

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL DE TURING AOS DIAS ATUAIS

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE FROM TURING TO PRESENT DAYS

Octavio Ribeiro de MENDONÇA NETO\*

### RESUMO

*No presente artigo, traçamos um breve histórico da evolução da Inteligência Artificial e discutimos alguns aspectos interessantes dos métodos usados na sua criação, bem como as suas restrições do ponto de vista lógico. Na última seção, apresentamos ainda algumas aplicações práticas atualmente em uso*

**Palavras-chave:** *Turing, Inteligência Artificial, Redes Neurais, Expert Systems, Gödel*

### ABSTRACT

*In this paper we trace a brief history of Artificial Intelligence and we discuss some interesting aspects about the methods used in its creation and its restrictions from a logical viewpoint. In the last section we present some current applications.*

**Key words:** *Turing, Artificial Intelligence, Neural Networks, Expert Systems, Gödel*

### 1. INTRODUÇÃO

Seres humanos são capazes de resolver problemas, mesmo quando os dados de que dispõem são imprecisos, falsos ou incertos, produzindo soluções viáveis para problemas reais.

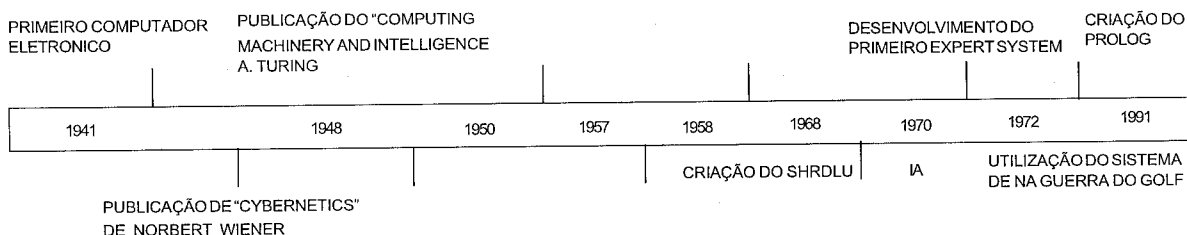
O objetivo dos especialistas em Inteligência Artificial (I. A.) tem sido construir *softwares* com esta habilidade, ou seja,

desenvolver sistemas com a capacidade humana de tomar decisões competentes em condições de incerteza.

O objetivo deste artigo é traçar um panorama da evolução da I. A. nos últimos 50 anos, mostrar os métodos utilizados na criação de I. A., discutir as restrições ainda não superadas sob o aspecto lógico e também apresentar algumas aplicações práticas atualmente em uso.

<sup>(\*)</sup> Engenheiro, Especialização em Administração de Empresas pela FGV-SP e Mestrando em Ciências Contábeis e Financeiras na PUC-SP.

## 2. BREVE HISTÓRICO



A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da ciência da computação que tem por objetivo desenvolver sistemas capazes de atuar como substitutos das funções desempenhadas pela inteligência humana.

O conceito de AI foi introduzido pelo matemático inglês Alan Turing em seu artigo *COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE* (TURING- 1950). Neste artigo publicado em outubro de 1950 na revista inglesa de psicologia e filosofia *MIND*, Turing conclui que um computador pode ser considerado inteligente, se for capaz de enganar um ser humano, fazendo-o acreditar que ele é humano.

Outra importante contribuição para o desenvolvimento da AI foram as idéias do matemático americano Norbert Wiener apresentadas em seu livro *CYBERNETICS OR CONTROL AND COMMUNICATION IN THE ANIMAL AND MACHINE*, publicado em 1948. De acordo com Wiener, todo comportamento inteligente resulta de mecanismos de feedback, mecanismos estes que poderiam ser simulados por máquinas. Com base neste princípio, Newell e Simon testaram em 1957 uma primeira versão de um novo programa denominado *GENERAL PROBLEM SOLVER (GPS)*, capaz de resolver um grande número de problemas de senso comum. No fim da década de 50, surgiu a linguagem *LISP (LIST PROCESSING)*, ainda em uso, desenvolvida por John Mc Carthy, que logo se transformou na linguagem preferida da maioria dos pesquisadores de IA.

