



**Universidade do Minho**  
Departamento de Informática

# Sensorização: Perceção e Interpretação

SA @ Perfil SI, MEI  
2º sem, 2024/2025



- *An intelligent robot is a machine able to **extract information from its environment** and use **knowledge about its world** to move safely in a meaningful and purposive manner.*

*Ronald Arkin*

- Um robô inteligente é uma máquina com capacidade para **extrair informação do ambiente** e utilizar **conhecimento sobre o mundo** para se deslocar em segurança de modo significativo e objetivo.





## Dispositivo

- *An intelligent robot is a machine able to **extract information from its environment** and use **knowledge about its world** to move safely in a meaningful and purposive manner.*

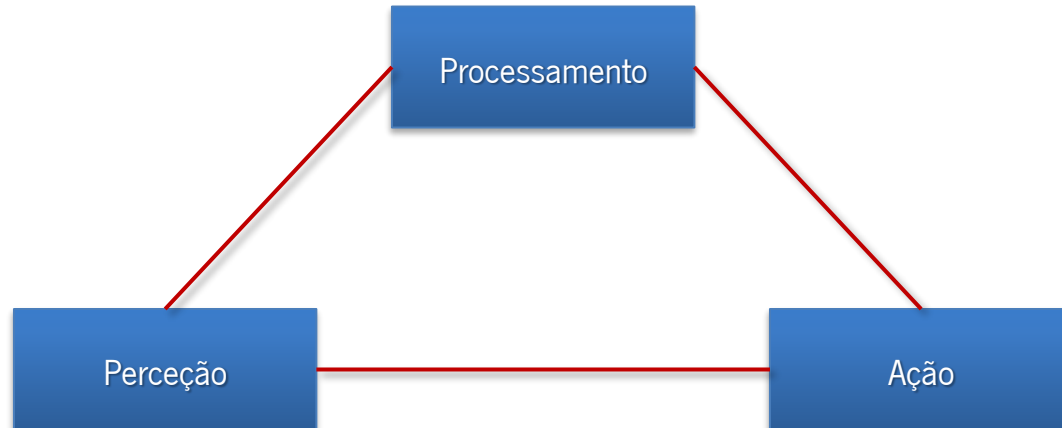
*Ronald Arkin*

- Um robô inteligente é uma máquina com capacidade para **extrair informação do ambiente** e utilizar **conhecimento sobre o mundo** para se deslocar em segurança de modo significativo e objetivo.





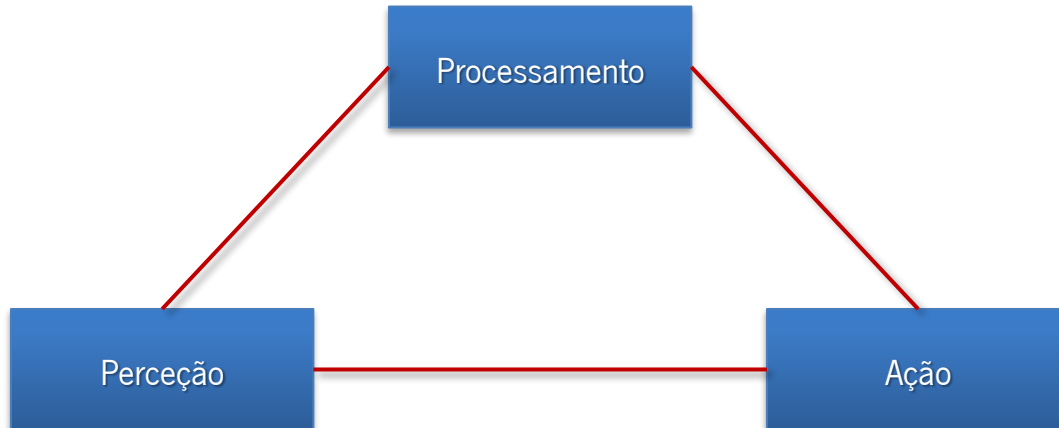
- O controlo de um sistema (autónomo) inteligente envolve um ciclo de três etapas:
  - Perceção;
  - Processamento;
  - Ação.





