

UMA REFLEXÃO A RESPEITO DA EVOLUÇÃO HUMANA E A NATUREZA DA LINGUAGEM ¹

Alfredo Pereira Jr.

Abstract

In this paper I discuss scientific and philosophical issues related to the interdisciplinary area of Neurolinguistics, focusing on the origin and nature of human language. What kind of evolutionary process leads to the emergence of language? I propose that this process began with the adoption of bipedalism, triggering the co-evolution of new brain structures and forms of social organization. This process created a context that favoured the emergence of articulated vocalization using a combinatorial linguistic system. The identification of sufficient conditions for the emergence of human language in this context depends on the paradigm adopted for the analysis. I look for a synthesis of nativist and constructivist paradigms, showing that both contribute to an understanding of the origin and nature of human language.

1. Introdução

Que processos cerebrais apóiam a expressão vocal e atribuição de significado para palavras e sentenças? Que processos suportam o uso de regras gramaticais? Estas operações requerem mecanismos especiais, ou são feitas pelas mesmas estruturas responsáveis por outros processos cognitivos? A neurociência cognitiva da linguagem (*neurolinguística*) procura dar respostas satisfatórias, ou minimamente consensuais, a estas perguntas.

Duas escolas de pensamento dominaram as recentes discussões sobre a base neurobiológica de linguagem. Baseada em estudos de lingüística e psicologia do desenvolvimento, a escola *nativista* concluiu pela existência de mecanismos inatos específicos para a linguagem (Fodor 1976; Pinker 1994). Tais mecanismos envolveriam um grupo de genes exclusivo para a espécie humana, que se expressariam em um módulo cerebral especializado. Por outro lado, a escola *construtivista* nega a existência de genes ou módulos exclusivos para a linguagem, e tenta explicar dados lingüísticos e psicológicos em termos de um processo de aprendizagem, facilitado pela co-evolução da espécie humana e da prática lingüística. A competência lingüística se derivaria de

¹ Agradecimentos aos pareceristas da Revista Abstracta, à FAPESP e CNPQ, por apoio financeiro à minha pesquisa, e a Michael B. Wrigley (in memoriam), com quem aprendi Filosofia da Linguagem.

princípios gerais de plasticidade neuronal e de propriedades cognitivas do córtex pré-frontal dos primatas (Deacon 1997; Quartz & Sejnowski 1997).

Um aspecto central da corrente nativista contemporânea é o funcionalismo computacional, que se expressa na tese metodológica de que a cognição deve ser estudada "de cima para baixo" (abordagem "top-down"), o que significa que primeiramente deve-se identificar as funções da linguagem, no plano de uma abordagem psicolinguística, para depois se procurar as estruturas cerebrais que suportam tais funções. O modelo de cérebro adotado por estes autores - o qual, diga-se de passagem, é adequado à metodologia que adotam - tem sido o modelo de processamento "serial" de informação, por meio de módulos macroscópicos, concebidos como "caixas pretas", conectados através de canais de entrada e saída de informação. É assumido que cada módulo implementaria uma função lingüística, por exemplo, a função de representação lexical, das regras gramaticais, etc.

Será que o cérebro trabalha de modo semelhante a tal modelo? O apoio para esta proposta viria de resultados de escaneamentos (PET-scanning) e ressonância magnética (fMRI), mostrando um grau de especialização regional no cérebro, por exemplo para diferentes classes de palavras. Porém, há outras evidências que sugerem que o paradigma de computação modular não seria adequado para se entender o funcionamento do cérebro.

Medidas de atividade eletromagnética feitas por EEG (através de uma malha de eletrodos na superfície do escalpo) têm duas vantagens, relativamente às técnicas acima: melhor resolução temporal (no alcance de milissegundos, para EEG, e de segundos, para PET e fMRI); e a possibilidade de distinguir entre influxo (picos positivos) e efluxo de energia (picos negativos), relativamente a uma determinada região em que é feita a medida. Estudos de atividade lingüística monitorados por EEGs (Roy John et al. 1997; Llinas 1992) têm revelado um fenômeno que é contraditório com o paradigma de modularidade: a existência de mudanças de fase rostro-caudal rápidas. Este fenômeno implica que cada região, considerada pelos modularistas como estando continuamente ativada durante uma tarefa cognitiva (por exemplo, "guardando" uma palavra na memória), estaria sendo sucessivamente ativada e inativada cerca de 25 vezes por segundo. Este fenômeno parece ser uma condição necessária para o processamento

lingüístico, uma vez que alterações do padrão oscilatório parecem estar relacionadas a disfunções como a dislexia.

Portanto, a aparente localização das funções lingüísticas em regiões específicas do cérebro, sugerida pelas medidas em PET-scanners e fMRI, pode ser um artefato dessas metodologias, as quais, devido à sua baixa resolução temporal, trabalham com *médias* da atividade cerebral na escala de segundos. Quando a atividade cerebral é medida na escala de milissegundos, fica evidente que qualquer tarefa lingüística envolve uma ampla rede neuronal, incluindo o córtex pré-frontal, áreas parietais e temporais do córtex, e estruturas subcorticais como o cerebelo. Também a dissociação entre processos sintáticos e semânticos, um pressuposto bastante comum nas abordagens modularistas, pode ser mais uma questão de ativação diferencial de núcleos de uma mesma rede neuronal, que uma dissociação entre módulos diferentes.

Se o cérebro não tem módulos macroscópicos para executar as funções definidas em teorias lingüísticas, então como este processamento é realizado? O esboço de uma visão alternativa foi apresentado no livro de T. Deacon, *The Symbolic Species* (Deacon 1997), possivelmente a crítica mais contundente contra o paradigma de modularidade feita por um neurocientista cognitivo. O processamento lingüístico é realizado, de acordo com Deacon, através de amplas redes neuronais no cérebro humano, envolvendo as áreas classicamente estudadas (áreas de Broca e Wernicke), e outras áreas relacionadas à memória de trabalho e processos executivos. O construtivismo apresenta a vantagem, frente aos nativistas, de não necessitar a postulação de genes ou macro-módulos exclusivos para a linguagem. Por outro lado, relativamente às evidências psicolingüísticas, a visão nativista parece estar melhor armada para explicar a facilidade com que as crianças aprendem a linguagem.

