

# Agentes Baseados em Conhecimento

## Capítulo 4:

Costa, E. e Simões, A. (2015). Inteligência Artificial – Fundamentos e Aplicações, 3.ª edição, FCA.

## Agentes Baseados em Conhecimento

- Os **agentes de procura** constituem uma forma simples de **agentes baseados em conhecimento**
- A diferença reside no facto de os agentes de procura usarem **conhecimento que tem uma natureza geral**, não sendo específico do problema que se pretende resolver

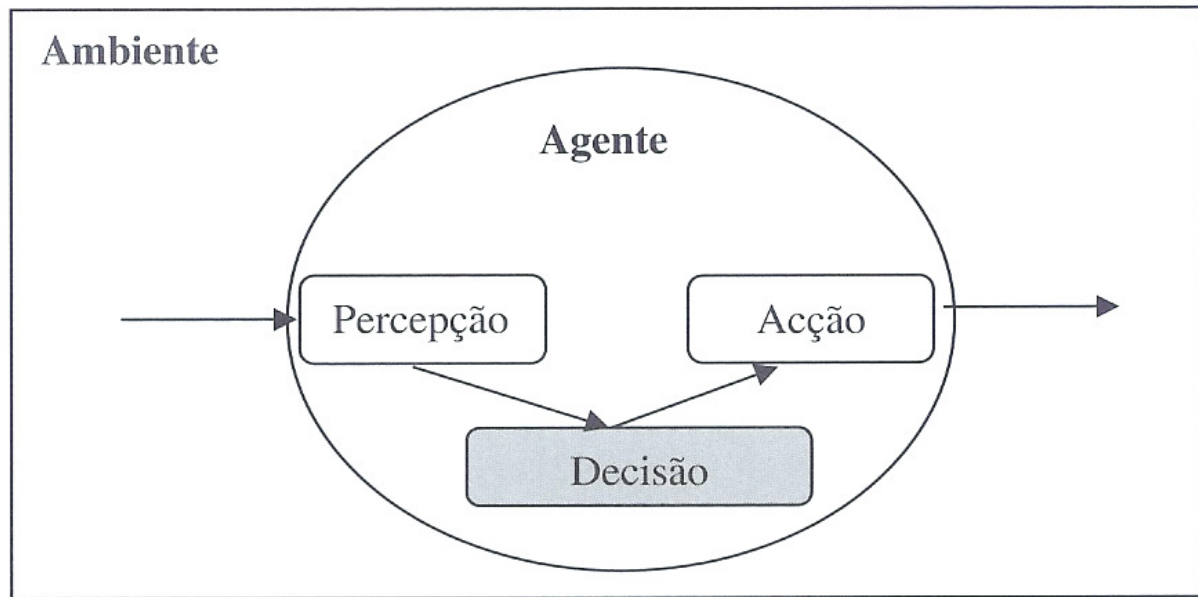
# Generalidades

- Definição da **arquitetura dos agentes baseados em conhecimento** e das diferentes formas que podem assumir

## Generalidades: Arquitetura

- Os **agentes reativos** são fundamentalmente constituídos por 2 módulos: um de **percepção** e outro de **ação**
- Mesmo com esta decomposição elementar, verificámos ser possível resolver uma classe de tarefas interessante
- Com os **agentes de procura** adicionámos a capacidade de **decisão**

