

# Inteligência Artificial

---

## Agentes Inteligentes

Prof. Dr<sup>a</sup>. Andreza Sartori

[asartori@furb.br](mailto:asartori@furb.br)

# Documentos Consultados/Recomendados

- RUSSELL, Stuart J. (Stuart Jonathan); NORVIG, Peter. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Campus, 2013. 1021 p, il.
- KLEIN, Dan; ABBEEL, Pieter. **Intro to AI**. UC Berkeley. Disponível em: <http://ai.berkeley.edu>

# Conteúdo Programático

**Unidade 1:** Fundamentos de Inteligência Artificial

**Unidade 2:** Busca

**Unidade 3:** Sistemas baseados em conhecimento

**Unidade 4:** Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

**Unidade 5:** Tópicos especiais



# Conteúdo Programático

**Unidade 1:** Fundamentos de Inteligência Artificial

**Unidade 2:** Busca

**Unidade 3:** Sistemas baseados em conhecimento

**Unidade 4:** Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

**Unidade 5:** Tópicos especiais



# Conteúdo Programático

## Unidade 1: Fundamentos de Inteligência Artificial

1.1 Breve Histórico da IA

1.2 Abordagens da IA

1.2.1 Sistemas que Pensam como os Humanos

1.2.2 Sistemas que Agem como os Humanos

1.2.3 Sistemas que Pensam Racionalmente

1.2.4 Sistemas que Agem Racionalmente

1.2.5 Abordagem Simbólica e Não-Simbólica

1.3 O estado da arte em IA

1.4 Agentes Inteligentes



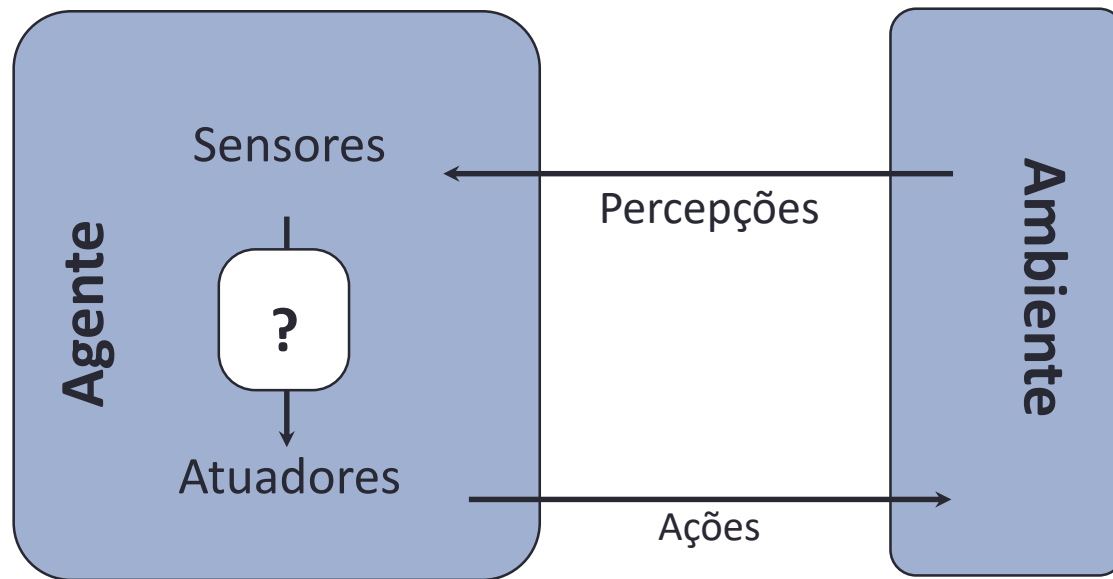
# O que é um agente?

Um **agente** é algo capaz de perceber seu **ambiente** por meio de **sensores** e de agir sobre esse ambiente por meio de **atuadores**.



# O que é um agente?

Um **agente** é algo capaz de perceber seu **ambiente** por meio de **sensores** e de agir sobre esse ambiente por meio de **atuadores**.



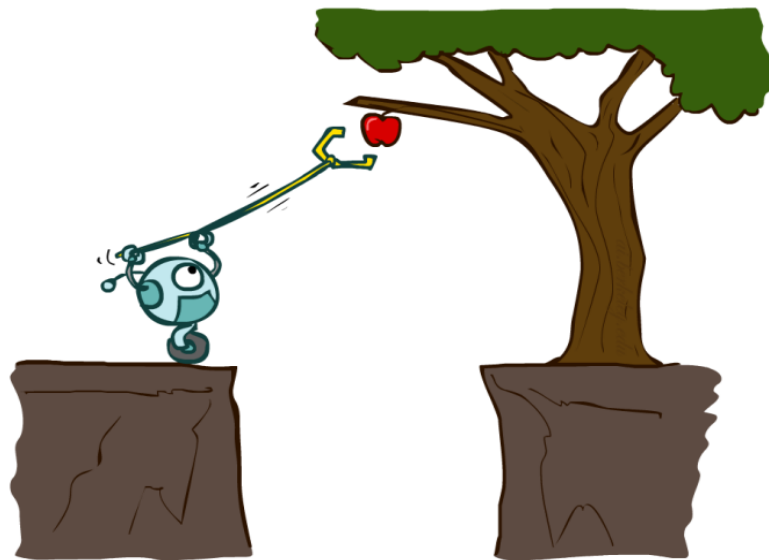
# Exemplos:

- Agente humano
  - Sensores: Olhos, ouvidos e outros órgãos.
  - Atuadores: Mãos, pernas, boca e outras partes do corpo
- Agente robótico
  - Sensores: câmeras.
  - Atuadores: vários motores
- Agente de software
  - Sensores: entrada do teclado, conteúdo de arquivos e pacotes vindos da rede.
  - Atuadores: tela, disco rígido, envio de pacotes pela rede.



# O que é um agente?

Funcionam de forma autônoma, percebem seu ambiente e adaptam-se a mudanças.



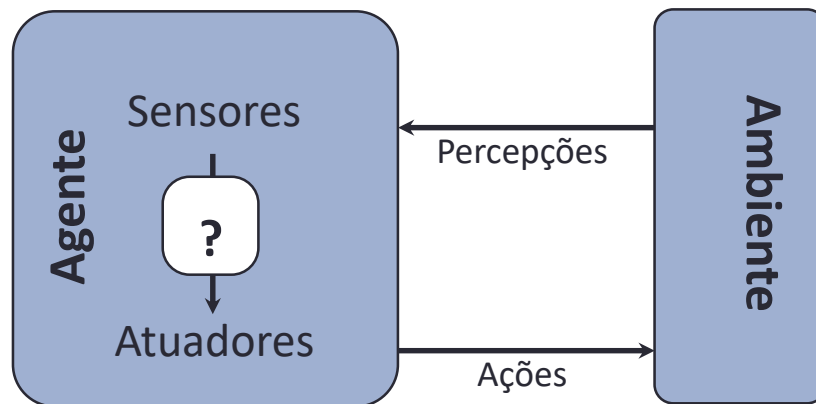
# Agentes e Ambientes

- O comportamento do agente é dado abstratamente pela **função do agente**:

$$f = P \rightarrow A$$

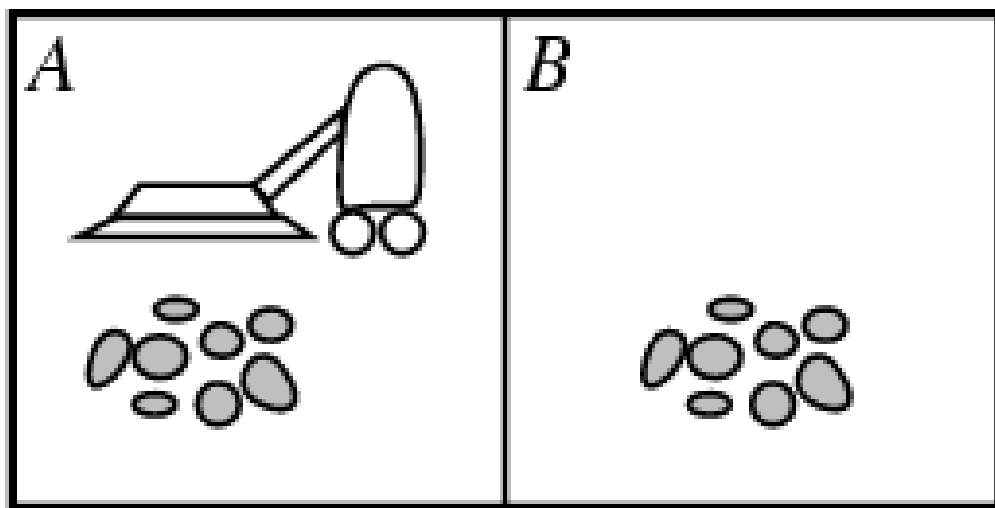
onde é a **P** é uma sequência de percepções e **A** é uma ação.

- Sequência de percepções:** história completa de tudo que o agente percebeu.
  - A escolha de ação de um agente em qualquer instante dado pode depender da sequência inteira de percepções observadas até o momento.

