

O papel dos modelos na ciência cognitiva

Luiz Carlos Begosso

Como citar: BEGOSSO, L. C. O papel dos modelos na ciência cognitiva. *In:* GONZALEZ, M. E. Q.; DEL-MASSO, M. C. S.; PIQUEIRA, J. R. C. (org.). **Encontro com as Ciências Cognitivas - volume 3.** Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2001. p. 141-148.
DOI: <https://doi.org/10.36311/2001.85-86738-19-0.p141-148>



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial-Sin derivados 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0).

O PAPEL DOS MODELOS NA CIÊNCIA COGNITIVA

Luiz Carlos BEGOSSO¹

Introdução

O computador eletrônico foi um dos maiores inventos produzidos neste século. Estudos que levaram a essa prodigiosa invenção datam das primeiras décadas do século XIX, como os do matemático inglês Charles Babbage, que projetou a *máquina analítica*. Esta máquina executava as quatro operações aritméticas, possuía um dispositivo de armazenamento de dados e executava a impressão dos mesmos (BRETON, 1991).

Também não são recentes os esforços que tentam explicar o pensamento humano, desde os estados mais primitivos da intenção ou propósito da comunicação até a expressão de uma idéia ou um símbolo.

Nesse artigo, interessa-nos discutir o papel dos modelos na Ciência Cognitiva, porém se faz necessário definir o que seja um *modelo* ou, de outro modo, identificá-lo no domínio científico. Estudaremos a tentativa de modelização da mente com o trabalho proposto por Alan Mathison Turing (1973).

Modelos

Nesse estudo sobre modelos, fazemos referência à mente e ao cérebro, os quais são tratados, pelos filósofos materialistas, como sinônimos. Dada a complexidade do estudo da mente, descontextualizaremos, na Ciência Cognitiva, fatores emocionais e atitudes subjetivas e culturais, enfatizando, principalmente, o conceito de representação mental.

De acordo com Gardner (1995), na década de 40, com a realização do Simpósio Hixon, os estudos relacionados às Representações Mentais (RM) tiveram um avanço significativo. Segundo esse autor, o psicólogo Karl Lashley apresentou a idéia de que as Representações Mentais existem e fazem parte de um processo evolutivo da comunicação humana. Para Lashley, os novos estudos sobre as RM deveriam descartar a posição comportamentalista que tratava a mente humana como uma *caixa-preta*. Os comportamentalistas (ou behavioristas) acreditavam que expressões cognitivas surgiam de *fora para dentro*, ou seja, o indivíduo era estimulado a se comportar de alguma maneira conforme o ambiente o estimulava a

¹ IMESA/FEMA - Assis - SP. E-mail: lbegosso@femanet.com.br

agir. Os estudiosos interessados nessa ciência eram estimulados a apresentarem resultados quantitativos e qualitativos dos seus experimentos. Entendia-se como estudo behaviorista aquele que pudesse ser aplicado e verificado por qualquer outro cientista. O behaviorismo descartou o introspeccionismo e o subjetivismo. Temas como pensamento, mente e imaginação não deveriam compor objetos de estudo para os comportamentalistas. Fenômenos internos, mentais e não-observáveis diretamente deveriam ser, segundo esses estudiosos, desconsiderados. O abandono do paradigma da *caixa-preta* trouxe à tona as discussões filosóficas e psicológicas referentes ao cérebro e à mente humana.

Os primeiros computadores surgiram nas décadas de 40-50 e, para uma boa parte dos cientistas da época, a invenção não era muito confiável. Apesar disso, alguns deles chamaram a atenção para o paralelo existente entre os símbolos utilizados pelo homem na comunicação e os sistemas simbólicos utilizados pelo computador para processar informação.