# Generalidades: Arquitetura

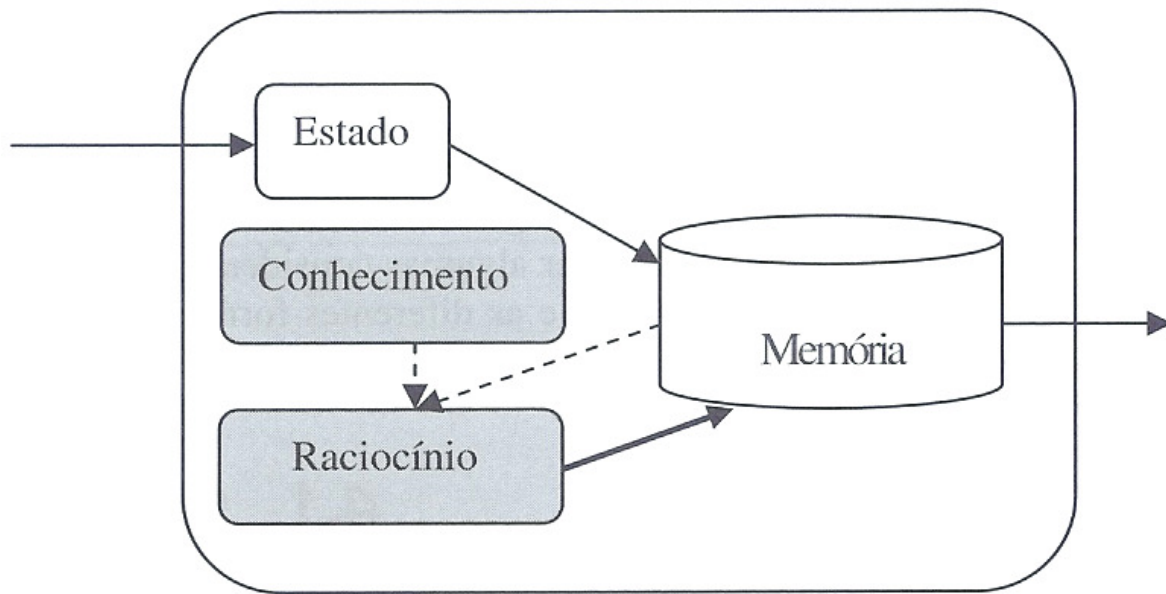


Estrutura de um agente

# Generalidades: Arquitetura

- O módulo de **decisão** traduz-se na existência de uma **memória** ampla e na capacidade de organizar e explorar de forma disciplinada os elementos presentes nessa memória
- Para navegar de modo organizado por uma estrutura que vai sendo dinamicamente construída, o agente necessita de duas coisas: **conhecimento** e capacidade de **raciocínio**

# Generalidades: Arquitetura



Estrutura de um agente com memória

# Generalidades: Arquitetura

- No caso dos **agentes de procura**, as capacidades de representar conhecimento e de raciocinar são genéricas e elementares:
- O **conhecimento** traduz-se em mecanismos de avaliação de situações e de heurísticas para guiar a procura
- O **raciocínio** consiste num método sistemático de atravessar grafos

# Generalidades: Arquitetura

- Veremos que, nos **agentes baseados em conhecimento**, o uso de **conhecimento** e de **mecanismos de raciocínio específicos** pode aumentar o desempenho dos agentes

# Generalidades: Arquitetura

Recorrendo à **arquitetura abstrata** definida para os **agentes reativos**, teremos agora a seguinte decomposição funcional:

- Transformação dos estados do ambiente em percepções  
$$\text{Percepção: } E \rightarrow P$$
- Atualização da memória em função das novas percepções  
$$\text{Decisão: } M \times P \rightarrow M$$
- Ação a ser executada sobre o ambiente  
$$\text{Acção: } M \rightarrow A$$

# Generalidades: Arquitetura

- A função **Decisão** pode ser implementada seguindo vários paradigmas

## Sistemas de Representação de Conhecimento e de Raciocínio

- Todo o agente inteligente vive num ambiente ou mundo e está permanentemente a tentar compreender e atuar sobre esse mundo, com vista à satisfação de um conjunto de objetivos
- Para poder realizar tarefas o agente tem de **construir** a sua **imagem** ou representação **do mundo**

# Sistemas de Representação de Conhecimento e de Raciocínio

- A forma como o faz depende das suas capacidades: é necessário um mecanismo de **representação do conhecimento**
- Por outro lado, o agente **interage de forma intencional** com o ambiente com base nas representações que possui
- Para isso tem de possuir um mecanismo de **raciocínio**

# Sistemas de Representação de Conhecimento e de Raciocínio

- Estas duas componentes definem um **sistema** (representação do conhecimento e raciocínio)
- Esses sistemas podem ser enquadrados em 3 grandes grupos (abordagens computacionais):
  - **sistemas declarativos**
  - **sistemas procedimentais**
  - **sistemas híbridos**

