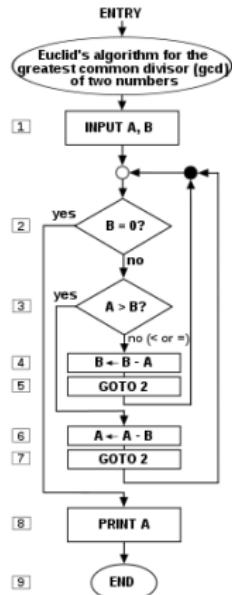


Inteligência Artificial - Conceitos

- Algoritmo
- Inteligência Artificial
- IA Forte & IA Fraca
- Teste de Turing
- Raciocínio (indutivo/dedutivo)
- Aprendizado de Máquina
- Paradigmas de Aprendizado (supervisionado, não-supervisionado, por reforço)
- Espaço Vetorial & Atributos Descritivos
- Extração de Características
- Estratégia de Resolução de Problemas (clássica/*End-to-End*)
- Aprendizado Profundo
- Lógica(s)
- Redes Bayesianas
- Planejamento
- Espaço de Hipóteses & Erros

Algoritmo

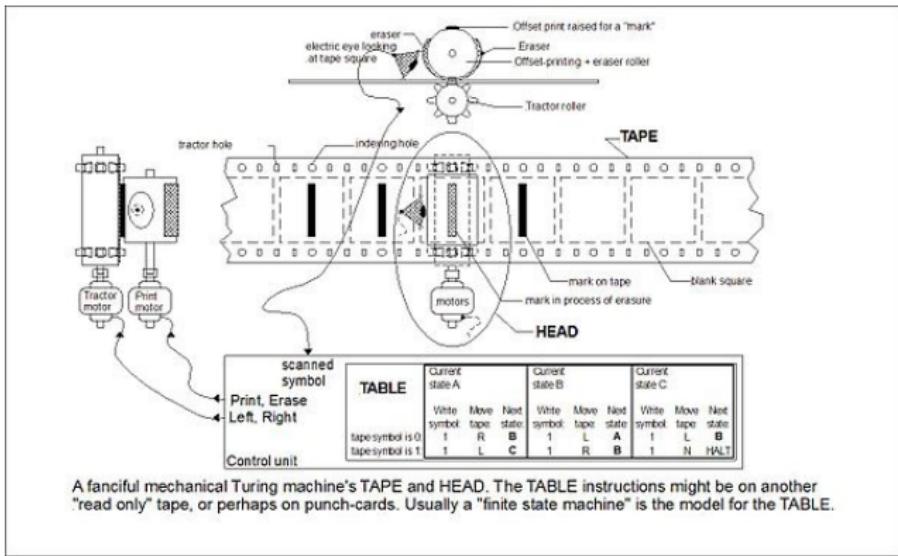
"We define an algorithm to be a **set of rules** that precisely defines a **sequence of operations** such that each rule is **effective** and **definite** and such that the **sequence terminates** in a finite time." Stone



- 300 AC - Algoritmo de Euclides
 - 820 - Al-Khawarizmi descreve algoritmos para resolver equações quadráticas e sistema linear de equações
 - 1837 - Charles Babbage descreve a Máquina Analítica
 - 1843 - Ada Lovelace escreve o primeiro algoritmo para uma máquina de computar
 - 1936 - Alan Turing descreve a Máquina de Turing Universal



Máquina de Turing



- Máquina de Estado (algoritmo) + Fita (memória de dados)
- Equivalência: função computável, algoritmo e máquina de Turing
- Máquinas são enumeráveis: Discreto (contável) vs Contínuo (incontável)

Inteligência Artificial

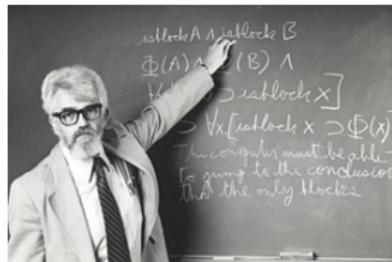
Dartmouth workshop (1956)

"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.**"

- robótica
- controle
- visão computacional

- reconhecimento de voz
- linguagem natural

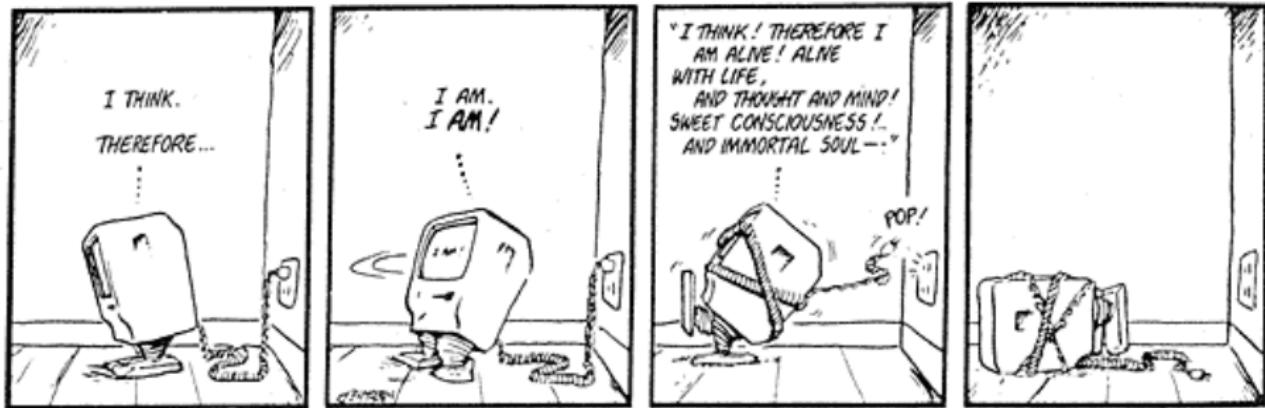
- otimização
- raciocínio
- planejamento