Para se conciliar ambas as propostas, consideramos que a base neurobiológica de competência lingüística possa ser resumida em duas condições suficientes:

- (a) a existência e operação de um sistema combinatorial determinado geneticamente, que não seria exatamente a "linguagem do pensamento" proposta por Fodor (1976) mas um sistema bioquímico e multi-funcional, nos termos propostos por Black (1991) e;

- (b) certas mudanças na organização do cérebro (em especial, o controle do aparelho fonador pelo córtex motor), que teriam acontecido durante a evolução da espécie humana, sendo selecionadas positivamente e herdadas pelos atuais membros da espécie.

Nativistas e construtivistas concordam que a linguagem tem as características de um sistema combinatorial. Por exemplo, Jackendoff (1994) convincentemente discutiu, de um ponto de vista chomskyano, que a linguagem seria basicamente um "sistema generativo". Deacon (1997) propôs que a linguagem envolveria uma dimensão de *referência simbólica*, ou seja, os símbolos lingüísticos formariam um sistema combinatorial fechado onde os componentes se articulam entre si, sendo que apenas uma *totalidade* de símbolos se referiria a objetos e processos no ambiente. Tal sistema de comunicação difere de outras formas, não-combinatoriais, de comunicação animal, como as de tipo icônico, em que os sinais individuais não se articulam entre si, e se referem diretamente a objetos presentes no ambiente.

O aspecto combinatorial da linguagem pode se apoiar em um sistema de sinais eletroquímicos, operantes na sinapse e nos canais de transdução de sinais, que não é exclusivo aos humanos. Recentes estudos têm revelado que a complexidade algorítmica das cadeias de sinais codificadas em macromoléculas biológicas é comparável à complexidade da linguagem humana (Popov, Segal & Trifonov 1996). Rocha (1997) mostrou, através da utilização de lógica nebulosa, a possibilidade de derivar do sistema combinatorial de sinais celulares uma linguagem formal com a mesma complexidade das linguagens naturais. Podemos ainda constatar que as operações envolvidas no processamento fonético, fonológico e sintático são semelhantes à “estratégia combinatorial” (Black 1991) usada em processos sinápticos e de transdução de sinais no domínio intra-neuronal. Para a expressão desta atividade combinatorial em termos do comportamento lingüístico observado nos seres humanos, sem dúvida existem vários estágios de processamento que ainda não foram elucidados pela neurociência. Podemos imaginar que seria preciso um tipo adequado de arquitetura das redes neuronais, permitindo que a dinâmica combinatorial bioquímica, em diversas populações de neurônios dedicadas aos diversos aspectos do processamento lingüístico, possa ter influência em outras redes que diretamente controlam o comportamento.

A estrutura em múltiplas camadas do neocórtex e do cerebelo, assim como a dinâmica neocortical, controlada pela formação reticular e tálamo, parecem satisfazer às condições para a expressão das operações combinatoriais que ocorrem no nível bioquímico. Nas espécies não humanas, tais operações combinatoriais dariam suporte a diversos tipos de comportamento inteligente, inclusive, em chimpanzés, a processamentos genuinamente lingüísticos por meio de sinais manuais. Tendo em vista a generalidade biológica dos sistemas combinatoriais, podemos inferir que a especificidade humana frente à linguagem não decorreria do primeiro, mas sim do segundo aspecto acima apontado, a saber, de mudanças estruturais que tornaram possível a organização hierárquica e o controle voluntário da fonação e a expressão vocal de cadeias articuladas de sinais, indo além das restrições da comunicação vocal icônica, à qual as outras espécies biológicas estão restritas.

O aparecimento do comportamento lingüístico em humanos, a partir da vocalização articulada, poderia então ser explicado em termos de mudanças na organização de cérebro, que permitiram *ao sistema combinatorial preexistente* controlar a produção da vocalização. Nesta perspectiva, a natureza da linguagem humana residiria no sistema combinatorial bioquímico do cérebro enquanto combinado com uma série de mecanismos cerebrais típicos da evolução humana, que possibilitaram a organização hierárquica e a expressão vocal das seqüências geradas por tal sistema.

2. Uma ordem plausível da evolução da linguagem

A hipótese de que a linguagem estaria baseada em um mecanismo combinatorial geral conduz ao problema de se explicar por que outras espécies não desenvolveram a comunicação lingüística ao grau em que nós o fizemos. Os tecidos corticais, em outras espécies de mamíferos, têm uma arquitetura semelhante à encontrada na espécie humana, e além disso certas espécies, inclusive não-mamíferos (como o papagaio) têm poderoso aparato fonético. A explicação de singularidade humana relativamente à linguagem então requer referência a mudanças organizacionais que aconteceram durante a evolução humana, mas não em outras espécies. Tais mudanças permitiram a hierarquização e expressão externa de sucessões de sinais produzidas pelo sistema combinatorial interno, e, deste modo, o seu uso para a comunicação com outros indivíduos.

Com base em estudos sobre a evolução humana, podemos conjecturar que as mudanças cruciais começariam com o controle cortical de vocalização, que possivelmente decorreu de eventos deflagrados pela adoção de bipedalismo. Sabe-se que os primatas não humanos têm um controle sub-cortical de suas vocalizações (Deacon 1997), centrada na área periaqueductal grisada. Estudos neste sentido têm mostrado que o substrato da vocalização não é uma área discreta e pequena, mas um sistema extenso que alcança desde a medula, passando por áreas subcorticais, até o sistema límbico (Jurgens 1998). Conseqüentemente, a comunicação vocal nestes animais está relacionada a respostas "instintivas" a estímulos, e expressão de estados emocionais. O aparecimento de conexões eferentes, do córtex motor (responsável pelo desencadeamento das ações voluntárias) para o aparato fonético, permitiu aos humanos estender a vocalização para outras funções comunicativas, como a expressão de raciocínios e o planejamento de ações coletivas.

Simultaneamente ao controle cortical das vocalizações, ocorreram modificações no aparato fonético, especialmente a descida da laringe (veja-se Deacon 1997), dotando o aparato fonético de maior grau de liberdade, e conseqüentemente o tornando capaz da produção de seqüências articuladas de gestos vocais. Ao longo da evolução da linguagem humana, também se atingiu a organização *hierárquica* das seqüências de gestos vocais, caracterizando a gramática. Não devemos colocar a gramática no rol dos eventos primitivos geradores da linguagem, uma vez que vários desenvolvimentos na comunicação vocal de nossos antepassados podem ter ocorrido antes da sintaxe ter se cristalizado na forma encontrada nas línguas atuais.

