais metodologias de psicolingüística. Por isso *reach* em *teacher-reach* provoca uma reação comportamental mais lenta do que a reação em relação a *tea* do par, *teacher-tea*. Este descompasso entre achados da psicolingüística demonstram que a avaliação neurofisiológica pode “desempacotar” ações cognitivas que não poderiam ser apreciadas somente a partir dos tempos de reação.

Outro fato de grande interesse é que *teach* no par *teacher-teach* é ativado mais rapidamente do que *tea* no par *teacher-tea* e até do que *reach* do par *teacher-reach*. Ou seja, *teacher* influencia fortemente a ativação de *teach*. Como podemos explicar este fato? De acordo com as expectativas, o fato de *teacher-teach* terem incios semelhantes deveria

atrapalhar a ativação de *teach*. Logo após a parte [...t]..., *teach* deveria ter o mesmo destino de *tea*: seria inibido como representação do prime e por conseguinte demoraria para ser ativado como alvo. Porém, o tempo de ativação de *teach* está nos níveis encontrados quando o prime e o alvo são a mesma palavra, ou seja, em níveis de facilitação máxima. Este achado aparentemente paradoxal pode ser facilmente interpretado à luz da Teoria da Morfologia Distribuída.

De acordo com a Teoria da Morfologia Distribuída as palavras não são pré-montadas, mas sim formadas dinamicamente a partir da distribuição de tarefas entre três diferentes listas que participam em três diferentes estágios na derivação da estrutura, sendo a interpretação a última dessas tarefas.

Na Enciclopédia (Lista 3) é feito o pareamento entre forma e sentido, ou seja, é lá que um significado arbitrário é atribuído ao composto [Raiz + primeiro morfema categorizador]. Ora, *teacher* e *teach* compartilham uma mesma Raiz concatenada a um mesmo morfema categorizador *v* (vezinho) e fazem a mesma negociação semântica neste mesmo ponto. Então, independentemente da camada morfológica mais externa [-er]<sub>n</sub> que nominaliza o verbo *teach*, estas duas palavras são idênticas, já que em uma certa fase da derivação, *teacher* foi *teach*. A diferença entre as duas é uma camada a mais em *teacher* [-er]<sub>n</sub>, um nome cujo valor semântico é obtido composicionalmente a partir do valor do verbo *teach*. Estes resultados experimentais que mostram o menor tempo de ativação cortical para *teach* do par *teacher-teach* refletem exatamente o ganho no momento de negociação semântica. Portanto, a partir deste teste foi possível discriminar entre relações de *semelhança* e relações de *identidade*, sendo a primeira fonológica e a segunda exclusivamente morfológica. Palavras semelhantes fonologicamente podem ser facilitadores uma da outra, mas palavras com parentesco morfológico provocam uma ativação muito mais forte.

Também foi possível verificar uma maior precisão do teste neurofisiológico em relação ao comportamental que trouxe empacotado no tempo de resposta uma série de computações que só puderam ser deslindadas através do acesso direto à eletrofisiologia do acesso lexical no córtex.

#### IV. PROCESSAMENTO DE SENTENÇA

Trabalhos com a mesma precisão dos relatados até agora para percepção de fonemas devem ser implementados para atingir a granularidade correta em relação à computação sintática. Porém o nível de complexidade nesta arena aumenta geometricamente. São muitas computações que para serem mapeadas tem de ser controladas uma a uma.

Um exemplo bem sucedido deste tipo de controle está em Lage, (2005), uma tese de eletrofisiologia da linguagem desenvolvida na UFRJ e orientada por Miriam Lemle. Entre outros, o objetivo da autora era avaliar a concatenação de sujeito através de estímulos congruentes e incongruentes do tipo *A cadeira chutou a bola* e *O menino chutou a bola*. Trata-se de um teste de extração de ERP estimulado por leitura cinética de itens lexicais. A variável independente é presença ou ausência de congruência estabelecida entre o sujeito e o verbo e a dependente é a morfologia dos ERPs (latência, amplitude e polaridade)

Condições						
Verbo pesado e sujeito congruente	O	menino	chutou	a	bola	resposta neurofisiológica
	Palavra 1 200ms	Palavra 2 200ms	Palavra 3 200ms	Palavra 4 200ms	Palavra 5 200ms	+ 600ms = janela de 800 ms para extração de ERPs
Verbo pesado e sujeito incongruente	A	cadeira	chutou	a	bola	resposta neurofisiológica

Tabela 3: Concatenação de sujeito com vP com verbo pesado

relacionados à concatenação de sujeito com o vP. Como mostra a Tabela 3 abaixo, as condições do experimento são sentenças do tipo S-V-O com verbo *pesado* e sujeito congruente e sentenças equivalentes com sujeito incongruente. Em ambos os casos o *trigger* é posicionado no objeto.



