

ARQUITECTURAS COGNITIVAS

Luís Morgado

ISEL-DEETC

O CONCEITO DE AGENTE

AGENTE

- Sistema computacional capaz de percepção, decisão e acção para concretização autónoma de objectivos, maximizando uma medida de desempenho

PRINCIPAIS PROCESSOS COGNITIVOS ENVOLVIDOS

- **Percepção**
 - Aquisição de informação
- **Memória**
 - Manutenção de informação/conhecimento
- **Decisão**
 - Escolha de opções
- **Execução**
 - Concretização de opções

A forma concreta destes processos e das suas inter-relações (*arquitectura cognitiva*) determina as capacidades cognitivas de um agente

AGENTE INTELIGENTE



AUTONOMIA

REACTIVIDADE

PRÓ-ACTIVIDADE

SOCIABILIDADE

FINALIDADE

TEMPO E COMPORTAMENTO

PRESENTE

Sistemas reactivos sem estado

Reagir

PASSADO – PRESENTE

Sistemas reactivos com estado (memória)

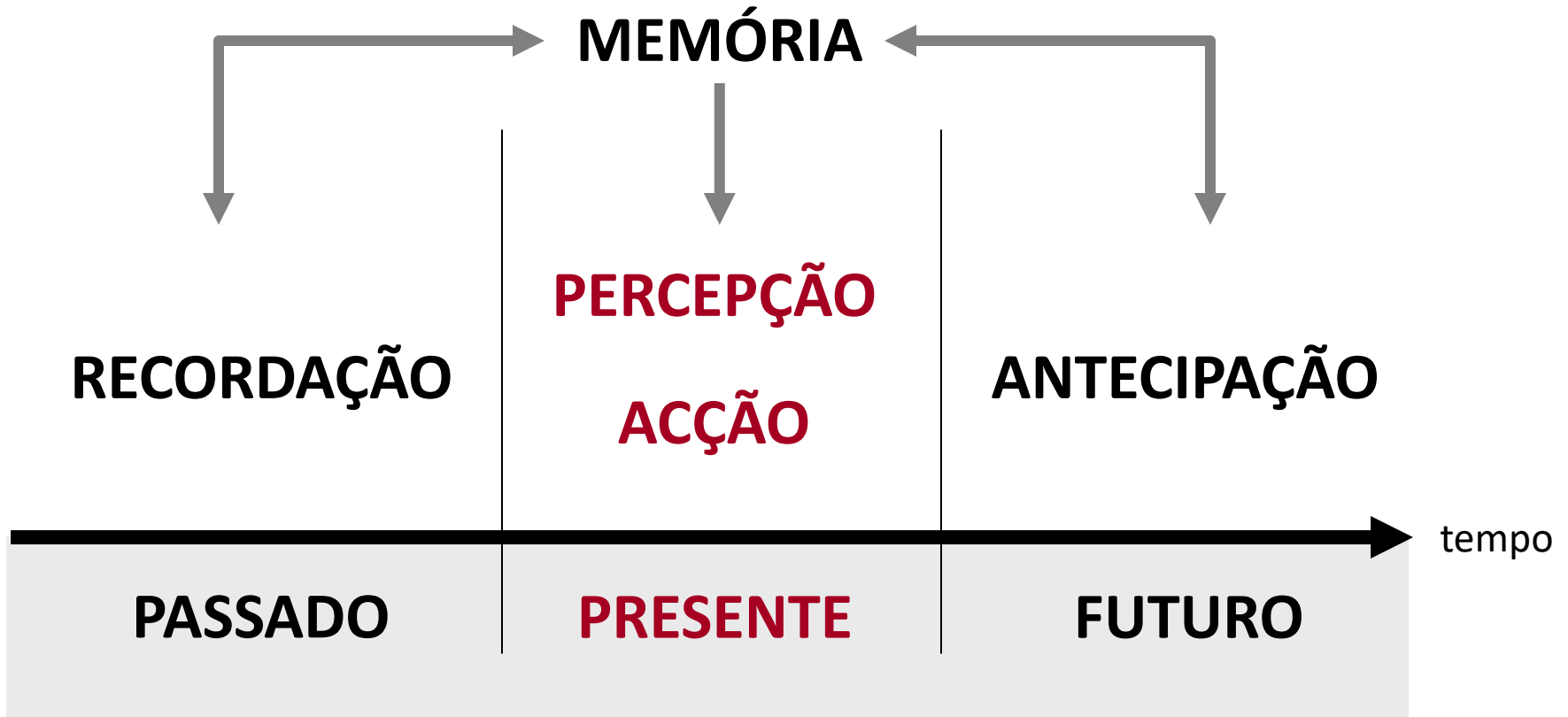
Repetir / Evitar

PASSADO – PRESENTE – FUTURO

Sistemas deliberativos (simulação)

