

# CTC-17 Inteligência Artificial

## Introdução

Prof. Paulo André Castro

[pauloac@ita.br](mailto:pauloac@ita.br)

[www.comp.ita.br/~pauloac](http://www.comp.ita.br/~pauloac)

IEC-ITA

Sala 110,

# Ementa da disciplina

---

- **CTC-17 – INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. *Requisitos:* CTC-11 (ou CTC-10) e MOQ-13. *Horas semanais:* 3-0-0-5. Conceituação, aplicações. Resolução de problemas: técnicas e métodos, representação, heurísticas, decomposição de problemas, jogos. Estratégias de busca e decomposição, representação, algoritmo A\*, Algoritmos genéticos. Aprendizagem de máquina: aprendizado indutivo, árvores de decisão e modelos de redes neurais artificiais para aprendizado supervisionado, não-supervisionado e por reforço. Introdução a lógica nebulosa. Fundamentos de redes bayesianas: construção de modelos e inferência.**
- **Bibliografia: RUSSEL, S.; NORVIG, P. Inteligência Artificial. 3a. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2013. LUGER, G. Inteligência Artificial. 6a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. Witten, I.; Frank, E. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. 4a. Ed. Elsevier, 2016**

# Planejamento

---

- Cap. I Introdução a Inteligência Artificial
- Cap II. Resolução de Problemas de Busca
  - 2.1. Busca Informada e Busca não informada, Busca Heurística
  - 2.2. Busca competitiva e Busca prática
  - 2.3. Algoritmos Genéticos
- Cap. III - Problemas de Satisfação de Restrições
  - 3.1. Conceituação
  - 3.2. Backtracking e Mínimos Conflitos
- Cap. IV- Introdução a Aprendizado de Máquina
  - 4.1. Agente com aprendizado, aprendizado indutivo, Árvores de decisão
  - 4.2. Processo Decisório de Markov (MDP)
  - 4.3. Aprendizado por Reforço
  - 4.4. Aprendizado não-supervisionado

# Planejamento - 2

---

- Cap. V – Conhecimento Incerto
  - 5.1. Teoria da Utilidade Esperada
  - 5.2. Introdução a Redes Bayesianas
  - 5.3. Tomada de decisões sobre incerteza
  
- **Tasinafo** **(4 semanas)**
  - Redes Neurais
  - Lógica Nebulosa

# Avaliação

---

- Parte I
  - Três a quatro projetos
  - Uma prova
- Parte II
  - Zero a Uma Prova
  - Dois a Três Projetos
- Exame: Prova ou Projeto (a ser decidido em conjunto com os alunos)

# Referências

---

- Russel, Stuart e Norvig, Peter. “Inteligência Artificial” . Campus-Elsevier. 2013. Tradução da 3a. Ed. Americana
- Notas de Aula
- Referências Adicionais
  - Pearl, J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Network of Plausible Inference. 1988.
  - Oliveira. Jr. H.A. et al. Inteligência Computacional aplicada a administração, Economia e Engenharia. Thomson. 2007.

# Definições de IA

Pensando como seres humanos	Pensando Racionalmente
<p>“O novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem (...) máquinas com mentes, no sentido total e literal” (Haugeland, 1985)</p> <p>“[Automação de] atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, o aprendizado..” (Bellman, 1978)</p>	<p>“O estudo das faculdades mentais pelo uso de modelos computacionais” (Charniak e McDermoot, 1985)</p> <p>“O estudo das computações que tornam possível perceber, raciocinar e agir” (Winston, 1992)</p>
Agindo como Seres Humanos	Agindo Racionalmente
<p>“A arte de criar máquinas que executam funções que exigem inteligência quando executadas por pessoas” (Kurzweill, 1990)</p> <p>“O estudo de como os computadores podem fazer tarefas que hoje são melhor desempenhadas por pessoas” (Rich and Knight, 1991)</p>	<p>“<b>Inteligência Computacional</b> é o estudo do projeto de agentes inteligentes” (Poole et al. 1998)</p> <p>“IA...está relacionada a um desempenho inteligente de artefatos” (Nilsson, 1998)</p>

# Inteligência Artificial?

---

- O termo Inteligência Artificial foi usado oficialmente pela primeira vez no verão de 1956, em um convite para um workshop de 2 meses organizado por John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon, e outros...
- “We propose that a 2 month, 10 man study of **artificial intelligence** be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves.”
- Perhaps “computational rationality” would have been more precise and less threatening, but “AI” has stuck....McCarthy stated that he resisted the terms “computer” or “computational” in deference to Norbert Wiener, who was promoting analog cybernetic devices rather than digital computers

# What about .... ?

---

- Deep learning
  - “Deep learning is a subset of a more general field of artificial intelligence called *machine learning*” Buduma, N. The fundamentals of deep learning.
- Machine Learning
  - Construção de software “...que pode melhorar seu próprio comportamento através do estudo diligente de suas próprias experiências” (Russel, Norvig, 2013)
- Data mining
  - Finding patterns in data that provide insight or enable fast and accurate decision making (Witten,2005) Data Mining: Practical Machine learning)
- Big data
  - Capturing and managing lots of information (computer systems)
  - Analyzing these masses of new data (data mining)

# Machine learning

- Definitions of “learning” from dictionary:

*To get knowledge of by study, experience, or being taught*

*To become aware by information or from observation*

*To commit to memory*

*To be informed of, ascertain; to receive instruction*

} *Difficult to measure*

} *Trivial for computers*

- *Operational definition:*

*Things learn when they change their behavior in a way that makes them perform better in the future.*

ML vs Statistics: “In truth, you should not look for a dividing line between machine learning and statistics because there is a continuum— and a multidimensional one at that—of data analysis techniques” Witten, Data Mining: Practical Machine learning.