Finalmente, devemos também considerar o aparecimento da capacidade de monitoramento da fala em tempo real, pelo cerebelo. Tal monitoramento é necessário para que o falante possa corrigir cada comando enviado pelo córtex motor, relativamente ao estado prévio do aparato fonético. Tal necessidade deriva do alto grau de liberdade do aparato, possivelmente o maior entre todos os sistemas musculares dos animais. Esta função nova do cerebelo pode ter sido induzida pela adoção da postura vertical, acompanhando a mudança para a forma bípede de locomoção, envolvendo também o sistema vestibular e os gânglios de base.

Todas essas mudanças organizacionais seriam geneticamente transmissíveis, tendo como conseqüência que as novas gerações teriam sido cada vez mais aptas à

comunicação por meio da linguagem. À medida em que esse padrão de comunicação se tornou um padrão seletivo na sociedade humana, várias outras especializações cerebrais foram induzidas, em especial as especializações no córtex auditivo, que nos permitem distinguir a fala em meio a outros tipos de sons, e a reconhecer formas complexas de articulação lingüística.

Entender a origem e evolução da linguagem é uma tarefa complexa, que requer contribuições de diversas áreas científicas. O diálogo transdisciplinar, que pode conduzir ao progresso do entendimento, é frequentemente difícil, em parte por causa de uma discordância sobre o que deveria ser explicado. Nesta situação, uma estratégia efetiva pode ser a de se restringir a explicação a um aspecto da linguagem, considerado como o mais primitivo, que teria deflagrado o processo evolutivo que conduziu a todos os demais. Seguindo este método, me concentrarei na discussão de possíveis fatores evolutivos que tornaram possível a *produção da fala*, que teria sido o passo crucial na origem da linguagem.

Discutindo as origens de linguagem, devemos fazer uma distinção entre *capacidades mentais e produção de fala*. Podemos assumir que o surgimento da fala foi possivelmente precedido pela capacidade de formação de abstrações, as quais poderiam eventualmente ser comunicadas por meio de ícones, como pinturas rupestres. É concebível que nossos antepassados, como também outras espécies que têm um córtex pré-frontal desenvolvido, possuam capacidades de abstração; porém, estes indivíduos não *falam*. Nos raciocínios que se seguem, faço portanto a *suposição* de que a fala, e não simplesmente a formação de conteúdos mentais abstratos, seria o fator crucial que teria disparado o processo evolutivo no qual a espécie humana veio a se distinguir de nossos antecessores primatas.

Assumo que antes que nossos ancestrais começassem a falar eles poderiam ter formado mensagens abstratas em seus cérebros/mentes, sem contudo possuir um meio adequado de comunicá-las (exceto ícones, os quais, apesar de atingirem um certo grau de abstração, seriam insuficientes para especificar tais mensagens). Esta suposição pode, sem dúvida, ser contestada por aqueles que defendem a anterioridade da linguagem relativamente ao pensamento; para estes, a formação de determinados tipos de conteúdo mental abstrato só seria possível após o surgimento da linguagem falada. Contudo, não é minha intenção polemizar com esta posição teórico-filosófica. O

objetivo, mais modesto, é apenas de se encontrar um fio condutor para a discussão da emergência evolutiva da linguagem em sua forma propriamente humana.

Em tal situação - existência de pensamento abstrato sem a possibilidade de sua comunicação pela fala - o desenvolvimento dos sistemas cerebrais especializados em decodificar seqüências estruturadas de sinais, e lhes atribuir um significado, era simplesmente impossível, pois tais estímulos não existiam no ambiente. Só depois que seqüências organizadas de gestos vocais começaram a ser produzidas, as especializações para uma correspondente atribuição semântica puderam se desenvolver. Deste modo, podemos conceber que o desenvolvimento da fala teria sido anterior ao desenvolvimento dos mecanismos de decodificação semântica da fala, pois a produção de seqüências articuladas de sons vocais já era possível mesmo quando os ouvintes ainda não estavam preparados atribuir um significado adequado a elas, ao passo que a atribuição de tais significados não poderia ocorrer na ausência de tais seqüências.

A precedência da produção da fala pode ser ilustrada pela observação de um fenômeno que ocorre em nível ontogenético, a saber, o período em que as crianças 'balbuciam' (do inglês 'babbling'). Este fenômeno revela que os humanos podem produzir seqüências (relativamente) longas e estruturadas de gestos vocais, sem atribuir um significado lingüístico adequado a elas (veja-se o estudo de Greenfield 1991). Esta observação sugere que os humanos poderiam ter iniciado sua atividade lingüística falando sem (muito) sentido, abrindo o caminho para que mensagem complexas pudessem vir a ser transmitidas e adequadamente interpretadas. A consequência lógica desse argumento é que uma explicação satisfatória das origens de linguagem deveria começar pela discussão de como a produção de fala se tornou possível, pois só depois que alguém começou a falar os ouvintes passaram a dispor de estímulo para desenvolver suas capacidades lingüísticas de ordem semântica.

Portanto, faço a suposição de que só se poderia caracterizar o comportamento humano propriamente lingüístico a partir da emergência da fala, esteja esta precedida ou não de pensamento abstrato (como argumentei acima, acredito que a primeira opção seja mais aceitável). Nas próximas seções, minha atenção se volta para a identificação de possíveis eventos evolutivos que propiciaram tal emergência.

3. Há uma causa comum para as mudanças organizacionais que geraram o aparecimento de fala?

Como assinei anteriormente, duas mudanças organizacionais parecem estar envolvidas na origem da fala: o controle cortical de vocalização, e a descida da laringe. Como estes dois eventos, ambos necessários para a fala em sua forma humana, teriam acontecidos juntos? Uma explicação satisfatória, que não dependa de coincidências evolutivas, requer o recurso a uma causa comum.

A causa comum seria possivelmente a adoção de bipedalismo, 5 milhões de anos atrás (o papel de bipedalismo na evolução para a linguagem foi discutido por Corballis 1991). Com o advento do bipedalismo, estruturas corticais (no córtex premotor e motor) especializadas para a coordenação da locomoção em árvores por meio de movimentos de braços e mãos, perderam sua função original, podendo ter sido redirecionadas a uma função nova. A área do córtex motor correspondente à atual área de Broca, como também os mecanismos de sequenciamento hierárquico do córtex pré-frontal, provavelmente tinham se desenvolvido para dar suporte ao comportamento de escalar árvores e se mover de um ramo a outro. Com a adoção de bipedalismo, parte desta rede ficou inutilizada, e possivelmente foi reutilizada em uma função nova, com uma natureza semelhante: a especificação de seqüências organizadas de movimentos, não mais dos braços e mãos, mas *dos músculos fonadores*.

