

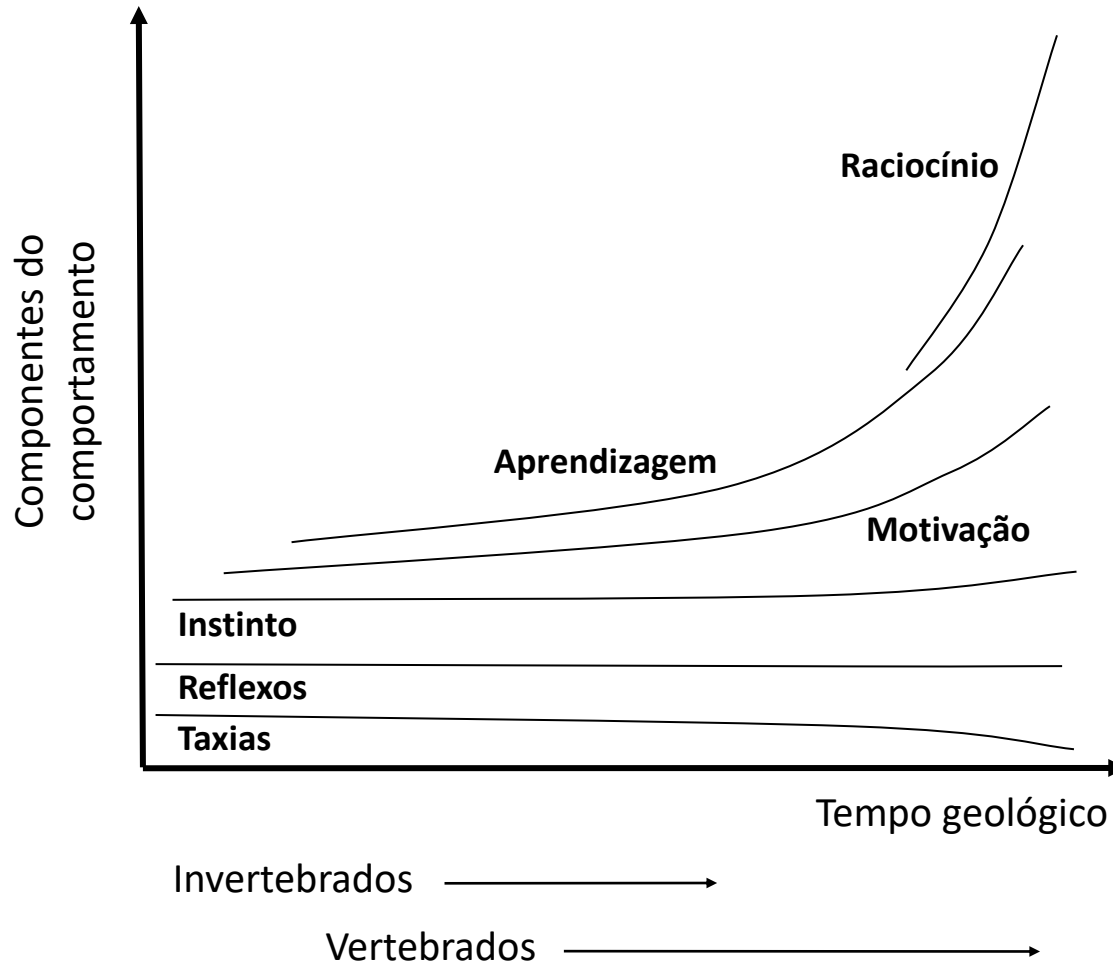
# **MODELOS COGNITIVOS**

Luís Morgado

ISEL-DEETC

# DESENVOLVIMENTO FILOGENÉTICO DE DIFERENTES COMPONENTES DO COMPORTAMENTO

(adaptado de [Shepherd, 1994])

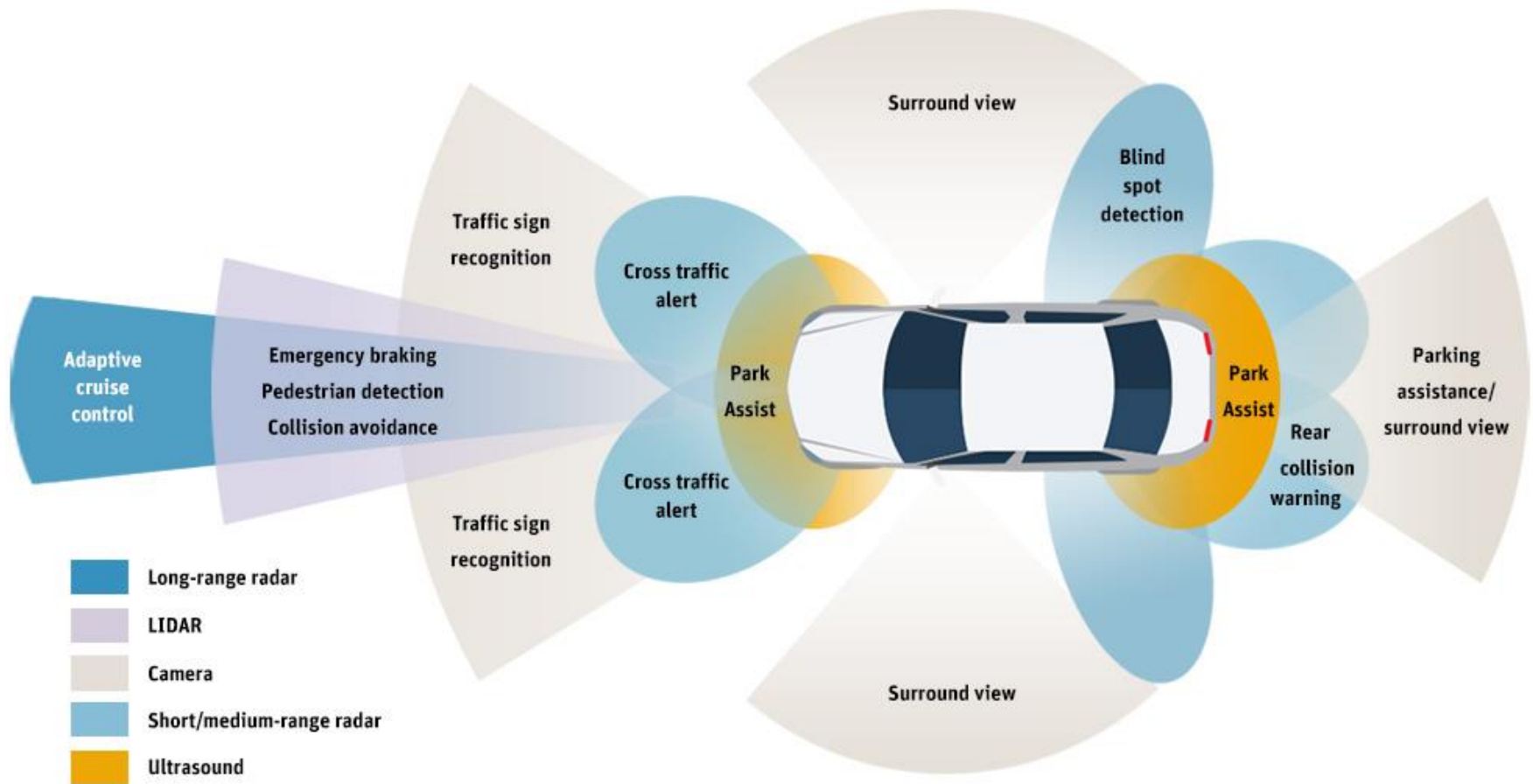


# INTELIGÊNCIA

- **Mundo externo**
  - Percepção
  - Acção
- **Comportamento**
  - Propósito
  - Adaptação
  - Inovação
- **Mundo interno**
  - Modelos do mundo
  - O que fazer
  - Como fazer