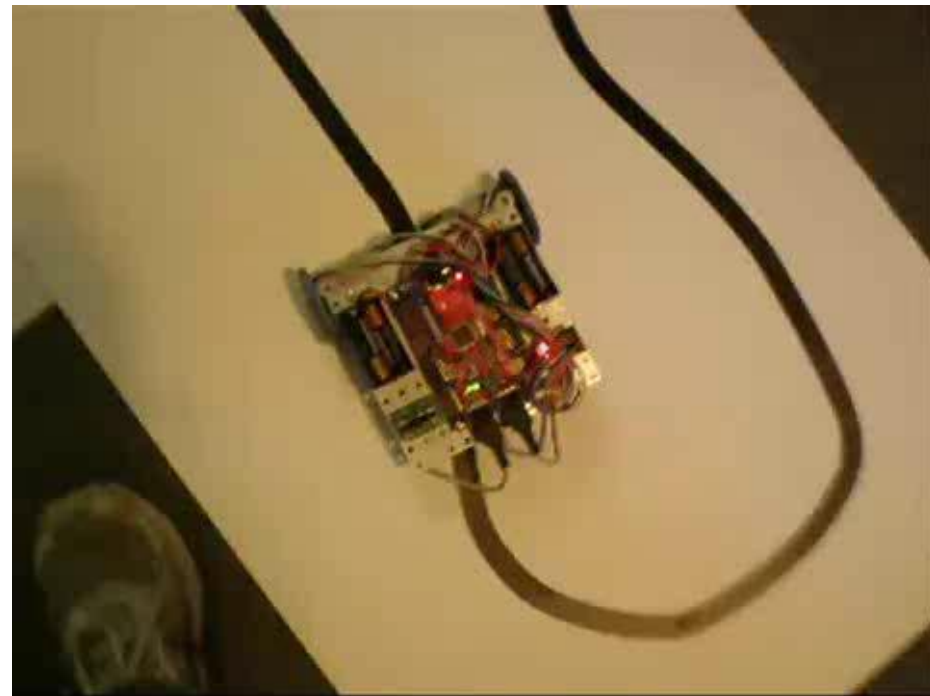
## Sensores, Processadores, Atuadores

- Os sensores recolhem informação do **ambiente**;
- Os processadores tratam a informação recolhida, utilizando-a para construir **planos de atuação**;
- Os atuadores **transformam** os planos de atuação em ações sobre o ambiente.





- A capacidade de um dispositivo inteligente interpretar a informação presente no ambiente é crucial para alcançar os objetivos com sucesso;





## Percepção e Interpretação

- A capacidade de um dispositivo inteligente interpretar a informação presente no ambiente é crucial para alcançar os objetivos com sucesso;
- O “mundo real” é frequentemente dinâmico e não determinístico:
  - O conhecimento do mundo é parcial;



# Percepção e Interpretação

- A capacidade de um dispositivo inteligente interpretar a informação presente no ambiente é crucial para alcançar os objetivos com sucesso;
- O “mundo real” é frequentemente dinâmico e não determinístico:
  - O conhecimento do mundo é parcial;
  - Coisas mudam de lugar;
  - Informação *a priori* pode ser:
    - Incorreta;
    - Imprecisa;
    - Obsoleta.







## Percepção e Interpretação

- A capacidade de um dispositivo inteligente interpretar a informação presente no ambiente é crucial para alcançar os objetivos com sucesso;
- O “mundo real” é frequentemente dinâmico e não determinístico:
  - O conhecimento do mundo é parcial;
  - Coisas mudam de lugar;
  - Informação *a priori* pode ser:
    - Incorreta;
    - Imprecisa;
    - Obsoleta.

**Ou, simplesmente, inesperado!**





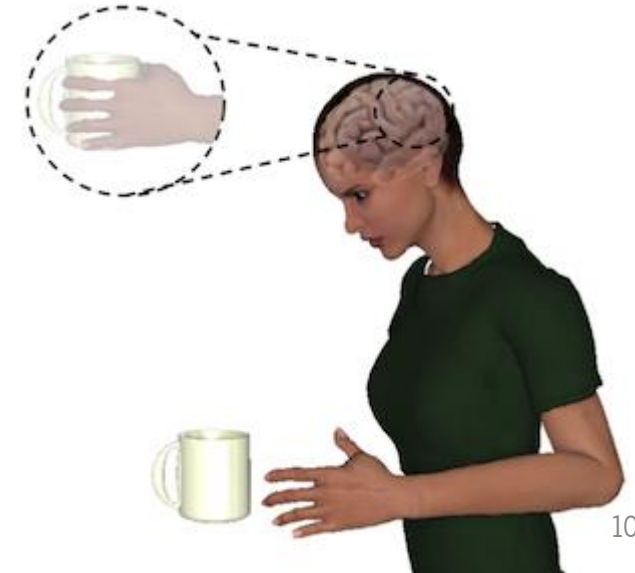
# Percepção: Paradigma Comportamental

- Percepção e Ação devem estar **fortemente** relacionadas:

*“Perception without the context of action is meaningless”*

“Behavior-Based Robotics”, Ronald C. Arkin

- As necessidades de **atuação** “dão” contexto para a **percepção**;
- A **percepção** é simplificada por restrições de **atuação**  
(o conhecimento “aconselha” sobre o local do mundo onde podem aparecer “coisas”!);
- Em ambos os casos, **ação** e **percepção** são inseparáveis.





