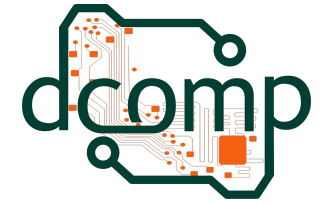




Universidade Federal do Espírito Santo  
Centro de Ciências Agrárias – CCA UFES  
Departamento de Computação



# Introdução

Inteligência Artificial

Site: <http://jeiks.net>

E-mail: [jacsonrcsilva@gmail.com](mailto:jacsonrcsilva@gmail.com)

# Tópicos

- Introdução a Inteligência Artificial.
- Fundamentos da Inteligência Artificial.
- História da Inteligência Artificial.

# Inteligência Artificial

- A Inteligência Artificial (IA) é:
  - Um ramo da Computação Científica que se preocupa com a automação de comportamento inteligente.
  - A IA é baseada em princípios teóricos, como:
    - os estruturas de dados utilizadas na representação do conhecimento;
    - os algoritmos necessários para aplicar esse conhecimento; e
    - as linguagens e técnicas de programação utilizadas na sua implementação.

# Somente a Inteligência

- Porém, esta definição sofre do seguinte fato:
  - a própria inteligência não está muito bem definida ou compreendida.
- Um ser humano consegue reconhecer o comportamento inteligente quando o vê,
- Mas é duvidoso que alguém pudesse
  - Definir a inteligência de uma forma específica o suficiente para ajudar na avaliação de um programa de computador supostamente inteligente,
  - Ainda mais capturando a vitalidade e a complexidade da mente humana.

# Utilização de IA

- Pesquisadores de IA assumem muitas vezes o papel de engenheiros...
  - Disfarçando determinados artefatos de inteligentes.
- Estes, muitas vezes vêm na forma de ferramentas de prognóstico, ou na visualização de diagnóstico que permitem que seus usuários humanos executem tarefas complexas.
- Exemplos destas ferramentas incluem:
  - modelos ocultos de Markov para a compreensão da linguagem,
  - sistemas automatizados de raciocínio para provar novos teoremas em matemática,
  - redes Bayesianas dinâmicas para rastreamento de sinais através de redes corticais e
  - visualização de padrões de dados de expressão gênica.

# Mas e a própria inteligência?

- O problema de definir toda a Inteligência Artificial torna-se um problema de definir a própria inteligência:
  - A inteligência é simplesmente uma única capacidade ou é apenas um nome para uma coleção de habilidades distintas e independentes?
  - Até que ponto o aprendizado inteligente se opõe a ser uma ter uma existência a priori?
  - Exatamente o que acontece quando ocorre a aprendizagem?
  - O que é criatividade?
  - O que é intuição?
  - Inteligência pode ser inferida a partir do comportamento observável, ou ela exige a comprovação de um mecanismo interno particular?

# Mas e a própria inteligência?

- ...
  - Como o conhecimento é representado no tecido nervoso de um ser vivo, e que lições isto fornece para a concepção de máquinas inteligentes?
  - O que é a autoconsciência, que papel desempenham na inteligência?
  - Além disso, é necessário criar um programa de computador inteligente depois de aprender sobre a inteligência humana, ou somente uma "engenharia" para resolver o problema já seria suficiente?
  - Será que é mesmo possível alcançar a inteligência em um computador, ou será que a inteligência requer a riqueza de sensações e experiências que podem ser encontrados apenas em uma existência biológica?

# Respostas???

- Estas são perguntas sem respostas.
- Todas têm ajudado a moldar os problemas e metodologias de soluções que constituem o núcleo da IA moderna.
- A parte atrativa da da inteligência artificial é que ela é uma única e poderosa ferramenta para explorar exatamente estas perguntas.
- A IA oferece um meio e um banco de ensaio para as teorias de inteligência:
  - tais teorias podem ser declarados na linguagem de programas de computador, que conseqüentemente podem ser testadas e verificadas através da execução desses programas em um computador real.



# Definição de IA

- Por estas razões, a definição inicial de inteligência artificial está aquém de uma definição sem ambiguidades.
- Dificuldade em chegar a uma definição precisa?
  - A inteligência artificial ainda é uma disciplina jovem, e sua estrutura, preocupações e métodos são menos claramente definidos do que os de uma ciência mais madura como a Física.