# REPRESENTAÇÃO INTERNA DO MUNDO

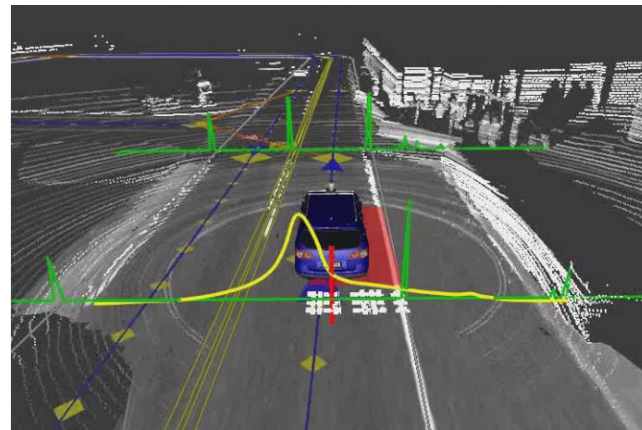
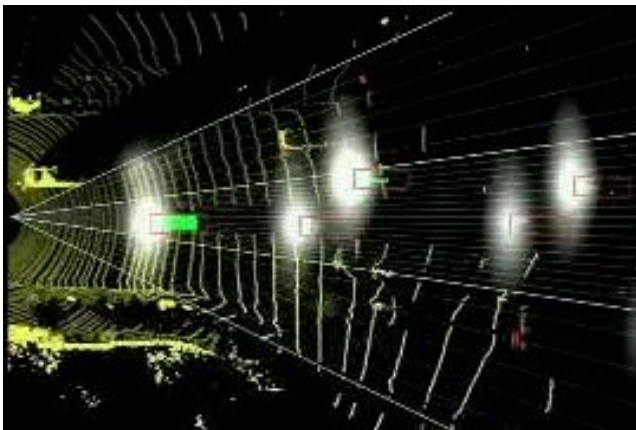
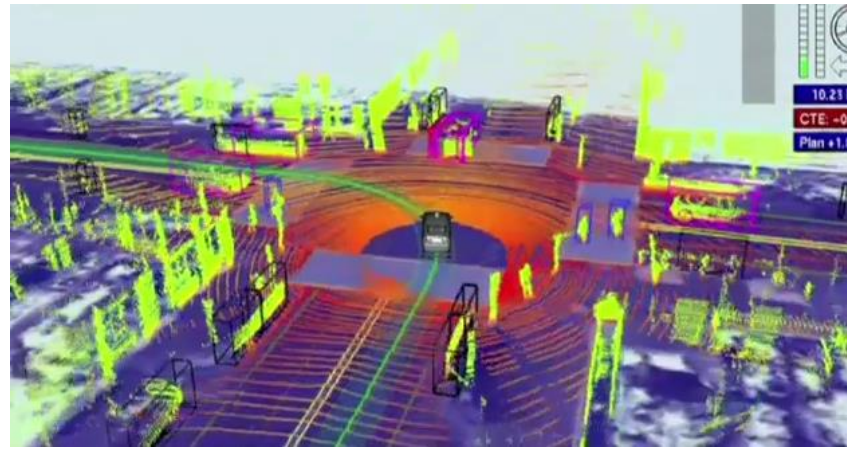
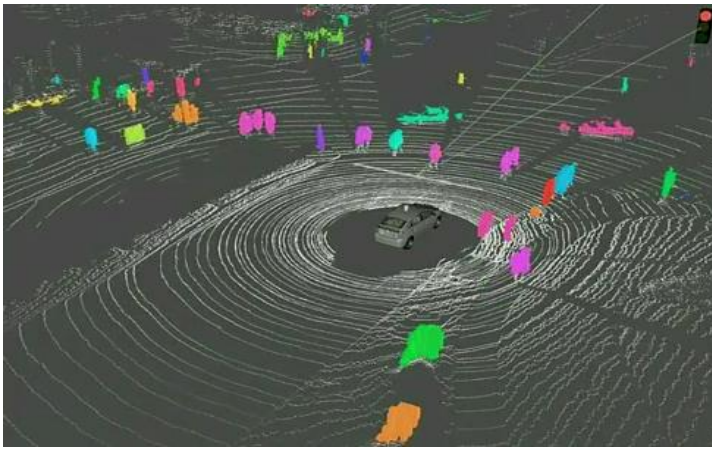
## PERCEPÇÃO DO MUNDO



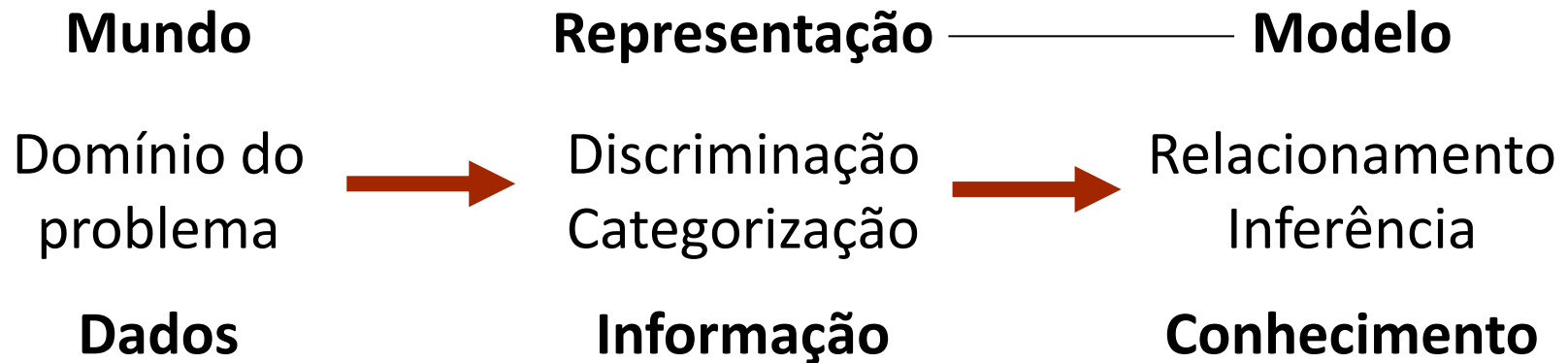
# REPRESENTAÇÃO INTERNA DO MUNDO

## O PROBLEMA DA REPRESENTAÇÃO

Como gerar uma representação interna do mundo adequada para suporte de processamento cognitivo eficiente



# REPRESENTAÇÃO INTERNA DO MUNDO



SISTEMAS COGNITIVOS

**NÍVEL  
COGNITIVO**

Relacionamento  
Inferência

Conhecimento

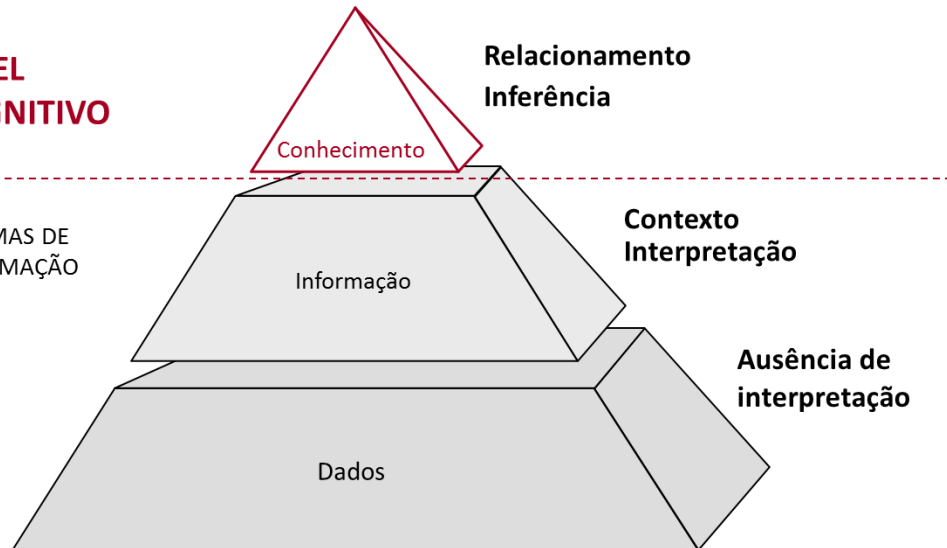
SISTEMAS DE  
INFORMAÇÃO

Contexto  
Interpretação

Informação

Ausência de  
interpretação

Dados



# MODELO COGNITIVO

- **Representação de um domínio de descrição (problema, sistema) a nível cognitivo**
  - Modelação de processos cognitivos
  - Percepção
  - Representação de conhecimento
  - Aprendizagem
  - Raciocínio
- **Perspectiva computacional**
  - **Modelo computacional**
    - Simbólico
    - Sub-simbólico

# REPRESENTAÇÃO INTERNA DO MUNDO

- **Fenómeno**

- **Características**

- Dimensões de categorização
    - Categoria

- **Vectores de características**

- **Espaços de características**

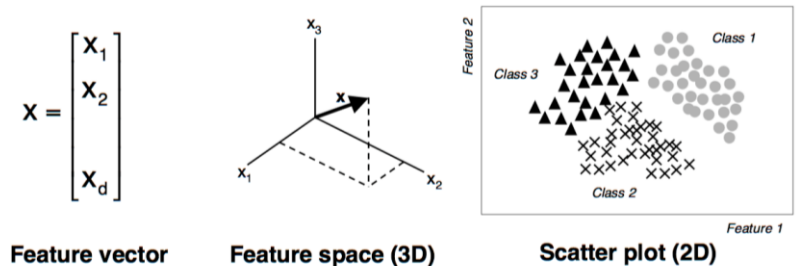
- **Conceito**

- **Propriedades**

- Características
      - Conceitos
      - » ...

