

O processamento de estruturas linguísticas recursivas: contribuições da interface entre Sintaxe Gerativa e Psicolinguística

The processing of recursive linguistic structures: interface contributions
of Generative Syntax and Psycholinguistics

*Bernardo Kolling Limberger**, *Sidriana Scheffer Rattova***

**PUCRS/Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, **PUCRS/Sheffield College*

Resumo: O caráter recursivo da linguagem humana é um dos aspectos que diferencia nosso sistema comunicacional de todos os outros utilizados por não humanos. A capacidade de encaixar estruturas em outras, num processo recursivo, dotou os humanos de uma habilidade de criar sentenças para expressar um conjunto ilimitado de possíveis significados. Considerando os limites de nossa memória e de nossa capacidade de processamento, podemos combinar frases a fim de formar de sentenças *ad infinitum*. Pesquisadores vinculados à Sintaxe Gerativa chomskyana têm investigado essas estruturas linguísticas, e estudos relacionados à Psicolinguística têm colaborado para o entendimento do processamento de estruturas recursivas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é discutir algumas contribuições da interface entre Sintaxe Gerativa e Psicolinguística para o entendimento do processamento das estruturas recursivas. O método utilizado para atingir os objetivos consiste de uma pesquisa bibliográfica. Acreditamos que a plena compreensão desse processamento poderia ser alcançada por meio da interface entre as duas áreas supracitadas da Linguística. Os estudos reportados têm mostrado o envolvimento da memória de trabalho no processamento de estruturas complexas e também o não compartilhamento de recursos neurais entre diferentes domínios. Ademais, os estudos indicam um campo prolífero para pesquisas em diversas línguas.

Palavras-chave: Recursividade. Sintaxe Gerativa. Psicolinguística. Interface.

Abstract: The recursive nature of human language is one aspect that differentiates our communication system from all other systems used by non-humans. The capacity to embed structures, in a recursive process, endowed our species with an ability to create sentences to express an unlimited set of possible meanings. Considering the limits of our memory and our processing capacity, we are able to combine phrases in order to create sentences *ad infinitum*. Syntax researchers linked to the Chomsky's Generative Theory have been investigating these linguistic structures, and Psycholinguistic studies have collaborated on understanding of recursive structures processing. The approach used to meet the aim of this article is based on a bibliographic review research. We believe that the complete understanding of this processing could be reached through the interface of both linguistics areas. Reported studies have shown the involvement of working memory during processing and storage of complex structures, as well as the non-sharing of neural resources among different areas. Also, studies show an open field for research on many languages.

Keywords: Recursion. Generative Syntax. Psycholinguistics. Interface.

Introdução

A Psicolinguística se caracteriza basicamente pela investigação do processamento da linguagem em qualquer nível, como, por exemplo, nos níveis fonológico, morfológico, lexical e sintático. Desse modo, trata-se de uma área versátil; podemos nos utilizar dos pressupostos e métodos psicolinguísticos para investigar quase qualquer fenômeno linguístico. Neste artigo, discutimos o processamento de estruturas sintáticas, exemplificado com o interessante fenômeno da *recursividade*, com base no arcabouço teórico gerativista.

O fenômeno da recursividade (ou recursão) é, segundo Carnie (2006), a propriedade da linguagem de produzir iterativamente estruturas encaixadas dentro das outras. Ela nos permite produzir sentenças que nunca tínhamos ouvido antes, porque se obtêm laços infinitos entre as sentenças. Essa propriedade explica parcialmente a propriedade da infinitude discreta (CHOMSKY, 2000), segundo a qual, com base na criatividade da linguagem humana, é sempre possível construir uma sentença mais complexa, composta de formas menores. Ademais, conforme a hipótese de Hauser, Chomsky e Fitch (2002), a propriedade da recursividade é tão importante que ela seria o único fator da linguagem que diferencia o homem do animal, sendo o centro computacional da cognição humana.

Para abordar a recursividade, assumimos a Metateoria das Interfaces (COSTA, 2007), de acordo com a qual a Linguística deve estar inserida em visões interdisciplinares ricas. Desse modo, para este trabalho, nas interfaces internas, isto é, no nível das subteorias da Linguística, estão situadas a Sintaxe Gerativa e a Psicolinguística. Por outro lado, nas interfaces externas, ambas as áreas da Linguística, para o entendimento das estruturas recursivas, estão em interface com a Psicologia/Neurociência Cognitivas. Essa relação é concretizada constantemente pela Psicolinguística, porque esta área se vale de conceitos da cognição, como memória, funções executivas e atenção, necessários para explicar o processamento da linguagem. A Metateoria das Interfaces é, portanto, segundo Costa (2007), uma alternativa para compatibilizar a diversidade de modelos e abordar o objeto (do processamento) da linguagem, tão pluridimensional e complexo.

Os estudos psicolinguísticos se situam nas interfaces das Ciências Cognitivas, por configurarem o estudo psicológico da linguagem, que, segundo Carrol (1999), enveredado pela Psicolinguística, lida com processos mentais que são envolvidos em todos os níveis da língua, especialmente a compreensão e a percepção, a produção e a aquisição. Assim, o escopo de investigação da Psicolinguística poderia ser resumido em duas questões primárias: (1) quais conhecimentos linguísticos são necessários para que nós possamos usar

a língua? (2) que processos cognitivos são envolvidos no uso normal da língua? Ao considerar tais questões, o objetivo deste trabalho é revisar e discutir algumas contribuições da interface entre Sintaxe Gerativa e Psicolinguística para o entendimento do processamento das estruturas linguísticas recursivas. Para tanto, apresentamos alguns pressupostos teóricos e metodológicos de cada área, de uma forma não exaustiva, uma vez que esse não é o escopo de análise do presente trabalho.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na primeira seção, intitulada 'Metodologia', apresentamos os procedimentos metodológicos que guiaram a busca pela bibliografia, em livros e artigos; na segunda seção, 'Recursividade', revisamos as características principais do processo de recursividade; na terceira, 'O processamento de estruturas linguísticas recursivas: contribuições da Psicolinguística', o foco da análise é o processamento da recursividade, no que tange a aspectos experimentais e metodológicos. Na quarta seção, em 'Discussão', os resultados desses estudos são examinados, seguidos, por fim, das considerações finais e referências bibliográficas.

1 Metodologia da busca pelos artigos

A metodologia deste artigo consiste em uma pesquisa bibliográfica, a fim de atingir o objetivo supracitado. Desse modo, apresentamos um panorama dos vários desdobramentos que o conceito de recursividade representa no que diz respeito a seu tratamento na Sintaxe Gerativa, tomando como ponto de partida os estudos da Teoria da Gramática Gerativa de Noam Chomsky (1957). Ademais, relacionamos tais conceitos com perspectivas empíricas sobre o processamento de estruturas recursivas.

Assumimos a Metateoria das Interfaces (COSTA, 2007), desenhando novos objetos de investigação, por meio da relação entre subáreas da Linguística (Psicolinguística e Sintaxe Gerativa) e, ainda, outras áreas, como a Psicologia e a Neurociência Cognitiva. Para tanto, apresentamos, no primeiro momento, estudos sintáticos sobre recursividade e, em seguida, estudos sobre o processamento de estruturas recursivas. A pesquisa por esses estudos foi realizada em diferentes bases de dados: *PubMed*, *Science Direct*, *SciELO*, *APA PsycNET* e *Web of Science* e Periódicos CAPES, com os indexadores *Recursividade*, *Processamento* e *Psicolinguística* e as respectivas traduções para o inglês.

