

INTELIGÊNCIA BIOLÓGICA VERSUS INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

UMA ABORDAGEM CRÍTICA

WILSON LUIZ SANVITO*

Embora o conceito de inteligência seja nebuloso e extremamente polêmico, pode-se afirmar que comportamento inteligente é aprender a lidar com o mundo, é desenvolver estratégias para encontrar soluções, é a capacidade para lidar com novidades. A inteligência não é atributo específico do ser humano, embora este o tenha em mais alto grau. Em virtude dos avanços científico-tecnológicos, particularmente na área da informática, existem correntes científicas que afirmam que a máquina pode pensar e teria, portanto, um comportamento inteligente. Esta matéria, que está longe de ser pacífica, é uma provocação irresistível ao debate, que poderia ser colocado nos seguintes termos: Homo sapiens versus Machina sapiens

O PENSAMENTO: SISTEMAS LÓGICOS E NÃO-LÓGICOS

Estamos habituados a ouvir que nosso pensamento é lógico e procuramos descartar de nosso raciocínio tudo aquilo que contrarie os padrões da lógica. Aqui nos referimos à lógica formal, que pode ser considerada como a forma clássica de representação do conhecimento sobre o mundo. A sua sistematização desde Aristóteles — passando por Morgan, Bole, Frege, Russell e os lógicos modernos — influiu de modo relevante na filosofia e este tipo de lógica foi adotado como modelo do raciocínio humano. Efetivamente a lógica é uma ferramenta indispensável para operacionalizar o raciocínio em situações concretas. Mas será que podemos reduzir cérebro humano a um órgão metabolizador de informações, dependente de servomecanismos e circuitos de retroação e que funciona de acordo com princípios lógico-matemáticos? Definitivamente não. O complexo cérebro/mente é um sistema aberto, que tem a sua plasticidade (com grande variação comportamental) e que lida com a precisão/imprecisão, certo/ambíguo, completo/incompleto, ordem/desordem tendo, portanto, de desenvolver estratégias para a sua organização. As estratégias, muitas sob a forma de neurotecnologias, vão se adequando ao comportamento animal ao longo do processo evolutivo. Segundo Morin, as estratégias desenvolveram-se nas espécies animais (e no homem) de uma forma extraordinária através do jogo trágico presa/predador, elaborando cada um uma estratégia de fingimento, de esquiva, de astúcia, um para o ataque, o outro para a defesa ou fuga.

Muitos pretendem ver nosso raciocínio balizado por princípios lógico-matemáticos. Isto porque a tática de ordenar os dados mentais tem um fim operatório para proporcionar o fluxo do pensamento (algoritmos linguísticos, lógicos, numéricos). A lógica, e a matemática, identifica-se com o setor exato de nosso pensamento, podendo-se, entretanto, colocar duas objeções a esta óptica: que o modelo exato do conhecimento não é totalmente matemático, porque a ciência não é só matemática; que as relações entre o setor exato e não-exato de nosso pensamento são igualmente ricas de significado e interesse filosófico. A lógica é necessária para o pensamento, mas não é suficiente. A complexidade do pensamento exige uma multiplicidade de sistemas lógicos e, até, não-lógicos. Em matemática lidamos principalmente com a lógica axiomatizada, isto é, uma proposição é demonstrada quando a deduzimos de proposições admitidas como verdadeiras. De sorte que o raciocínio lógico-matemático tem muito de tautológico e, em certas situações, pode funcionar como uma camisa de força para seu pleno desenvolvimento. Uma das funções da lógica é arranjar os elementos no raciocínio, impedindo que o processo se torne aleatório. Os processos cognitivos — que incluem a lógica, a heurística, a intuição, as estratégias para lidar com o ambíguo — permitem ao homem a sua própria construção e a construção de novas realidades. Enfim o lidar com problemas não significa fixar soluções, mas desenvolver estratégias para encontrar soluções.