Estruturação a diferentes  
níveis de organização

## Percepção



# FORMAÇÃO DE CONCEITOS

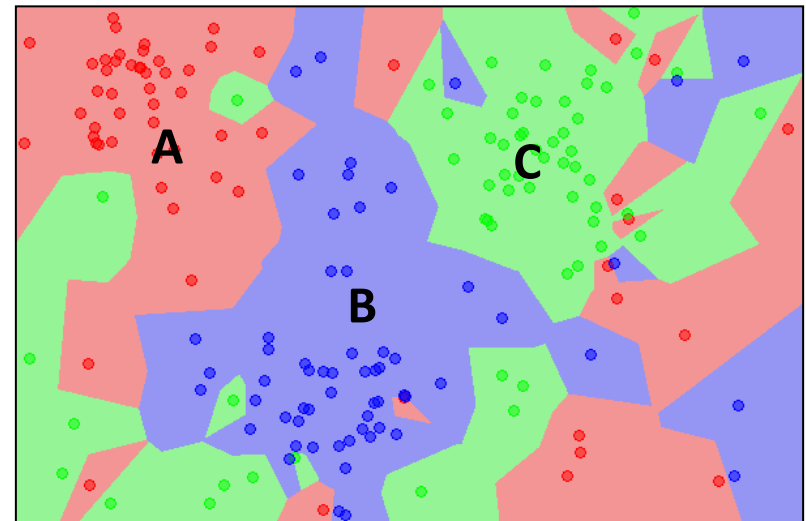
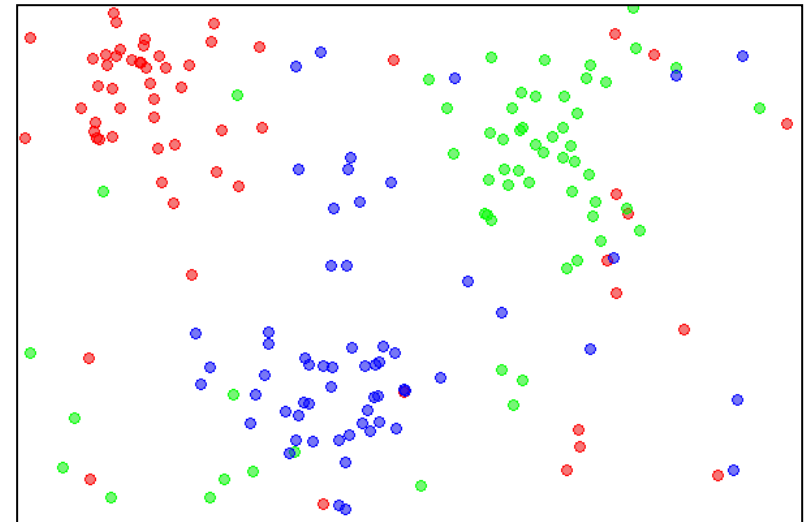
## ESPAÇO DE CARACTERÍSTICAS (*FEATURE SPACE*)

**Posições** específicas  
representam **instâncias** de  
percepção (e.g. **objectos**)



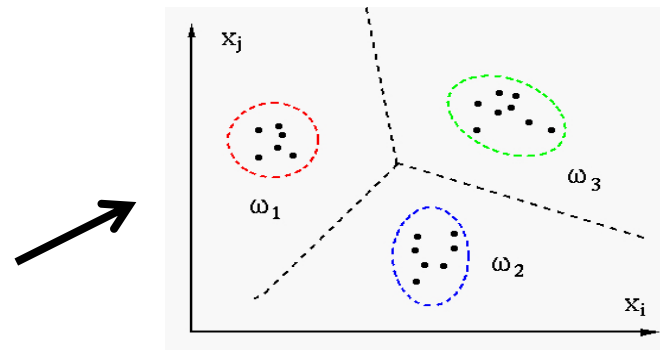
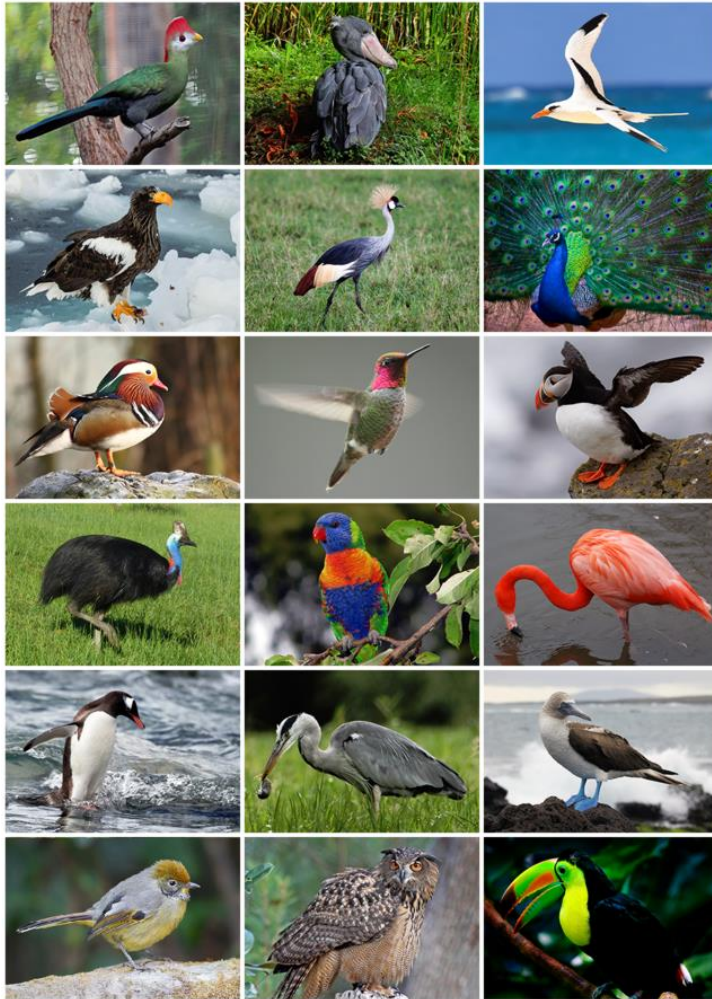
Proximidade  
Agrupamento  
Categorização

**Regiões** representam  
**propriedades e**  
**conceitos**





# FORMAÇÃO DE CONCEITOS



**Conceito:** ave

**Propriedades:** cobertura, patas, ...

**Domínios:**

cobertura = {cor, textura, ...}

patas = {cor, número, ... }

**Dimensões:**

cor = {R, G, B}

número =  $N^0$

# REPRESENTAÇÃO DE CONCEITOS

## ESTRUTURAS SIMBÓLICAS

Conceitos representados por estruturas simbólicas organizadas a diferentes níveis de descrição