# Data mining

---

- Finding patterns in data that provide insight or enable fast and accurate decision making
- Strong, accurate patterns are needed to make decisions
  - Problem 1: most patterns are not interesting
  - Problem 2: patterns may be inexact (or spurious)
  - Problem 3: data may be garbled or missing
- Machine learning techniques identify patterns in data and provide many tools for data mining
- Machine learning techniques that provide structural descriptions are primary interest for data mining
- In data mining, Machine learning is used as a way of ascertaining what factors are taken into account, not to automate the decision

# Can a Machine Think?, Turing, A. (1950)

## Section 1: The imitation game



Teste de Turing



Alan Turing

### Defina máquina e pensar....

*“O computador passará no teste se um interrogador humano, depois de propor algumas perguntas por escrito, não conseguir descobrir se as respostas escritas vêm de uma pessoa ou não”.*

Um computador precisaria ter as seguintes capacidades:

- *Processamento de linguagem natural (comunicação);*
- *Representação de conhecimento (armazenar o que sabe);*
- *Raciocínio automatizado (tirar conclusões a partir das perguntas);*
- *Aprendizado de máquina (adaptar-se à novas circunstâncias).*

Teste de Turing Total:

- *Visão computacional (para perceber objetos);*
- *Robótica (movimentar-se e manipular objetos)*
- *Aparência correta....*

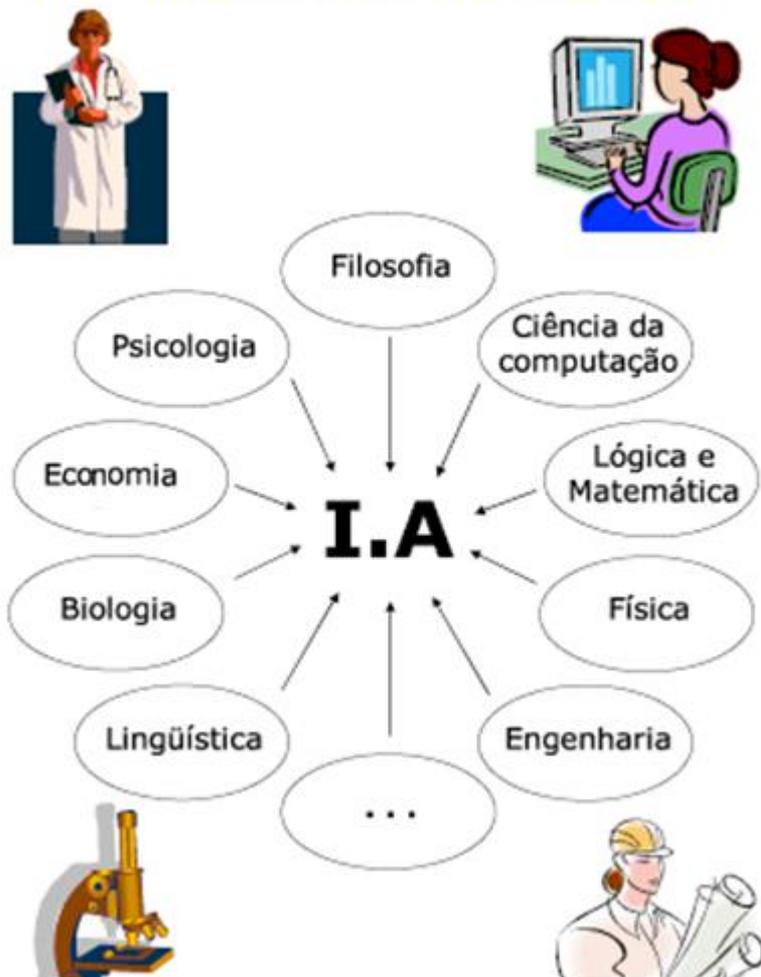
# Can a Machine Think?, Turing, A. (1950)

---

- *Objecções:*
  - *The Theological Objection*
  - *The "Heads in the Sand" Objection*
  - *The Mathematical Objection*
  
  - *The Argument from Consciousness*
  - *E outros....*

# A IA como um Campo Multidisciplinar

IA: campo de estudo multidisciplinar



# Fundamentos da IA

---

- Filosofia (de 428 a.C. até a atualidade):
  - - Regras Formais podem ser utilizadas 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?
- Linhas Filosóficas
  - Dualismo (Descartes): Parte da mente humana transcende a matéria e as leis físicas. Animais não teriam essa capacidade dual e portanto poderiam ser tratados como máquina
  - Materialismo: A operação do cérebro de acordo com as leis da física constituem a mente
  - Empirismo: “Não há nada na compreensão, que não estivesse antes nos sentidos”
  - Indução: regras gerais podem ser adquiridas pela exposição a associações repetidas entre os elementos
- Conexão entre o conhecimento e a ação.
  - Essa questão é vital para a IA, porque a inteligência exige ação, bem como raciocínio.
  - Aristóteles desenvolveu um algoritmo sobre como conectar conhecimento e ação. Cerca de 2.300 anos depois, o algoritmo de Aristóteles foi implementado por Newell e Simon no programa GPS.

## Aristóteles (Estagira, 384 a.C. – Atenas, 322 a.C.)

---

- “Não deliberamos sobre os fins, mas sobre os meios. Um médico não delibera sobre se deve ou não curar, nem um orador sobre se deve ou não persuadir,...Eles dão a finalidade por estabelecida e procuram saber a maneira de alcançá-la; se lhes parece poder ser alcançada por vários meios, procuram saber o mais fácil e o mais eficaz; e se há apenas um meio para alcançá-la; procuram saber como será alcançada por esse meio, e por que outro meio alcançar esse primeiro, até chegar ao primeiro princípio, que é o último na ordem de descoberta...E o que vem em último lugar na ordem da análise parece ser o primeiro na ordem de execução. E se chegarmos a uma impossibilidade, abandonamos a busca.....”
- O algoritmo de Aristóteles foi implementado 2.300 anos mais tarde por Newell e Simon em seu programa GPS. Agora poderíamos denominá-lo um sistema de planejamento por regressão.