# Sistemas de Representação de Conhecimento e de Raciocínio

- Existem **outras abordagens** aos sistemas baseados em conhecimento: sistemas conexionistas, sistemas biológicos, etc

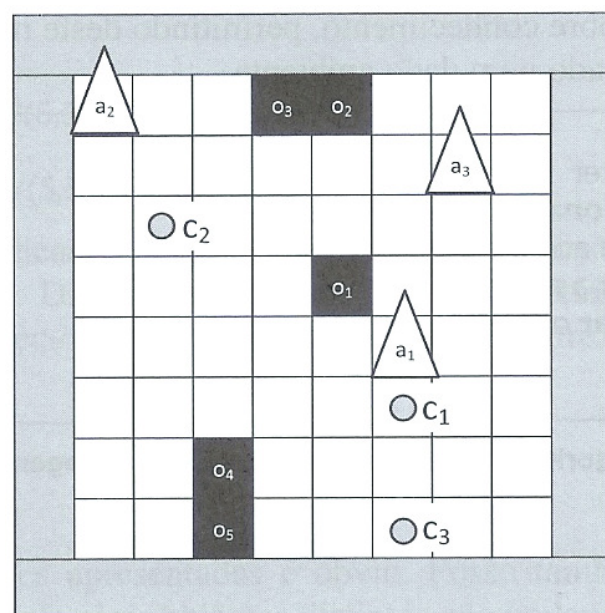
## O Mundo

- Consideremos um mundo simplificado, a 2D, fechado, formado por grelhas retangulares, que podem conter agentes biológicos, comida ou obstáculos

círculos: **comida**

quadrados: **obstáculos**

triângulos: **agentes**



Mundo bidimensional



# O Mundo

- Cada agente pode capturar informação sobre o tipo de objeto presente nas suas 8 células adjacentes (a sua **vizinhança**)
- Os agentes têm noção da sua idade, género, nível de energia e posição no mundo
- Graças à sua **memória**, os agentes têm uma noção de território mais vasta do que a sua vizinhança

# O Mundo

- Recordam as ações e os comportamentos que lhes deram satisfação ou, pelo contrário, que lhes foram nocivos

# O Mundo

- O **objetivo** destes agentes é **sobreviver**
- A **morte** de um agente pode ocorrer se for atingido um valor de energia abaixo do limiar de sobrevivência ou se for excedido um valor de energia máximo
- O **nascimento** de um agente ocorre quando 2 agentes de géneros diferentes, com idade e energia adequadas, se encontram

# O Mundo

- As ações do agente são de 3 tipos: **comer**, **andar** e **reproduzir**
- Essas ações envolvem **troca de energia** com o ambiente em diversas situações:
  - Quando o agente come, a sua energia é aumentada
  - Quando o agente entra num processo de reprodução, a sua energia diminui
  - Quando o agente caminha, a sua energia diminui

# O Mundo

- O mundo existe com um certo número de agentes, comida e obstáculos
- Cada agente tem o valor dos seus atributos definido (idade, género, etc).

# O Mundo

- O comportamento de cada agente pode ser definido pelo seguinte algoritmo

---

## **Função Agente**

### **1. Repete** até morrer

**1.1. Percepcionar** o mundo na vizinhança;

**1.2. Decidir** a acção a tomar;

**1.3. Executar** a acção;

**1.4. Actualizar** o nível de energia.

**Fim\_de\_Repete**

**Fim\_de\_Função**

---

**Comportamento de um agente**

# As Abordagens Computacionais

- Cada uma destas abordagens tenta responder à necessidade de referenciar os objetos do mundo, as suas propriedades, o modo como se relacionam com outros objetos ou ainda as ações e respetivos efeitos que podem acontecer

## Sistemas Declarativos

- Um **sistema de base declarativa** caracteriza-se fundamentalmente pelo facto de se preocupar com uma **descrição do estado do mundo**, uma descrição do que existe, deixando ao **mecanismo de raciocínio** o cuidado de **derivar conhecimento implícito**
- Por outro lado, o **mecanismo de raciocínio** tem a propriedade de, **partindo de factos verdadeiros**, **determinar as consequências verdadeiras desses factos**