Segundo Dupuy (1996, p. 45), podemos dizer que a Ciência Cognitiva tem suas raízes no ano de 1943, com a publicação de dois artigos: o primeiro, de autoria de Rosenblueth, Wiener e Bigelow, que introduz o conceito de *feedback* descrito "...como um retorno da energia do output sobre o input". Esse conceito traduz a observação do comportamento de um sistema a partir do meio ambiente em que ele está inserido. A saída produzida pelo sistema, quando interage com o ambiente, poderá produzir mudanças na entrada, modificando o comportamento do sistema, no caso o ser humano.

O que difere tal visão da visão comportamentalista é a inclusão da noção de *feedback circular*, que dá uma certa *ação* ao objeto em estudo. O sistema não responde à entrada simplesmente com uma resposta frágil e automática, mas, sim, de acordo com a saída é capaz de mudar a relação recebida entre a entrada e a saída.

O segundo artigo, de grande impacto no estudo da mente, de autoria de McCulloch e Pitts (1943), procura buscar formas lógicas e matemáticas para as questões relacionadas ao comportamento inteligente.

McCulloch e Pitts mostraram, segundo Gardner (1995), que as conexões entre as células nervosas (uma rede neural biológica) e suas operações podem ser modeladas em termos da lógica: os neurônios poderiam ser comparados aos enunciados lógicos e as operações dos impulsos (ou não impulsos) poderiam ser o cálculo proposicional. Assim, tal modelo permitia que se pensasse num neurônio ativado e ativando outros neurônios, da mesma forma que uma proposição lógica pode implicar outras proposições. A analogia entre células nervosas e circuitos lógicos pode ser conside-

rada em termos de impulsos elétricos que passam (ou não) num determinado circuito. Um conjunto de circuitos lógicos (“neurônios”) pode então formar o que ficou conhecido, mais tarde, como Rede Neural Artificial, e que hoje é utilizada na técnica de modelagem da Ciência Cognitiva.

Dupuy (1996, p.23) apresenta uma discussão sobre modelos e indica que o modelo

[...] é como uma forma abstrata que vem encarnar-se ou realizar-se nos fenômenos... O modelo científico é uma imitação humana da natureza que o cientista logo toma como ‘modelo’ - no sentido comum - desta.

O cientista, ao lidar com fatos do mundo material, tenta entender o fenômeno natural, de maneira que possa ter controle sobre a situação. Os modelos têm garantido esse controle explicativo e preditivo, e a matemática constitui-se numa poderosa ferramenta capaz de auxiliá-lo na sua construção. As simulações² feitas sobre o modelo traduzem as idéias de analogia, com o mundo real, em que o cientista impõe as diversas formas de modelização. Os modelos têm vida e estrutura próprias que se distanciam da realidade formal. O cientista projeta sua mente no mundo real durante a atividade da modelização. Tais fatos de simulação científica parecem sugerir que “a mente é ao mesmo tempo distinta da matéria e adequada a ela” (DUPUY, 1996, p. 25). A mente não pode produzir a própria mente, e a consciência não se faz por si mesma. Para que a mente conheça a própria mente, sendo ela capaz de criar um modelo de si mesma, será preciso que novas descobertas lógicas questionem tal manipulação. Parece-nos, pois, que o que está embutido no projeto científico do conhecimento é a produção (ou reprodução) de modelos de um fato, de tal modo que a representação da realidade possa ser feita através de repetição e de simulações.

Sob a luz de um dos aspectos que caracteriza a Ciência Cognitiva, *o computador pode servir como um modelo que ilustra o funcionamento do pensamento humano*, e como instrumento capaz de testar a eficiência desse modelo como sendo relevante para o entendimento da mente humana.