# Fundamentos da IA

---

- Matemática (cerca de 800 d.C. até a atualidade)
  - - Lógica, Computação e Probabilidade
  - - Quais são as regras formais para obter conclusões válidas?
  - - O que pode ser computado?
  - - Como raciocinamos com informações incertas?
- Psicologia (de 1879 até a atualidade)
  - - Como os seres humanos e os animais pensam e agem?

# Fundamentos da IA

---

- Economia (de 1776 até a atualidade):
  - - Filósofo escocês Adam Smith (1723-1790)
    - *“Como as pessoas fazem escolhas que levam a resultados preferenciais?”*
    - *“As economias consistem em agentes individuais que maximizam seu próprio bem-estar econômico.”*
  - - Desenvolvimento da *teoria dos jogos* em 1944 por Von Neumann e Morgenstern.
- Neurociência (de 1861 até a atualidade)
  - - Como o cérebro processa as informações?
- Engenharia de Computadores (de 1940 até a atualidade)
  - - Como podemos construir um computador eficiente?
    - *São necessários um artefato (computador) e inteligência .*

# Fundamentos de IA

---

- Teoria de Controle (de 1948 até a atualidade)
  - - Como os artefatos podem operar sob seu próprio controle?
- Lingüística (de 1957 até a atualidade)
  - - Como a linguagem se relaciona ao pensamento?
  - - É o campo denominado *processamento de linguagem natural*.
- *É difícil para o computador representar a linguagem natural, pois esta tarefa exige a compreensão do ASSUNTO e do CONTEXTO, não apenas a compreensão da estrutura da frase.*

# História da Inteligência Artificial

- Primeiros trabalhos reconhecidos em IA (1943-1955)
  - - Warren McCulloch e Walter Pitts (1943)
    - *Proposta de um modelo de neurônio artificial*
  - *Trabalho envolvendo: conhecimento de fisiologia básica, da lógica proposicional criada por Russell e Whitehead e a da teoria da computação de Turing.*
  - - Aprendizagem de Hebb (1949) para aprendizado de neurônios artificiais.
  - - Primeiro computador de rede neural: Minsky e Dean Edmonds (1951).
- Surgem as grandes dificuldades em IA (1966-1973):
  - - Complexas manipulações sintáticas;
  - - IA resolvia problemas experimentando diferentes combinações de passos até encontrar a solução;
  - - Algumas limitações fundamentais nas estruturas básicas que estavam sendo utilizadas para gerar o comportamento inteligente.
- A IA se torna uma indústria em 1980
- Retorno das redes neurais em 1986
- A IA se torna uma ciência em 1987
- Surgimento de agentes inteligentes em 1995
- Surgimento de Deep learning (novo retorno das redes neurais) – 2000...

## Aplicabilidade da IA

### • Exemplos de aplicações da IA:

- Agricultura;
  - Aeroespacial e automobilística;
  - Comércio, negócios e finanças;
  - Comunicações;
  - Computação e Engenharia; 
  - Direito;
  - Educação;
  - Eletrônica;
  - Geologia;
  - Matemática;
  - Medicina;
  - Meteorologia;
  - Militar;
  - Química;
  - Robótica;
  - Transportes;
  - Etc...
- Aprendizado automático;
  - Banco de dados;
  - Engenharia de software;
  - Gerenciamento informações;
  - Interface homem-máquina;
  - Internet;
  - Jogos;
  - Linguagem natural;
  - Paradigmas de programação;
  - Processamento de imagens;
  - Prova de teoremas;
  - Resolução automática de problemas;
  - Sistemas distribuídos...

# O Estado da Arte de IA

---

- Puros: aqueles que pensam que as teorias da IA devem se fundamentar no rigor matemático;
- Impuros: aqueles que preferem experimentar muitas idéias, escrever alguns programas e depois avaliar o que parece estar funcionando.
- *“As duas abordagens são importantes”*

# Inteligência Artificial: Problemas e Soluções de Ontem, Hoje e Amanhã

---

- IA tem muitas definições e muitos campos de problemas de pesquisa em aberto. Entre estes **problemas**, alguns parecem estar presentes ontem, hoje e provavelmente continuarão por um bom tempo...
- De forma análoga, IA tem muitas **soluções** (ou tecnologias) para resolver tais problemas

# Inteligência Artificial: Problemas de Ontem, Hoje e Amanhã

---

- Encontrar soluções para Problemas
  - (Caps. 3, 4 e 6)
- Inferir
  - (Caps. 7, 8, 9, 10, 11, 12)
- Inferir mesmo sob incerteza
  - (Caps. 13, 14, 15, 16 e 17)
- Aprender com o passado
  - Caps. 18, 19
- Aprender com a experiência
  - Caps. 21
- Aprender sob incerteza
  - Caps. 20, 21
  - Classificar
    - Caps. 18, 19, 20 e 21
- Projetar o futuro
  - (Caps. 15, 17)
- Perceber e interpretar
  - Sons
    - Cap. 24
  - Imagens
    - Caps. 18, 19
- Escolher entre opções
  - (Caps. 16 e 17)
- Comunicação
  - Processamento de Linguagem Natural
    - **Caps. 22 e 23**
  - Negociar e estabelecer acordos
    - Caps. 16 e 17
- Controlar seu próprio corpo
  - Caps. 25
- Competir /Cooperar com outros seres inteligentes
  - (Cap. 5)