IA Forte & IA Fraca

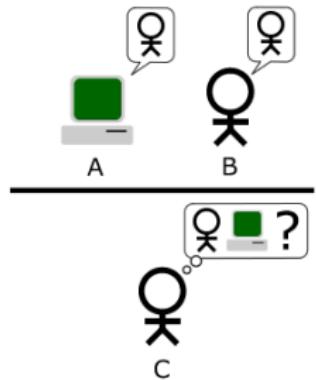
- IA Forte: tem consciência do raciocínio
- IA Fraca: simula raciocínio

Bloom County by Berke Breathed

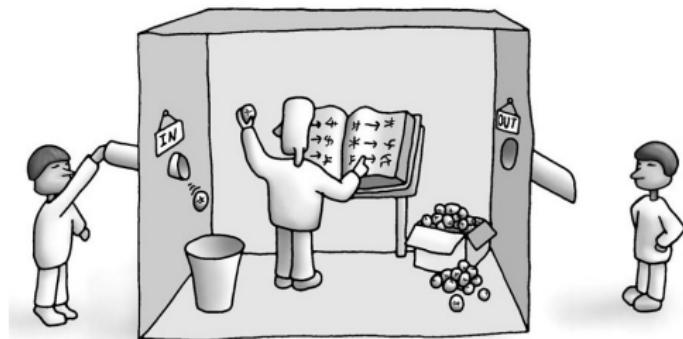


Teste de Turing

Jogo da Imitação



Sala Chinesa (John Searle)



Teste de Consciência?



Raciocínio (indutivo/dedutivo)

Raciocínio Dedutivo

- Conhece: $p(a,b)$, $p(a,d)$, $p(d,e)$, $p(d,g)$, $p(e,f)$, $p(X,Y) \wedge p(Y,Z) \rightarrow p(X,Z)$
- Conclui: $p(a,e)$, $p(a,g)$, $p(a,f)$ e $p(d,f)$

Argumento dedutivo:

- Todo homem é mortal.
- Sócrates é homem.
- Logo, Sócrates é mortal.

Raciocínio (indutivo/dedutivo)

Raciocínio Indutivo

- Observa: $p(a,b)$, $p(a,d)$, $p(d,e)$, $p(d,g)$, $p(e,f)$, $p(a,e)$ e $p(d,f)$
- Aprende: $p(X,Y) \wedge p(Y,Z) \rightarrow p(X,Z)$

Argumento indutivo:

- O ferro conduz calor.
- O ouro conduz calor.
- A prata conduz calor.
- O chumbo conduz calor.
- Logo, todo metal conduz calor.

Aprendizado de Máquina



Aprendizado de Máquina

“Um programa de computador aprende se ele é capaz de melhorar seu desempenho em determinada tarefa, sob alguma medida de avaliação, a partir de experiências passadas.”
(Tom Mitchell)

Exemplificando

- programa de computador: “rede neural artificial” ou “árvore de decisão”
- desempenho: com o **passar do tempo (iterações)** o modelo resultante do uso do algoritmo deve errar menos
- tarefa: identificar se uma imagem de um rosto é referente a uma pessoa ou não, ou decidir se uma pessoa merece receber crédito financeiro
- medida: a taxa de acertos do modelo resultante do uso do algoritmo mediante uma amostra de dados usada para teste
- experiências (*dataset*): dados que iterativamente são colocados como entrada no algoritmo de treinamento (ou indução) do modelo.

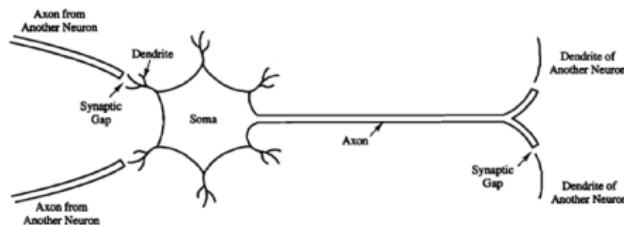
Algoritmo para
treinamento

Algoritmo para
aplicação

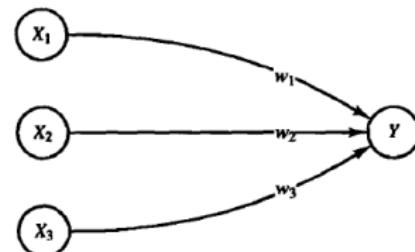
Aprendizado de Máquina

Alguns conceitos com base nas redes neurais artificiais (um exemplo de implementação de aprendizado de máquina):

