

O “Tear Encantado”, a Complexidade, a Tecnologia Digital e o Pensamento Interdisciplinar sobre a Linguagem

Eleonora C. Albano

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia é hoje reconhecida por estudiosos da cultura e das artes como um dos possíveis determinantes dos seus rumos (TICHI, 1987; HUGHES, 2004). Poucas são, entretanto, as análises dos conceitos científicos que permitem interpretá-la não só como efeito, mas também como causa das descobertas científicas (PULKKINEN, 2006).

Uma razão óbvia para isso é que o impacto das mudanças tecnológicas em geral incide sobre a metodologia e não sobre a teoria. Outra razão, menos conhecida, é que os filósofos da ciência, assim como os cientistas, têm uma perspectiva linear da história e desconhecem a noção de causalidade circular, cuja historicidade intrínseca tendem a taxar de ilógica. De fato, a imagem de uma espiral do tempo a realimentar a continuidade de um processo com os seus produtos é difícil de apreender com clareza sem o auxílio do formalismo que viabilizou concepções análogas de objetos científicos, notadamente nas Ciências Naturais: a Teoria dos Sistemas Dinâmicos. Não obstante a inspiração milenar, esse formalismo é de proposição recente e as suas implicações ainda são insuficientemente divulgadas entre os humanistas, artífices tradicionais do pensamento histórico e filosófico.

Outra razão muito forte, também pouco conhecida, é que as noções dominantes de linguagem até o final do século XX apenas marginalmente permitem conceber certas tecnologias como possíveis extensões da linguagem natural. Assim, é também de proposição recente a concepção da linguagem humana como ação entre atores e/ou sobre o mundo. Ora, essa nova metáfora a moldar o pensamento sobre a linguagem permite que os implementos humanos, dos mais toscos aos mais sofisticados, sejam vistos não apenas como formas de estender o fazer, mas também como formas de estender o dizer.

Este ensaio é um exercício de reflexão sobre como a investigação empírica da linguagem natural tem se alimentado da perspectiva intelectual ensejada pela absorção tecnológica de algumas das suas extensões: as linguagens artificiais, em particular as científicas. Cabe notar, a propósito, que o processo científico-cultural em questão instancia uma das mais claras e genuínas manifestações do fenômeno da causalidade circular na história do pensamento.

A concepção de linguagem aqui assumida é aquela já apontada como emergente no atual cenário, ou seja: dizer é fazer, não apenas no sentido abstrato instaurado pelos filósofos fundadores da pragmática (AUSTIN, 1962), mas também num sentido mais concreto, vislumbrado pelos pensadores pragmatistas que participaram do movimento de fundação da psicologia como ciência empírica na segunda metade do século XIX (JAMES, 1950; DEWEY, 1896).

A concepção dos processos históricos de construção do saber aqui assumida é a já indicada acima: a filosofia da ciência de inspiração dinamicista, que enxerga na linha do tempo das disciplinas concernidas um processo de auto-organização em momentos de caos e ordem (PORT e VAN GELDER, 1995).

A exposição abordará o período decorrido desde o nascimento oficial da Linguística, no início do século XX; e procederá, de maneira não linear, entre a retrospectiva, o estado da arte e a prospectiva. Primeiro, será dado um panorama da crescente aceitação interdisciplinar da concepção de linguagem como ação. Em seguida, será abordado o modo como a sua mais tradicional rival – a concepção de linguagem como representação – se transformou e difundiu na esteira da expansão tecnológica iniciada no século XIX. Por fim, serão confrontadas duas vertentes da atual elaboração científica do conceito de linguagem-ação: a reducionista e a emergentista. Uma maior circulação dos adeptos da segunda entre os humanistas – com adoção de algumas das suas causas – será apontada como um possível caminho para deter a crescente pressão, por parte da sociedade e dos próprios cientistas, pela naturalização das Ciências Humanas.

Dada a natureza e a complexidade da bibliografia envolvida, a argumentação procederá por exemplificação. A revisão do estado da arte atribuirá à atual “virada pragmática” do estudo interdisciplinar da linguagem (EGGINTON e SANDBOTHE, 2004) o retorno a duas perspectivas visionárias do início do século XX, impossíveis de resgatar sem o auxílio da tecnologia digital. A retrospectiva tentará mostrar como o nascimento da mesma tecnologia alimentou e reforçou, em contrapartida, a concepção de linguagem como cálculo abstrato, deslançada pelos lógicos e matemáticos da época. Finalmente, as considerações sobre o futuro versarão sobre as ameaças ao humanismo representadas pelo cientificismo e reducionismo em crescente voga no estudo das relações mente-cérebro e indicarão como uma visão dinamicista da ciência pode ajudar a combatê-las.

2. A Virada Pragmática do Conhecimento na Entrada do Milênio

Os filósofos responsáveis pela virada pragmática da epistemologia contemporânea dificilmente teriam imaginado que as suas idéias pudessem vir a ser adotadas tão rapidamente por cientistas de tantas e tão variadas áreas. Com efeito, a proposição seminal de que o dizer e o fazer se interpenetram popularizou-se rapidamente na Linguística, contribuindo para o rompimento das suas fronteiras (p. ex., LANGACKER, 1987, 1991); assim, a idéia disseminou-se pela emergente Ciência Cognitiva, e daí para o domínio conexo nascente da Neurociência. Uma simples consulta a qualquer base de dados de artigos científicos revela o alcance interdisciplinar dessa sequela inesperada do pragmatismo. Por exemplo: nesta data², a Scopus registra 167.096 ocorrências do substantivo “pragmatics” na opção de consulta “título & resumo & palavras-chave”; dessas, 15.042 (ou seja, 9%) contêm também o adjetivo “neural”, indicativo de discussão relacionada à Ciência Cognitiva e/ou à Neurociência. Trata-se, sem dúvida, de um percentual significativo para um termo filosófico que penetrou a ciência via Linguística há cerca de quatro décadas (SEARLE, 1969).

As tecnologias digitais têm, nesse cenário, um papel maior do que o costureiro na pesquisa em geral, isto é, não se limitam a facilitar o acesso à informação, agilizar a comunicação ou disponibilizar novas ferramentas. Aqui, a exemplo das Ciências Naturais, as ferramentas produzidas tendem a ser cada vez mais flexíveis, poderosas, e relativamente fáceis de usar. Elas acabam, assim, por se associar à voga da interdisciplinaridade para produzir mudanças culturais radicais e, com o tempo, afetar a retórica dos saberes envolvidos.

O salto da retórica à base conceitual não é automático, mas é bastante facilitado pelo fato de ambas se valerem da metáfora como fonte de inspiração e recurso argumentativo (BROWN, 2003). Examinemos, agora, dois casos instrutivos: (1) o resgate das idéias do psicólogo e foneticista americano Raymond Herbert Stetson (1951) pela Fonologia Articulatória ou Gestual (BROWN e GOLDSTEIN, 1992) – com o auxílio da Psicologia da Motricidade (KELSO, 1995); (2) e o resgate de soluções especulativas clássicas³ para a interação corpo-mente pela Neurociência afeita à Pragmática – com o auxílio da Ciência Cognitiva connexionista.

