

1

Introdução

“Você procura por conhecimento e sabedoria como fiz uma vez;
e espero ardentemente que a gratificação dos seus desejos
possa não ser uma serpente para picá-lo, como a minha tem sido.”
(Mary Shelley, *Frankenstein*)

1.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL – o que é?

“IA” envolve o **entendimento** e, principalmente, a **construção** de **Entidades Inteligentes**. 1) O que é entidade inteligente? 2) Como entendê-las? 3) Como construí-las?

A maior dificuldade da área consiste em determinar o mecanismo usado pelos seres inteligentes, para que então, a partir de um modelo bem definido, seja possível implementá-lo com sucesso em um computador.

➔ **REFLEXÃO**: Inteligência tem alguma relação com capacidade de aprendizagem? Alguns são “mais” inteligentes que outros?

Etimologicamente:

Inteligência (Latim: *Inter* (entre) + *Legere* (escolher)). Ou seja: aquilo que permite ao ser humano escolher entre uma coisa e outra. Habilidade de realizar, de forma eficiente, uma determinada tarefa.

Artificial (Latim: *Artificiale* (não é natural)). Produzido pelo homem.

“É um tipo de inteligência produzida pelo homem para dotar as máquinas de algum tipo de habilidade que simula a inteligência do homem”. Existem várias definições de Inteligência Artificial. Tais definições variam ao longo de duas principais dimensões: **raciocínio** e **comportamento**.

O quadro abaixo definem de acordo com tais dimensões: as no topo são preocupadas com **raciocínio**, enquanto as de baixo endereçam a **comportamento**. As definições à esquerda medem sucesso em termos de **fidelidade** para a performance humana, enquanto as da direita medem a **racionalidade** (conceito ideal de inteligência: fazer a “coisa certa”, dado o que se sabe).

Sistemas que pensam como humanos	Sistemas que pensam racionalmente
“O excitante novo esforço para fazer computadores pensarem ... máquinas com mentes, no sentido literal e completo.”(Haugeland, 1985) “[A automação de] atividades que nós associamos com pensamento humano, atividades tais como tomada de decisão, resolução de problemas, aprendizagem...”(Bellman, 1978)	“O estudo de faculdades mentais por meio do uso de modelos computacionais.”(Charniak e McDermott, 1985) “O estudo de computações que fazem possível perceber, raciocinar e agir.”(Winston, 1992)
Sistemas que agem como humanos	Sistemas que agem racionalmente
“A arte de criar máquinas que realizam funções que requerem inteligência quando realizadas por pessoas.”(Kurzweil, 1990) “O estudo de como fazer computadores realizarem coisas em que, no momento, pessoas são melhores.”(Rick e Knight, 1991)	“Inteligência Computacional é o estudo do projeto de agentes inteligentes.”(Poole et al., 1998) “IA... é preocupada com o comportamento inteligente em artefatos.”(Nilsson, 1998)

➔ **REFLEXÃO**: É mesmo possível se obter inteligência num computador, ou uma entidade inteligente requer a riqueza das sensações e experiências que só podem ser encontradas numa existência biológica?

Historicamente todas as quatro propostas têm sido seguidas. Como alguém pode esperar, uma tensão existe entre propostas centradas ao redor de humanos e propostas centradas ao redor de racionalidade (não estamos dizendo que humanos são irracionais no sentido de “emocionalmente instáveis” ou “insanos”, apenas que não somos perfeitos). Uma proposta centrada em **humanos** deve ser uma ciência empírica, envolvendo **hipóteses** e **confirmações experimentais**. Uma proposta **racionalista** envolve uma combinação de **matemática** e **engenharia**.