Inspiração biológica



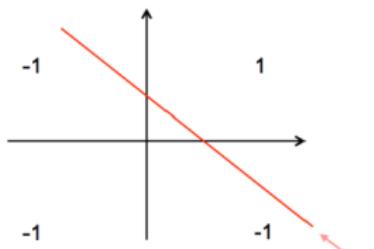
Modelo gráfico



$$y_{inj} = b_j + \sum_i x_i w_{ij}$$

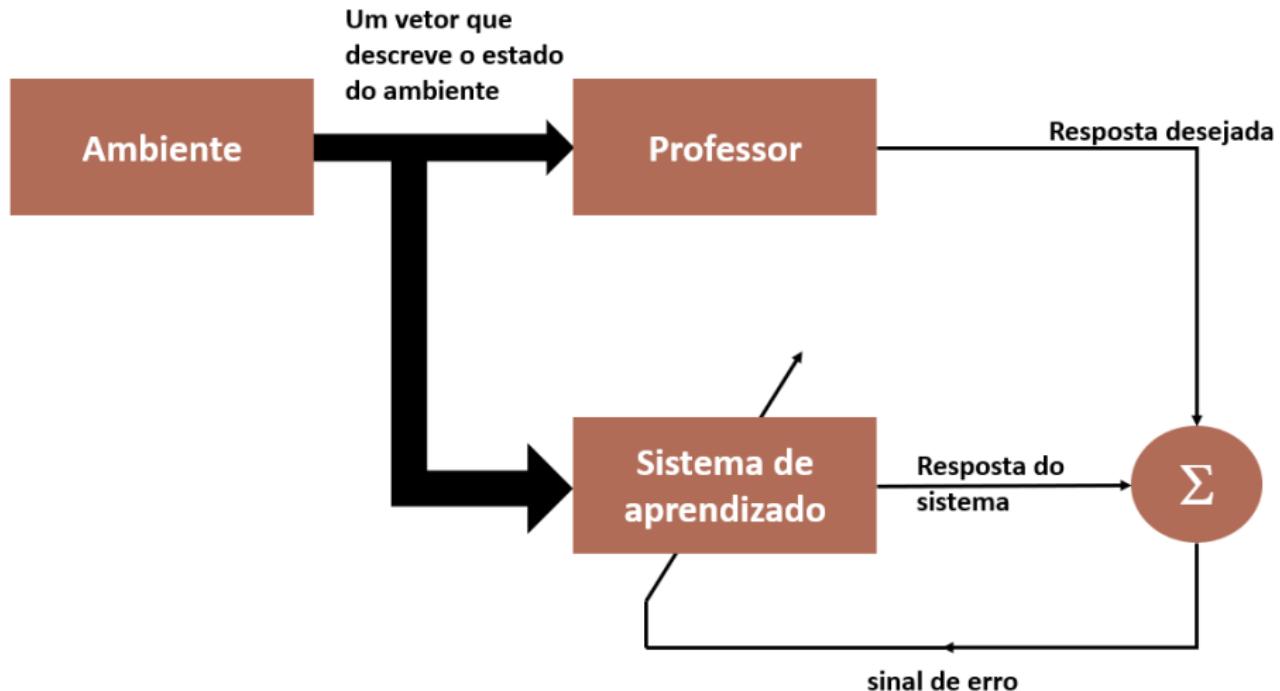
$$y_j = f(y_{inj})$$

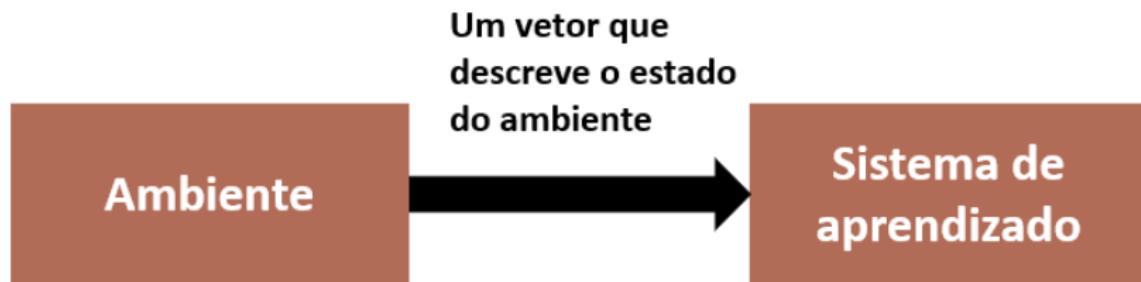
Modelo matemático para o neurônio

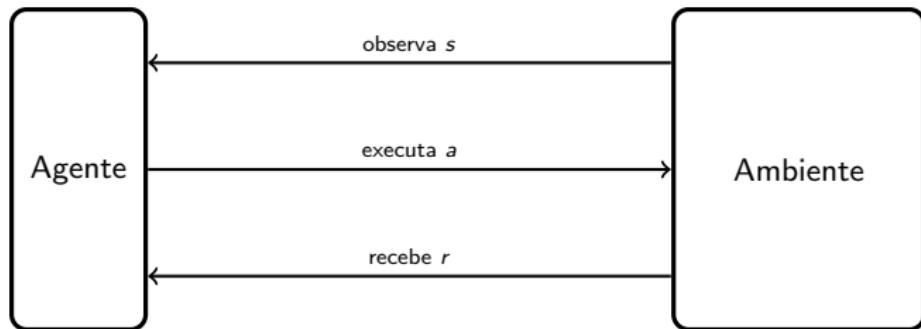


Modelo de decisão

Paradigmas de Aprendizado - supervisionado

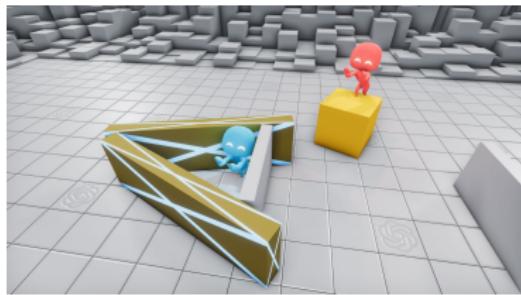
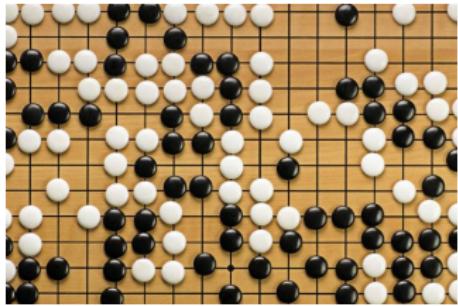