Antecipar / Optimizar

MEMÓRIA E COMPORTAMENTO



ARQUITECTURAS COGNITIVAS

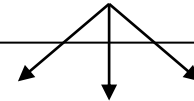
DIFERENTES DE NÍVEIS COGNITIVOS

NÍVEL COGNITIVO **TIPO DE PROCESSO** **TIPO DE OBJECTIVO**

DELIBERATIVO

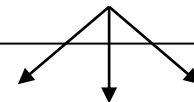
Estratégico

**Objectivos
de optimização**



Táctico

**Objectivos
de concretização**



ADAPTATIVO

Executivo

**Necessidades
imediatas**

REACTIVO

ARQUITECTURAS DE AGENTE

Três tipos base de arquiteturas

- **REACTIVAS (COMPORTAMENTAIS)**

- Ênfase no **acoplamento com o ambiente**

- **DELIBERATIVAS (COGNITIVAS)**

- Ênfase nas **representações internas** do *mundo*

- **HÍBRIDAS**

- Integração de abordagens **reactivas e deliberativas**

ARQUITECTURAS DE AGENTE

FINALIDADE

Objectivos implícitos

MODELO REACTIVO

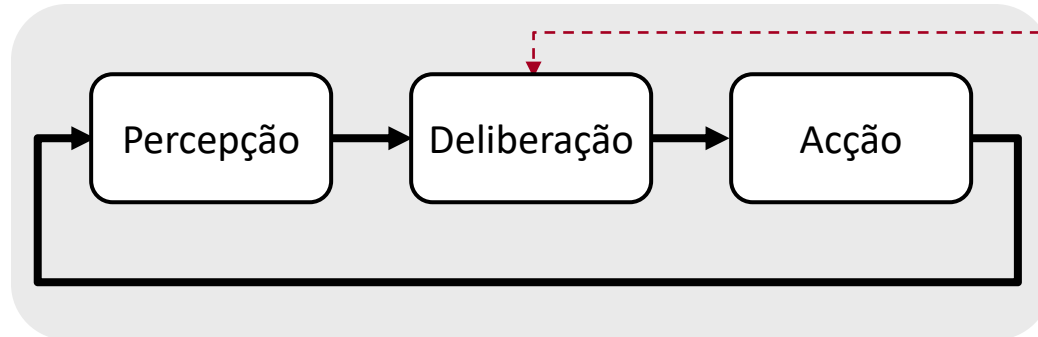