# Sistemas Declarativos

- Representação do conhecimento
- Começemos por descrever o tipo dos objetos:

```
tipo (a1, agente)  
tipo (c1, comida)  
tipo (o1, obstáculo)
```

# Sistemas Declarativos

- Nestas afirmações:

tipo é um predicado

a<sub>1</sub> e agente são termos simples ou  
constantes

# Sistemas Declarativos

- Algumas das propriedades dos objetos:

posição ( $a_1$ , coordXY(6,4) )

idade ( $a_1$ , 30)

sexo ( $a_1$ , m)

energia ( $a_1$ , 50)

posição ( $c_1$ , coordXY(6,3))

energia ( $c_1$ , 15)

posição ( $o_1$ , coordXY(5,5))

# Sistemas Declarativos

- posição, idade, sexo, energia são predicados
- m, 30,  $a_1$  são termos simples
- coordXY(6,4) é um termo composto
- coordXY é um functor de aridade 2

# Sistemas Declarativos

- Relações entre objetos:

`vizinho (a1, c1)`

`vizinho (a1, o1)`

`gosta (a1, c1)`

`mesmo_sexo (a1, a3)`

# Sistemas Declarativos

- Afirmações sobre o mundo:
- **Exemplo:** 2 objetos distintos não podem ocupar a mesma posição

$$\forall z, w, x_1, x_2, y_1, y_2 (posição(z, coordXY(x_1, y_1)) \wedge posição(w, coordXY(x_2, y_2)) \wedge z \neq w) \rightarrow (coordXY(x_1, y_1) \neq coordXY(x_2, y_2))$$

- **Exemplo** em que dizemos que `mesmo_sexo` é um predicado transitivo

$$\forall x, y, z (mesmo\_sexo(x, y) \wedge mesmo\_sexo(y, z)) \rightarrow mesmo\_sexo(x, z)$$

# Sistemas Declarativos

- Vejamos agora as questões do **Raciocínio**:
- Os sistemas declarativos baseados numa linguagem lógica caracterizam-se por ter um **mecanismo de inferência dedutiva** que permite tirar conclusões **a partir do conhecimento existente**
- Esse mecanismo é constituído por **regras**
- As regras têm **premissas** (ou antecedentes) e têm **conclusões** (ou consequentes)

# Sistemas Declarativos

- Uma das regras de inferência mais conhecida e usada é a regra de **modus ponens** (do latim “modos de pôr”)

$$\frac{P, P \rightarrow Q}{\therefore Q}$$

- Esta regra diz que se **P** for verdadeiro e se **P** implicar **Q** (**premissas**), então podemos inferir **Q** (**conclusão**)



# Sistemas Declarativos

- **Exemplo:** Admitamos os seguintes factos  
     $\text{tipo}(a_1, \text{agente})$   
     $\text{energia}(a_1, 50)$   
     $50 \leq 100$
- Suponhamos ainda que o **estado de fome** se define por

$$\forall x, y (\text{tipo}(x, \text{agente}) \wedge \text{energia}(x, y) \wedge y \leq 100) \rightarrow \text{tem\_fome}(x)$$

# Sistemas Declarativos

- Usando a regra do *modus ponens*, podemos concluir que

$$\text{tem\_fome}(a_1)$$

ou seja, o agente  $a_1$  tem fome

# Sistemas Procedimentais

- Os sistemas procedimentais permitem representar conhecimento com base em **factos** e em **regras** do tipo  
**Se** <condição> **então** <conclusão>
- São **sistemas mais voltados para a ação**, ou seja, mais preocupados em descrever **como se alcança determinado objetivo**

# Sistemas Procedimentais

- **Exemplo:**

Alguns factos e regras

```
vizinho(a1, coordXY(6, 4), c1, coordXY(6, 3))  
tipo(a1, agente)  
tipo(c1, comida)  
energia(a1, 50)  
50 <= 100
```

# Sistemas Procedimentais

- Alguns factos e regras

**R1:**

Se  $\text{tipo}(x, \text{agente}), \text{energia}(x, y), y \leq 100$   
então  $\text{tem\_fome}(x)$

**R2:**

Se  
 $\text{tem\_fome}(x), \text{vizinho}(x, \text{coordXY}(x_1, y_1), y, \text{coordXY}(x_2, y_2)), \text{tipo}(y, \text{comida})$   
então  $\text{comer}(x, y)$