2 Recursividade

No início dos anos 1950, Chomsky promoveu um movimento complexo com seu

programa gerativista, provavelmente o de maior impacto na evolução da disciplina (COSTA, 2011). Devido à revolução cognitiva, as pesquisas passaram a investigar os mecanismos internos envolvidos no comportamento e na ação. A Linguística, por sua vez, por meio da Teoria Gerativa, visa explicar os fenômenos internos que geram as expressões de cada língua. Desse modo, Chomsky (2005) postula que a linguagem é um procedimento gerativo que designa descrições estruturais (nos níveis fonético, semântico e sintático) para expressões linguísticas. O conhecimento da língua é a representação interna de tal procedimento na mente/cérebro.

Como nos explicam Marcilese, Corrêa e Augusto (2014), a Teoria Gerativa destaca, desde os anos 1950, a natureza recursiva da sintaxe como uma das propriedades fundamentais da faculdade da linguagem humana. Porém, o conceito de recursividade incorporado pela Linguística provém das Ciências Formais, e, apesar de o uso do termo *recursividade* ser bastante difundido na literatura, tanto no domínio da Linguística como em outros campos, sua definição não tem recebido um tratamento esclarecedor. Alguns autores afirmam que até pouco tempo atrás não havia na literatura uma preocupação manifesta em elucidar os pontos obscuros associados à recursividade (PARKER, 2006; TOMALIN, 2007; entre outros). Porém, essa situação está mudando, considerando a publicação de alguns trabalhos que visam discutir a ideia de recursividade sob vários aspectos, tanto na teoria linguística quanto nas Ciências Cognitivas de um modo geral (PARKER, 2006; TOMALIN, 2007; LOBINA, 2010; VAN DER HULST, 2010; CORBALLIS, 2011; RATTOVA, 2014; SILVA, 2014, entre outros).

No campo da Linguística, a literatura atual oferece, no mínimo, quatro diferentes distinções para recursividade. De acordo com Parker (2006), essas caracterizações se distinguem com base no aspecto que resulta mais saliente em cada uma delas. A primeira distinção é baseada na infinitude discreta da língua. Chomsky (2000) utiliza o termo *recursividade* como sinônimo de infinitude discreta, que é tomada muitas vezes como sinônimo de criatividade e produtividade linguística, ou seja, a nossa capacidade de produzir estruturas sintáticas infinitas a partir de um conjunto finito de elementos linguísticos. Segundo Chomsky (2000, p. 3), “a linguagem humana é baseada na propriedade elementar que também parece ser biologicamente isolada: a propriedade da infinitude discreta, que é mostrada na sua forma mais pura pelo sistema dos números naturais 1, 2, 3...”¹.

A segunda definição procura explicar o fenômeno recursivo através do alçamento exibido nas regras de estrutura frasal. Christiansen (1994) formaliza essas regras afirmando

¹ No original: “The human language is based on an elementary property that also seems to be biologically isolated: the property of discrete infinity; which is exhibited in its purest form by the system of natural numbers 1, 2, 3...” (CHOMSKY, 2000, p. 3). Tradução nossa.

que a recursividade acarreta que um símbolo não terminal² no lado esquerdo de uma regra reapareça no lado direito da mesma ou de outra regra. Essa definição sugere que todos os símbolos terminais devam aparecer no lado direito da estrutura frasal caso eles sejam utilizados. Por outro lado, se os símbolos terminais aparecerem novamente sozinhos, não ocorrerá recursão.

A terceira definição de recursão na literatura linguística envolve a noção de encaixamento, mais especificamente encaixamento de constituintes idênticos. Essas definições abstêm-se de ligar a recursividade diretamente às regras da gramática formal, um fato que permite tais definições serem mais acessíveis. Kirby (2002) define recursividade como uma propriedade da gramática com um léxico e um conjunto de regras finito no qual algum constituinte de uma expressão possa conter um constituinte da mesma categoria. Carnie (2002), Pinker e Jackendoff (2005) definem recursividade como sendo o encaixamento de constituintes idênticos.

Por fim, a quarta definição envolve iteração, sendo que, alguns autores não fazem distinção entre os conceitos de recursividade e iteração, e outros definem recursividade como sendo oposta à iteração. Radford (1997) sugere que recursividade é apenas um procedimento que pode ser repetido várias vezes. De acordo com esta definição, recursividade é simplesmente a aplicação de algo sucessivamente. Hurford (2004), por outro lado, define iteração como a propriedade de se fazer a mesma coisa repetidamente até que algum critério seja encontrado, e recursividade, um procedimento que é parcialmente definido em termos de si mesmo. Parker (2006) aponta iteração como sendo uma simples repetição de uma ação e um objeto, sendo cada repetição um ato separado que pode existir independente de outras repetições. Por fim, Corballis (2011), por sua vez, sugere que a distinção entre recursividade e iteração é uma questão de interpretação.

Como podemos verificar, há um número expressivo de teorias, que, com frequência, não são consensuais sobre o significado de recursividade. Além disso, muitas definições pecam em não diferenciar *recursividade* e *iteração*, como também dois tipos importantes de recursividade: *recursão de borda* e *recursão encaixada*³. Segundo Parker (2006), compreende-se por *recursão de borda* simplesmente um tipo de recursão que envolve encaixamento na borda direita ou esquerda do sintagma, como, por exemplo:

(1) A bola do filho da amiga da minha mãe está no jardim.

² De acordo com Raposo (1992) as categorias sintagmáticas (sintagma nominal, sintagma adjetival, sintagma verbal etc.) constituem os símbolos não terminais, e os símbolos terminais são as palavras.

³ Em inglês: *tail recursion* e *embedded recursion*, respectivamente.

Em (1) o sintagma nominal (SN) completo contém o núcleo *bola*, bem como o SN modificador *do filho da amiga da minha mãe*, que, por sua vez, contém outro núcleo *mãe* e um SN modificador *o filho da amiga*, e assim sucessivamente. Percebemos que cada SN contém um outro SN menor encaixado, até chegarmos ao fim da sentença. Todos os SNs são encaixados na borda esquerda; por isso denominamos de *ramificação à esquerda ou encaixamento inicial*⁴. Vejamos o exemplo abaixo:

- (2) O rapaz que beijou a garota que conheceu Pedro no bar que eu recomendei é meu vizinho.

Nessa sentença, o encaixamento recursivo ocorre na borda direita. Todo o SN consiste em um determinante *O* seguido do núcleo *rapaz* seguido de um modificador CP (*Complementizer Phrase*) *que beijou a garota que conheceu Pedro no bar que eu recomendei*. Nesse caso, cada CP contém uma frase que contém um CP menor encaixado nele na borda direita da sentença, o que caracteriza *ramificação à direita ou encaixamento final*⁵.

Por outro lado, a *recursão encaixada*⁶ acarreta o encaixamento no centro, deixando material em ambos os lados do constituinte encaixado, produzindo, normalmente, dependências de longa distância (PARKER, 2006). Exemplos de *recursão encaixada* são mais difíceis de construir, visto que raramente ocorrem na linguagem cotidiana. Para ilustrar esse tipo de recursão, utilizaremos um exemplo, em inglês, bastante usado na literatura (PARKER, 2006).

