

# Inteligência Artificial

Luís A. Alexandre

UBI

Ano lectivo 2018-19

## Conteúdo

### Funcionamento da disciplina

Objetivo

Programa

Competências

Avaliação

Bibliografia

Questões práticas

Introdução à IA

História da IA

Agentes inteligentes

Agentes e ambientes

Racionalidade

Ambientes

Agente reflexivo

Agente reflexivo baseado em modelo

Agente com objetivo

Agente com utilidade

Agente que aprende

Leitura recomendada

## Objetivo

Introduzir os conceitos, modelos e linguagem adequados à resolução de problemas usando as técnicas da Inteligência Artificial (IA).

## Conteúdos programáticos mínimos

1. Introdução à IA
2. Resolução de problemas
3. Representação de conhecimento
4. Conhecimento incerto e raciocínio
5. Aprendizagem
6. Aplicações: perceção, robótica e PLN.

## Competências

No final da disciplina os alunos devem ser capazes de

- ▶ Compreender os sistemas baseados em IA
- ▶ Implementar o código da maioria dos assuntos estudados
- ▶ Aplicar os conhecimentos adquiridos na resolução de problemas

## Avaliação

- ▶ Os alunos devem frequentar 80% das aulas.
- ▶ Trabalhadores-estudante: não precisam de frequentar as aulas mas têm ainda de fazer o trabalho. Devem identificar-se junto do docente.
- ▶ Existe nota mínima para se ir a exame e vale 6 valores.
- ▶ Qualquer tipo de fraude implica reprovação na disciplina.

## Avaliação

- ▶ A avaliação é feita com recurso a um trabalho prático obrigatório e 2 frequências.
- ▶ Datas das frequências (a realizar nas aulas teóricas):
  - ▶ Frequência 1: 2018-11-08
  - ▶ Frequência 2: 2019-01-10
- ▶ O trabalho prático inclui: 1 relatório (2 valores), uma apresentação do trabalho (1 valor) e uma aplicação (3 valores).
- ▶ Os restantes 14 valores são obtidos com a média das frequências ou com o exame.
- ▶ Os trabalhos são em grupos de 2 alunos mas a nota é individual.

## Bibliografia

- ▶ PDFs das aulas teóricas;
- ▶ *Artificial Intelligence - A Modern Approach*, S. Russell, P. Norvig, 3ªEd., 2010.

## Questões práticas

- ▶ Os slides das teóricas, as fichas práticas e o resultado das avaliações ficam disponíveis no Moodle.
- ▶ O enunciado do trabalho prático será apresentado na semana da primeira frequência.
- ▶ Horário de atendimento das aulas teóricas: marcar.

## Conteúdo

### Funcionamento da disciplina

Objetivo  
Programa  
Competências  
Avaliação  
Bibliografia  
Questões práticas

### Introdução à IA

História da IA  
Agentes inteligentes

### Agentes e ambientes

Racionalidade  
Ambientes  
Agente reflexivo  
Agente reflexivo baseado em modelo  
Agente com objetivo  
Agente com utilidade  
Agente que aprende

### Leitura recomendada

Luís A. Alexandre (UBI)

Inteligência Artificial  
Introdução à IA

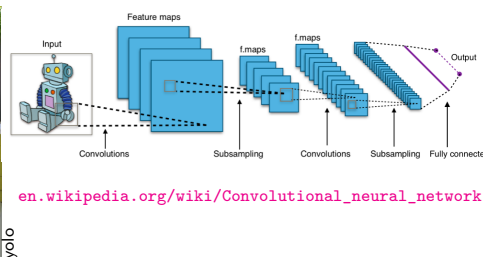
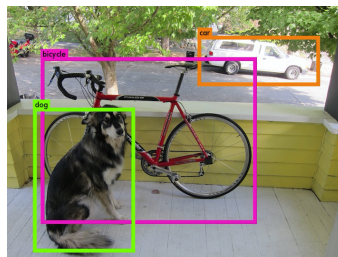
Ano lectivo 2018-19 9 / 50