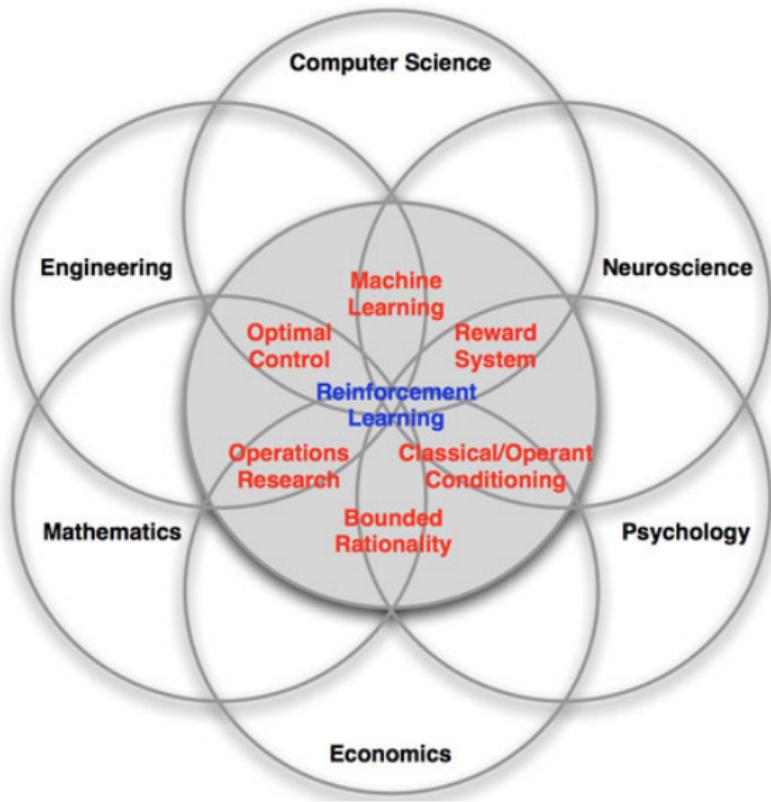




- Escolha do agente **interfere** nas escolhas futuras
- Objetivo: **descobrir** melhor forma de agir (buscar recompensas positivas e evitar recompensas negativas)
- Estratégia: **tentativa e erro** e generalização

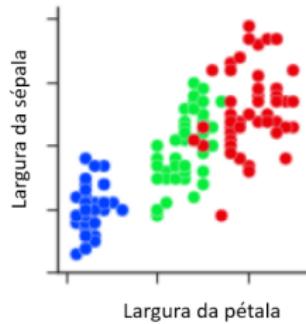
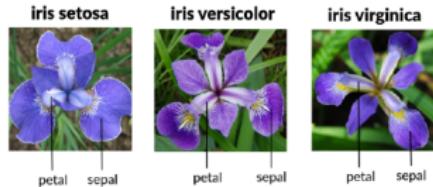
Aprendizado por reforço: aplicações



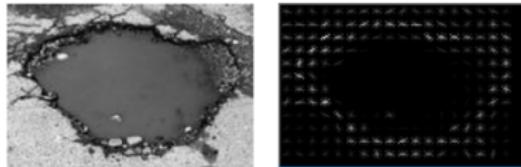
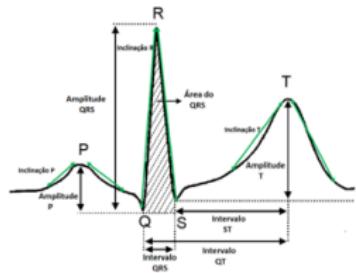


Espaço vetorial & atributos descritivos

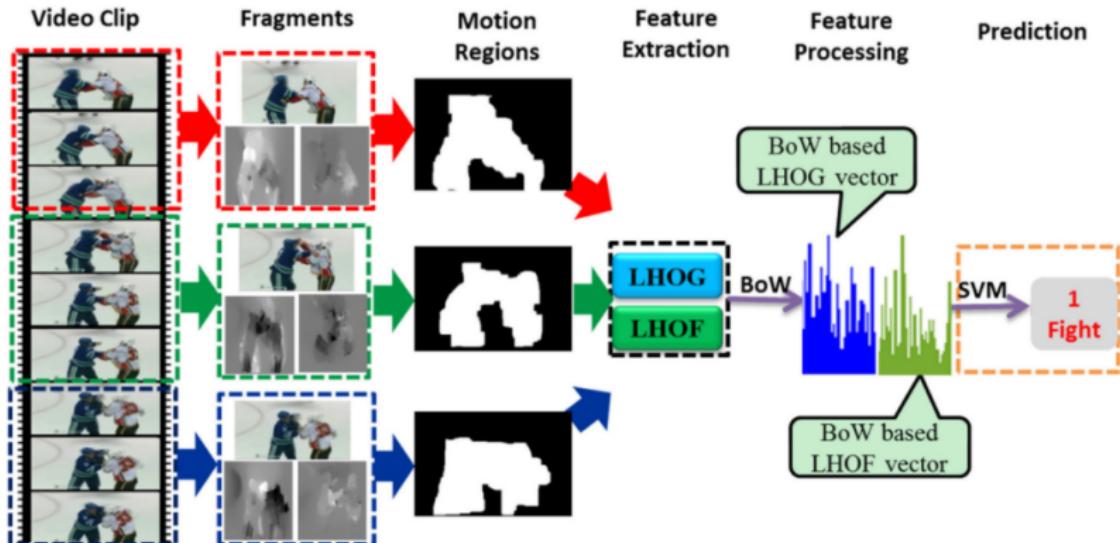
Espaço vetorial: conjunto não vazio, cujos elementos são chamados de vetores. Com esses vetores, nós podemos efetuar combinações lineares (representação de um vetor por meio de operações sobre outros vetores).