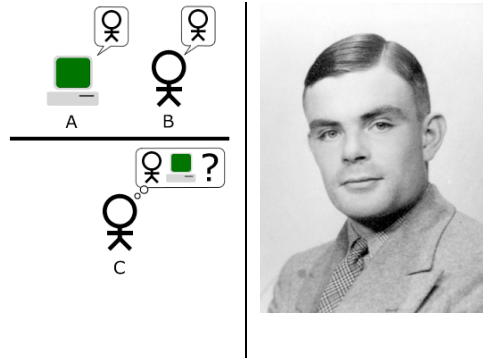
1.2 AGIR HUMANAMENTE: A proposta do Teste de Turing

O Teste de Turing, proposto por Alan Turing (1950), foi projetado para prover uma definição satisfatória de inteligência. Um computador passa no teste se um humano interrogador, depois de colocar algumas questões escritas, não puder dizer se as respostas escritas são de uma pessoa ou não. Um computador, para passar no teste, precisa ter as seguintes capacidades:

- **Processamento de linguagem natural** para permitir que ele se comunique com sucesso em um idioma natural;
- **Representação de conhecimento** para armazenar o que ele sabe ou ouve;
- **Raciocínio automatizado** para usar a informação armazenada para responder questões e para tirar novas conclusões;
- **Aprendizado de máquina** para se adaptar às novas circunstâncias e para detectar e extrapolar padrões.

O chamado Teste Total de Turing requer do computador outras capacidades como:

- **Visão computacional** para perceber objetos, e
- **Robótica** para manipular objetos.



Embora o teste tenha sido proposto por Turing nos anos 50, as máquinas atuais ainda apresentam dificuldades para serem aprovadas pelo mesmo. Porém, ao longo dos anos, surgiram vários programas que procuram apresentar um comportamento bastante humano, como é o caso do programa **Eliza**, um dos primeiros programas propostos para ser aprovado no teste de Turing.

Trata-se de um programa projetado para se comportar como um psicanalista rogeriano, capaz de manter um diálogo muito interessante com os seus usuários. Outros exemplos de programas similares, mais recentes e mais eficazes são encontrados em: www.alicebot.org e www.inbot.com.br, como mostra o diálogo com o robô Ed do segundo site.

Você: Oi Ed, você gosta de esportes?

Robô Ed: Sobre que esporte você quer conversar?

Você: futebol

Robô Ed: Não sou muito ligado em futebol, mas acho um bate bola legal.

Você: Você torce para algum time?

Robô Ed: Torço pelo Brasil! E você?

Você: o que você acha desta crise econômica mundial?

Robô Ed: As crises econômicas costumam deixar as pessoas preocupadas, mas depois de algum tempo a economia vai se recuperando. Há coisas muito mais difíceis de se recuperar. Os danos feitos à natureza, por exemplo. Sabe quanto tempo uma reles latinha jogada no mato demora para se decompor?

1.3 PENSAR HUMANAMENTE: A proposta da Modelagem Cognitiva

Se formos dizer que um programa pensa como um humano, precisamos de alguma forma de determinar como humanos pensam. Precisamos estar por dentro do funcionamento da **mente humana**. Existem duas formas de fazer isto: através de **introspecção** – tentando pegar nossos próprios pensamentos a medida que eles surgem – e através de **experimentos psicológicos**.

Uma vez que temos uma teoria precisa o suficiente sobre a mente, se torna possível expressar essa teoria como um programa de computador. Se as entradas e saídas do programa e o tempo dos comportamentos correspondem com comportamentos humanos, é evidente que alguns mecanismos de programas podem também estar operando em humanos.

Por exemplo, Allen Newell e Herbert Simon, que desenvolveram o GPS, o General Problem Solver (1961) não estavam contentes que seu programa resolvesse problemas corretamente, eles queriam comparar os passos do seu raciocínio com os de como um humano resolve o mesmo problema.

1.4 PENSAR RACIONALMENTE: A proposta das “Leis do Pensamento”

O filósofo grego Aristóteles foi um dos primeiros a tentar codificar o “pensamento correto”, que é, irrefutavelmente, o processo de raciocínio. Seu silogismo provê padrões para estruturas de argumentos que sempre produzem conclusões corretas quando dadas corretas premissas .