O aparecimento do trato piramidal descendente do córtex motor para os músculos fonadores seria, nesta hipótese, o movimento crucial que permitiu o controle voluntário de fala. Um "deslocamento" (Deacon 1997), ou reestruturação plástica das conexões axonais, pode ter possibilitado o controle cortical da vocalização ao redor 2 milhões de anos atrás. Como esta mudança organizacional foi geneticamente transmissível, o processo teria sido do tipo neodarwiniano, i.e., inicialmente gerado por mutações nucleares ou recombinações genéticas devido a trocas sexuais em uma população, e posteriormente selecionado positivamente de acordo com o caráter adaptativo que o novo traço conferiu a seus portadores.

O deslocamento anatômico de axônios teria estabelecido a base para uma função nova, a vocalização voluntária, sendo que posteriormente tal função poderia ter passado por um novo processo evolutivo. O controle de movimentos de braços e mãos obedece a uma dinâmica temporal que é mais imprecisa que a dinâmica temporal da coordenação

dos músculos vocais. É possível que a participação de estruturas sub-corticais desenvolvidas no suporte à locomoção bipedal (cerebelo, ganglios de base e sistema vestibular) tenham permitido a evolução do mecanismo de sequenciamento de movimentos de locomoção para o sequenciamento de gestos vocais, permitindo um controle mais fino (isto é, com definições temporais mais precisas) da vocalização.

Nesta visão, o aparecimento da área de Broca, como um subsistema especializado que envia axônios ao aparato fonético, se explicaria pela consideração da estrutura prévia do córtex motor, e dos eventos evolutivos que poderiam ter induzido uma mudança na sua função. A área motora que controla movimentos do braço e mão direitos, no cérebro humano contemporâneo, está próxima à área de Broca, no hemisfério cerebral esquerdo. Greenfield (1991, 1998) discutiu convincentemente que essas áreas são homólogas (i.e., derivam da mesma estrutura) nos níveis ontogenético e filogenético. Uma evidência da conexão íntima da área de coordenação da mão com a área de Broca é a facilidade de se rediregir as funções lingüísticas da área de Broca para a mão, na aprendizagem da linguagem escrita ou da linguagem de sinais. Recente pesquisa (Rizzolatti & Arbib 1998) sobre os chamados "neurônios especulares" (do inglês *mirror neurons*), localizados no córtex pré-motor ventral do macaco, apóia a hipótese de que a área F5, que controla o movimento da mão desses animais e também responde quando o animal observa movimentos semelhantes feitos por terceiros, seria o homólogo evolutivo da área de Broca.

Outra evidência de que parte da área de controle do movimento de braço e mão, em nossos ancestrais, foi redirecionada ao controle da musculatura vocal, nos humanos, é o processo de especialização hemisférica. O processo de especialização lateralizada do cérebro humano, tendo afetado tanto a área de Broca quanto as áreas de controle do braço e mão, sugere que tais processos não teriam ocorrido de forma independente. Esta idéia é apoiada por evidências de simultaneidade da destreza manual dos fabricantes de ferramentas de pedra, ao redor de 2 milhões de anos atrás, e vestígios do surgimento da área de Broca em um crânio do mesmo período. Analisando um fóssil de aproximadamente 2 milhões de anos de idade, nomeado "ER1470", Dean Falk (1992) identificou rastros da área de Broca no hemisfério esquerdo. Como este fóssil é presumivelmente contemporâneo dos fabricantes destros das ferramentas de pedra na África Oriental, ela notou que "como a área de Broca e a parte do cérebro que controla a

mão direita estão bem próximas uma da outra, não é surpreendente que sinais de habilidades de linguagem e destreza apareçam simultaneamente no registro fóssil" (Falk 1992: 170). Outra evidência é provida por Reynolds (1993), que comparou construções humanas intituladas (no inglês) "polyoliths" (estruturas que têm características combinatoriais) com arranjos semelhantes de símbolos na linguagem.

Contudo, o aparecimento do controle cortical da vocalização não seria suficiente para a produção da fala, porque o aparato fonético de nossos antecessores não poderia implementar os comandos para a produção de seqüências mais longas e complexas de gestos. Como poderíamos explicar que as mudanças do aparato fonético tenham acontecido ao mesmo tempo que o controle cortical, tornando a produção da fala possível? Assumindo que ambos os eventos têm o bipedalismo como a causa comum distante, como então a adoção do bipedalismo teria induzido mudanças organizacionais no aparato fonético, mais especificamente a descida da laringe?

Uma primeira hipótese seria que as mesmas mudanças genéticas que geraram o deslocamento de conexões axonais do córtex motor para o aparato fonético teriam produzido mudanças estruturais no aparato. Porém, se é o mesmo grupo de genes que controla ambos os fenômenos, o aparecimento de conexões do córtex motor para os músculos vocais, em crianças recém-nascidas, deveria ser sincronizado à descida da laringe. Como o aparecimento de tais conexões precede o nascimento (i.e., o bebê recém-nascido já possui o controle voluntário de suas vocalizações) mas a descida da laringe acontece depois de nascimento, os dois fenômenos seriam possivelmente controlados através de grupos de genes diferentes.

Uma segunda hipótese seria que a descida da laringe seria uma consequência anatômica de outras mudanças evolutivas, independentes do controle cortical de vocalização. Este tipo de hipótese foi apresentado por Wills (1993) e Deacon (1997). Wills propõe que "esta liberdade de movimento [da laringe - APJ] foi...um dos muitos resultados de nossa aquisição da postura vertical, que colocou a cabeça mais para trás relativamente à coluna espinal. A parte frontal da garganta se prolongou, permitindo à laringe crescer mais e operar com maior mobilidade" (1993: 156-7). Estudos de Deacon sugerem que "a redução relativa da boca e face, e expansão relativa do crânio na evolução humana, resultaram em uma descida da laringe...e amplificação da faringe, e aumento no papel da língua modulando a forma das cavidades orais" (1997: 356).