Os achados deste experimento (cf. figura 3) resultaram em três ondas por volta dos 200, 400 e 700ms. A linha fina corresponde à sentença incongruente e a grossa, à congruente, sendo que o terceiro pico de linha fina com grande amplitude aos 700 ms foi interpretado como sendo a manifestação do esforço cognitivo para integrar o argumento externo ao vP. Uma explicação pormenorizada das computações que se relacionam com o resultado obtido são delineadas dentro do arcabouço da Morfologia Distribuída.

A cognição de linguagem em ação não tem tempo a perder. Depois de estímulo em língua escrita<sup>6</sup>, a meta do leitor é inexpugnável: acesso lexical e sintaxe. Assumindo que a computação gramatical se dá por fases a cada categorização (Marantz, 1995, 1997) e como as fases são, cada uma, uma etapa muito curta na computação, a cada nova fase estamos diante de um objeto misto, onde a parte mais interna já foi remetida para a Fonologia/Forma Lógica e depois para a Enciclopédia, e a parte que entrou por último na computação se encontra num limbo em que há novo material recém-inserido (traços da Lista 1), e o constituinte ‘da vez’ já passou pela Enciclopédia.

Em “A cadeira chutou a bola”, as primeiras informações, sonoras, entrariam no processamento linearizadas da esquerda para direita, para serem transduzidas. Por este processo “a cadeira” é analisada a partir de elementos da Lista 1, que são combinados em sintaxe interna à palavra e entre palavras. Findo este processo: *SpellOut*. Por um lado, a morfofologia tem lugar e os nós terminais são preenchidos por itens lexicais da Lista 2; por outro, a forma lógica lê o marcador frasal. Enfim, o composto é lido pela Lista 3 e o

<sup>6</sup> Os voluntários eram estimulados por um protocolo de leitura cinética que deixa cada palavra na tela por 200ms.

processamento final consolida uma leitura entre a Forma Lógica e a Enciclopédia na Interface Conceitual.

Neste ponto “a cadeira” é uma estrutura com espaço derivacional restrito, pois ela é ainda um DP sem papel temático. A integração sintática além do DP ainda não aconteceu porque o restante da sentença ainda não é conhecido. O DP seria então guardado na memória de trabalho, como são guardadas as palavras prime e alvo de um teste de priming, ou os itens de uma lista de compras. Nestes casos de palavra solta, a derivação percorre ciclos completos até que a palavra se forme. A sintaxe interna às palavras é computada, os nós terminais são preenchidos por itens lexicais, a Enciclopédia provê a leitura, mas não há concatenações extralexicaais e portanto não há atribuição de papel temático.

Mas no caso em questão, depois do DP havia mais material. Começa a fase vP, com ciclos intralexicaais e depois extralexicaais concatenando o verbo ao DP que é seu argumento interno. *SpellOut*, Listas 2 e 3. Depois do vP formado, o DP é resgatado da memória de trabalho e é integrado na posição de spec de vP. Uma nova fase se inicia com a concatenação da categoria tempo que precisa copiar as informações de número contidas no DP.

A autora controlou a plausibilidade semântica do sujeito e, em relação aos DPs incongruentes (a cadeira) para a semântica geral do vP (chutou a bola), ela achou uma a ativação cortical compatível com a dificuldade de integração destes dois elementos. Isto pôde ser identificado por uma onda de amplitude maior em torno dos 700 ms a contar do objeto (cf. figura 3). Ou seja, foi possível mapear a tentativa de concatenação de sujeito depois da concatenação de objeto, o que era justamente a hipótese que se poderia fazer levando a sério as previsões da Morfologia Distribuída.

Evidentemente, esta é uma interpretação que chega a conclusões estritas do curso *bottom-up* da computação. Há na literatura, achados de outros estudos (Lau *et al.*, 2006; Aoshima, 2004; Staub, 2006) que indicam que o processamento tem um curso incremental. Para desempatar, Lage está no momento desenvolvendo outros dois testes manipulando a Concordância e o Caso para observar seu impacto neurofisiológico no curso temporal da derivação da sentença.

## V. CONCLUSÃO

Ao ponderar sobre a atuação da Teoria Lingüística como fonte de hipóteses para a representação e computação da linguagem no cérebro, Alec Marantz, que atua simultaneamente como linguista teórico e como experimentalista, explica que não vê “nenhuma defasagem entre a teoria gerativa e a experimentação psico ou neurolingüística. (...) Uma simples revisão dos propósitos da Gramática Gerativa deveria servir para clarificar o lugar da lingüística na neurociência cognitiva (...)”. Sendo assim a interface Lingüística-Neurociência da Linguagem se impõe.