# Qual a real preocupação da IA?

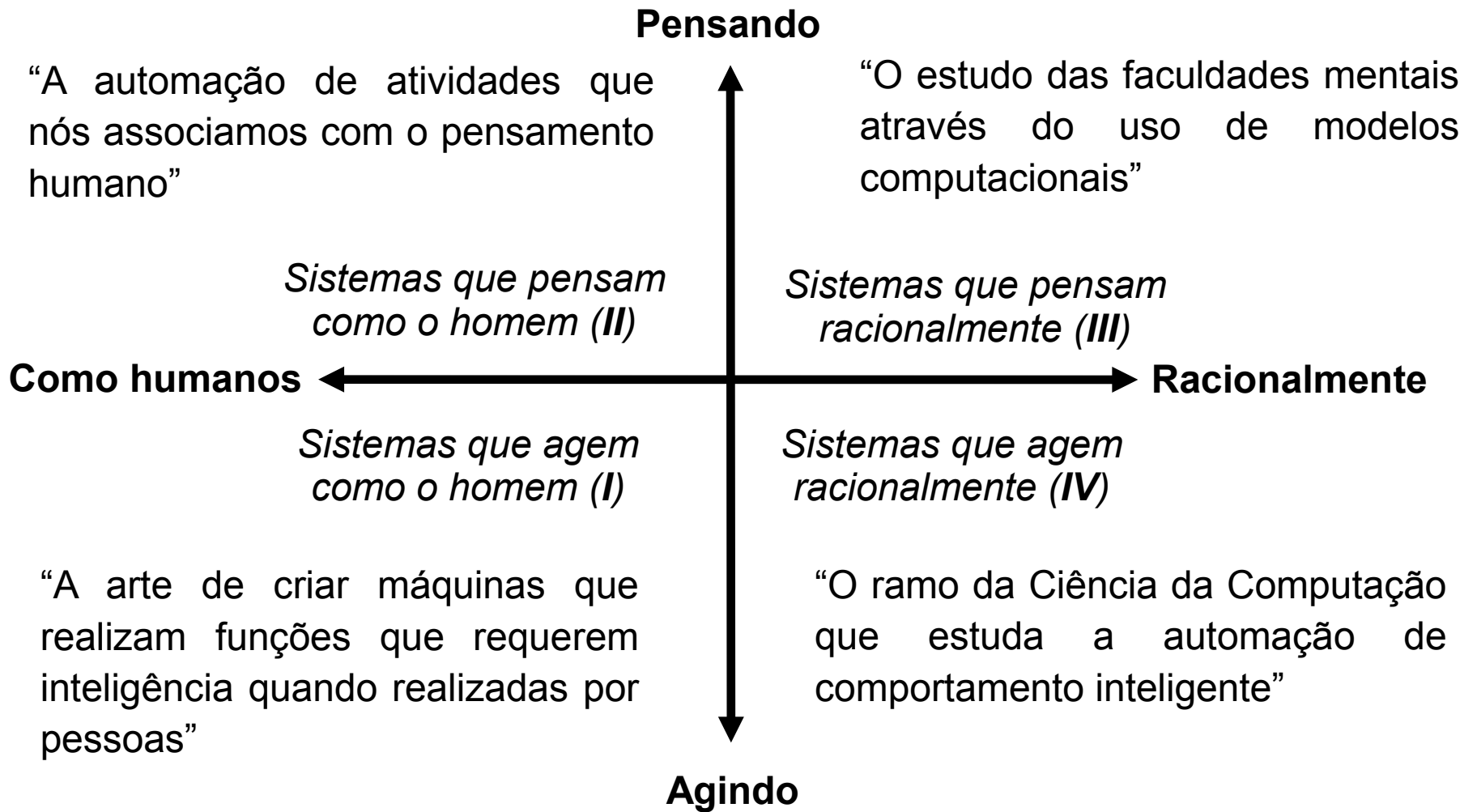
Preocupa-se com a expansão das capacidades da computação.

Não se preocupa com a definição de seus limites.

# Definição de IA

- A IA define-se como o conjunto de problemas e metodologias estudadas por seus pesquisadores.
- Procura entender e construir entidades inteligentes.
- Através da IA podemos:
  - descobrir mais sobre nós mesmos (Filosofia e Psicologia);
  - construir sistemas inteligentes que são interessantes e úteis.

# Quatro pontos de vista sobre IA (*Definições de IA*)



# Classes de definições

## I. Agindo como humanos:

- a abordagem do teste de Turing.

## II. Pensando como humanos:

- a abordagem cognitiva.

## III. Pensando racionalmente:

- a abordagem das leis do pensamento.

## IV. Agindo racionalmente:

- a abordagem do agente racional.