## IA



tesla.com

“Hey Siri, what’s the best sushi place in town?”



en.wikipedia.org/wiki/Convolutional\_neural\_network

“DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%”

Luís A. Alexandre (UBI)

Inteligência Artificial

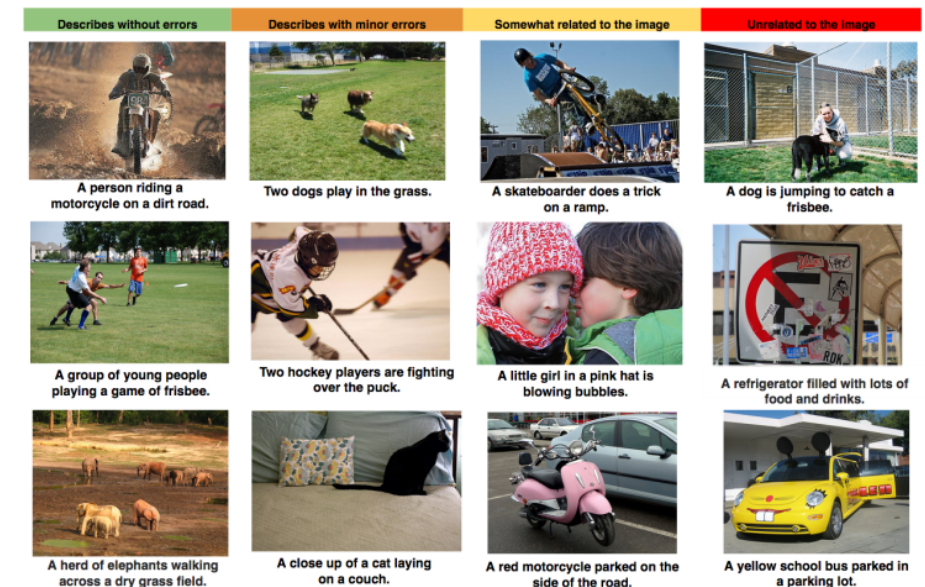
Ano lectivo 2018-19 11 / 50

Luís A. Alexandre (UBI)

Inteligência Artificial  
Introdução à IA

Ano lectivo 2018-19 10 / 50

## IA



techcrunch.com/2014/11/18/new-google-research-project-can-auto-caption-complex-images

Luís A. Alexandre (UBI)

Inteligência Artificial

Ano lectivo 2018-19 12 / 50

## O que é a IA ?

- ▶ Não existe uma definição consensual do que é a IA.
- ▶ De facto podem-se organizar as definições segundo a seguinte tabela:

	Humanos	Racionalmente
Agir	1	3
Pensar	2	4

1. Sistemas que agem como os humanos
  2. Sistemas que pensam como os humanos
  3. Sistemas que agem racionalmente
  4. Sistemas que pensam racionalmente
- ▶ Mas os humanos não são racionais ?!

## Agir como um humano

- ▶ O teste de Turing evita o contacto directo entre o interrogador e o interrogado, pois nesse caso a máquina teria de ter a aparência física de um humano, o que não é necessário para exibir um comportamento inteligente.
- ▶ No entanto existe o **teste de Turing total** em que se usa também um sinal de vídeo o que permite ao interrogador testar as capacidades percetuais do candidato e inclui ainda uma janela que permite que o interrogador passe objectos ao candidato.
- ▶ Neste caso a máquina necessita, além das capacidades já enunciadas, das seguintes:
  - ▶ **visão computacional**: para permitir reconhecer objectos
  - ▶ **robótica**: para permitir manipular objectos e deslocar-se
- ▶ Estas 6 disciplinas compõem a maior parte da IA.