- (3) *The mouse the cat the dog chased bit ran.*⁷

Nessa sentença, o SN que aparece primeiro pertence ao verbo da posição final, o segundo SN pertence ao penúltimo verbo e o terceiro SN pertence ao primeiro verbo. Representando essa sentença em outra maneira teríamos: *The mouse ran, the cat bit, the dog chased*. Porém, em (3) o SN *the dog chased* está encaixado no centro da sentença *the cat bit*, que também está encaixado no centro da sentença *the mouse ran*. O encaixamento é cercado em ambos os lados por elementos adicionais e, nesse caso, não pode ser considerado *recursão de borda*.

⁴ Em inglês: *left-branching recursion*.

⁵ Em inglês: *right-branching recursion*.

⁶ Em inglês: *nested/embedded recursion*.

⁷ *O rato o gato o cachorro perseguiu mordeu correu.

Iteração, por sua vez, envolve apenas a repetição de uma ação ou de um objeto por um número arbitrário de vezes, como, por exemplo:

(4) O garoto comeu um sanduíche, um biscoito e uma maçã.

Nesse exemplo, os constituintes *um sanduíche, um biscoito, uma maçã* não estão encaixados e não produzem dependência, podemos alterar a ordem de qualquer um deles, sem alterar o sentido da sentença. Por outro lado, isso não é possível principalmente na *recursão de borda*.

Outra distinção pode ser estabelecida entre recursividade e estrutura frasal. Não raras vezes, ambos os conceitos são assumidos como análogos. Embora a ideia de estrutura frasal se refira à relação hierárquica dos constituintes na sentença, uma estrutura frasal pode ser hierarquicamente organizada sem por isso ser, obrigatoriamente, recursiva. A principal diferença entre recursão e estrutura frasal é que recursão envolve constituintes idênticos dentro de outros constituintes, e estrutura frasal envolve frases encaixadas em outras frases. Então, para haver recursão é necessário fazer uso da hierarquia existente na estrutura frasal, porque precisamos da capacidade de encaixar constituintes, mas uma estrutura frasal não necessita ser recursiva.

Segundo Lobina e Garcia-Albea,

parece haver uma forte tendência de confundir representações de estruturas hierárquicas com recursão. Embora a estrutura de dados hierárquicos chame por mecanismos recursivos, este último não é automático por causa do primeiro. A recursão sempre envolve hierarquia, mas nem toda a hierarquia envolve recursão – iteração pode ser uma boa candidata para algumas estruturas ou tarefas. (LOBINA; GARCIA-ALBEA, 2009, p. 1352, tradução nossa)⁸.

Com efeito, uma estrutura frasal, por natureza, possui uma forma hierárquica: os elementos da computação sintática são combinados para formar estruturas maiores, que chamamos de frases, e frases são combinadas com outras frases para formar outras ainda maiores. Essa formação sucessiva de frases resulta em uma estrutura hierárquica que pode ser representada através de árvores sintáticas (LOBINA; GARCIA-ALBEA, 2009).

⁸ No original: “There seem to have a strong tendency to confuse hierarchically structure representations with recursion. Even though hierarchical data structure call for recursive mechanisms, the latter are not automatic because of the former. Recursion always involve hierarchy, but not all hierarchy involves recursion – iteration may well be right candidate for some structure/tasks.” (LOBINA; GARCIA-ALBEA, 2009, p. 1352).

Segundo Parker (2006), o esclarecimento dessas diferenças entre estrutura e recursividade tem suporte teórico na alegação de Hauser, Chomsky e Fitch (HCF, 2002) sobre a centralidade da recursividade na faculdade da linguagem. Os autores delineiam uma nova perspectiva sobre a natureza da recursão e o papel que ela desempenha na linguagem. O tema ganhou dimensões maiores desde a publicação deste controverso artigo de HCF (2002), no qual os autores procuram estabelecer um quadro conceitual mais geral sobre a recursão e abrem uma discussão mais ampla em relação à evolução da linguagem a partir da capacidade recursiva do ser humano.

Seguindo a linha chomskyana, a linguagem interna (LI) é, primeiramente, o objeto de interesse de estudo da evolução e da função da faculdade da linguagem (HCF, 2002, p. 1570). Para explorar a questão da evolução da linguagem, HCF fazem uma distinção terminológica e conceitual, dividindo a faculdade da linguagem em sentido amplo (*Faculty of Language – broad sense* - FLB) e em sentido restrito (*Faculty of language – narrow sense* – FLN). De acordo com os autores, a FLB inclui um sistema computacional interno (a FLN), combinado com, no mínimo, dois outros sistemas (i) o sistema sensorio-motor; e (ii) o sistema conceitual-intencional.

A FLN é o núcleo computacional da faculdade da linguagem, o subsistema cognitivo que captura um conjunto finito de elementos e produz um conjunto potencialmente infinito de expressões discretas. Cada uma dessas expressões discretas passa pelo sistema sensorio-motor e conceitual-intencional que processa e elabora essa informação e a transforma em linguagem em uso. HCF (2002) argumentam que o que é único à espécie humana é específico à FLN, ao contrário da FLB, que pode ser compartilhada com outras espécies.

A hipótese de HCF (2002) define a FLN como um elemento interno da teoria linguística; portanto, não há a possibilidade de haver uma abordagem interdisciplinar ou de interface. Assim, a FLN permanece apenas no domínio da Linguística. Ainda para os autores, no processo evolutivo da linguagem, a FLN pode ter evoluído para outras habilidades cognitivas, além da linguagem, visto que a recursividade pode se expressar em outros domínios, como por exemplo, na navegação, nos números e nas relações sociais. Portanto, ela não seria uma adaptação apenas para a comunicação.

Talvez os maiores opositores à hipótese de HCF (2002) sobre os aspectos da linguagem que são unicamente humanos e unicamente linguísticos (a recursividade sintática contida na FLN), sejam Pinker e Jackendoff (2005). Embora estes autores concordem que há a necessidade de se fazer uma distinção entre a faculdade da linguagem em sentido amplo e sentido restrito (FLB e FLN), eles não aceitam a hipótese de que a recursividade seja o único elemento exclusivo à linguagem, que possa ter evoluído para outras funções além dela e por isso não seja resultado de um processo adaptativo na evolução. Pinker e Jackendoff (2005) argumentam que há muitos outros aspectos da

gramática que não são recursivos, mas que se mostram essenciais à linguagem, como a fonologia, a morfologia, os casos e a concordância, e muitas propriedades das palavras.

Diante desses pressupostos teóricos da Sintaxe Gerativa, na próxima seção, expomos algumas contribuições da Psicolinguística Experimental, que tem auxiliado no entendimento do complexo fenômeno do processamento linguístico das estruturas recursivas.

3 O processamento de estruturas linguísticas recursivas: contribuições da Psicolinguística

Para compreender o processamento de estruturas recursivas, os pesquisadores vinculados à Psicolinguística utilizam também os pressupostos teóricos explicitados acima. É importante salientar que os pressupostos e o paradigma gerativistas foram essenciais para o surgimento da Psicolinguística, que se valeu especialmente da teoria da Gramática Transformacional para analisar o processamento de sentenças (LEITÃO, 2011). Como complementa o autor, a área avança rapidamente por uma abordagem gerativa da cognição e propõe explicações sobre a natureza do conhecimento linguístico, relacionadas ao desempenho (nos termos da dicotomia chomskyana competência/desempenho) e à criatividade, contrariando o behaviorismo, que considerava a linguagem um sistema de hábitos e repetições.