A modelização da mente ganhou força com o trabalho de Alan Turing denominado de Máquina Universal. De maneira bastante simplificada, podemos resumir a Máquina Universal como sendo uma máquina teórica que, metaforicamente, pode ser descrita como consistindo de uma fita e uma *cabeça* de leitura e escrita, que *obedece* aos comandos de um algoritmo. A fita é infinita (para a esquerda e para a direita) e unidimensional, e é dividida em uma seqüência de quadrados, cada um capaz de conter símbo-

² No contexto científico, segundo Dupuy (1996), a simulação é um caso particular de modelização e consiste em reproduzir as funções de um sistema no computador.

los de um alfabeto β . Para efeito de ilustração, podemos considerar o alfabeto $\beta = \{0,1\}$.

A *cabeça* de leitura/escrita é um dispositivo que a cada momento está visualizando um único quadrado da fita e obedece a uma das instruções do programa, seqüencialmente.

A fita, apesar de ser conceitualmente infinita em comprimento, conterá um número finito de quadrados não vazios. Então, ela pode ser descrita de uma maneira finita, e a parte não vazia pode crescer ou diminuir durante a computação. As *ações* da máquina são determinadas pelo seu programa (algoritmo).

Segundo Dupuy (1996, p.28), o objetivo de Turing, quando apresentou seu trabalho, era resolver um problema proposto por Hilbert, o *problema da decisão*, que pode ser assim enunciado: “dada uma fórmula qualquer do cálculo de predicados, existe um procedimento sistemático, geral, efetivo, que permita determinar se essa fórmula é demonstrável ou não?”. Os estudos de Turing mostraram que toda função calculável de maneira mecânica é calculável por uma máquina de Turing, ou seja, que uma máquina de Turing pode modelizar qualquer função computável.

Turing (1973) afirma que os computadores digitais podem imitar, de modo muito aproximado, as ações do que ele chamou de *computador humano*. O computador humano deve seguir regras fixas, pré-definidas, e não tem poder para questioná-las ou desviar-se delas. Tal situação nos leva a refletir se uma máquina é capaz de realizar somente aquilo que lhe fora ordenado a executar. Nesse mesmo artigo, Turing descreve as objeções de Lady Lovelace, em relação ao seu trabalho, que enfatiza o fato de as máquinas realizarem apenas o que lhes ordenamos. Lady Lovelace afirma que a máquina não pode produzir nada de novo e que esta jamais pode nos pegar de surpresa. Turing rebate a primeira afirmação, perguntando sobre quem poderá garantir que a obra produzida por Lovelace não foi fruto de um amadurecimento de idéias. Tal obra não poderá ser única, no sentido de ter concebido apenas uma idéia, sem sucessivas reflexões. Nesse sentido, tal obra também não nos pegaria de surpresa, uma vez que se apóia em idéias bem conhecidas.

A segunda reflexão é tomada por Turing (1973, p. 71) como um descuido de Lovelace: “[...] a máquina jamais pode nos pegar de surpresa”. Pelo contrário, diz ele, muitas vezes executamos algumas operações, apressadamente, sem nos preocupar com o rigor necessário àquela situação, enquanto a máquina nos surpreenderá com tal resolução adequada. O autor questiona tais reflexões, fazendo as seguintes analogias: se um homem pudesse colocar uma idéia numa máquina, esta responderia e retornaria

ao seu estado inicial de imobilidade, como um martelo acionando a corda de um piano, ou uma idéia inserida numa pilha atômica corresponderá a um neutron entrante na pilha. Esse neutron poderá causar tamanha perturbação, reagindo em cadeia, excitando outros neutrons e por fim toda a pilha estará ativada em função da excitação inicial, provocando a destruição da pilha.

Turing pergunta se existe um fenômeno para máquinas e outro para mentes. Ele responde, em seguida, que existe um mecanismo para a mente, capaz de, a partir de uma idéia, produzir uma teoria e encadeando uma série de outras idéias simples ou complexas. Para o fenômeno da inteligência na máquina, Turing diz que o problema é principalmente de programação e, em segundo plano, tecnologia que permita mais avanços nessa área. Cerca de 10^{10} a 10^{15} bits apontam para a capacidade de memória do cérebro. Porém, apenas uma pequena parte desse volume é realmente utilizada por nós e, desta porção em uso, armazenamos impressões visuais.