# I. Agindo como humanos: *O teste de Turing*

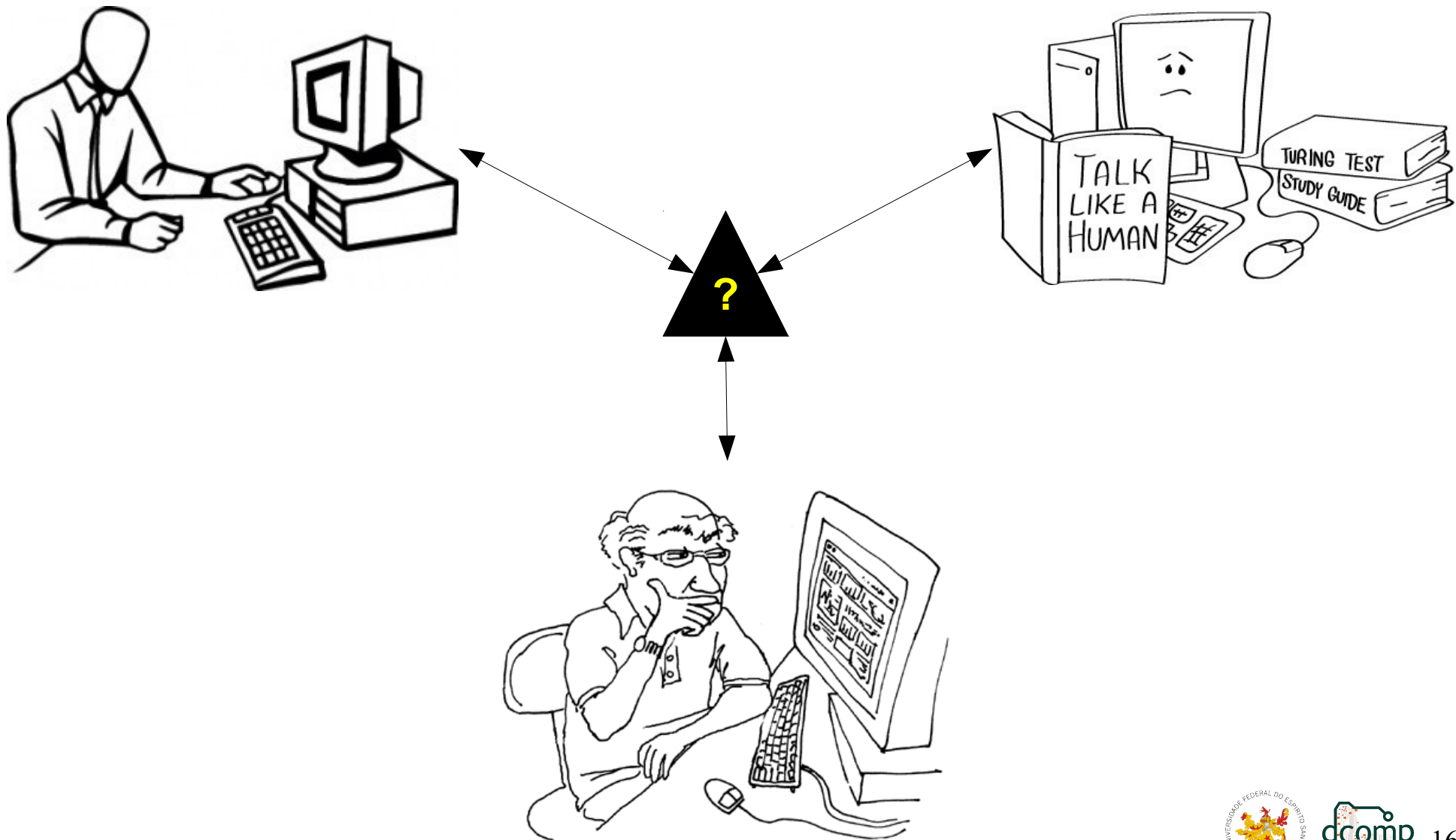
- Proposto por Alan Turing, em 1950, no artigo:  
    “*Computing Machinery and Intelligence*”  
    <<http://www.abelard.org/turpap/turpap.htm>>
- Suas questões:
  - As máquinas podem pensar? As máquinas podem se comportar inteligentemente?
- Propunha um teste operacional para comportamento inteligente, um “Jogo de Imitação”;
- Previu que, em 2000, as máquinas teriam 30% de chance de enganar uma pessoa leiga por 5 minutos;
- Antecipou os principais argumentos contrários à IA dos próximos 50 anos;

# I. Agindo como humanos: *O teste de Turing*

O teste define comportamento inteligente como:

A habilidade de se alcançar desempenho equivalente ao humano em todas as tarefas cognitivas, de forma a **enganar** um interrogador.

# I. Agindo como humanos: *O teste de Turing*





# I. Agindo como humanos: *O teste de Turing*

- Para passar no teste, o computador precisa das seguintes habilidades:
  - Processamento de Linguagem Natural;
  - Representação de Conhecimento;
  - Raciocínio Automático;
  - Aprendizagem de máquina;
- Já para o teste de Turing Total, o computador necessita:
  - Visão Computacional;
  - Robótica.

# I. Agindo como humanos: *O teste de Turing*

- Exemplo:

O robô ED:

<<http://www.ed.conpet.gov.br/br/converse.php>>



## II. Pensando como Humanos: *Abordagem Cognitiva*

- Para dizer que um certo programa pensa como um homem, devemos ser capazes de determinar como que o homem pensa.
- Como descobrir a forma que a mente humana trabalha por dentro?
  - Através de introspecção:
    - Observação, por uma determinada pessoa, de seus próprios processos mentais;
  - Através de experimentos psicológicos.
- Com uma teoria precisa do funcionamento da mente:
  - Seria possível expressá-la em um programa de computador.