Paradigma Comportamental



Objectivos explícitos

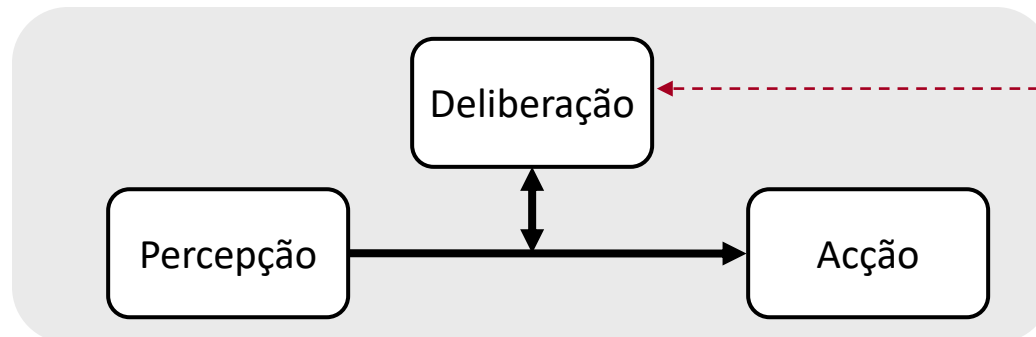
MODELO DELIBERATIVO

Paradigma Cognitivo



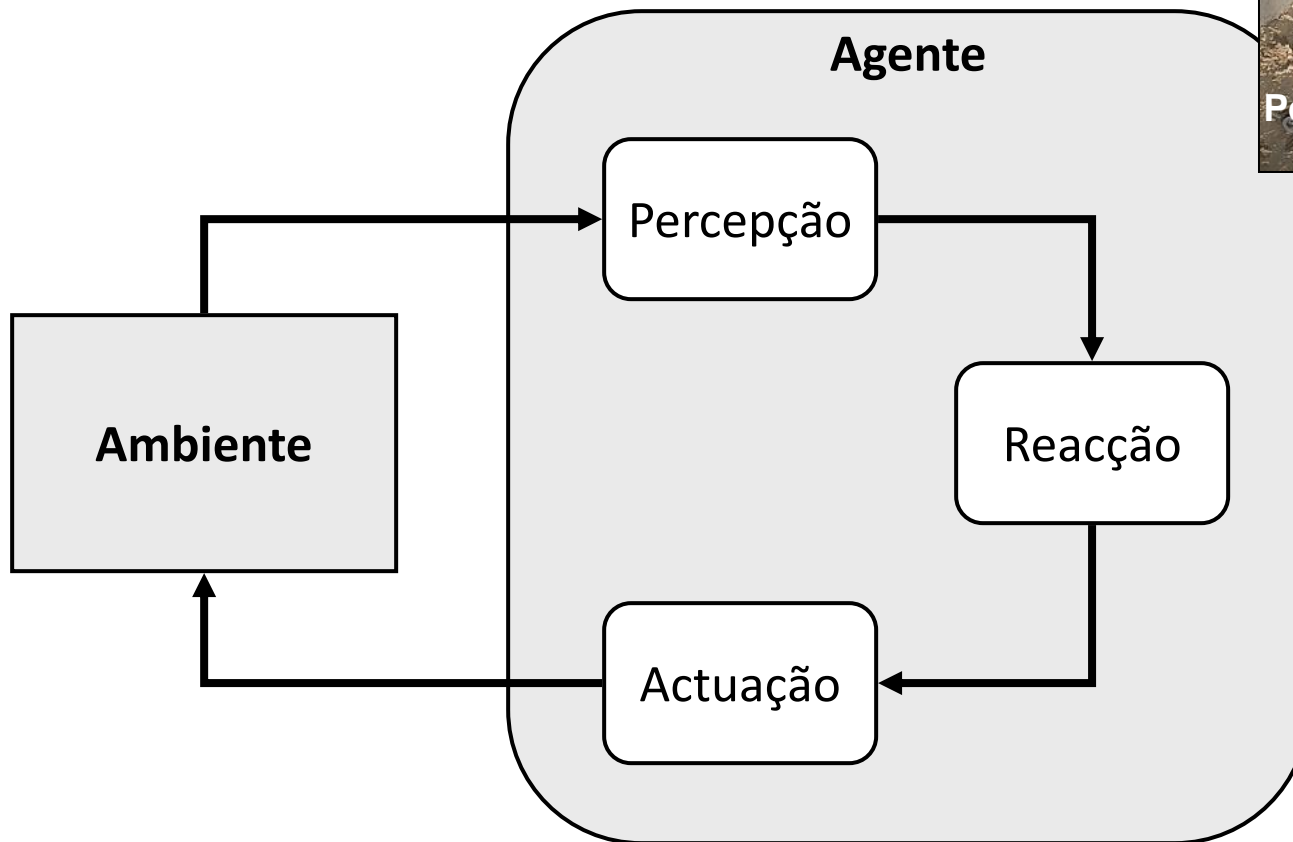
Objectivos explícitos

MODELO HÍBRIDO



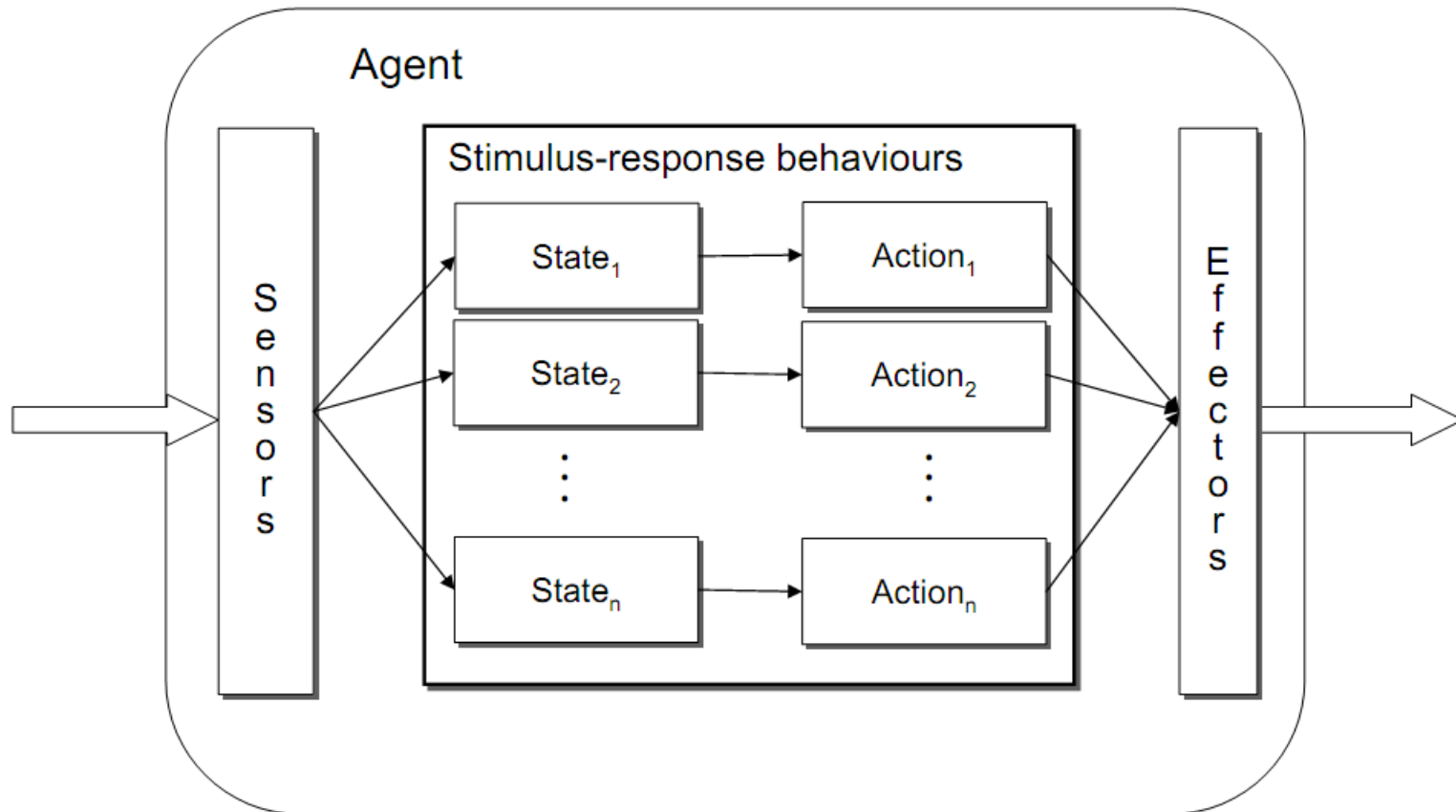
NÍVEL REACTIVO

ARQUITECTURA REACTIVA GERAL



ARQUITECTURA REACTIVA

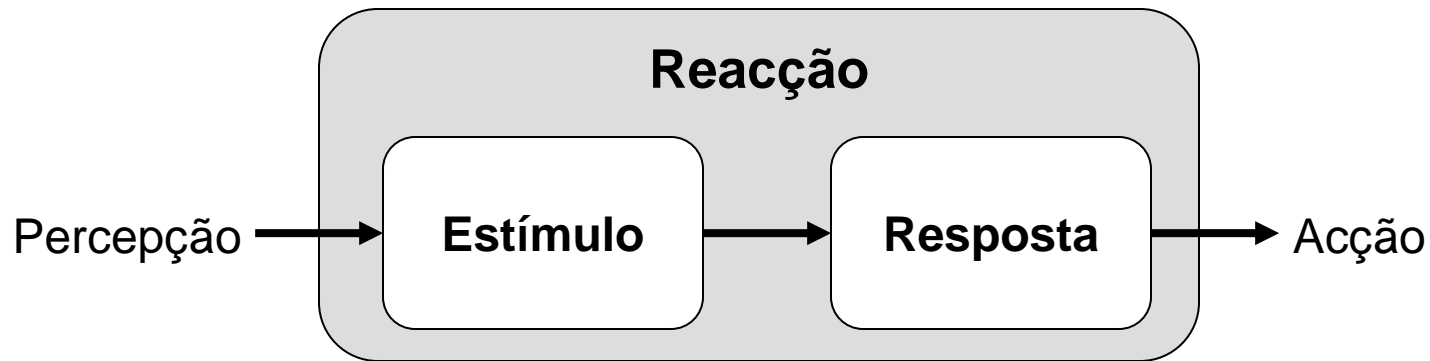
NÍVEL SUB-SIMBÓLICO



ARQUITECTURA DE AGENTES REACTIVOS

REACÇÃO

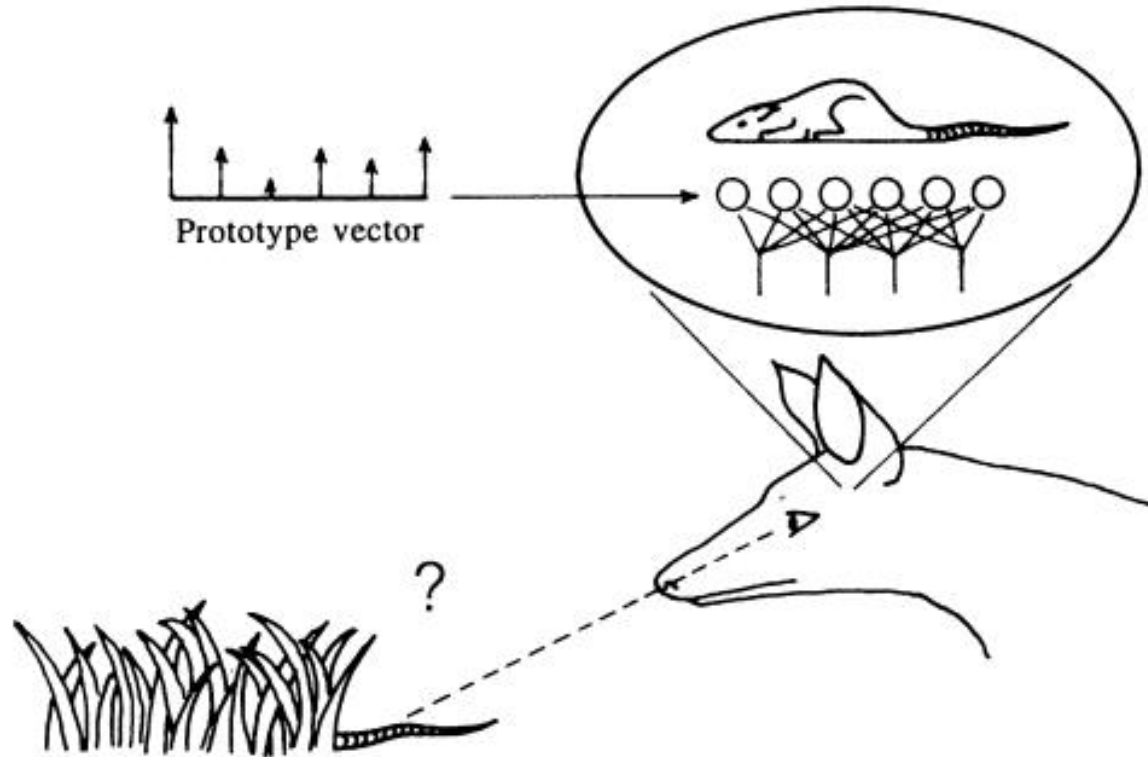
- REGRA ESTÍMULO - RESPOSTA



Numa arquitectura reactiva simples **não são mantidas representações internas** do estado do mundo, as acções são activadas **directamente em função das percepções**

MECANISMOS DE REACÇÃO

DETECÇÃO DE ESTÍMULOS POR RECONHECIMENTO DE PADRÕES



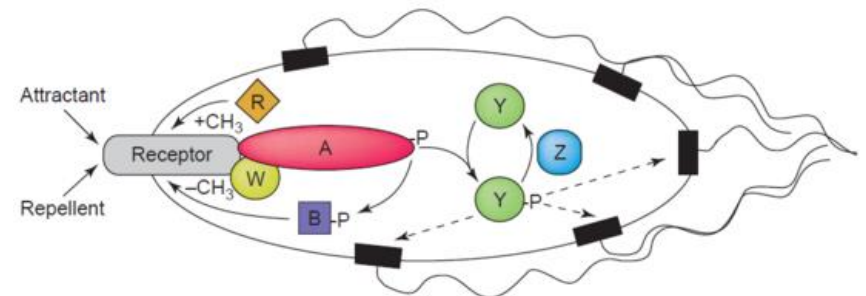
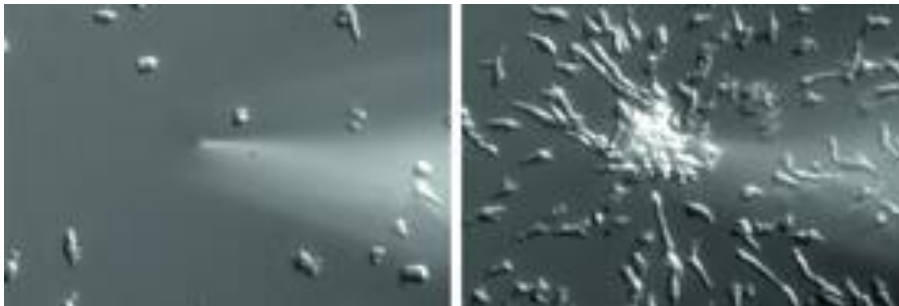
TIPOS DE REACÇÃO

