
Artigo Científico

Potenciais relacionados a eventos (ERP) revelam o curso da derivação sintática e a dinâmica da integração entre micromódulos de cognição de linguagem

Event-related brain potentials (ERP) reveal the course of syntactic derivation and the dynamics of integration among micromodules of language cognition

Aleria Cavalcante Lage^{a, b, c}, Miriam Lemle^a, Aline da Rocha Gesualdi^c, Maurício Cagy^{d, e} e Antonio Fernando Catelli Infantosi^d

^aPrograma de Pós-Graduação em Lingüística e ^bDepartamento de Lingüística, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil; ^cDepartamento de Engenharia Elétrica, Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil; ^dPrograma de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil; ^eCentro de Ciências Médicas (CCM), Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo

Este é um estudo em Neurociência da Linguagem conduzido a partir do modelo teórico Minimalismo, da Gramática Gerativa. Utilizando a técnica de extração de potenciais relacionados a evento (ERPs), em experimento com 29 sujeitos normais, investigamos a neurofisiologia da concatenação (*merge*) do sujeito e testamos a hipótese *bottom-up* da derivação de sentença, que postula que primeiramente o verbo se concatenaria ao seu complemento, e depois o composto verbo-complemento se concatenaria ao sujeito. Assim, a ordem do curso da derivação, ou seja, das tarefas cognitivas na computação de linguagem, seria diferente da ordem linear dos constituintes na sentença. Os resultados experimentais ajudaram a entender sobre o curso da derivação sintática e a dinâmica da integração entre micromódulos envolvendo cognição de linguagem. © Cien. Cogn. 2008; Vol. 13 (2): 03-13.

Palavras-chave: computação em linguagem humana; potenciais relacionados a evento; neurociência da linguagem; cursos *bottom-up* e *top-down* da derivação sintática; propriedade de animacidade; traço de gênero; sujeito.

Abstract

This is a Neuroscience of Language study conducted under the theoretical framework Minimalism, of Generative Grammar (Chomsky, 1995, 1999). Using the extraction of event-related brain potentials (ERPs) technique, in an experiment with 29 normal subjects, we investigated the neurophysiology of subject merge and tested the bottom-up hypothesis of the sentence derivation, which postulates that first the verb would merge to its complement, and then the complex verb-complement would merge with the subject. Thus, the order of the derivation course, that is, of the cognitive tasks in the computation of language, would be different from the linear order of the constituents in the sentence. The experimental results have helped the understanding about the course of the syntactic derivation and the dynamics of

interaction among micromodules involving language cognition. © Cien. Cogn. 2008; Vol. 13 (2): 03-13.

Keywords: *computation in human language; event-related brain-potentials; neuroscience of Language; bottom-up and top-down syntactic derivation course; animacy feature; gender feature; subject.*

1. Introdução

Com a revolução trazida pela Gramática Gerativa (Chomsky, 1957), algumas características muito especiais da linguagem passaram a ser conhecidas no mundo. Entre as mais interessantes está a relação especial mantida entre o verbo e seus argumentos: o argumento interno (objeto) e o argumento externo (sujeito). Por que argumento interno e externo? Chomsky (1981, 1995, 1999) observou que o objeto direto mantinha uma relação mais próxima com o verbo – daí argumento interno – do que com o sujeito, o argumento externo. Observe os exemplos (1), (2) e (3):

- (1) Maria cortou o bolo;
- (2) Maria cortou o pé;
- (3) *Maria cortou a lua.

Os argumentos internos em (1) e (2), respectivamente *o bolo* e *o pé*, são bons complementos para o verbo *cortar* porque ambos, apesar dos seus diferentes significados, podem passar pela mesma mudança de estado prevista pelo verbo: alguma coisa que pode ir do *estado de intacto* a *cortado* (França, 2006). Contrastivamente, (3) é incongruente, porque o argumento interno intencionado, *a lua*, não pode passar pelo mesmo tipo de mudança de estado.

Agora vamos nos deter no argumento externo, *Maria*, que é o mesmo em (1) e (2). Em termos semânticos, em (1) *Maria* é claramente o *agente* da ação, aquele que a desempenhou. Mas um contraste radical acontece. Observe que em (2) o argumento externo não é um agente. O sujeito tem que ser interpretado como aquele que sofreu a ação, isto é, o *paciente*.

A consequência imediata destas observações é que para as sentenças (1) e (2) serem interpretadas apropriadamente, as concatenações (*merges*) que ocorreram têm que ter seguido o curso *bottom-up* (de baixo para cima), da direita para a esquerda, de dentro para fora, ou seja, na ordem contrária à dos constituintes na sentença. Primeiro, o verbo é concatenado ao argumento interno, gerando uma leitura específica; então, o argumento externo é concatenado ao composto verbal, isto é, verbo + argumento interno.