## II. Pensando como Humanos: *Abordagem Cognitiva*

- Newel e Simon (1961) desenvolveram o GPS (*General Problem Solver*).
  - Eles não se contentaram somente com a habilidade do programa de resolver problemas;
  - Eles se preocuparam em comparar os passos do programa com os passos de uma pessoa.
- Ciência Cognitiva:
  - modelos computacionais da IA + técnicas experimentais da psicologia;
  - Tenta construir teorias precisas e testáveis a respeito dos processos de funcionamento da mente humana.
- IA e ciência cognitiva ajudam uma a outra, especialmente em áreas de visão computacional, linguagem natural e aprendizagem.

# III. Pensando racionalmente: a abordagem das leis do pensamento

- Aristóteles
  - Tentou codificar o “pensamento correto” com “silogismos”
  - Seus famosos silogismos produziram padrões para estruturas de argumentação que sempre geram deduções corretas quando as premissas são verdadeiras:
    - “Sócrates é homem. Todo homem é mortal. Portanto Sócrates é mortal.”
- Acreditava-se que as leis do pensamento deveriam governar as operações da mente.
  - Isso iniciou o campo da lógica;
  - O desenvolvimento da lógica formal foi nos séculos 19 e 20. Fornecendo então uma notação precisa para declarar sobre todos os tipos de coisas do mundo e as relações entre elas.

### III. Pensando racionalmente: a *abordagem das leis do pensamento*

- Em 1965, foram produzidos programas que, dado tempo e memória suficientes, tomavam a descrição de um problema em notação lógica e encontravam uma solução.
- Foram encontrados obstáculos para esta abordagem:
  - Dificuldade de passar conhecimento informal para termos formais (notação lógica), principalmente quando o conhecimento é impreciso;
  - Além disso, existe uma grande diferença entre ser capaz de resolver um problema e fazer isto na prática (recursos computacionais).

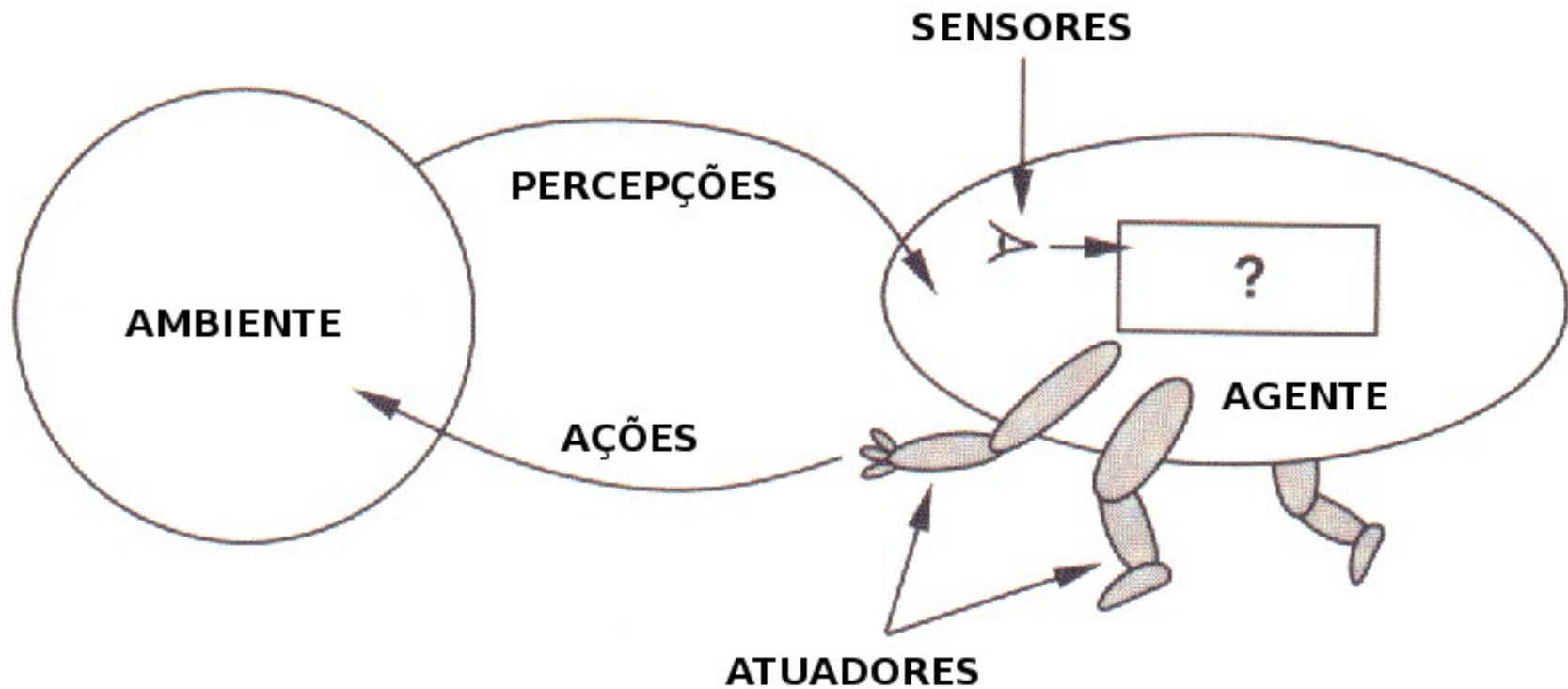
# IV. Agindo racionalmente: a abordagem do agente racional