Nos anos 60, uma série de novos programas voltados para IA foram desenvolvidos

dos quais o principal foi o *SHRDLU*, construído no MIT por uma equipe de pesquisadores chefiada por Marvin Minsky. O *SHRDLU* mostrou que programas de computador eram capazes de resolver problemas espaciais e de lógica com um número limitado de figuras geométricas. Merecem ainda destaque o *STUDENT*, que podia resolver alguns problemas de álgebra, e o *SIR*, capaz de entender frases simples em inglês.

Durante a década de 70, os eventos mais importantes no campo da IA foram o surgimento dos *EXPERT SYSTEMS (ES)* e da linguagem *PROLOG*.

Os *EXPERT SYSTEMS* são sistemas que têm o potencial de interpretar estatísticas, formular regras e prever a probabilidade de uma solução dentro de um conjunto dado de condições. Desde então, os *ES* experimentaram uma grande evolução e atualmente são utilizados em diversos ramos da administração, medicina e engenharia.

Nos anos 80, novas tecnologias foram desenvolvidas nos Estados Unidos e Japão e os programas de IA começaram a conquistar seu espaço no mercado empresarial e militar, tendo sido largamente utilizada na Guerra do Golfo. Atualmente, observa-se uma demanda crescente por tecnologias relacionadas com IA e a disponibilização de novos avanços.

## 3. MÉTODOS UTILIZADOS NA CRIAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Com o objetivo de conceber máquinas e programas inteligentes, os pesquisadores de IA

se dividiram em vários grupos, cada qual adotando abordagens diferentes, baseadas em opiniões sobre os métodos e teorias que julgavam mais promissoras.

Com base nestas abordagens rivais, os pesquisadores de IA podem ser classificados em dois grupos; *bottom-up* e *top-down*. O primeiro grupo acredita que o melhor meio de criar Inteligência Artificial é construir réplicas eletrônicas da complexa rede de neurônios do cérebro humano; foi ele que desenvolveu as *NEURAL NETWORKS*.

Já os partidários do segundo grupo acreditam que a melhor abordagem é construir programas que imitam o comportamento do cérebro e, baseados nisso, desenvolveram os *EXPERT SYSTEMS*.

*NEURAL NETWORKS* - São sistemas de processamento cuja funcionalidade é baseada na estrutura neuronal dos animais. Foram desenvolvidos a partir de pesquisas realizadas ainda na década de 40 pelo médico Warren McCulloch e pelo matemático Walter Pitts, baseados em experiências realizadas com neurônios, que podem ser considerados dispositivos para processar números binários. Utilizando este princípio e a álgebra booleana, desenvolveram uma teoria sobre como uma rede de neurônios realizaria operações de lógica, segundo a qual a liberação ou não de impulsos pelos neurônios constitui a base de decisões do tipo VERDADEIRO/FALSO.

Usando esta teoria, McCulloch e Pitts desenharam réplicas eletrônicas de redes neuronais capazes de gerar processos lógicos e afirmaram que, no futuro, elas seriam capazes de apreender e reconhecer padrões. Todavia, dois fatores inibiram o desenvolvimento das pesquisas em *NEURAL NETWORKS* nas décadas de 60 e 70: o custo de construir máquinas com redes neuronais simuladas em escala equivalente à do cérebro humano e o fato de que a arquitetura de quase todos os computadores em uso ou em desenvolvimento não ser adequada para este tipo de programa.

Atualmente, as pesquisas foram retomadas e alguns pesquisadores acreditam que, com o desenvolvimento de computadores com novas arquiteturas, as *NEURAL NETWORKS* constituirão um fator chave na criação de Inteligência Artificial.

*EXPERT SYSTEMS* - Conforme já vimos anteriormente, são sistemas capazes de interpretar estatísticas com o objetivo de formular regras. Usando informações, regras e lógica, são capazes de resolver uma série de problemas. Atualmente, já existem programas sendo utilizados em diversas áreas, como por exemplo, *credit rating*, em que o programa decide se uma pessoa merece ou não um crédito financeiro. *EXPERT SYSTEMS*, todavia, são experts somente na sua especialidade, com a vantagem de que, ao contrário dos seres humanos, não cometem erros e processam a informação muito mais rapidamente. Estes sistemas podem apreender com a experiência, mas, para tanto, precisam ter uma *interface* com o usuário. O sistema faz perguntas ao usuário e absorve as respostas que lhe são fornecidas.