2.1 A Redenção High Tech de Stetson

Stetson foi, por um bom tempo, um maldito entre os linguistas, embora tivesse fiéis admiradores entre os estudiosos da Psicologia, disciplina que lecionou até a morte no Oberlin College, onde é celebrado até hoje. Antes mesmo de a chamada Ciência da Fala reabilitar seu nome – com uma reedição comemorativa dos 60 anos (KELSO e MUNHALL, 1988) do seu *Motor Phonetics* –, a sua influência sobre a Neurociência já era reconhecida: dois eminentes pioneiros do campo, Roger Sperry e Robert Galambos, foram seus alunos. Eis como o último o retrata em sua autobiografia:

Raymond Herbert Stetson, professor of psychology at Oberlin College in 1935, was one of those unsung heroes of American science: the small-college professor who inspires and guides its recruits at the time they are most vulnerable and educable”.

E continua:

Roger Sperry and I graduated together in 1935 and then did our master’s degree research in Stetson’s Oscillograph Laboratory, which, thanks to its chief technician, James M. Snodgrass, was about as well equipped for electrophysiological measurements as the Forbes-Davis Harvard Medical School laboratory to which I would shortly go (GALAMBOS, 1996, p. 12).

A raiz histórica comum entre a Fonética “motora” stetsoniana e a virada pragmática da neurociência atual remonta a William James, filósofo e psicólogo cuja contribuição ao pensamento americano é tão marcante quanto a de Henry James, seu irmão, à literatura. Apesar de não ter sido seu aluno, Stetson lia e admirava esse fundador do pragmatismo⁴: o famoso *The Principles of Psychology* (1950) era bibliografia obrigatória nos seus cursos. Foi certamente essa obra que, ao estabelecer um vínculo explícito entre intenção e ação eficaz, lhe inspirou a idéia de que a fala é também ação ou, nas suas próprias palavras, “movimento feito audível” (STETSON, 1995, p. 33). Em plena era da glória do fonema, esse pioneiro

solitário propunha uma teoria da produção da fala baseada na sílaba como unidade divisível apenas nas suas fases cinemáticas: soltura, emissão, cessação. A recusa de qualquer unidade fonológica estática era clara e peremptória: “Speech is rather a set of movements made audible than a set of sounds produced by movements.” (STETSON, 1951, p. 33)

Ocorre, porém, que as condições tecnológicas disponíveis na época para respaldar essas idéias eram precárias. Com base em registros⁵ que só indiretamente rastreavam o movimento dos articuladores, atribuiu a origem do pulso silábico à ação dos músculos intercostais, que controlam a respiração (daí o termo *chest pulse*), e, assim, se sujeitou a uma impiedosa crítica por parte de foneticistas comprometidos com a noção de fonema (DRAPER, LADEFOGED, e WITTERIDGE, 1959).

O reconhecimento do alcance visionário do seu trabalho só veio quando o progresso na obtenção de dados articulatórios se aliou a uma compreensão maior da relação entre movimentos contínuos e estados discretos, angariada, inicialmente, num domínio tão remoto do saber quanto a chamada Física Estatística (HAKEN, 1977); e estendida, depois, à Psicologia da Motricidade (HAKEN, KELSO e BUNZ, 1985).

A década de 1990 assistiu a uma reabilitação da visão stetsoniana da fala como sucessão de batimentos rítmicos orquestrados por coordenações preferenciais de movimentos articulatórios que constituem as sílabas típicas de cada língua. Por exemplo, Stetson havia demonstrado experimentalmente que, ao serem repetidas com aceleração gradativa, sílabas inglesas da forma vogal-consoante (por exemplo, ‘ap’) dão um salto súbito para a forma consoante-vogal (isto é, ‘pa’) – salto não só audível, mas também visível no oscilograma. Tuller e Kelso (1991) replicaram esse experimento sob condições mais controladas e o assimilaram ao quadro de referência da Teoria Matemática dos Sistemas Dinâmicos. Nessa perspectiva, os movimentos associados à vogal e à consoante são concebidos como oscilações dos articuladores. Assim, na ausência de perturbação, tais oscilações podem se sincronizar em anti-fase⁶ (i.e., ‘ap’), mas, sob a pressão da aceleração crescente, são prontamente atraídas para o estado mais estável do sistema, que é a sincronização em fase (i.e., ‘pa’).

O impacto da tecnologia nessa mudança de mentalidade é espetacular. O físico Hermann Haken, na busca de compreender os princípios que regem as trajetórias dos raios laser, foi levado a formulá-los em termos de auto-organização de sistemas de não-equilíbrio. Com um grupo interdisciplinar de colaboradores, unificou vários fenômenos através da mesma noção, aplicada depois à mudança de fase dos movimentos dos articuladores nos experimentos stetsonianos: o atrator pontual. Trocado em miúdos: assumindo-se que as relações de fase entre os elementos de um sistema dinâmico definem um espaço, um atrator é uma região desse espaço de fases para a qual as trajetórias tendem a convergir. É digno de nota que a atual releitura de Stetson mobilize um entendimento da complexidade do mundo físico propiciado pela análise dos lasers, baseada em conhecimento e tecnologia surgidos após a sua morte⁷.

O avanço conceitual era uma condição necessária, mas não suficiente para o renascimento da concepção dinâmica da fala. Outra condição *sine qua non* foi o salto dado, no final do século XX, pelos equipamentos de obtenção de sinais fisiológicos. Hoje as oscilações dos articuladores podem ser inferidas das suas trajetórias, observáveis por cinefluorradiografia, cinemicroradiografia, magnetometria, ressonância magnética ou até,

em certos casos, ultrassonografia. Já é possível, portanto, ao menos em tese, corroborar empiricamente hipóteses sobre as relações de fase entre os articuladores implicadas na pronúncia de qualquer língua. As abordagens dinâmicas vêm, assim, ganhando força não apenas na Fonética, mas também na Fonologia (TRUBETZKOY, 1981), disciplina irmã que surgiu na década de 1920 em razão da relação paradoxal entre os movimentos contínuos dos articuladores e a apreensão intuitiva dos seus efeitos como uma cadeia de sons discretos à semelhança das letras do alfabeto.