A interpretação do argumento externo, na segunda concatenação, seja como agente ou paciente, dependerá da interpretação implementada na primeira concatenação. Em todas as línguas neolatinas – ou línguas românicas: português, italiano, francês, espanhol, catalão, romeno, sardo e provençal – e em muitas outras, inclusive inglês, a ordem canônica dos constituintes na sentença é SVO (Sujeito–Verbo–Objeto). Isto significa que a ordem do *input* para ouvintes ou leitores será primeiro o sujeito, depois o verbo e por último o objeto, mas, de alguma forma, para propósitos de interpretação semântica, a sentença terá que ser derivada no cérebro considerando primeiro o objeto.

Desde o início da Gramática Gerativa, nos anos 50, estas têm sido algumas conclusões lógicas alcançadas por lingüistas desta área (Chomsky, 1957, 1981, 1995, 1999; e seus inúmeros seguidores, como Poeppel, Marantz, França), baseadas na introspecção e na observação bem de perto do *output* de um grande número de línguas, de diferentes famílias lingüísticas. Por 30 anos, a falta de protocolos não invasivos para a observação de cognição

de linguagem gerou barreiras intransponíveis para a investigação de linguagem saudável no cérebro.

Entretanto, nos anos 80, esta situação finalmente se modificou com estudos neurolinguísticos utilizando a técnica de extração de ERP – potencial relacionado a evento (Kutas, Hillyard, 1980, 1984). Através do método não invasivo de aquisição de sinais elétricos por meio de eletroencefalógrafo, tais estudos trouxeram evidência neurofisiológica de fenômenos linguísticos.

Estes anos de investigação linguística com extração de ERP reuniram para a área algum conhecimento sólido sobre respostas eletrocorticais em relação à computação linguística. Um tema muito estudado foi o impacto da tentativa de interpretação de argumento interno incongruente em relação à seleção semântica do verbo, sendo este impacto relacionado a um potencial elétrico negativo de amplitude elevada e com uma latência de 400 ms após o *trigger* (palavra-alvo). Este ERP veio a ser conhecido como N₄₀₀ e foi associado a sentenças como (4), nas quais a seleção verbal não podia ser derivada por causa da semântica do argumento interno, que não atendia aos requisitos do verbo.

(4) *Maria comeu sandália.

Mais tarde, nos anos 90, o N₄₀₀ foi melhor compreendido, e foi associado a qualquer concatenação regular de verbo + complemento. Porém, um esforço mais intenso para concatenar ao verbo um objeto incongruente gerava um N₄₀₀ de amplitude mais alta. Muitos estudos têm mostrado dados robustos quanto a ERPs de amplitude mais acentuada serem causados por um esforço computacional aumentado ao concatenar verbo a um argumento interno não selecionado pelo verbo (Kutas e Hillyard, 1980, 1984; Osterhout e Holcomb, 1995; Friederici, 1999; Hickok e Poeppel, 2000; França, 2002; Lage, 2005).

Outro ERP também conhecido pela pesquisa neurolinguística é o P₆₀₀ ou SPS, *syntactic positive shift* (troca positiva sintática – no sentido de mudança de polaridade). Trata-se de um potencial de polaridade positiva que emerge aproximadamente aos 500 ms depois do *trigger* e pode ainda durar cerca de 300 ms. O P₆₀₀ é associado à computação sintática (Kaan *et al.*, 2000) e normalmente tem uma amplitude mais acentuada em se tratando de violação sintática, isto é, de esforço sintático ao tentar reintegrar o elemento que sofreu violação (Neville *et al.*, 1991; Osterhout e Holcomb, 1992; Hagoort *et al.*, 1993; Osterhout *et al.*, 1994). A violação sintática pode dizer respeito a fenômenos diferentes, como concordância verbal – por exemplo, *Ele dormi* (Wassenaar *et al.*, 2004).

Nosso estudo está voltado para a concatenação do sujeito, ainda pouco estudada em termos neurofisiológicos. Manipulamos a congruência semântica do sujeito para podermos observar os fenômenos eletrocorticais que supostamente acontecem na janela temporal subsequente àquela da concatenação verbo-complemento.