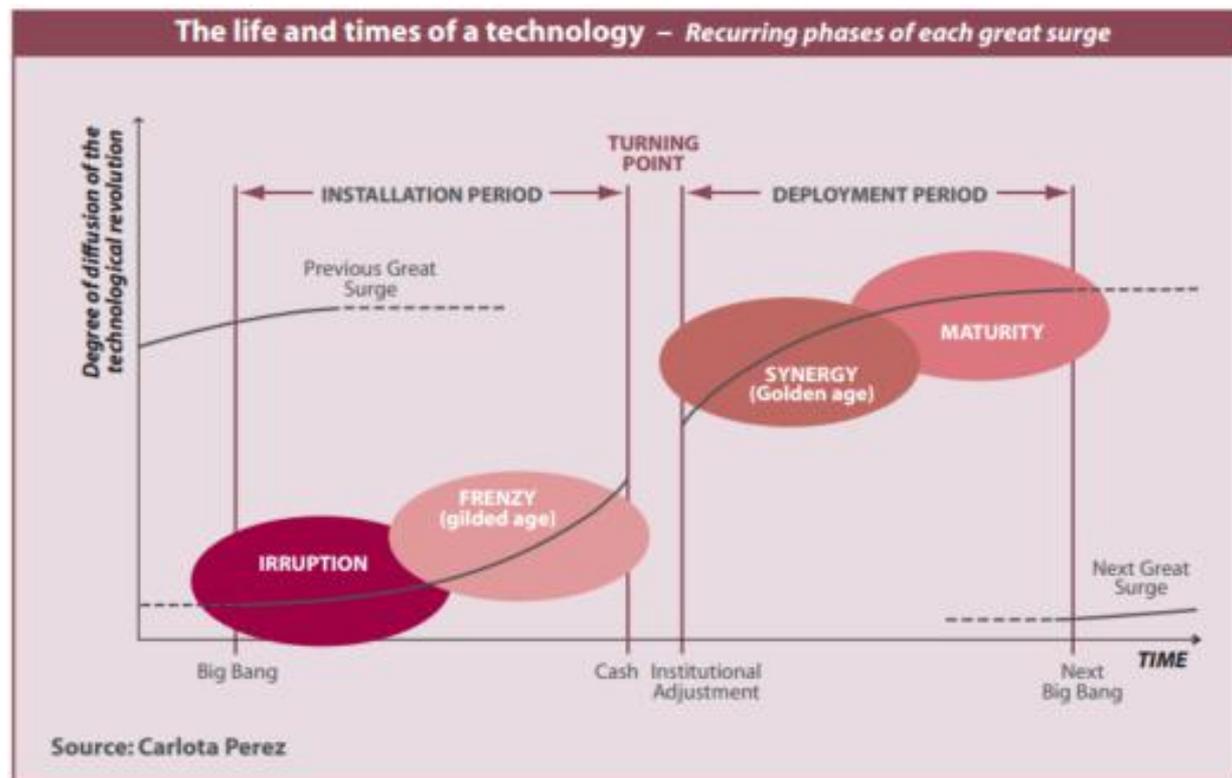
# Inteligência Artificial: Soluções de Ontem, Hoje e Amanhã

---

- Resolução de Problemas através de Busca
  - (Caps. 3, 4 e 6)
- Problema de Satisfação de Restrição
  - Caps. 6
- Algoritmos Genéticos
  - Cap. 4
- Lógica (LPO, sistemas especialistas, etc.)
  - (Caps. 7, 8, 9, 10, 11, 12)
- Redes de crença
  - Caps. 13, 14, 20
- Modelo de Markov e Filtros de Kalman
  - Cap. 15, 20
- Teoria da Utilidade Esperada, Teoria de Jogos
  - Caps. 16 e 17
- Árvores de decisão
  - Caps. 21
- Redes Neurais
  - Caps. 18 e 19
- Aprendizado por reforço
  - Caps. 21
- Perceber e interpretar
  - Sons
    - Cap. 24
  - Imagens
    - Caps. 18, 19
- Robótica
  - Cap. 25
- Sistemas Multiagentes
  - Caps. 17

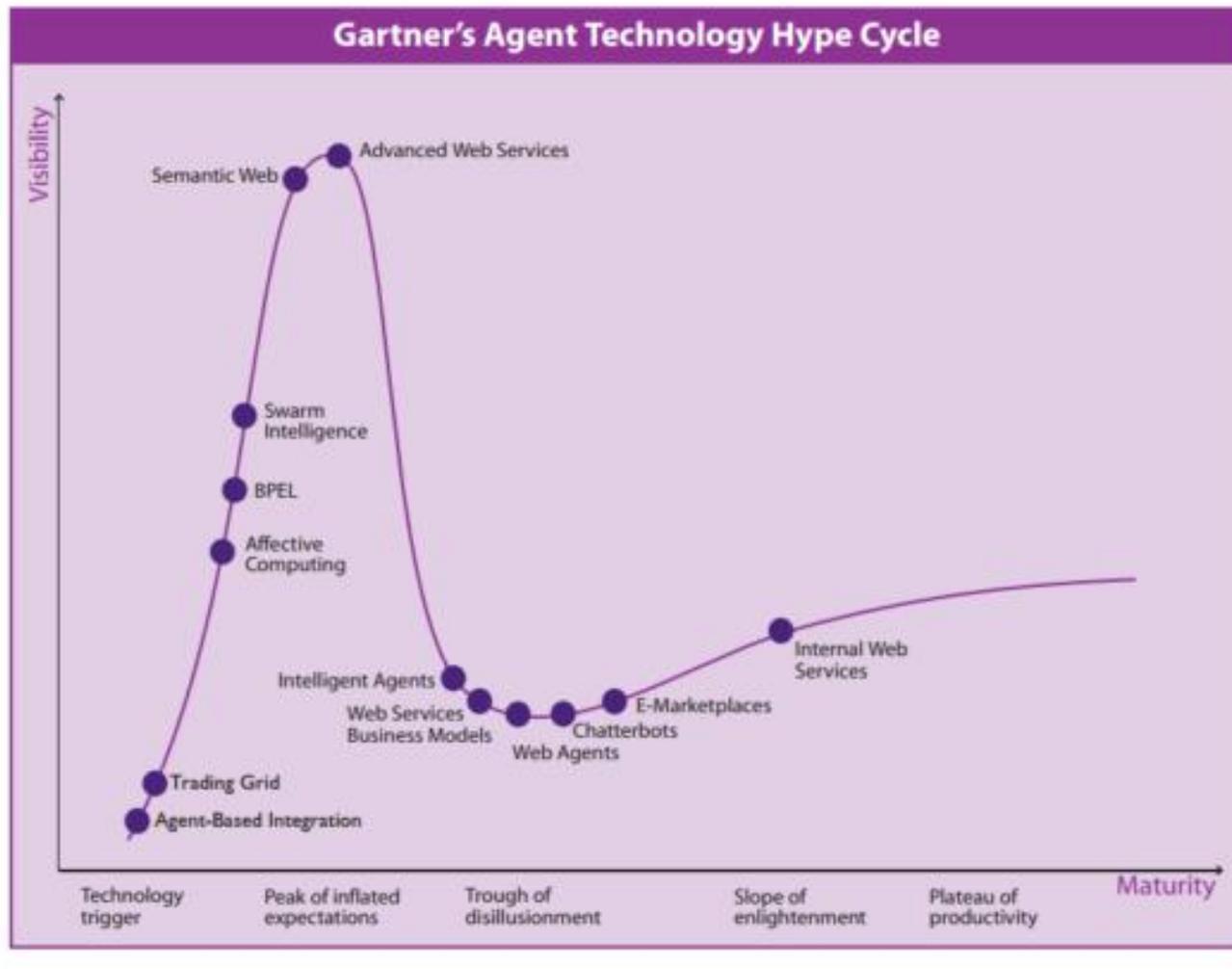
# Inteligência Artificial: Problemas e Soluções de Ontem, Hoje e Amanhã