Por exemplo:

- “Sócrates é um homem”;
- Todos os homens são mortais; logo,
- Sócrates é mortal”.

Estas leis de pensamento eram supostas por governar a operação da mente; seu estudo iniciou o campo chamado lógica.

1.5 AGIR RACIONALMENTE: A proposta de Agente Racional

Um agente é apenas algo que age (agente vem do latim agere, fazer). Mas agentes de computador são esperados por terem outros atributos que distinguem eles de meros programas, tal como operando sobre controle autônomo, percebendo seu ambiente, persistindo sobre um prologando período de tempo, se adaptando à mudanças e sendo capaz de pensar em outros objetivos. Um agente racional é um que age de forma a alcançar o melhor resultado ou, quando em incerteza, o melhor resultado esperado.

Na proposta das “leis do pensamento” a ênfase foi em inferências corretas. Fazendo corretas inferências é algumas vezes parte de ser um agente racional, devido uma forma de agir racionalmente é raciocinar logicamente para a conclusão que uma dada ação irá alcançar um objetivo e então agir na conclusão. Por outro lado, inferências corretas não são tudo de racionalidade, devido existem frequentemente ações onde não há uma coisa provavelmente correta a fazer, mas alguma coisa deve ser feita. Existem também formas de agir racionalmente que não podem envolver inferência. Por exemplo, se afastar de um forno quente é uma ação de reflexo que tem normalmente mais sucesso que uma ação mais lenta tomada depois de cuidadosa deliberação.

1.6 OS FUNDAMENTOS

A IA se fundamenta em diversas áreas do conhecimento:

- **Filosofia** (de 428 a.C. até hoje!)
 - Regras formais podem ser usadas para obter conclusões válidas?
 - Como a mente (o intelecto) se desenvolve a partir de um cérebro físico?
 - De onde vem o conhecimento?
 - Como o conhecimento conduz à ação?

- **Matemática** (cerca de 800 a.C. até hoje!)
 - Quais são as regras formais para obter conclusões válidas?
 - O que pode ser computado?
 - Como raciocinamos com informações incertas?
- **Economia** (de 1776 até a atualidade)
 - Como devemos tomar decisões para maximizar o lucro?
 - Como devemos fazer isso quando outros não podem nos acompanhar?
 - Como devemos fazer isso quando o lucro pode estar distante no futuro?
- **Neurociência** (de 1861 até a atualidade)
 - Como o cérebro processa informações? Chips de computador podem executar instruções em nanosegundos, enquanto neurônios são milhões de vezes mais lentos. A lei de Moore diz que o número de transistores por polegada quadrada dobra a cada 1 ou 1,5 ano. A capacidade do cérebro humano dobra grosseiramente a cada 2 a 4 milhões de anos.
- **Psicologia** (de 1879 até então...)
 - Como os seres humanos e os animais pensam e agem?
- **Engenharia de Computação** (de 1940 até....)
 - Como podemos construir um computador eficiente?
- **Teoria do controle e cibernética** (1948 até hoje)
 - Como os artefatos podem operar sob seu próprio controle?
- **Linguística** (de 1957 até hoje)
 - Como a linguagem se relaciona ao pensamento?

1.7 UMA BREVE HISTÓRIA

O sonho de construir máquinas capazes de realizar tarefas consideradas inteligentes é bastante antigo, tendo sido sustentado como desenvolvimento do “hardware” disponível em cada época, como o ábaco e as primeiras calculadoras mecânicas, baseadas em rodas dentadas, desde o século I, em Alexandria.

Os primeiros estudos sobre IA surgiram na década de 1940, marcada pela Segunda Guerra Mundial. Neste período houve a necessidade de desenvolver uma tecnologia voltada para a análise de balística, quebra de códigos e cálculos para projetos de armas nucleares. Surgiram, então, os primeiros grandes projetos de construção de computadores, assim chamados por serem máquinas utilizadas para fazer cálculos (cômputos).