- Uma ação racional, ou seja, agir racionalmente significa **atingir os objetivos**, dados os seus conhecimentos e crenças anteriores.
- Um agente é qualquer entidade com capacidade de **percepção e ação**.



- As Leis do pensamento permitem fazer inferências corretas.
- Fazer inferências corretas é parte de uma agente racional;
- **Agir racionalmente** é raciocinar logicamente sobre o objetivo que uma dada ação irá alcançar, e então agir.

# Agente Inteligente





## IV. Agindo racionalmente: a abordagem do agente racional

- Tradicionalmente, **agir racionalmente** significa raciocinar logicamente ao se atingir uma conclusão.
- Porém, na vida real a racionalidade **não** é apenas uma inferência correta,
  - Pois há outras formas de agir racionalmente que não envolvem necessariamente inferência. Ex:
    - Remover a mão de algo quente.  
esta ação é mais eficaz do que uma deliberação lenta e cuidadosa.

## IV. Agindo racionalmente: a abordagem do agente racional

- Vantagens sobre as outras abordagens:
  - O agente é mais geral do que as “leis do pensamento”, visto que a inferência correta é um mecanismo útil somente para se atingir racionalidade, que não é um mecanismo necessário;
  - O agente é mais aberto ao desenvolvimento científico do que as abordagens baseadas no comportamento e pensamento humano, pois a racionalidade é mais claramente definida e mais geral.

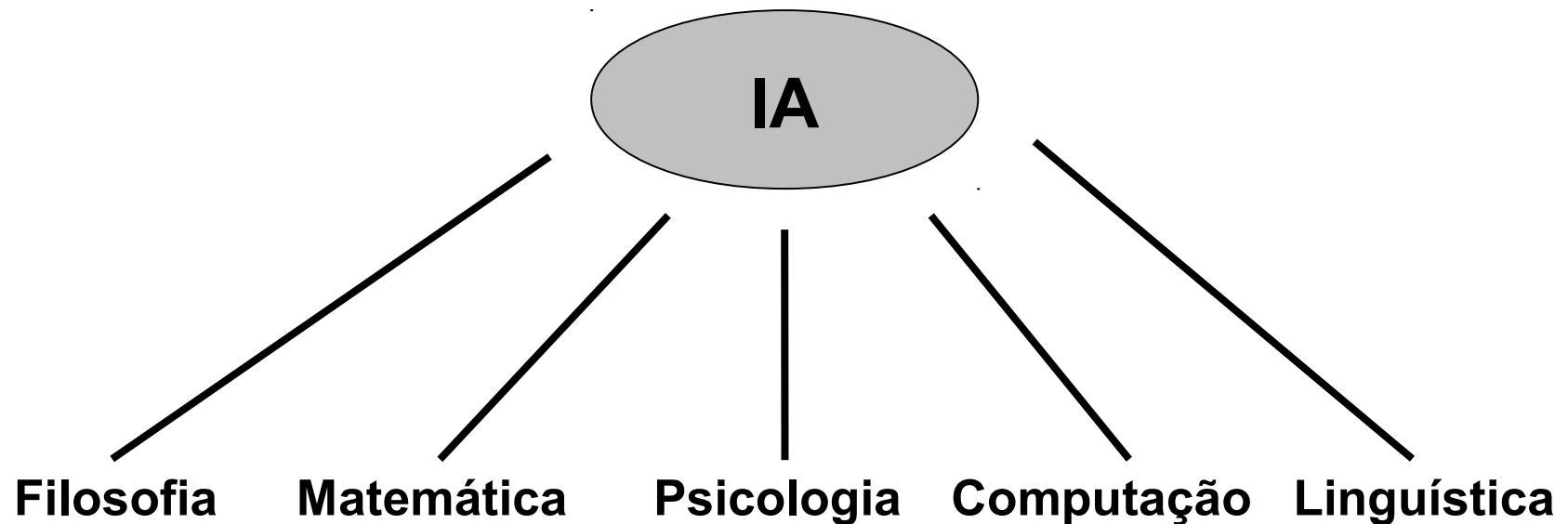
# Fundamentos de IA

# Fundamentos de IA

- Apesar da Inteligência Artificial ser uma ciência jovem, ela herdou muitas ideias de outras disciplinas:
  - Psicologia: ferramentas para investigar a mente humana;
  - Matemática: teorias formais da lógica, probabilidade, e computação;
  - Linguística: teorias da estrutura e significado da língua;
  - Ciência da Computação: ferramentas para construir agentes inteligentes.