- A lista de soluções certamente tem crescido mais rapidamente que a lista de problemas
- Via de regra, uma nova tecnologia (solução) segue algumas fases recorrentes:



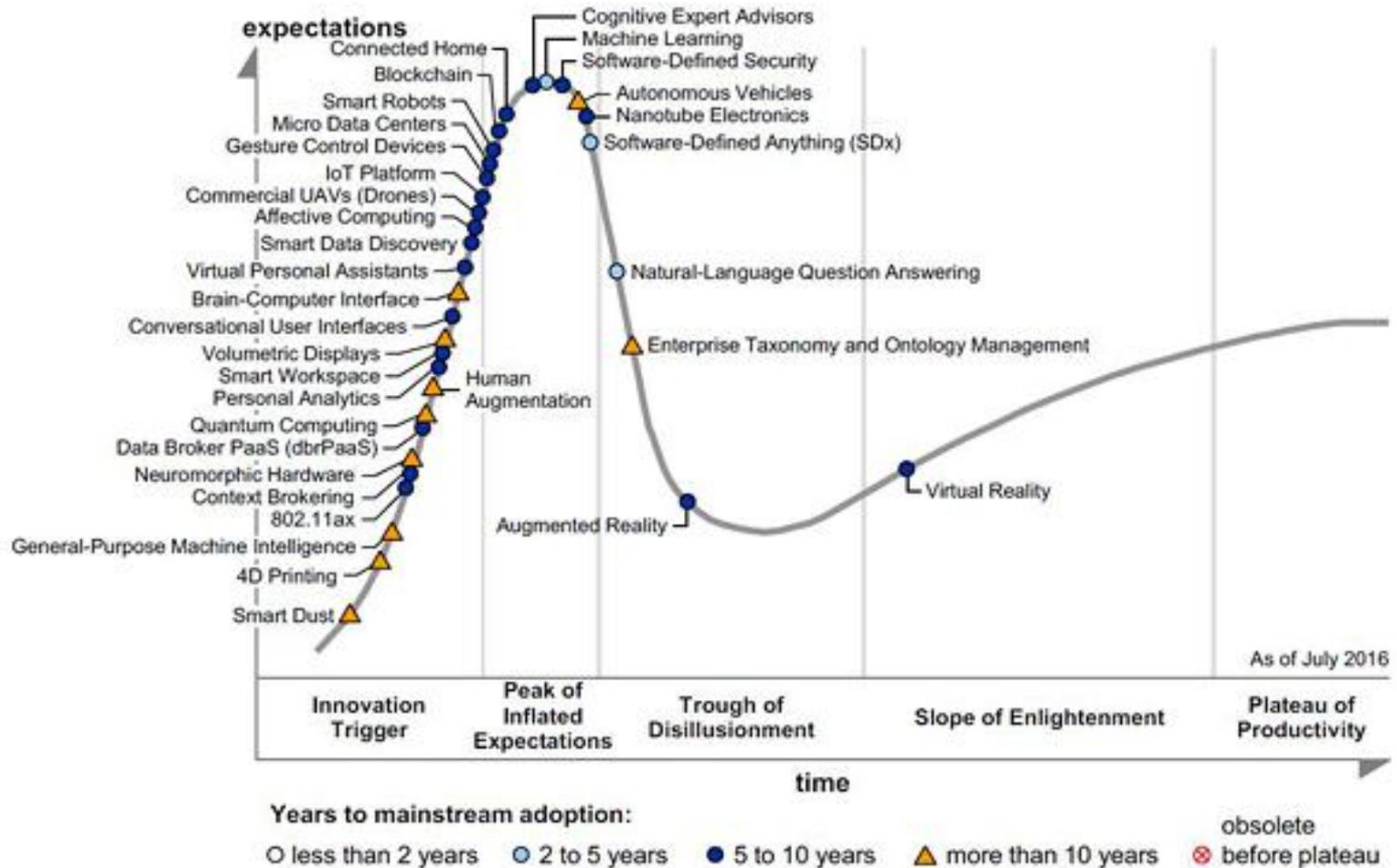
Fonte; Michael Luck, Peter McBurney, Onn Shehory and Steven Willmott. Agent Technology Roadmap. 2005