Após a guerra, o computador não ficou restrito aos âmbitos militar e científico, sendo gradualmente utilizado em empresas, indústrias, universidades etc. A diversidade de aplicações estimulou pesquisas de software, hardware e linguagens de programação.

O que fica claro é que houve uma sequência de **mudanças das metas**, sempre por causa das grandes dificuldades para se atingir os objetivos previstos inicialmente. De fato, os objetivos sugeridos sofrem influências dos diferentes grupos de pesquisadores de IA, que acreditam em duas possibilidades bem diferentes entre si para a IA e, as denominam **IA forte** e **IA fraca**.

No primeiro caso, acredita-se que as máquinas serão realmente **capazes de pensar** como uma pessoa, apresentando todas as **características de consciência** que os humanos possuem, enquanto que o segundo grupo acredita apenas na possibilidade das máquinas **simularem o comportamento humano**, porém, **sem a real consciência** de suas ações.

A seguir, um breve histórico:

(1943 – 1950) Pesquisas voltadas aos desenvolvimento de modelos de neurônios artificiais (McCulloch & Pitts, 1943), que possibilitariam o desenvolvimento de máquinas que fossem capazes de aprender.

1.7.1. A MÁQUINA DE TURING

(1950) Alan Turing publicou um artigo “Computing Machine and Intelligence”. Neste artigo, Turing apresentou, pela primeira vez, o que hoje é conhecido por Teste de Turing, como qual se pretendia descobrir se uma máquina podia ou não emular o pensamento humano. O teste funciona da seguinte forma: um interrogador humano (confederado) fará perguntas a duas entidades ocultas; uma delas é um humano, e a outra é um computador. A comunicação entre o interrogador e as entidades é feita de modo indireto, pelo teclado, por exemplo. O interrogador tentará, através do “diálogo” realizado entre ele e as entidades, decidir qual dos dois é o humano. O computador será programado para se passar por humano, e o humano responderá de forma a confirmar a sua condição. Se, no final do teste, o interrogador não conseguir distinguir quem é o humano, então conclui-se que o computador pode “pensar” segundo o Teste de Turing.

Em um de seus ensaios, Turing disse: “acredito que no fim do século o uso da palavra e a opinião geralmente educada terão se alterado tanto que alguém será capaz de falar de máquinas pensantes sem ser contraditado”. Porém já chegamos ao fim do século e nenhuma máquina conseguiu passar, consistentemente, pelo Teste de Turing. Como Marvin Minsky, do MIT disse, “o maior desafio é dar bom senso às máquinas, e bom senso é essencial para passar no Teste de Turing”.

Russel e Norvig (1995) observaram que programar um sistema de computador para passar no Teste de Turing é uma tarefa muito difícil. Tal sistema precisaria ter pelo menos as seguintes capacidades:

- processamento de linguagem natural para se comunicar com o usuário;
- representação de conhecimento para armazenar o que sabe ou aprende;
- raciocínio automatizado para usar o conhecimento armazenado com a finalidade de responder perguntas ou tirar novas conclusões;
- aprendizado de máquina para se adaptar a novas circunstâncias, detectar e extrapolar padrões, a fim de atualizar o seu conhecimento armazenado.

(1951 – 1969) Os primeiros programas capazes de jogar xadrez (Shannon, 1950 e Turing, 1953). Prova de teoremas de lógica e emulação da forma de raciocínio do ser humano (Newell & Simon, 1956). Planejamento de tarefas (Green, 1963), comunicação em linguagem natural (Weizenbaum, 1965), aprendizado por analogia (Evans, 1968) e análises estruturais de moléculas químicas (Buchan et al, 1969). Foi uma fase de grande entusiasmo, já que, até bem pouco tempo atrás, o computador era visto meramente como uma simples máquina de calcular.