**ave** é um **animal**

**ave** tem **cobertura** de **penas**



**cobertura** tem **textura**

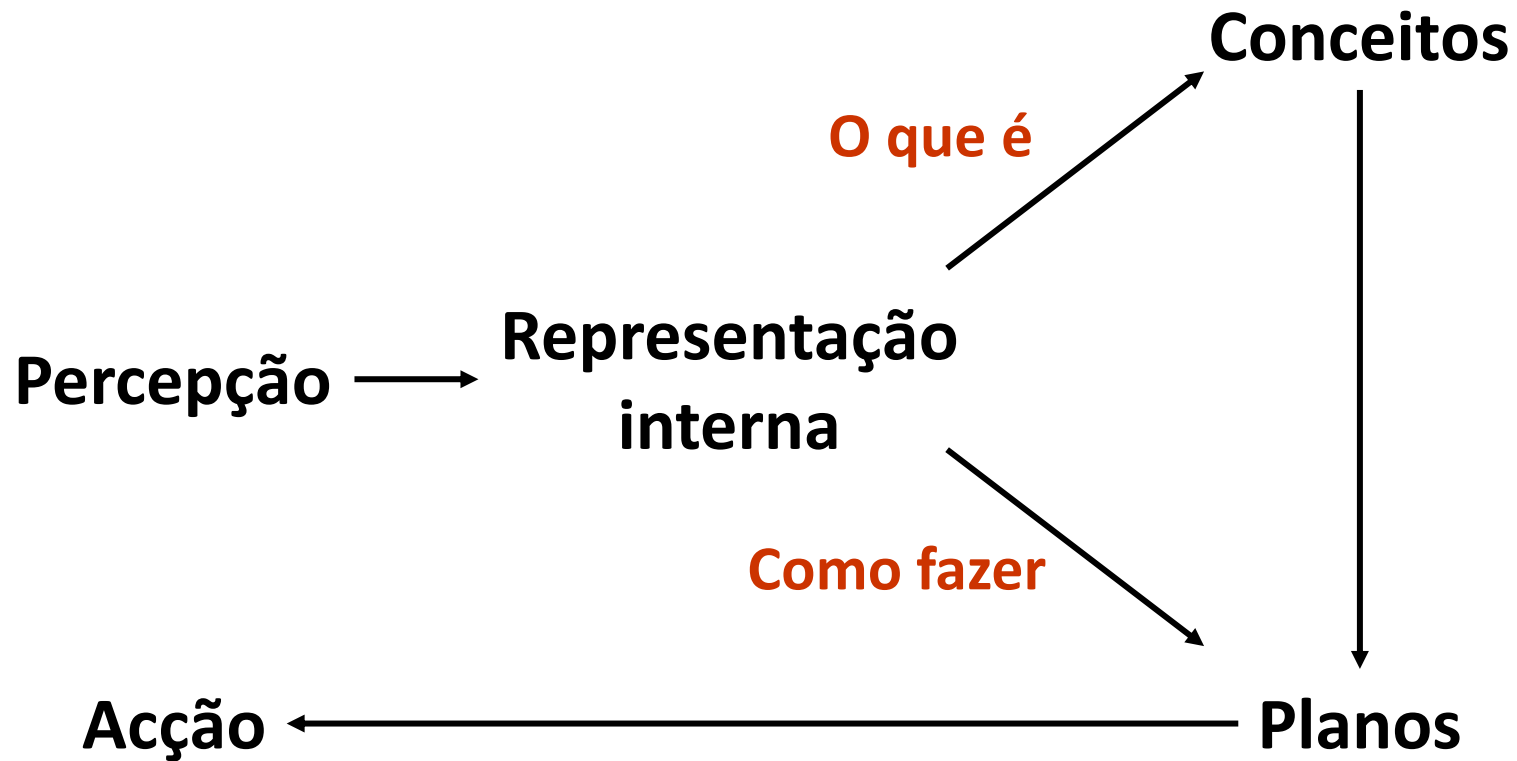
**cobertura** tem **cor**



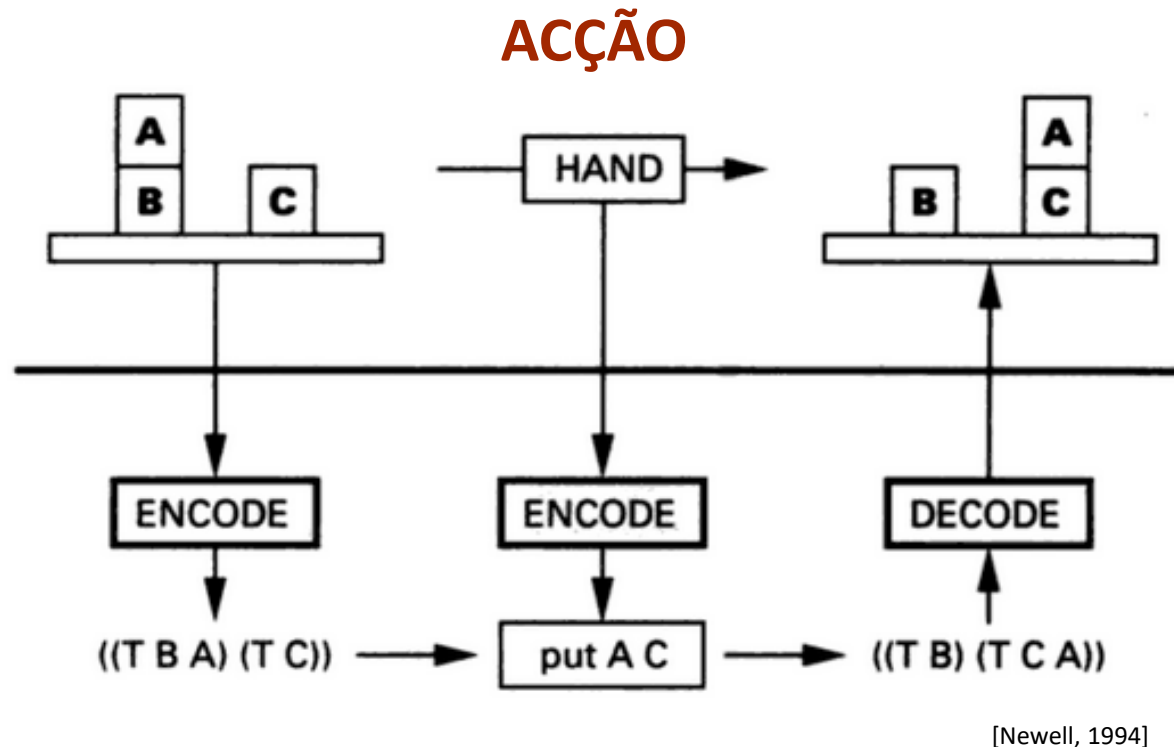
**cor** é composta por **R, G, B**

**número** é **inteiro**

# REPRESENTAÇÃO DE ACÇÃO



# REPRESENTAÇÃO DE ACÇÃO



## OPERADOR

### Representação de operador

- **Relacional**
  - Relaciona declarativamente estados e acções
- **Procedimental**
  - Especifica imperativamente transformações de estado

# PLANEAMENTO DE ACÇÃO

- **Como representar** internamente o mundo?
- **Como processar** a representação do mundo para gerar um plano de acção?
- **MODELO DO MUNDO**
  - Suporte para o planeamento de acção
  - **Mapa cognitivo** (Tolman, 1948)
    - Representação espacial do ambiente mantida internamente
    - Serve para manter informação acerca da localização e características de experiências (objectos, situações) num ambiente espacial

# MAPA COGNITIVO

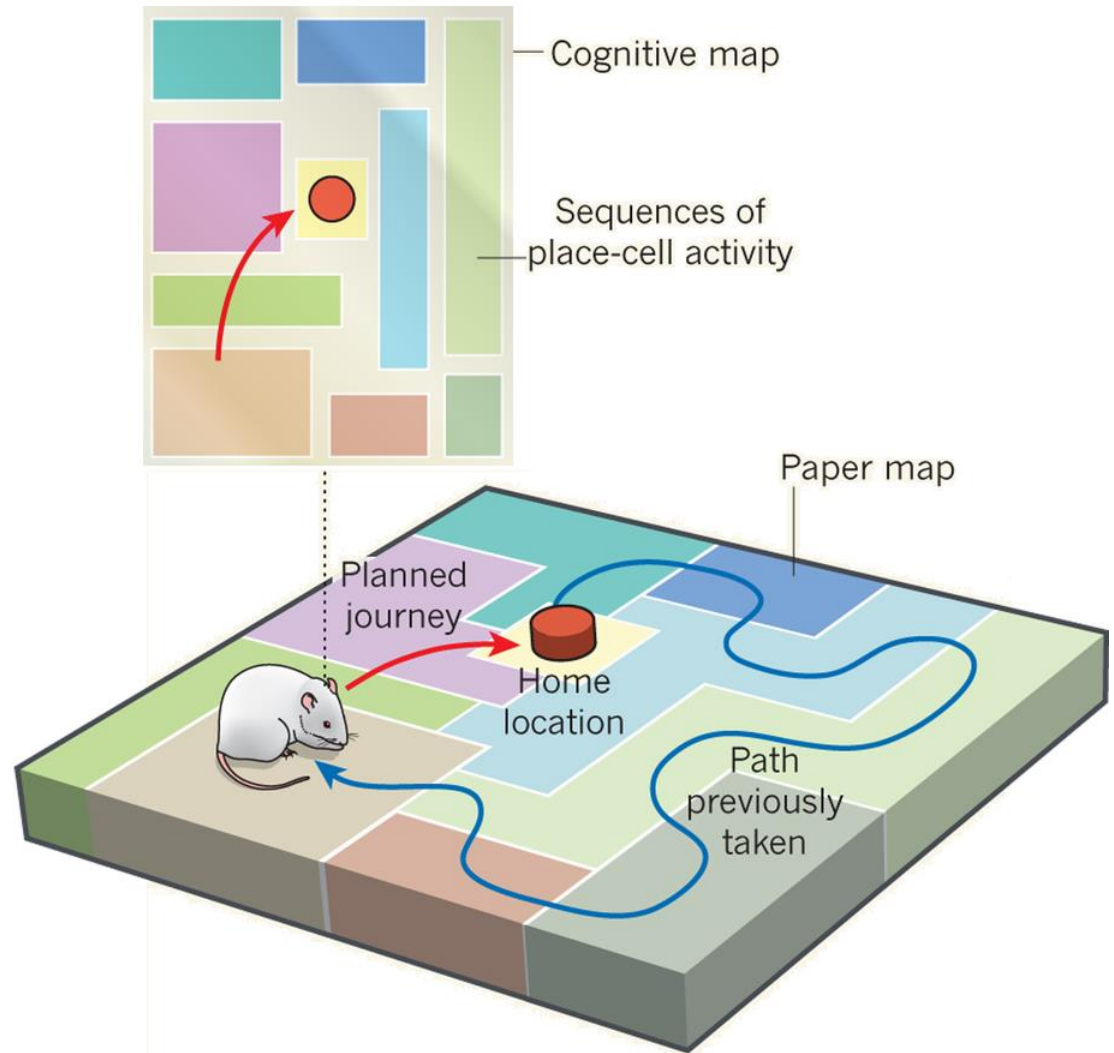
**Representação espacial**  
do ambiente mantida  
internamente

Refere-se a um **espaço**

- **Físico**
- **Abstracto**

**Raciocínio espacial**

Gerado a partir da  
interacção com o  
ambiente



# MAPA COGNITIVO

Pode ter diferentes formas de **representação**, por exemplo sob a forma de grafo