Sendo o ato do conhecimento ao mesmo tempo biológico, mental, lógico, linguístico, cultural, social e histórico, ele não pode ser dissociado da vida humana e da relação social. O nosso complexo cérebro/mente não reflete o mundo, ele capta um mundo caótico o qual procura organizar e dar um significado. Nós lidamos, a maior parte do tempo, com dados vagos, imprecisos e contraditórios. Não obstante, o discurso “competente” do especialista tenta expulsar o espectro da imprecisão que ronda as ciências do conhecimento. Ao invés de ignorar ou de tentar expurgar a imprecisão, é preciso aprender a trabalhar com ela. Entre o nosso raciocínio lógico e não-lógico, há áreas de penumbra e

zonas cegas. Isto porque a lógica formal baseia-se no silogismo, na dedução, na indução; ela é tautológica (ou pelo menos homeostática) e repousa na confirmação (dedução) ou na generalização (indução) de suas premissas. Já a lógica auto-organizacional (e mesmo o raciocínio não-lógico) progride através da errância e do erro, dá saltos a partir dos quais aparecem desenvolvimentos novos e estruturas organizacionais diferenciadas. Embora a lógica formal contribua para arranjar os elementos no raciocínio, ela pode ser até mutilante para o processo de criação: Em 1965, o engenheiro e matemático Zadeh elaborou a teoria de uma lógica não-formal, que ele chamou de lógica difusa ou nebulosa. As regras desta lógica variam em função das circunstâncias e é possível, com o auxílio dos conjuntos nebulosos e da heurística dos conjuntos teóricos imprecisos, uma aproximação das formas de raciocínio humano. Armado com este tipo de lógica, que envolve uma axiomática não-rigorosa, pode-se utilizar um encadeamento de inferências do tipo: num primeiro momento “se a, então b”; num segundo momento “se a, então não b”; num terceiro momento “se a, então “mais ou menos b” e assim por diante. Essa conexão do tipo se/então é uma ferramenta muito útil e permite que as conclusões sejam expressas não em termos de probabilidades, mas de possibilidades.

O princípio da complexidade impede (no momento) uma teoria unificadora do conhecimento e não permite exorcizar essa instância da contradição, da incerteza, do irracional. De acordo com os teoremas de Gödel, um sistema formalizado complexo (axiomatizado) não pode ser validado por si mesmo. Isto significa que um sistema lógico, de certa complexidade, não consegue escapar de suas contradições ocultas. Aqui nos deparamos com o problema da autorreferência, que é um paradoxo clássico do pensamento grego, que geralmente se refere a ele como o “paradoxo cretense” (citado por Sanvito). Conta-se que o cretense Epimênides certa ocasião afirmou: “Todos os cretenses são mentirosos” e criou um problema aparentemente insolúvel. Esse impasse pode ocorrer nos paradoxos que dependem do uso de conceitos cujo âmbito de referência inclui o próprio conceito. Neste modelo cretense, a simples colocação — “O que eu estou afirmando não é verdade” gera uma contradição extrínseca: se a afirmativa é verdadeira, está demonstrada que é falsa; se é falsa, devemos entender que contém uma verdade. Já Tarski (citado por Bronowski) deu ênfase ao problema da linguagem: um sistema semântico não tem capacidade de explicar totalmente a si-próprio. A linguagem simbólica é empregada para descrever partes do mundo, encontrando muitas dificuldades para descrever partes dela mesma. A elaboração de uma metalinguagem poderia remover este obstáculo? Não é a opinião de Morin, para quem as linguagens formalizadas não podem constituir uma metalinguagem em relação a nossa linguagem .