## Agir como um humano

- ▶ Em 1950 Alan Turing propôs o **teste de Turing** com o objetivo de obter uma definição operacional de inteligência.
- ▶ Uma máquina passa no teste se, após responder a questões colocadas por escrito, o interrogador não souber se as respostas foram dadas por um humano ou não.
- ▶ Para uma máquina passar no teste precisa das seguintes capacidades:
  - ▶ **processamento de linguagem natural**: para poder comunicar na linguagem humana;
  - ▶ **representação do conhecimento**: para permitir armazenar o que sabe ou ouve;
  - ▶ **raciocínio automático**: para poder usar a informação armazenada para responder a perguntas e chegar a conclusões
  - ▶ **aprendizagem automática**: para poder adaptar-se a novas circunstâncias e detectar e extrapolar padrões.

## Agir como um humano

- ▶ Será necessário agir como um humano para se ser inteligente? Não.
- ▶ Como analogia podemos pensar no que foi preciso para construir máquinas voadoras: aerodinâmica.
- ▶ Os aviões não voam exactamente como os pombos, mas voam!
- ▶ Da mesma forma, na IA, não se tem tentado passar o teste de Turing mas sim estudar os princípios por detrás da inteligência.
- ▶ Desta forma julga-se que será possível criar máquinas que pensam, mesmo que não o façam da mesma forma que os humanos.

## Pensar como um humano

- ▶ Para podermos afirmar que um dado programa pensa como um humano temos de poder dizer como é que um humano pensa.
- ▶ Há duas formas de tentar **perceber como é que os humanos pensam**: por introspecção, tentando analisar os nossos próprios pensamentos enquanto eles ocorrem; ou por experiências psicológicas.
- ▶ Se tivermos uma teoria da mente suficientemente precisa podemos criar programas que a simulem.
- ▶ As ciências cognitivas são uma área científica onde se estudam modelos que consigam aproximar os comportamentos da mente humana.
- ▶ Nesta área as experiências requerem sujeitos humanos ou animais.
- ▶ Actualmente é bem clara a distinção entre IA e ciências cognitivas, sendo que muitas vezes se usam descobertas numa delas para ajudar a avançar o conhecimento na outra.

## Pensar racionalmente

- ▶ Aristóteles foi um dos primeiros a tentar codificar o que se entende por pensar correctamente.
- ▶ Os seus silogismos forneciam padrões para a argumentação que levavam sempre a conclusões correctas, desde que as premissas também o fossem: “Sócrates é um homem”, “Todos os homens são mortais”, logo “Sócrates é mortal”.
- ▶ Estas leis do pensamento deram início o que hoje se chama o campo da lógica.
- ▶ Os matemáticos do século 19 desenvolveram uma notação precisa para as afirmações relativas a todo o tipo de coisas e relações entre elas.
- ▶ Já em 1965 existiam programas que, em princípio, conseguiriam resolver qualquer problema descrito em notação lógica.

## Pensar racionalmente

- ▶ A abordagem à IA com base na lógica enfrenta no entanto dois obstáculos importantes:
  - ▶ não é fácil pegar em conhecimento informal e escrevê-lo sob a forma de notação lógica;
  - ▶ existe uma grande diferença entre ser capaz de resolver problemas em princípio e na prática: até problemas que envolvem algumas dúzias de factos podem esgotar os recursos computacionais disponíveis se não existir uma forma de escolher qual a ordem pela qual se deve tentar processar os factos.

## Agir racionalmente

- ▶ Um agente é algo que age. Os programas computacionais chamados **agentes** distinguem-se dos restantes programas pelo facto de:
  - ▶ poderem agir de forma autónoma
  - ▶ terem a capacidade de obter dados do ambiente (terem sensores)
  - ▶ estarem em funcionamento durante um período de tempo longo
  - ▶ adaptarem-se a mudanças
  - ▶ serem capazes de atingir determinados objetivos.
- ▶ Um **agente racional** é um que age de forma a alcançar o melhor resultado, ou, em caso de existir incerteza, o melhor resultado esperado.