REFLEXOS

- Respostas **descontínuas** a **estímulos não direccionais**

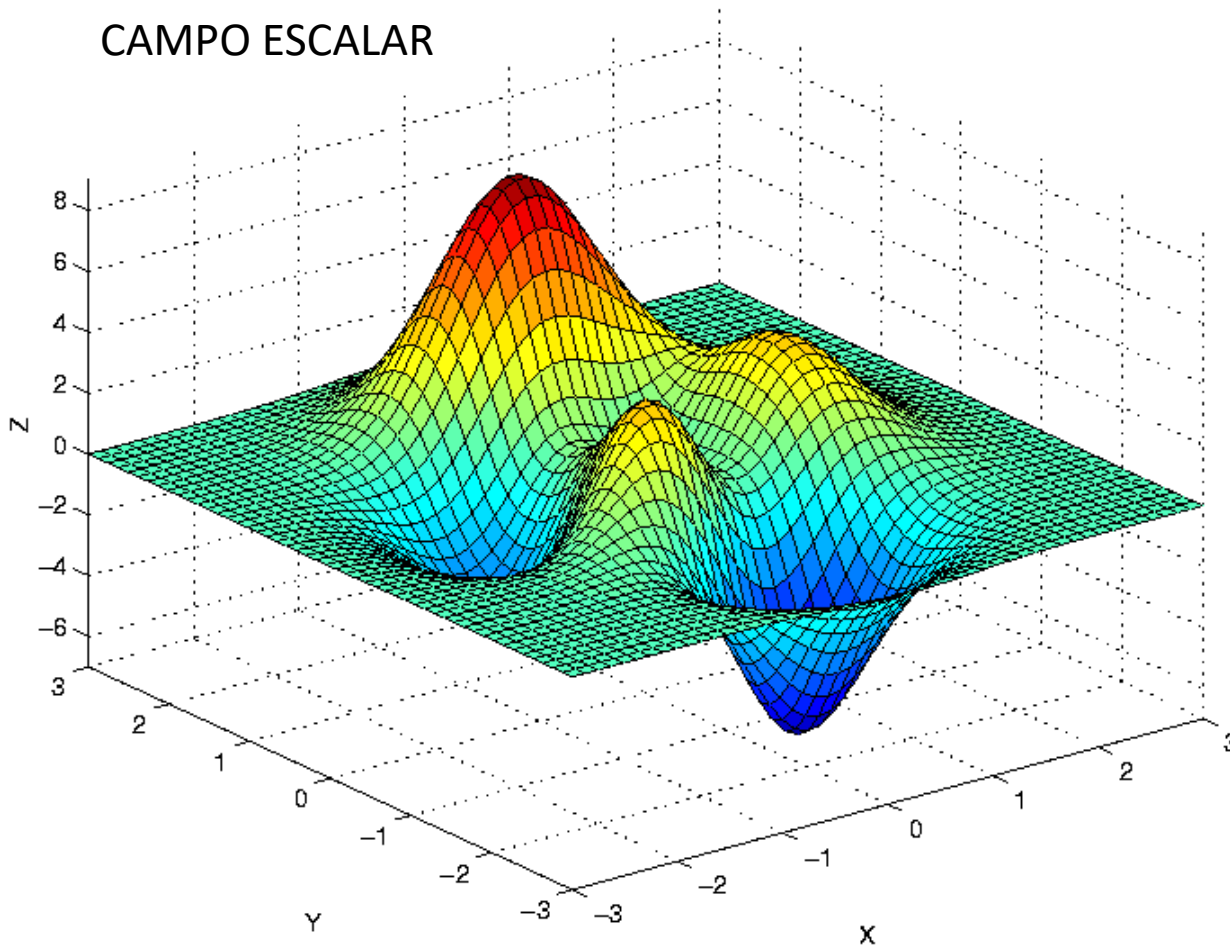
TAXIAS

- Respostas **contínuas** a **estímulos direccionais**
- Exemplos:
 - Fototaxia
 - Quimiotaxia



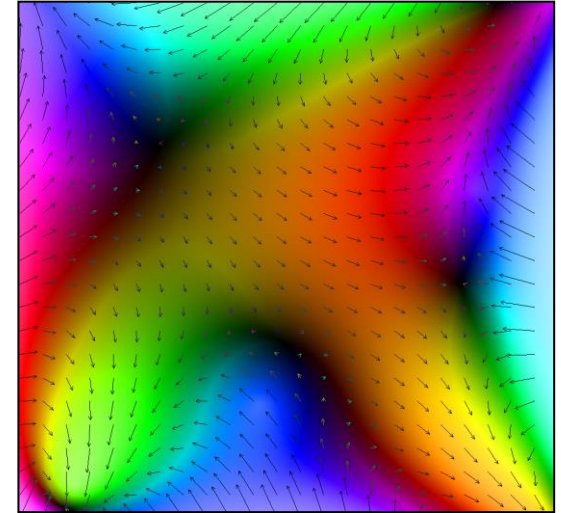
CAMPOS DE POTENCIAL

CAMPO ESCALAR



$$f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$$

CAMPO VECTORIAL



Exemplo: campo magnético

CAMPOS DE POTENCIAL

- Campo de potencial
- Campo de força
 - **Vector de acção:**
 - **Gradiente** do campo de potencial $P(x,y)$:

$$(\Delta x, \Delta y) = \nabla P(x, y) = \left(\frac{\partial P}{\partial x}, \frac{\partial P}{\partial y} \right)$$

- Informação **local** detectada através dos sensores
- Comportamento **seguir o gradiente**

CAMPOS DE POTENCIAL

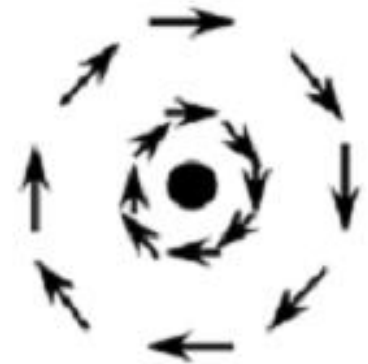
TIPOS DE CAMPOS DE POTENCIAL



Atractivo



Repulsivo



Tangencial

$$V_{direction} = 0^\circ$$

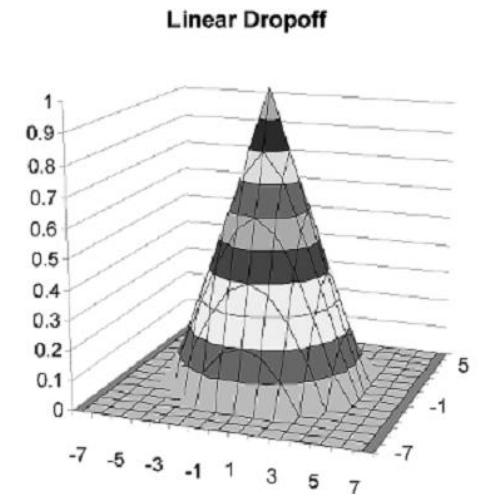
$$V_{direction} = 180^\circ$$

Referencial – Direcção da fonte de potencial

INTENSIDADE DE CAMPO

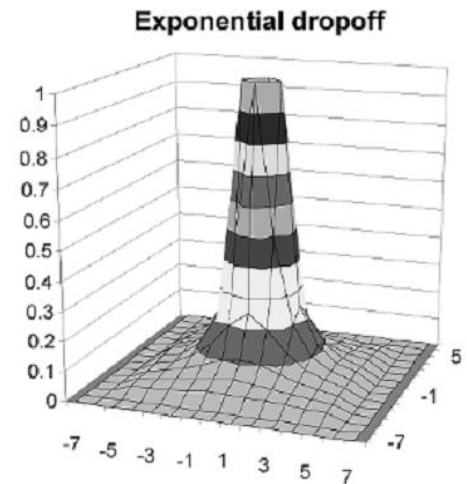
CAMPO COM DECAIMENTO LINEAR

$$V_{magnitude} = \begin{cases} \frac{(D-d)}{D} & \text{for } d \leq D \\ 0 & \text{for } d > D \end{cases}$$