Depois da revolução cognitiva, surgiram diversos estudos sobre o processamento da linguagem, relacionados ao desempenho, nos termos de Chomsky. Especificamente sobre recursividade, estudos precursores foram o de Blumenthal (1966) e o de Marks (1968). Ambos os pesquisadores investigaram o processamento de sentenças encaixadas. No estudo de Blumenthal (1966), os resultados do teste de compreensão e reescrita de sentenças encaixadas únicas e múltiplas mostraram que sentenças múltiplas são percebidas mais frequentemente como agramaticais em comparação a sentenças com uma só oração encaixada. A maior dificuldade dos participantes foi em atribuir relações gramaticais aos constituintes da sentença encaixada (por exemplo, se a encaixada se refere ao sujeito ou ao objeto). No estudo de Marks (1968), falantes nativos de inglês participaram de uma tarefa de julgamento de gramaticalidade de sentenças relativas, declarativas e encaixadas (no centro e na borda direita da sentença principal) e sequências de anagramas. Sentenças declarativas e com encaixamento à direita foram julgadas, na maior parte das vezes, como totalmente gramaticais, ao passo que as sequências de anagramas foram julgadas como agramaticais. Os participantes leram sentenças com 1 a 5 encaixamentos; desse modo, o nível de agramaticalidade das sentenças encaixadas parece aumentar com o número de

encaixamentos acima de um limiar de 1,5 encaixamentos. O autor argumenta, da mesma forma que Blumenthal (1966), que um maior número de sentenças encaixadas pode dificultar a compreensão. Ambos os estudos abriram caminhos para a investigação das estruturas recursivas sob um viés psicolinguístico.

Apesar da tradição dos estudos sobre recursividade (desde os anos 1960), focalizamos, nesta seção, estudos mais recentes, por eles contemplarem diferentes aspectos do processamento das estruturas recursivas, a saber: diferenças individuais no processamento, dificuldade de processamento, relação com as estruturas aritméticas, demanda da memória de trabalho e bases neurais (CHRISTIANSEN; MACDONALD, 2009; MARCILESE; CORRÊA; AUGUSTO, 2014; FRIEDERICI et al., 2006; FRIEDRICH; FRIEDERICI, 2009). Além disso, a revisão oferece um panorama dos estudos contemporâneos que se utilizam de instrumentos modernos da Psicologia e da Neurociência Cognitiva, como, por exemplo, a ressonância magnética funcional. Reportamos também dois estudos bastante recentes sobre o processamento das estruturas recursivas no Português brasileiro (PB), que contemplam (1) a relação entre traços semânticos e o mecanismo recursivo e (2) o processamento de estruturas com sintagmas preposicionais por crianças em fase de aquisição da linguagem (SOUZA; LAGE, 2013; FRANÇA et al., 2014)⁹.

Christiansen e MacDonald (2009) conduziram um estudo no qual a recursividade é concebida como uma habilidade que pode ser adquirida, e as limitações no processamento das construções recursivas mais simples e mais complexas derivam de interações entre a experiência linguística e as limitações na aprendizagem e no processamento. Um modelo conexionalista que corporifica essa alternativa foi criado pelos autores, e juntamente com resultados da simulação de quatro experimentos de julgamento de aceitabilidade, aplicados em estudantes universitários, os autores demonstram que o modelo foi capaz de formar generalizações, a saber: o aumento da profundidade da recursão na borda direita teve um efeito negativo na dificuldade do processamento, que não pôde ser atribuído a um efeito de extensão da sentença; quanto mais profundo o nível de recursão entre os tipos de estímulo, pior foi o processamento, isto é, as sentenças não foram bem julgadas pelos participantes; a colocação de múltiplas instâncias de recursão entre a sentença afetou a sua aceitabilidade; e houve preferência pelo processamento de uma construção agramatical de dois sintagmas verbais (SVs) em detrimento de uma construção gramatical de três SVs, o que está de acordo com os resultados de Marks (1968).

As predições geradas pelo modelo de Christiansen e MacDonald (2009) e corroboradas pelos experimentos sugerem que as habilidades recursivas aprendidas são intrinsecamente limitadas não somente no processamento de estruturas recursivas

⁹ Na seção seguinte, discutimos os estudos aqui reportados, formalizando a interface e a discussão sobre o processamento da recursividade linguística.

complexas, mas também durante o processamento de estruturas recursivas simples. Além disso, o modelo prediz diferenças individuais na dificuldade de processamento de estruturas recursivas específicas, não somente no desenvolvimento da linguagem da criança, mas também entre as diferentes línguas. No entanto, os autores salientam que esse último aspecto precisa ser mais bem estudado, devido à grande diversidade de línguas.

O estudo de Marcilese, Corrêa e Augusto (2014) teve como foco a relação entre as estruturas recursivas linguísticas e as aritméticas. As pesquisadoras conceberam um instrumento cujo objetivo foi explorar um possível efeito de *priming*¹⁰ estrutural no processamento de estruturas recursivas (encaixadas), envolvendo recursividade independentemente do domínio específico (cognição linguística e numérica). Com esse experimento, as pesquisadoras avaliaram em que medida o processamento de uma estrutura com encaixamento no centro, vinculada a um determinado domínio cognitivo (como a linguagem), influencia o processamento de uma estrutura similar, mas associada a um domínio diferente (como a cognição numérica, ou vice-versa). Os resultados obtidos pelas autoras não sustentam a ideia de que o processamento de estruturas semelhantes vinculadas a domínios cognitivos diferentes acarrete um efeito de *priming* estrutural, isto é, as primeiras não facilitam o processamento das segundas. O uso de um procedimento recursivo em um domínio não serve de *prime*, ou seja, não facilita a ativação de procedimento análogo em outro domínio.

Esse estudo demonstra, ainda, o envolvimento da memória de trabalho (MT) no processamento das estruturas recursivas. Esse envolvimento mostra um claro exemplo de interface externa. A MT exerce um papel ativo, pois desempenha um papel crucial em todas as formas de pensamento complexo (JUST; CARPENTER, 1980; ENGLE, 2002). A MT, segundo o modelo de Baddeley e Hitch (1974), é um sistema que suporta nossa capacidade de trabalho mental e pensamento coerente. Para a MT, Baddeley e Hitch (1974) propuseram um modelo de componentes múltiplos¹¹. O modelo é composto pelo executivo central, um sistema limitado em termos de atenção que seleciona e manipula o material em subsistemas e que serve como um controlador dos demais componentes; pela alça fonológica, que é um componente responsável pelo armazenamento temporário de informações verbais; pelo esboço visuoespacial, o componente incumbido da manutenção temporária de informações visuais e espaciais; e pelo componente mais recentemente acrescentado, o *buffer* episódico (BADDELEY, 2000), que estabelece uma relação entre a MT e a memória de longa duração. Assim, conforme Marcilese, Corrêa e Augusto (2014), a

¹⁰ Nas tarefas de *priming*, há apresentação de um estímulo prévio (*prime*) que pode ser uma dica para o processamento do estímulo-alvo; desse modo, um estímulo prévio pode facilitar o processamento dos estímulos subsequentes.