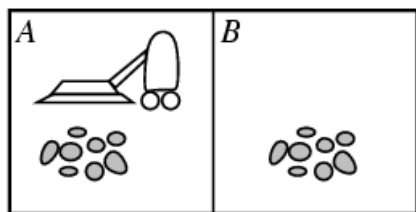


# Exemplo: O mundo do aspirador de pó

- **Percepções:** local (A ou B) e conteúdo (limpo ou sujo)
  - Exemplo: [A, sujo]
- **Ações:** Esquerda, Direita, Aspirar, NoOp



# Função para o agente aspirador de pó



Sequência de Percepções	Ação
[A, Limpo]	Direita
[A, Sujo]	Aspirar
[B, Limpo]	Esquerda
[B, Sujo]	Aspirar
[A, Limpo], [A, Limpo]	Direita
[A, Limpo], [A, Sujo]	Aspirar
...	...
[A, Limpo], [A, Limpo], [A, Limpo]	Direita
[A, Limpo], [A, Limpo], [A, Sujo]	Aspirar
...	...

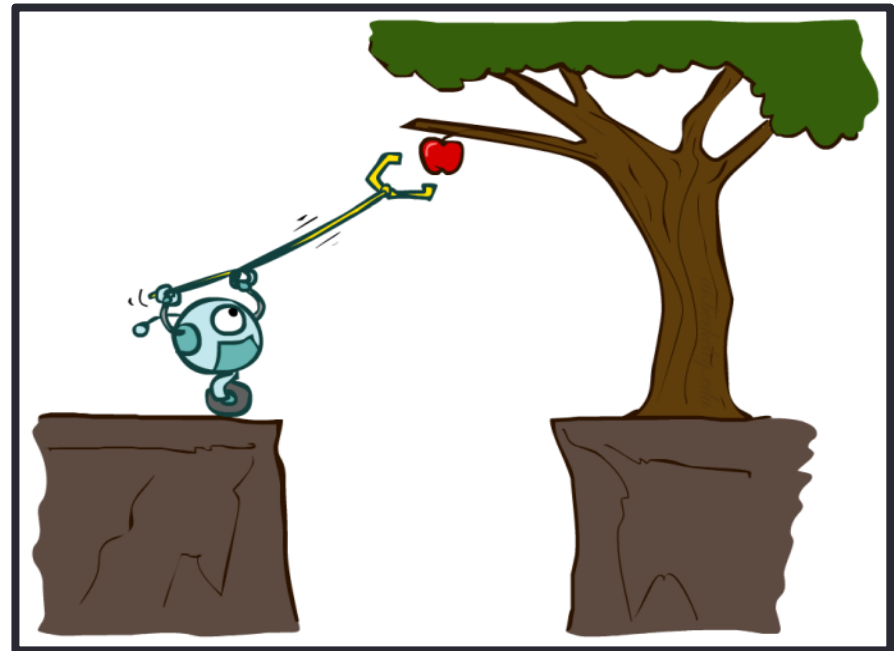
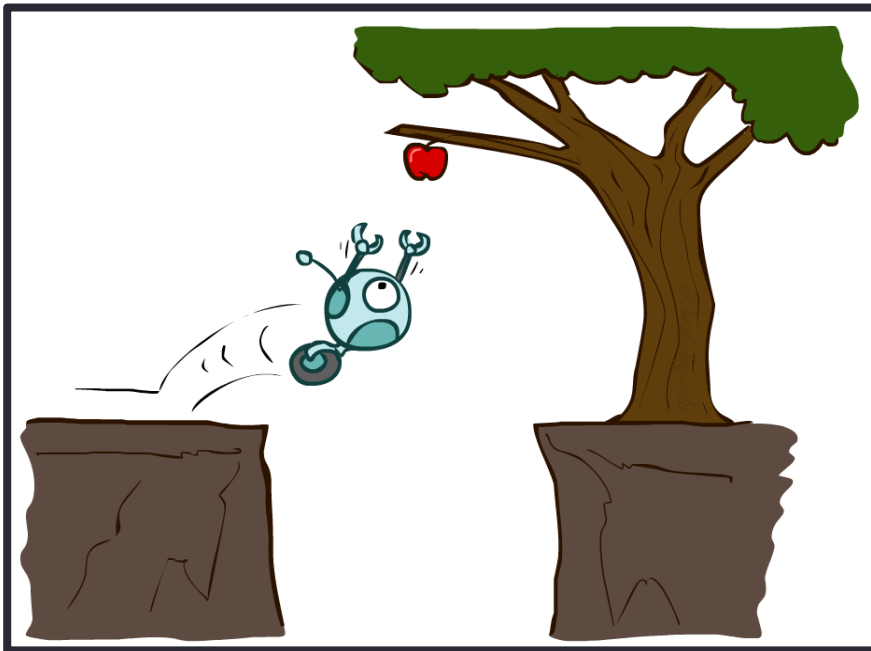
**Comportamento do Agente:** Se o quadrado atual estiver sujo, então aspirar, caso contrário mover para o outro lado.

# Agentes Racionais

- Qual é a maneira correta de preencher a tabela de ações do agente para cada situação?
- O que torna um agente bom ou ruim? Inteligente ou estúpido?
- O agente deve tomar a ação “correta” baseado no que ele percebe para ter sucesso.
  - O conceito de sucesso do agente depende uma **medida de desempenho** objetiva.
    - Exemplos: quantidade de sujeira aspirada, gasto de energia, gasto de tempo, quantidade de barulho gerado, etc.
- A medida de desempenho deve refletir o **resultado realmente desejado**.

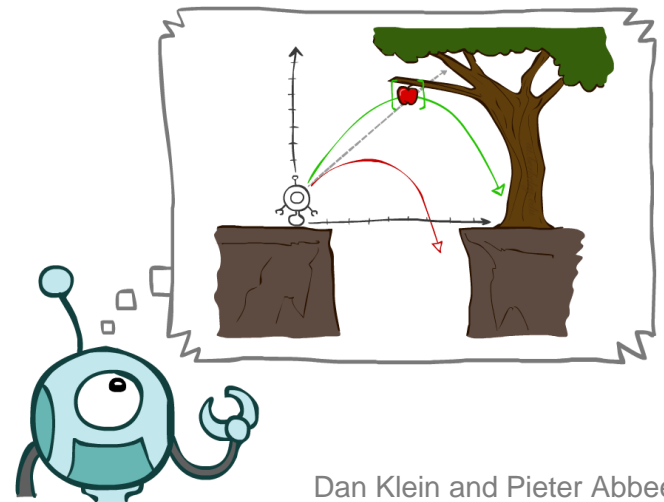
# Agente Racional

O que é racional neste caso?



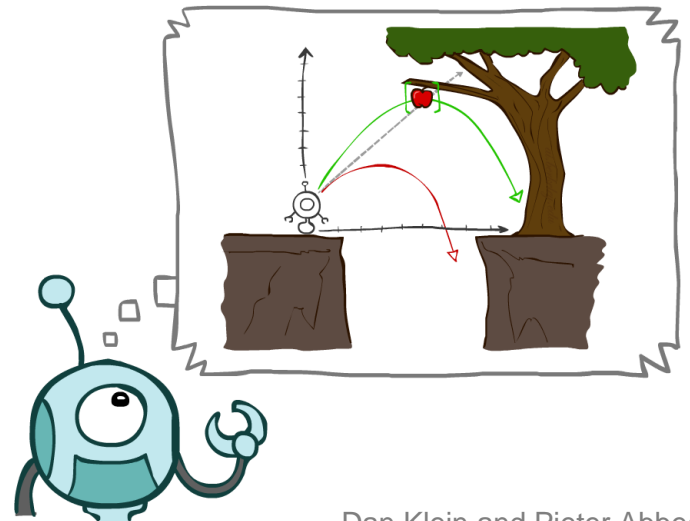
# Agente Racional

- O que é **racional** neste caso?
  - A medida de desempenho que define o critério de sucesso (resultado desejado);
  - O conhecimento anterior que o agente tem do ambiente;
  - As ações que o agente pode executar;
  - A sequência de percepções do agente até o momento.



# Agente Racional Ideal

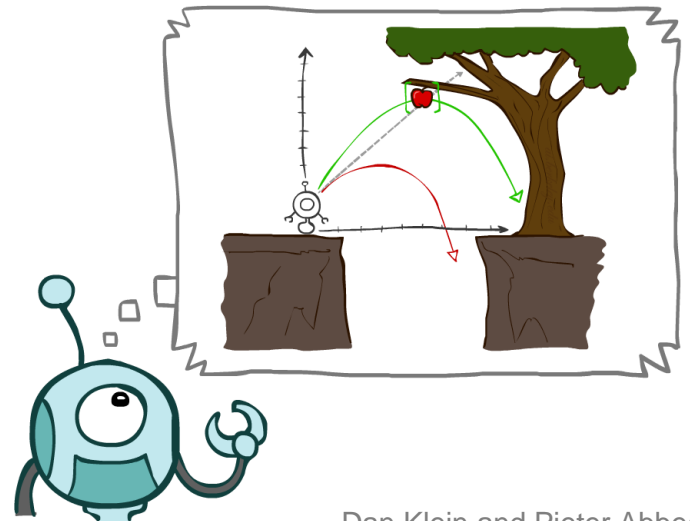
Para cada sequência de **percepções** possíveis deve-se selecionar uma **ação** que espera-se que venha a maximizar sua **medida de desempenho**, dada a evidência fornecida pela **sequência** de percepções e por qualquer **conhecimento** interno do agente.