Neste texto imperdível (Marantz, 2005), Marantz comenta a crise do DTC (derivational theory of complexity) nos anos 70, que pontuou um afastamento infertilizante entre teóricos e psicolingüistas. E comenta também sobre a reaproximação das duas áreas a partir dos anos 80, infelizmente com passos mal dados por ambos os lados.

Porém, tendo estabelecido uma rica análise histórica, cuja reprodução não cabe neste texto, a melhor apreciação que Marantz faz desta nossa área de trabalho interdisciplinar é a reafirmação de que na versão minimalista existe só *um* mecanismo gerativo de linguagem que é a sintaxe e apenas *uma* via para as representações gramaticais, que é a computação. Ele afirma que o mecanismo gerativo não deixa espaço para “estratégias cognitivas de processamento”. “Se há estratégias então é porque a teoria está errada e precisa ser modificada”.

Podemos supor que a proposta de Marantz seja mesmo a de prescindir da postulação do *parser* se as coisas forem como elas devem ser, ou seja, se a teoria lingüística for levada a sério como guia para uma observação direta do que acontece no cérebro ao vivo e a cores. Mas é claro que as coisas ainda não são bem como elas deveriam ser, diante de um objeto de estudo tão complexo como a linguagem humana. Para transitar graciosamente pela Interface Lingüística-Neurociência da Linguagem ainda faltam uns bons trechos em terreno acidentado. Terão mais sucesso aqueles que acreditam que vale a pena insistir.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOSHIMA, S.; PHILLIPS C.; WEINBERG, A. (2004) Processing Filler-Gap Dependencies in a Head-Final Language. *Journal of Memory & Language*, 51, 23-54
- BEARD, R. (1995) *Lexeme-morpheme Base Morphology: A General Theory of Inflection and Word Formation*, State University of New York Press.
- BLUMSTEIN, S.E. (1977) Phonological factors in auditory comprehension in aphasia. *Neuropsychologia* 15, 19-30
- BROCA, P. (1861) Remarks on the seat of the faculty of articulated language, following an observation of aphemia (loss of speech). Tradução de Christopher D. Green. In: GREEN, C. D. (Ed) *Classics in the history of psychology*. Toronto: York University, 2000/1861. Disponível em: <<http://psychclassics.yorku.ca/Broca/aphemie-e.htm>>. Acesso em: 9 de março de 2006.
- CHOMSKY N., (1994) On Linguistics and Politics Interview by Günther Grewendorf . *Protosociology*, Vol. 6, 1994, p. 293-303
- \_\_\_\_\_ (2001) *Beyond explanatory adequacy*. Cambridge, Massachusetts: MIT Working Papers in Linguistics. 28 p. (MIT Occasional Papers in Linguistics, 20)
- COSLETT HB, BRASHEAR HR, HEILMAN KM (1984) Pure word deafness after bilateral primary auditory cortex infarcts. *Neurology* 34:347.
- EMBICK, D; HACKL M.; SCHAEFFER, J.; KELEPIR, M; MARANTZ, A. (2001) A magneto-encephalographic component whose latency reflects lexical frequency. *Cognitive Brain Research*, 10(3): 345-8.
- FIORENTINO, R. & POEPEL, D. (2007, in press). Compound Words and Structure in the Lexicon. *Language and Cognitive Processes*.
- FRANÇA, A. I. (2005) O léxico mental em ação: muitas tarefas em poucos milissegundos *Revista Linguística* n.1 v. 1