## Agir racionalmente

- ▶ O estudo da IA em termos de agentes racionais tem pelo menos duas vantagens:
  - ▶ é mais geral que a abordagem do pensamento racional pois a inferência é apenas um dos mecanismos que permite chegar ao comportamento racional;
  - ▶ é mais adaptado ao desenvolvimento científico que as abordagens baseadas no comportamento ou pensamento humano pois usa uma definição de racionalidade clara e geral.
- ▶ Nesta disciplina iremos estudar os princípios gerais dos agentes racionais e os componentes que os permitem construir.
- ▶ Veremos que muitas vezes não é possível fazer o mais correcto (tomar a ação óptima) devido à complexidade dos ambientes em que o agente se insere.

## Conteúdo

### Funcionamento da disciplina

Objetivo  
 Programa  
 Competências  
 Avaliação  
 Bibliografia  
 Questões práticas  
 Introdução à IA  
**História da IA**  
 Agentes inteligentes

Agentes e ambientes  
 Racionalidade  
 Ambientes  
 Agente reflexivo  
 Agente reflexivo baseado em modelo  
 Agente com objetivo  
 Agente com utilidade  
 Agente que aprende  
 Leitura recomendada

## Alguns marcos na história da IA

- ▶ 1943: McCulloch e Pitts propõem um modelo do cérebro capaz de implementar as funções booleanas baseados num modelo dum neurónio.
- ▶ 1950: Turing publica paper “Computing Machinery and Intelligence” onde introduz o teste de Turing, aprendizagem automática, algoritmos genéticos e aprendizagem por reforço.
- ▶ 1956: Reunião de Dartmouth: criação do nome Artificial Intelligence
- ▶ 1950s : Primeiros programas de IA: damas, Logic Theorist, Geometry Engine
- ▶ 1966-74: IA descobre a complexidade computacional. Declínio das redes neuronais.

## Alguns marcos na história da IA

- ▶ 1969-79: Desenvolvimento dos sistemas periciais
- ▶ 1980-88: Explosão dos sistemas periciais
- ▶ 1988-93: Declínio dos sistemas periciais
- ▶ 1985-95: Regresso da popularidade das redes neuronais
- ▶ 1988- : Nova IA: vida artificial, algoritmos genéticos, soft computing
- ▶ 1995- : Agentes
- ▶ 1997: Deep Blue vence Kasparov
- ▶ 2001- : Grandes conjuntos de dados
- ▶ 2006- : Deep learning
- ▶ 2011: Watson vence os campeões do Jeopardy
- ▶ 2015: Tesla autopilot

## Teste de Turing

- ▶ O TT foi batido em 2014: Eugene Goosterman (chatbot). “Artificial stupidity”.
- ▶ Novas propostas:
  - ▶ Winograd Schema Challenge: Paul tried to call George on the phone, but **he** was not [successful/available]
  - ▶ Compreensão de novos média. Ex.: ver um vídeo e ser capaz de responder a questões relacionadas com o que acabou de ver. “Porque é que a Rússia invadiu a Crimeia?”.

## Conteúdo

### Funcionamento da disciplina

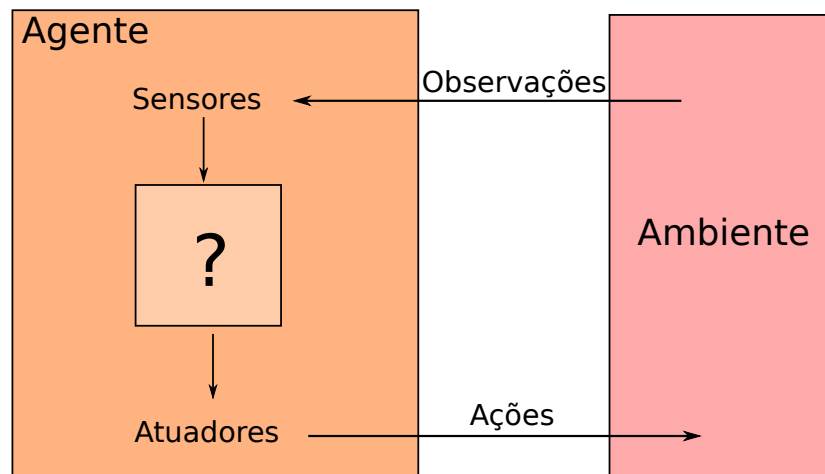
Objetivo  
 Programa  
 Competências  
 Avaliação  
 Bibliografia  
 Questões práticas  
 Introdução à IA  
 História da IA  
 Agentes inteligentes