Extração de Características



Estratégia de Resolução de Problemas (Clássica/*End-to-End*)



doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203668.g001>

DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203668.g001>

Estratégia de Resolução de Problemas (Clássica/*End-to-End*)



Aprendizado Profundo

- Algoritmos de aprendizado de máquina dependem fortemente da representação dos dados - a forma como os dados são apresentados ao algoritmo.
- Cada pedaço de informação incluída na representação dos dados é conhecida como *feature* (característica descritiva).
- O algoritmo de aprendizado de máquina (tradicional) não tem o controle sobre quais características são fornecidas a ele, embora, a depender do algoritmo usado, determinadas características influenciarão mais ou menos a resposta, ou modelo, gerada.

Pense: fazer contas com algarismos arábicos e fazer contas com algarismos romanos.

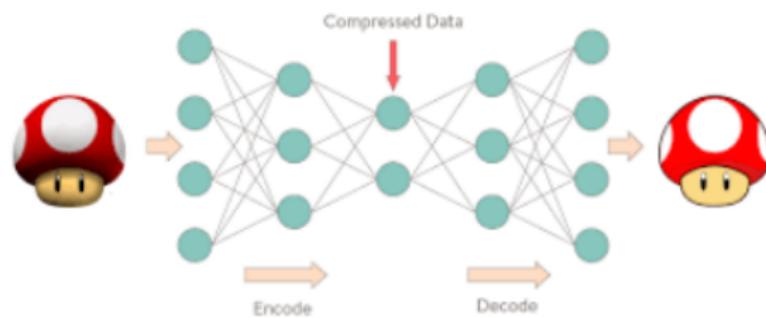
$$\begin{array}{r} 2009 \\ - 109 \\ \hline 19 \\ \hline 105 \\ - 95 \\ \hline 14 \end{array}$$

$$\begin{aligned} & \text{MCCXXIII} + \text{MCXIV} \\ & = \text{MCXXIII} + \text{MCXIII} \\ & \quad \text{M} \quad \text{CC} \quad \text{XX} \quad \text{III} \\ & + \quad \text{M} \quad \text{C} \quad \text{X} \quad \text{III} \\ & = \text{MM CCC XXX IIIIIII} \\ & = \text{MMCCCXXXVII} \end{aligned}$$

Aprendizado Profundo

Uma solução para esse problema é usar o aprendizado de máquina tanto para **descobrir o mapeamento da representação (entrada) para a saída**, quanto a **representação em si: representation learning**.

O exemplo clássico é o *autoencoder*: uma combinação de uma função de codificação - que converte os dados em uma representação, com uma função de decodificação - que converte a representação de volta ao formato original.



<https://towardsdatascience.com/deep-autoencoders-using-tensorflow-c68f075fd1a3>

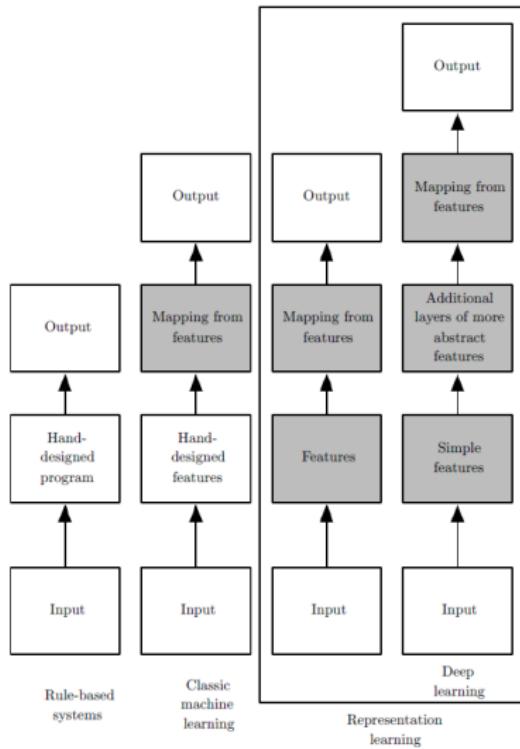
Aprendizado Profundo

Os autores Goodfellow, Bengio e Courville (2016) resumem que:

Aprendizado profundo é

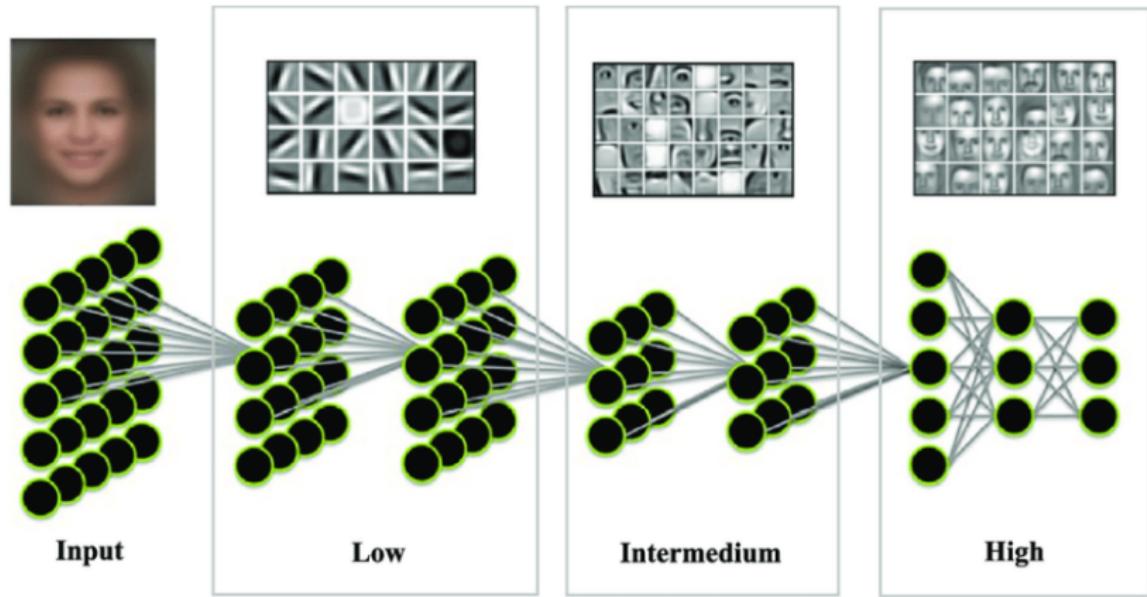
... um tipo de aprendizado de máquina que possui muito poder e muita flexibilidade porque aprende a representar o mundo como uma hierarquia de conceitos aninhados, sendo que cada conceito é definido em termos de conceitos mais simples, e como representações mais abstratas computadas em termos de outras menos abstratas.

Aprendizado Profundo



* Goodfellow, Bengio e Courville (2016) Pg. 10.

Aprendizado Profundo



DOI: 10.1016/j.cma.2019.01.005

Representação de Conhecimento

■ Lógica Proposicional

- Símbolos (frases, proposições) que podem assumir verdadeiro ou falso
- relações lógicas entre proposições (AND, NOT, OR, \rightarrow)
- Base de conhecimento: proposições conhecidas como verdadeiras

■ Exemplo

- Base de Conhecimento: Se está chovendo então está nublado ($P \rightarrow Q$)
- Observação: Está chovendo (P)
- Conclusão: Está nublado (Q)

■ Inferência

- **consistência e completude**
- verificação de modelo (análise combinatória)
- busca (heurística)

Representação de Conhecimento

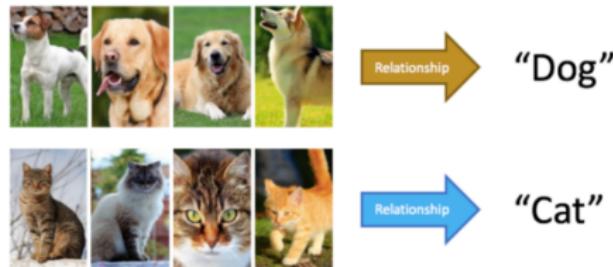
■ Lógica de Primeira-Ordem

- objetos (entidades) formam o domínio do discurso
Ex: Platão, Socrates
- Predicados: formam proposições a partir de entidades
Ex: $F(\text{Platão}) = \text{'Platão é filósofo'}$
- Funções: criam entidades a partir de outras entidades
Ex: $m(\text{Platão}) = \text{'Mestre de Sócrates'}$
- Quantificadores: utiliza variáveis para expressar generalizações
Ex: Todo homem é mortal = $\forall x H(x) \rightarrow M(x)$

Aprendizado de Máquina como Lógica

■ Aprendizado Supervisionado

- dados são relações do tipo implica (\rightarrow)
- lógica proposicional (pixéis, tokens, planilhas)
 $\neg X_1, X_2, \neg X_3, \neg X_4 \rightarrow Y_1, \neg Y_2$
⋮
 $\neg X_1, \neg X_2, \neg X_3, X_4 \rightarrow Y_1, Y_2$
- aprendizado ‘aprende’ conceitos



Aprendizado de Máquina como Lógica

■ Aprendizado Não Supervisionado

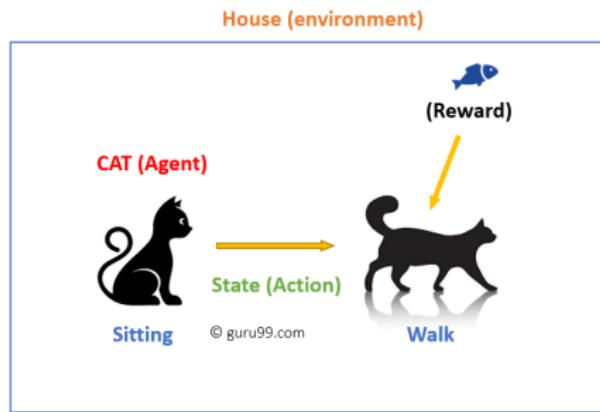
- dados são conjunções ('AND')
 $(\neg X_1, X_2, \neg X_3, \neg X_4), \dots, (\neg X_1, \neg X_2, \neg X_3, X_4)$
- aprendizado 'cria' conceitos \tilde{Y}_1, \tilde{Y}_2
- aprendizado 'descobre' relações $\neg X_1, X_2 \rightarrow X_3$