A Fonologia Articulatória ou Gestual, de Catherine Browman e Louis Goldstein (1992), que postula o gesto articulatório como unidade discreta de análise fônica, e a Psicologia Dinâmica da Motricidade, de Scott Kelso (1995), que busca compreender as trajetórias envolvidas na coordenação motora em geral, foram os primeiros modelos a apostar no isomorfismo entre a cognição e a ação que é hoje perseguido pela neurociência de inspiração pragmatista. Para ambas as perspectivas, um plano mental ou intenção é uma preparação, mais ou menos abstrata⁸, de uma ação regida pelos princípios gerais da dinâmica. Ressalte-se o caráter comportamental e/ou cognitivo – e, portanto, não fisicalista, não reducionista – das análises produzidas por esses modelos, em oposição às que se restringem a procurar os correlatos neurais das ações, memórias ou intenções em questão. Deve-se admitir, todavia, que trajetórias de articuladores e/ou membros humanos ou animais são muito mais fáceis de observar que outras formas, mais abstratas, de ação intencional possível. Isso explica em parte a relativa escassez de descrições cognitivas propriamente ditas da dinâmica da ação internalizada, em contraste com o número e popularidade crescentes das descrições da dinâmica dos seus correlatos neurais.

2.2 O RETORNO À ORIGEM DA METÁFORA DA COMPUTAÇÃO NEURAL

Embora se dissemine a passos largos na Ciência Cognitiva, a influência da virada pragmática ainda está longe de ser hegemônica. Isso se deve a duas razões ao menos. A primeira é que essa disseminação depende, em grande parte, do combate que se trava hoje entre a perspectiva já tradicional da gramática gerativa e outras perspectivas influenciadas por filósofos tais como Austin e Searle, dentre as quais se destaca a Linguística Cognitiva (Langacker). A segunda é que a produção de dados empíricos destinados a corroborar as sequelas científicas do pragmatismo é muito heterogênea, devido à carência de técnicas de observação comuns aos vários níveis de análise possíveis, do micro ao macro. Daí resulta, por influência da ideologia científicista, um destaque maior para estudos dos vínculos entre intenção e ação originados na Neurociência.

Não obstante, também do ponto de vista deste ensaio esses estudos são dignos de nota. O simples fato de existirem já é um testemunho eloquente do papel da tecnologia em mediar interações entre metodologias e teorias científicas. Talvez o tamanho do salto que representam se possa aquilatar pelo exame de pontos significativos ao longo do percurso que os separa da seguinte passagem de William James:

The truth seems to be rather that, although there is a correspondence of certain regions of the brain to certain regions of the body, yet the several *parts* within each bodily region are represented throughout the *whole* of the corresponding brain-region like pepper and salt sprinkled from the same caster. This, however, does not prevent each 'part' from having its *focus* at one spot within the brain-region. The various brain-regions merge into each other in the same mixed way. (JAMES, 1950, p. 63)

A metáfora do sal com pimenta foi o fecho escolhido por James para a sua longa resenha crítica da frenologia, teoria popular entre os cientistas da época, que pregava a localização cerebral estrita das funções mentais. Esse tropo antecipa, em cerca de um século, uma noção chave do conexionismo e da Neurociência atual: a de “representação” distribuída. Trata-se da alternativa hoje mais aceite à noção clássica de representação⁹ como imagem mental calcada em impressões sensoriais e inscrita em algum lugar do cérebro. Entende-se como distribuída uma “representação” cujo sentido não é dado por uma única unidade portadora de informação e, sim, por um conjunto interligado de unidades que, via aprendizagem¹⁰, forma uma sub-rede estável (i.e., um atrator) na chamada “camada escondida” – i.e., interior, intermediária – de uma rede neural recorrente¹¹. Salta aos olhos o caráter funcional e abstrato de tal “representação”. A sua flexibilidade é assim explicada e defendida por um eminente conexionista:

There is a second advantage to this approach. Because the abstract representations are formed at the hidden layer, they also tend to be distributed across the high-dimensional (and continuous) space which is described by analog hidden unit activation vectors. This means there is a larger and much finer-grained representational space to work with than is usually possible with localist representations. This space is not infinite, but for practical purposes it may be very, very large. And so this approach may also provide a better response to the third question: how can the apparently open-ended nature of language be accommodated by a fixed-resource system? (ELMAN, 1991, p. 93)

Não foi, todavia, de uma só vez que a tecnologia preencheu o lapso entre a metáfora de James e as “representações” – ou, mais precisamente, as ativações – cerebrais distribuídas, hoje tornadas visíveis por ressonância magnética funcional. O que era preciso viabilizar era o próprio conceito de distribuição da informação numa rede de neurônios. Ele foi respaldado, primeiro, com neurônios artificiais, criados não para emular o cérebro, mas para nele buscar novos princípios capazes de reger a construção de máquinas de aprender.

Malgrado as especulações dos pioneiros da Neurofisiologia influenciados por James ou pelo seu predecessor inglês, o evolucionista Herbert Spencer (1910), a precariedade das técnicas de observação disponíveis adiou por mais de um século a corroboração experimental da idéia de que redes de conexões cerebrais são capazes de emergir em resposta à experiência. Isoladamente, os “experimentos” da natureza constituídos pelas lesões cerebrais, em especial as conducentes a paralisias e afasias, sugerem, ao contrário, uma localização das funções motoras e/ou cognitivas que faz lembrar a frenologia. Em vista disso, o pensamento criativo sobre as funções cerebrais recuou estrategicamente dos laboratórios para dar lugar a obras de cunho filosófico sobre a relação corpo-mente. Eis algumas das metáforas contidas nesses escritos, que inspiraram gerações inteiras e abriram o caminho para o advento e a expansão do conexionismo no imaginário científico:

The great topmost sheet of the mass, that where hardly a light had twinkled or moved, becomes now a sparkling field of rhythmic flashing points with trains of traveling sparks hurrying hither and thither. The brain is waking and with it the mind is returning. It is as if the Milky Way entered upon some cosmic dance. Swiftly the head mass becomes an enchanted loom where millions of flashing shuttles weave a dissolving pattern, always a meaningful pattern though never an abiding one; a shifting harmony of subpatterns. (SHERRINGTON, 1941, pp. 223-224)

O “tear encantado” de Sir Charles Scott Sherrington, laureado com o Nobel pela descoberta das sinapses, expressa uma visão integradora do sistema nervoso que estava muito à frente do seu tempo. Ela foi cultivada e expandida pelo seu discípulo John Eccles, também premiado com o Nobel por desbravar o mecanismo de transmissão de impulsos nervosos:

Every perception, thought and memory [...] has as its material counterpart some specific spatio-temporal activity in the vast neuronal network of the cerebral cortex and sub-cortical nuclei that is woven of neuronal activities in space and time in the “enchanted loom”. (ECCLES 1970, pp. 3-4)

Foi nesse clima de busca entusiasmada pelos elos entre mente e cérebro que o fisiologista Warren McCulloch e o matemático Walter Pitts (1943) semearam as bases da “computação neural”, num memorável artigo em que atribuem ao sistema nervoso uma capacidade “imane” de cálculo lógico. Com um modelo rudimentar de neurônio artificial, regido por uma regra de disparo binária (i.e., tudo ou nada), eles demonstraram que uma rede neural equivale a uma máquina de Turing, i.e., é capaz de calcular qualquer função computável. Isso é possível porque a rede pode simular, através de ativação ou inibição das suas conexões, os operadores “e”, “ou” e “não”, pilares da computação convencional.