# Soluções e Gartner Hype Cycle



Fonte; Michael Luck, Peter McBurney, Onn Shehory and Steven Willmott. Agent Technology Roadmap. 2005

# Gartner Hype cycle 2016



Source: Gartner (July 2016)



# *Agentes Inteligentes*

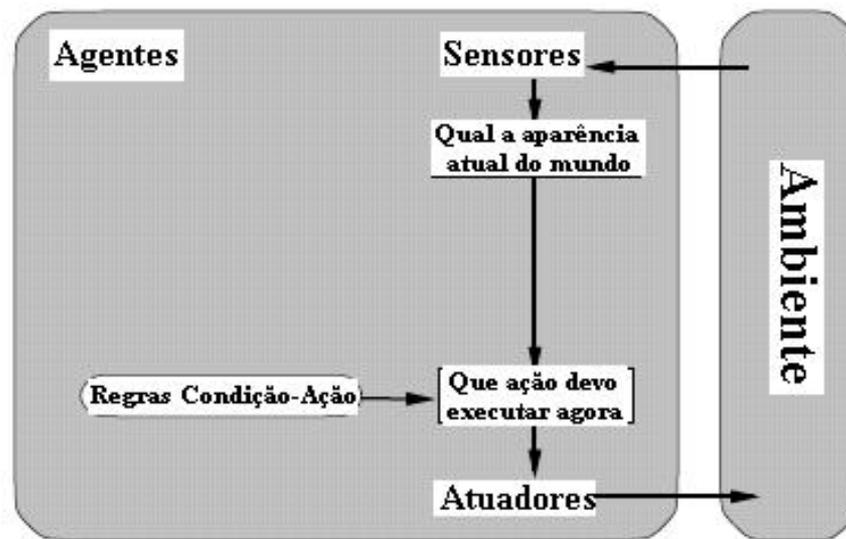
# Agentes Inteligentes em IA

---

- Tema unificador para IA (Inteligência Artificial): **agente inteligente**.
- **Definição de IA**: é o estudo de *agentes inteligentes* que recebem percepções do ambiente e executem ações.
- **Idéia dos Agentes Inteligentes**: sistemas que podem decidir o que fazer e quando fazer de forma *autônoma*.
- **O campo da Inteligência Artificial**: ele tenta não apenas compreender, mas também construir entidades inteligentes.
- **O conceito de racionalidade**: um sistema é racional se “faz tudo certo” , com os dados que tem.
  - **Agente Racional**: *é aquele que age para alcançar o melhor resultado ou, quando há incerteza, o melhor resultado esperado.*

# Agentes

- Um agente é tudo que pode ser considerado capaz de perceber seu ambiente por meio de sensores e de agir sobre esse ambiente por intermédio de atuadores.
- Exemplos:** agente animal, agente robótico, agente de software, termostatos....



**Figura 01 – Diagrama esquemático de um agente reativo simples.**

## Elementos Funcionais de um Agente

- **Percepção:** fazer referência às entradas perceptivas do agente em qualquer momento dado.
- **Seqüência de Percepções do Agente:** é a história completa de tudo que o agente percebeu.
  - **Em Geral:** a escolha de ação de um agente em qualquer instante dado pode depender da seqüência inteira de percepções observadas até o momento.
- **Função de Agente:** descreve o comportamento do agente através do mapeamento para qualquer seqüência de percepções específica para uma ação.
  - **Internamente ao Agente:** a função de agente será implementada por um *programa de agente*.
- **Programa do Agente:** é uma implementação concreta da função de agente, relacionada à arquitetura do agente.

# Bom Comportamento do Agente – Definições

---

- **Agente Racional** é aquele que faz tudo certo! ....dentro do possível
  - **Agente Racional:** *é aquele que age para alcançar o melhor resultado ou, quando há incerteza, o melhor resultado esperado.*
- **Ação certa:** é aquela que fará o agente obter maior sucesso.  
**Método para medir sucesso = medida de desempenho**
- **Racionalidade:** depende de quatro fatores, citando-os: medida de desempenho, conhecimento prévio do ambiente, ações que o agente pode executar, seqüências de percepções até o momento.
- **Medida de desempenho:** critérios para se medir o sucesso do comportamento do agente.
  - **Regra geral:** *é melhor projetar medidas de desempenho de acordo com o resultado realmente desejado no ambiente, em vez de criá-las de acordo com o comportamento esperado do agente.*
- **Racionalidade não é onisciência:** Um agente onisciente sabe o resultado real de suas ações e pode agir de acordo com ele. A racionalidade maximiza o resultado esperado, enquanto a perfeição/onisciência maximiza o resultado real.

# Composição de um Agente

---

- **Execução do programa de agente:** dispositivo ou arquitetura de computação com sensores e atuadores físicos.  
**Agente = Arquitetura + Programa**
- **Função de agente:** Mapeia percepções em ações
- **Programa de agente:** Implementa a função de Agente
- **Arquitetura:** Conjunto dos sensores, atuadores e mecanismo de computação (computador)

# Características de Um Agente

**A abordagem orientada a tabelas para construção de agentes:** está condenada ao fracasso devido à explosão combinatória.

**Desafio fundamental da IA:** descobrir como escrever programas que, na medida do possível, produzam um comportamento racional a partir de uma pequena quantidade de código, e não a partir de um grande número de entradas de tabelas.