(1970 – 1980) Nessa fase os pesquisadores começaram a esbarrar em problemas relacionados ao armazenamento de informações e ao tempo de processamento dos dados. Como surgimento da Teoria da Complexidade Computacional (Cook, 1971), ficou comprovado que a solução de problemas computacionais não dependia apenas de memórias adicionais ou de processadores mais rápidos. Em 1981, pesquisadores japoneses anunciaram um projeto de computador de quinta geração, que teria o Prolog como linguagem de programação e seria capaz de realizar milhões de inferências por segundo. Recendo o domínio japonês, grandes investimentos começaram a ser feitos na Europa e nos Estados Unidos. Em decorrência, muitas aplicações práticas foram desenvolvidas em áreas específicas como manufatura, robótica, processamento de imagens etc.

1.8 APRENDIZADO DE MÁQUINA (Machine Learning)

Nas últimas décadas, devido ao aumento do poder computacional e do crescimento das técnicas de IA, a linha de pesquisa conhecida como Aprendizado de Máquina vem ganhando importância. Essa linha tem por objetivo estudar e desenvolver métodos computacionais para a obtenção de sistemas capazes de adquirir conhecimento de forma automática. O desafio principal dos algoritmos de aprendizagem é maximizar a capacidade de generalização de seu aprendiz.

Nesse contexto, as Redes Neurais Artificiais, a Lógica Fuzzy, os Algoritmos Evolucionários, dentre outros, apresentam-se como alternativas promissoras para a resolução desse desafio.

Algoritmos de Aprendizado de Máquina têm como objetivo descobrir o relacionamento entre as variáveis de um sistema (entrada/saída) a partir de dados amostrados. Quando os relacionamentos entre todas as variáveis do problema não são completamente compreendidos, tais algoritmos são necessários.

1.9 HEURÍSTICAS

Heurísticas são estratégias que podem conduzir a solução de algum problema de maneira mais rápida que a investigação de todas as possibilidades de respostas. Um exemplo simples de uso de heurística pode ser aquele em que uma pessoa perdida em uma floresta procura entrar água. Neste caso, ela sempre segue na direção das áreas mais baixas do terreno, pois, em geral, lagos e rios são encontradas nestes locais. Deste modo, a busca é acelerada, pois muitos locais deixam de ser procurados (no topo de um morro, em cima das árvores, em cima de uma pedra, etc). Embora o uso de uma heurística não garanta a solução e, muito menos, que a solução ótima seja encontrada, o uso de heurísticas se torna a única possibilidade em casos nos quais o número de possibilidades para resolver o problema se torna impossível de ser processado.

Um exemplo de problema desta natureza é o jogo de Damas, para o qual, tem-se aproximadamente 100.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000 estados possíveis, o que torna a sua exploração completa inviável. Então, os programas implementados testam alguns lances futuros (a mesma heurística usada pelas pessoas), avaliam resultados obtidos e executam a jogada que apresenta o maior ganho.

Escolhas bem sucedidas são valorizadas, enquanto que as mal sucedidas são eliminadas, ou seja, os programas podem anotar as partidas vencidas juntamente com os lances que levaram a vitória, assim como as partidas perdidas juntamente com os lances que levaram a derrota, de modo a se obter também um aprendizado com as experiências. Com isto, além do programa contar com todas as estratégias construídas na sua programação inicial, ele também irá aprender novas estratégias, conforme vai disputando novas partidas.

1.10 ABORDAGENS USUAIS EM IA

Com base nos diversos campos de estudos que fundamentaram os princípios teóricos da IA, têm-se as três abordagens características citadas a seguir:

1.10.1. SIMBÓLICA

Baseada na hipótese de um sistema de símbolos definido, em que há um **conjunto de estruturas simbólicas** e um **conjunto de regras de manipulação** dessas estruturas, pelos quais têm-se os meios necessários e suficientes para se **criar comportamento inteligente**.