Estes sistemas, no entanto, apresentam vários problemas. A aprendizagem requer intervenção humana e, portanto, as respostas às suas perguntas só podem ser fornecidas por especialistas na área específica para a qual os sistemas foram construídos além disto, requerem uma grande capacidade de memória e computadores de porte, capazes de processar uma grande quantidade de dados em um tempo razoável. Apesar destes inconvenientes, estes tipos de sistemas vêm sendo cada vez mais desenvolvidos e já existem várias aplicações práticas nas mais diversas áreas, como veremos ainda no curso deste artigo.

#### 4. A RESTRIÇÃO LÓGICA

Em 1931, Kurt Gödel, um matemático austríaco, publicou na revista *MONATSHEFTE*

*FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK* (vol. 38 - Leipzig - 1931) um ensaio denominado *UBER FORMAL UNEMTSCHIEDBARE SÄTZE DER PRINZIPIA MATHEMATICA UND VERWANDTER SYSTEME - I* (SOBRE AS PROPOSIÇÕES FORMALMENTE INDEFINIDAS DE PRINZIPIA MATHEMATICA E SISTEMAS RELACIONADOS).

De acordo com B. Meltezer, no prefácio da tradução inglesa do trabalho de Gödel, *este ensaio pode ser considerado a maior contribuição para o desenvolvimento da lógica desde Aristóteles.* (GÖDEL - 1962)

Em seu trabalho, Gödel demonstra que, dentro de todo sistema lógico, por mais potente que seja, sempre se podem formular afirmações que não podem ser nem provadas nem refutadas dentro do sistema a menos que o próprio sistema seja inconsistente. Ou seja mesmo em aritmética, existem afirmações verdadeiras que não podem ser formalmente deduzidas de nenhum conjunto dado de axiomas através de um conjunto fixo de regras de inferência.

De acordo com Nagel e Newman em *GODEL'S PROOF*, publicado em 1958, as conclusões de Gödel contrariam a idéia da possibilidade de se construir uma máquina capaz de imitar o cérebro humano em inteligência matemática. Argumentam os autores que os computadores são construídos com um conjunto fixo de diretrizes internas, que correspondem a regras fixas de inferência e procedimentos axiomatizados formais. Esses computadores fornecem respostas para problemas operando passo a passo, cada passo sendo controlado por uma diretriz interna. Mas, como Gödel demonstrou, há inúmeros problemas, mesmo na teoria elementar dos números, que ficam fora do escopo de um meio axiomatizado fixado, a que estes computadores seriam incapazes de responder.

Nagel e Newman concluem que *um computador pode ser construído para resolver um problema definido, mas nenhum computador, por mais rápido e potente que seja, pode ser*

*construído para resolver todos os problemas.* (NAGEL E NEWMAN - 1958).

Estas restrições, todavia, não têm impedido os avanços constantes que vêm sendo observados no campo da IA. Segundo o matemático francês Jean Yves Girard, *uma constante do progresso científico não é a de tratar dos problemas que se colocam, mas sim daqueles que sabemos resolver* (GIRARD - 1995).

## 5. APLICAÇÕES

Desde os anos 70, diversas aplicações de IA vem sendo desenvolvidas, principalmente através da construção de *EXPERT SYSTEMS*. Um dos primeiros, denominado *MYCIN*, criado em 1974, era capaz de diagnosticar infecções no sangue e sugerir tratamentos.

Na área de finanças, vários sistemas vêm sendo utilizados atualmente desde aqueles destinados a prever os movimentos do mercado acionário, até os usados para sugerir se uma proposta de compra através de cartão de crédito deve ser aceita ou não pelos administradores do cartão. Neste último caso, o sistema dispõe de informações sobre o proprietário do cartão, o histórico de seus pagamentos, o item que está sendo comprado e também sobre o estabelecimento que está efetuando a venda (por exemplo, o número de fraudes já verificadas neste estabelecimento).

*EXPERT SYSTEMS* são também bastante utilizados no campo da manutenção preventiva de máquinas e equipamentos conforme pode ser observado em recente artigo publicado por Dayr Reis e Niranjan Pati - *APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO CONDITION - BASED MAINTENANCE* - (APLICAÇÕES DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA MANUTENÇÃO BASEADA EM CONDIÇÃO) na REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS - FGV - abril/junho 2000. Neste artigo, os autores abordam aspectos interessantes dos sistemas peritos para

diagnóstico de máquina e manutenção baseada em condição de máquina, fornecem um exemplo e listam uma série de *software tools* desenvolvidos nos Estados Unidos e Japão.