# Percepção: Paradigma Comportamental

- *Action-Oriented Perception*

“Behavior-Based Robotics”, Ronald C. Arkin

- Percepção Baseada nas Ações:

- Entendimento segundo o qual o processamento de percepções (sensorização) de um sistema (autônomo) inteligente deve ser dirigido a suprir as necessidades dos atuadores.  
(inclinação no piso e energia nos motores)
- Os sensores são utilizados para recolher informação indispensável para os motores.





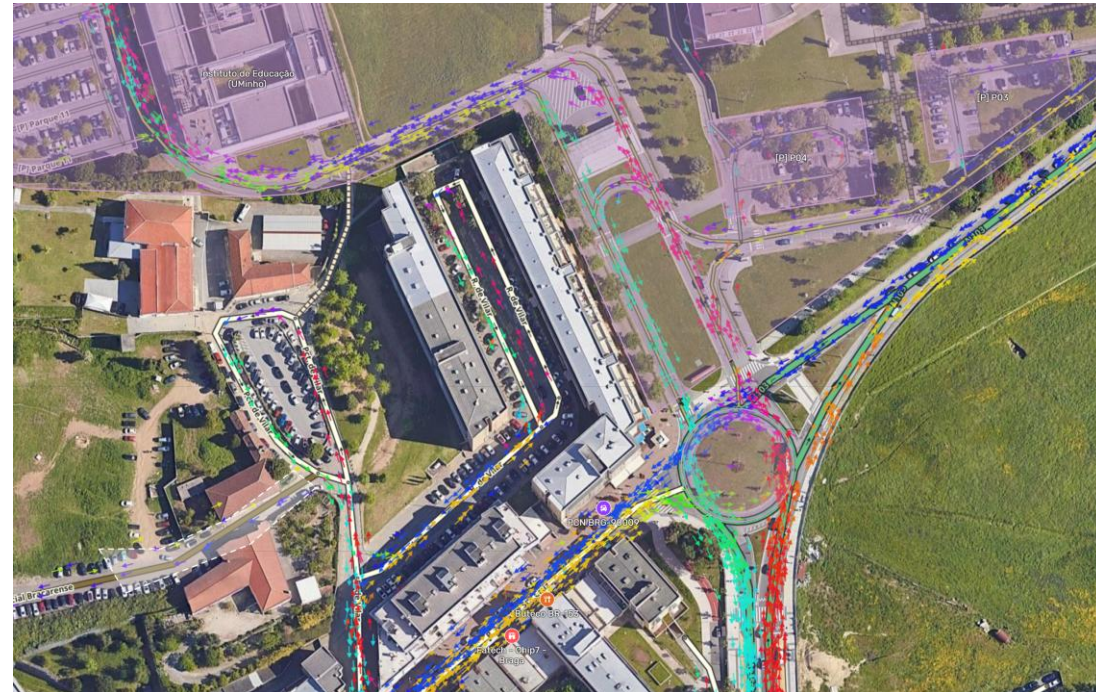
# Percepção: Paradigma Comportamental

- *Expectation-Based Perception*

“Behavior-Based Robotics”, Ronald C. Arkin

- Percepção Baseada na Expectativa:

- Entendimento segundo o qual o conhecimento sobre o mundo (capacidade sensorial) pode condicionar a interpretação sobre a composição do mundo.  
(mapas e navegação por GPS)
- A informação sensorial pode conter dados que condicionem a escolha das ações.