# Agentes Racionais

- Racionalidade é diferente de perfeição.
  - Exemplo: atravessar a rua e cair uma porta de um avião na cabeça.
  - A racionalidade maximiza o desempenho esperado, enquanto a perfeição maximiza o desempenho real.
  - A escolha racional só depende das percepções até o momento.



# Agentes Racionais

- Os agentes podem (e devem!) executar ações para **coleta de informações**.
  - Um tipo importante de coleta de informação é a exploração de um ambiente desconhecido.
- Os agentes também podem (e devem!) **aprender**, ou seja, modificar seu comportamento dependendo do que ele percebe ao longo do tempo.
  - Nesse caso o agente é chamado de autônomo.
  - Um agente que aprende pode ter sucesso em uma ampla variedade de ambientes.

# Atlas, The Next Generation



# Atlas, The Next Generation - 2017





# Atlas, The Next Generation - Out/2018



# Handle – 27/02/2017



# UpTown Spot – 16/10/2018

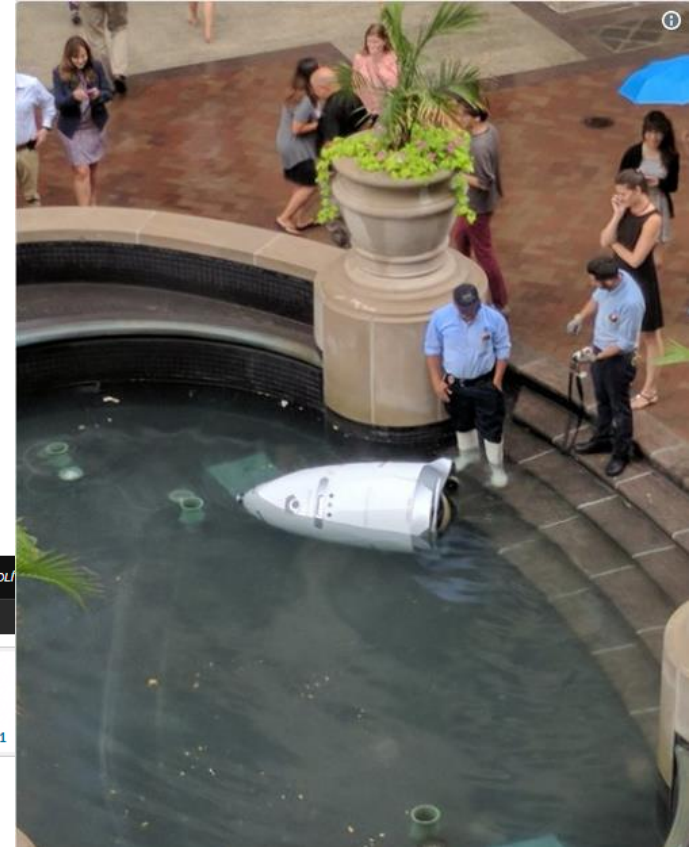


# DeepMind AI do Google ensinou-se a caminhar – 12/07/2017





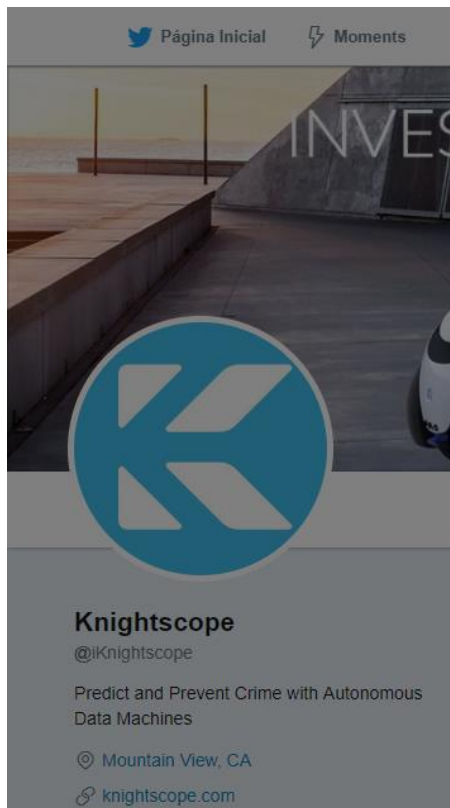
# Robô suicida? 18/07/2017



Robô segurança "desiste do trabalho" e se joga em fonte

No Twitter, a empresa que fabrica o K5 brincou com a crise existencial de seu produto

# Robô suicida? 18/07/2017

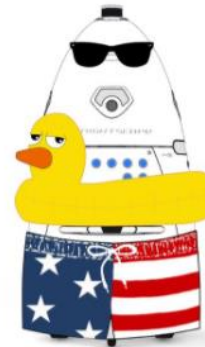


**Knightscope**  
@iKnightscope

Seguir

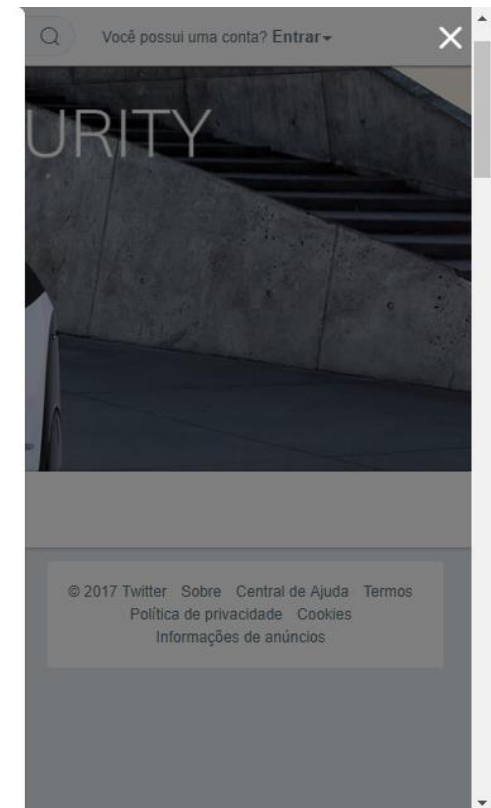
BREAKING NEWS: "I heard humans can take a dip in the water in this heat, but robots cannot. I am sorry," said K5 in an official statement.

Just wanted to  
enjoy summer.



08:17 - 18 de jul de 2017 de [Milpitas, CA](#)

144 Retweets 253 Curtidas



Como projetar um agente?

# Projetando um Agente

- Ao projetar um agente, a primeira etapa deve ser sempre especificar o **Ambiente de Tarefa**.
  - São os “problemas” para os quais os agentes racionais são as “soluções”.
- **Ambiente de Tarefa (PEAS)**
  - **P**erformance => Medida de Desempenho
  - **E**nvironment => Ambiente
  - **A**ctuators => Atuadores
  - **S**ensors => Sensores

# PEAS Exemplo: Motorista de táxi automatizado



# PEAS Exemplo: Motorista de táxi automatizado

- Que **Medida de desempenho** gostaríamos que o nosso motorista automatizado tivesse como objetivo?
  - Chegar no destino correto, viagem segura, rápida, sem violações às leis de trânsito, confortável para os passageiros, maximizando os lucros.
- Qual é o **Ambiente** de direção que o táxi enfrentará?
  - Diversos tipos de estradas (rurais, rodovias, etc), tráfego (outros veículos, pedestres, obras, etc), interagir com passageiros.
  - Quanto mais restrito o ambiente, mais fácil se torna o problema de projetar.
- Quais são os **Atuadores** disponíveis?
  - Controle sobre a direção, acelerador, freio, embreagem, marcha, seta, buzina, visor para se comunicar com os passageiros.
- Quais são os **Sensores** necessários?
  - Câmera, sonar, velocímetro, GPS, acelerômetro, sensores do motor, teclado ou microfone para que o passageiro possa solicitar o destino.

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- Completamente observável x Parcialmente observável
- Determinístico x Estocástico
- Episódico x Sequencial
- Estático x Dinâmico
- Discreto x Contínuo
- Agente Único x Multi-Agente



# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- Completamente observável x Parcialmente observável
- Determinístico x Estocástico
- Episódico x Sequencial
- Estático x Dinâmico
- Discreto x Contínuo
- Agente Único x Multi-Agente

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- **Completamente observável:**

- Se os sensores de um agente permite o acesso ao estado completo do ambiente em cada instante.
- As informações que descrevem o estado atual do ambiente são totalmente observáveis e acessíveis.
- Exemplo: análise de imagem

**VERSUS**

- **Parcialmente observável:**

- Somente parte das informações que descrevem o estado atual do ambiente são observáveis e acessíveis.
- Exemplo: um táxi automatizado não pode saber o que os outros motoristas estão pensando.