O conexionismo ainda demorou cerca de quatro décadas para decolar e se estabelecer, mesmo no solo em que primeiro germinou: a Ciência Cognitiva. A importância dessa área, surgida sob a inspiração de Turing em meados do século XX, está em haver legado ao atual estudo da mente uma das suas mais poderosas ferramentas: a simulação computacional.

Na década de 1950, a simulação computacional libertou a imaginação dos cientistas por ensejar “experimentos” em que um algoritmo capaz de resolver um problema cognitivo complexo, ainda que por simplificação, permite iluminar as suas possíveis abordagens pela inteligência humana ou animal. A empresa era pouco vulnerável ao reducionismo: a forma de computação em voga, simbólica e seqüencial, emulava razoavelmente o funcionamento da mente, embora em nada se assemelhasse à arquitetura do cérebro.

Era, portanto, natural que os membros da primeira geração de cientistas cognitivos encarassem com desconfiança o formalismo das redes neurais. Depois de acalorados debates em que jovens e brilhantes conexionistas (FODOR e PYLYSHYN, 1988) foram desafiados a fornecer as provas exigidas pelos seus rivais conservadores, ficou claro que até certos problemas antes vistos como intratáveis, tais como a estrutura hierárquica e recursiva da sintaxe das línguas naturais, tinham soluções possíveis dentro da nova visão.

Os “teares encantados” artificiais, livres, por definição, das restrições impostas pelos indícios clínicos a favor dos *lovi* cerebrais, foram essenciais para conduzir de volta à origem a metáfora da computação neural. Hoje se sabe que sub-redes cerebrais aparentemente remotas podem se conectar e cooperar de forma distribuída para servir a uma mesma função cognitiva, sem, com isso, contrariar os padrões específicos das disfunções manifestadas em caso de lesão. Por exemplo, a produção e a percepção da fala mobilizam subsistemas corticais comuns, embora uma afasia motora e uma afasia receptiva envolvam prejuízos a regiões cerebrais distintas. O princípio que parece governar a interação entre redes

naturais de neurônios é o mesmo que se presta a gerir a competição e/ou a cooperação entre redes complexas de neurônios artificiais: otimizar a satisfação de restrições globais¹².

Foi, de novo, a operacionalização de uma idéia especulativa pelas Ciências Naturais que propiciou que a interpretação conexionista dos dados de imageamento cerebral de sujeitos saudáveis engajados em tarefas cognitivas se reconciliasse com os achados anatômicos e clínicos sobre déficits causados por lesões cerebrais. A visão de que os centros cerebrais responsáveis por determinadas funções são emergentes na ontogênese assim como na filogênese encontrou, finalmente, um respaldo sólido contra as acusações de vitalismo com que eram atacados os seus proponentes dos séculos XIX e XX. Trata-se da teoria dos sistemas complexos¹³, criada a partir da observação de sistemas físicos e biológicos nos quais o todo se comporta como mais que uma soma de partes¹⁴. Examinemos, a propósito, duas descobertas recentes da Neurociência que são devedoras do conceito de “sinergia” ou “comportamento emergente”, tal como formulado por essa teoria.

Ambos os exemplos dizem respeito à capacidade humana de linguagem. O primeiro refere-se à emergência da construção de significantes; o segundo, à emergência da construção de significados.

Rizzolatti e Arbib (1998) descobriram no córtex pré-motor do macaco uma área que é ativada tanto pela observação como pela execução de movimentos manuais ou faciais, e interpretaram-na como “o elo perdido” da capacidade imitativa dos primatas. Visto tratar-se de um homólogo da área de Broca, fortemente implicada na linguagem humana, oral ou de sinais, eles levantaram a hipótese (ARBIB, 2005) de que as línguas naturais tenham emergido do espetacular incremento na capacidade de imitar aportado pela evolução hominídea dessa estrutura, a qual, diferentemente da símia, permite a dissociação e recombinação imediata dos gestos imitados.

Imitation is seen as evolving via a so-called “simple” system such as that found in chimpanzees (which allows imitation of complex “object-oriented” sequences but only as the result of extensive practice) to a so-called “complex” system found in humans (which allows rapid imitation even of complex sequences, under appropriate conditions) which supports pantomime. This is hypothesized to provide the substrate for the development of protosign, a combinatorially open repertoire of manual gestures, which then provides the scaffolding for the emergence of protospeech (which thus owes little to non-human vocalizations), with protosign and protospeech then developing in an expanding spiral. It is argued that these stages involve biological evolution of both brain and body. By contrast, it is argued that the progression from protosign and protospeech to languages with full-blown syntax and compositional semantics was a historical phenomenon in the development of *Homo sapiens*, involving few if any further biological changes. (ARBIB 2005, p. 105)

A noção de “rede distribuída emergente”, subjacente, conforme a citação acima, à irrestrita capacidade humana de construir significantes, tem sido também convocada para explicar a capacidade humana análoga e igualmente irrestrita de construir significados. Abaixo isso é ilustrado com um caso simples: o das palavras referentes a ações motoras.

Taking into account well-known facts about the cortical basis of learning — namely that frequently co-activated neurons strengthen their mutual connections — it is likely that the cortical systems for language and action develop specific links between each other whenever

actions correlate with specific language processes. From this we can predict that whenever language and action information processing correlate with each other in the different cortical areas, distributed functional systems are being established that allow for fast, interactive processing of multimodal information across cortical areas. The existence of distributed interactive systems has been proposed by several researchers who have called them cell assemblies, neuronal ensembles, distributed functional networks, and, if they have specific cognitive functions, neurocognitive networks or cognits. (PULVERMÜLLER, 2005, p. 577)

O mesmo artigo cita, adiante (p. 581), estudos que detectaram também a ativação de centros motores em redes distribuídas emergentes envolvidas na produção e compreensão de nomes de ferramentas.

Os exemplos examinados não deixam dúvida de que o caminho para o estudo interdisciplinar dos vínculos entre ação, linguagem e conhecimento está aberto, embora envolva sistemas de complexidade antes impensável. Na sua rota de ascensão, os adeptos da virada pragmática empunham uma arma de grande poder retórico: a metáfora corporificada do “tear encantado”, a tecer finas teias entre o fazer e o dizer.

É curioso que essa sequela de um ramo do pensamento liberal, o pragmatismo¹⁵, também se afine com o pensamento marxista e possa, em princípio, respaldar trabalhos inspirados em Mikhail Bakhtin e/ou Lev Vygotsky, que vêem a linguagem e a cognição como frutos do diálogo, da interação social e da cooperação entre pares. Isso ilustra, mais uma vez, o papel das figuras de linguagem em inspirar e impulsionar o conhecimento humano. Abre também a possibilidade de que ideologias diferentes do pragmatismo se apropriem de algumas dos achados da virada pragmática.