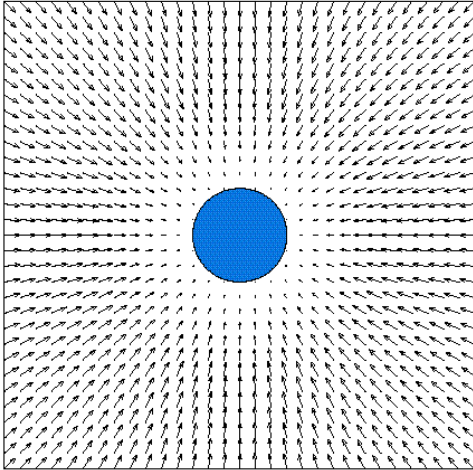
CAMPO COM DECAIMENTO EXPONENCIAL

$$V_{magnitude} = \gamma^D, \gamma \in [0, 1]$$

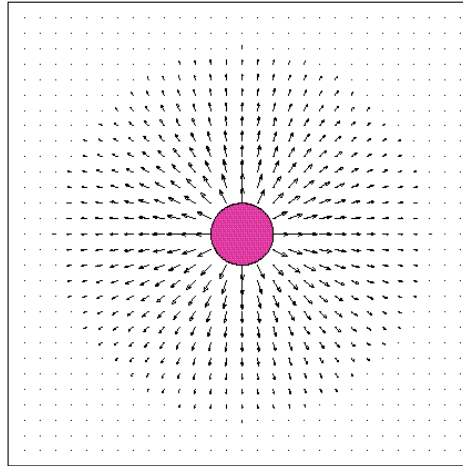


CAMPOS DE POTENCIAL

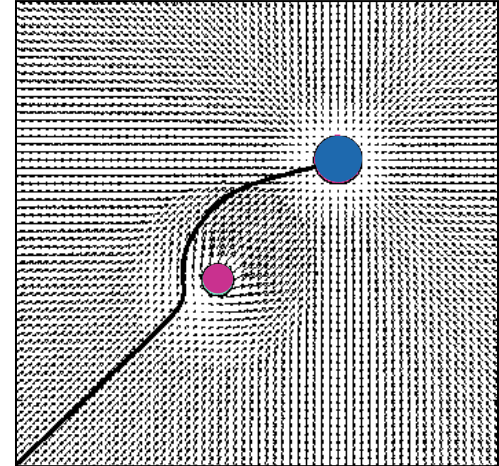
Campo atractivo



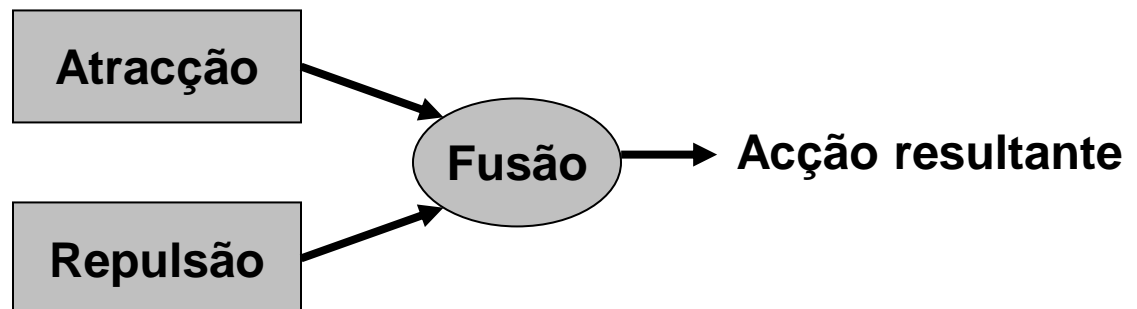
Campo repulsivo



Campo combinado



COMPOSIÇÃO DE ACÇÕES ATRAVÉS DE FUSÃO

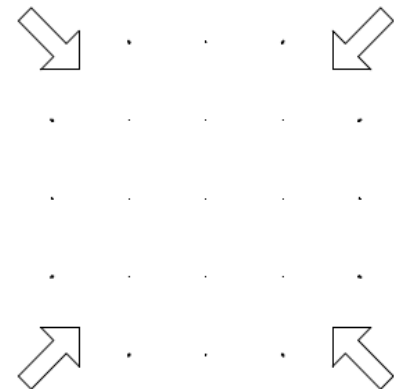
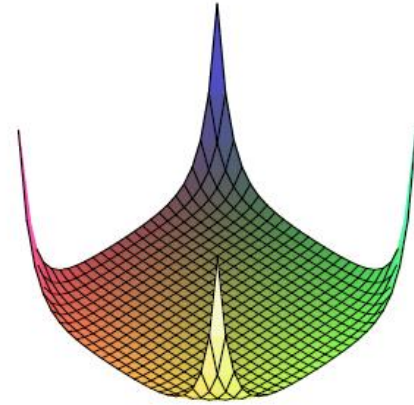
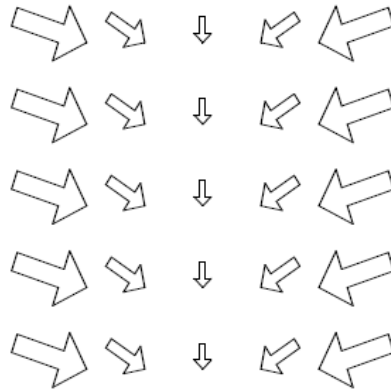
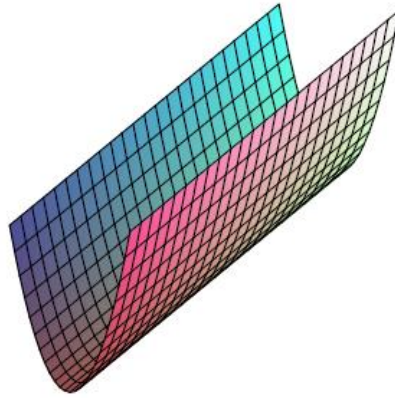
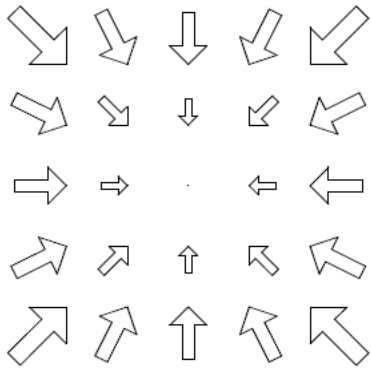
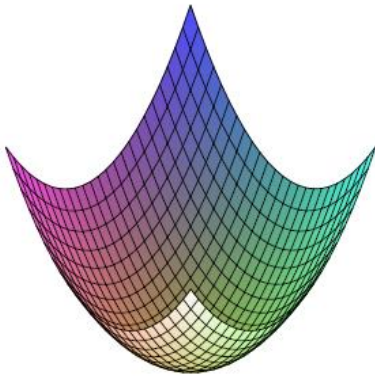