1.1. Questões e previsões do estudo

A Teoria Linguística (Chomsky, 1995, 1999) assume que o curso da derivação sintática é *bottom-up*. Logo, sendo a ordem canônica do português S-V-O (sujeito-verbo-objeto), a derivação não pode, logicamente, seguir a ordem linear dos constituintes. Em Lage (2005), que trata de uma série de experimentos com extração de ERP, realizamos um estudo que investigou o curso da derivação sintática, em particular com manipulação da propriedade de animacidade do nome com função gramatical de sujeito, isto é, do traço intrínseco de gênero [\pm animado] deste nome. Os resultados apontaram para a confirmação da hipótese *bottom-up*.¹

Agora, em uma nova versão deste experimento, testamos novamente o curso *bottom-up* da derivação, também manipulando a congruência semântica do sujeito através do seu traço [\pm animado], porém desta vez considerando o *trigger* no verbo e uma janela temporal de 2000 ms a contar da palavra-alvo. Assim, poderíamos investigar os fenômenos lingüísticos a contar da computação do verbo, indo até a interpretação da frase como um todo, verificando se procederia o curso *bottom-up* da derivação e mais detalhes sobre a computação do sujeito e a sua concatenação

Para isso, empregamos sentenças em português do Brasil como (5), com sujeito semanticamente congruente, e (6), com sujeito semanticamente incongruente:

(5) O menino chutou a bola

(6) *A cadeira chutou a bola

Tendo em vista uma sentença incongruente do tipo (6), em que um item lexical com traço [- animado] enquanto agente do verbo (*chutar*) não é semanticamente plausível, a predição era de que a tentativa de integração semântica deste sujeito incongruente, logo após a sua concatenação ao composto verbo-complemento, requereria um esforço cognitivo maior, que seria marcado por um efeito eletrocortical mais intenso em forma de ERP de amplitude acentuada, e este ERP surgiria depois do ERP (N₄₀₀) correspondente à concatenação verbo-objeto.

2. Metodologia²

O experimento neurolingüístico

Recrutamos somente sujeitos normais: 29 graduandos da Universidade Federal do Rio de Janeiro, entre eles 15 homens. Durante a apresentação dos estímulos lingüísticos, os sinais eletrocorticais dos sujeitos experimentais eram adquiridos por meio de um programa computacional especial, desenvolvido no *Matlab* – do *MathWorks, Inc.*, e um eletroencefalógrafo digital, onde foram conectados os cabos dos eletrodos. Os eletrodos foram posicionados no escalpo do sujeito obedecendo ao Sistema Internacional 10-20. Os sinais foram adquiridos de 20 derivações: PF1, PF2, Fz, F3, F4, F7, F8, Cz, C3, C4, Pz, P3, P4, T3, T4, T5, T6, Oz, O1, O2, além do aterramento e dois pontos de referência nos mastóides.

Trabalhamos com estímulos do português do Brasil, sendo 40 como a sentença (5) e outros 40 como a (6). A tarefa do sujeito experimental era julgar a plausibilidade semântica das sentenças, pressionando um botão de um *joystick* para as sentenças congruentes e outro botão do *joystick* para as incongruentes.

Cada palavra aparecia na tela do monitor do sujeito por exatamente 200 ms. O *trigger* era sempre posicionado no verbo. E usamos uma janela temporal de 2000 ms, isto é, processamos os sinais adquiridos durante 2000 ms desde o deflagração do *trigger*.

Durante a estimulação lingüística, o programa de apresentação de estímulos (*Presentation* – do *Neurobehavioral Systems, Inc.*) mandava pulsos (ondas irregulares criadas por computador) para o programa de aquisição de sinais³, informando o instante exato da apresentação de cada palavra.

Depois de adquirirmos os sinais digitais, eles passaram pela etapa de processamento de sinais, para a extração de ERP (*event-related brain potentials* – potenciais relacionados a evento). Através das técnicas de filtragem e *grand-average* (grande média), os sinais são tratados matematicamente. E *grand-average* é a onda resultante considerando todos os sujeitos experimentais.

O tratamento estatístico também foi realizado, para que os resultados pudessem ser validados. O Running t-Test (Hagoort *et al.*, 2004a, 2004b) foi aplicado no sinal diferencial, em cada instante no tempo nos traçados de EEG e considerando todos os sujeitos. Os resultados que serão aqui apresentados foram atestados estatisticamente.⁴

3. Resultados e discussão

Em experimentos com extração de ERP, a latência das ondas é referenciada ao instante da apresentação da palavra-alvo. E a sua amplitude, que retrata a intensidade da atividade cortical, é a medida dos esforços para a integração sintática ou semântica (Kutas e Hillyard, 1980, 1984; Osterhout e Holcomb, 1995; Friederici, 1999; Hickok e Poeppel, 2000; França, 2002).

Na figura 1, vemos os gráficos plotados a partir das principais derivações para um estudo lingüístico: Cz, C3, C4, Pz, P3 e P4. O traçado de EEG de linha grossa em cada um dos gráficos se refere ao *output* elétrico associado à computação de sentenças congruentes, como (5); o de linha fina, à computação de sentenças incongruentes, como (6). A ordenada representa a linha do tempo, ou a latência da onda, e cada ponto na ordenada se refere a 200 ms. A abscissa representa a voltagem (em microvolt) ou a amplitude da onda.