Esta revisão do estado da arte deve ter dado uma idéia do tamanho e do peso da contribuição da tecnologia ao estudo interdisciplinar da linguagem. A virada pragmática não é, na verdade, senão uma culminação de um processo de fertilização cruzada entre idéias científicas e filosóficas sobre a linguagem que se acelerou no século XX com as sequelas tecnológicas das visões clássicas da representação e da significação. Focalizemos, agora, alguns momentos representativos desse processo com o intuito de discernir os seus legados que caberia preservar.

3. A COMPUTAÇÃO SIMBÓLICA COMO MODELO DA LINGUAGEM E DA MENTE NO SÉCULO XX

A primeira geração de cientistas cognitivos abraçou e estendeu, para além do previsível, uma famosa proposta do matemático inglês Alan Turing, precursor das ciências da computação e da cognição. Trata-se de um dispositivo, dotado de memória auxiliar ilimitada, que se move passo a passo de um estado a outro, e é capaz de ler mais de uma vez, apagar ou substituir os valores das suas entradas. Conhecida como “máquina de Turing”, essa engenhoca teórica, capaz de calcular qualquer função computável, supera as limitações das máquinas de estado finito (p. 10 abaixo); e constitui a mais simples e precisa definição do que se entende por computação simbólica.

Durante a sua breve e trágica vida, esse irreverente visionário semeou idéias que revolucionaram as matemáticas e o estudo da mente no século XX. Eis como o lingüista Noam Chomsky, criador da gramática gerativa, resume a sua influência:

Turing's paper has modest objectives. He dismisses the question of whether machines think as “too meaningless to deserve discussion”. His “imitation game”, he suggests, might stimulate inquiry into cognitive function and development of computers and software. His proposals are reminiscent of 17th century tests to investigate “other minds”, but unlike Turing's, these fall within normal science, on Cartesian assumptions that minds have properties distinct from mechanism, assumptions that collapsed with Newton's undermining of “the mechanical philosophy”, soon leading to the conclusion that thinking is a property of organized matter, on a par with other properties of the natural world. (CHOMSKY, 2007, p. 103)

Chomsky se refere aqui não à máquina, mas ao igualmente famoso “teste de Turing”, também conhecido como “jogo de imitação” (TURING, 1950). Trata-se de um critério simples e objetivo para discernir a presença de inteligência: se uma pessoa e uma máquina dão respostas indistinguíveis a um “inquiridor” que lhes passa perguntas por escrito, então é possível dizer que são também indistinguíveis quanto à inteligência. Chomsky tem razão em apontar que esse “teste” recoloca a inteligência e, com ela, a mente nos termos materialistas da ciência pós-newtoniana.

Além do monismo materialista, o argumento de Turing tem uma vantagem não mencionada por Chomsky: possuir um viés anti-reducionista. Dizer que a inteligência é uma forma de computação simbólica liberta o seu estudo do da fisiologia do cérebro. Talvez o linguista tenha silenciado sobre esse corolário da premissa de Turing porque o principal responsável pela sua difusão não foi o matemático, mas ele próprio, ainda que à revelia.

A influência de Turing provavelmente teria ficado restrita ao âmbito das matemáticas se não tivesse ganhado a Linguística, de onde se alastrou para as demais áreas. A dupla publicação recente do supracitado texto de Chomsky (2004, 2007) põe esse cenário em perspectiva. A sua primeira aparição está numa coletânea cujo foco é “o comportamento verbal” como marca da inteligência (SHIEBER 2004, pp. 117-222). Há, no título da obra, uma alusão explícita à famosa crítica de Chomsky (1959) ao livro assim intitulado do psicólogo behaviorista B. F. Skinner (1957). Já a reprodução (EPSTEIN, ROBERTS e BEBER, 2007), à qual foi, aliás, acrescido o resumo citado, aparece num volume dedicado à análise, sob diferentes perspectivas, das premissas subjacentes ao teste de Turing.

Essa rediscussão das idéias que fundaram a Ciência Cognitiva faz-se hoje a propósito de uma controvérsia gerada no seu interior: a inteligência é ou não simbólica? Como não há espaço neste ensaio para resenhá-la, mantenhamos o foco na relação entre a tecnologia e os conceitos científicos e destaquemos as contribuições da concepção simbólica da mente que merecem ser preservadas, seja qual for o desfecho da contenda.

Foi Chomsky quem popularizou as linguagens formais que permitem explicitar propriedades das línguas naturais que não cabem no esquema estímulo-resposta do behaviorismo e na fisiologia correlata do arco reflexo. A sua demolidora crítica à análise de Skinner do “comportamento verbal” tinha também por alvo as descrições estruturalistas da sintaxe e da morfologia das línguas.

Chomsky demonstrou que as relações entre as unidades linguísticas postuladas por esses modelos são formalizáveis pelas gramáticas de estado finito ou cadeias de Markov, e que essas são incapazes de dar conta de duas características inerentes à sintaxe de qualquer língua: a estrutura hierárquica e a recursividade. A primeira, captada pelo formalismo das árvores, carro-chefe da linguística gerativa, refere-se à existência de unidades de nível superior, tais como sujeito e predicado, assim como de nível inferior, tais como as

suas partes (e.g., verbo e objeto). A segunda, captada por regras que reescrevem um símbolo de nível inferior como outro de nível superior, refere-se ao fato de toda língua permitir que orações subordinadas ocorram como partes (p.ex., sujeito) da principal – em princípio infinitamente, segundo Chomsky. Essa demonstração foi decisiva para que Newell e Simon (1976) pudessem levar adiante a analogia de Turing (1950) e caracterizar a inteligência como um “sistema de símbolos físicos”.

Chomsky não participa diretamente dos acalorados debates sobre a natureza da computação inteligente porque acredita que a linguagem humana é tão específica que constitui um “órgão” à parte na mente. De qualquer maneira, pode-se disputar o acerto, mas não a relevância, das suas colocações sobre a “computação” linguística. Talvez seja preciso admitir, com Elman (1995), que as línguas naturais, diferentemente das artificiais, têm uma recursividade “vazada”, i.e., os membros de um nível de uma hierarquia sintática podem manter relações com os de outros. Ou pode ser preciso procurar na dinâmica os fundamentos dos símbolos, seguindo iniciativas tais como a de Raczaszek-Leonardi e Kelso (2007). O que não se pode é retroceder ao estruturalismo e ignorar os tipos de complexidade gramatical que a linguística gerativa tem desvendado nos últimos 50 anos.

Servir de palco à revolução que vem fomentando o estudo “galileano” da mente não é uma vocação estranha à Linguística. O seu advento oficial no século XX foi marcado por uma preocupação com o rigor e a simplicidade característica das ciências naturais. Embora pouco tenham se cruzado, a linguística estruturalista e o positivismo lógico fizeram parte da mesma *Weltanschauung* moderna – em que uma recusa da acumulação arbitrária de dados se alia à análise lógica parcimoniosa.