Outra área bastante beneficiada pelo desenvolvimento da IA é a logística. Sistemas têm sido usados para modelar custos e tempos de transporte, com várias alternativas de meios, rotas e localidades; para determinar qual depósito deve atender qual planta, com que tipo de produto e com que nível de estoques; para modelar serviços de resposta ao consumidor com vários graus de confiança e para realizar análises de sensibilidade que determinam quanto os *inputs* podem variar sem afetar a estrutura da solução ótima.

## 6. QUANDO UTILIZAR

Um aspecto importante do ponto de vista prático é saber em que situação é adequada a utilização de um *EXPERT SYSTEM*. Lambert, Stock e Ellram propõe a seguinte metodologia em *FUNDAMENTALS OF LOGISTICS MANAGEMENT*.

De acordo com os autores, cinco critérios ajudam a determinar se um *EXPERT SYSTEM* pode ser utilizado para resolver um determinado problema ou realizar uma determinada tarefa. Caso qualquer um dos critérios seja encontrado, a utilização de um *ES* é adequada.

- 1 - A tarefa ou a solução do problema requerem o uso de conhecimento humano, julgamento e experiência;
- 2 - A tarefa requer o uso de heurística ou decisões baseadas em informações incompletas ou incertas;
- 3 - A tarefa requer principalmente raciocínio simbólico, ao invés de computação numérica;
- 4 - A tarefa não é nem muito fácil (requerendo de um especialista humano apenas alguns minutos), nem muito difícil (requerendo de um

especialista humano mais do que algumas horas);

- 5 - A habilidade das pessoas para cumprir a tarefa é bastante variável. Novatos ganham competência com a experiência. Especialistas apresentam um melhor desempenho do que novatos.

No caso da utilização de um *ES* se mostrar adequada, resta examinar ainda se esta utilização se justifica sob o aspecto econômico.

## 7. CONCLUSÃO

Decorridos 50 anos da publicação do artigo de Turing, a Inteligência Artificial ainda está na sua infância, mas o potencial de crescimento fica evidenciado pelos avanços observados na última década, principalmente no campo dos *EXPERT SYSTEMS*.

Estes sistemas, embora ainda necessitem do auxílio humano, já podem ser considerados inteligentes. São capazes de resolver problemas, de entender as informações que lhes são fornecidas pelo operador, de solicitar esclarecimentos ou mais detalhes, se as informações recebidas forem contraditórias ou ambíguas. São também capazes de aprender, uma vez que, quando se defrontam com um novo problema, eles armazenam as informações e a solução escolhida pelo operador, para uso futuro.

No entender de Jean-Yves Girard (Girard 1995), as previsões de Turing foram ingênuas tanto sob o aspecto quantitativo, como qualitativo. A capacidade de memória gigantesca que ele imaginava ser necessária para a construção de uma máquina inteligente é superada pelos micro-computadores atuais. Por outro lado, ele nos imaginava discutindo metafísica com essas novas criaturas. Embora ainda estejamos longe mesmo de poder afirmar que um dia isto será possível, os progressos obtidos a partir da década de 80 nos permitem encarar o futuro com otimismo.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- GÖDEL, Kurt. **Collected Works - Vol. I - Publications 1929/1936**. New York: Oxford University Press, 1996. **On Formaly Undecidable Propositions of Principia Mathematica and Related Systems**. New York : Basic Books, 1962.
- GIRARD, Jean Yves e TURING, Alan. **La Machine de Turing**. Paris: Editions du Seuil, 1995.
- LAMBERT, Douglas M., STOCK, James R. e ELLRAN, Lisa M. **Fundamental of Logistic Management**. Singapura: McGraw Hill Book Co. - Singapore, 1998.
- NAGEL, Ernest e NEWMAN, James R. **Gödel's Proof**, New York: New York University Press, 1986.
- REIS, Dair e PATI, Nirajan. **Applications of Artificial Intelligence to Condition -Based Maintenance**. **RAE - Revista de Administração de Empresas**: São Paulo, Abril/Junho 2000, v.40, n.2, p. 102.
- TURING, A. M. **Computing Machinery and Intelligence**. **MIND - A Quartely Review of Psychology and Philosophy**: Londres, Outubro/1950, v. LIX, n.236, p. 443.
- WIENER, Norbert. **Cybernetics or Control and Communication in the Animal and Machine**, Boston: MIT Press. 2ª Edição, 1965.