# Sistemas Procedimentais

- A maneira como, a partir deste conhecimento, se pode inferir novo conhecimento é feita através de um **mecanismo de raciocínio** que promove o **encadeamento de regras**
- Usando a **R1** do exemplo anterior, podemos concluir que  **$a_1$**  tem fome
- Esse novo facto vem adicionar-se aos já conhecidos

# Sistemas Procedimentais

- Assim, podemos usar a **R2** para concluir que **a<sub>1</sub>** vai comer **c<sub>1</sub>**
- Foi usado um mecanismo de **encadeamento para a frente** das regras: os factos iniciais permitiram chegar à conclusão de **R1**, conclusão essa que fazendo parte dos antecedentes da regra **R2**, por sua vez, permitiu chegar à sua conclusão

# Sistemas Híbridos

- Os sistemas híbridos combinam aspetos declarativos com aspetos procedimentais
- Existem algumas variantes de sistemas híbridos: consideremos os chamados **sistemas de enquadramentos** (*frame systems*)
- Um enquadramento é uma entidade simples ou objeto que permite representar informação sobre a estrutura e o comportamento desse objeto

# Sistemas Híbridos

- Um enquadramento tem vários **atributos**, podendo esses atributos ter diferentes **facet**
- Enquadramento para um agente genérico:

- Um agente é do tipo biológico
- Tem 150 unidades de energia
- Pode ser do sexo masculino ou feminino

<b>Nome:</b> Agente
<b>Tipo:</b> biológico
<b>Energia</b> [ <i>defeito</i> ]: 150
<b>Sexo:</b> {f,m}

Enquadramento para um agente genérico

# Sistemas Híbridos

- Exemplos de **concretizações** daquela definição genérica:

<b>Nome:</b> a <sub>1</sub>
<b>é_um(a):</b> Agente
<b>Tipo:</b> biológico
<b>Energia:</b> 120
<b>Sexo:</b> m
<b>Posição:</b> (6,4)
<b>Vizinhos:</b> {o <sub>1</sub> , c <sub>1</sub> }

<b>Nome:</b> a <sub>2</sub>
<b>é_um(a):</b> Agente
<b>Tipo:</b> biológico
<b>Energia:</b> 180
<b>Sexo:</b> f
<b>Posição:</b> (1,8)
<b>Vizinhos:</b> { }

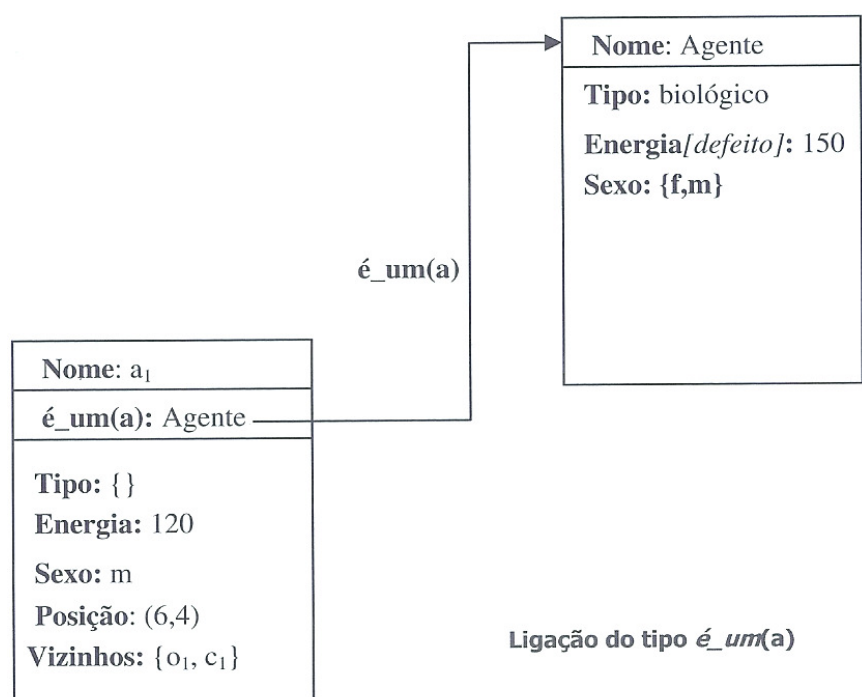
Enquadramentos mais concretos

# Sistemas Híbridos

- Na concretização podem existir outros atributos
- Neste exemplo: **posição** e **lista de vizinhos**
- Alguns destes atributos estabelecem relações entre os enquadramentos