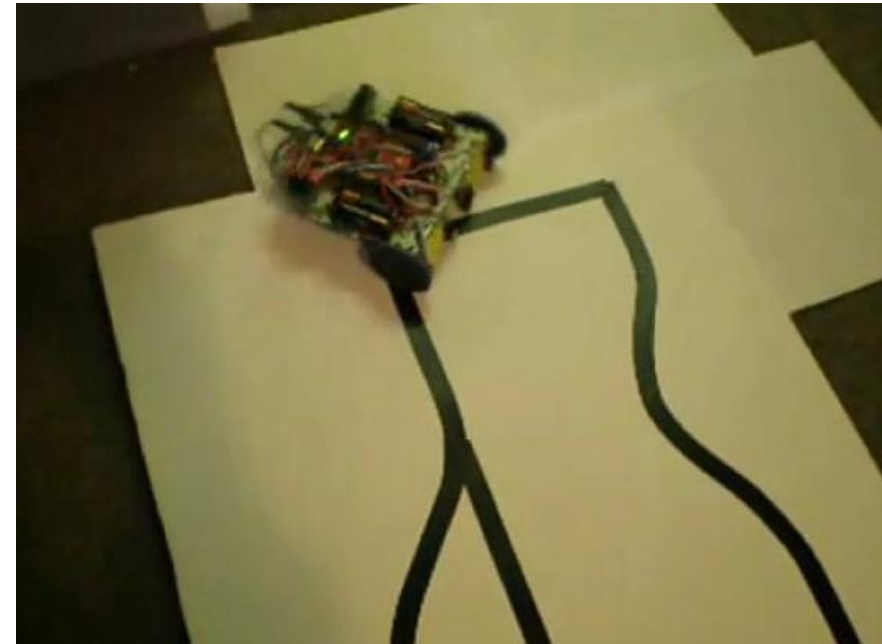
# Percepção: Paradigma Comportamental

- *Active Perception*

“Behavior-Based Robotics”, Ronald C. Arkin

- Percepção Ativa:

- Entendimento segundo o qual um dispositivo inteligente pode usar os atuadores para melhorar o processamento de percepções (informação sensorial), posicionando-se (ou aos sensores) do modo mais adequado. (dirigir sensor de luminosidade para fonte de luz)
- Os motores devem ser utilizados para melhorar as condições de sensorização do ambiente.





# O Problema do Posicionamento

- O problema típico de movimentação:

*“Mobile robot localization by tracking geometric beacons”,*

Leonard & Durrant-Whyte

...descreve-se em três questões:

- *Where am I?*
- *Where am I going?*
- *How should I get there?*

Onde estou?

Para onde vou?

Como chegar lá?

- A primeira questão está diretamente relacionada com a capacidade de sensorização para posicionamento no ambiente.





## ■ Métodos de Posicionamento Relativo:

- Odometria;
- Navegação inercial.

## ■ Métodos de Posicionamento Absoluto:

- Avisos ativos;
- Reconhecimento de marcos artificiais;
- Reconhecimento de marcos naturais;
- Reconhecimento de modelo.





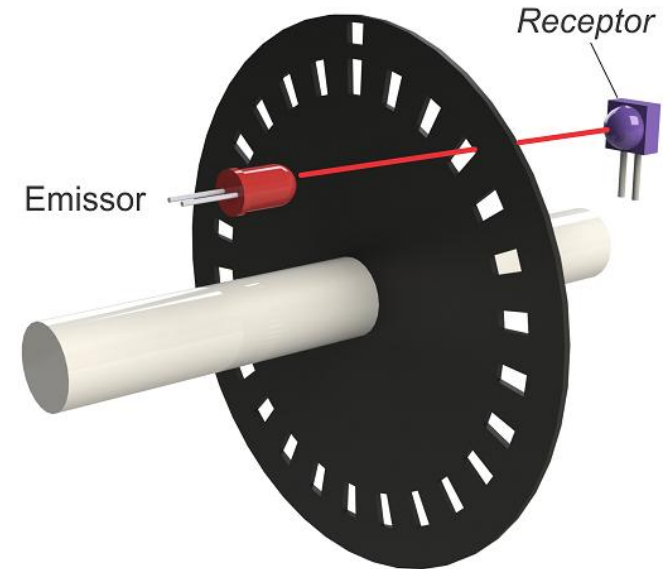
## Métodos de Posicionamento

### ■ Métodos de Posicionamento Relativo:

#### ○ Odometria:

- Usa *encoders* para medir a rotação das rodas e/ou a orientação;
- Tem a vantagem de fornecer sempre uma estimativa da posição;
- Tem a desvantagem de que os erros crescem sempre e sem limite.

#### ○ Navegação inercial.







# Métodos de Posicionamento

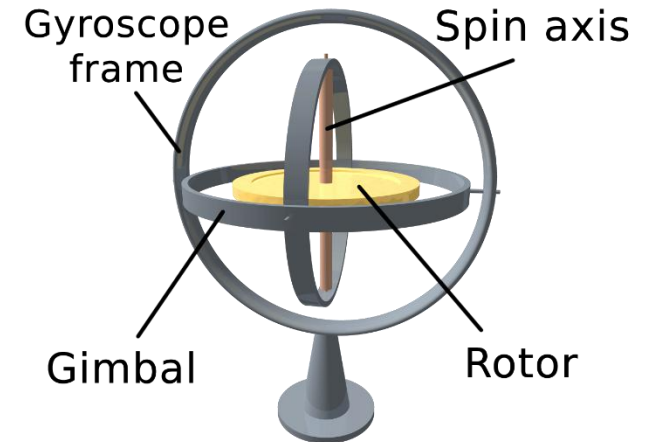
## ■ Métodos de Posicionamento Relativo:

### ○ Odometria:

- Usa *encoders* para medir a rotação das rodas e/ou a orientação;
- Tem a vantagem de fornecer sempre uma estimativa da posição;
- Tem a desvantagem de que os erros crescem sempre e sem limite.