- GALLISTEL, C. R. (1997). Neurons and memory. In *Conversations in the cognitive neurosciences*, ed. by Michael S. Gazzaniga. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- \_\_\_\_\_. (1999). The replacement of general-purpose learning models with adaptively specialized learning modules. In *The cognitive neurosciences*, ed. by Michael S. Gazzaniga. 2nd ed. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- GRAINGER, J., KIYONAGA, K. & HOLCOMB, P. J. (2006). The Time Course of Orthographic and Phonological Code Activation. *Psychological Science*, Vol. 17, n°12, pp. 1021-1026(6)
- GRODZINKY, Y (1990). Theoretical perspectives on language deficits. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, A Bradford Book, 192 p.
- HAY, J.; Baayen, R. H. (2005). Shifting paradigms: gradient structure in morphology. In: *Trends in Cognitive Sciences* v9, p. 342-348.
- HICKOK, G and POEPEL, D. (2000). Towards a Functional Anatomy of Speech Perception. *Trends in Cognitive Sciences* 4:131-138.
- JUHASZ, B; INHOFF, J; ALBRECHT W; RAYNER, K. (2005). The role of interword spaces in the processing of English compound words. In *Language & Cognitive Processes*, vol. 20, pp. 291-316.
- LAGE, A. C. . Concatenações do objeto e do sujeito em português e em alemão: conclusões de experimentos psicolinguísticos on-line.. *Linguística Revista da Pós Graduação Em Linguística da Universidade Federal do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 81-108, 2005.
- LAU E.; STROUD, C.; PLESCH, S.; PHILLIPS, C.; (2006) The Role of Structural Prediction in Rapid Syntactic Analysis. *Brain & Language*, 98, 74-88
- LOU, H.; HUSAIN, F.T.; HORWITZ, B.; POEPEL, D. (2005) Discrimination and categorization of speech and non-speech sounds in an MEG delayed-match-to-sample study *NeuroImage* 28 59 – 71
- MARANTZ, A. (2005) Generative linguistics within the cognitive neuroscience of language. *The Linguistic Review* 22, 429-445
- \_\_\_\_\_. (1997) No Escape from Syntax: Don't Try Morphological Analysis in the Privacy of Your Own Lexicon. In: Dimitriadis, A.; Siegel, L.; Surek-Clark, C.; Williams, A. (eds.) *Proceedings of the 21st Annual Penn Linguistic Colloquium*, U Penn Working Papers in Linguistics, Philadelphia, Penn Linguistics Club, v. 4, n. 2, p. 201-225.
- PHILLIPS, C. PELLATHY T, MARANTZ A, YELLIN E, WEXLER K, POEPEL D, MCGINNIS M, & ROBERTS T. (2000). Auditory cortex accesses phonological categories: an MEG mismatch study. *J Cogn Neurosci*, 12(6):1038-55.
- PINKER, S. (1999) *Words and Rules: The Ingredients of Language*. New York: Basic Books. HarperCollins
- POEPEL, D. (2005). The interdisciplinary study of language and its challenges. In D. Grimm (Ed.), *Jahrbuch des Wissenschaftskollegs zu Berlin*, Germany.
- \_\_\_\_\_. (2001). New approaches to the neural basis of speech sound processing: Introduction to special issue on Brain and Speech. *Cognitive Science*. 21 (5): 659-661.
- \_\_\_\_\_. (2001). Pure word deafness and the bilateral processing of the speech code. *Cognitive Science*. 21 (5): 679-693.
- POEPEL, D.; MARANTZ, A. (2000). Cognitive neuroscience of speech sound processing. In: Marantz, A Miyashita, Y.; O'Neil, W. (Eds.) *Image Language and Brain* Cambridge, Massachusetts: MIT Press. *Papers from the First Mind Articulation Project Symposium*. p. 29-49.

- POEPPPEL, D.; EMBICK, D. (2005). The relation between linguistics and neuroscience. In A. Cutler (ed.), *Twenty-First Century Psycholinguistics: Four Cornerstones*. Lawrence Erlbaum. PDF
- PYLKKÄNEN, L., MARANTZ, A. (2003a). Tracking the time course of word recognition with MEG. *Trends in Cognitive Sciences*, 2003;7:187–189.
- PYLKKÄNEN, L.; GONNERMAN, L.; STRINGFELLOW, A.; MARANTZ, A. (2003b). Disambiguating the source of phonological inhibition effects in lexical decision: an MEG study. (ms) - Dispoñivel em: [www.psych.nyu.edu/pylkkanen/papers/Inhibition\\_ms\\_CBR\\_w\\_figs\\_submitted.pdf](http://www.psych.nyu.edu/pylkkanen/papers/Inhibition_ms_CBR_w_figs_submitted.pdf)
- PYLKKÄNEN, L.; STRINGFELLOW, A.; MARANTZ, A. (2002). Neuromagnetic evidence for the timing of lexical activation: an MEG component sensitive to phonotactic probability but not to neighborhood density. *Brain and Language* 81(1-3): 666–78.
- PYLKKÄNEN, L.; STRINGFELLOW, A.; FLAGG, E.; MARANTZ, A. (2000). A neural response sensitive to repetition and phonotactic probability: MEG investigations of lexical access Proc. 12th Int. Conf. Biomagnetism, Helsinki University of Technology, pp. 363–367.
- STAUB, A., & CLIFTON, C., Jr. (2006). Syntactic prediction in language comprehension: Evidence from either...or. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 425–436.
- Van LANCKER, D., CUMMINGS, J., KREIMAN, J. & DOBKIN, B. H. (1988). Phonoagnosia: A dissociation between familiar and unfamiliar voices. *Cortex*, 9, 195-209.
- Van LANCKER, D. & KREIMAN, J. (1987). Voice discrimination and recognition are separate abilities. *Neuropsychologia*, 25, 829-834.
- Van LANCKER, D., KREIMAN, J. & CUMMINGS, J. (1989). Voice perception deficits: Neuroanatomical correlates of phonoagnosia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 11, 665-674.
- WERNICKE, C. (1874) The aphasic complex In: EGGERT, G. H. (Eds.) *Wernicke's Works on Aphasia: A Sourcebook and Review*. New York: Mouton, 1874/ 1977.p. 91-145.