Embora os teoremas godelianos provem num sistema complexo que certas proposições são indecidíveis, é imperativo que o complexo cérebro/mente procure utilizar todas as ferramentas dos sistemas lógicos e não-lógicos para lidar com os problemas do mundo.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Uma máquina pode pensar? Ela pode ter um comportamento inteligente, no sentido humano, como eu e você? Em 1950, um matemático inglês, chamado Alan Turing, propôs um teste para tentar responder a essa questão (citado por Casti). No teste, dois seres humanos A e B e um computador C são colocados em recintos separados e interligados por dispositivos do tipo terminal de computador. O humano A conversa com B e C com o objetivo de descobrir qual deles é o computador. Caso A não consiga determinar, com um mínimo de 50% de precisão, qual dos dois é o outro humano, diz-se que o computador passou pelo teste de Turing e, portanto, que a máquina simula a inteligência humana. De sorte que uma máquina é considerada inteligente desde que ela imite de forma bastante convincente um ser humano numa conversação; ela é considerada, nos círculos especializados de inteligência artificial (IA), como uma entidade pensante.

A comunidade da IA se dividiu em duas escolas, uma postulando uma versão forte da IA, a outra uma versão fraca. Na IA forte, do tipo humano, a máquina apresenta estados cognitivos

funcionalmente (mais pela evidência, do que de fato) idênticos àqueles do cérebro. Na opinião de Simon, o processo do pensamento humano depende do processamento de símbolos no cérebro. De sorte que o tratamento dos símbolos através de regras pode engendrar múltiplos estados cognitivos que são denominados pensamentos. Ele postula a aplicação de um conjunto de regras (denominado de rede semântica ou gráfico de dependência conceitual) e estipula como combinar entre elas o estado da máquina; depois ocorre a “descodificação” dos estados da máquina resultantes para fornecer uma interpretação do cálculo em termos de conceitos cognitivos. Esta é, em poucas palavras, toda a estratégia de abordagem descendente da IA. Simon, juntamente com Newell, apresentou o programa General Problem Solver que repousava numa forma de raciocínio heurístico. Nestas condições, a tarefa consiste em encontrar uma sequência de operações que permite transformar o estado inicial num conjunto final (através da análise fins/meios). Estes tipos de programa podem produzir resultados de aparente inteligência num domínio muito limitado, mas um verdadeiro abismo o separa do pensamento humano. Um episódio anedótico pode ilustrar este fato. Na década de 50, se tentou introduzir um programa de tradução russo-inglês através de uma máquina inteligente. Foi elaborado um programa com um vocabulário copioso e com a inserção da gramática de cada língua na máquina, além de se fornecer a ela certos idiotismos de ambas as línguas. Mas a imensidade da tarefa ficou logo patente, desde que uma frase como out of sight, out of mind (longe dos olhos, longe do coração) foi traduzida por blind and insane (cego e louco). A máquina lida mal com metáforas. Para ter um desempenho que se aproxime do pensamento humano é preciso que a máquina seja alimentada, não só com um imenso dicionário e de regras gramaticais, mas também com vasta enciclopédia contendo o saber universal em todas as áreas e dentro de culturas específicas.