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- Completamente observável x Parcialmente observável
- Determinístico x Estocástico
- Episódico x Sequencial
- Estático x Dinâmico
- Discreto x Contínuo
- Agente Único x Multi-Agente

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- **Determinístico:**

- O próximo estado do ambiente é **completamente determinado pelo estado atual** e pela **ação executada pelo agente**.
- O próximo estado do ambiente é conhecido.
- Exemplo: o agente aspirador de pó (se está limpo, então mover-se, senão aspirar)

**VERSUS**

- **Estocástico:**

- O próximo estado do ambiente é desconhecido.
- Não se tem certeza do que pode acontecer com o ambiente ao executar uma ação.
- Exemplo: motorista de táxi automatizado – nunca se pode prever o comportamento do tráfego com exatidão, como também o pneu pode estourar.

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- Completamente observável x Parcialmente observável
- Determinístico x Estocástico
- Episódico x Sequencial
- Estático x Dinâmico
- Discreto x Contínuo
- Agente Único x Multi-Agente

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- **Episódico**

- A experiência do agente pode ser dividida em episódios (cada episódio consiste na percepção e execução de uma única ação).
- A decisão atual não afeta a decisão futura.
- Exemplo: um agente localizador de peças defeituosas

**VERSUS**

- **Sequencial**

- A decisão atual pode afetar todas as decisões futuras.
- Exemplo: jogo de xadrez, táxi automatizado.

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- Completamente observável x Parcialmente observável
- Determinístico x Estocástico
- Episódico x Sequencial
- Estático x Dinâmico
- Discreto x Contínuo
- Agente Único x Multi-Agente

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- **Estático:**

- O ambiente não muda enquanto o agente pensa.
  - Exemplo: Jogo de palavras cruzadas

**VERSUS**

- **Dinâmico:**

- O ambiente pode mudar enquanto o agente pensa ou está executando uma ação.
  - Exemplo: ambiente em que se dirige um táxi.
- O ambiente é **semidinâmico** se ele não muda com a passagem do tempo, mas o nível de desempenho do agente se altera.
  - Exemplo: jogo de xadrez quando jogado com a contagem do tempo.



# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- Completamente observável x Parcialmente observável
- Determinístico x Estocástico
- Episódico x Sequencial
- Estático x Dinâmico
- Discreto x Contínuo
- Agente Único x Multi-Agente

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- **Discreto:**

- Um número limitado e claramente definido de percepções, ações e estados.
- Exemplo: o xadrez tem um número finito de estados

**VERSUS**

- **Contínuo:**

- Um número possivelmente infinito de percepções, ações e estados.
- Exemplo: Dirigir um táxi – velocidade, a posição do táxi, posição dos outros carros.

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- Completamente observável x Parcialmente observável
- Determinístico x Estocástico
- Episódico x Sequencial
- Estático x Dinâmico
- Discreto x Contínuo
- Agente Único x Multi-Agente

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- **Agente Único:**

- Um único agente operando sozinho no ambiente.
  - Ex: palavras cruzadas

**VERSUS**

- **Multi-Agente**

- Um conjunto de agentes que interagem em um ambiente comum.
- Exemplo: jogo de xadrez, robô (pernas e braços do robô podem ser controladas por um conjunto de agentes)
- **Comunicação e Colaboração são propriedades desejáveis**
  - **Comunicação:** por exemplo, agentes podem informar uns aos outros sobre mudanças no ambiente ou sobre novas descobertas.
  - **Colaboração:** agentes podem trabalhar juntos para resolver um objetivo comum.

# Propriedades dos Ambientes de Tarefas

- **Multi-Agente (cont.)**

- **Multi-agente cooperativo ou colaborativo**

- Agentes colaboram entre si para alcançar metas
    - Se beneficiam da sua natureza paralela para resolver problemas mais rapidamente.
    - Exemplo: táxi – evitar colisões maximiza a medida de desempenho de todos os agentes.

- **Multi-agente competitivo**

- Exemplo: xadrez – O oponente B tenta maximizar sua medida de desempenho, que minimiza a medida de desempenho do agente A.
    - Táxi - é competitivo em um estacionamento.

# O mundo real é:



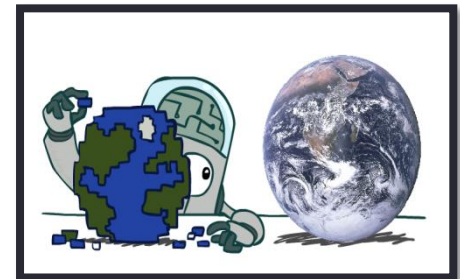
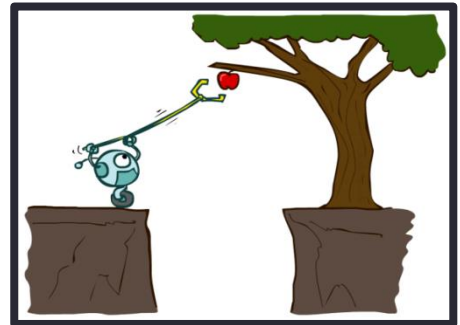
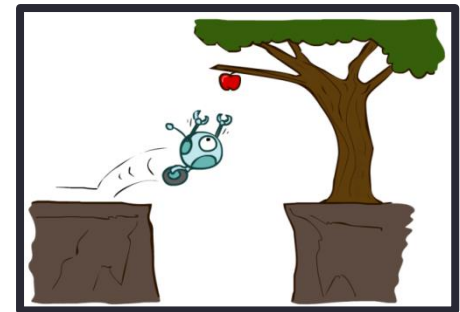
- Parcialmente observável
  - Estocástico, o próximo estado do ambiente é desconhecido.
  - Seqüencial, a decisão atual afeta a decisão futura.
  - Dinâmico, o ambiente é em constante mudança.
  - Contínuo, número infinito de percepções, ações e estados.
  - Multi-agente.
- 
- Muitos projetos são executados não para um único ambiente, mas para uma classe de ambiente (projetar para vários cenários possíveis).
  - O tipo de ambiente de tarefa determina em grande parte o projeto do agente.

# Tipos básicos de agentes

# Tipos básicos de agentes

- Cinco tipos básicos, do mais simples ao mais geral

1. Agentes reativos simples
2. Agentes reativos baseados em modelos
3. Agentes baseados em objetivos
4. Agentes baseados na utilidade



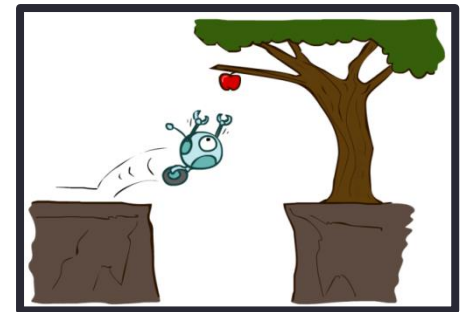
5. Agentes com aprendizagem



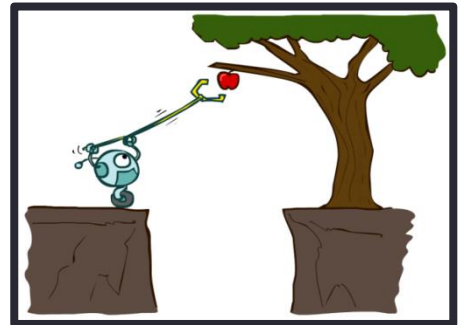
# Tipos básicos de agentes

- Cinco tipos básicos, do mais simples ao mais geral

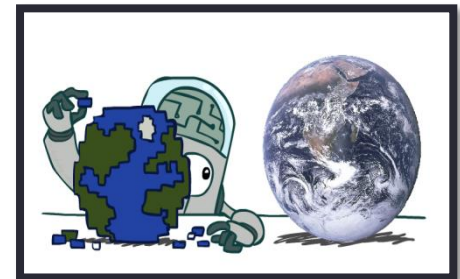
1. Agentes reativos simples
2. Agentes reativos baseados em modelos