CAMPOS DE POTENCIAL

- **OBJECTIVOS**
 - Fontes de potencial atractivo
- **OBSTÁCULOS**
 - Fontes de potencial repulsivo
- **Comportamento esperado**
 - Movimentação para um objectivo evitando os obstáculos
- **Problema**
 - **Óptimos locais**
 - Forças atractivas e repulsivas anulam-se
 - Bloqueios

CAMPOS DE POTENCIAL

ÓPTIMOS LOCAIS



CAMPOS DE POTENCIAL

ÓPTIMOS LOCAIS

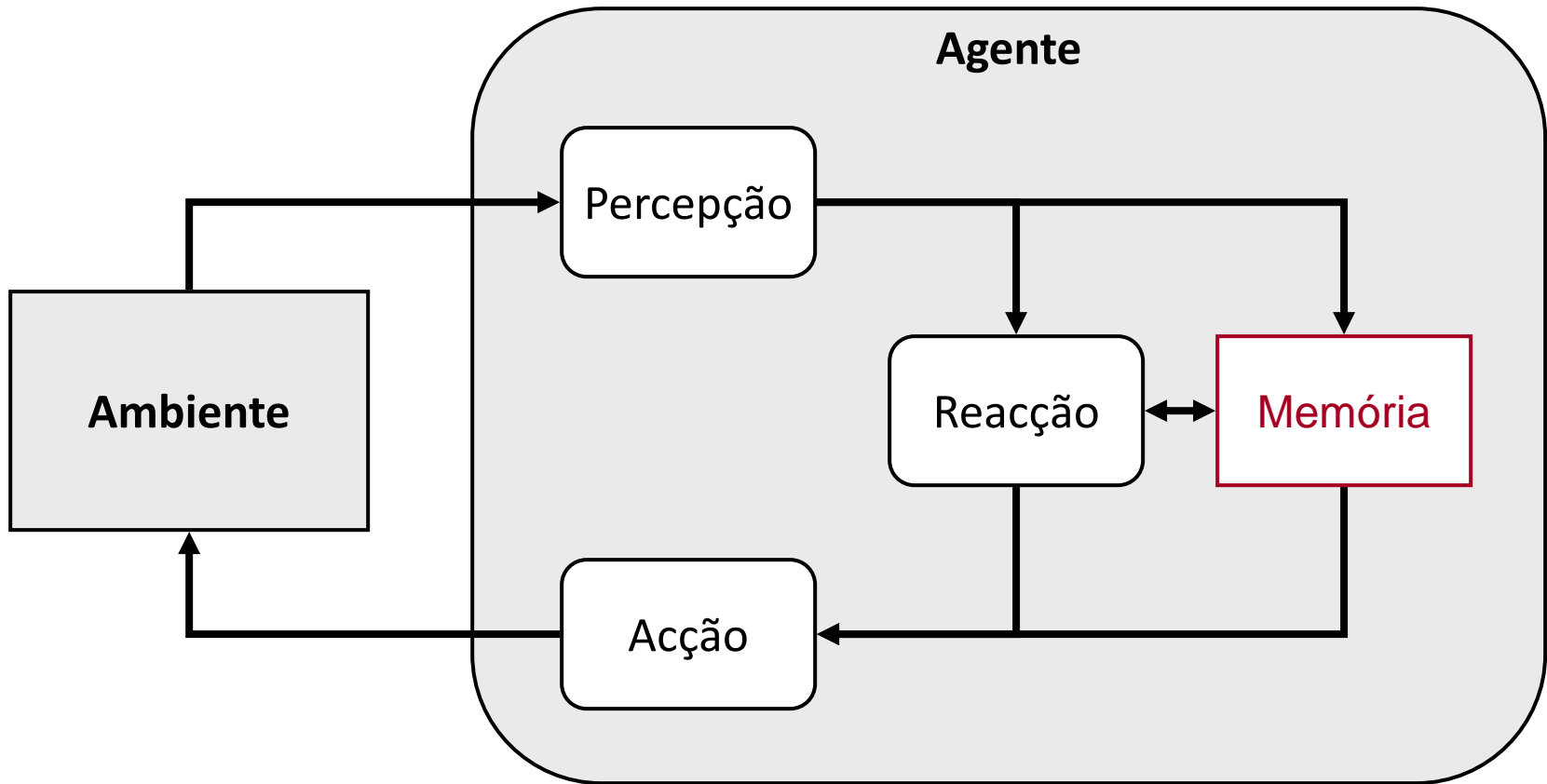
- **Detecção** de óptimos locais
 - Posição
 - Distância
 - Velocidade
- **Resolução** de óptimos locais
 - Exploração aleatória
 - Mecanismos de Retrocesso
 - Mecanismos de Memória

AGENTES REACTIVOS SEM MEMÓRIA

- **Problemas** na implementação de comportamentos sem memória
 - **Exploração**
 - Necessidade de evitar o passado
 - **Óptimos locais**
 - Por exemplo, **comportamento cíclico** perante determinadas configurações de alvos e obstáculos
- Necessidade de **manutenção de estado**

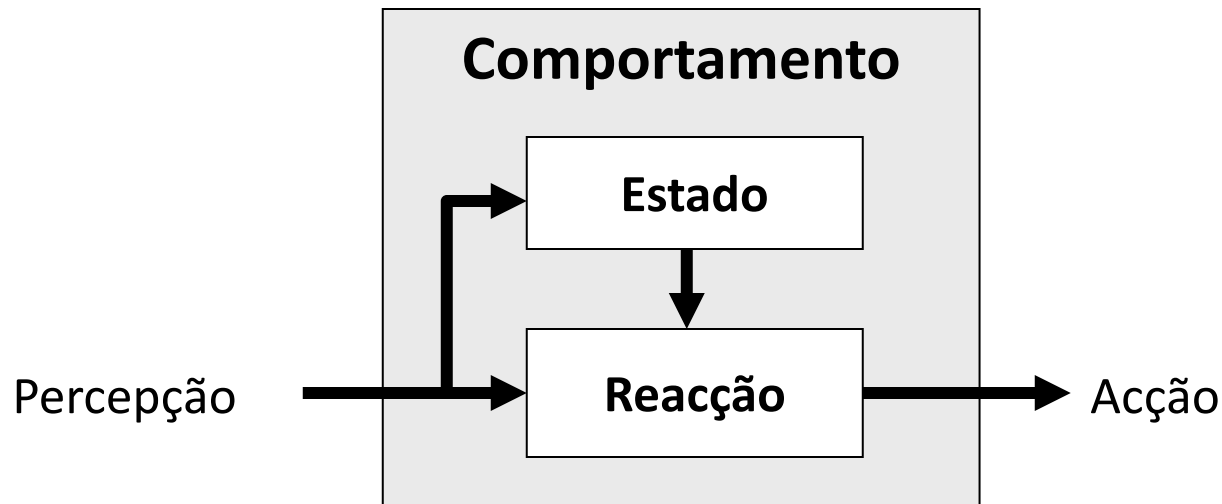
ARQUITECTURA DE AGENTES REACTIVOS

ARQUITECTURA REACTIVA COM MEMÓRIA



AGENTES REACTIVOS COM MEMÓRIA

- **Reacções** podem envolver não apenas percepções mas também **estado interno (memória)**
- Manipulação de estado
 - Regras e acções para **alteração do estado interno**
- **Comportamentos com memória**