O problema com estas hipóteses é que elas não dão uma explicação satisfatória de como uma mudança de postura ou no tamanho da boca, face e crânio poderiam ser suficientes determinar a posição da laringe. O tamanho e posição relativa de cada estrutura anatômica são controlados por fatores genéticos, e não pelo espaço disponível para crescimento ou movimento, o qual só pode ter uma influência limitada durante o desenvolvimento embriológico. As hipóteses apresentadas por Wills e Deacon parecem assumir que o tamanho e posição de algumas estruturas anatômicas pudessem ser determinadas apenas pelas mudanças em outras estruturas, como se o processo embriológico fosse um jogo mecânico de encaixe de peças.

Uma terceira hipótese é que a descida da laringe seria determinada por um grupo específico de genes, independentemente dos genes que determinam o controle cortical de músculos vocais. Esta hipótese pode ser combinada com a proposta geral de Deacon, de que a evolução da linguagem envolveria uma seleção de tipo *baldwiniana*. Segundo esta proposta, seria plausível que a existência de *uma prática cultural repetida* ao longo de gerações, em uma população biológica, afete o genótipo progressivamente, e selecione positivamente os genes que facilitam o desempenho de tal prática.

A adoção do bipedalismo implicou na adoção de uma postura vertical para a locomoção, e a liberação correspondente de braços e mãos, facilitando o uso de ferramentas e novos tipos de interação social. Neste contexto, habilidades comunicativas se tornaram um fator positivo de seleção, criando um parâmetro seletivo novo. Os indivíduos que apresentavam maiores habilidades articulatórias fonéticas (devido a um genoma que produzia uma laringe na nova posição) teriam sido selecionados positivamente, conduzido a população para genomas geradores de aparatos fonéticos progressivamente mais adequados. Nesta visão, o bipedalismo pode ser considerado a causa distante que favorece um novo tipo de interação social, vindo a selecionar os indivíduos geneticamente capazes de produzir uma faixa mais ampla de vocalizações articuladas. Tais mudanças organizacionais teriam sido provavelmente acompanhadas de outras mudanças genéticas, sugeridas pelo fato de que o sistema vestibular, os ganglios de base e o cerebelo foram envolvidos tanto em funções motoras quanto no monitoramento da vocalização.

4. Aspectos da abordagem neurocognitiva das linguagens naturais

A expressão "linguagem natural" se refere ao domínio do comportamento lingüístico dos humanos. Tal comportamento é constituído por ações chamadas de "utterances" (ou "proferimentos", em português). Estas podem ser analisadas em três aspectos inter-relacionados: *sintaxe*, *semântica* e *pragmática*.

A relação entre sintaxe e mecanismos neurobiológicos foi discutida no contexto das teorias nativistas. Chomsky e seus seguidores discutiram convincentemente que a capacidade de gerar sentenças novas e gramaticalmente corretas, exibida por crianças, implicaria na existência de um mecanismo biológico inato. Que tipo de mecanismo biológico seria este? Os proponentes do paradigma nativista, trabalhando no contexto das ciências humanas, não puderam identificar a base neurobiológica de linguagem, se limitando a referências vagas à "biologia" e ao "instinto" (como em Pinker 1994).

Poderíamos considerar as capacidades lingüísticas, inclusive as características da "gramática universal" chomskiana, como resultantes do 'modus operandi' do sistema combinatorial eletroquímico do cérebro, adicionado de um grupo de características organizacionais geneticamente transmissíveis, típicas da espécie humana? A existência de um sistema combinatorial interno, e de mecanismos que permitem sua manifestação externa, em termos de processos de comunicação com outros indivíduos, pode favorecer a hipótese anti-chomskyana da existência de aprendizagem implícita da linguagem por crianças pré-escolares. Deacon (1997) argumentou que as crianças podem aprender a linguagem sem supervisão ou treinamento especial, porque o cérebro humano e os sistemas de suporte da linguagem natural co-evoluíram juntos, ao ponto de princípios da gramática refletirem o próprio modo de funcionamento do cérebro.

Uma possível derivação da hipótese de Deacon seria que a gramática não precisaria ser inata (no sentido de uma estrutura gerada por um grupo específico de genes), mas poderia simplesmente ser isomórfica ao modo de trabalho do sistema combinatorial eletroquímico do cérebro. Tal hipótese é semelhante a uma sugestão feita por Piaget (em Piatelli-Palmarini 1980), com relação à existência de um 'bias' para a aprendizagem de física por crianças; ele sustentou que há uma tendência favorável porque as leis físicas afetam nossos próprios corpos. Analogamente, há um 'bias' que favorece a aprendizagem da linguagem por crianças, pois tal linguagem trabalharia da mesma forma que o sistema eletroquímico combinatorial do cérebro.

O isomorfismo entre combinatória eletroquímica e gramática das linguagens naturais constitui uma possível área de estudo. Ligações entre palavras têm uma estrutura semelhante à ligação entre proteínas, e a ordem das palavras nas sentenças tem estrutura semelhante às seqüências de reações metabólicas. Proteínas têm sítios que permitem sua ligação com efetores e substratos: sua estereospecificidade pode ser comparada ao papel dos verbos nas orações. Verbos se ligam com sujeitos e predicados, e também ligam duas ou mais proposições, produzindo sentenças mais longas.

Uma visão nativista do significado dos termos lingüísticos foi proposta por Fodor (1980), que considerou a *linguagem do pensamento* como sendo responsável tanto pela estrutura gramatical quanto pela semântica. Uma crítica desta visão foi apresentada por Jackendoff (1994), reivindicando que a existência de um sistema combinatorial geneticamente determinado na espécie humana, incluindo estruturas sintáticas (ou instruções para o desenvolvimento de tal estrutura), não implicaria na existência de *significados* ou *conceitos inatos*. Uma possível interpretação dessa crítica seria que o sistema geneticamente baseado define *um universo praticamente infinito de possíveis combinações de sinais*, mas não os *significados atuais* destes sinais. A fixação de significados por um indivíduo emergiria como resultado das suas experiências e ações. Tal papel da experiência é assumido também na filosofia da lingüística por Lakoff (1987) e Johnson (1987).