# Sistemas Híbridos

- Exemplo:  $a_1$  é um caso concreto de Agente
- Em termos de implementação corresponde a um ponteiro



# Sistemas Híbridos

- Este tipo de ligações permite o funcionamento do **mecanismo** essencial **de raciocínio**, designado por **herança de propriedades**
- Se for necessário saber o tipo de  $a_1$ , não havendo resposta no respetivo enquadramento, encontra-se essa informação no enquadramento mais geral de nome **Agente**
- Conseguimos inferir por herança que o tipo de  $a_1$  é **biológico**

# Sistemas Híbridos

- Também é possível acrescentar conhecimento **procedimental** através de **demónios** ou **métodos**
- Exemplos de demónios mais conhecidos e usados:

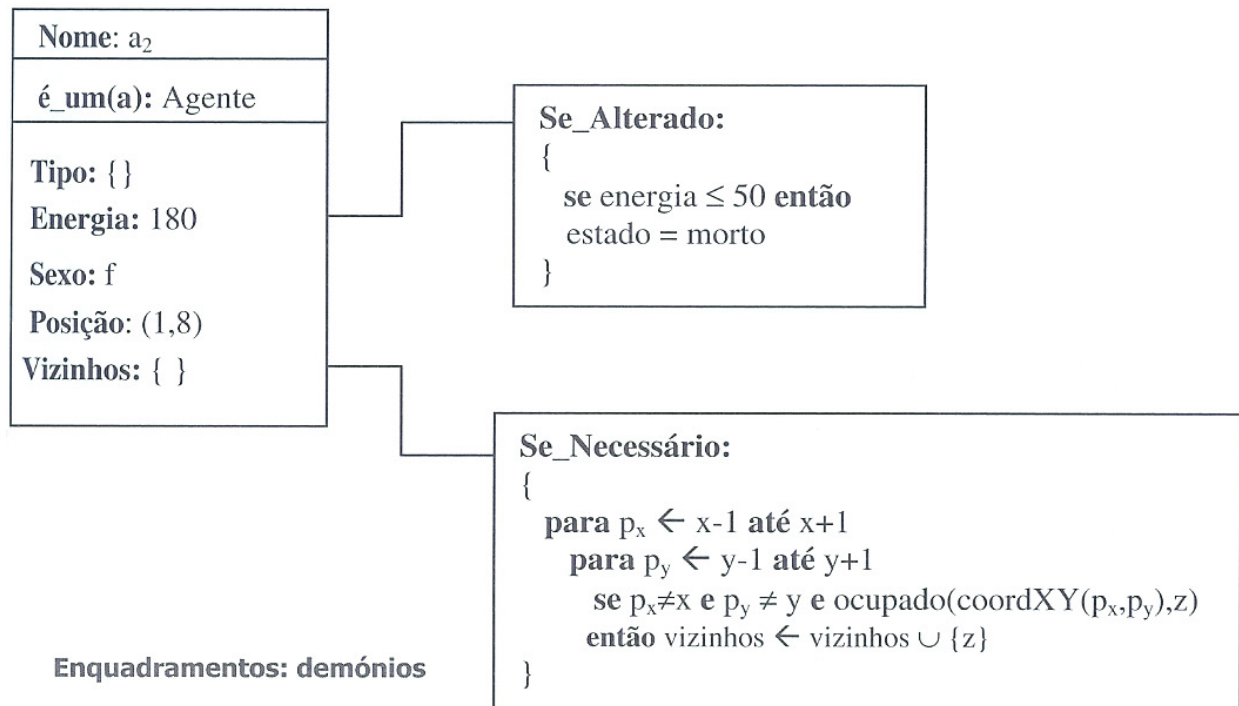
## **Se\_Necessário**

Permite calcular um valor associado a um atributo, caso seja desconhecido mas necessário

## **Se\_Alterado**

Permite repercutir no sistema o resultado de alterações em valores dos atributos

# Sistemas Híbridos



# Outras Abordagens

- As abordagens anteriores estão relacionadas com o **paradigma computacional**
- Em que medida as abordagens **conexionista** e **biológica** lidam com o problema da **representação do conhecimento** e com o problema do **raciocínio** ?