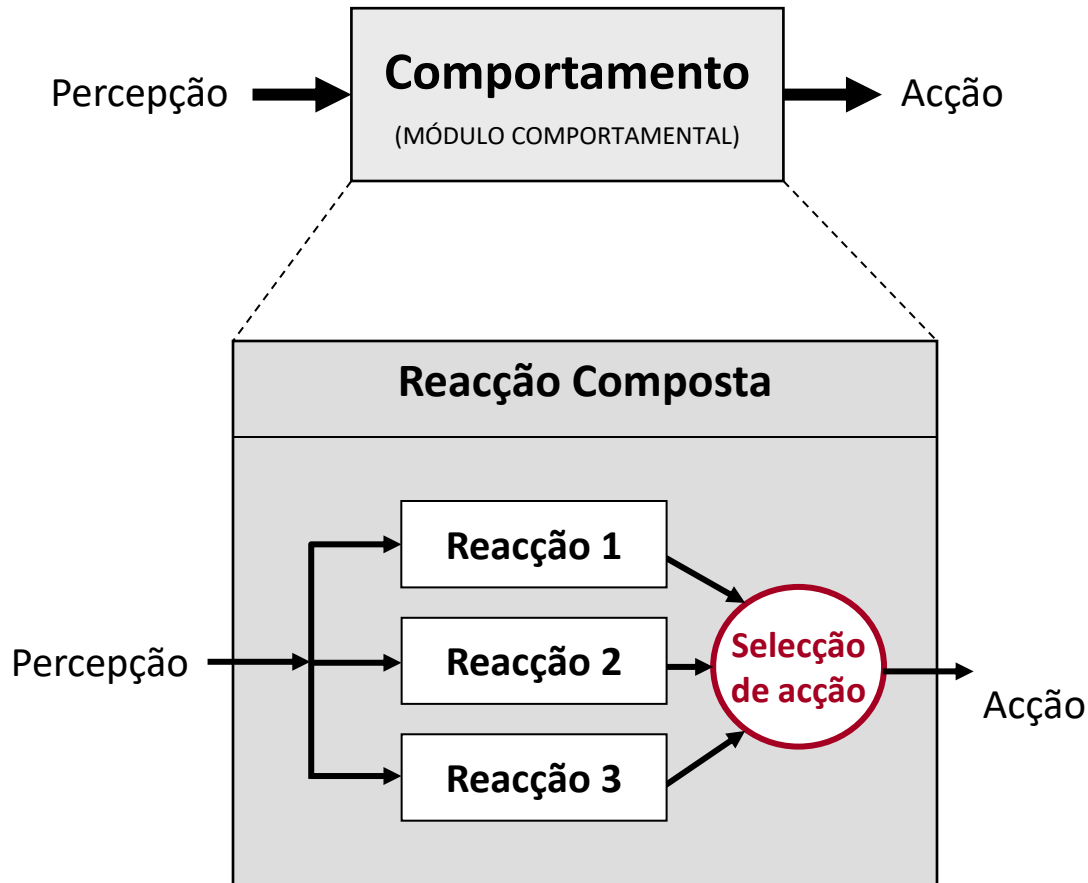
AGENTES REACTIVOS COM ESTADO

- **Exemplo**

Comportamento “**Evitar o Passado**”

- Representação interna de **percepções anteriores**
- Geração de **forças repulsivas** para áreas **recentemente visitadas**

COORDENAÇÃO DE COMPORTAMENTOS



SELECÇÃO DE ACÇÃO

HIERARQUIA

- Os comportamentos estão organizados numa hierarquia fixa de supressão

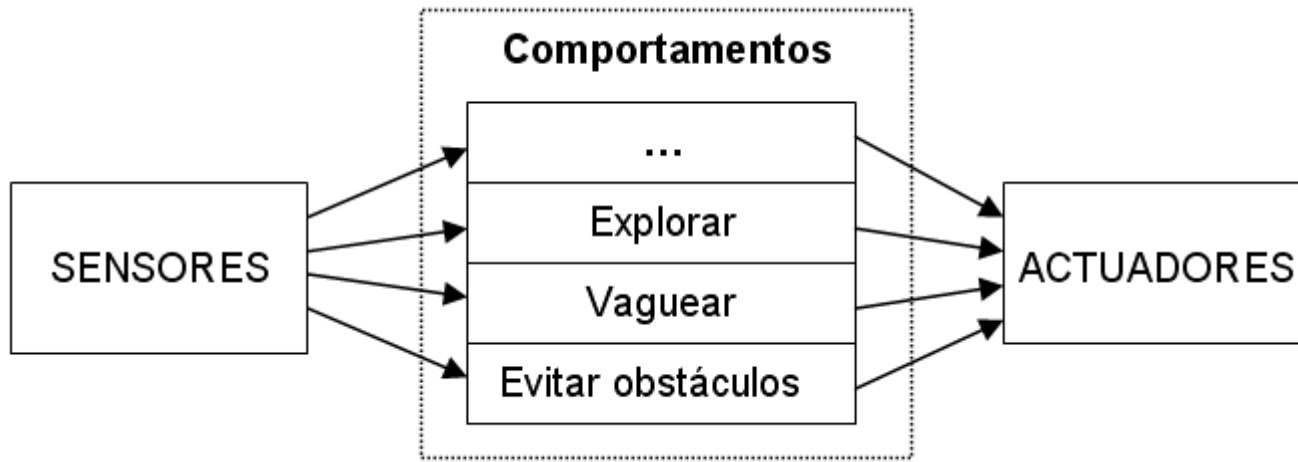
SELECÇÃO POR PRIORIDADE

- As respostas são seleccionadas de acordo com uma prioridade associada que varia ao longo da execução

FUSÃO

- As respostas são combinadas numa única resposta por composição (e.g. soma vectorial)