Segundo Simon (escola descendente da IA) o que se passa no cérebro ao nível neuronal não tem relação direta com a cognição; em resumo, para isolar as regras do pensamento é suficiente considerar o nível superior (tratamento simbólico e gestão, apenas no nível formal, das redes semânticas), ignorando o que se produz abaixo, ao nível dos elementos microscópicos de tratamento. Já os defensores da abordagem ascendente (Hofstadter, Minsky) postularam um mecanismo inverso. Para compreender como opera o cérebro é preciso partir de processos elementares funcionalmente equivalentes aos neurônios e construir teorias explicando como os estados cognitivos podem resultar de conexões e de interações entre elementos simples. A teoria ascendente supõe símbolos ativos nascendo de uma associação de elementos de cálculo no nível infracognitivo: o pensamento é um epifenômeno da emergência. A infracognição na base comandaria então a cognição no topo, com a matriz cerebral servindo apenas de substrato para a interação de símbolos ativos. É necessário um equipamento no interior do qual os símbolos ativos possam interagir, mas, note-se, nada exige que esse substrato material seja fisicamente o mesmo que o cérebro humano. Tudo o que é preciso é que o terreno do jogo, onde interagem esses símbolos, tenha a mesma potência de cálculo que o cérebro humano. Mas como passar dos cálculos desprovidos de senso do nível infracognitivo à significância dos símbolos ativos? Esse é o problema capital da abordagem ascendente. Em 1943, McCulloch & Pitts postulavam que redes neurais podiam computar. Em 1949, Hebb formulava o seu modelo de mecanismo sináptico: “a repetição de excitação simultânea de duas células nervosas modificaria a eficácia das sinapses que as ligassem”. A leitura deste postulado é a seguinte: “Se duas unidades em cada extremo de uma ligação forem ativadas simultaneamente, a ligação entre elas será fortalecida”. Esta regra reflete a suposição razoável de que quanto mais uma ligação é utilizada mais fácil se torna a sua reutilização. Uma ligação ganha tanto mais força quanto mais vezes for usada. Padrões de entrada semelhantes terão na máquina padrões de saída semelhantes; a máquina “aprende” assim a reconhecer padrões. A um aparelho baseado nestes princípios dá-se o nome de “máquina de aprendizagem competitiva”. As redes neurais (ou modelos neo-conexionistas) são objeto de trabalhos cada vez mais numerosos. Elas parecem ser particularmente eficazes no estudo de fenômenos de acesso lexical, de memória, de reconhecimento de formas, de aprendizagem e de controle motor nas tarefas automáticas, como manutenção do equilíbrio e datilografia. São modelos próximos da biologia ou neuronóides. Uma rede funciona sem controle executivo, sem programa nem chefe de orquestra.

O processo é mais paralelo do que sequencial. Não tem verdadeira semântica interna e a função cognitiva está distribuída. O sistema pode funcionar mais ou menos bem e ser danificado sem perder todas as suas qualidades. Uma rede neural não procura soluções — as “soluções” devem emergir ocasionalmente enquanto configurações estáveis.

A nossa maneira de pensar está intimamente ligada ao contexto das situações; de modo geral, nós não analisamos a coisa em si mas a relação entre as coisas. Por exemplo, quando eu lido com o substantivo “maçã” a minha representação mental pode ser diversa dependendo do contexto: pode significar o fruto proibido de que fala o Gênesis, o fruto envenenado da fábula da Branca de Neve, a maçã de Newton com a conotação da lei da gravidade, a fruta propriamente dita para saborear, a natureza morta do pintor A ou B, e assim por diante. A IA tentou superar estas dificuldades através de estratégias para atingir uma representação dos conhecimentos. Desenvolveu-se a noção de micromundo no início dos anos 70. Trata-se de universos artificiais reduzidos segundo todas as suas dimensões: variáveis, situações, ações em número limitado e predeterminado, contextos fechados etc. Muitos esquemas têm sido propostos: “cenários”, “quadros”, MOPS (memory organization packets) e outros. O exemplo do restaurante pode ser ilustrativo: a mesa, o garçom, o cardápio, a conta, o serviço podem ser representados por símbolos num programa, juntamente com a relação lógica entre eles. O problema ocorre quando alguma coisa acontece fora do contexto restrito ao microcosmo do restaurante. Se o cliente pede, por exemplo, uma aspirina ao garçom por causa de dor de cabeça. O programa tem de chamar um outro esquema — “o programa da dor-de-cabeça” — e “compreender” que num bom restaurante existem aspirinas à disposição dos clientes. De sorte que estes tipos de programa são de alcance muito limitado quando comparados com o comportamento humano.