### Agentes e ambientes

Racionalidade  
 Ambientes  
 Agente reflexivo  
 Agente reflexivo baseado em modelo  
 Agente com objetivo  
 Agente com utilidade  
 Agente que aprende  
 Leitura recomendada

## Agentes e ambientes

- ▶ Um **agente** é algo que tem perceção do ambiente através de sensores e que pode agir sobre esse ambiente através de atuadores.



## Agentes e ambientes

- ▶ Um agente **humano** tem órgãos sensoriais para se aperceber do ambiente e mãos pernas e outras partes do corpo que lhe permitem agir sobre o ambiente.
- ▶ Um **robot** pode ter câmaras, sensores de proximidade ou outros e braços mecânicos para interagir com o ambiente.
- ▶ Um agente de **software** recebe input do teclado, de ficheiros ou de pacotes da rede (sensores) e age no ambiente através do ecrã, escrevendo em ficheiros ou enviando pacotes pela rede.
- ▶ Iremos assumir que todos os agentes se conseguem aperceber das suas próprias ações, mas nem sempre dos efeitos dessas ações.



## Medida de desempenho

- ▶ Um **agente racional** é aquele que toma a decisão correcta.
- ▶ Tomar a decisão correcta significa que o seu desempenho, na tarefa que está a levar a cabo, melhora.
- ▶ Assim, para se avaliar a racionalidade é necessário possuir uma medida de desempenho do agente.
- ▶ Uma **medida de desempenho** contém o critério de sucesso relativo ao comportamento de um agente.
- ▶ Em geral é melhor desenhar medidas de desempenho de acordo com o que se pretende que **aconteça no ambiente** do que desenhá-las de acordo com o que pensamos ser o melhor **comportamento do agente**.
- ▶ Ex.: agente aspirador, se a medida for a quantidade de pó aspirado ele pode ficar parado num local e passar todo o tempo a aspirar e voltar a deitar fora o mesmo pó; se a medida for inversamente proporcional à quantidade de pó no chão o seu comportamento será diferente.

## Especificação de ambientes de tarefa

- ▶ Para especificarmos ambientes de tarefas temos de indicar: a medida de desempenho, o ambiente em que a tarefa se leva a cabo, os atuadores e os sensores do agente.
- ▶ Consideremos como problema a resolver o da condução automática dum táxi.
- ▶ Primeiro: qual será a medida de desempenho mais adequada?
- ▶ Algumas propriedades desejáveis são:
  - ▶ chegar ao destino desejado
  - ▶ minimizar o consumo de combustível
  - ▶ minimizar o desgaste do táxi
  - ▶ minimizar o tempo das viagens
  - ▶ minimizar as infrações de trânsito
  - ▶ minimizar o incómodo causado aos restantes condutores
  - ▶ maximizar a segurança e o conforto dos passageiros
  - ▶ maximizar os lucros
- ▶ Alguns destes objetivos são contraditórios, logo terão de existir compromissos.

## Racionalidade

- ▶ O que é uma **decisão racional** num dado instante depende das seguintes quatro coisas:
  - ▶ a medida de desempenho que define o critério de sucesso
  - ▶ o conhecimento que o agente tem do ambiente
  - ▶ as ações que o agente pode executar
  - ▶ a sequência de observações realizadas pelos sensores do agente até ao instante actual
- ▶ Estas considerações levam à seguinte definição de **agente racional**: para cada sequência de observações possível, um agente racional deve escolher a ação que se espera que maximize a sua medida de desempenho, dadas as observações realizadas e o conhecimento adquirido pelo agente.