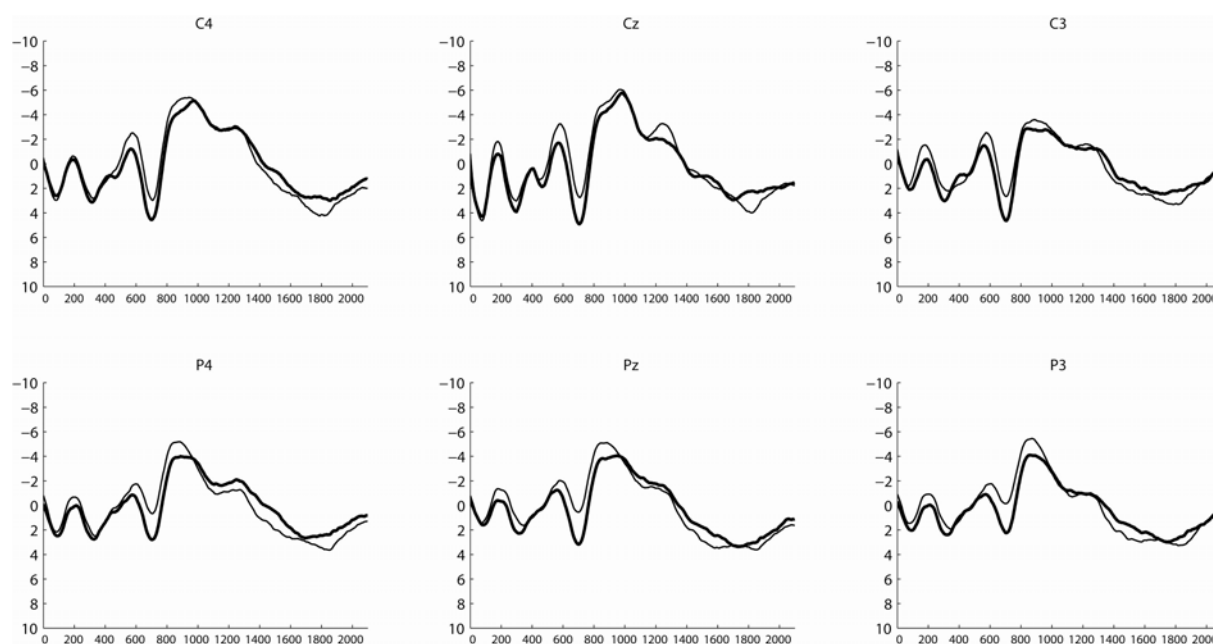


Figura 1 – *Grand-averages* dos potenciais relacionados a eventos (ERPs) das principais derivações. Linha grossa, o menino chutou a bola; linha fina, a cadeira chutou a bola. Em cada gráfico: a ordenada representa a linha do tempo (ms); a abscissa representa a voltagem (μ v) dos registros.

A figura 2 apresenta o gráfico em tamanho maior da derivação Cz, que servirá como modelo para análise mais detalhada, especialmente dos trechos delimitados pelos retângulos numerados.⁵