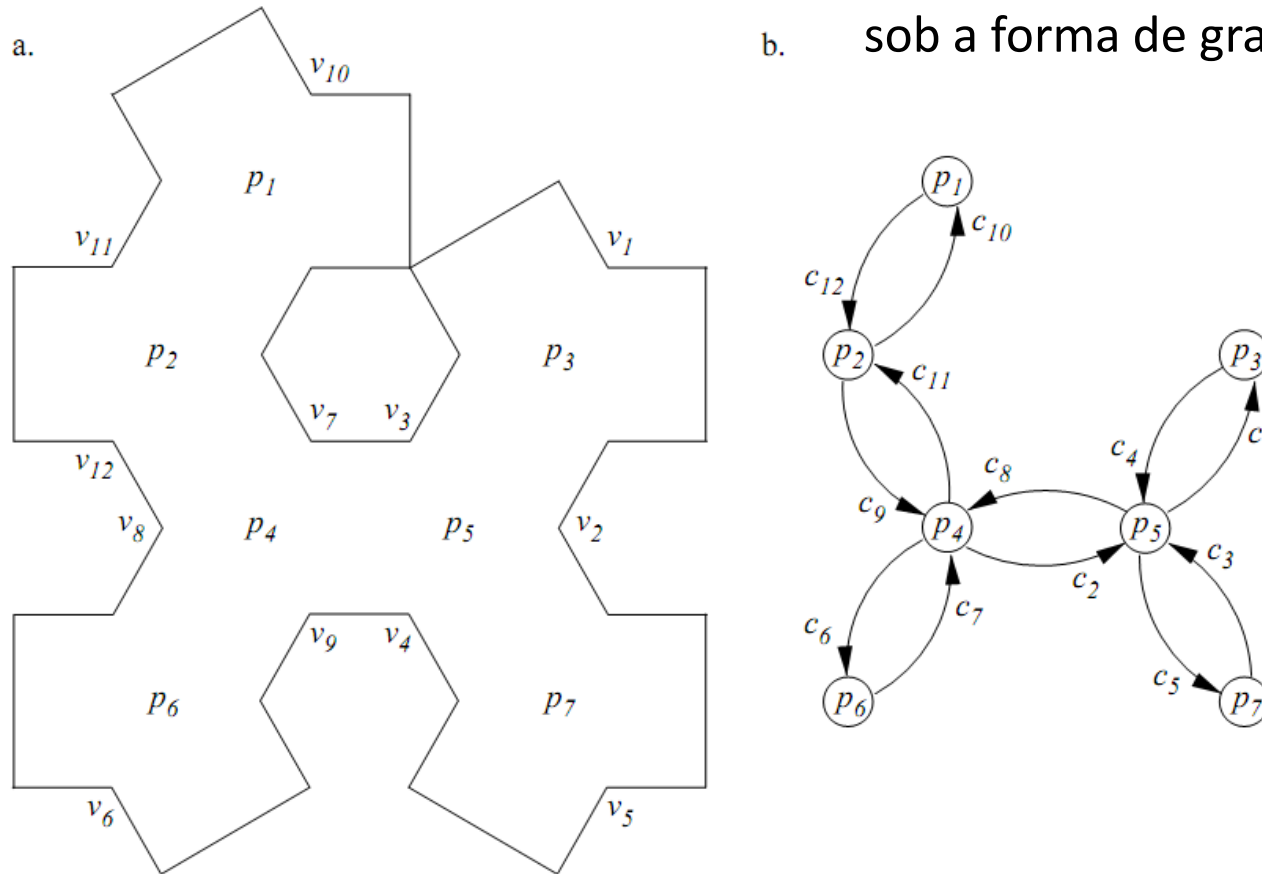


Figure 2: (a.) Simple maze with places  $p_i$  ( $i = 1, \dots, 7$ ) and views  $v_j$  ( $j = 1, \dots, 12$ ). One can think of the views as visual input available during approaching a junction through the corresponding corridor (e.g. pictures attached to the maze walls in the direction of heading, or visual information gathered along the corridor). (b.) Directed place graph of the maze, with corridors  $c_j$  corresponding to the views  $v_j$ .

# ESPAÇOS DE CONFIGURAÇÕES

- **Configuração**

- De um problema
- De um sistema

- **Espaço de configurações**

- Representa as configurações possíveis de um domínio de descrição

- **Dimensões**

- Representam domínios de valores dos parâmetros das configurações
- Ortogonais
  - Não existe redundância na representação das configurações

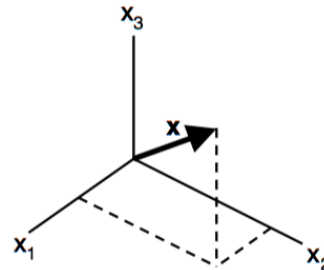


# ESPAÇOS DE CONFIGURAÇÕES

- Cada configuração é representada como um ponto do espaço
- *e. g. espaço de características*

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \mathbf{x}_d \end{bmatrix}$$

**Feature vector**



**Feature space (3D)**

- **Ortogonalidade**
  - Discriminação dos parâmetros das configurações (das propriedades de uma representação)
  - Se  $x$  e  $y$  são dimensões do espaço, então  $\langle x, y \rangle = 0$
- **Sistemas físicos**
  - Espaços de configurações utilizados para descrever o estado de um sistema como um ponto num espaço  $n$ -dimensional de parâmetros do sistema

# ESPAÇOS DE ESTADOS

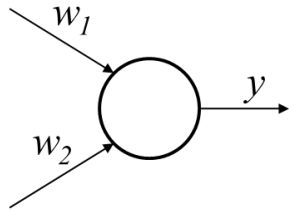
- **Estado**

- Configuração
  - De um problema
  - De um sistema

- **Espaço de estados**

- **Estrutura**
  - **Configuração** (informação de estado)
  - $s = (x_0, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}), x_i \in X_i$  – dimensão (característica)
- **Dinâmica**
  - **Transição** (transformação de estado)
  - **Acção**
    - Operador
    - Vector de transformação de estado
- **Valor**
  - **Quantificação** da congruência de um estado com uma finalidade (objectivo)

# Exemplo: Redes neuronais artificiais



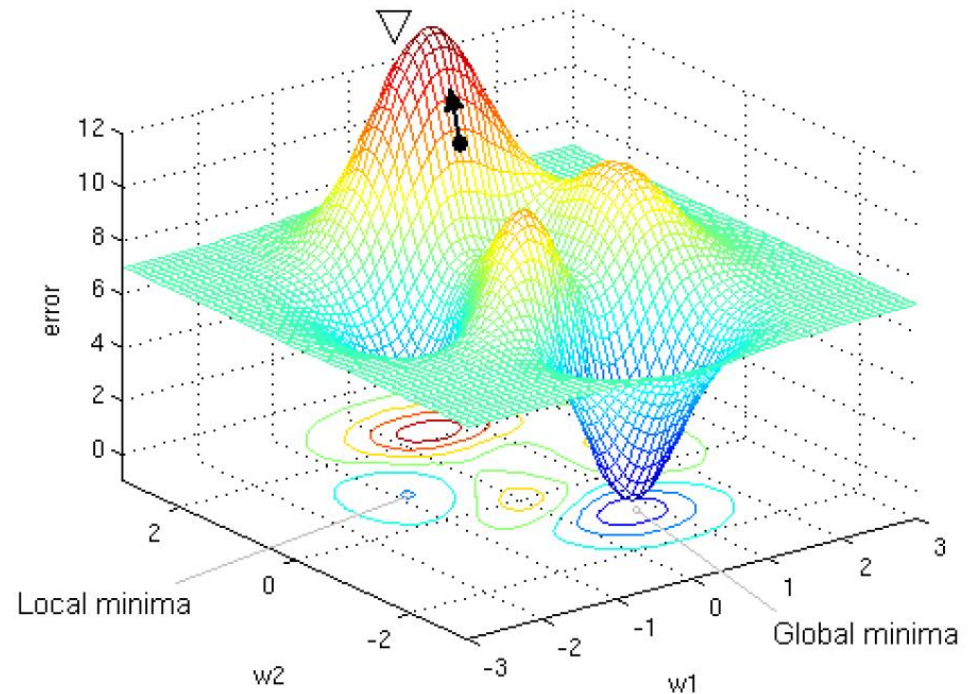
**Configuração:**  $\mathbf{w} = (w_1, w_2)$



**Estado**

**Vector de transformação  
de estado:**

$$\Delta \mathbf{w} = (\Delta w_1, \Delta w_2)$$



[Raizer *et al.*, 2009]