COMPLEXO CÉREBRO/MENTE

O conhecimento no mundo animal depende de um longo processo de maturação, adquirido através de mecanismos evolutivos e da decantação das experiências face aos problemas do dia-a-dia. Uma estratégia particular pode transformar uma circunstância adversa em uma condição favorável. Se o comportamento adquirido através do conhecimento biológico é bem sucedido, sua reaplicabilidade é mantida. A inteligência biológica é sobretudo seletiva. A atenção seletiva é um aspecto fundamental de nossa atividade mental e as criaturas vivas demonstram sinais claros de seletividade. Os nossos órgãos dos sentidos são continuamente bombardeados com uma massa enorme de dados sobre os pormenores do mundo que nos rodeia. De algum modo, rejeitamos continuamente a maior parte desses dados como sendo irrelevantes e selecionamos aqueles que nos parecem importantes para as nossas necessidades de momento. Cada indivíduo lida com seus problemas diários usando sua memória da espécie e sua própria memória individual. Quando eu tomo uma decisão agora, este é um componente consciente de manifestação de minha vontade, porém milhões de anos de pressões seletivas do meio, de refinamentos de estratégias e de ensaios-e-erros não devem ser negligenciados.

Por outro lado, o complexo cérebro/mente tem a capacidade, em determinados contextos, de transformar informações em significados. Esta instância de nosso organismo é especialista e generalista ao mesmo tempo. No que tange ao seu modo operativo, não é minha intenção argumentar com generalizações abusivas ou, então, com reducionismos mágicos. Eu penso que para entender o funcionamento de um sistema é necessário desconstruí-lo até os limites do possível e, então, tentar reconstruí-lo. Deve ficar claro que esse complexo é formado por estruturas que podem ser analisadas em diferentes níveis e que são irredutíveis uns aos outros. Em resumo, é necessário entender que não há partes isoladas do todo do ponto de vista funcional, porém propriedades que emergem dos vários níveis de organização. Num exercício de macroanálise pode-se estabelecer a organização do complexo cérebro/mente em três níveis hierárquicos: 1) o nível neuronal, que tem como substrato a configuração das células nervosas; 2) o nível funcional, que é dependente da organização dos grupos neuronais;

3) o nível conceitual, que é dependente de uma rede semântica. Embora os genes determinem a estrutura global do cérebro, eles não são (os únicos) responsáveis, ao longo do tempo, por modificações microscópicas nas conexões estabelecidas entre as células nervosas. A maneira como um organismo interage com o mundo e aprende a percebê-lo tem certa participação na orientação da anatomia funcional do cérebro. O complexo cérebro/mente depende então de conexões de redes neurais e da organização de diferentes níveis hierárquicos que, ao interagirem, dão emergência às funções mentais. Na realidade, o sistema nervoso é a interface que permite ao ser humano organizar a informação recebida e transformá-la em significados.

Agora que já sabemos que a imprecisão e a contradição não são impecilhos para o raciocínio e já conhecemos alguns elementos para a abordagem do cérebro, é possível entender alguns mecanismos molares do funcionamento da mente. O cérebro tenta decodificar o mundo para dar-lhe significado e ordem, e ao proceder assim procura simplificar os fenômenos num mecanismo de decomposição e, portanto, reducionista. É uma das estratégias do cérebro para operacionalizar o seu funcionamento, sendo possivelmente a sua vertente computante. Quando o cérebro trabalha somente com números, ele (provavelmente) opera de modo linear; entretanto, ao lidar com imagens conceituais, ele tenta apreender a situação como um todo para alcançar um significado. A mente é projetiva ao lidar com formas e, numa dada circunstância, através de sua função gestaltica (apreensão do todo), ela é capaz de recompor uma situação, mesmo na ausência de certos elementos. E vai além, pois segundo Morin as funções cerebrais estão aptas para encontrar uma solução (competência heurística), aptas para combinar um conjunto de decisões-escolha (capacidade estratégica), aptas para efetuar combinações novas (capacidade inventiva), em resumo, aptas para organizar ordem a partir do ruído, isto é, a partir de dados mentais heterogêneos, proliferantes e desordenados, bem como de mensagens ambíguas transmitidas pelos sentidos. Talvez seja a vertente computante/cogitante do complexo cérebro/mente.