### ○ Navegação inercial:

- Usa giroscópios e acelerómetros para medir rotação e aceleração;
- Esta informação é integrada com o tempo;
- Tem a vantagem de fornecer estimativas sobre o posicionamento;
- Tem a desvantagem de o erro crescer ao longo do tempo, devido à integração dos dados.



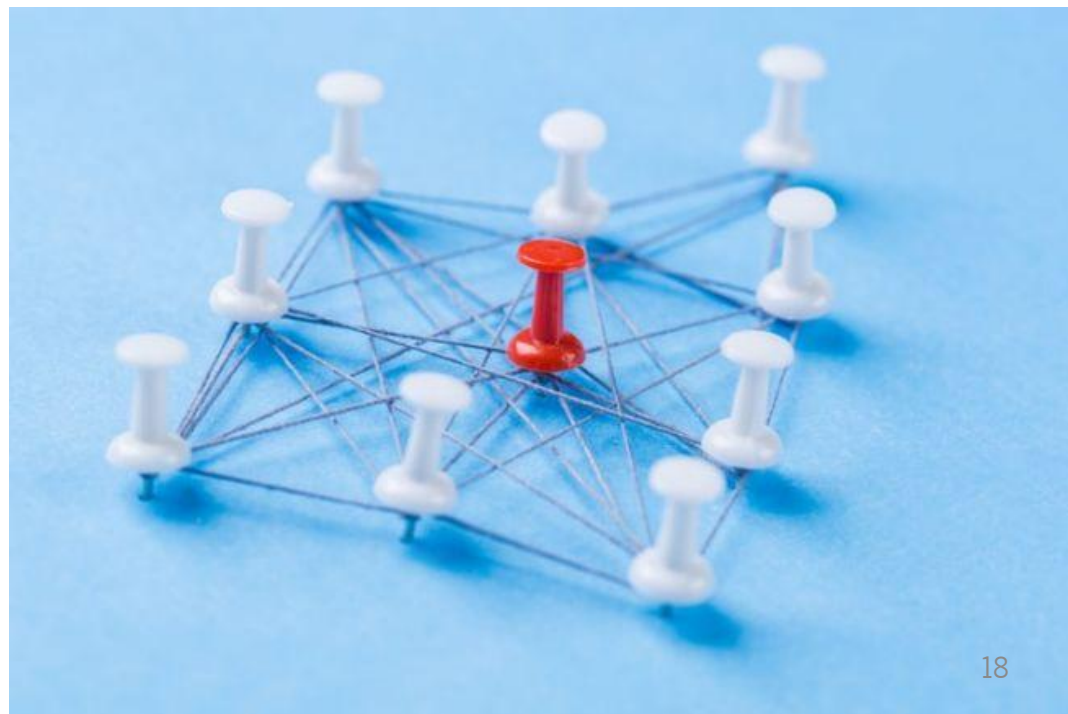


## ■ Métodos de Posicionamento Relativo:

- Odometria;
- Navegação inercial.

## ■ Métodos de Posicionamento Absoluto:

- Avisos ativos;
- Reconhecimento de marcos artificiais;
- Reconhecimento de marcos naturais;
- Reconhecimento de modelo.





# Métodos de Posicionamento

## ■ Métodos de Posicionamento Absoluto:

- Avisos ativos:
  - Calcula uma posição absoluta por medição de três ou mais feixes ativos (triangulação);
  - Os feixes podem ser luminosos, rádio, etc., mas têm de estar colocados em pontos conhecidos do ambiente.
- Reconhecimento de marcos artificiais;
- Reconhecimento de marcos naturais;
- Reconhecimento de modelo.





## ■ Métodos de Posicionamento Absoluto:

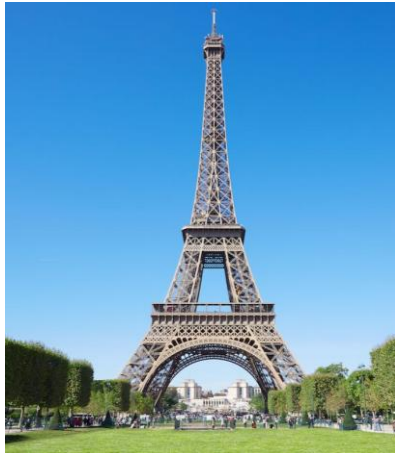
- Avisos ativos;
- Reconhecimento de marcos artificiais:
  - Colocam-se marcos de identificação no ambiente (três ou mais);
  - Tem a vantagem de permitir construir os marcos para serem facilmente identificáveis;
  - Podem ser obtidas outras informações (distância ou velocidade).
- Reconhecimento de marcos naturais;
- Reconhecimento de modelo.