# ESPAÇO DE ESTADOS

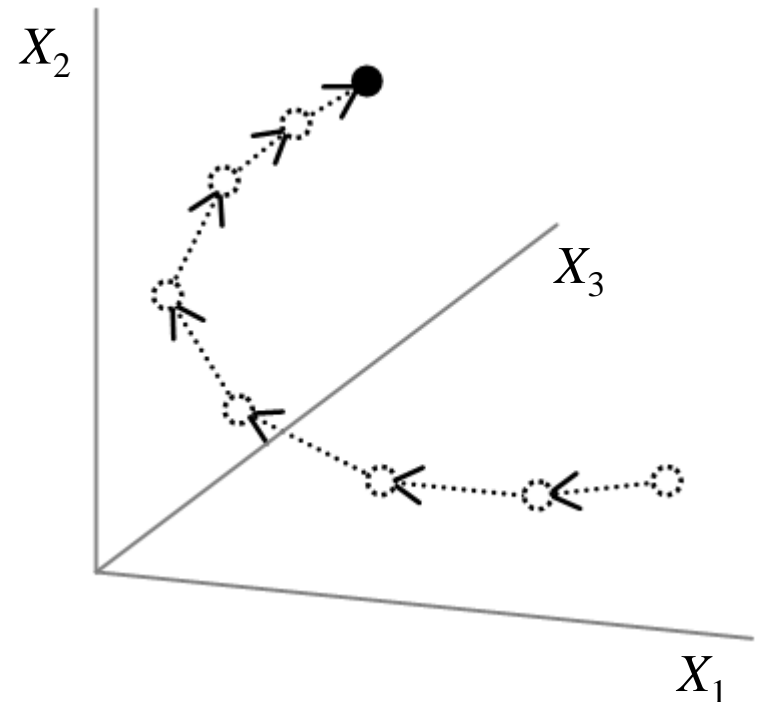
## Representação de estado

$$s = (x_0, x_1, x_2, \dots, x_{n-1}), x_i \in X_i$$

## Vector de transformação de estado

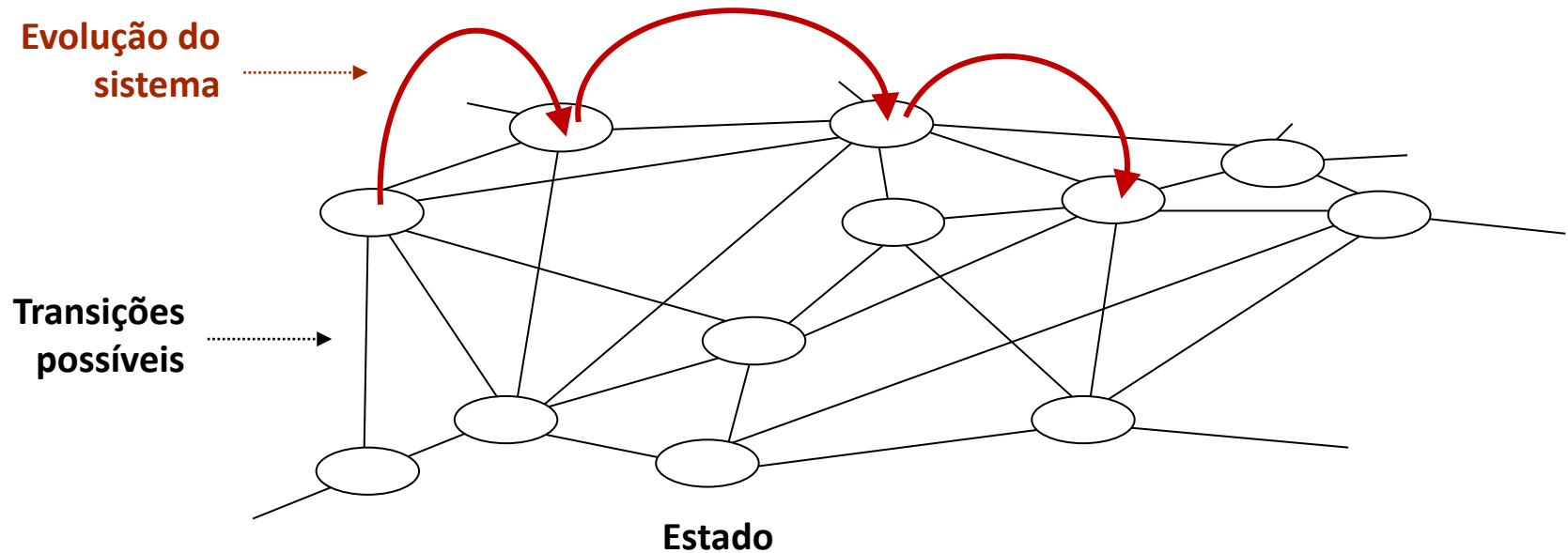
$$\Delta s = (\Delta x_0, \Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_{n-1})$$

## Representação de comportamento

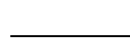


Representação no espaço de estados de uma trajetória formada por estados resultantes da actividade de um sistema ao longo do tempo

# ESPAÇO DE ESTADOS



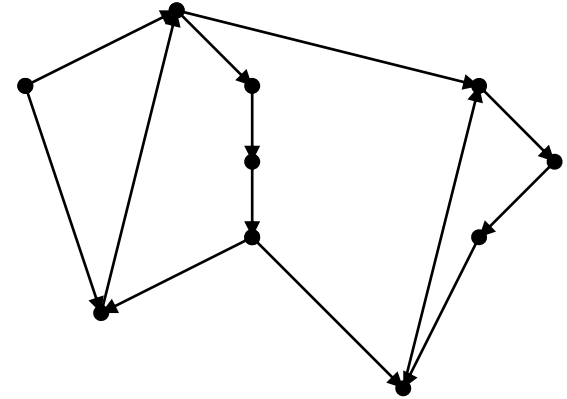
**ESTADO**



**TRANSIÇÃO DE ESTADO**

# REPRESENTAÇÃO COM BASE EM GRAFOS

- Um *grafo* consiste em:
  - Um conjunto de **nós** (vértices)
    - $n_1, n_2, \dots, n_k$
  - Um conjunto de **arcos** (arestas)
    - Ligam pares de nós
    - Podem ser descritos por pares ordenados  $(n_1, n_2)$



- ***Grafo direccionado***
  - tem uma **direcção** específica associada a cada arco
  - Num arco  $(n_1, n_2)$ 
    - $n_1$  é designado o **antecessor** de  $n_2$
    - $n_2$  é designado o **sucessor** de  $n_1$

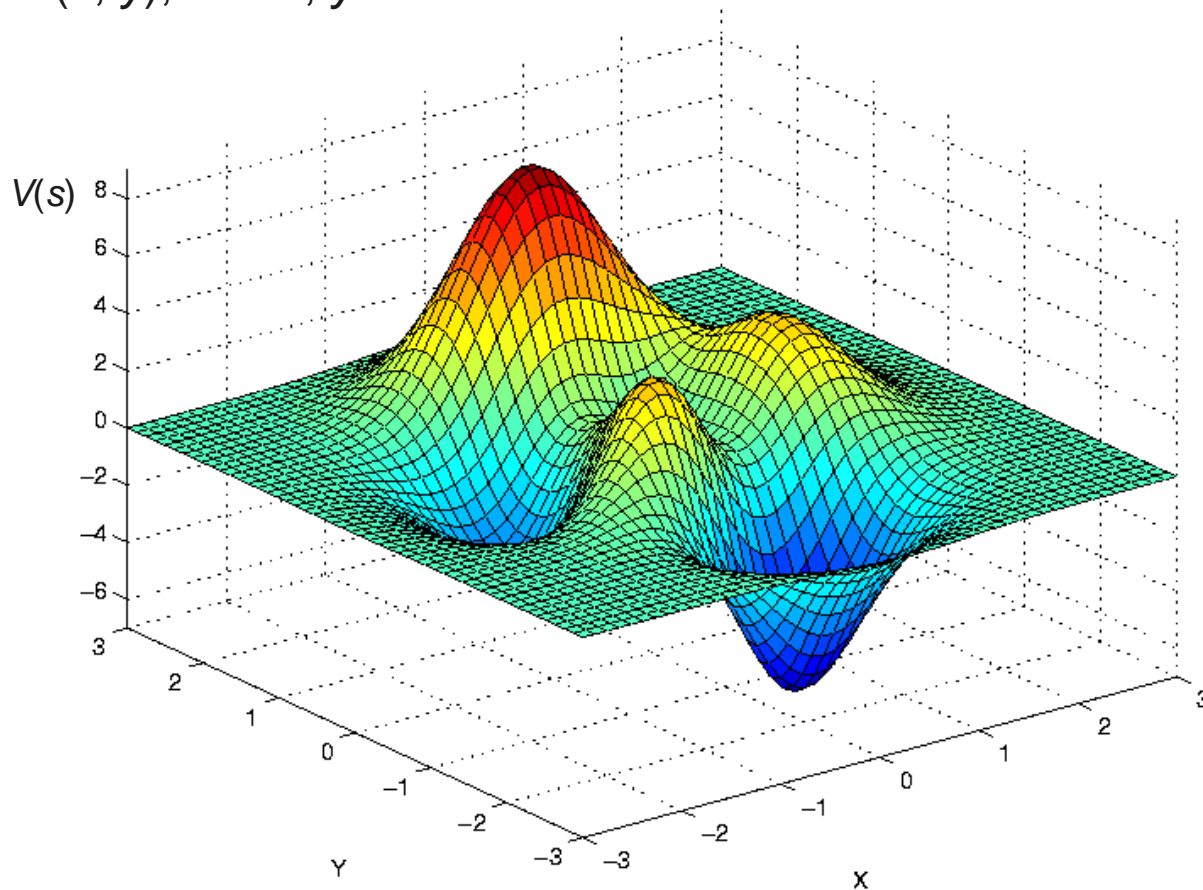
# REPRESENTAÇÃO COM BASE EM GRAFOS

- **Percurso** (caminho) de dimensão  $k$ 
  - $[n_1, n_2, n_3, \dots, n_k]$
  - Cada par  $(n_i, n_{i+1})$  representa um arco
- Um percurso que contenha **o mesmo nó mais que uma vez** é designado um **ciclo** (malha)

# VALOR DE ESTADO

Quantificação da congruência de um estado com uma finalidade (objectivo)

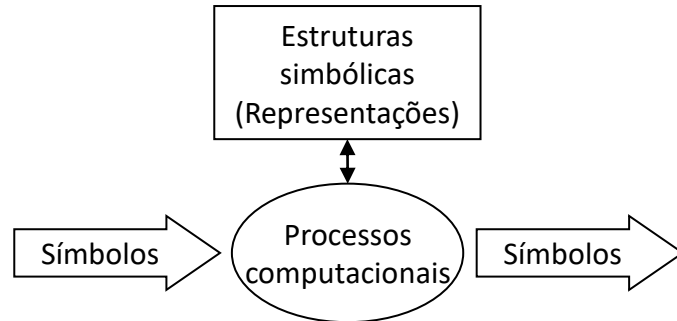
**Estado**  $s = (x, y)$ ,  $x \in X$ ,  $y \in Y$