A questão principal aqui não diz respeito à capacidade geral de avaliação semântica, que realmente parece ser prevista geneticamente, mas o critério para se atribuir significados específicos, ou melhor, o critério de *estabilização* do significado. Este pode ser entendido da seguinte maneira: embora uma criança esteja geneticamente preparada para ouvir e vocalizar sons articulados, e também para atribuir significado aos mesmos, *só quando ela puder estimar o significado que outras pessoas atribuem aos sons, ela poderá estabilizar os significados de suas próprias representações lingüísticas*. Uma semântica estável, segundo este critério, seria um produto conjunto da atividade de cérebros semelhantes em corpos semelhantes.

Portanto, embora os indivíduos possam *gerar* significados de modo privado, seria a *interação social* que *estabilizaria os significados* atribuídos individualmente. Desse modo, os aspectos privado e público da linguagem se harmonizariam e complementariam. Um exemplo disso seria o uso de dicionários; a constituição destes

compêndios se funda no uso social das palavras, porém o uso destas regularidades sociais não impede a emergência de novos termos e/ou significados gerados por indivíduos criativos. Por outro lado, significados privados são voláteis e só se estabilizam quando adquirem dimensão social (como no caso dos neologismos e gírias).

A estabilidade de significado das sentenças também requer interação social, pois o sistema combinatorial dos cérebros individuais permite inúmeras interpretações diferentes de regras gramaticais comuns. Assim sendo, a estabilidade observada no uso de determinadas regras, em um grupo social, seria o fruto de hábitos culturais que estabilizaram as interpretações. Portanto, sistemas lingüísticos privados seriam possíveis, mas permaneceriam idiossincráticos e altamente instáveis enquanto não atingem a dimensão da comunicação social.

A abordagem semântica de Deacon (1997) se baseia em um conceito particular de *símbolo*. Além do uso comum do termo, relacionado à relação convencional entre um sinal e seu significado, ele também se refere à distinção peirceana entre ícone, índice e símbolo. Na sua interpretação, a distinção entre estes conceitos diz respeito a tipos diferentes de relação entre sinais e o seus referentes. O conceito chave é o de *referência simbólica*, considerada como o tipo de operação onde um sinal se refere a outro sinal que pertence a um sistema de sinais. Portanto, o símbolo é concebido como um *sinal de segunda ordem*, que se refere a um sistema de sinais, ao invés de se referir diretamente a um objeto ou processo físico externos. O cérebro humano, nesta perspectiva, passaria por um processo de desenvolvimento adequado para a aprendizagem de tais operações simbólicas, o que explicaria a facilidade do aprendizado da linguagem pelas crianças, sem o concurso de qualquer estrutura lingüística inata.

Não desconsiderando a validade da visão de Deacon, gostaria de notar que o caráter simbólico da linguagem natural também se deve a um outro aspecto, não tematizado por ele. Se fôssemos seguir apenas o seu critério, as representações eletroquímicas do cérebro também deveriam ser consideradas simbólicas, uma vez que sinais em uma parte do cérebro (p. ex., córtex pré-frontal) podem se referir a sistemas de sinais em outra parte do cérebro (p. ex., córtex parietal). Uma característica fundamental das redes neuronais é a de funcionar como um sistema, onde a atividade de cada parte é relativa à atividade das outras partes, mas isto não implica que tais redes

operem em nível simbólico. Qual seria, então, o fator determinante para se atribuir a um sistema de sinais o caráter de simbólico?

De acordo com o critério da estabilização do significado apresentado anteriormente, o caráter de simbólico se aplicaria aos sistemas de sinais que se situam no domínio da *comunicação social*. Sinais internos ao cérebro são restritos à economia deste cérebro, ou seja, à comunicação entre partes deste cérebro, e não à comunicação entre pessoas. A relação convencional entre sinais e significados, em um linguagem natural, implicaria portanto a existência de interação social entre indivíduos. Em uma sociedade, a dinâmica de cada cérebro afeta a dinâmica de outros cérebros, por meio da comunicação, e a linguagem natural é o modo mais poderoso de fazer isto (alguns outros são discutidos por Freeman 1995).

Como o aparecimento da linguagem criou um contexto social novo, que teria operado ao longo da evolução como um parâmetro restritivo no processo seletivo de tipo baldwiniano (Deacon 1997), um dos resultados deste processo é que o contexto comunicacional se tornou determinante da semântica das linguagens naturais. Conseqüentemente, não é possível estabelecer uma correspondência unívoca entre regras e significados lingüísticos, por um lado, e eventos no cérebro de um único indivíduo, de outro. A razão é a mesma por que não é possível existir uma partida de futebol jogada por só uma pessoa; os jogos de linguagem, como já havia sido apontado por Wittgenstein, requerem um contexto público. De acordo com a análise aqui desenvolvida, isto se deve ao fato de que apenas na interação entre diversos indivíduos é possível alcançar a estabilidade semântica e gramatical observada nas linguagens naturais.

A existência de uma dimensão pragmática da linguagem pode prover uma explicação da impossibilidade de uma linguagem privada estável. A influência das intenções dos falantes e ouvintes no significado lingüístico foi proposta, originalmente, no contexto de filosofia de linguagem, por Grice (1957). Entendo aqui estas intenções como *sub-metas* individuais, ou seja, se o falante e ouvinte tiverem êxito na interpretação das intenções recíprocas, estabelece-se uma comunidade de significação como uma sub-meta realizada que pode ser um passo para o alcance das metas principais de ambos.

Em contextos sociais, onde as linguagens naturais existem, a realização das metas de um indivíduo interfere com a realização das metas de outros indivíduos. Quando um indivíduo fala com outro, suas intenções relativas ao ouvinte correspondem a sub-metas que podem contribuir para a realização de sua meta, isto é, se o ouvinte interpretar sua fala do modo intencionado, este fato aumenta sua probabilidade de obter a cooperação do ouvinte para alcançar a meta almejada. O ouvinte tentará atribuir à fala o que ele acredita ser o significado intencional do falante, caso ele também tenha intenções (submetas) com relação ao locutor. Quando a maioria dos falantes e ouvintes age deste modo, um "pacto" é estabelecido, o qual estabiliza modos de atribuir significado à expressão vocal dos pensamentos, em uma coletividade humana.