Foram, sem dúvida, a contribuição à matemática simbólica e esforço paralelo de descrição formal das línguas do mundo que garantiram aos linguistas o necessário respeito e trânsito na comunidade científica¹⁶ para liderarem a resistência à pressão pela naturalização da mente emanada das ciências biológicas desde o século XIX. Cabe a Chomsky o mérito inquestionável de ter resgatado a Psicologia da ideologia fisicalista baseada no arco reflexo e tê-la, assim, libertado da aliança com o macartismo na década de 1950. Esse gesto – ao mesmo tempo teórico e político – restituiu a todo o campo dos estudos humanos empíricos o interesse nos fenômenos mentais e a possibilidade de diálogo interdisciplinar. A questão de como preservar e ampliar essa conquista, que interessa às Humanidades assim como às Ciências Humanas, é, portanto, a que melhor parece caber no espaço restante.

4. A GUIA DE CONCLUSÃO: CIÊNCIA GALILEANA VS. CIÊNCIAS HUMANAS?

A primeira e gloriosa etapa da Ciência Cognitiva aponta com clareza para o caráter ideológico e, portanto, metodologicamente espúrio do reducionismo no estudo da mente. Ao abraçar a perspectiva galileana da ciência através da matemática simbólica, um grande número de linguistas, seguidores ou oponentes da gramática gerativa, renovou e estendeu o exemplo de Chomsky, para disseminá-lo, via cooperação interdisciplinar, por todas as áreas dos estudos humanos em que a natureza do empírico o permitisse.

Por exemplo, a Linguística Cognitiva, deslanchada por George Lakoff (1987), um dos primeiros dissidentes do gerativismo, abandona a perspectiva modular da mente e prega que a linguagem natural está no cerne de uma cognição humana que é também “encarnada” e “situada”. Embora se inspire nos filósofos fundadores da Pragmática, a nova proposta não abre mão da existência de símbolos nem recusa a metodologia das Ciências Naturais. Pelo contrário, procura conjugar a especulação sistemática sobre a linguagem, a ação e a mente com estudos empíricos experimentais e/ou simulações computacionais.

O reducionismo é tão nocivo às Ciências Humanas que semeou uma crença errônea entre os seus críticos humanistas: a de que é inerente à ciência galileana. Muitos sequer se dão conta de que ele é distinto dos procedimentos metodológicos de redução¹⁷ praticados rotineiramente pelos cientistas como meios de lidar com a complexidade.

Diferentemente da redução metodológica, que não faz juízos de valor e recorre a procedimentos objetivos e explícitos, o reducionismo, negando arbitrariamente a complexidade do comportamento humano e mesmo da sua fisiologia, usurpa das Ciências Humanas a autoridade de ter a última palavra sobre os seus objetos. Travestido em apologia da cientificidade, é, na verdade, uma faceta da ideologia cientificista propugnada pelas várias formas, explícitas ou implícitas, do pensamento totalitário.

O cientificismo manipula a idéia, pretensamente ingênua, de que o mundo é transparente à linguagem e aos métodos consagrados da ciência, a fim de angariar simpatizantes e/ou militantes entre os cientistas. A falta de formação humanística e a alienação política desses os tornam cada vez mais vulneráveis a essa ideologia – quando o compromisso com a pesquisa, aliado ao exercício diário de critérios rigorosos, deveria fazê-los nela reconhecer questões de fé alheias à ciência.

Esse lamentável fato da história e da sociologia da ciência (TODOROV, 2003) torna urgente esclarecer que o humanismo não é incompatível com a prática profissional da atitude galileana – mesmo quando ela se exerce sobre objetos que fazem parte do universo humano. A incompatibilidade em questão diz respeito somente ao cientificismo e, *a fortiori*, ao reducionismo, que, devido ao apelo popular dos avanços da neurociência, constitui hoje a sua mais prestigiosa arma.

Algumas facetas do humano rendem-se de forma não arbitrária a certas moedas de troca da ciência contemporânea, em particular às que tratam da complexidade. Uma condição necessária para tanto é que o objeto em questão seja compatível com as reduções necessárias para compor um quadro tão coerente e útil quanto os analogamente construídos em campos onde essa ótica é padrão. Esses sucessos circunscritos não implicam, de maneira alguma, em que qualquer outro fenômeno humano seja passível do mesmo tratamento.

A vocação da pesquisa empírica é trabalhar com indícios da natureza dos objetos investigados. Os indícios com que operam os humanistas (GINZBURG, 2007), por mais heterogêneos que sejam, costumam render-se a esforços criativos persistentes de interpretação verbal baseada em fontes documentais. Os indícios com que operam os cientistas, colhidos preferencialmente por instrumentação, devem ser expressos em alguma linguagem formal com regras de inferência automáticas que facilitem a reconversão dos resultados para a linguagem natural.

Ainda que fosse possível identificar e traduzir em linguagem científica todos os fatores em jogo numa atividade humana complexa, faltaria, não obstante, uma maneira

unívoca de garantir-lhes um tratamento formal independente das decisões tomadas no ato de tradução (p. ex, a classificação). Em suma, no estudo do humano, só vale a pena jogar o jogo galileano quando a formalização é transparente, se baseia em parâmetros intersubjetivos fidedignos, trata-os de forma algorítmica e segue regras de inferência explícitas que levam a conclusões de outra forma inalcançáveis.

Embora não sendo impossível, a permeabilidade dos fatos humanos a algumas das linguagens da ciência natural é rara e não contém qualquer promessa de se expandir com o “progresso” do conhecimento. A fim de ilustrá-la de modo a ensejar a apreciação do seu interesse malgrado os seus limites, examinemos dois casos significativos: um em que uma previsão da teoria dos sistemas dinâmicos sobre uma unidade linguística simples, o gesto articulatório, é corroborada experimentalmente; e outro em que a redução formal utilizada para emular a atividade do cérebro, um programa de reconhecimento de padrões, não autoriza uma inferência reducionista sobre uma tarefa de percepção visual, feita a partir de imagens de ressonância magnética funcional.

O primeiro exemplo é um estudo da produção de sílabas inglesas iniciadas pelos fonemas /p/ e /f/ sob perturbação induzida por uma carga mecânica aplicada à mandíbula, um dos articuladores envolvidos na tarefa. Os parâmetros medidos dizem respeito ao movimento dos demais articuladores e à atividade elétrica dos músculos. Os resultados mostram compensações automáticas, antes do tempo mínimo necessário à retroalimentação auditiva, por parte dos lábios superior e inferior, no caso de /p/; e apenas do lábio inferior, no caso de /f/.