**Fase seguinte:** converter todos os tipos básicos em agentes com aprendizado.

Propriedades	Outros Nomes	Significado
Reativo	sensível e atuante	responde, em tempo hábil, a mudanças no ambiente
Autônomo		exercita controle sobre suas ações
orientado à metas	atividade a um propósito	não age simplesmente em resposta ao ambiente
Comunicativo	hábil socialmente	comunica-se com outros agentes, inclusive, talvez, com pessoas
Aprendizado	adaptativo	altera o comportamento frente à experiência prévia
Mobilidade		apto para se locomover de uma máquina para outra
Flexível		ações não seguem um "roteiro"

# Ferramentas Matemáticas para o Projeto de Agentes Inteligentes

---

- O que pode ser inserido dentro de um agente?

*Em geral, todas as técnicas existentes em Inteligência Artificial.*

- Existem alguns tipos básicos de programas de agentes:

a) Agentes Reativos Simples;

b) Agentes Reativos Baseados em Modelo;

c) Agentes Baseados em Objetivos;

d) Agentes Baseados na Utilidade.

e) Agentes Baseados em Aprendizado.

f) Agentes Baseados em Conhecimento

- *Exemplos de técnicas de IA:*

- *Lógica clássica*
- *Lógica nebulosa*
- *Redes neurais*
- *Algoritmos de Busca*
- *Algoritmos genéticos*
- *Árvores de decisão*
- *Redes bayesianas*
- *Cadeias de Markov*
- *etc.*

# Agentes Reativos Simples



# Agentes Reativos Simples

---

- **Características:**

- *Esses agentes selecionam ações com base na percepção atual, ignorando o restante do histórico de percepções;*
- *Esse agente funcionará somente se a decisão correta puder ser tomada com base apenas na percepção atual – ou seja, se o ambiente for completamente observável;*
- *Laços de repetição infinito são inevitáveis nesse tipo de agente operando em ambientes parcialmente observáveis (**ver propriedades dos ambientes de tarefa**);*
- *Ações aleatórias podem retirar o agente de laços infinitos;*
- *A aleatoriedade não é racional, então pode-se fazer muito melhor com agentes determinísticos mais sofisticados.*

# Agentes Reativos Baseados em Modelo

## Agentes que seguem o mundo

- Mantêm um estado interno que será combinado com as novas percepções.



## Agentes Reativos Baseados em Modelo

---

- Características:
  - *Deve haver alguma forma do agente controlar a parte do mundo que ele não vê agora;*
  - *Manter algum tipo de estado interno que dependa do histórico de percepções;*
  - *Refletir aspectos não-observados do estado atual;*
  - *Deve permitir a atualização das informações de estado interno;*
  - *É necessário conhecer duas coisas. Como o mundo evolui independentemente do agente e como as ações do agente afetam o mundo;*
  - *O conhecimento de como o mundo evolui é denominado modelo do mundo.*

# Agentes Baseados em Objetivos



# Agentes Baseados em Objetivos

---

- Características:
  - *O agente precisa também de alguma espécie de informação sobre objetivos que descreva situações desejáveis;*
  - *Ação baseada em objetivos direta (objetivo resulta de uma única ação);*
  - *Às vezes o agente deve considerar longas seqüências de ação até encontrar um meio de atingir o objetivo (algoritmos de Busca e Planejamento);*
  - *Envolvem considerações do futuro;*
  - *Ele é mais flexível (objetivo é explícito e pode ser modificado).*

# Agentes Baseados na Utilidade



# Agentes Baseados na Utilidade

---

- **Características:**

- *Os objetivos distinguem apenas estados possíveis dos impossíveis;*
- *Uma medida de desempenho deve permitir uma comparação entre as soluções possíveis;*
- *Quando maior a **utilidade** de um estado para o agente, então maior será sua preferência pelo agente;*
- *Uma **função de utilidade** mapeia um estado (ou uma seqüência de estados) em um número real;*
- *Especificação completa da **função de utilidade** x **função objetivo**.*
- *Objetivos contraditórios são resolvidos pela **função de utilidade**.*
- *A probabilidade de sucesso pode ser ponderada em relação à importância dos objetivos estocásticos pela **função de utilidade**.*

# Agentes Baseados em Aprendizado

## Agentes com aprendizagem

Padrão de desempenho



## Agentes Baseados em Aprendizado

- *Turing (1950) propõe construir máquinas com aprendizagem e depois ensiná-las;*
- *Ambientes inicialmente desconhecidos sendo desvendados por algoritmos de aprendizado;*
- ***Elemento de Aprendizado:** responsável pela execução de aperfeiçoamentos;*
- ***Elemento de Desempenho:** responsável pela seleção de ações externas. Ele recebe percepções e decide sobre ações;*
- *O **Elemento de aprendizado** utiliza realimentação do **crítico** sobre como o agente está funcionando e decide como o elemento de desempenho deve ser modificado para melhorar o desempenho no futuro;*
- ***Primeira Pergunta:** que tipo de elemento de desempenho meu agente precisará ter para fazer isso depois de ter aprendido como fazê-lo?*
- ***Crítico:** informa ao **elemento de aprendizado** como o agente está se comportando em relação a um padrão fixo de desempenho.*

## Agentes Baseados em Conhecimento

---

- São agentes que
  - *Conhecem seu mundo através de uma **Base de Conhecimento**;*
  - *Raciocinam sobre suas possíveis ações através de uma **Máquina de Inferência**.*
  
- Eles Sabem:
  - *O estado atual do mundo (propriedades relevantes);*
  - *Como o mundo evolui;*
  - *Como identificar estados desejáveis do mundo;*
  - *Como avaliar o resultado das ações;*
  - *Conhecimento sobre conhecimento (meta-conhecimento);*

# Agentes Baseados em Conhecimento (Definições Importantes)

---

- **Dados:**

- *Cadeias numéricas ou alfanuméricas que não possuem significado associado;*
- *Podem ser fatos ou figuras a processar.*

- **Informação:**

- *Dados organizados;*
- *Significam alguma coisa para quem os recebe.*

- **Conhecimento:**

- *Representa objetos (entidades) de algum domínio, com suas propriedades e relações.*

- **Meta-conhecimento:**

- *Conhecimento sobre o conhecimento disponível.*

*Ex: Regras sobre "como" manipular as regras sobre conhecimento que estão em uma base.*

# Agentes Baseados em Conhecimento (Definições Importantes)

- Sistemas Baseados em Conhecimento:

- *Têm uma Base de Conhecimento e uma Máquina de Inferência associada;*

- *Formalizam e implementam parte dos **agentes**.*

- Qual a diferença entre Agentes e Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC)?