¹¹ A tradução dos termos do modelo para o português é baseada em Baddeley, Eysenck e Anderson (2011). Enfatizamos esse modelo por dois motivos: (1) a maior parte dos trabalhos sobre memória de trabalho se baseia nesse modelo; (2) no artigo discutido, as autoras analisam os resultados de acordo com o modelo.

memória verbal de trabalho (alça fonológica) parecer estar envolvida tanto no processamento de sentenças da língua, quanto de expressões numéricas. No entanto, esse compartilhamento não sustenta a possibilidade de um efeito de *priming* a partir do acionamento de um procedimento recursivo no processamento de sentenças e expressões numéricas.

Outro resultado interessante encontrado por Marcilese, Corrêa e Augusto (2014) foi que a dependência do procedimento recursivo na computação sintática se mostrou dependente da identificação de informação especificamente linguística (informação pertinente às propriedades sintáticas ou traços formais) do elemento funcional ‘pronomes relativos’ no léxico.

No nível neurobiológico, segundo Friederici et al. (2006), duas áreas cerebrais do hemisfério esquerdo são responsáveis pelo processamento sintático: a área de Broca e uma área adjacente, o opérculo frontal. Os autores constataram essas diferenças com base em um estudo com a utilização de um paradigma de gramática artificial, durante um exame de ressonância magnética funcional¹². Cada área estaria envolvida, respectivamente, em um tipo de processamento sintático, no processamento de estruturas recursivas e no processamento de estruturas locais, mais simples. Então, somente a área de Broca estaria envolvida no processamento de estruturas mais complexas (sequências como AABB, cuja parte [AB] é encaixada, por exemplo). Esses resultados sugerem que o processamento das estruturas hierárquicas está associado a uma área específica do cérebro. Como argumentam os autores, não há dúvida de que o processamento de estruturas hierárquicas e a recursividade sejam aspectos cruciais da linguagem humana, corroborando a hipótese da recursividade como uma propriedade exclusiva da faculdade de linguagem humana, em sentido restrito, e ausente em sistemas de comunicação animal (HAUSER; CHOMSKY; FITCH, 2002).

No estudo de Friedrich e Friederici (2009), os pesquisadores investigaram o processamento sintático num experimento de leitura de fórmulas matemáticas hierárquicas, por meio da ressonância magnética funcional. Segundo os autores, linguagens formais e línguas naturais compartilhariam o fato de envolverem uma gramática subjacente que gera expressões hierarquicamente estruturadas. Essa gramática permitiria determinar se uma expressão é gramatical ou agramatical. Os resultados revelaram que o processamento de fórmulas matemáticas ativa uma região neural diferente da região ativada nas relações hierárquicas na linguagem natural, isto é, regiões mais anteriores e mais ventrais com relação à região de Broca. Com esse resultado, os autores inferem que línguas artificiais

¹² Ferramenta utilizada para estudar mudanças no cérebro enquanto os participantes executam alguma tarefa. Como explicam Huettel, Song e McCarthy (2008), a RMF utiliza fortes campos magnéticos para criar imagens do tecido biológico, isto é, da organização da atividade funcional do cérebro com uma resolução espacial muito boa.

(como a matemática) e naturais não seriam processadas de forma semelhante.

Estudos bastante recentes têm contemplado o processamento de estruturas recursivas no português brasileiro (PB), além do estudo já citado (MARCILESE; CORRÊA; AUGUSTO, 2014). Souza e Lage (2013) conduziram um estudo no qual foi incluída a relação entre traços semânticos e o mecanismo recursivo. As autoras aplicaram um experimento com orações relativas para acessar o impacto do traço de animacidade do antecedente ao pronome relativo. A hipótese das autoras é que a recursividade seria de fácil processamento no PB quando o sujeito da oração principal seria [+ animado], como, por exemplo, na sentença *Mais tarde o cachorro que comeu a ração tomou banho*. O experimento de julgamento de gramaticalidade foi aplicado com eletroencefalografia¹³. Os resultados demonstram, segundo as autoras, que os traços de animacidade afetam a computação recursiva, pois os potenciais de eventos relacionados (acionados quando a frase é estranha) ocorreram quando o sujeito não é animado, mesmo em frases gramaticais.

Outro estudo que contemplou estímulos em português foi conduzido por França et al. (2014). Os pesquisadores investigaram como as crianças processam a estrutura recursiva dos sintagmas preposicionais (PP) do PB. Para tanto, foi contrastado, no experimento, os PPs com recursão e os PPs com coordenação (ou iteração). Os autores tentaram acessar o momento mais precoce no qual a recursão com PPs se torna uma propriedade disponível da gramática de crianças de três e de quatro anos. Os autores desenvolveram um teste de pareamento de figuras e sentenças orais. As crianças ouviram uma sentença e apontavam para a figura correspondente na tela do computador: uma figura mostrava uma situação de coordenação (*Tem maçã na caixa e no balde*), e a outra mostrava uma situação de nomes encaixados organizados hierarquicamente (*Tem gato na caixa na mesa*). Os resultados demonstram que as crianças de quatro anos apontaram mais para imagens de recursão enquanto escutaram a sentença de coordenação (e vice-versa para o teste com estruturas coordenativas), ou seja, elas acertaram mais que as crianças de três anos. As crianças menores apontaram mais para as imagens de coordenação nas duas condições (recursão e coordenação), o que sugere que a faixa etária de quatro anos seja a idade em que a criança inicia o processamento de estruturas recursivas encaixadas, um grande avanço em seu desenvolvimento linguístico.

Em suma, os estudos psicolinguísticos demonstram relações da teoria sintática com construtos cognitivos, porque lidam com capacidade de processamento e, ainda, relações com a matemática. A discussão a seguir aprofunda esses aspectos.

¹³ Por meio dessa ferramenta, é possível mensurar a atividade elétrica do cérebro. Ao utilizar esse método de neuroimagem, conforme Huettel, Song e McCarthy (2008), mudanças muito rápidas nos potenciais elétricos e no fluxo magnético são medidas; desse modo, o método é utilizado para estudar o *timing* dos processos cerebrais.

4 Discussão

Os estudos reportados na seção anterior nos permitem discutir algumas contribuições da interface entre a Psicolinguística e a Sintaxe Gerativa para o entendimento das estruturas recursivas. A discussão dos estudos reportados tem relação com a recursividade como exclusividade humana, as bases neurais desse processamento, a dificuldade de processamento, as diferenças individuais, o processamento do português brasileiro e as potencialidades da pesquisa sobre esse tema, mencionadas nas considerações finais.

Reportamos estudos que se utilizaram dos paradigmas da Psicolinguística, como, por exemplo, o *priming* e a leitura de sentenças com o escaneamento da atividade cerebral, e da Sintaxe, como o julgamento de gramaticalidade e a aprendizagem de uma gramática artificial. Desse modo, podemos verificar que as áreas se relacionam, seja pelos interesses comuns, seja pelo compartilhamento de paradigmas e ferramentas. O objeto do processamento da recursividade é estudado, então, no nível das subteorias da Linguística, o que formaliza uma interface (COSTA, 2007) entre a Sintaxe e a Psicolinguística e, por vezes, com a Semântica, como no estudo de Souza e Lage (2013). Por outro lado, interfaces externas também são formalizadas, sobretudo, pela relação das teorias (psico)linguísticas e a cognição, como a memória de trabalho, a cognição numérica e também pela utilização de ferramentas neurocientíficas. Isso demonstra já uma maturidade nos estudos sobre recursividade e um interesse cada vez mais frequente de pesquisadores de diversas áreas.