Também denominada **descendente** ou **cognitiva**, essa abordagem trata de problemas bem definidos (p.ex. planejamento de tarefas), e sua principal contribuição são os **sistemas especialistas**. Dá ênfase aos processos cognitivos, ou seja, a **forma como o ser humano raciocina**. Objetiva encontrar uma explicação para comportamentos inteligentes com base em **aspectos psicológicos e processos algorítmicos**.

Os pioneiros dessa corrente foram John McCarthy, Marvin Minsky, Newell e Simon. As primeiras modelagens surgiram na década de 1950 e tiveram como base as **regras de produção** e a **lógica dos predicados**. A formalização da lógica facilitou o processo de formalização e representação dos conhecimentos a serem utilizados pelos programas de computador. Inicialmente, esses conhecimentos se restringiram a esquemas de raciocínios para jogos, aplicações em provas de teoremas matemáticos e simuladores específicos.

1.10.2. CONEXIONISTA

Baseada na hipótese de **causa-efeito**, segundo a qual um modelo suficientemente preciso de **neurônios biológicos** basta para **reproduzir** a inteligência humana.

Também denominada **biológica** ou **ascendente**, essa abordagem trata de problemas imprecisos, mas que podem ser definidos através de exemplos (p.ex. reconhecimento de caligrafia), sua principal contribuição são as **Redes Neurais Artificiais**. Dá ênfase ao **modelo de funcionamento do cérebro**, dos neurônios e das conexões neurais.

Os pioneiros nessa corrente foram McCulloch, Pitts, Hebb, Rosenblatt e Widrow. Em 1943 introduziu-se a representação matemática dos neurônios artificiais, que fez surgir os primeiros modelos de **Redes Neurais Artificiais**.

A corrente conexionista sofreu grande impacto quando os cientistas Marvin Minsky e Seymour Papert publicaram (1969) o livro *Perceptrons*, no qual criticaram e garantiram que os modelos das redes neurais não tinham sustentação matemática suficiente para que lhes fosse possível atribuir alguma confiabilidade.

Apesar das pesquisas nesta área não terem parado, foi apenas na década de 1980 que o físico e biólogo do Instituto de Tecnologia da Califórnia, Jonh Hopfield, conseguiu recuperar a credibilidade da utilização das redes neurais.

1.10.3. EVOLUCIONÁRIA

Baseada na teoria evolutiva de Darwin. A hipótese é que podemos **modelar** sistemas inteligentes simulando a **evolução** de uma **população** de **indivíduos**, que carregam **genes** com **informação** suficiente para dar origem à **solução** de um problema. São utilizados procedimentos computacionais com base em recombinações e mutações genéticas.

Essa abordagem é aplicada com sucesso em problemas de otimização e sua vertente mais conhecida são os **algoritmos genéticos**.

1.10.4. CONJUNTOS DIFUSOS, CONJUNTOS APROXIMADOS

Baseada na teoria dos conjuntos difusos ou nebulosos (*fuzzy set*) e dos conjuntos aproximados (*rough sets*).

Os conjuntos **nebulosos** são **apropriados** para **interpretações linguísticas** que **facilitam** as **representações** por modelos **matemáticos** resultantes.

Os conjuntos **aproximados** são adequados ao **tratamento** de **informações** que apresentem **inconsistências**.

1.11 DESAFIOS DA IA

Talvez, o desafio final da IA seja a implementação de uma característica muito importante das pessoas, embora, nem sempre bem desenvolvida em todas elas, que é o bom senso. Esta habilidade permitiria às máquinas entenderem o momento adequado para se contar uma piada, avaliar os diferentes contextos de uma mesma situação, ou entender diferentes sentidos para uma mesma resposta, por exemplo, observando a entonação usada pelas pessoas, no caso de frases pronunciadas com algum sarcasmo.



“O que é todo o conhecimento senão experiência registrada e um produto da história, da qual, entretanto, raciocínio e crença, não menos do que ação e paixão, são materiais essenciais?” (Thomas Carlyle)