OS FILÓSOFOS CONTRA A IA

Nenhum assunto tem se mostrado tão fascinante na história do desenvolvimento do computador quanto a criação de uma máquina capaz de pensar. Entretanto dizer que as máquinas pensam é uma analogia poética. É o mesmo que afirmar que o relógio diz as horas ou o radar vê o avião. Os argumentos dos filósofos podem ser desdobrados em quatro tipos: 1) os argumentos fenomenológicos postulam que o entendimento humano não pode ser mecanizado em sua totalidade; 2) os argumentos lógicos se apoiam nas limitações impostas pelos teoremas de Gödel; 3) os argumentos anti-behavioristas consideram que apenas a observação comportamental não é suficiente para estabelecer a presença de estados cognitivos autênticos; 4) os argumentos éticos rejeitam a idéia de encarar o homem como uma máquina de tratar a informação.

Argumentos fenomenológicos — Em seu livro *What Computers Can't Do* (1979), o filósofo Hubert Dreyfus sustenta que o desenvolvimento de um projeto de IA forte, de tipo humano, é um projeto inútil. Ele acha que não é possível decompor a inteligência numa série de regras isoláveis e depois programá-las numa máquina. As pessoas vêem a relação entre as coisas e procuram organizar o mundo em sua mente. Dreyfus estima que aspectos essenciais do pensamento humano, como o julgamento, a percepção, a compreensão, a abstração, não podem ser reduzidos à perseguição de regras. Estes aspectos do pensamento não são formalizáveis.

O computador é fraco naquilo que poderemos chamar de “análises globais”, que nem sempre dependem de raciocínios lineares e fundados na lógica, mas geralmente se fundamentam em raciocínios difusos e nem sempre lógicos. É bem mais fácil “ensinar” (programar) a um robô os princípios de Euclides ou o polinômio de Newton, do que explicar-lhe uma boa anedota. Até porque uma anedota pode não ter explicação lógica.

Argumentos matemáticos e lógicos — De acordo com Gödel todo sistema formal razoavelmente rico é incompleto e ele não pode provar por si-mesmo sua própria consistência. Como, na opinião de Turing, as máquinas são equivalentes aos sistemas formais quanto a seus resultados, os computadores são igualmente submetidos às restrições de Gödel. Esta limitação intrínseca da capacidade das máquinas significa, em particular, que existem enunciados que a mente sabe serem verdadeiros, mas que a máquina não pode prová-los. Entretanto, Turing (citado por Casti) antecipou este tipo de objeção contra a IA em um artigo datado de 1950 sobre as máquinas pensantes, replicando que a mente humana podia muito bem ser objeto de limitações análogas.

Argumentos anti-behavioristas — O filósofo John Searle se serve da montagem do “quarto chinês” para ilustrar a sua argumentação. Você se encontra num recinto fechado, com uma só porta dispondo de uma fenda para a passagem das mensagens. Você dispõe de um grande número de cartões e de um livro. Sobre cada cartão são impressos caracteres chineses e o livro contém as regras, isto é, o modo de emprego dos cartões. Do exterior chega a você uma série de cartões e através da consulta do livro das regras e de acordo com as instruções você vai respondendo com os cartões adequados. Naturalmente você não entende nada de chinês. Vamos supor que os cartões recebidos coloquem uma série de questões a propósito de um filme de sucesso. Os cartões, que seguem as instruções, lhe permitem passar tantas respostas, coerentes e sensatas, a respeito da trama do filme, do desempenho dos atores etc. Vista de fora, a caixa preta (constituída pelo recinto fechado e seu conteúdo) demonstra um perfeito conhecimento do chinês. Vista de dentro, a situação é completamente outra; você libera os cartões sem compreender seu significado e, então, apenas segue regras rígidas. Você domina uma sintaxe, não uma semântica. Com Turing, permanecemos fora; o quarto manifesta todos os sinais de uma atividade pensante. É o ponto de vista da terceira pessoa. Com Searle, se penetra no interior do recinto e não se percebe nada que se pareça a um estado mental. É o ponto de vista da primeira pessoa.