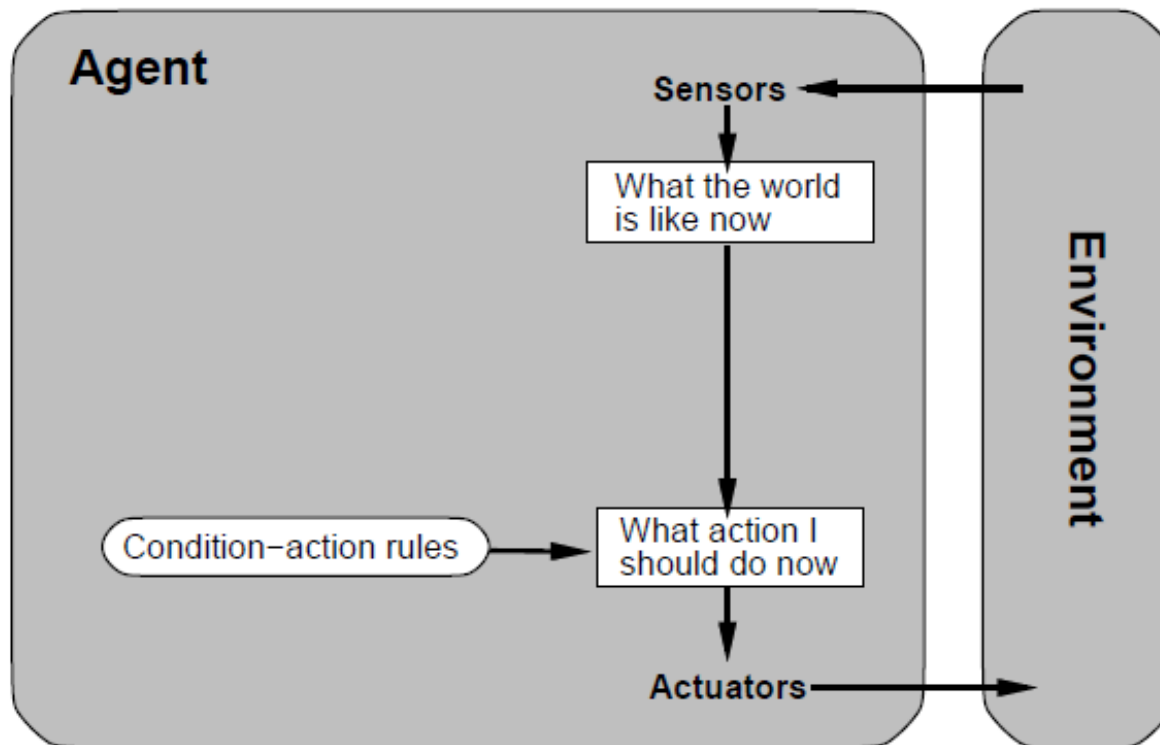
3. Agentes baseados em objetivos
4. Agentes baseados na utilidade



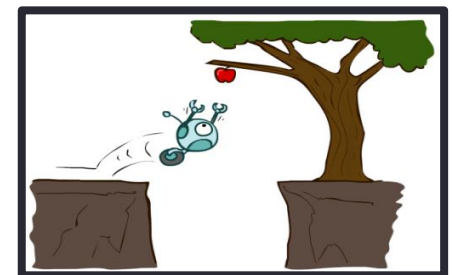
5. Agentes com aprendizagem



# 1. Agentes Reativos Simples



Selecionam ações com base somente na percepção atual, ignorando o restante do histórico de percepções.



# 1. Agentes Reativos Simples

- O agente funciona apenas se o ambiente **for completamente observável** e a decisão correta puder ser tomada com base apenas na percepção atual.

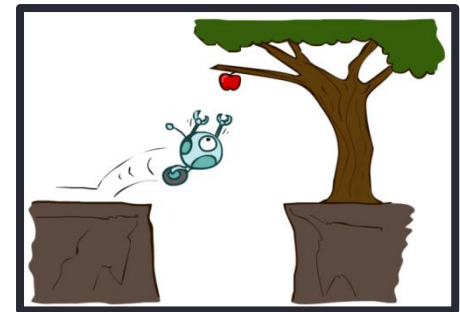
```
Função AGENTE-ASPIRADOR-DE-PÓ-REATIVO ([posição, estado])  
retorna uma ação  
    se estado = Sujo então retorna Aspirar  
    senão se posição = A então retorna Direita  
    senão se posição = B então retorna Esquerda
```

- O funcionamento do agente reativo é baseado em **Regras condição-ação (regras se-então)** que fazem uma ligação direta entre a percepção atual e a ação.
  - **Se** carro-da-frente-está-freando **então** começar-a-frear.

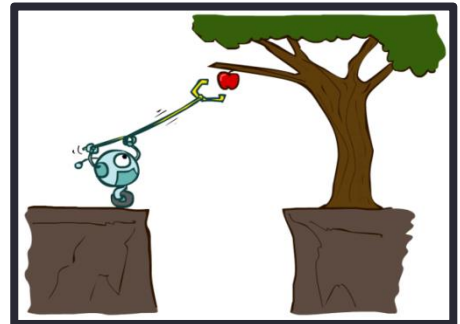
# Tipos básicos de agentes

- Cinco tipos básicos, do mais simples ao mais geral

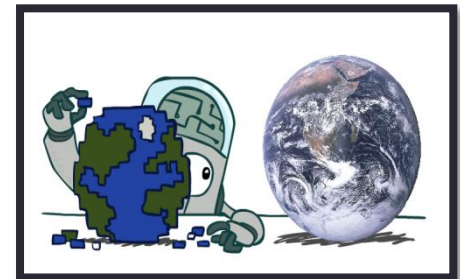
1. Agentes reativos simples
2. Agentes reativos baseados em modelos



3. Agentes baseados em objetivos
4. Agentes baseados na utilidade



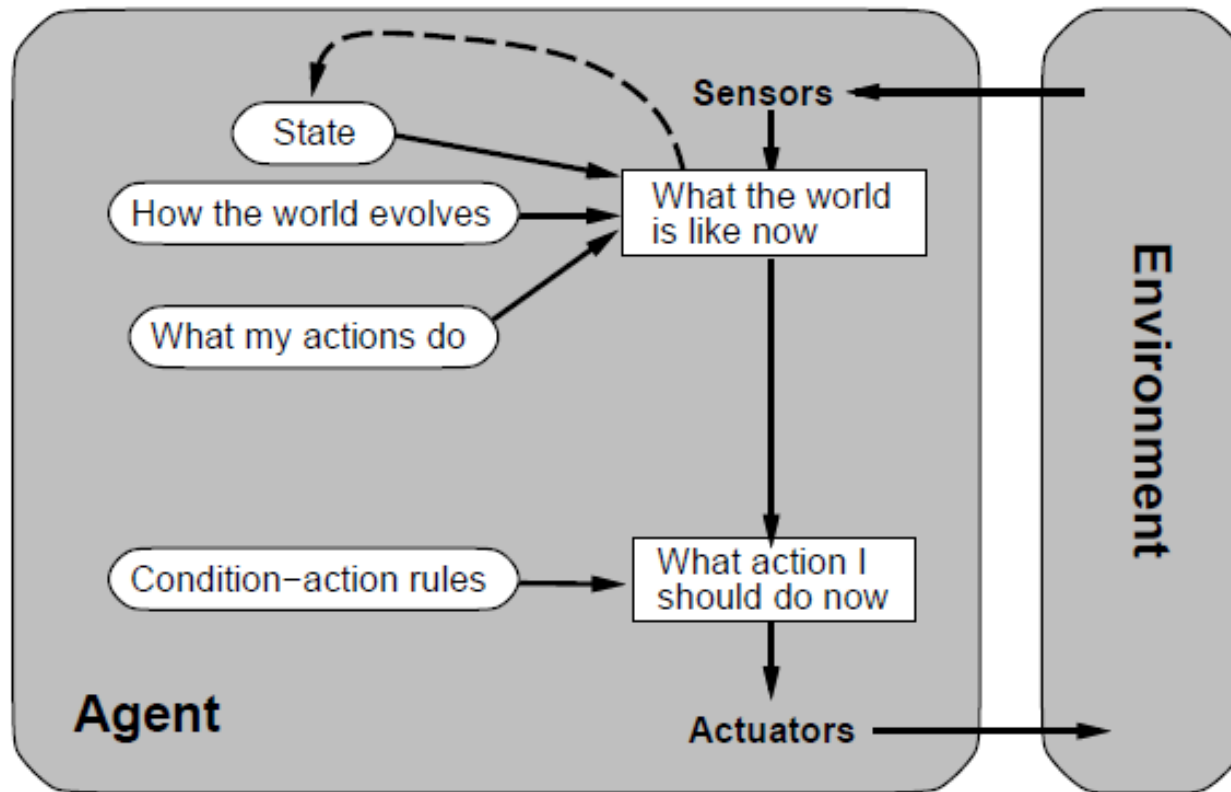
5. Agentes com aprendizagem



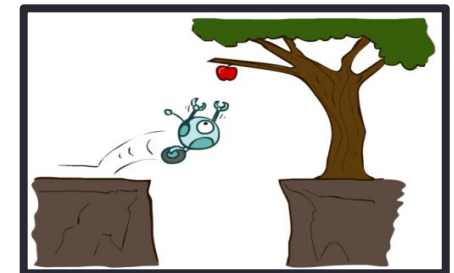
## 2. Agentes Reativos Baseados em Modelos

- Agente baseado em modelo é um agente que usa um **modelo de mundo**.
  - Como o mundo evolui independentemente do agente?
  - Como as ações do próprio agente afetam o mundo?
  - Como o mundo funciona?
- Um agente reativo baseado em modelo pode lidar com **ambientes parcialmente observáveis**.
  - O agente deve controlar as partes do mundo que ele não pode ver.
- O agente deve manter um estado interno que dependa do histórico de percepções e reflita os aspectos não observados no estado atual.

## 2. Agentes Reativos Baseados em Modelos



O agente controla o estado atual do mundo usando um modelo interno. Em seguida, ele escolhe uma ação da mesma maneira que o agente reativo simples.