These findings are consistent with the construct that groupings of muscles or structures may be temporarily and flexibly marshaled together and constrained as a task-specific, functional unit. Such an organization has been termed a “coordinative structure” or “functional synergy” (BERNSTEIN 1967; FOWLER et al. 1980; KELSO et al. 1983). (SHAIMAN e GRACCO, 2002, p. 416)

Isso dá evidência inequívoca a favor da existência de um plano de ação abstrato, independente de movimentos locais, para a realização dos gestos articulatórios investigados¹⁸. Conforme apontam os autores, esse plano denomina-se, no estudo da coordenação motora em geral, “estrutura coordenativa” ou “sinergia funcional”. A sua descrição formal pela teoria dos sistemas dinâmicos é bem conhecida: trata-se de representar as relações entre os articuladores num espaço de fases e aí identificar os atratores associados às diferentes condições de execução da tarefa. Note-se que as condições experimentais não são arbitrárias, pois simulam perturbações que podem ocorrer no dia a dia, tais como falar com uma bala na boca, etc. O ganho de abordagens como essa é demonstrar rigorosamente que mesmo uma tarefa linguística simples tem um grau extraordinário de complexidade, devido à flexibilidade da combinatória motora, como apontado em 2.2 .

O segundo exemplo é um estudo da ativação do córtex visual durante uma tarefa de percepção na qual as bordas de duas grades ortogonais superpostas foram apresentadas em oito orientações diferentes. Os dados foram colhidos por ressonância magnética funcional e tratados por algoritmos estatísticos que tiveram sucesso em distinguir todas as combinações das grades. A partir daí os autores concluem que os seus resultados fazem vislumbrar a possibilidade de “leitura” das representações visuais, assim como do seu conteúdo

subjetivo, por imageamento cerebral: “Our approach provides a framework for the readout of fine-tuned representations in the human brain and their subjective contents.” (KAMITANI e TONG, 2005, p. 679)

A inferência é incorreta porque as ativações cerebrais são apenas os correlatos neurais da percepção visual das bordas das grades, e não a sua experiência subjetiva; e porque o termo leitura está associado à expressão “leitura da mente” – que costuma, aliás, aplicar-se a achados como esse na literatura de divulgação científica (V., p. ex., INTAGLIATA 2008). Ora, o projeto da “leitura da mente” remete necessariamente ao de uma linguagem conceitual universal, que já foi exaustivamente discutido e refutado¹⁹ na literatura epistemológica (WITTGENSTEIN, 1968).

É, pois, com preocupação que se constata que muitos resultados da Neurociência atual, inclusive os que integram a virada pragmática, estão sendo interpretados a partir da ideologia cientificista, tão obviamente associada às noções de controle e vigilância do pensamento totalitarista. O apelo popular dessas afirmações é forte, apesar das advertências de humanistas e cientistas engajados, como, por exemplo, o fisiologista italiano Vittorio Gallese: “A growing sense of discomfort towards a blind faith in folk psychology to characterize social cognition is indeed surfacing within the field of philosophy of mind.” (GALLESE, 2007 p. 659)

Resta, finalmente, lembrar que, no atual cenário, as imagens de alta definição do “tear encantado” têm maior poder de sedução do que os cuidados teóricos e metodológicos com que se tenta abordar a sua complexidade. Isso torna urgente que cientistas humanos e biológicos cujos objetos possam ser iluminados pela ótica galileana sem simplificações espúrias dêem as mãos aos humanistas e participem ativamente da luta contra os embustes do cientificismo. Que a nossa palavra tenha o dom de convencer novas gerações de cientistas. E que aprendamos a cultivar e aprofundar os laços interdisciplinares tão pacientemente tecidos por mestres de tempos em que exercer as Humanidades ao lado das Ciências era possível e natural.

Notas

¹ Metáfora do cérebro cunhada pelo fisiologista inglês Charles Scott Sherrington, citada e comentada em 3.2.

² A saber: 16 de dezembro de 2008.

³ A lista dos proponentes inclui três laureados do Nobel: dois fisiologistas, Sherrington e o seu discípulo John Eccles, e o físico Erwin Schrödinger.

⁴ A fundação dessa corrente de pensamento costuma ser atribuída conjuntamente a James e ao lógico Charles Sanders Pierce.

⁵ Os aparelhos então disponíveis eram o oscilógrafo e o quimógrafo, que captam oscilações e as grafam como formas de onda. O primeiro registra as vibrações de um meio e o segundo, o movimento de fios atrelados aos articuladores.

⁶ Isto é, uma trajetória começa quando a outra atinge o máximo.

⁷ Stetson morreu em 1950. A espectroscopia dos lasers data de 1958.

⁸ Note-se que as trajetórias envolvidas não precisam ser necessariamente movimentos físicos. A evolução temporal de qualquer conjunto de variáveis pode ser pensada como um deslocamento em algum espaço multidimensional abstrato.

⁹ Concebida, tradicionalmente, como uma “re-apresentação” dos objetos da percepção à memória.

¹⁰ Os algoritmos de aprendizagem conexionistas em geral praticam uma forma de “aprendizagem supervisionada” que consiste em realimentar a entrada da rede com uma função de erro atualizada periodicamente.

¹¹ Na camada escondida os pesos das conexões entre os neurônios alteram-se conforme a variação do input e das funções de erro. Uma rede recorrente possui, ainda, outra camada de conexões intermediárias: a de contexto, na qual cópias da camada escondida são armazenadas periodicamente por retroalimentação. Foi demonstrado matematicamente que a estabilização dessas redes forma atratores previstos pela Teoria dos Sistemas Dinâmicos (RODRIGUEZ, 1999).

¹² A conectividade recorrente (i.e., reutilizar redes já usadas) e a inibição lateral (i.e., inibir redes contraditórias) são exemplos de restrições que devem ser satisfeitas globalmente, i.e., numa proporção que minimize os conflitos com outras restrições atuantes na mesma rede.

¹³ Uma das propriedades gerais desses sistemas é que eles possuem um grau de complexidade que varia no tempo entre a ordem e o caos.

¹⁴ Exemplos famosos incluem a oscilação conjugada de pêndulos, as variações do clima e o funcionamento de células vivas, colônias de insetos, etc.

¹⁵ Spencer defendia a lei do mais forte e James, a naturalidade da propriedade privada.

¹⁶ O prestígio na comunidade humanística já havia sido conquistado pelo estruturalismo.

¹⁷ Simplificar e excluir premissas, bem como reduzir o número de variáveis ou de níveis de análise, são formas metodológicas – e não ontológicas – de redução. O reducionismo confunde metodologia com ontologia.

¹⁸ O /p/ mobiliza os dois lábios, enquanto o /f/ só mobiliza o lábio inferior.

¹⁹ Esse erro conceitual não exclui e nada tem a ver com a utilidade do estudo dos correlatos neurais das funções mentais. O conhecimento dessa neurofisiologia pode ajudar a desenvolver próteses robóticas, bem como instrumentos de comunicação aumentativa para o tratamento de paralisias.