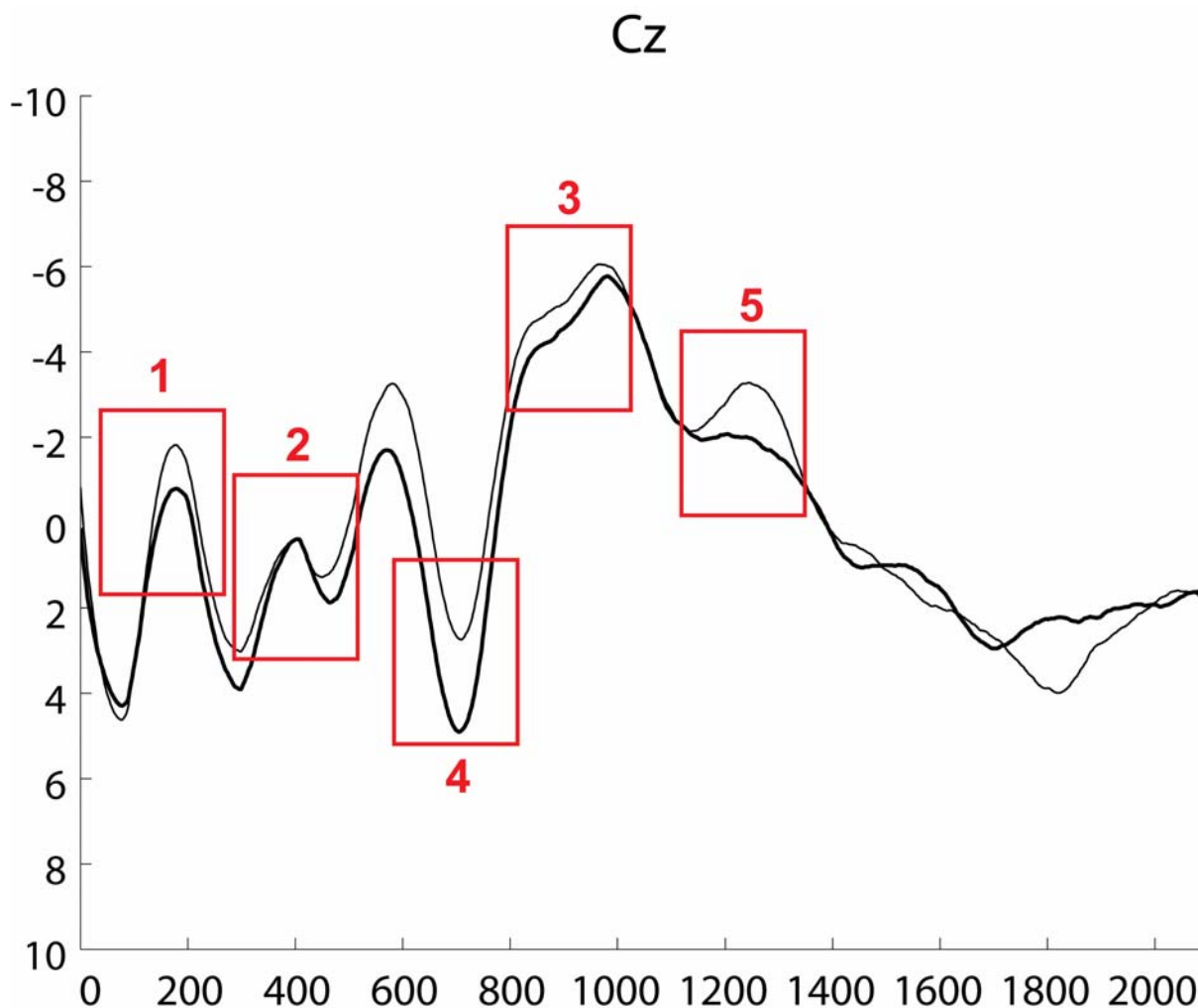


Figura 2 – *Grand-averages* dos potenciais relacionados a eventos (ERPs) extraídos de Cz. Retângulos numerados (1-5) representam detalhes explicados no texto. No gráfico a ordenada representa a linha do tempo (ms) e a abscissa representa a voltagem (μV) dos registros.

Como se pode ver nos gráficos presentes nas figuras 1 e 2, há diferenças de amplitude, estatisticamente significativas, entre os ERPs apresentados em linha grossa e em linha fina, desde os 200 ms após a estimulação do verbo. Considerando que aos 200 ms a única variável experimental era a propriedade de animacidade do sujeito, gênero [+ animado], *o menino*, e gênero [- animado], *a cadeira*, este traço é, logicamente, o candidato a ter causado os efeitos eletrofisiológicos que vemos dentro do retângulo 1 na figura 2. O retângulo 1 está associado ao acesso lexical do primeiro constituinte das sentenças, o nome que tem a função gramatical de sujeito, e que não poderia ser integrado sintaticamente de imediato, pois não teria surgido ainda uma outra palavra. Por que existe uma diferença de amplitude entre os ERPs deste ponto, que é anterior à primeira concatenação? Nossa explicação para este fenômeno implica em um pouco de heurística de linguagem. O fato de os sujeitos serem frequentemente agentes, e os agentes serem raramente inanimados, poderia justificar o sujeito inanimado ser associado ao ERP de amplitude aumentada. Um nome inanimado preenchendo a posição sintática de sujeito causaria um esforço cognitivo intenso, traduzido pela amplitude acentuada do ERP correspondente. Outros estudos enfocando a extração de ERP a partir de estímulos

manipulando o traço de animacidade precisam ser conduzidos como complemento deste, para que se consolide esta interpretação.

Agora, vamos voltar nossa atenção para o retângulo 2, na figura 2. Se o curso da derivação sintática fosse *top-down*, este deveria ser o momento em que o sujeito se concatenaria ao verbo e se integraria a ele semanticamente. E como havia um efeito provocado aos 200 ms pelo traço de animacidade do sujeito, este efeito certamente se estenderia até esta suposta integração semântica, cerca de 400 ms após o verbo, aparecendo em forma de um ERP de amplitude mais elevada, por conta do esforço cognitivo maior ao se tentar integrar semanticamente um sujeito que não era apropriado ao verbo (*a cadeira chutar*).

Entretanto, os trechos dentro do retângulo 2 revelam ERPs perfeitamente sobrepostos aos 400 ms. Esta é uma primeira indicação de que não acontece derivação *top-down*. A despeito do acesso lexical ao sujeito, em torno dos 200 ms, incluindo o acesso ao traço de animacidade, não parece existir qualquer integração semântica do sujeito com o verbo, a qual seria subsequente à concatenação sujeito-verbo. Desta forma, dentro do retângulo 2, parece que há simplesmente o acesso lexical ao verbo, a interpretação da palavra *per se*.