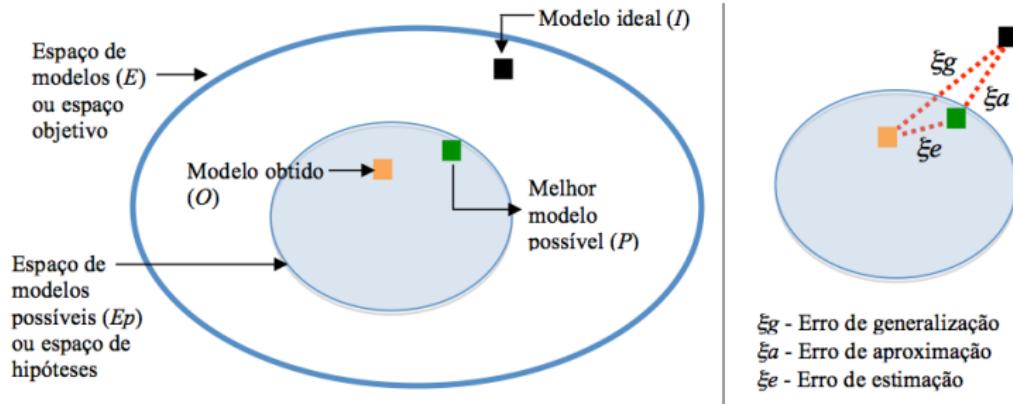
Aprendizado de Máquina como Lógica

■ Aprendizado por Reforço

- agente interfere no ambiente por meio de controle
- dados envolve conjunções de **estado**, **controle** e **avaliação**
 $(\neg S_1, \neg S_2, \dots, S_N, \neg A_1, \neg A_2, \dots, \neg A_N) \rightarrow \mathbb{R}$
⋮
 $(S_1, \neg S_2, \dots, \neg S_N, A_1, \neg A_2, \dots, \neg A_N) \rightarrow \mathbb{R}$
- aprendizado 'descobre' controle com melhor avaliação

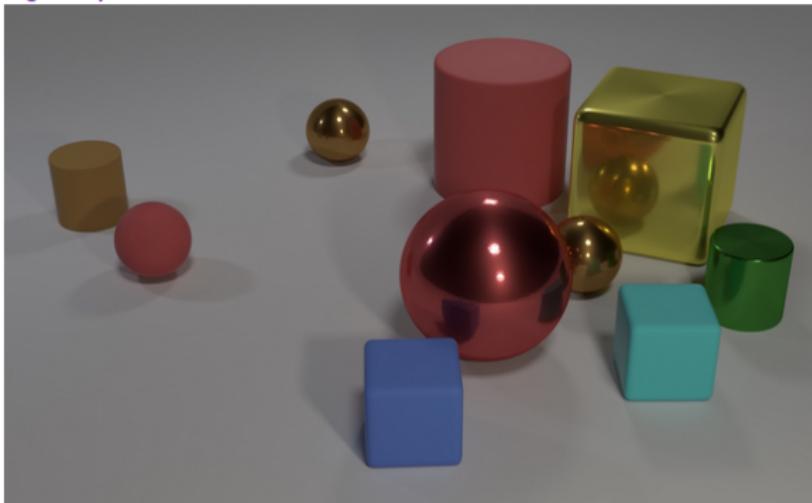


Espaço de Hipóteses & Erros



Aprendizado Supervisionado encontra Lógica

Questions in CLEVR test various aspects of visual reasoning including **attribute identification, counting, comparison, spatial relationships, and logical operations.**



Q: Are there an **equal number** of **large things** and **metal spheres**?

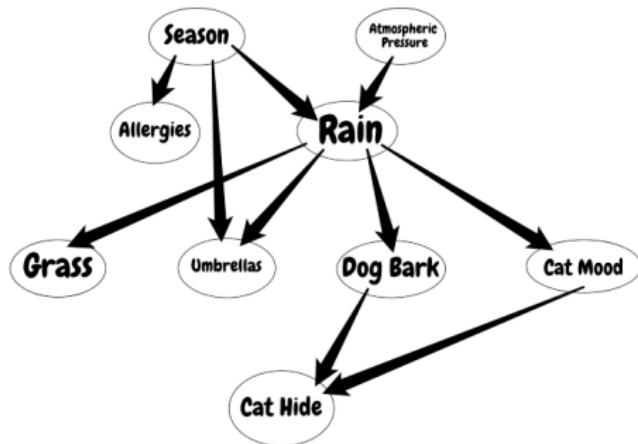
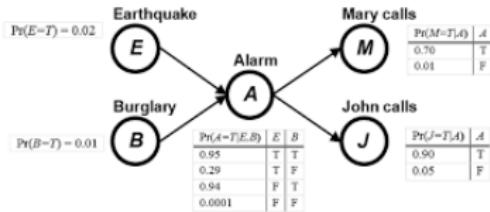
Q: **What size** is the **cylinder** **that is left of** the **brown metal** thing **that is left of** the **big sphere**?

Q: There is a **sphere** with the **same size as** the **metal cube**; is it **made of the same material as** the **small red sphere**?

Q: **How many** objects are **either** **small cylinders** or **red things**?