# Fundamentos de IA

Também importou características de outras áreas



# Filosofia (428 A.C. - Hoje)

- As escritas de Platão (428 A.C.) envolvem política, matemática, física, astronomia, e muitos outros ramos da filosofia.
  - Juntamente com seu tutor Sócrates, e seu aluno Aristóteles, Platão desenvolveu as fundações da cultura e pensamento ocidental.
- Aristóteles desenvolveu um sistema informal de **silogismos para raciocínio**, que em princípio permite gerar mecanicamente conclusões válidas, dadas premissas verdadeiras

# Filosofia (428 A.C. - Hoje)

- René Descartes (1596-1650) foi um dos primeiros a discutir a diferença entre mente e matéria
  - Um problema com a concepção puramente física da mente é a pouca liberdade para decisão própria (free will).
  - Se a mente é governada inteiramente por processos físicos, então a vontade própria não é diferente de uma pedra decidir sobre sua queda em direção ao centro da terra.

# Filosofia (428 A.C. - Hoje)

- Materialismo
  - Assume que tudo no universo (incluindo o cérebro e a mente) opera de acordo com as leis físicas.
- Dualismo:
  - Assume que há uma parte da mente que está fora das leis físicas (espírito)



# Matemática (800 - presente)

- A filosofia contribuiu ao desenvolvimento da IA, mas para que IA se tornasse uma ciência formal, foi necessário um nível de formalização em três áreas principais:
  - Computação;
  - Lógica; e
  - Probabilidade.

# Matemática – Lógica

A lógica tem início com Aristóteles, mas se manteve filosófica até **George Boole** (1815-1864) introduzir sua linguagem formal para realizar inferência lógica em 1847.

# Matemática – Fundamentos

- **David Hilbert** (1862-1943), um grande matemático por si só, é mais lembrado pelos problemas que não resolveu.
  - Em 1900, ele apresentou uma lista de 23 problemas que acreditava que ocupariam os matemáticos na maior parte do século.
  - O problema final perguntava se existia um algoritmo para decidir sobre a veracidade de qualquer lógica proposicional envolvendo os números naturais.
- Essencialmente, Hilbert perguntava se existiam limites para procedimentos de prova.

# Matemática – Fundamentos

- **Kurt Gödel** (1906-1978) mostrou que existem procedimentos eficazes para provar a veracidade de qualquer expressão em lógica de primeira ordem.
  - Mas ele também provou que lógica de primeira ordem não é suficiente para capturar o princípio de indução matemática, necessário para caracterizar os números naturais.

# Matemática – Fundamentos

- **Kurt Gödel** (1906-1978) provou em 1931 the Incompleteness Theorem.
  - Ele mostrou que em qualquer lógica capaz de expressar as propriedades dos números naturais, existem expressões que são indecidíveis – ou seja, a sua verdade não pode ser estabelecida por qualquer algoritmo.
- O resultado fundamental de Gödel também pode ser interpretado como uma demonstração que certas funções sobre os inteiros não podem ser representadas por um algoritmo – ou seja, não podem ser computadas.

# Matemática – Computação

- Motivado pelos resultados de Gödel, Alan Turing (1912-1954) tentou caracterizar precisamente que funções podem ser computadas.
  - A tese de Church-Turing estabelece que a máquina de Turing é capaz de computar qualquer função computável.
- Embora não-decidibilidade e não-computabilidade sejam conceitos importantes para se entender computação, a noção de intratabilidade teve um impacto muito maior.

# Matemática – Computação

- De uma forma simples, uma classe de problemas é dita intratável se o tempo necessário para resolver instâncias cresce exponencialmente com o tamanho da instância.
  - Exemplo: (Ordenação de  $n$  números)

## Algoritmo 1

- Testar as  $T(n) = n!$  possibilidades;  $n! \geq 2^n$

## Algoritmo 2

- Merge-sort  $T(n) = n \log(n)$

# Matemática – Computação

- A noção de intratabilidade é muito importante, no sentido de que crescimento exponencial implica na impossibilidade de se resolver certos problemas em um tempo aceitável.
- Portanto, deve-se procurar dividir o problema geral de induzir comportamento inteligente em subproblemas tratáveis.



# Matemática – Computação

- Como se pode reconhecer um problema intratável?
  - A teoria da NP-Completeness nos oferece um método.
  - **Cook & Karp** (1970) mostraram a existência de classes de problemas canônicos (problemas de busca combinatória e inferência) que são NP-Completos.
  - Um problema é dito NP-Completo se qualquer problema que pode ser reduzido a ele é provável de ser intratável.