## ■ Métodos de Posicionamento Absoluto:

- Avisos ativos;
- Reconhecimento de marcos artificiais;
- Reconhecimento de marcos naturais:
  - Os marcos são pontos identificativos próprios do ambiente;
  - Tem a vantagem de não necessitar de preparação inicial;
  - Tem a desvantagem de ser necessário conhecer (bem) o ambiente *a priori*.
- Reconhecimento de modelo.







## ■ Métodos de Posicionamento Absoluto:

- Avisos ativos;
- Reconhecimento de marcos artificiais;
- Reconhecimento de marcos naturais;
- Reconhecimento de modelo:
  - Compara-se informação recolhida através dos sensores com um mapa do ambiente;
  - Quando características do mapa e do ambiente coincidem (são reconhecidas), o posicionamento é possível;
  - Os mapas podem ser geométricos ou topológicos.





- Métodos de Posicionamento Relativo:
  - Odometria;
  - Navegação inercial.
  
- Métodos de Posicionamento Absoluto:
  - Avisos ativos;
  - Reconhecimento de marcos artificiais;
  - Reconhecimento de marcos naturais;
  - Reconhecimento de modelo.



- Um **BOM** sensor deve obedecer às seguintes condições:
  - Deve ser **sensível** à propriedade a medir;
  - Deve ser **insensível** a qualquer outra propriedade;
  - **Não** deve **influenciar** a propriedade medida.







## Conhecimento: Caracterização

- A ação de um sistema inteligente dependerá dos vários tipos de conhecimento de que disponha ou que seja capaz de adquirir:
  - Conhecimento Espacial do Mundo;
  - Conhecimento Objeto;
  - Conhecimento Percetual;
  - Conhecimento Comportamental;
  - Conhecimento Próprio;
  - Conhecimento Intencional.





## Conhecimento: Caracterização

- A ação de um sistema inteligente dependerá dos vários tipos de conhecimento de que disponha ou que seja capaz de adquirir:
  - Conhecimento Espacial do Mundo:
    - noção do espaço navegável e da sua estrutura (topologia e/ou obstáculos);
  - Conhecimento Objeto;
  - Conhecimento Percetual;
  - Conhecimento Comportamental;
  - Conhecimento Próprio;
  - Conhecimento Intencional.





## Conhecimento: Caracterização

- A ação de um sistema inteligente dependerá dos vários tipos de conhecimento de que disponha ou que seja capaz de adquirir:
  - Conhecimento Espacial do Mundo;
  - Conhecimento Objeto:
    - categorias ou instâncias de “coisas” que povoam o espaço;
  - Conhecimento Percetual;
  - Conhecimento Comportamental;
  - Conhecimento Próprio;
  - Conhecimento Intencional.





## Conhecimento: Caracterização

- A ação de um sistema inteligente dependerá dos vários tipos de conhecimento de que disponha ou que seja capaz de adquirir:
  - Conhecimento Espacial do Mundo;
  - Conhecimento Objeto;
  - Conhecimento Percetual:
    - informação sobre como o ambiente é sentido em diversas circunstâncias;
  - Conhecimento Comportamental;
  - Conhecimento Próprio;
  - Conhecimento Intencional.





## Conhecimento: Caracterização

- A ação de um sistema inteligente dependerá dos vários tipos de conhecimento de que disponha ou que seja capaz de adquirir:
  - Conhecimento Espacial do Mundo;
  - Conhecimento Objeto;
  - Conhecimento Percetual;
  - Conhecimento Comportamental:
    - noção sobre o modo de (re)agir em diferentes situações;
  - Conhecimento Próprio;
  - Conhecimento Intencional.





## Conhecimento: Caracterização

- A ação de um sistema inteligente dependerá dos vários tipos de conhecimento de que disponha ou que seja capaz de adquirir:
  - Conhecimento Espacial do Mundo;
  - Conhecimento Objeto;
  - Conhecimento Percetual;
  - Conhecimento Comportamental;
  - Conhecimento Próprio:
    - capacidades intrínsecas do dispositivo (velocidade, bateria, sensores, ...);
  - Conhecimento Intencional.





## Conhecimento: Caracterização

- A ação de um sistema inteligente dependerá dos vários tipos de conhecimento de que disponha ou que seja capaz de adquirir:
  - Conhecimento Espacial do Mundo;
  - Conhecimento Objeto;
  - Conhecimento Percetual;
  - Conhecimento Comportamental;
  - Conhecimento Próprio;
  - Conhecimento Intencional:
    - informação acerca do objetivo a alcançar (planeamento).





## Conhecimento: Duração

- A **Duração** é outro modo de caracterizar o conhecimento;
- Identificado pela resposta dada à questão:  
“Durante quanto tempo o conhecimento terá utilidade?”
  - Conhecimento Transitório;
  - Conhecimento Persistente.