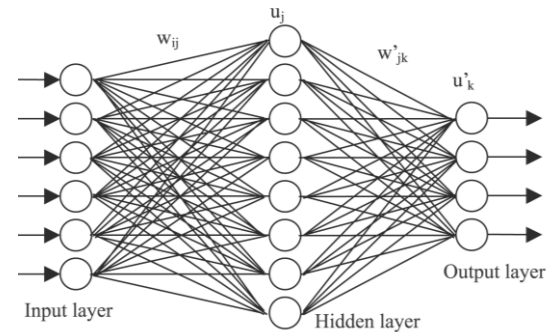


# TIPOS DE REPRESENTAÇÃO

## Simbólico



## Sub-simbólico



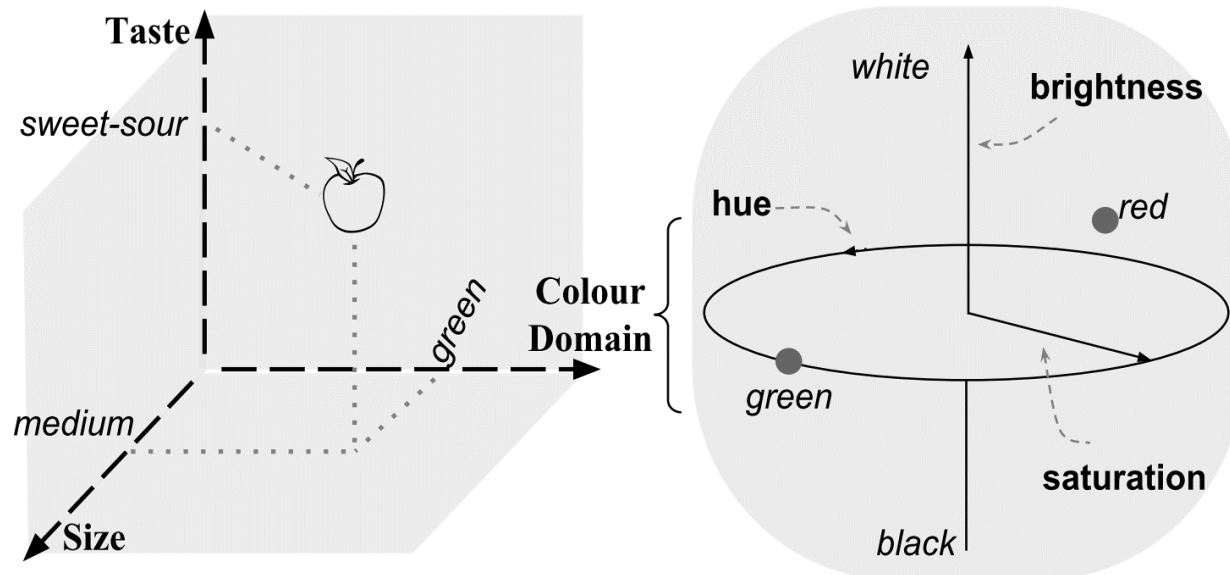
Symbolic AI	Connectionism
Representations are syntactically structured.	Activity patterns over sets of units represent structure.
Cognition is accomplished via hard, representation level rules.	Problems are solved by networks settling into states fitting well with constraints.
Multiple constraints are handled sequentially.	All constraints are put into the hopper at once and allowed to do their work.
Representations of memories are stored.	Only active representations are present. Representation-forming dispositions reside in the weights.

# TIPOS DE REPRESENTAÇÃO

- **Sub-simbólico** (numérico)
  - Domínios numéricos
  - Valores representam informação
    - Características
    - Vectores de características
- **Simbólico** (conceptual)
  - Domínios simbólicos
  - Símbolos representam informação
    - Conceitos
      - Propriedades

# ESPAÇO CONCEPTUAL (Gardenfors, 2000)

- **Espaço multi-dimensional** onde dimensões qualitativas representam características básicas através das quais conceitos e objectos podem ser representados e comparados



# ESPAÇOS CONCEPTUAIS

- Posições específicas representam **objectos** e regiões representam **conceitos**
- **Dimensões qualitativas**
  - Dimensões base do espaço representam *qualidades*
  - Características base dos objectos e conceitos
    - Cor, peso, altura, ...

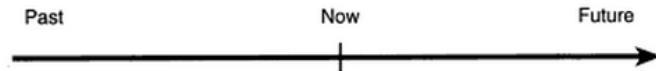


Figure 1.1  
The time dimension.

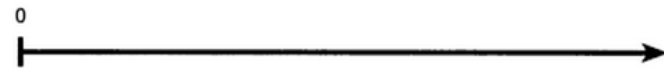


Figure 1.2  
The weight dimension.

[Gardenfors, 2000]

- Conceitos e objectos relacionados através de noções de **semelhança**
- Noção de *categorias naturais*
  - Regiões convexas num espaço conceptual

# ESPAÇO CONCEPTUAL

## Noções base:

- **Dimensão qualitativa**

- Dimensão base que representa uma qualidade de objectos e conceitos

- **Domínio**

- Conjunto de dimensões base, separáveis das restantes dimensões

- **Propriedade (de um conceito)**

- Região convexa num determinado domínio

- **Conceito**

- Conjunto de regiões convexas num determinado conjunto de domínios

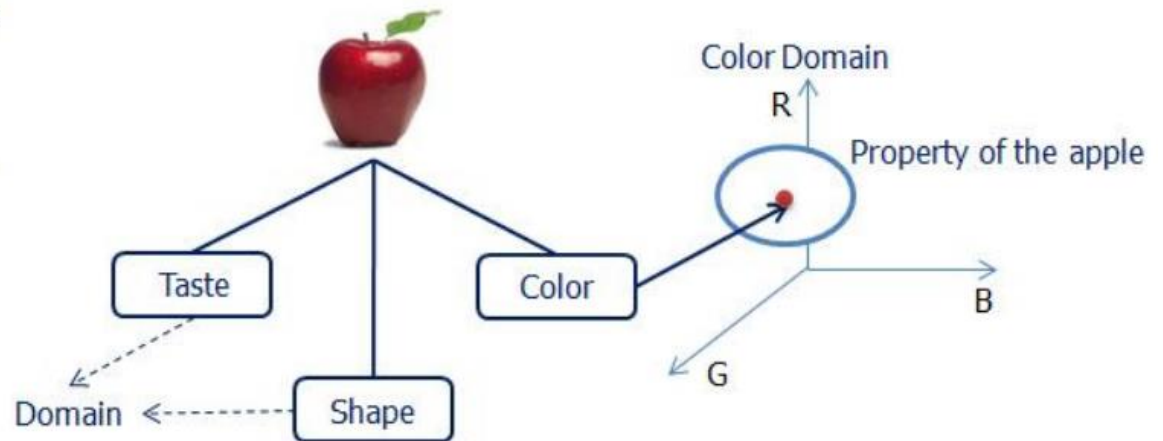
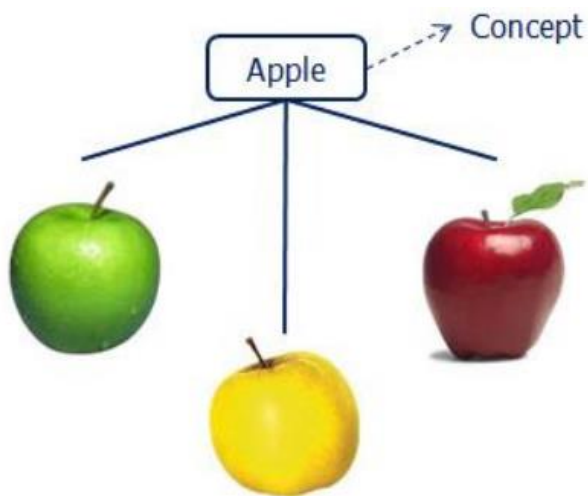
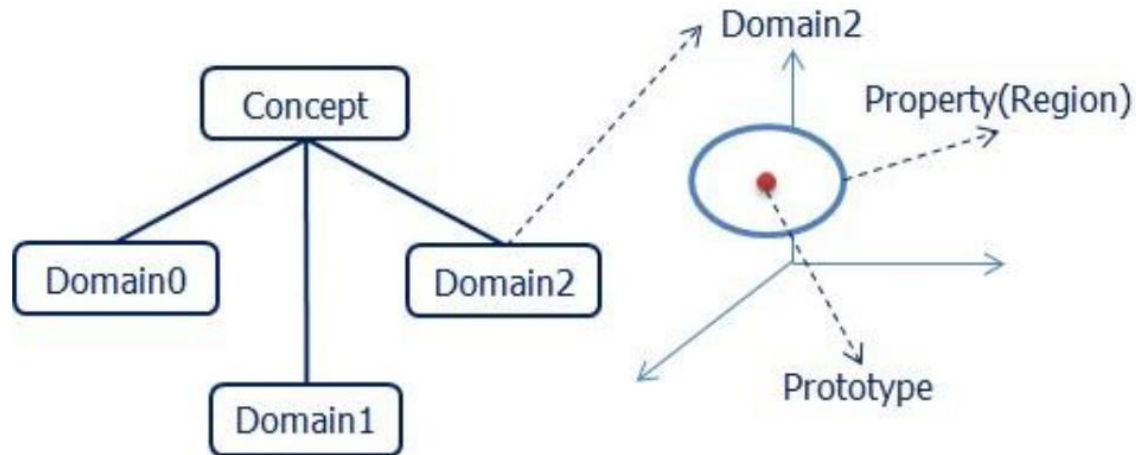
- **Qualidade**