A máquina tem uma sintaxe, porém a mente tem mais do que uma sintaxe, ela tem também uma semântica. Isto significa que o complexo cérebro/mente é capaz de atribuir significados aos dados que recebe do meio. Por sintaxe entenda-se o aspecto formal (são as regras) de um sistema, enquanto a semântica constitui o aspecto conceitual (são os conteúdos). Vamos tomar como exemplo a língua falada por nós: à custa de regras que internalizamos aprendemos a usar o código linguístico adotado por nossa comunidade cultural, mas só à custa da semântica é que conseguimos atribuir significados aos vocábulos e à relação entre eles.

Argumentos éticos — O engenheiro Joseph Weizenbaum defende a seguinte tese: a idéia de que o ser humano é uma máquina de tratar a informação, acaba por encarar o homem como um meio e não um fim. E esta é uma tendência própria de nosso século, o que pressupõe, igualmente, que os problemas sociais e humanos dependem em geral de soluções técnicas instantâneas. Weizenbaum insiste que este modelo de homem é falso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A IA é uma espécie de subproduto das ciências cognitivas e tem seu embasamento numa tripla revolução epistemológica que compreende a psicologia, a informática e a linguística. O enfoque transdisciplinar do processo cognitivo tem permitido avanços da IA, através de importantes subsídios fornecidos também pelas neurociências, matemática, sociologia, microeletrônica, robótica e tantos outros ramos do conhecimento. Entretanto, com um comportamento manifestamente reducionista os pesquisadores da IA pretendem atribuir à máquina uma capacidade pensante. A máquina tenta simular a inteligência e nunca reproduzir a inteligência.

O grande desafio das ciências cognitivas é procurar o conhecimento em si e não apenas em reproduzir uma simples formalização lógico-matemática do conhecimento. Mas essa tarefa não é nada fácil, pois nós ainda não compreendemos o cérebro. O biólogo Lyall Watson assim se manifestou

a respeito do cérebro: "Se o cérebro fosse tão simples que pudéssemos compreendê-lo, nós seríamos tão simples que não o conseguiríamos"

REFERÊNCIAS

1. Bronowski J. As origens do conhecimento e da imaginação (Original title: The Origins of Knowledge and Imagination. Copyright 1978 by Yale University). Universidade de Brasília, 1985, p 41-54.
2. Casti J. La machine qui pense. In Paradigmes Perdus. Paris: InterEditions, 1991, p 241-310.
3. Dreyfus HL. What computers can't do: the limits of artificial intelligence. New York: Harper & Row, 1979.
4. Gödel K. On formally undecidable propositions. New York: Basic Books, 1962.
5. Hebb D. The organization of behavior. New York: Wiley, 1949.
6. Hofstadter D. Gödel, Escher, Bach: an eternal golden braid. New York: Basic, 1979.
7. McCulloch HW, Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bull Math Biophys 1943, 5:113.
8. Minsky M. La société de l'esprit. Paris: InterEditions, 1988, p 351-369.
9. Morin E. O enigma do homem. Rio de Janeiro: Zahar, 1975, p 119-137.
10. Morin E. La méthode 3: la connaissance de la connaissance/1. Paris: Seuil, 1986, p 47-67.
11. Pribam KH. Languages of the brain. New York: Prentice Hall, 1975.
12. Sanvito WL. The brain/mind complex: an epistemological approach. Arq Neuropsiquiatr. 1991, 49: 243-250.
13. Searle J. Du cerveau au savoir. Paris: Hermann, 1985, p 15-36.
14. Searle J. Minds and brains without programs. In Blakemore C, Greenfield S. Mindwaves. Oxford: Basil Blackwell, 1989, p 209-233.
15. Simon HA. La science des systèmes: science de l' artificiel. Paris: EPU, 1974.
16. Weizenbaum J. Computer power and human reason. San Francisco: Freeman, 1976.
17. Zadeh L. Fuzzy logic and approximative reasoning. Sintese 1976, 30:407.