# Sistemas Conexionistas

- A arquitetura de um agente baseado em conhecimento inclui estado, memória, conhecimento e raciocínio
- Numa abordagem conexionista o mecanismo de representação e de raciocínio, responsável maior pelas decisões tomadas pelo agente, é uma rede neuronal, ou seja, uma rede de unidades TLU

# Sistemas Conexionistas

- Exemplo: Seja a seguinte regra

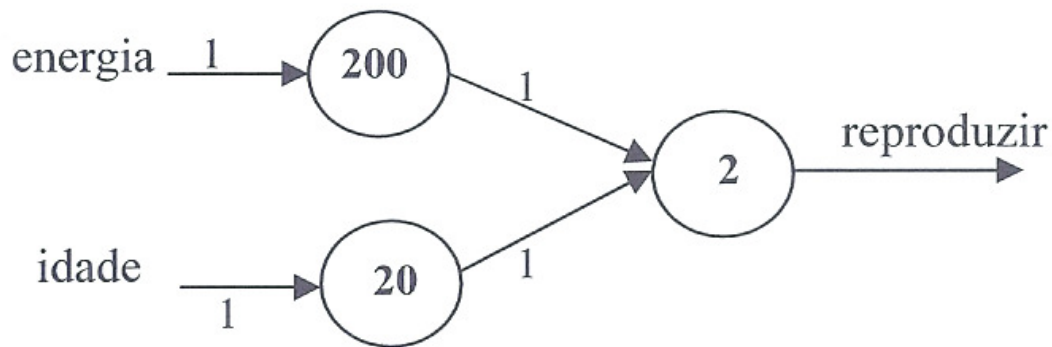
**R:**

**Se** um agente tem energia maior ou igual a 200 e idade maior ou igual a 20

**Então** deve tentar reproduzir

# Sistemas Conexionistas

- Esta regra pode ser representada por uma rede de unidades TLU:



# Sistemas Conexionistas

- Se os valores da energia e da idade forem superiores ou iguais aos valores dos respetivos limiares, as TLU disparam
- O **nó terminal** só ficará **ativo** se as duas entradas estiverem simultaneamente positivas e, nesse caso, a **decisão corresponderá à ação reproduzir**

# Sistemas Conexionistas

- O mecanismo de raciocínio corresponde à propagação de valores ao longo da rede
- O módulo de **memória** guarda informação sobre a energia, a idade, o sexo, etc.
- O **estado recebe informação do ambiente**, como por exemplo indicação sobre os objetos na vizinhança

# Sistemas Biológicos

- Suponhamos que o **agente** pretende **comer o máximo possível**, e admitamos que sabe qual é a **localização da comida**
- O seu **objetivo** poderá ser **maximizar a energia ganha**

# Sistemas Biológicos

- Esta é uma tarefa de otimização semelhante ao **problema do caixeiro-viajante**: a partir de uma dada localização, passar uma e uma só vez por outras localizações e regressar à posição inicial
- O problema pode ser resolvido usando um **algoritmo genético** (tal como o **problema das N rainhas**)

# Sistemas Biológicos

- Em termos de representação, uma possibilidade é uma representação linear em que cada posição corresponde ao identificador da comida

C1	C5	C3	C8	C2	C6	C4	C7
----	----	----	----	----	----	----	----

Representação linear para um algoritmo genético

# Sistemas Biológicos

- Cada indivíduo é na prática uma permutação dos diversos exemplares de comida existentes no ambiente
- O mecanismo de raciocínio é o próprio algoritmo genético que fará evoluir uma população de percursos possíveis

# Sistemas Biológicos

- Não deverão ser gerados percursos sem sentido
- Devem ser usados um operador de cruzamento baseado na ordem e um operador de mutação por troca