Evidentemente tais interações sociais, correspondentes à dimensão pragmática da linguagem, têm influência sobre o processamento cerebral dos indivíduos envolvidos no processo de comunicação. Enquanto se realiza uma operação na memória de trabalho (p. ex., uma pessoa pensa silenciosamente: "as melhores coisas da vida são grátis") o envolvimento cerebral pode não ir além da ativação do mecanismo de "fala interna" (*inner speech*). Porém, quando se profere uma sentença, isto é, quando se fala algo para alguém, em um determinado contexto e com uma determinada intenção (por exemplo, uma cantora que enuncia a frase acima, que é o título de uma canção, para outros músicos no palco, com a intenção de cantar a canção) além da ativação de comandos comportamentais dos sistemas premotor e motor, ocorre também um aumento de atividade no sistema executivo, para a inferência dos *efeitos* que o proferimento pode ter, com relação ao contexto onde é feito, e às metas do falante. Esta implicação sugere a oportunidade de um diálogo entre estudos lingüísticos na área de pragmática, e estudos neurocognitivos de funções executivas.

5. A superação do "binarismo semântico", e a aprendizagem da linguagem

Na abordagem aqui adotada, assumi que as regras usadas para a construção gramatical e atribuição semântica tenham suas características atuais derivadas dos eventos evolutivos que conduziram ao aparecimento de fala. Mecanismos subjacentes à fala humana parecem ser evolutivamente relacionados com circuitos do sistema motor especializados para o sequenciamento de movimentos binários. Assim, uma pergunta interessante se apresenta: seria possível superar, de modo consistente, os esquemas binários que

presumivelmente constituem a base de nossas capacidades lingüísticas? Mais precisamente, se os esquemas subjacentes às nossas capacidades lingüísticas derivaram de esquemas motores binários, teria o pensamento humano superado os limites do binarismo?

O *binarismo semântico* - entendido como um esquema que considera haver disjunção exclusiva entre todos os pares de termos lingüísticos opostos - não parece ser essencial para o pensamento humano; pelo contrário, em alguns casos parece ser um hábito que impõe limitações desnecessárias. A história de filosofia revela uma longa luta contra os limites do binarismo semântico. Heráclito e Aristóteles tentaram expressar o movimento e as transformações que ocorrem na natureza, para tal desenvolvendo formas de pensamento - a teoria da potência e do ato - que superassem o binarismo entre ser/não ser de Parmênides; Kant teve que desafiar o binarismo para encontrar uma solução para as antinomias da razão pura; Hegel desenvolveu uma epistemologia dialética baseada em processos de superação de oposições binárias, e Marx usou a concepção dialética de Hegel para expressar processos históricos da sociedade humana.

Mais recentemente, lógicas chamadas *não-clássicas* têm sido desenvolvidas - como a lógica paraconsistente e a polivalente - para se enfrentar uma diversidade de situações nas quais um pensamento binarista parece não ser adequado, como as dificuldades de interpretação da teoria quântica e problemas psicológicos como o auto-engano, em que um sujeito apresenta idéias auto-contraditórias formando um todo coerente. Estes esforços de superação do binarismo podem ser entendidos como uma auto-organização do pensamento humano, procurando ir além das limitações cognitivas derivadas da origem evolutiva de suas capacidades lingüísticas.

A suposição de que o pensamento humano teria superado a origem binária, evoluindo para formas dialéticas de operação, pode ajudar a resolver algumas dificuldades do construtivismo com relação à aprendizagem da linguagem por crianças. Embora de uma perspectiva neurocognitivista os construtivistas tenham apresentado muitas vantagens explicativas frente ao nativismo, há alguns aspectos de suas teorias da linguagem que parecem ser vulneráveis a um contra-ataque. Proponentes de construtivismo (Deacon 1997; Quartz & Sejnowski 1997) tentam explicar capacidades lingüísticas humanas em termos de processos de aprendizagem que se beneficiam de

certas predisposições, mas não está claro como tais predisposições não seriam derivadas de mecanismos genéticos.

Como os fatores genéticos e ambientais estão inextricavelmente emaranhados no desenvolvimento de um organismo, teorias que assumem sua independência (seja em nível epistemológico e/ou ontológico) se apóiam em bases fracas. Uma solução para este problema seria, em vez de distinguir entre genético (inato) e aprendido, fazer uma outra distinção, entre *componentes elementares* dos comportamentos, que são de origem genética, e as *combinações complexas* de tais elementos básicos, que sempre se formam em qualquer comportamento humano. Todos os aspectos do comportamento lingüístico, nesta visão, são um produto comum de elementos básicos de origem genética, e combinações de tais elementos básicos induzidas pela aprendizagem. Características do comportamento lingüístico que só dependam dos elementos básicos (p. ex., a capacidade fisiológica de articular um determinado fonema) são insuficientes para explicar qualquer evento lingüístico.

Uma fraqueza do construtivismo - com a possível exceção da proposta de Deacon - tem sido sua dificuldade em explicar a universalidade da estrutura gramatical ("universalidade" no sentido de ser comum a todas as linguagens naturais; não no sentido mais fraco, de ser comum a todos os indivíduos de uma espécie biológica). Contudo, construtivistas podem assumir a existência de uma herança genética comum que suporta uma gramática universal, sem assumir que tal herança seria suficiente para se dar conta do comportamento lingüístico. Mais precisamente, tal mecanismo genético seria importante para a explicação das predisposições favoráveis ao aprendizado da linguagem, mas não suficiente para explicar qualquer comportamento lingüístico em particular.

No quadro conceitual proposto por Chomsky, há uma separação estanque entre competência e performance lingüísticas, que é semelhante à distinção entre as regras estruturais internas ao cérebro (linguagem-I) e as regras da linguagem enquanto fato social (linguagem-E). Proponho, aqui, uma perspectiva teórica mais integradora, em que tais dimensões da linguagem não seriam estanques, mas interagiriam dinamicamente entre si. Uma solução de compatibilidade pode ser alcançada por intermédio de uma concepção dialética do processo de aprendizagem. Se a competência lingüística herdada for descrita formalmente por um sistema paraconsistente (ou seja, um sistema que

permita a existência de contradições, dentro de certos limites, sem que isso redunde em sua trivialização) é possível gerar (isto é, deduzir), a partir do mesmo, tanto sentenças gramaticalmente corretas quanto incorretas, sem que ocorra uma inconsistência geral que conduzisse tal processo lógico a uma situação de trivialidade.