Um aspecto importante presente em alguns estudos reportados se refere à questão que emergiu com o estudo de Hauser, Chomsky e Fitch (2002). Segundo os autores, a recursividade sintática contida na faculdade da linguagem em sentido restrito seria exclusivamente humana, visto que o mecanismo computacional recursivo subjacente à faculdade da linguagem em sentido restrito parece ser limitado e apoia-se em algumas capacidades exclusivas aos seres humanos, como a interface entre o sistema sensório-motor (Fonética e Fonologia) e o conceitual-intencional (Semântica e Pragmática). Esse tópico é controverso na literatura, materializado principalmente no debate Chomsky vs. Pinker. Pinker e Jackendoff (2005) concordam com a distinção da faculdade da linguagem em sentido amplo e restrito. Porém, apresentam vários contrapontos aos argumentos de Chomsky e seus associados. Os autores consideram que a hipótese da recursividade como o único componente da linguagem em sentido restrito partiu dos conceitos do minimalismo, e este não contempla muitas propriedades fundamentais da linguagem, tal como a fonologia, o léxico, a morfologia e os dispositivos sintáticos (complementizadores, auxiliares, quantificadores, modo e aspecto), os quais desempenham um papel importante na sintaxe

das línguas naturais. Além do mais, Pinker e Jackendoff (2005) sugerem que a recursividade parece desempenhar um papel em outros sistemas da cognição humana, como por exemplo, na música ou na formação de sequências de ações complexas ou na aritmética – como demonstra o estudo de Marcilese, Corrêa e Augusto (2014), conduzido com falantes de português brasileiro.

Interessantemente, estudos com ressonância magnética funcional, como o Friederici et al. (2006), têm corroborado a hipótese de Chomsky. Friederici et al. (2006) argumentam que não há dúvida de que o processamento de estruturas hierárquicas (na região de Broca, como exposto anteriormente) seja essencialmente da linguagem humana, sendo a hipótese da recursividade uma propriedade exclusiva da faculdade de linguagem em sentido restrito. A região de Broca, responsável pelo processamento recursivo, existe nos primatas, mas evoluiu para funções totalmente diferentes, que não têm relação com o processamento linguístico. Desse modo, a hipótese de Pinker e Jackendoff (2005) não é corroborada pelo estudo de Friederici et al. (2006), pois a recursividade permaneceu exclusiva aos seres humanos, em comparação aos primatas.

No que tange às dificuldades no processamento das estruturas sintáticas recursivas, pesquisadores (PARKER, 2006; KARLSSON, 2010; CORBALLIS, 2011, entre outros) são quase unânimes em afirmar que a recursão de borda demanda pouco custo de processamento pelo fato que não envolve dependência de longa distância. Por isso, esse é um tipo de recursão muito comum na linguagem natural. Já a recursão encaixada raramente ocorre na linguagem cotidiana em virtude da sua complexidade e demandaria uma sobrecarga da MT. Além disso, um grande número de sentenças encaixadas também pode dificultar o processamento (CHRISTIANSEN; MACDONALD, 2009; BLUMENTHAL, 1966; MARKS, 1968). No entanto, Christiansen e MacDonald (2009) demonstram que a aprendizagem das habilidades recursivas é limitada tanto para sentenças simples (recursão de borda) como para sentenças mais complexas (recursão encaixada). Quanto mais profundo o nível de recursão entre os tipos de estímulo, pior pode ser o processamento (CHRISTIANSEN; MACDONALD, 2009).

Por outro lado, níveis mais complexos do processamento da recursividade podem ser possíveis. De acordo com Corballis (2011), isso pode acontecer apenas com o auxílio da linguagem escrita, com longo período de observação e ensaio, ou ainda, com a ampliação de capacidade de memória através de meios artificiais. Haveria, portanto, diferenças individuais no processamento de estruturas recursivas, mas também, conforme salientam Christiansen e MacDonald (2009), diferenças no processamento de diferentes línguas.

Essa hipótese de diferenças individuais é perfeitamente plausível, porque até mesmo uma sentença recursiva mais simples pode recrutar muitos recursos cognitivos, como a MT. Os resultados dos estudos demonstram a dependência do processamento das estruturas recursivas da memória de trabalho, porque ela está envolvida no processamento e

armazenamento temporário de estruturas complexas. Haveria, então, diferenças individuais no processamento das estruturas recursivas porque a capacidade de memória de trabalho é variável entre as pessoas. Os estudos no nível cerebral (FRIEDRICH; FRIEDERICI, 2009) e também o estudo de *priming* (MARCILESE; CORRÊA; AUGUSTO, 2014) demonstram compartilhamento das estruturas recursivas entre diferentes domínios (cognição linguística e cognição numérica) somente na MT e não em outros aspectos estruturais. Isso demonstra a dependência da MT para o processamento das estruturas recursivas e as consequentes diferenças individuais no processamento.

O que se torna interessante é que, apesar de nossa aparente dificuldade em processar sentenças recursivas, quase todas as línguas naturais preveem tais construções em suas gramáticas, o que tem relação com a universalidade. Na concepção chomskyana, isso significa que todos os seres humanos já nascem predispostos para adquirir a linguagem verbal. Segundo Chomsky (1997), o cérebro possui um dispositivo inato, a *Language Acquisition Device*, que o capacita a adquirir a linguagem e a recorrer ao princípio da infinitude, ou seja, produzir sentenças cada vez mais complexas a partir de simples usos. Por exemplo, a sentença *O homem que disse que o gato matou o rato está enganado* é perfeitamente gramatical e tem uma sentença (*o gato matou o rato*) encaixada em outra (*O homem está enganado*). Agora, se acrescentarmos *o cachorro pegou o gato* na sentença *o gato matou o rato* e colocarmos em uma única frase, teremos *O homem que disse que o gato que o cachorro pegou matou o rato está enganado*. Ainda podemos adicionar mais uma sentença em uma das bordas da frase: *É provável que o homem que disse que o gato que o cachorro pegou matou o rato está enganado*, e assim, indefinidamente. Como consequência, o processamento começa a sobrecarregar a MT, sendo que construções como essas podem ocorrer, mas não são muito comuns na linguagem cotidiana.

Entretanto, a nossa competência linguística nos permite adicionar quantas orações relativas ou constituintes forem necessários ou desejados pelo falante, e a sentença pode aumentar infinitamente – infinitude discreta (CHOMSKY, 2000), mencionada com mais detalhes na seção 1. O problema do processamento, ao que parece, ocorre no nível de desempenho linguístico e não de competência. Por meio dos artigos revisados, podemos verificar, portanto, apesar das mudanças no arcabouço teórico gerativo, a relação entre Psicolinguística e Teoria Gerativa acontece de forma produtiva, principalmente pelo modelo gerativo do Programa Minimalista.