Referências

- ARBIB, M.A. From Monkey-like Action Recognition to Human Language: An Evolutionary Framework for Neurolinguistics, *Behavioral and Brain Sciences*, 28 (2) pp. 105-124, 2005.
- AUSTIN, J. L. *How to Do Things with Words*. The William James Lectures Delivered at Harvard University in 1955. Organização de J. O. Urmson. Oxford: Clarendon, 1962.
- BROWMAN, C.; L. Goldstein. Articulatory phonology: an overview. *Phonetica*, 49: 155-180, 1992.
- BROWN, T. Making Truth: Metaphor in Science. *Champaign: University of Illinois Press*, 2003.
- CHOMSKY, N. 1959. A Review of B. F. Skinner's Verbal Behavior. *Language*, 35(1): 26-58.
- _____. Turing on the "imitation game". In: R. Epstein; G. Roberts; G. Beber, pp. 103-108, 2007.
- DRAPER, M.; P. Ladefoged; D. Witteridge. Respiratory Muscles in Speech. *Journal of Speech & Hearing Research*, 2: 16. DEWEY, J. 1896. The reflex arc concept in psychology. *Psychological Review* 3, 1959.
- ECCLES, J. *Facing reality: Philosophical Adventures by a Brain Scientist*, Berlin: Springer, 1970.
- EGGINTON, W.; M. Sandbothe (orgs.) *The Pragmatic Turn in Philosophy: Contemporary Engagements Between Analytic and Continental Thought*. Nova Iorque: State University of New York Press, 2004.
- ELMAN, J. L. Distributed representations, simple recurrent networks, and grammatical structure. *Machine Learning*, 7:195-224, 1991.
- _____. Language as a dynamical system. In: R.F. Port; T. van Gelder (orgs.) *Mind as Motion: Explorations in the Dynamics of Cognition*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 195-223, 1995.
- EPSTEIN, R.; G. Roberts; G. Beber (orgs.) *Parsing the Turing Test*. Amsterdã: Springer, 2007.
- FODOR, J.A.; Z.W. Pylyshyn. Connectionism and Cognitive Architecture: A Critical Analysis. *Cognition*, 28: 3-71, 1988.

- GALAMBOS, R. “Robert Galambos”. In: Squire, L. R. (org.). *The History of Neuroscience in Autobiography*, vol. 1. Washington, D.C.: Society for Neuroscience, p. 12, 1996.
- GALLESE, V. Before and below ‘theory of mind’: embodied simulation and the neural correlates of social cognition. *Philosophical Transactions Royal Society London B*, 362: 659–669, doi:10.1098/rstb.2006.2002, published online 13 February 2007/2007.
- GINZBURG, C. *Mitos, emblemas, sinais: morfologia e história*. Tradução de Federico Carotti. São Paulo: Cia. das Letras, 2007 [1986].
- HAKEN, H. *Synergetics, an Introduction: Nonequilibrium Phase-Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology*. Amsterdã: Springer, 1977.
- _____, H.; J. A. Kelso; H. Bunz. A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological Cybernetics*, 51: 347-356, 1985.
- HUGUES, T. P. *Human-Built World: How to Think about Technology and Culture*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.
- INTAGLIATA, L. Neuroscientists Take Important Step toward Mind Reading. *Scientific American*, maio de 2008.
- JAMES, W. *The Principles of Psychology*. Mineola: Dover Publications, 1950, [1890].
- KAMITANI, Y.; Tong, F. Decoding the visual and subjective contents of the human brain. *Nature Neuroscience*, 8, 679-685, 2005.
- KELSO, J. S. *Dynamic Patterns: The Self-Organization of Brain and Behavior*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1995.
- _____.; K. Munhall. R. H. Stetson’s *Motor Phonetics: A Retrospective Edition*. Boston: Little, Brown, 1988.
- LAKOFF, G. *Women, fire and dangerous things*. Chicago: University of Chicago Press, 1987.
- LANGACKER, R. *Foundations of Cognitive Grammar*, vols. I, II. Stanford: Stanford University Press, 1987, 1991.
- Mc CULLOCH, W.; W. Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 7:115-133, 1943.
- NEWELL, A.; H. A. Simon. Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search. *Communications of the ACM*, 19(3): 113-126, 1976.
- PORT, R. F.; T. van Gelder. *Mind as Motion: Explorations in the Dynamics of Cognition*. Cambridge, MA: MIT Press, 1995.
- PULKKINEN, J. 2006. Technological metaphors and history of science. In: M. Kokowski (org.) *The Global and the Local: The History of Science and the Cultural Integration of Europe. Proceedings of the 2nd ICESH (Cracon, Poland, September 6–9, 2006)*. Livro eletrônico, acessado em 7/12/2008, em: <http://www.2iceshs.cyfronet.pl/proceedings.html>
- RACZASZEK-LEONARDI, J.; J. A. Scott Kelso 2007. Reconciling symbolic and dynamic aspects of language: Toward a dynamic psycholinguistics. *New Ideas in Psychology* (2007), doi:10.1016/j.newideapsych.2007.07.003
- RIZZOLATTI, G; M. Arbib. Language within our grasp. *Trends in Neuroscience*, 21(5):188-194, 1998.
- RODRIGUEZ, P. *Mathematical Foundations of Recurrent Neural Networks in Language Processing*. Tese de doutorado inédita. Universidade da Califórnia, San Diego, 1999.

- SEARLE, J. *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language*. Nova Iorque: Cambridge University Press, 1969.
- SHAIMAN, S.; V. Gracco. Task-specific sensorimotor interactions in speech production. *Experimental Brain Research*, 146:411–418, 2002.
- SHERRINGTON, C. S. *Man on his Nature*. Cambridge: Cambridge University Press, 1942.
- SHIEBER, S. M. (org.) *The Turing Test: Verbal Behavior as the Hallmark of Intelligence*, Cambridge, MA: MIT Press.
- SKINNER, B. F. *Verbal Behavior*. Nova Iorque: Appleton-Century-Crofts, 1957.
- SPENCER, H. *The Principles of Psychology*. Nova Iorque: Appleton and Company, 1855 [1910].
- STETSON, R. H. *Motor Phonetics: A Study of Movements in Action*, Amsterdã: North Holland, 1951 [1928].
- TODOROV, T. *Hope and Memory: Lessons from the Twentieth Century*. Tradução de David Bellos. Princeton: Princeton University Press, 2003.
- TICHI, C. *Shifting Gears: Technology, Literature, Culture in Modernist America*. Londres: The University of North Carolina Press, 1987.
- TULLER, B.; J. A. S. Kelso. 1991. The Production and Perception of Syllable Structure. *Journal of Speech and Hearing Research*, 34: 501-508.
- TRUBETZKOY, N. A Fonologia atual. In: M. Dascal (org.). *Fundamentos metodológicos da Linguística*, vol. II, Fonologia e Sintaxe. Campinas: Editora do Autor, pp. 15-35, 1981 [1933].
- TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59: 433-460, 1950.
- _____. Wittgenstein, L. *Philosophical Investigations*. Oxford: Blackwell, 1968.