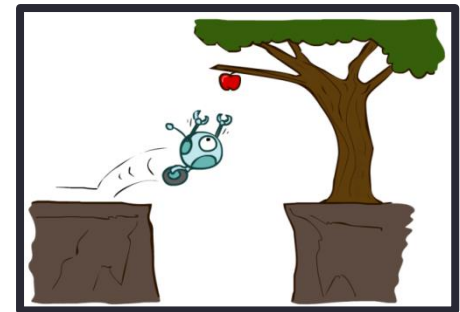
## 2. Agentes Reativos Baseados em Modelos

- Conhecer o modelo do mundo nem sempre é suficiente para tomar a decisão correta.
- Exemplo:
  - Um agente Motorista de Táxi chega em um cruzamento com três estradas, qual direção tomar?
    - **Simplesmente reagir?** mas existem três reações possíveis.
    - **Examinar o modelo de mundo?** não ajuda a decidir qual o caminho.
    - A decisão depende de onde o táxi está tentando chegar.  
**(objetivo)**

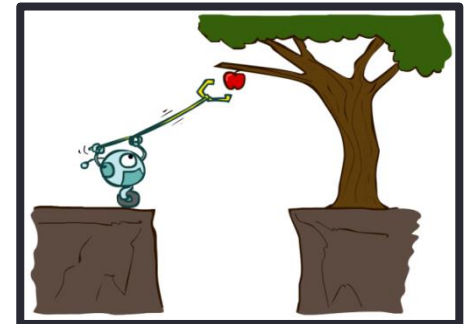
# Tipos básicos de agentes

- Cinco tipos básicos, do mais simples ao mais geral

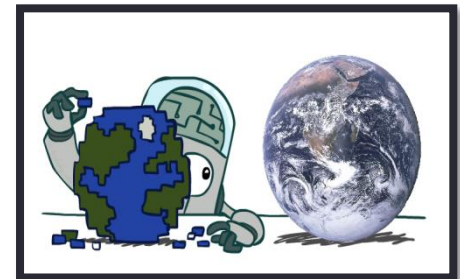
1. Agentes reativos simples
2. Agentes reativos baseados em modelos



3. Agentes baseados em objetivos
4. Agentes baseados na utilidade



5. Agentes com aprendizagem





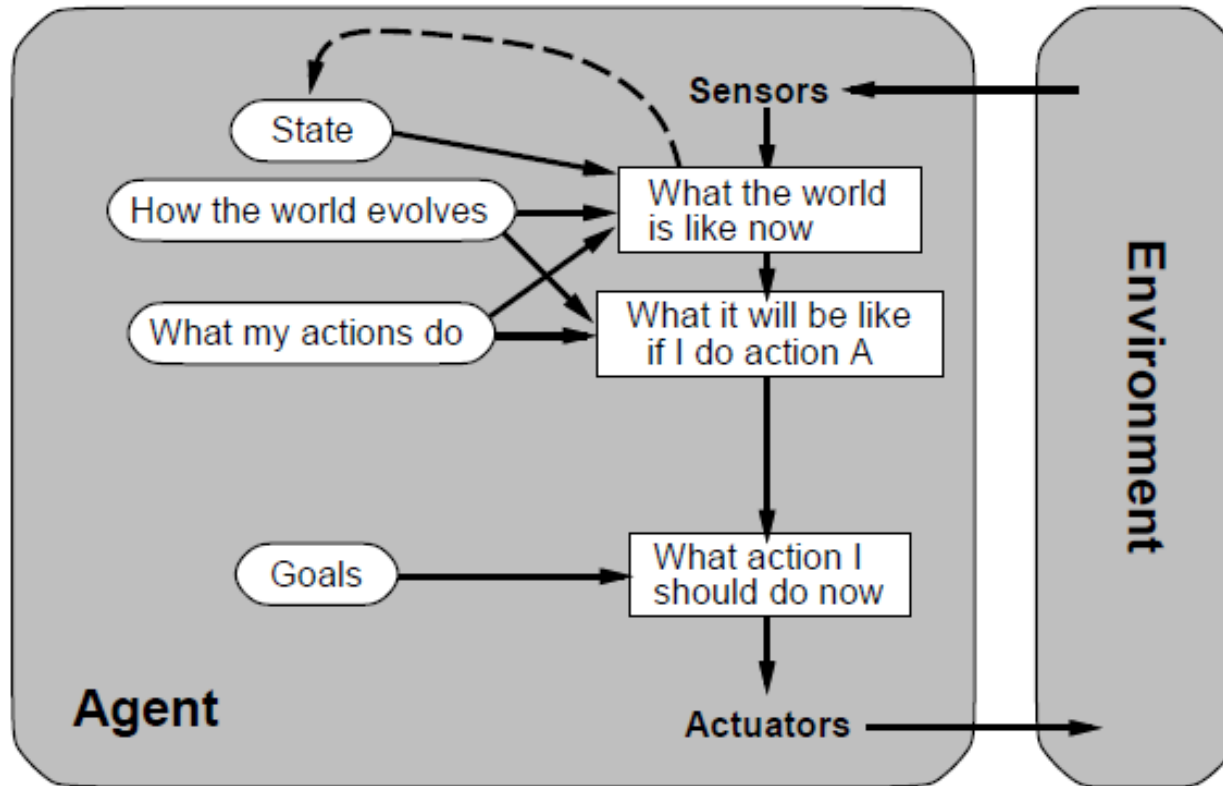
# 3. Agentes baseados em objetivos

- Expandem as capacidades dos agentes baseados em modelos (descrição do estado atual) através de um “objetivo”.
- O objetivos descreve situações desejáveis.
  - Exemplo: estar no destino do passageiro.
- A seleção da ação baseada em objetivo pode ser:
  - **Direta:** quando o resultado de uma única ação atinge o objetivo.
  - **Mais complexa:** quando será necessário longas sequências de ações para atingir o objetivo.

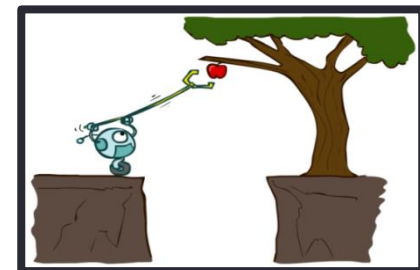
### 3. Agentes baseados em objetivos

- Para encontrar sequências de ações que alcançam os objetivos são utilizados algoritmos de **Busca** e **Planejamento**.
- A tomada de decisão envolve a **consideração do futuro**, o que não acontece com o uso de regras de condição-ação.
  - “O que acontecerá se eu fizer isso ou aquilo?”
  - “Isso me fará feliz?”

### 3. Agentes baseados em objetivos



Controla o estado do mundo, bem como um conjunto de objetivos que está tentando atingir e escolhe uma ação que (no final) levará à realização de seus objetivos.



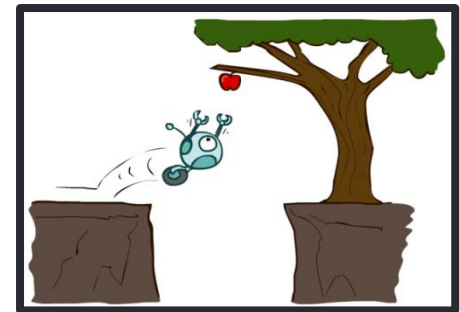
### 3. Agentes baseados em objetivos

- O agente que funciona orientado a objetivos é **mais flexível** do que um agente reativo, porque o conhecimento que apóia suas decisões é representado de maneira explícita e pode ser modificado.
  - Se começar a chover, o agente poderá atualizar seu conhecimento de como seus freios irão operar de modo eficiente.
- Entretanto, o objetivo **não garante o melhor** comportamento para o agente, apenas a distinção entre **estados felizes e infelizes**.

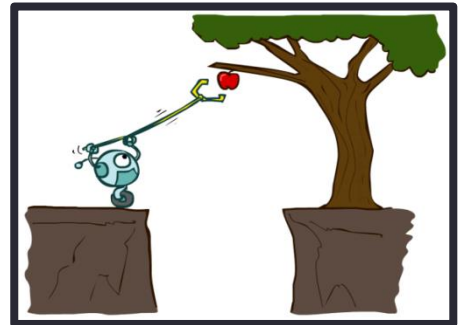
# Tipos básicos de agentes

- Cinco tipos básicos, do mais simples ao mais geral

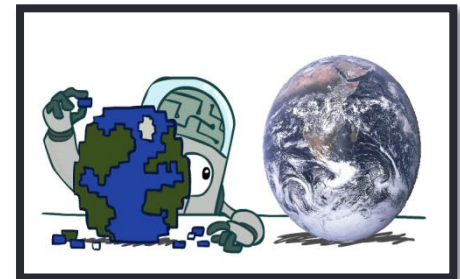
1. Agentes reativos simples
2. Agentes reativos baseados em modelos



3. Agentes baseados em objetivos
4. Agentes baseados na utilidade



5. Agentes com aprendizagem

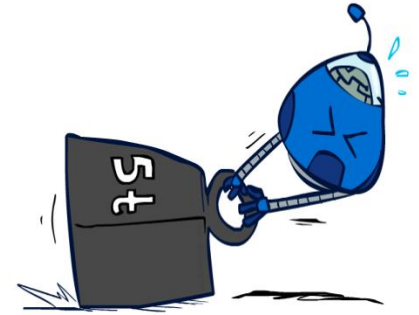


## 4. Agentes baseados na utilidade

- Buscam definir um grau de satisfação com os estados. O quanto “bom” é para o agente um determinado estado.
- Se um estado do mundo for mais preferível que outro, então ele terá maior utilidade para o agente.
- Utilidade é uma **função que mapeia um estado para um número real** que representa o grau de satisfação com este estado.
  - Especifica o compromisso apropriado de objetivos contraditórios (ex: velocidade e segurança)
  - Probabilidade de sucesso quando existem vários objetivos e nenhum pode ser atingido com certeza.