No retângulo 3 da figura 2, posição típica do N_{400} , que está associado à concatenação verbo-objeto e à sua consecutiva integração semântica, encontramos a diferença clássica congruente-incongruente refletida na diferença de amplitude das ondas. Mas a concatenação verbo-objeto nas duas condições é do mesmo tipo e congruente (*chutar a bola*). Então por que a diferença de amplitude? Acreditamos que a incongruência do sujeito produza um efeito por toda a derivação. O acesso lexical ao nome que é sujeito acontece logo no início da derivação da sentença (aos 200 ms), e os traços intrínsecos deste item lexical são estocados na memória operacional e interagem mais tarde, na ocasião da integração semântica verbo-objeto, que se segue à concatenação destes constituintes. Em se tratando de sujeito semanticamente incongruente, há um efeito eletrocortical causado pela tentativa da integração semântica deste constituinte, efeito este que se pode notar na amplitude do ERP associado aos estímulos incongruentes, ERP exibido em linha fina, dentro do retângulo 3.

Identificamos um ERP de polaridade positiva no retângulo 4 da figura 2, sendo que ele aparece também nas demais derivações, na figura 1. Sua polaridade e latência indicam que possivelmente estaríamos lidando com o P_{600} . Como se sabe, o P_{600} está associado à violação sintática, e re-análise, incluindo a violação relativa à concordância verbal. O P_{600} também está associado a outros fenômenos sintáticos sem violação.

Não manipulamos violação sintática nos estímulos. Portanto, se realmente se trata de um P_{600} , que fenômenos sintáticos (sem violação sintática) estariam gerando este efeito eletrocortical? Acharmos que este P_{600} poderia ser associado à concordância verbal normal. Mas o que estaria ocasionando a diferença de amplitudes entre os supostos P_{600} , provocada por um esforço aumentado na tarefa cognitiva linguística? Considerando que o único elemento manipulado no nosso experimento foi a congruência semântica do sujeito, através da propriedade de animacidade do item lexical, poderíamos supor que a concordância verbal incluiria acessar a propriedade $[\pm$ animado] do DP sujeito, além do traço de gênero $[\pm$ masculino] e do traço de número $[\pm$ plural]. Assim poderíamos supor que a concordância seria segmentada em micromódulos, um contendo propriedades conceptuais e outro contendo traços formais. Para entender melhor estes resultados que parecem estar associados ao conteúdo estrutural da concordância verbal, planejamos realizar outro experimento com extração de ERP, desta vez sobre concordância verbal. Investigaremos quais propriedades conceptuais e traços formais, distintos na derivação, estariam realmente envolvidos no módulo de concordância.

Finalmente, ao observarmos o retângulo 5 presente na figura 2, verificamos uma diferença de amplitudes notável entre os ERPs por volta dos 800 ms a contar do objeto, ou

1200 ms depois do verbo. Considerando que nenhum outro elemento foi manipulado além do sujeito, parece que somente neste ponto, onde acontece o que chamamos de N_{800} , encontramos pistas de integração sintática e seleção semântica do sujeito em relação ao complexo verbo-complemento, logo após a concatenação e integração semântica do verbo com seu complemento, o que confirmaria a hipótese *bottom-up*. Nunca é demais ressaltarmos a enorme defasagem entre a ativação da representação fonológica do sujeito, aos 200 ms após a sua estimulação, e a integração semântica deste sujeito ao composto verbo-complemento (V'), aos 1400 ms após o mesmo ter sido estimulado.

4. Conclusão

De acordo com as respostas eletrocorticais estudadas, a partir de teste com extração de ERP, a hipótese *bottom-up* do curso da derivação sintática parece ser bem apropriada.

Quanto à propriedade de animacidade, [\pm animado], do nome que tem a função gramatical de sujeito, acreditamos que ela deva ser acessada não somente na computação do nome (acesso lexical), mas também na computação do verbo, que precisa checar o nome semanticamente, na computação da concordância verbal e na integração semântica do sujeito ao composto verbo-complemento.

Tendemos a acreditar, portanto, que existiriam micromódulos no módulo de Concordância, presente no módulo de cognição de linguagem, o que iria de encontro à tese de que as computações lingüísticas deverão ser vistas de forma cada vez mais granular, atômica, especialmente através das ferramentas de investigação da neurociência da linguagem (Poeppel, 2004; Marantz, 2005; Poeppel e Embick, 2005). Isto significaria dizer que um micromódulo lidaria com propriedades conceptuais, como a de animacidade, [\pm animado], e o outro com traços formais, o de gênero [\pm masculino] e o de número [\pm plural]. E estes conteúdos seriam portanto acessados em diferentes momentos da derivação sintática. Para aprofundarmos este estudo, realizaremos outro experimento com extração de ERP, tratando especificamente do fenômeno de Concordância, e investigaremos línguas cuja propriedade de animacidade se manifesta morfofonologicamente, dando pistas da confirmação, reiteradamente, da teoria de Princípios e Parâmetros – P&P (Chomsky, 1981). A relação propriedade semântica–concordância se constituiria em um Princípio Universal, e a sua realização morfofonológica estaria presente na variação paramétrica deste princípio.