Para Turing, na tentativa de imitar a mente humana, encontramos algumas máquinas que trabalham cerca de 1000 vezes mais velozes que as células nervosas e devemos, então, refletir acerca de três importantes aspectos:

- a) No nascimento, o estado inicial da mente;
- b) A educação recebida;
- c) Experiência à qual a mente foi submetida, não considerada como educação.

Em se tratando da mente, no seu estado inicial, poderíamos tentar simular numa máquina essa situação de mente infantil, ao invés de nos concentrarmos num programa que simule a mente adulta. O autor prossegue fazendo uma analogia da mente de uma criança com um caderno novo: o caderno tem muitas folhas em branco e pouco mecanismo (que seria a educação da criança). Dessa forma, o problema de simular a mente humana - de uma criança - estaria dividido em duas partes intimamente ligadas: a construção do programa infantil e o processo de educação. No início, não se deve esperar uma boa máquina-criança, ao contrário, deve-se ensiná-la repetidas vezes e esperar por seu melhor comportamento. Ensinar uma outra máquina-criança é uma boa estratégia para poder comparar o desempenho das duas máquinas. Turing (1973, p. 78) descreve três aspectos que devemos considerar ao treinarmos uma máquina-criança:

- estrutura da máquina- criança = material hereditário
- mudanças na máquina- criança = mutação
- seleção natural = juízo do experimentador.

O experimentador, utilizando-se de sua própria inteligência, poderá identificar algum problema na educação da máquina-criança, produzindo mudanças de modo a corrigir o seu comportamento e indicar qual dos dois modelos estará em melhores condições de aprendizado.

Turing sugere que, para que a máquina-criança efetivamente aprenda, podemos programá-la considerando tais questões (de punição e recompensa): quando alguma situação levar a máquina-criança ao erro, imediatamente, após esse fato, deve-se repreendê-la de tal forma que isso não se repita. De outro modo, reforçar a situação para que ela ocorra com mais frequência, caso não inclua erros. Ele enfatiza que o uso de punições e recompensas³ não pressupõe quaisquer fatores emotivos, e constitui uma parte importante do processo ensino-aprendizagem. Dessa forma, a linguagem utilizada para transmitir as punições, recompensas e as ordens dadas à máquina-criança, poderia ser do tipo simbólico, através de um canal não emotivo.

Neste ponto, é necessário refletirmos sobre as proposições formuladas por Turing. Ao enveredar por caminhos da educação infantil e, analogamente, da educação da máquina-criança, Turing espera dotar de inteligência humana um computador digital. Para isso, ele propõe a utilização de regras simbólicas, as quais chama de mudanças de comportamento na máquina-criança. Por punição e recompensa podemos entender os diversos tipos de ajustes na programação computacional.

A programação da máquina-criança pode ser composta de um sistema de inferência lógica: definições e proposições. As proposições, como o próprio Turing (1973, p.79) sugere, podem ser

[...] fatos bem estabelecidos, conjeturas, teoremas matemáticos demonstrados, enunciados de autoridade, expressões que tenham a forma lógica de proposição mas não de valor de crença. Certas proposições podem ser descritas como imperativas.

Para ele, a construção da máquina-criança deve prever que tão logo encontre um imperativo, este deva ser executado imediatamente. O imperativo deve fazer o papel daquele que impõe uma certa hierarquia entre as regras a serem executadas, pois, quando se utiliza o sistema lógico, existe um grande número de caminhos para serem seguidos e a diferença se faz pela escolha do caminho mais apropriado. Algumas proposições podem ser dadas às máquinas como autoridade ou a própria máquina pode produzi-las por indução.

³ Punição e recompensa, neste caso, aplicados à máquina-criança, podem ser valorizados através de uma linguagem simbólica interpretada pela máquina, atribuindo pontos positivos a situações de acerto e pontos negativos a situações de erro ou indesejáveis.