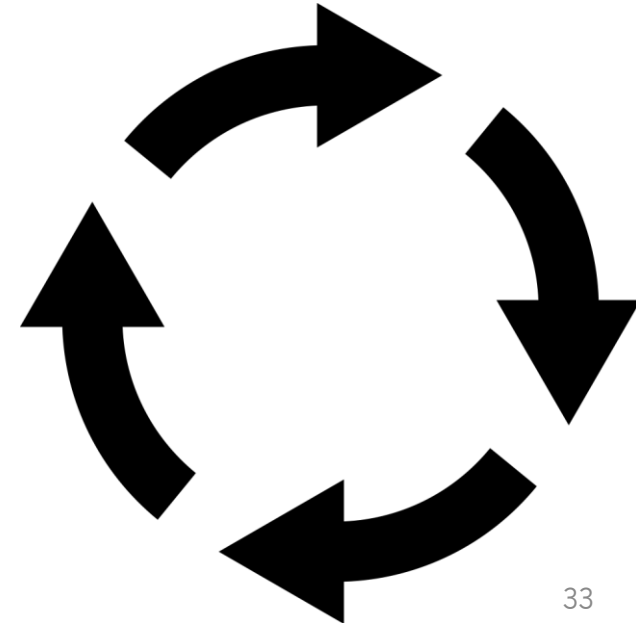




### ■ Conhecimento Transitório:

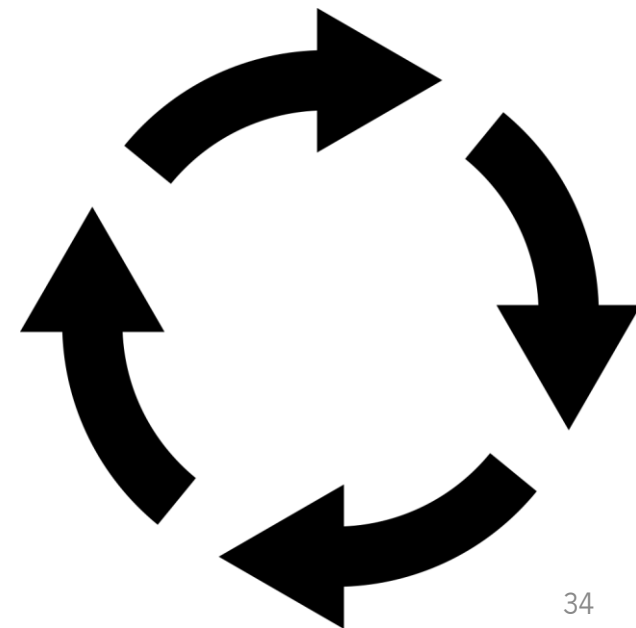
- O sistema adquire conhecimento transitório dinamicamente, no decurso do desenvolvimento da tarefa;
- São desenvolvidos modelos do ambiente, construídos através da informação recolhida por sensores;
- O conhecimento transitório é “esquecido” ou “retratado” à medida que o sistema vai ultrapassando os locais de onde esse conhecimento foi recolhido;
- *Short-Term Memory* (STM).

### ■ Conhecimento Persistente.



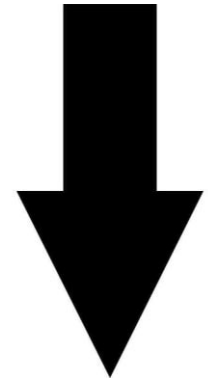


- Conhecimento Transitório (*Short-Term Memory* - STM):
  - Reduz a necessidade de obtenção/atualização frequente de dados dos sensores;
  - Proporciona informação “recente” para guiar o sistema em tempo-real;
  - Particularmente útil:
    - para evitar a retenção de conhecimento que já não tem utilidade;
    - quando a representação permite “alimentar” diretamente os atuadores;
    - em situações de desvio de obstáculos.
- Conhecimento Persistente.



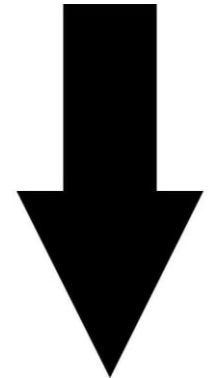


- Conhecimento Transitório (*Short-Term Memory* - STM);
- Conhecimento Persistente:
  - Caracterizado por conhecimento *a priori* sobre o ambiente;
  - Considerado (relativamente) estático durante o desenvolvimento da tarefa;
  - Descreve os objetos, os obstáculos e o próprio ambiente (espaço livre de navegação);
  - Adota a representação do conhecimento próprio (modelo do próprio sistema);
  - *Long-Term Memory* (LTM).