Agradecimentos

Agradecemos aos Professores David Poeppel, Howard Lasnik e Massimo Piattelli-Palmarini pelas valiosas sugestões. Agradecemos à FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro) pela bolsa de Pós-Doutorado da autora Aleria Lage e por bolsas concedidas a ela para seus orientandos. Também agradecemos ao CLIPSEN (Laboratório de Computações Lingüísticas: Psicolingüística e Neurofisiologia), do Programa de Pós-Graduação em Lingüística da UFRJ e coordenado pela Professora Miriam Lemle; e ao LAPIS (Laboratório de Processamento de Imagens e Sinais), do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (COPPE, UFRJ) e coordenado pelo Professor Antonio Fernando Catelli Infantosi.

5. Referências bibliográficas

Chomsky, N. (1957). *Syntactic structures*. The Hague: Mouton.

- Chomsky, N. (1981). *Lectures on government and binding: the Pisa lectures*. Dordrecht: Foris. (Studies in Generative Grammar, 9)
- Chomsky, N. (1995). *The minimalist program*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Chomsky, N. (1999). *Derivation by phase*. Cambridge, Massachusetts: MIT Working Papers in Linguistics. (MIT Occasional Papers in Linguistics, 18)
- França, A.I. (2006). *Concatenações lingüísticas: estudo de diferentes módulos cognitivos na aquisição e no córtex*. Tese de Doutorado em Lingüística, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Letras, Departamento de Lingüística, 2002. Em: Finger, I.; Matzenauer, C.L.B. (Orgs.), *TEP: Textos em Psicolingüística*. Publicação eletrônica do GT de Psicolingüística da ANPOLL. Pelotas: EDUCAT - Editora da Universidade Católica de Pelotas.
- França, A.I. (2006). Introspecção e a neurociência da linguagem : duas práticas bem afinadas. *Neurociências*, 3 (3), 135-139.
- Friederici, A.D. (1999). The neurobiology of language processing. Em: Friederici, A.D. (Ed.). *Language comprehension: a biological perspective*. 2^a Ed. (pp. 265-292). Berlin: Springer.
- Hagoort, P.; Brown, C.M. e Groothusen, J. (1993). The Syntactic Positive Shift (SPS) as an ERP measure of syntactic processing. *Language Cognitive Processes*, 8, 439-483.
- Hagoort, P.; Hald, L.; Bastiaansen, M. e Petersson, K.M. (2004a). Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science*, 304, 439-441.
- Hagoort, P.; Hald, L.; Bastiaansen, M. e Petersson, K.M. (2004b). Integration of word meaning and world knowledge in language comprehension. *Science*, 304, 439-441. Material adicional disponível em *World Wide Web*: <http://www.sciencemag.org/cgi/data/1095455/DC1/1>.
- Hickok, G. e Poeppel, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends Cognitive Sci.*, 4 (4), 131-138.
- Kaan, E.; Harris, A.; Gibson, E. e Holcomb, P. (2000). The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language Cognitive Processes*, 15 (2), 159-201.
- Kutas, M. e Hillyard, S.A. (1980). Reading senseless: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science*, 207 (4427), 203-205.
- Kutas, M. e Hillyard, S.A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307 (5947), 161-163.
- Lage, A.C. (2006). *Aspectos neurofisiológicos de concatenação e idiomatidade em português do Brasil: um estudo de potenciais bioelétricos relacionados a eventos lingüísticos (ERPs)*. Tese de Doutorado em Lingüística, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Letras, Departamento de Lingüística, 2005. Em: Finger, I. e Matzenauer, C.L.B. (Orgs.), *TEP: Textos em Psicolingüística*. Publicação eletrônica do GT de Psicolingüística da ANPOLL. Pelotas: EDUCAT - Editora da Universidade Católica de Pelotas.
- Marantz, A. (2005). Generative linguistics within the cognitive neuroscience of language. *Linguistic Rev.*, 22, 429-445.
- Neville, H.; Nicol, J.; Barss, A.; Forster, K. e Garrett, M. (1991). Syntactically based sentence processing classes: Evidence from event-related brain potentials. *J. Cognitive Neurosci.*, 3, 151-165.
- Osterhout, L. e Holcomb, P.J. (1992). Event-related brain potentials elicited by syntactic anomaly. *J. Memory Language*, 31 (6), 785-806.
- Osterhout, L. e Holcomb, P.J. (1995). Event-related potentials and language comprehension. Em: Rugg, M.D. e Coles, M.G.H. (Eds.), *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (pp. 171-215). New York: Oxford University Press. (Oxford Psychology Series, 25)

Osterhout, L.; Holcomb, P.J. e Swinney, D.A. (1994). Brain potentials elicited by garden-path sentences: evidence of the application of verb information during parsing. *J. Exp. Psychol.*, 20 (4), 786-803.