O último tópico a ser discutido tem relação com o processamento de estruturas recursivas do português brasileiro (PB). Nos últimos anos, os pesquisadores brasileiros têm se dedicado ao estudo do processamento da recursividade, como por exemplo, Souza e Lage (2013) e França et al. (2014), aqui enfatizados. Estruturas exclusivas do PB foram investigadas pelos autores: no primeiro estudo, a relação entre traços semânticos e a recursividade e no segundo, o processamento de estruturas com sintagmas preposicionais

por crianças em fase de aquisição da linguagem. Também, já foram realizadas pesquisas¹⁴ referentes ao processamento de orações relativas ambíguas (FINGER; ZIMMER, 2005) e ao processamento de orações relativas encaixadas (MIYAMOTO, 1999; GOUVEA, 2005). Ainda, há alguns estudos sobre os procedimentos de *parsing* e o acesso aos diferentes tipos de informação na compreensão de frases com dados, não apenas do português, mas do inglês, alemão e de línguas indígenas brasileiras (GROLLA, 2013).

Outras pesquisas buscaram investigar os domínios gramaticais sobre os quais a recursividade se aplica em línguas indígenas¹⁵. A título de exemplo, citamos o guarani e tupinambá (VIEIRA, 2013), que ao que parece exibem recursão não apenas no nível sintático, como também no nível morfológico. Também há estudos sobre a recursividade em sentenças possessivas na língua indígena kawaiwete (LIMA, 2013), e a controversa pesquisa com a língua do povo indígena pirahã, conduzida primeiramente por Everett (1992) e corroborada por um estudo recente com um *corpus* dessa língua (FUTRELL et al., 2016), que desafia alguns aspectos bastante difundidos por Chomsky com relação à universalidade da linguagem, principalmente no que diz respeito à propriedade recursiva da linguagem humana. De acordo com Everett (1992), a língua pirahã não exibe nenhuma ocorrência de sentença recursiva, fato que suscitou diversos movimentos de outros linguistas com o objetivo de não validar a hipótese chomskyana, inclusive Pinker, conforme anteriormente mencionado.

As pesquisas que envolvem línguas indígenas do território brasileiro vêm contribuindo, através de uma base de dados diversificada, para a compreensão de aspectos universais e específicos da linguagem. No entanto, os estudos se limitam, ainda, ao nível estrutural, sendo, por isso, um interessante objeto da pesquisa na interface Sintaxe-Psicolinguística. Acreditamos que, devido à presença de recursividade em outros aspectos da língua, a pesquisa com línguas indígenas poderia enriquecer o debate Chomsky vs Pinker, que mencionamos acima.

Considerações finais

Por meio de uma pesquisa bibliográfica, visamos discutir as contribuições da interface Sintaxe Gerativa-Psicolinguística para o entendimento do processamento das

¹⁴ Os estudos mencionados fogem do escopo da recursividade. No entanto, eles são citados devido à sua importância na área, ou seja, eles influenciaram os trabalhos sobre recursividade.

¹⁵ A maior parte das pesquisas sobre recursividade nas línguas indígenas brasileiras são conduzidas pelo Laboratório de Psicolinguística Experimental (LAPEX), na Universidade Federal do Rio de Janeiro, que tem sido muito importante no aprimoramento do entendimento de como as estruturas recursivas são processadas.

estruturas linguísticas recursivas. O número de estudos ainda é limitado, porque a recursividade, fenômeno sintático por excelência, foi somente estudada de forma mais aprofundada pela Sintaxe Gerativa. Ademais, podemos verificar que o conceito de recursividade e seu emprego nas Ciências Cognitivas ainda está longe de alcançar um consenso e que estudos mais detalhados precisam ser conduzidos com o objetivo obter um consenso em relação com a sua definição. No entanto, pudemos verificar que a interface com a Psicolinguística tem sido prolífera seja pelo compartilhamento de paradigmas e instrumentos, seja pelo compartilhamento de interesses¹⁶. Com o auxílio da interface, pode-se, inclusive, buscar uma resposta para debates da Sintaxe, como o de Chomsky *x* Pinker.

Portanto, como investigações futuras, é crucial estudar ainda se há, efetivamente, diferenças no processamento da recursividade nas diversas línguas. Além disso, a influência de aspectos semânticos no processamento das estruturas recursivas, as bases neurais do processamento do PB, o envolvimento da memória de trabalho no processamento do PB são algumas das possibilidades das pesquisas que podem ser realizadas no Brasil sobre o complexo fenômeno da recursividade.

Pesquisas sobre domínios cognitivos não linguísticos também são pertinentes, como na matemática, navegação e música (interface externa), a fim de obter dados comparativos e, desta maneira, poder verificar se há outros componentes, além da recursividade, que compõem a faculdade da linguagem em sentido restrito. O desafio é, através de trabalho de campo e pesquisas experimentais, compreender melhor a representação, a aquisição e o processamento de estruturas recursivas. Nas pesquisas psicolinguísticas sobre recursividade, podem ser aplicados tanto experimentos de medida *off-line* (as reações são captadas após o processamento linguístico), quanto *on-line* (as medidas das reações são obtidas no momento em que o processamento linguístico ocorre).

Além disso, a formulação dos estímulos precisa ser muito bem controlada, porque muitos fatores linguísticos podem influenciar o processamento, como a frequência de palavras, a extensão das frases, a familiaridade do tópico etc. Os participantes da pesquisa também precisam ser pareados de acordo com suas habilidades linguísticas, como vocabulário e memória de trabalho verbal e de acordo com características biológicas e sociais, como idade, gênero, nível de escolaridade, entre outras, para que esses fatores não influenciem nos resultados.

As pesquisas sobre o complexo fenômeno do processamento de estruturas linguísticas recursivas no Brasil são escassas, porém, elas vêm gradativamente alcançando números mais expressivos com estudos cada vez mais produtivos de cunho teórico (como,

¹⁶ Prova disso foi o Congresso *Recursion in Brazilian Languages and Beyond*, promovido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em agosto de 2013, que contou com pesquisadores nacionais e internacionais promovendo trabalhos envolvendo recursividade em todos os níveis.

por exemplo, RATTOVA, 2014; SILVA, 2014) e experimental (como, por exemplo, todas as pesquisas reportadas na seção 3). As possibilidades de pesquisas são inúmeras, não apenas sobre o processamento da nossa língua majoritária e de outras línguas indo-europeias, mas também das línguas minoritárias, como as indígenas, as crioulas e as de imigração.

Referências

BADDELEY, Alan. The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, v. 4, n. 11, p. 417–423, 2000.

BADDELEY, Alan; EYSENCK, Michael; ANDERSON, Michael. *Memória*. Porto Alegre: Artmed, 2011.

BADDELEY, Alan; HITCH, Graham. Working memory. In: BOWER, G. H. (Ed.). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, v. 8, p. 47–89, New York: Academic Press, 1974.

BLUMENTHAL, Arthur L. Observations with self-embedded sentences. *Psychonomic Science*, v. 6, n. 10, p. 453–454, 1966.

CARNIE, Andrew. *Syntax: a generative introduction*. 2. ed. Oxford: Wiley Blackwell Publishers, 2006.

CARROL, David. *Psychology of language*. 3. ed. Pacific Grive, CA: Brooks/Cole, 1999.

CHOMSKY, Noam. *Syntactic Structures*. Mouton: The Hague, 1957.