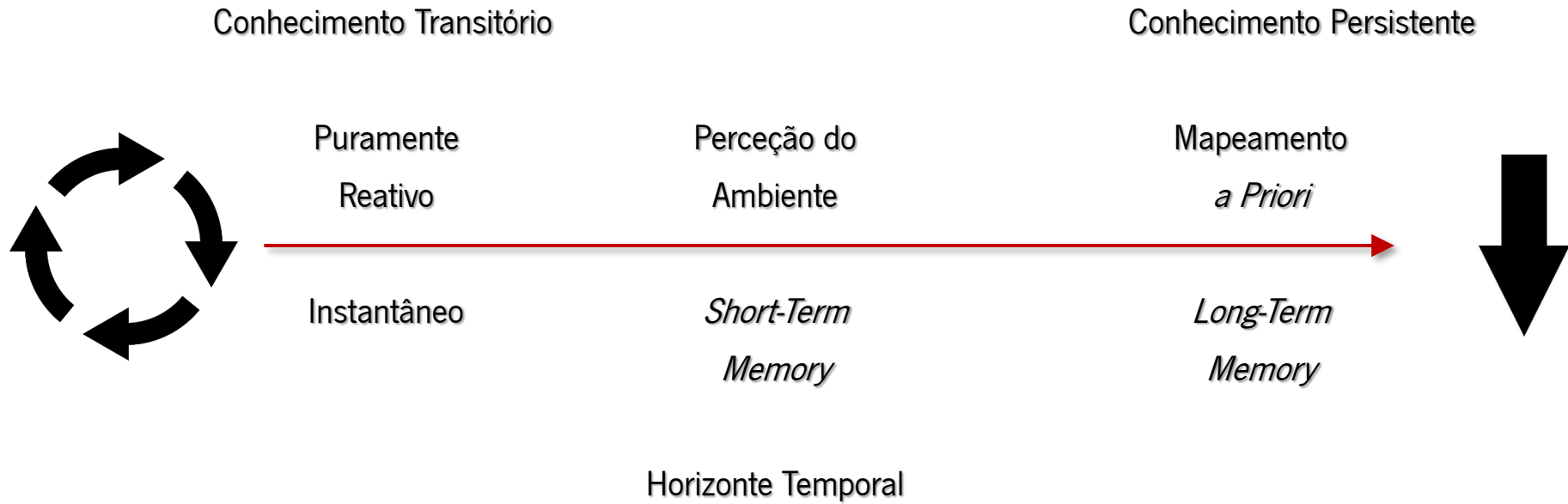


- Conhecimento Transitório (*Short-Term Memory* - STM);
- Conhecimento Persistente (*Long-Term Memory* - LTM):
  - Permite a construção de mapas do ambiente;
  - A origem dos dados utilizados permite classificar em dois tipos:
    - tendo origem nos sensores do próprio sistema, à medida que navega no ambiente;
    - tendo origem em fonte externa, por conveniência de programação ou por necessidade de alcançar maiores amplitudes (p. ex., criação de modelos).



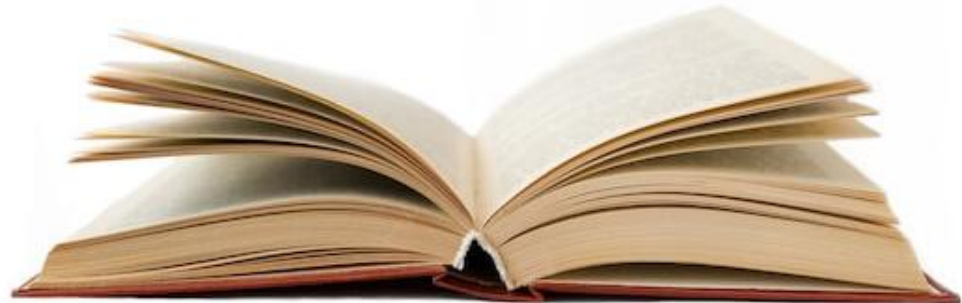


## Conhecimento: Duração





- Ronald Arkin, “Behavior Based Robotics”, The MIT Press, 1998.
- Farlei Heinen, “Sistema de Controle Híbrido para Robôs Móveis Autônomos”, UNISINOS, 2002.
- J. Borenstein, H.R. Everett, L. Feng, “Where am I?” – Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning”, University of Michigan, 1996.
- Leonard, Durrant-Whyte, “Robot localization using vision and odometry”, University of Oxford, 1991.





**Universidade do Minho**  
Departamento de Informática

# **Sensorização e Ambiente**

## **Oportunidades, Desafios e Ameaças**

SA @ Perfil SI, MEI  
2º sem, 2024/2025