## Especificação de ambientes

- ▶ De seguida devemos considerar qual será o ambiente que o táxi irá encontrar?
- ▶ Qualquer táxi tem de ser capaz de lidar com uma variedade de estradas (auto-estradas, estradas municipais, caminhos rurais, de sentido único, etc.) e elementos nessas mesmas estradas (peões, animais, outros carros, carros avariados, buracos no asfalto, etc.)
- ▶ O táxi tem ainda de ser capaz de interagir com os passageiros.
- ▶ Fazem ainda parte do ambiente as condições climatéricas sob as quais tem de conduzir: pode encontrar neve, chuva, muito calor, etc.
- ▶ Ainda podemos considerar as possibilidades que resultam de se conduzir em diferentes países com regras de condução diferentes e nalguns casos em que a condução se faz pela faixa da esquerda e noutros pela da direita.
- ▶ Quanto mais restrito for o ambiente de actuação mais fácil é o problema.



## Especificação de ambientes

- ▶ Os atuadores disponíveis para o táxi são os mesmos que existem para um condutor humano: acelerador, travão e embraiagem.
- ▶ Terá ainda de possuir um ecrã ou sintetizador de voz para comunicar com os passageiros.
- ▶ Do ponto de vista dos sensores, precisa de uma ou mais câmaras de vídeo, medidor de velocidade e de distância percorrida. Um acelerómetro para ajudar a fazer as curvas mais suaves evitando acelerações exageradas. Um GPS e sensores de proximidade.
- ▶ Finalmente precisa de ter um microfone ou um teclado para poder receber informação dos passageiros.

## Exemplos de ambientes de tarefas

Tipo de agente	Medida de desempenho	Ambiente	atuadores	Sensores
Diagnóstico médico	saúde dos doentes, minimizar custos e processos legais	paciente, hospital, funcionários	ecrã para perguntas, diagnósticos, tratamentos	teclado para receber sintomas, análises e respostas dos pacientes
Robot manipulador de objectos	Percentagem de obj. corretamente colocados	correia transportadora e caixas	braço e mão	câmara e sensores de posição
Táxi automático				
Explicador de matemática				

## Propriedades dos ambientes

- ▶ Totalmente **observável** versus parcialmente observável: se os sensores do agente tiverem acesso a todo o estado do ambiente em cada instante dizemos que o ambiente é totalmente observável. Um ambiente pode ser parcialmente observável devido à existência de ruído ou mau funcionamento dos sensores, ou por não possuir um determinado sensor. Ex.: o nosso táxi não tem forma de saber o que os outros condutores estão a pensar
- ▶ **Determinístico** versus **estocástico**: se o estado do ambiente no instante seguinte for determinado pelo estado actual e pela ação do agente então temos um ambiente determinístico. Caso contrario é estocástico.

## Propriedades dos ambientes

- ▶ **Episódico** versus **sequencial**: num ambiente episódico a experiência do agente é dividida em episódios. As ações do agente num episódio não influenciam as ação que deverá efetuar noutro. Pelo contrário, num ambiente sequencial todas as ações influenciam o estado (ex.: guiar táxi).
- ▶ **Estático** versus **dinâmico**: se o ambiente mudar enquanto o agente está a decidir o que irá fazer, temos um ambiente dinâmico. Caso contrário é estático.
- ▶ **Discreto** versus **contínuo**: se o problema tem estados discretos (ex.: xadrez) dizemos que o ambiente é discreto, senão é contínuo (ex.: táxi).
- ▶ **Agente único** versus **multi-agente**: auto-explicativo.