Poeppel, D. (2004). *Interdisciplinary cross-fertilization or cross-sterilization? Challenges at the interface of research on brain and language*. Lecture at Wissenschaftskollegs zu Berlin, Berlin. University of Maryland. Disponível em *World Wide Web*:: <http://www.ling.umd.edu/~poeppel>.

Poeppel, D. e Embick, D. (2005). Defining the relation between linguistics and neuroscience. Em: Cutler, A. (Ed.) *Twenty-first century psycholinguistics: four cornerstones*. Chapter 6, Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Wassenaar, M.; Brown, C.M. e Hagoort, P. (2004). ERP effects of subject-verb agreement violations in patients with Broca's aphasia. *J. Cognitive Neurosci.*, 16 (4), 553-576.

Notas


(1) Esta primeira versão do experimento (Lage, 2005) foi apresentada na reunião *Biolinguistic Investigations*, em Santo Domingo, República Dominicana, em 2007. Agradecemos ao Professor Howard Lasnik e ao Professor David Poeppel, ambos da Universidade de Maryland, pelas sugestões valiosas, inclusive por aquela que nos fez testar posicionando o *trigger* 400 ms antes, bem no momento da estimulação do verbo. Quando se trata de extração de ERP, costuma-se colocar o *trigger* no argumento interno, que, sendo incongruente, 400 ms depois gera uma negatividade, um N₄₀₀, de grande amplitude. Mas para se verificar uma possível ausência de concatenação do verbo ao sujeito, descartando-se a hipótese *top-down* do curso da derivação, que coincidiria com a ordem dos constituintes na sentença, seria necessário se investigarem as respostas eletrocorticais do instante que poderia corresponder ao da suposta concatenação verbo-sujeito, se ela ocorresse, ou seja, 400 ms após o verbo.

(2) Para uma completa apreciação da metodologia empregada, cf. Lage (2005).

(3) O programa de aquisição de sinais foi desenvolvido pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Sinais (LAPIS), do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica – COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

(4) O processamento de sinais e o tratamento estatístico dos resultados foram realizados pela Professora Aline da Rocha Gesualdi, do Departamento de Engenharia Elétrica, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro (CEFET-RJ).

(5) No gráfico da figura 2, o conhecido N₄₀₀ se encontra em torno de 800 ms (retângulo 3), e o trecho aos 1200 ms, que aparece delimitado pelo retângulo 5, seria um N₈₀₀.

 - **A.C. Lage** possui graduação em Letras (UFRJ), Mestrado em Linguística (UFRJ), Doutorado em Linguística (UFRJ) e realiza seu Pós-Doutorado em Linguística (Programa de pós-Graduação em Linguística, UFRJ). Endereço para correspondência: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Letras, Departamento de Linguística. Rua Horácio Macedo, 2151, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21941-590. *E-mail* para correspondência: aléria@terra.com.br. **M. Lemle** possui graduação em Letras (UFRJ), Mestrado em Linguística (*University of Pennsylvania, USA*), Doutorado em Linguística (UFRJ) e Pós-Doutorado (*MIT, USA*). Atualmente é Professora Titular (UFRJ) e Coordenadora do Laboratório CLIPSEN (Computações Linguísticas: Psicolinguística e Neurofisiologia; <http://www.letras.ufrj.br/clipsen>). **A.R. Gesualdi** possui graduação em Engenharia Elétrica (Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ), Mestrado em Engenharia Elétrica (UFRJ) e Doutorado em Engenharia Elétrica (UFRJ). Atualmente é Professor Adjunto do CEFET Celso Suckow da Fonseca. **M. Cagy** possui graduação em

Engenharia Elétrica (UFRJ), Mestrado em Engenharia Biomédica (UFRJ) e Doutorado em Engenharia Biomédica (UFRJ). Atualmente é Professor Adjunto (UFF). **A.F.C. Infantosi** é graduado em Engenharia Eletrônica (Escola de Engenharia Mauá), Mestrado em Engenharia Biomédica (UFRJ) e Doutorado em Engenharia Elétrica (*Imperial College of Science Technology Medicine University of London*). Atualmente é Professor Titular (UFRJ) e Coordenador do Laboratório de Processamento de Imagens e Sinais (LAPIS) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (COPPE, UFRJ).