- Característica específica de um objecto numa dimensão qualitativa

- **Protótipo**

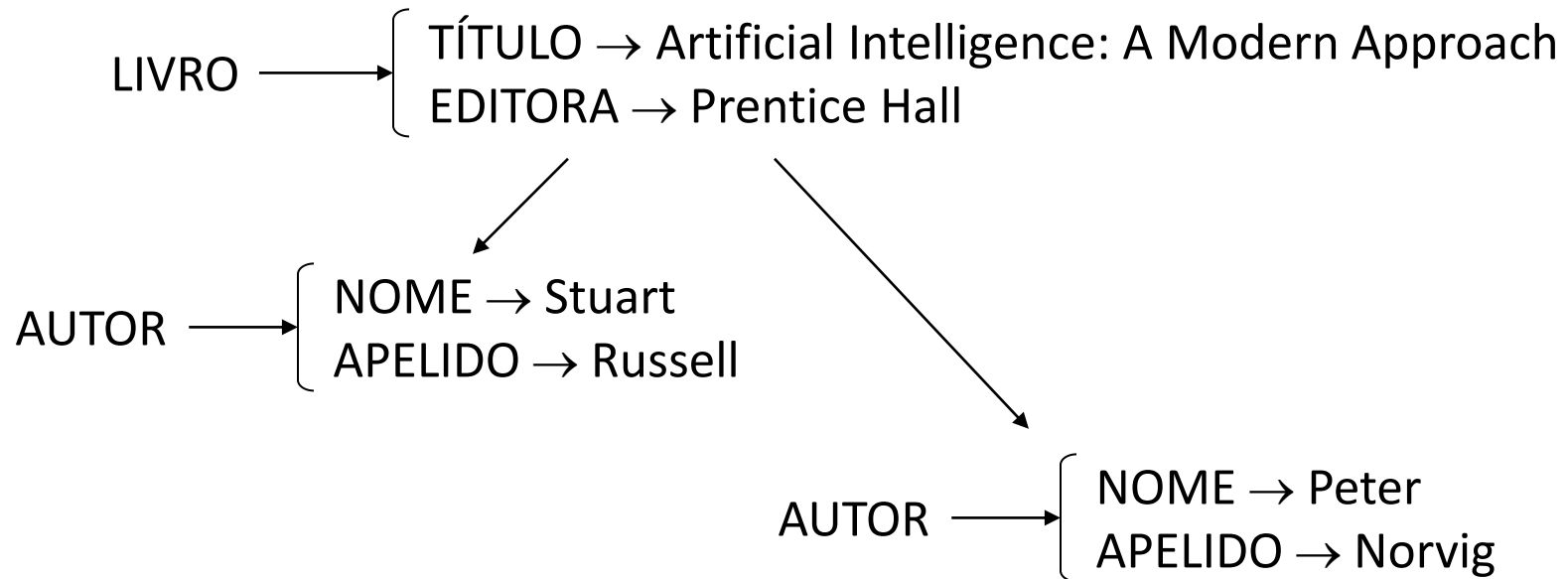
- Instância mais representativa de um conceito

# ESPAÇO CONCEPTUAL



# REPRESENTAÇÕES SIMBÓLICAS

## ESTRUTURAS DE SÍMBOLOS

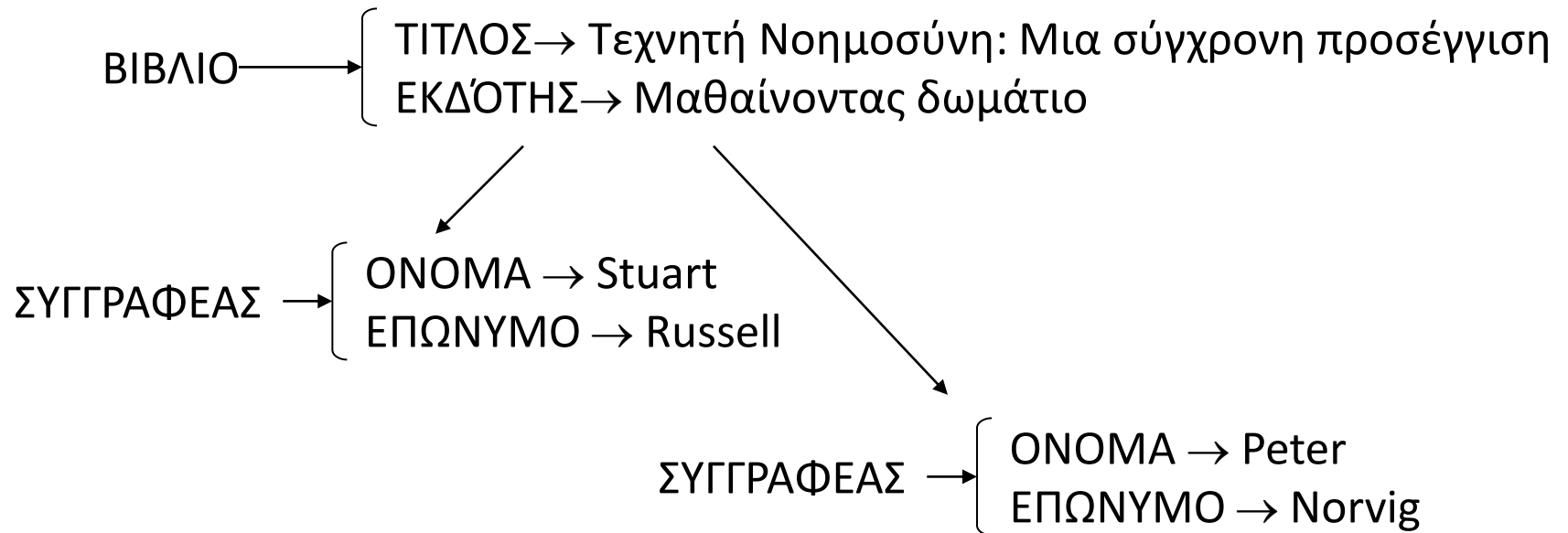


**SÍMBOLOS**

**SIGNIFICADO ?**

# REPRESENTAÇÕES SIMBÓLICAS

## ESTRUTURAS DE SÍMBOLOS



**SÍMBOLOS**

**SIGNIFICADO ?**



# REPRESENTAÇÕES SIMBÓLICAS

## SÍMBOLOS COMO REPRESENTAÇÃO DA REALIDADE

FLORESTA



ΔΑΣΙΚΗ



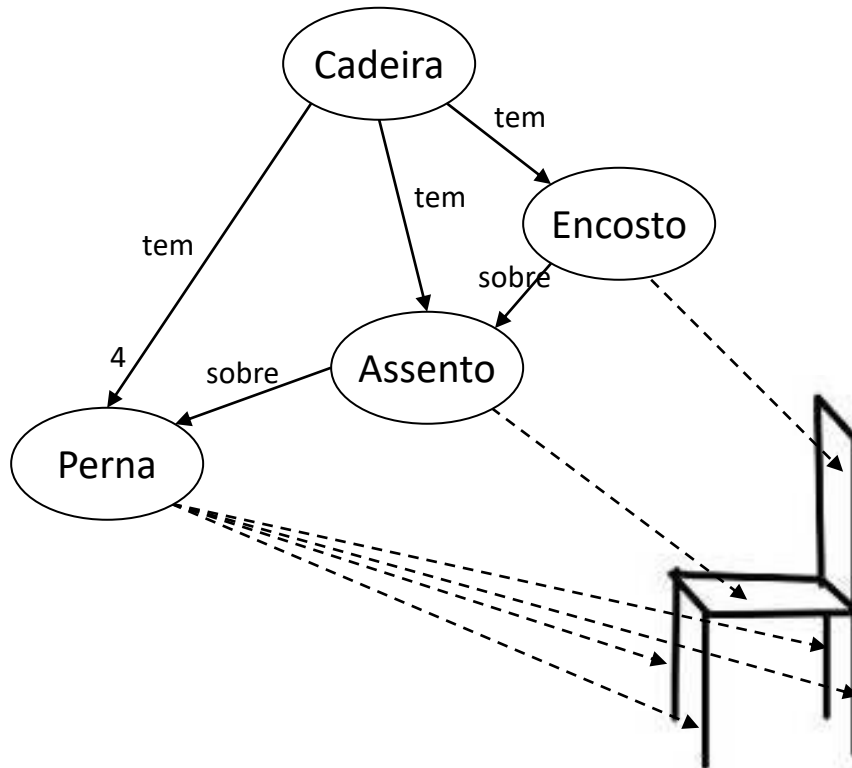
森林



**ANCORAGEM SIMBÓLICA**  
(*Symbolic Grounding*)

# REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

## CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADO ATRAVÉS DE RELACIONAMENTO



**Representação da realidade  $\neq$  Realidade**

# REFERÊNCIAS

[Russel & Norvig, 2003]

S. Russell, P. Norvig, “Artificial Intelligence: A Modern Approach”, 2nd Ed., Prentice Hall, 2003

[Gardenfors, 2000]

P. Gardenfors “Conceptual Spaces: The Geometry of Thought”, MIT Press, 2000

[Mahadevan, 2009]

S. Mahadevan, “Learning Representation and Control in Markov Decision Processes: New Frontiers”, Foundations and Trends in Machine Learning, 1:4, 2009

[Shepherd, 1994]

G. Shepherd, “Neurobiology”, Oxford University Press”, Cambridge University Press, 1994

[Kragic & Vincze, 2009]

D. Kragic, M. Vincze, “Vision for Robotics”, Foundations and Trends in Robotics, 1:1, 2009

[Montemerlo *et al.*, 2008]

M. Montemerlo *et al.*, “Junior: The Stanford Entry in the Urban Challenge”, Special Issue on the 2007 DARPA Urban Challenge, Part II, Wiley, 2008

[Banaee & Loutfi, 2014]

H. Banaee & A. Loutfi “Using Conceptual Spaces to Model Domain Knowledge in Data-to-Text Systems”, 8th International Natural Language Generation Conference, 2014

[Raizer *et al.*, 2009]

K. Raizer, H. Idagawa, E. Nobrega, L. Ferreira, “Training and Applying a Feedforward Multilayer Neural Network in GPU”, CILAMCE, 2009