## Propriedades dos ambientes

- Completar a tabela seguinte:

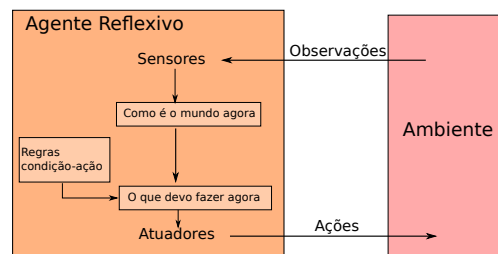
Problema	Tot. ob.	Deter.	Epis.	Estático	Discreto	Ag. único
pal. cruzadas						
robot peças						
táxi automático						
xadrez						
monopólio						

- Completar a tabela seguinte:

Problema	Tot. ob.	Deter.	Epis.	Estático	Discreto	Ag. único
pal. cruzadas	S	S	N	S	S	S
robot peças	N	N	S	N	N	S
táxi automático	N	N	N	N	N	N
xadrez	S	S	N	S	S	N
monopólio	S	N	N	S	S	N

## Agente reflexivo

- Estes agentes escolhem a ação a executar tendo com base a observação actual, ignorando todas as outras observações feitas anteriormente.
- Ex.: um condutor quando vê o carro da frente a travar, trava também. este tipo de regras são chamadas de **regras condição-ação**:  
**Se** o-carro-à-frente-trava **então** travar



## Agente reflexivo

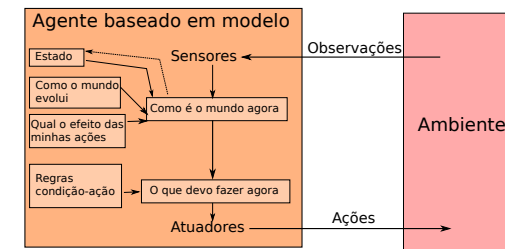
- Este tipo de agente lida bem com problemas totalmente observáveis.
- Mas se o carro da frente não tiver a luz de travagem central pode ser complicado olhando apenas para uma imagem saber se está a travar ou não.

## Agente reflexivo baseado em modelo

- ▶ Quando o problema não é totalmente observável podemos tentar guardar informação da parte do mundo que não está visível actualmente.
- ▶ Para isso o agente deve manter um **estado interno** onde armazene informação dependente das observações passadas.
- ▶ Para resolver o problema da detecção de travagem do veículo da frente bastaria guardar a imagem anterior e verificar se a intensidade dos faróis tinha aumentado.
- ▶ Para poder mudar de faixa o nosso táxi teria de ir guardando a posição dos outros veículos à volta para que, mesmo que não estivessem visíveis num dado instante, nunca corresse o risco de chocar contra eles.

## Agente reflexivo baseado em modelo

- ▶ Para manter esta informação actualizada são precisas duas coisas:
  - ▶ como é que o mundo funciona independentemente das observações;
  - ▶ como é que as ações do agente influenciam o mundo.
- ▶ Esta informação de como é que o mundo funciona é um **modelo** do mundo.
- ▶ Os agentes que os usam são **agentes baseados em modelos**.

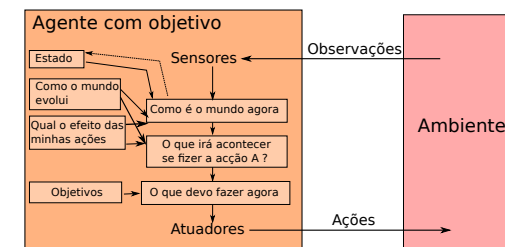


## Agente com objetivo

- ▶ Saber o estado actual do ambiente não chega muitas vezes para decidir o que fazer.
- ▶ Por exemplo, chegado a um cruzamento o táxi pode seguir em 3 direcções: qual escolher?
- ▶ A resposta depende de onde o táxi pretende ir. Isto significa que os agentes precisam de um **objetivo**, neste caso, o local para onde o passageiro pretende ir.
- ▶ O agente neste caso combina a informação acerca das suas possíveis ações com o seu objetivo para decidir qual a ação a tomar.
- ▶ Por vezes o agente pode ter de executar uma longa sequência de ações até atingir o seu objetivo.