# Matemática – Probabilidade

- A teoria da probabilidade teve início com **Guillermo Cardano** (1501-1576)
- **Fermat** (1601-1665), **Pascal** (1623-1662), **Bernoulli** (1654-1705), e **Laplace** (1749-1827) avançaram a teoria e introduziram novos métodos estatísticos.
- Bernoulli introduziu o conceito de “grau de confiança” para probabilidade, um conceito subjetivo.
- **Thomas Bayes** (1702-1761) propôs uma regra para atualização de probabilidades subjetivas, dadas novas evidências.

# Matemática – Probabilidade

- **John Von Neumann e Oskar Morgenstern** (1944) combinaram teoria da probabilidade com teoria de utilidade (a qual oferece um formalismo completo e formal para especificar preferências de um agente).
  - Eles produziram a primeira teoria geral para distinguir entre boas e más ações;
  - Nasce a Teoria da Decisão.

# Psicologia (1879 – presente)

- **Kenneth Craik** publicou “The Nature of Explanation”
  - Ele afirmou que crenças, objetivos, e passos de raciocínio podem ser componentes válidos e úteis de uma teoria do comportamento humano, sendo estes científicos, tanto quanto o uso da pressão e da temperatura para falar sobre gases.

# Psicologia (1879 – presente)

- Craik especificou três passos de um agente baseado em conhecimento:
  - o estímulo deve ser traduzido na representação interna;
  - a representação é manipulada pelos processos cognitivos para derivar novas representações internas;
  - essas novas representações são então traduzidas em ações.

# Engenharia de Computação (1940-)

- Para que a Inteligência Artificial tenha êxito, precisamos de duas coisas: **inteligência** e **artefato**.
- O **computador** é universalmente considerado como o **melhor artefato** com possibilidade de demonstrar comportamento inteligente.
  - ENIAC foi o primeiro computador de propósito geral, eletrônico e digital, construído na Universidade da Pensilvânia.
  - Sua primeira aplicação foi a computação de tabelas de disparo de artilharia.

# Engenharia de Computação (1940-)

- A cada geração os hardware tem aumentado sua capacidade e velocidade, e seu preço tem caído.
  - A engenharia de computação tem tido êxito, duplicando a velocidade dos computadores a cada ano;
  - Se espera também que computadores massivamente paralelos possam aumentar ainda mais a capacidade de processamento.
- IA também paga tributos à área de software (sistemas operacionais, linguagens de programação, etc.)

# Linguística (1957-presente)

- **B. F. Skinner** publicou “Verbal Behavior”, uma monografia detalhada sobre a abordagem comportamental ao aprendizado da linguagem.
- **Noam Chomsky** publicou “Syntactic Structures”
  - Chomsky mostrou que a teoria do comportamento não trata o aspecto de criatividade em linguagem – ela não explica como que uma criança pode compreender e construir novas sentenças que ela não tenha visto antes.



# Linguística (1957-presente)

- Mais tarde, desenvolvimentos em Linguística mostraram que o problema é consideravelmente mais complexo.
  - A língua é ambígua e imprecisa;
  - Isto significa que para se compreender a linguagem, é necessário entender do assunto tratado e do contexto;
  - A compreensão da estrutura da sentença não é suficiente.

# Histórico da IA

# História de Inteligência Artificial

- 1943 – 1956:
  - Os primórdios da Inteligência Artificial;
- 1952 – 1969:
  - Entusiasmo inicial, grandes expectativas;
- 1966 – 1974:
  - Uma dose de realidade.

# Os primórdios da IA (1943-1956)

- O primeiro trabalho de IA foi realizado por **Warren McCulloch e Walter Pitts (1943)**
  - Eles propuseram um neurônio artificial caracterizado por estar ativo (on) ou inativo (off);
  - O chaveamento para “on” ocorre em resposta a um estímulo suficientemente grande de seus neurônios vizinhos;
  - Eles mostraram que qualquer função computável pode ser computada por uma rede de neurônios.

# Os primórdios da IA (1943-1956)

- **Donald Hebb** (1949) demonstrou que uma regra de atualização simples, para modificar os pesos das conexões entre neurônios, poderia aprender um comportamento desejável.
- **Marvin Minsky** e **Dean Edmonds** construíram o primeiro computador neural em 1951.
- Ironicamente, **Minsky** mais tarde provou teoremas que contribuíram para o fim das pesquisas em redes neurais até meados de 1970.

# Os primórdios da IA (1943-1956)

- **Allen Newell e Herbert Simon** desenvolveram o primeiro programa capaz de “raciocinar”, o **Provador Lógico**.

# Entusiasmo Inicial

- Os primeiros anos de IA foram cheios de sucesso.
- Foi surpreendente ver que computadores rudimentares podiam fazer coisas que eram remotamente inteligentes.
- Iniciando em 1952, Arthur Samuel escreveu uma série de programas para o jogo de damas que eventualmente se tornaram campeões:
  - Ao mesmo tempo, ele mostrou que um computador pode ir além do que lhe é dito;
  - O programa rapidamente aprendeu a superar seu criador.