_____. Novos Horizontes no Estudo da Linguagem. *DELTA*, v. 13, n. esp., p. 49-72, 1997.

_____. *New Horizons in the studies of Language and Mind*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

_____. Three Factors in Language. *Linguistics Inquiry*, v. 36, n. 1, p. 1-22, 2005.

COSTA, Jorge Campos da. *Filosofia da Linguística, Filosofia da Ciência e Metateoria das Interfaces*. 2007. Disponível em: <http://www.jcamposc.com.br/textos_disciplinas/filosofia_da_linguistica-filosofia_da_ciencia_e_metateoria_das_interfaces.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2014.

_____. Chomsky vs Pinker: na interface entre Linguística e Psicologia Evolucionária. *Letras de Hoje*, v. 46, n. 3, p. 12-17, 2011.

CHRISTIANSEN, Morten. Infinite Languages, Finite Minds: Connectionism. *Learning and Linguistics Structure*. University of Edinburgh. Dissertation, 1994.

CHRISTIANSEN, Morten; MACDONALD, Maryellen. A Usage-Based Approach to Recursion in Sentence Processing. *Language Learning*, v. 59, n. 1, p. 126-161, 2009.

CORBALLIS, Michael C. *The Recursive Mind: The origins of human language, thought, and civilization*. Princeton University Press, 2011.

ENGLE, Randall W. Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, v. 11, p. 19-23, 2002.

EVERETT, Daniel L. *A língua pirahã e a teoria da sintaxe: descrição, perspectivas e teoria*. Campinas: Editora Unicamp, 1992.

FINGER, Ingrid; ZIMMER, Márcia Cristina. A preferência de interpretação de orações relativas curtas e longas no português brasileiro. In: MAIA, Marcus; FINGER, Ingrid (Org.). *Processamento da Linguagem*. Pelotas, RS: EDUCAT, 2005, p. 111-129.

FRANÇA, Anieli Improta; CARVALHO, Alex; LAGE, Aleria; PINTO, Mayara de Sá. The acquisition of coordination and recursion of PPs: how to fare the development of these computations? *Revista da ABRALIN*, v. 13, p. 333-350, 2014.

FRIEDRICH, Roland; FRIEDERICI, Angela. Mathematical logic in the human brain syntax. *Plos One*, v. 4, n. 4, 2009.

FRIEDERICI, Angela et al. The brain differentiates human and non-human grammars: Functional localization and structural connectivity. *PNAS*, v. 108, n. 7, p. 2458-2463, 2006.

FUTRELL, R. et al. A Corpus Investigation of Syntactic Embedding in Pirahã. *PLOS ONE*, v. 11, n. 3, p. 1-20, 2 mar. 2016.

GOUVÊA, Ana Cristina. Complexidade sintática: o processamento de orações relativas em português brasileiro e inglês. In: MAIA, Marcus, FINGER, Ingrid. (Org.) *Processamento da Linguagem*. Pelotas: EDUCAT, 2005. p. 201-220.

GROLLA, Elaine. Recursion in child Brazilian Portuguese: the case of long distance WH-questions. *Recursion in Brazilian Languages and Beyond*. UFRJ, 2013.

HAUSER, Marc; CHOMSKY, Noam; FITCH, W. Tecumseh. The Faculty of Language: What Is It, Who Has It, and How Did It Evolve? *Science*, v. 298, n. 22, 2002.

HUETTEL, Scott A.; SONG, Allen W.; MCCARTHY, Gregory. *Functional Magnetic Resonance Imaging*. 2. Ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2008.

HURFORD, James. *The evolution of language and languages*. Edinburgh: Edinburgh University Press, 1999.

JUST, Marcel; CARPENTER, Patricia A. A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, v. 87, p. 329-354, 1980.

KIRKY, Simon. Learning, bottlenecks and the evolution of recursive syntax. In: Briscoe, T., editor. *Linguistics Evolution Trough Language Acquisition, Formal and Computation Models*. Ed. Brescoe. Cambridge: Cambridge University Press, 2002. p. 173 -203.

LEITÃO, Márcio. Psicolinguística experimental: focalizando o processamento da linguagem. In: MARTELOTTA, Mário (Org.). In: *Manual de Linguística*. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2011. p. 217-234.

LIMA, Suzi. Recursion of postpositional and possessive phrases in Kawaiwete. Comunicação pessoal em 08 de agosto de 2013. *Recursion in Brazilian Languages and Beyond*. UFRJ, 2013.

LOBINA, David J. A running back and forth. *Biolinguistics*, v. 5, n. 1-2, p. 151-169, 2010.

LOBINA, David J.; GARCIA-ALBEA, Jose E. Recursion and Cognitive Science: Data Structure and Mechanism. *Preceding of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*, p. 1337 -1352, 2009.

MARCILESE, Mercedes; CORRÊA, Letícia M. Sicuro; AUGUSTO, Marina R. A. Recursividade na sintaxe da língua e na aritmética: interdependência ou independência entre domínios? Um estudo experimental. *Revista Letrônica*, v. 7, n. 1, p. 250-277, 2014.

MARKS, Lawrence. Scaling of grammaticalness of self-embedded English sentences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 7, p. 965-967, 1968.

MIYAMOTO, Edson T. *Relative clause processing in Brazilian Portuguese and Japanese*. Tese de doutorado. Massachusetts Institute of Technology – MIT. Cambridge, MA, 1999.

PARKER, Anna R. *Evolution as a Constraint on Theories of Syntax*. The case against

Minimalism. 2006. 357f. Tese (Doctor of Philosophy to Linguistic and English language) – School of Philosophy, Psychology and language Sciences, University of Edingburgh, 2006.

PINKER, Steven; JACKENDOFF, Ray. The Faculty of language: what's special about it. *Cognition*, v. 95, p. 201-236, 2005.

RADFORD, Andrew. *Syntactic Theory and Structure of English: a Minimalist Approach*. Cambridge: Cambridge University Press. 1997.

RAPOSO, Eduardo P. *Teoria da Gramática: A Faculdade da Linguagem*. Lisboa: Caminho, 1992.

RATTOVA, Sidriana. *A recursividade no sistema sintático subjacente à faculdade da linguagem*. 2014. 80 fls. Dissertação (Mestrado em Letras) – Programa de Pós-Graduação em Letras, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Porto Alegre, 2014.

SILVA, Shanna Lauda Ferreira. *A recursividade e seu papel na faculdade da linguagem da espécie humana*. 2014. Dissertação (Mestrado em Letras) – Programa de Pós-Graduação em Letras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2014.

SOUZA, Cristiane Ramos de; LAGE, Aleria. Animacy and recursion in Brazilian Portuguese: an ERP study. *Recursion in Brazilian Languages and Beyond*, p. 65-67, 2013.

TOMALIN, Marcus. *Reconsidering recursion in syntactic theory*. Downing College, University of Cambridge, 2007.

VAN DER HULST, Harry (ed.) *Recursion and Human Language*. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 2010.

VIEIRA, Marcia M. D. Recursion in Tupi-Guarani languages. Comunicação pessoal em 08 de agosto de 2013. *Recursion in Brazilian Languages and Beyond*. UFRJ, 2013.

BERNARDO KOLLING LIMBERGER

Doutorando em Linguística (bolsista do CNPq) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), com estágio de doutorado-sanduíche na Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Alemanha (bolsista da CAPES/DAAD). E-mail: bernardo.limberger@acad.pucrs.br.

SIDRIANA SCHEFFER RATTOVA

Mestre em Linguística pela PUCRS (bolsista do CNPq). Professora de inglês no The Sheffield College, Reino Unido. E-mail: srattova@gmail.com.