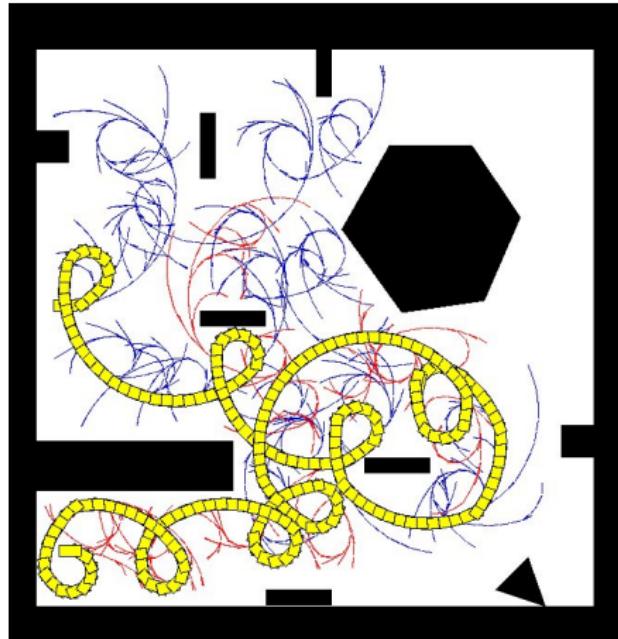
Probabilidades encontra Lógica

- Redes Bayesianas
- probabilidade conjunta (análise combinatória)
- condicionalmente independentes
- inferência: dada observação de algumas variáveis, inferir probabilidade de ocorrência sobre outras variáveis



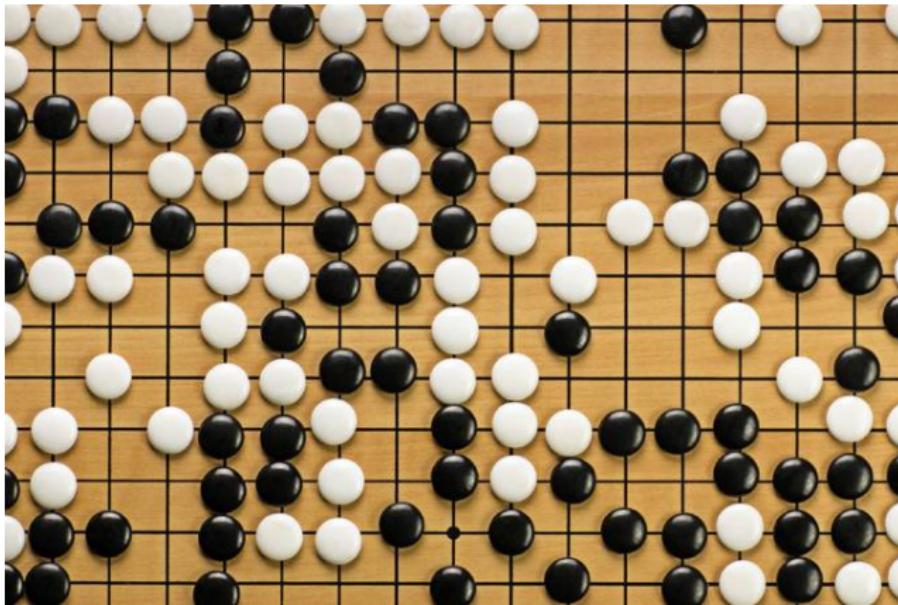
Controle encontra Lógica

- Planejamento Clássico
 - estado representado por lógica de primeira ordem
 - operadores alteram estado
 - objetivo: chegar no estado meta
- Planejamento Probabilístico
 - transições probabilística entre estados
- Descrição do Problema: dinâmica do mundo

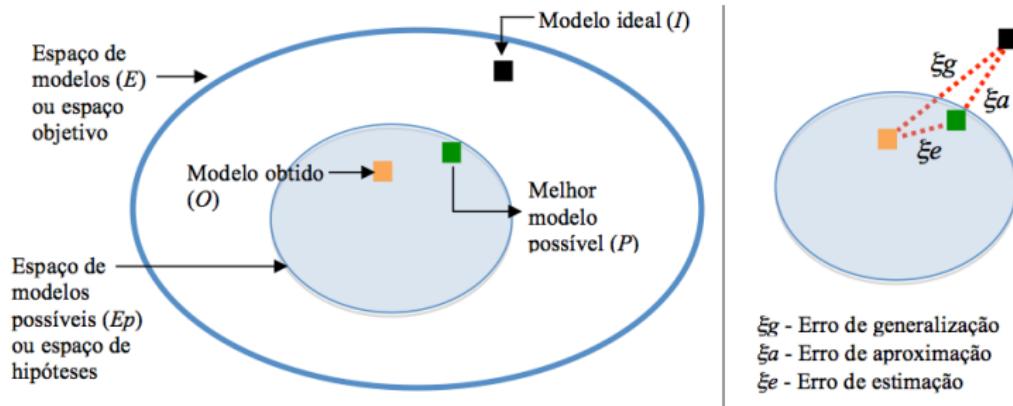


Aprendizado por Reforço encontra Planejamento

- AlphaGo: primeiro programa de computador a bater um jogador profissional de Go



Espaço de Hipóteses & Erros



Profa. Dra. Sarajane Marques Peres
sarajane@usp.br

Prof. Dr. Valdinei Freire
valdinei.freire@usp.br

Universidade de São Paulo - USP
Escola de Artes, Ciências e Humanidades - EACH