# Entusiasmo Inicial

- Em 1958, John McCarthy definiu uma linguagem de alto nível chamada LISP, que mais tarde se tornou dominante em inteligência artificial.
  - McCarthy e seus colegas também criaram o conceito de tempo compartilhado.



# Uma Dose de Realidade (1966-1974)

- No começo, os pesquisadores em IA não eram tímidos ao fazerem predições de sucesso
- A **primeira dificuldade** surgiu porque os primeiros programas continham pouco ou nenhum conhecimento específico do domínio.
- Os sucessos iniciais ocorreram em função de manipulações simbólicas simples.

# Uma Dose de Realidade

- A **segunda dificuldade** é a intratabilidade de muitos problemas que a Inteligência Artificial estava tentando resolver.
- A **terceira dificuldade** surgiu de limitações fundamentais nas estruturas básicas que são usadas para gerar comportamento inteligente.
  - Por exemplo, em 1969, **Minsky** e **Papert** mostraram em seu livro “**Perceptrons**” que embora perceptrons possam ser treinados a aprender qualquer coisa dentro de sua capacidade de representação, eles podem representar muito pouco.

# Sistemas Baseados em Conhecimento (1969-1979)

- As primeiras técnicas para resolução de problemas eram de propósito geral, baseadas em mecanismos de busca.
  - Essas técnicas eram ditas fracas porque não utilizavam informação específica do domínio.
- Pesquisadores da Universidade de Stanford desenvolveram um programa de inferência da estrutura molecular, tendo como base informações de espectrometria de massa – *The Dendral System*

# Sistemas Baseados em Conhecimento

- Se há dois picos  $x_1$  e  $x_2$  tal que
- a)  $x_1 + x_2 = M + 28$  ( $M$  é a massa da molécula)
- b)  $x_1 - 28$  é um pico alto
- c)  $x_2 - 28$  é um pico alto
- d) pelo menos  $x_1$  ou  $x_2$  são altos
- Então existe um subgrupo ketone ( $C=O$ )

# Sistemas Baseados em Conhecimento

- O *dendral system* foi o primeiro sistema baseado em conhecimento a atingir sucesso:
  - a esperteza era derivada de um número grande de regras de propósito específico;
  - Isto marcou o início dos sistemas especialistas;
  - Aplicações em medicina (diagnóstico).

# A IA se Torna uma Indústria

- O primeiro sistema especialista bem-sucedido, RI, foi desenvolvido e implantado na *Digital Equipment Corporation* (DEC).
  - O programa ajudava a configurar pedidos de novos computadores, e em 1986 ele era responsável por uma economia da ordem de US\$40 milhões de dólares.
- O crescimento da indústria de IA também incluiu empresas como *Carnegie Group*, *Inference*, e *Intellicorp* que ofereciam software para construção de sistemas especialistas.

# O Retorno das Redes Neurais (1986-presente)

- Embora a Ciência da Computação tenha desprezado o campo das Redes Neurais após a publicação do livro *Perceptrons*, por Minsky e Papert, trabalhos de pesquisa continuaram em outros domínios, especialmente na Física.
- A motivação principal veio nos anos 80 quando pelo menos 4 grupos reinventaram o algoritmo de propagação reversa (**backpropagation algorithm**), inicialmente proposto por **Bryson** e **Ho**, em 1969.
  - Os algoritmos foram aplicados a vários problemas de aprendizagem em Ciência da Computação e Psicologia

# Eventos Mais Recentes

- Nos últimos anos, a Inteligência Artificial sofreu profundas modificações no conteúdo e metodologia da pesquisa.
- Agora a IA é mais comum:
  - Se basear em teorias existentes do que propor novas teorias;
  - Alegar resultados com base em teoremas existentes ou experimentação extensiva;
  - Mostrar resultados de relevância prática do que demonstrar por meio de problemas simples.



# Eventos Mais Recentes

- O campo do reconhecimento de voz é um exemplo deste novo padrão.
  - Nos anos 70, várias arquiteturas foram experimentadas, a maioria delas ad-hoc e frágeis.
  - As abordagens recentes baseadas em Hidden Markov Models (HMM) dominam a área.
- Primeiro, HMMs são baseadas em uma teoria matemática rigorosa;
- Segundo, elas são geradas através de treinamento sobre bases de dados grandes;
- Terceiro, HMM são robustas, usadas na indústria

# Eventos Mais Recentes

- O livro de Judea Pearl, Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems, marcou o início da utilização da teoria de probabilidades e de decisão em IA.
  - A rede Bayesiana (Bayesian Net, Belief Net) é um formalismo inventado para permitir o raciocínio eficiente sobre evidências incertas.

# Referências

- Luger, G. F.; *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*. 6ed, Ed. Addison Wesley, 2008. ISBN: 9780321545893.
- Russell, S.; Norvig, P.; *Inteligência Artificial*. 2ed, Ed. Campus, 2003. ISBN: 8535211772.