ARQUITECTURA DE SUBSUNÇÃO



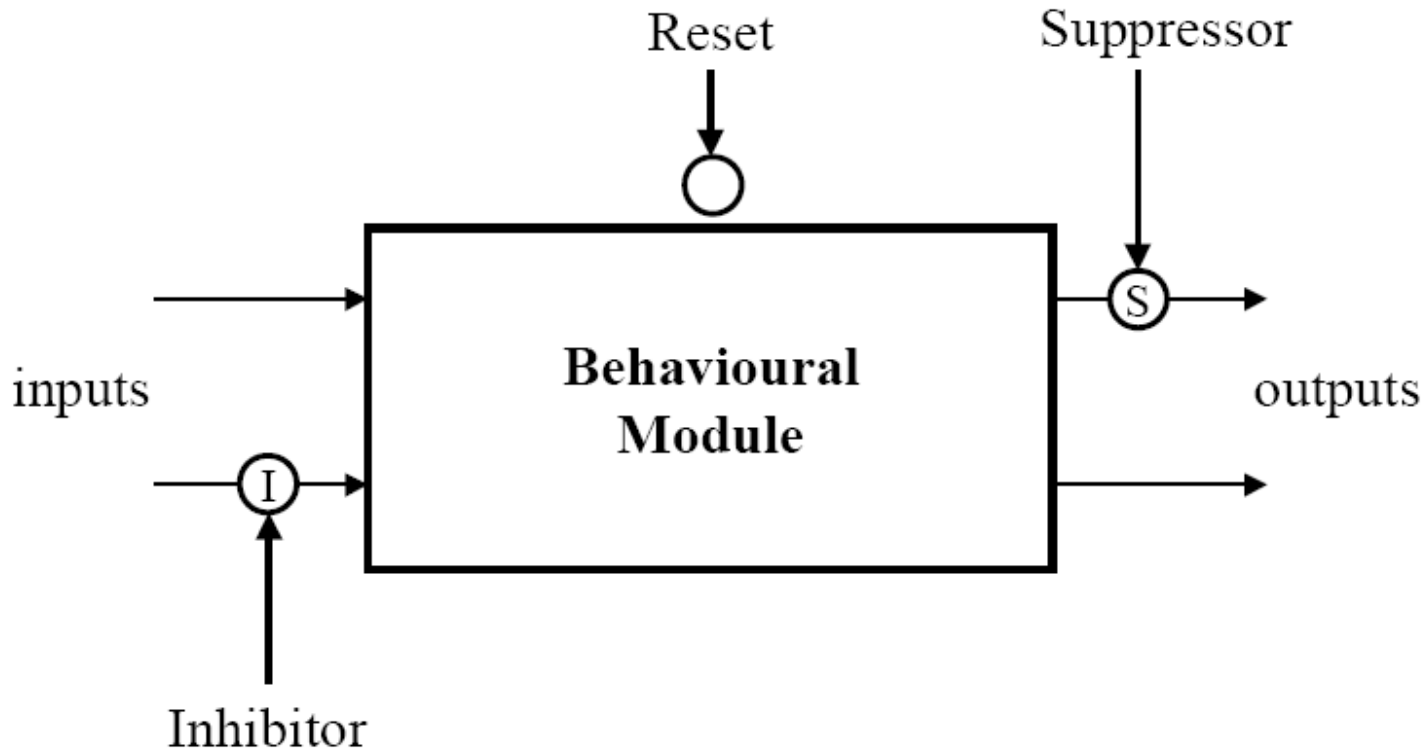
- **Comportamentos organizados em camadas (níveis de competência)** e responsáveis pela concretização **independente** de um objectivo
- **Resultado do comportamento** pode ser a **entrada de outro comportamento**
- Possibilidade de **comportamentos das camadas superiores assumirem o controlo** sobre comportamentos das camadas inferiores
- Camadas inferiores **não têm conhecimento** das camadas superiores
 - **Hierarquia de comportamentos**

ARQUITECTURA DE SUBSUNÇÃO

- Saídas das camadas inferiores podem ser utilizadas por camadas superiores
- Camadas superiores controlam as camadas inferiores
 - **Inibição**
 - Desactivação de comunicação entre módulos
 - **Supressão**
 - Desactivação de comportamento
 - **Reinício (*Reset*)**
 - Reposição do estado inicial de um comportamento

ARQUITECTURA DE SUBSUNÇÃO

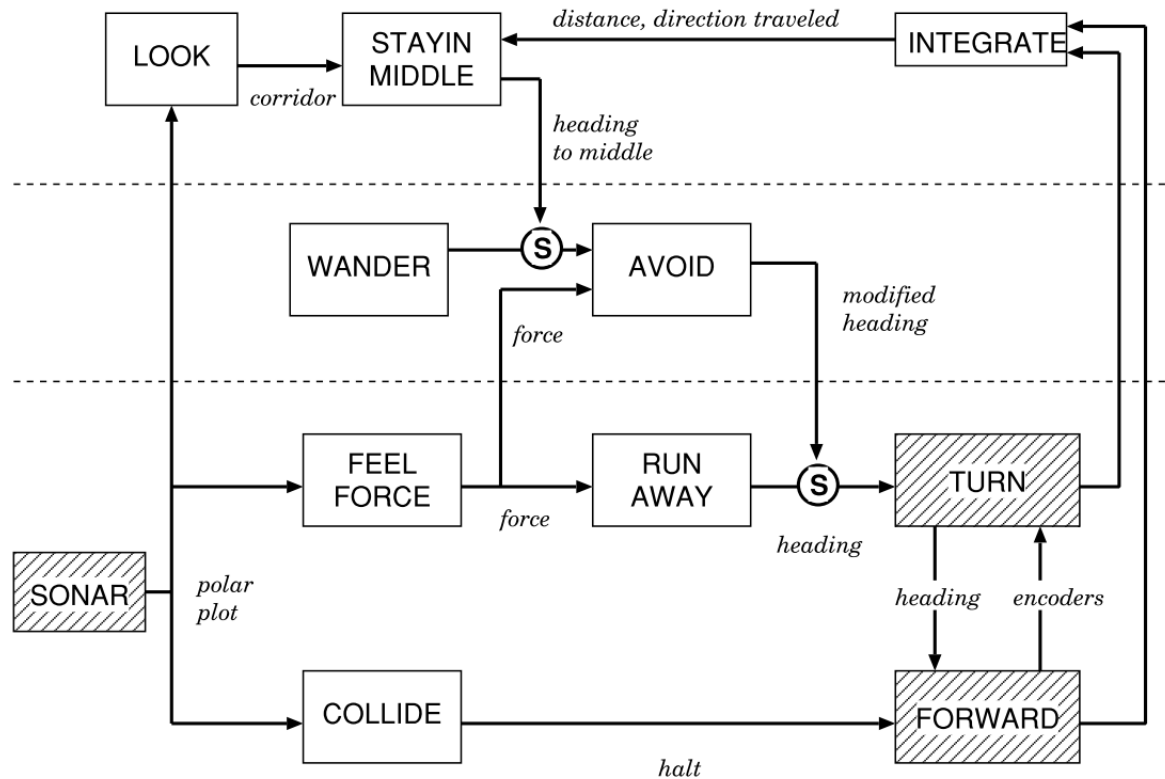
MÓDULOS COMPORTAMENTAIS



[Brooks, 1991]

ARQUITECTURA DE SUBSUNÇÃO

EXEMPLO



ARQUITECTURA DE SUBSUNÇÃO

- Proposta como **alternativa** a abordagens simbólicas
- Arquitectura definida por **conjuntos de comportamentos**
- Comportamentos organizados em camadas (**níveis de competência**)
- Desenvolvimento **incremental**
- **Robustez**
- **Simplicidade** relativa
- Problemas de escala

ARQUITECTURA REACTIVA

- **VANTAGENS**

- Reactividade
 - Resposta rápida a estímulos do ambiente
 - Operação em tempo-real
- Robustez
- Desenvolvimento modular

- **DESVANTAGENS**

- Comportamentos limitados
 - Impossibilidade de planejar comportamentos óptimos
- Comportamento condicionado por óptimos locais
- Escalabilidade limitada
 - Desenvolvimento incremental pode levar a grande complexidade
- Forte acoplamento com o ambiente

BIBLIOGRAFIA

[Murphy, 2000]

R. Murphy, *An Introduction to AI Robotics*, MIT Press, 2000

[Wooldridge, 2002]

M. Wooldridge, *An Introduction to Multi-Agent Systems*, John Wiley & Sons, 2002

[Pfeifer & Scheier, 2002]

R. Pfeifer, C. Scheier, *Understanding Intelligence*, MIT Press, 2000

[Brooks, 1985]

R. Brooks, *A Robust Layered Control System for a Mobile Robot*, A. I. Memo 864, MIT AI-Lab, 1985

[Hoagland *et al.*, 2001]

M. Hoagland, B. Dodson, J. Hauck, *Exploring The Way Life Works: The Science of Biology*, Jones & Bartlett Learning, 2001

[J. Staddon, 2001]

J. Staddon, *Adaptive Dynamics: The Theoretical Analysis of Behavior*, MIT Press, 2001

[Logan, 2001]

B. Logan, *Designing Intelligent Agents*, School of Computer Science, University of Nottingham, 2001

[Mainzer, 1990]

K. Mainzer, *Thinking in Complexity: The Computational Dynamics of Matter, Mind and Mankind (4th ed.)*, Springer, 2004