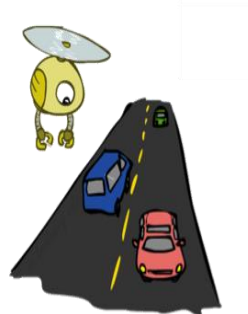
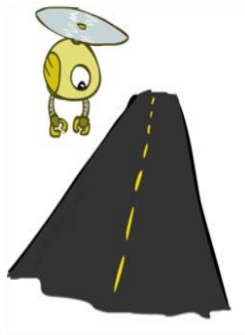
## 4. Agentes baseados na utilidade

- A utilidade esperada é calculada pela **média** entre todos os estados resultantes possíveis, ponderados pela probabilidade do resultado.
- Ex: Quanto tempo para chegar ao aeroporto?

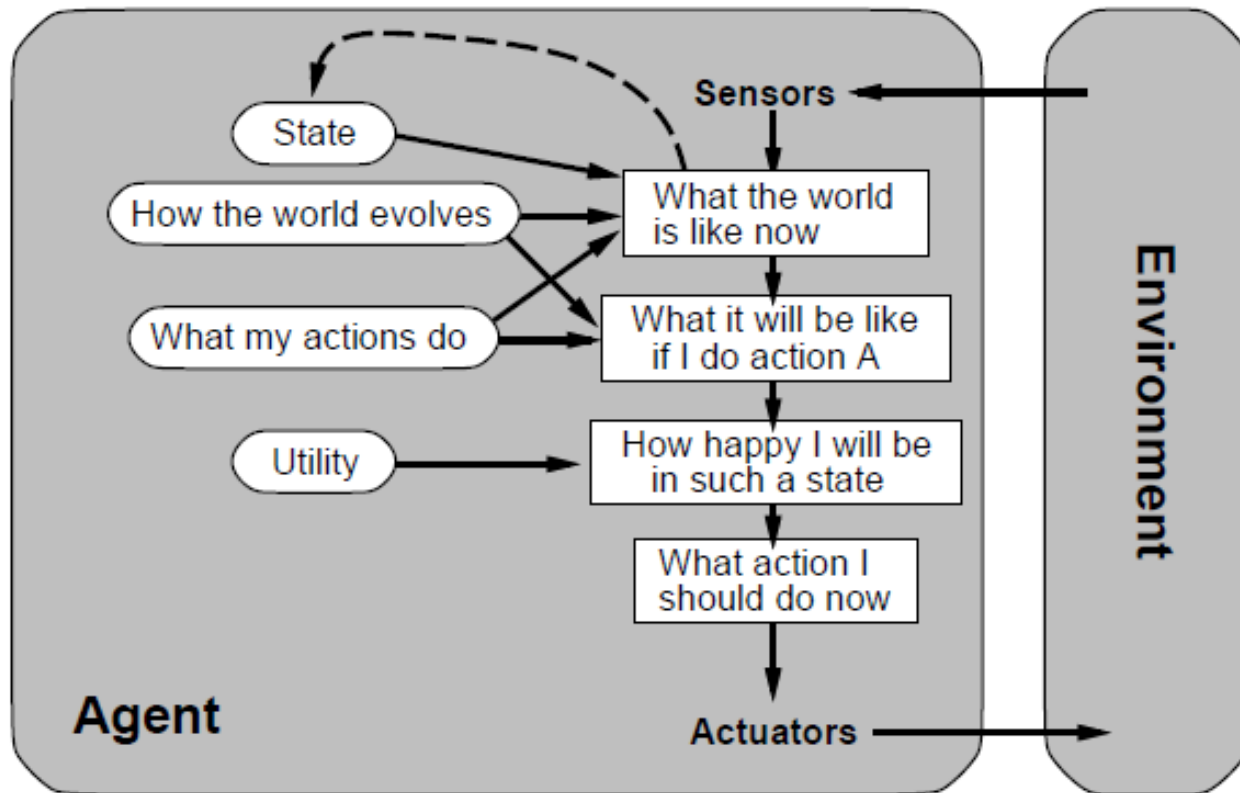


Tempo:	20 min		30 min		60 min			
	x		x		x			
Probabilidade:	0.25	+	0.50	+	0.25			

35 min



## 4. Agentes baseados na utilidade



Usa um modelo do mundo juntamente com uma função de utilidade que mede suas preferências entre estados do mundo.

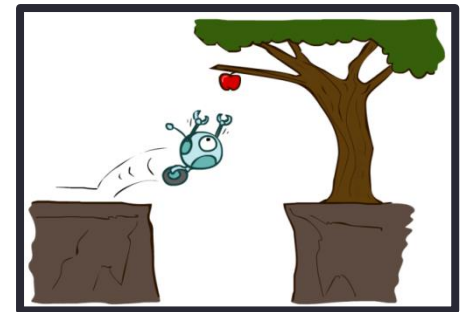
Em seguida, ele escolhe a ação que leva à melhor utilidade esperada.



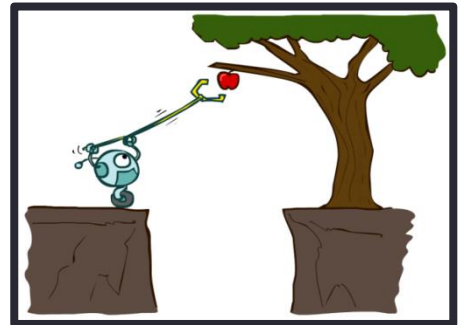
# Tipos básicos de agentes

- Cinco tipos básicos, do mais simples ao mais geral

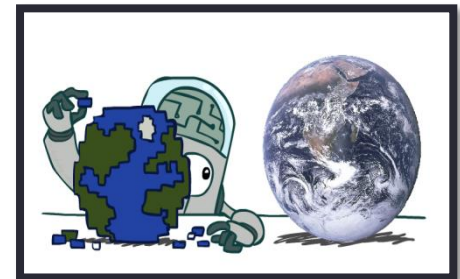
1. Agentes reativos simples
2. Agentes reativos baseados em modelos



3. Agentes baseados em objetivos
4. Agentes baseados na utilidade



5. Agentes com aprendizagem



# 5. Agentes com Aprendizagem

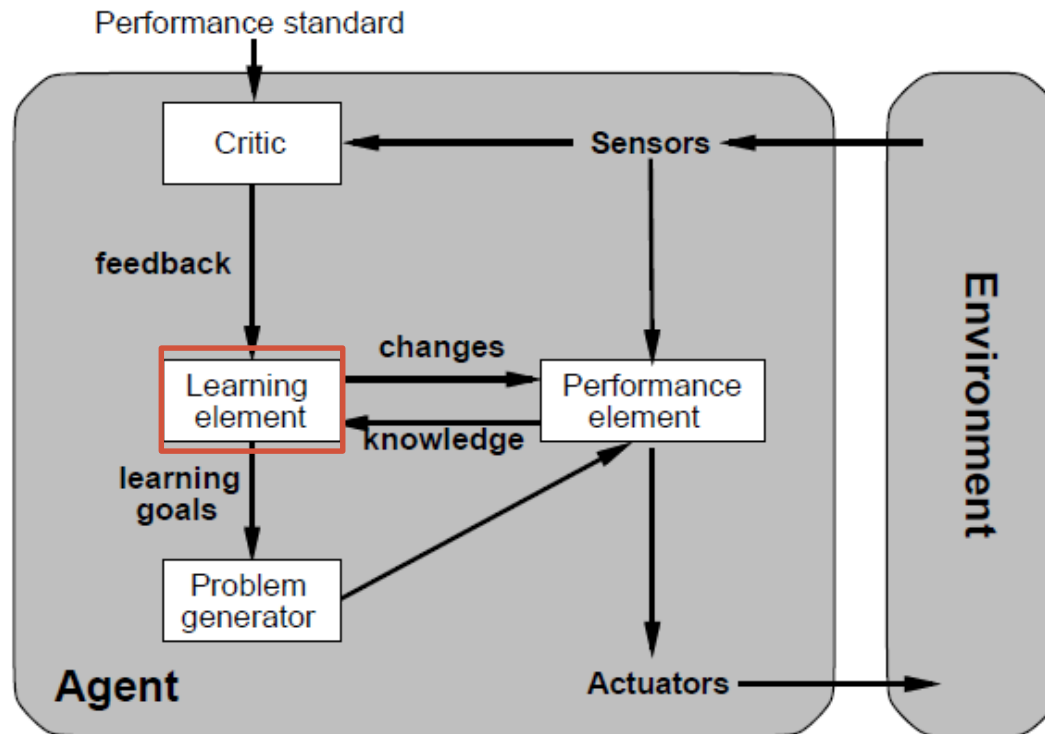
- Podem operar em ambientes totalmente desconhecidos e se tornar mais eficientes do que o seu conhecimento inicial poderia permitir.
- Em agentes sem aprendizagem, tudo o que o agente sabe foi colocado nele pelo projetista.
- Todos os agentes podem melhorar seu desempenho por meio do aprendizado.