- Agentes interagem com o ambiente onde estão imersos através dos **SENSORES** e **ATUADORES**;

- Base de Conhecimento:

- Contém sentenças em uma linguagem de representação de conhecimento;

- Representações de fatos e regras;

- Conhecimento em forma “tratável” pelo computador.

Exemplo:            Computador é um aparelho eletrônico.

DX50 é um computador.

- Mecanismo (Máquina) de Inferência:

- Responsável por inferir, a partir do conhecimento da base, novos fatos ou hipóteses intermediárias/temporárias.

# Introdução ao Processo de Inferência

## Inferência ( "Leis do Pensamento" )

- Filósofo Grego Aristóteles (SILOGISMOS)

Sócrates é um homem

Todos os homens são mortais

Sócrates é mortal

- Como Inferir que PREMISSAS CORRETAS acarretam sempre CONCLUSÕES CORRETAS? Este é o papel da Lógica Matemática.

## Adequação Inferencial

*Em IA deu-se origem ao termo ADEQUAÇÃO INFERENCIAL, que é a capacidade de manipular as estruturas representacionais de modo a derivar novas estruturas que correspondem a novos conhecimentos, inferidos a partir de conhecimentos antigos.*

## Inferência x Lógicos do Século XIX

- ***As leis do pensamento deram origem ao campo denominado LÓGICA.***

- ***Notação precisa para declarações sobre todos os tipos de coisas no mundo e sobre as relações entre elas.***

- ***George Boole (1847): Lógica Booleana.***

- ***Frege (1879): Incluiu objetos e relações na LB e criou a lógica de Primeira Ordem.***

- ***Tarski (1902-1983): Mostra como relacionar os objetos de uma lógica a objetos do mundo real.***

# Ambiente: Onde os agentes vivem e atuam

---

- Propriedades dos Ambientes
- Observável x Parcialmente Observável
- Determinístico x Estocástico
- Episódico x Seqüencial
- Estático x Dinâmico
- Discreto x Contínuo
- Agente Único x Multiagente

# Observável x Parcialmente Observável

- **Ambiente completamente observável:** *ocorre quando os sensores do agente permitem acesso completo do ambiente em cada instante, ou seja, todos os aspectos relevantes para a tomada de escolha da ação são considerados.*
- O agente não precisa manter qualquer estado interno para controlar o mundo se o ambiente for completamente observável.
- Exemplos:
  - Aspirador de pó com sensor de sujeira local;
  - Táxi automatizado não pode saber o que outros motoristas estão pensando.

# Determinístico x Estocástico

---

*Se o próximo estado do ambiente é determinado pelo estado atual e pela ação executada pelo agente, dizemos que o ambiente é determinístico; caso contrário, ele é estocástico.*

- Ambientes parcialmente observáveis poderá parecer estocástico. É difícil controlar todos os aspectos não-observados.
- É melhor considerar um ambiente *determinístico* ou *estocástico* do ponto de vista do agente.
- **Exemplos:**
  - *Motorista de táxi: comportamento dos outros motoristas imprevisível.*
- Se o ambiente é determinístico exceto pela ação de outros agentes, diz-se que o ambiente é estratégico.

## Episódico x Seqüencial

---

- **Ambientes Episódicos**: Cada episódio consiste na percepção do agente, e depois na execução de uma única ação. Em ambientes episódicos, a escolha em cada episódio só depende do próprio episódio.

*Exemplo: Agente que localiza peças defeituosas.*

- **Ambientes Seqüenciais**: a decisão atual poderia afetar todas as decisões futuras. O agente precisa pensar à frente.

*Exemplo: Jogo de xadrez e motorista de táxi.*

# Estático x Dinâmico

- Se um ambiente puder se alterar enquanto um agente está raciocinando, diz-se que o ambiente é dinâmico para esse agente; caso contrário, ele é estático.
- Ambientes estáticos:** o agente não precisa continuar a observar o mundo enquanto está decidindo sobre as ações e nem se preocupar com a passagem do tempo.

## O Mundo de Wunpus

4	Olfato		Brisa	POÇO
3	WUNPUS	Brisa Olfato Ouro	POÇO	Brisa
2	Olfato		Brisa	
1	Mocinho	Brisa	POÇO	Brisa
	1	2	3	4

## Discreto x Contínuo

---

- A distinção entre discreto e contínuo pode-se aplicar ao estado do ambiente, como o tempo é tratado ou as percepções e ações do agente.
- **Exemplos de estados discretos:** jogo de xadrez, câmara digital.
- **Exemplos de estados contínuos:** velocidade e posição do táxi, ângulos de rotação do volante, etc.

# Agente Único x Multiagentes

---

- **Multiagente:**
  - Competitivo (xadrez);
  - Parcialmente cooperativo (motorista).
- **Caso mais difícil:** parcialmente observável, estocástico, seqüencial, dinâmico, contínuo e multiagente.

# Alguns Exemplos de Ambientes de Tarefas

---

	Solitaire	Backgammon	Internet shopping	Taxi
<u>Observable??</u>	Yes	Yes	No	No
<u>Deterministic??</u>	Yes	No	Partly	No
<u>Episodic??</u>	No	No	No	No
<u>Static??</u>	Yes	Semi	Semi	No
<u>Discrete??</u>	Yes	Yes	Yes	No
<u>Single-agent??</u>	Yes	No	Yes (except auctions)	No