Para entender como a competência lingüística de origem genética se encadeia com capacidades aprendidas, é preciso entender como a operação de se gerar seqüências de letras e palavras espontaneamente se encadeia com a operação pela qual sua correção semântica ou gramatical é determinada. A primeira capacidade segue uma predisposição genética para se gerar novas construções, sejam elas consistentes ou inconsistentes. Esta capacidade seria possivelmente melhor descrita como um sistema que obedece a uma lógica paraconsistente ou nebulosa, pois em termos da lógica clássica - implícita na maioria dos atuais modelos da competência lingüística - se gerariam apenas as construções corretas, o que implicaria na existência de um conhecimento inato dos padrões culturais de uma língua, o que seria inaceitável.

Em crianças, tal processo aconteceria durante o período do balbuciar (*babbling*), quando expressões vocais gramaticalmente e/ou semanticamente incorretas são freqüentemente observadas. Proponho, portanto, diferentemente do que foi defendido pela escola chomskiana, que a competência lingüística possibilitaria gerar *tanto as construções corretas quanto as incorretas*. Esta seria a razão por que é "universal". A segunda capacidade, de avaliação da correção gramatical e semântica, seria relativa à linguagem natural específica do ambiente da criança, sendo portanto *aprendida*.

Quanto aos critérios para se considerar uma construção lingüística correta ou incorreta, é preciso levar em consideração tanto as regras internas quanto as externas, uma vez que ambas, na prática, se ajustam reciprocamente, por meio de interações complexas que se estabelecem entre os indivíduos biológicos e a cultura de sua sociedade. Portanto, a competência lingüística universal seria uma entidade logicamente paraconsistente ou nebulosa, para que possa se ajustar, em suas expressões, a diferentes culturas, que muitas vezes utilizam regras incompatíveis entre si.

6. Conclusão

Neste ensaio, procurei combinar uma discussão sobre a natureza da linguagem, a partir dos paradigmas nativista e construtivista, com uma discussão sobre a evolução humana,

concluindo pela possibilidade de se fazer uma síntese de contribuições de ambos os paradigmas. Propõe-se, portanto, que a linguagem teria uma natureza bio-psico-social, envolvendo desde os mecanismos bioquímicos do cérebro, a atividade gerativa da mente individual, e as interações estabilizadoras dependentes do contexto social.

Tal concepção bio-psico-social não é difícil de se formular, mas apresenta dificuldades consideráveis em aplicações práticas, pois requer novas ferramentas analíticas para se estudar as interações entre determinações biológicas, psicológicas e culturais da linguagem. Estas ferramentas dizem respeito à metodologia de estudo de sistemas complexos organizados em hierarquias fracas, na quais há tanto determinação ascendente (“de baixo para cima”) quanto descendente (“de cima para baixo”). Talvez a deficiência da escola Chomskyiana tenha sido se basear em um pressuposto metodológico que postula a separação estanque entre competência e performance. Este pressuposto vem a ser implicitamente questionado pela abordagem construtivista, quando sugere que a aprendizagem - que se situa ao nível da performance - possa contribuir para a formação da competência lingüística. Procurei, aqui, organizar esta discussão, e apontar uma direção para o encaminhamento desta pesquisa, sem ter a pretensão de ter atingido uma conclusão significativa, mas esperando despertar no leitor o interesse para com uma investigação mais aprofundada na área.

Alfredo Pereira Jr.

Universidade Estadual Paulista

apj@ibb.unesp.br

Bibliografia

- Black, I.B. (1991) *Information in the Brain*, Cambridge: MIT Press.
- Corballis, M.C. (1991) *The Lopsided Ape: Evolution of the Generative Mind*, Oxford: Oxford University Press.
- Deacon, T.W. (1997) *The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain*, New York: W.W. Norton and Co.
- Falk, D. (1992) *Braindance*, New York; Henry Holt.
- Fodor, J. (1976) *The Language of Thought*, Cambridge: MIT Press.
- Freeman, W.J. (1995) *Societies of Brains*, Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Grice, P. (1957) 'Meaning', *Philosophical Review* **66**, pp. 377-388.
- Greenfield, P. (1991) 'Language, Tools, and Brain: The Ontogeny and Phylogeny of Hierarchically Organized Sequential Behavior', *Behavioral and Brain Sciences* **14**, pp. 531-51.
- Greenfield, P. (1998) 'Language, Tools, and Brain Revisited', *Behavioral and Brain Sciences* **21**, p.159-163.
- Jackendoff, R. (1992) *Languages of the Mind*, Cambridge: MIT Press.
- Johnson, M. (1987) *The Body in the Mind*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Jurgens, U. (1998) 'Primate Communication: Signaling, Vocalization' IN Adelman, G. & Smith, B. (Eds.) *Elsevier's Encyclopedia of Neuroscience*, Amsterdam: Elsevier Science.

- Lakoff, G. (1987) *Women, Fire and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind*, Chicago: University of Chicago Press.
- Llinas, R.R. & Ribary, U. (1992) 'Rostrocaudal Scan in Human Brain: A Global Characteristic of the 40-Hz Response During Sensory Input' IN Basar, E. and Bullock, T. (Eds.) *Induced Rhythms in the Brain*, Boston: Birkhouser.
- Piatelli-Palmarini, M., Org. (1983) *Teorias da Linguagem/Teorias da Aprendizagem*, São Paulo: Cultrix.
- Pinker, S. (1994) *The Language Instinct: How the Mind Creates Language*, New York: William Morrow.
- Popov, O., Segal, D.M. & Trifonov, E.N. (1996) 'Linguistic Complexity of Protein Sequences as Compared to Texts of Human Language', *ByoSystems* 38: 65-74.
- Quartz, S.R. & Sejnowski, T.J. (1997) 'The Neural Basis of Cognitive Development: A Constructivist Manifesto', *Behavioral and Brain Sciences* 20: 537-596.
- Reynolds, P. M. (1993) 'Tools, Language, and Cognition in Human Evolution', IN K.R. Gibson & T. Ingold (Eds.) Cambridge: Cambridge University Press.
- Rizzolatti, G. & Arbib, M.A. (1998) 'Language Within Our Grasp', *Trends in Neuroscience* **21**, p. 188-194.
- Rocha, A.F. (1997) 'The Brain as a Symbol-Processing Machine', *Progress in Neurobiology* 53: 121-198.
- Roy John, E., Easton, P. & Isenhardt, P. (1997) 'Consciousness and Cognition May Be Mediated by Multiple Independent Coherent Ensembles', *Consciousness and Cognition* **6**, p. 3-39.

Wills, C. (1993) *The Runaway Brain: the evolution of human uniqueness*, London: Harper Collins.