# 5. Agentes com Aprendizagem

Pode ser dividido em quatro componentes conceituais:

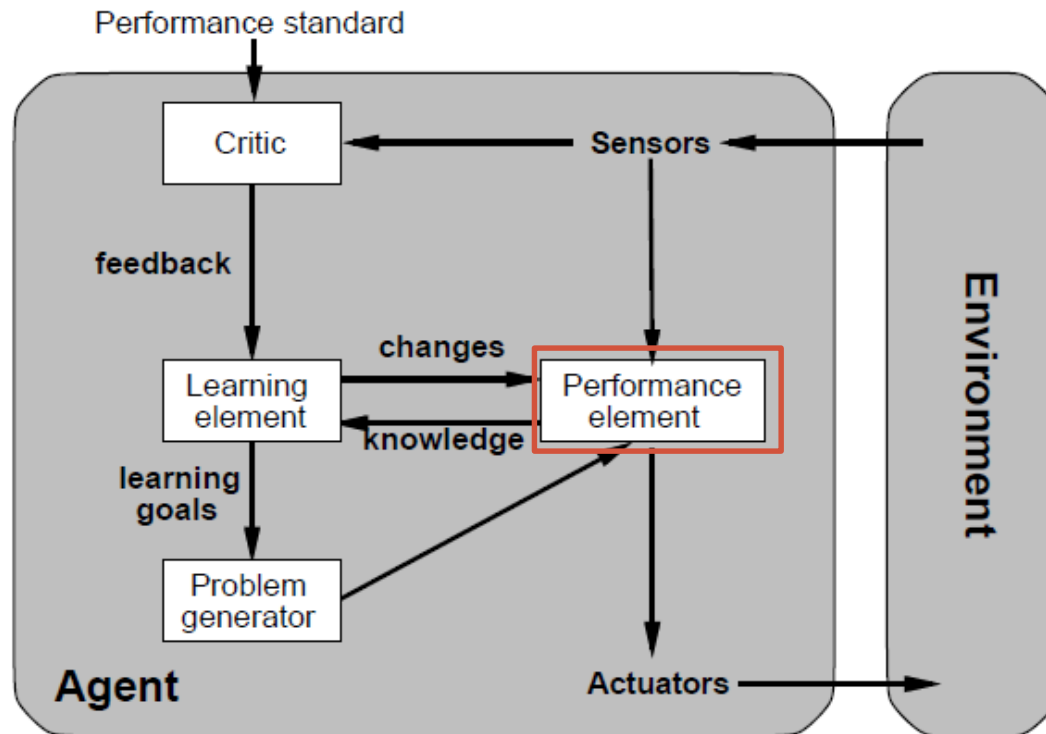
1. **Elemento de aprendizado:** responsável pela execução e aperfeiçoamento.



# 5. Agentes com Aprendizagem

Pode ser dividido em quatro componentes conceituais:

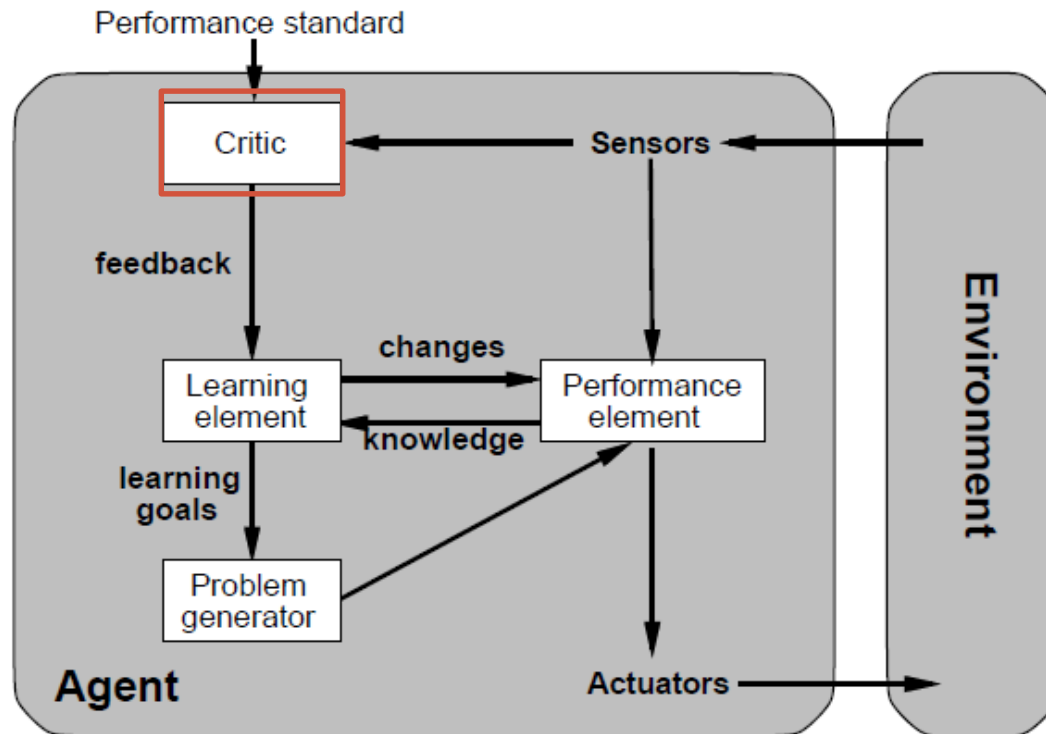
2. **Elemento de desempenho:** responsável pela seleção de ações externas. Recebe percepções e decide sobre ações.



# 5. Agentes com Aprendizagem

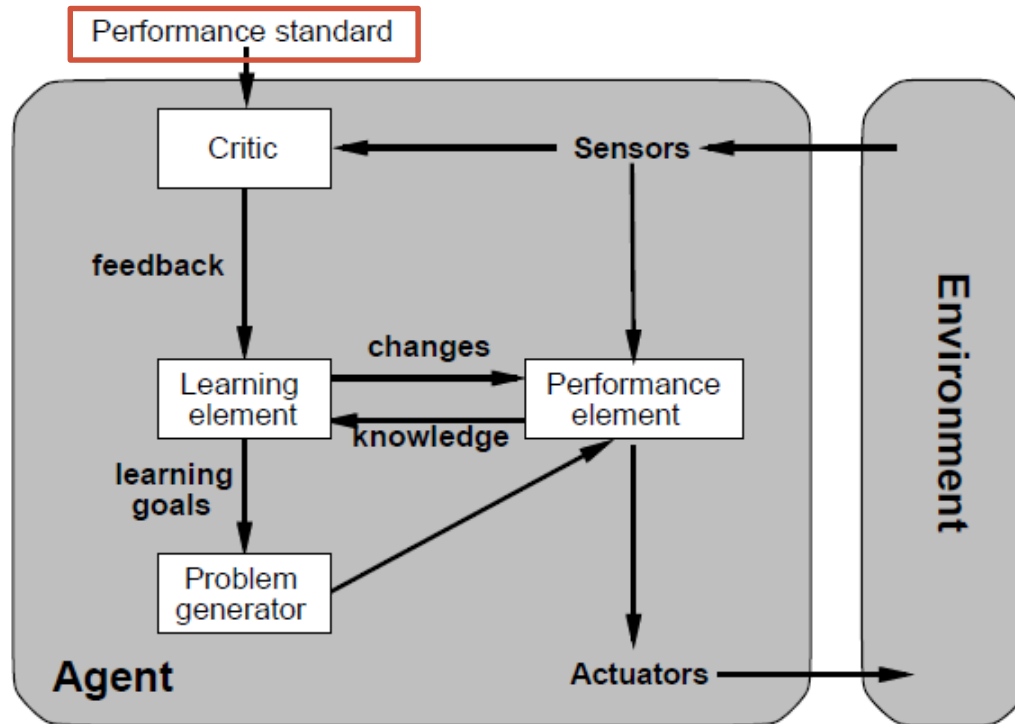
Pode ser dividido em quatro componentes conceituais:

3. **Crítico:** determina de que maneira o elemento de desempenho deve ser modificado para funcionar melhor no futuro.



# 5. Agentes com Aprendizagem

**Padrão de desempenho:** saber o que é bom/ruim – regras.



# 5. Agentes com Aprendizagem

Pode ser dividido em quatro componentes conceituais:

4. **Gerador de problemas:** sugere ações que levarão a experiências novas e informativas - ações exploratórias.