## Agente com objetivo

- ▶ Este tipo de tomada de decisão é bastante diferente do caso reflexivo: aqui o agente tem de se confrontar com questões do género: “o que acontecerá se eu fizer isto?”
- ▶ De notar que o agente neste caso também poderia chegar à conclusão que deveria travar quando o carro da frente travasse sem ser necessário introduzir essa regra explicitamente: basta que soubesse como o mundo funciona (o modelo) e que observasse que quando o carro da frente trava, abrandar, logo para não lhe bater terá que travar.

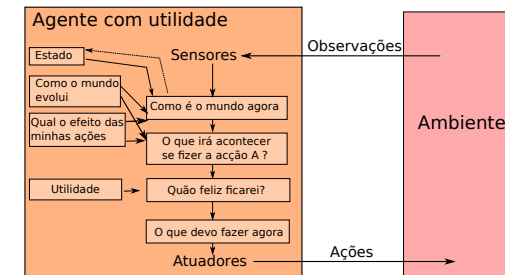


## Agente com utilidade

- ▶ Os objetivos normalmente não são suficientes para se ter um comportamento de qualidade na maioria dos ambientes.
- ▶ Por ex.: existem muitas ações que podem levar o táxi ao seu destino (objetivo) algumas são mais rápidas, outras mais seguras outras mais baratas.
- ▶ Para dizer que um estado é preferível a outro dizemos que tem mais **utilidade** para o agente (o agente fica mais “feliz”).
- ▶ Uma função de utilidade faz corresponder a um estado (ou a uma sequência de estados) um número real que indica o respectivo grau de utilidade.

## Agente com utilidade

- ▶ Existem dois casos em que é necessária esta função:
  - ▶ quando existem objetivos contraditórios (p.ex., chegar rapidamente e da forma mais segura) a função utilidade ajuda a encontrar o equilíbrio entre eles
  - ▶ quando existem vários objetivos e não se sabe se será possível atingi-los, a função de utilidade ajuda a pesar a probabilidade de sucesso face à importância de cada objetivo.



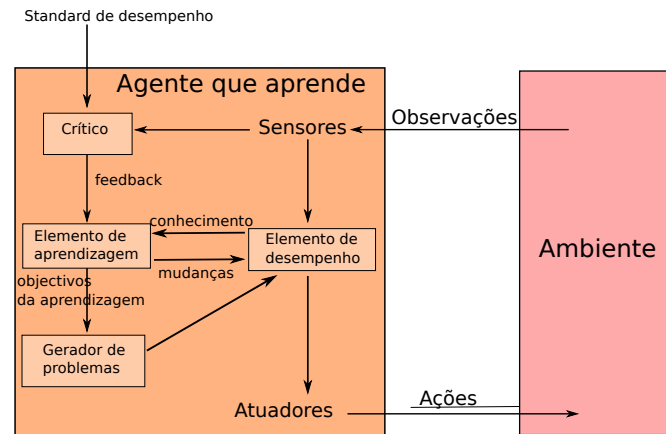
## Agente que aprende

- ▶ Já descrevemos vários tipos de agente.
- ▶ Partimos do princípio que as regras são programadas, no entanto existe outra possibilidade: é que o agente aprenda por si só quais as melhores ações a tomar.
- ▶ Isto, além de facilitar a vida ao criador do agente, permite que este trabalhe em ambientes que desconhece inicialmente, de forma a que se torna mais competente do que o seu conhecimento inicial poderia permitir.

## Agente que aprende

- ▶ Um agente que aprende tem vários componentes:
  - ▶ **elemento de aprendizagem**: que leva a que existam melhoramentos no comportamento do agente.
  - ▶ **elemento de desempenho**: que é usado para seleccionar quais as ações a tomar.
  - ▶ o elemento de aprendizagem usa informação de um **crítico** que indica como é que o agente se está a comportar e como é que deve ser alterado o elemento de desempenho.
  - ▶ o último componente é o **gerador de problemas** que sugere ações (exploração do espaço de estados) e permite que o agente se comporte de forma sub-óptima por vezes com o intuito de poder, a médio prazo, obter melhores resultados.

## Agente que aprende



## Leitura recomendada

- Russell e Norvig, cap. 1 e 2.