Devemos refletir sobre as seguintes questões: desejamos construir uma máquina que seja inteligente ou apenas que simule alguns aspectos inteligentes? Como pode uma máquina aprender ou produzir qualquer outra ação, se as regras embutidas nela são imutáveis? Turing (1973, p.81) escreve: “A explicação do paradoxo está em que as regras que mudam, nos processos de aprendizagem, são de caráter menos pretensioso, aspiram apenas a uma validade efêmera”.

Para Turing, o professor da máquina-criança pode, até certo ponto, prever o seu comportamento, apesar de ignorar o que se passa em seu interior. A atitude inteligente é aquela que promove um pequeno desvio de comportamento disciplinado, que resulta em computação, porém não sendo aleatório e sem objetivo. A aleatoriedade é um elemento bastante útil na resolução de problemas, e pode ser um fator muito interessante para ser incluída na máquina que está aprendendo, ao passo que o método sistemático seqüencial não se traduz numa boa escolha, pois podemos experimentar um grande leque de situações em que não exista a solução desejada.

O processo de ensino-aprendizagem pode ser considerado como uma busca de mudança de comportamento da máquina, que satisfaça ao instrutor, ou algum outro critério. Esse processo, ao ser modelado por uma máquina, estará sendo apresentado como um candidato à explicação do comportamento inteligente. É justamente a técnica de elaboração de modelos, como a ilustrada acima, que interessa à Ciência Cognitiva.

Em resumo, a construção de modelos tem desempenhado um papel muito importante para a ciência, e mais precisamente para a Ciência Cognitiva. Nesse caso, o objeto de estudo é a mente e não se conhece outra maneira de estudá-la a não ser construindo modelos.

Conclusão

Duas posições relacionadas à modelização da mente se contrapõem: a primeira, com o trabalho de McCulloch e Pitts (1943) mostrando que as conexões entre as células nervosas poderiam ser modeladas em termos da lógica e das operações de impulsos e não-impulsos, que poderiam ser comparadas às operações do cálculo proposicional. Dessa forma, podemos afirmar que a mente e o cérebro teriam a mesma caracterização, para os dois autores. A segunda, no trabalho apresentado por Turing, em 1950, em que ele propõe *ensinar* uma máquina, como se estivesse ensinando uma criança, considerando apenas:

- o estado inicial da mente, no nascimento;

- a educação recebida;
- a experiência à qual a mente foi submetida.

Para Turing, o processo de ensino da máquina-criança não tem por objetivo concretizar ações por parte da máquina e sim dotá-la de uma certa inteligência, de modo que possa simular alguns aspectos da mente humana. Segundo o autor, mente e cérebro apresentam aspectos distintos: no estudo da inteligência, apenas o seu substrato lógico, imaterial, é relevante.

Nesse artigo, nos fixamos essencialmente na proposta de Turing, entretanto sabemos que outras abordagens também tratam de processos de aprendizagem e treinamento, entre elas as Redes Neurais Artificiais.

Julgamos que as propostas envolvidas aqui devam contribuir para a tentativa de modelização da mente, porém percebemos que o terreno para essas discussões é fértil e necessita de mais trabalhadores e idéias para lavrá-lo em toda sua extensão.

Referências

- BRETON, P. *História da informática*. São Paulo: Ed. Unesp, 1991.
- DUPUY, J. P. *Nas origens das ciências cognitivas*. São Paulo: Ed. Unesp, 1996.
- GARDNER, H. *A nova ciência da mente: uma história da revolução cognitiva*. São Paulo: Edusp, 1995.
- MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, v. 5, p. 115-33, 1943.
- TURING, A. M. Computadores e inteligência. In: EPSTEIN, I. (Org.). *Cibernética e comunicação*. São Paulo: Cultrix, 1973. p. 45-82.