

# Inteligência Artificial

## Aula 03- Agentes<sup>1</sup>

Sílvia M.W. Moraes

Faculdade de Informática - PUCRS

March 13, 2018

---

<sup>1</sup>Este material não pode ser reproduzido ou utilizado de forma parcial sem a permissão dos autores.

## Sinopse

- Nesta aula, apresentamos uma **introdução a agentes inteligentes**.
- Este material foi construído com base nos capítulos:
  - 2 do livro Artificial Intelligence – a Modern Approach de Russel & Norvig
  - 1 do livro Automated Planning and Acting de Ghallab e outros.

# Sumário

- 1 O que vimos ...
- 2 Conceito e Características
- 3 Arquiteturas
- 4 Agente Reativo
- 5 Agente Cognitivo
- 6 Aplicações

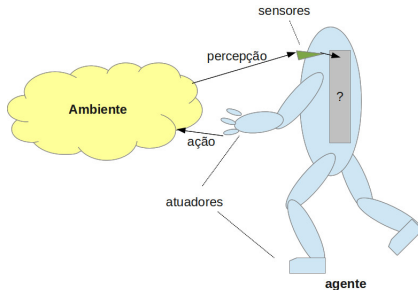
## Aulas anteriores

- Conceitos de IA
- Questões Filosóficas
- Histórico
- Áreas afins e subáreas

# O que são Agentes ?

## Definição de Inteligência Artificial



"É o estudo e projeto de agentes inteligentes, onde um **agente inteligente** é um sistema que percebe o seu ambiente e executa ações que maximizam suas chances de sucesso. "



|  | Agente Humano            | Robô                                      | Sistema   |
|--|--------------------------|---|---|
| <b>Sensores:</b><br>viabilizam a percepção (entrada) | Olhos, ouvidos, ..       | Câmeras, detectores de Infravermelho, ... | Teclado, microfone, BD, leitura de arquivos, câmeras, ...                 |
| <b>Atuadores:</b><br>tornam possível a ação (saída)  | Boca, mãos e pernas, ... | Motores, ...                              | Execução de um programa, auto-falante, escrita em arquivo, impressora,... |

# O que são Agentes ?

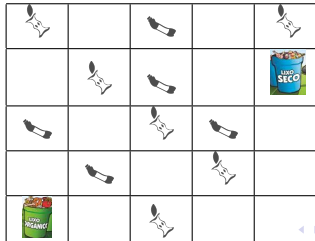
- Exemplo 1: **Aspirador de pó**
  - **Ambiente:** locais A e B
  - **Agente:**
    - **Percebe** em que **local** está e se há **sujeira** nesse local.
    - **Ações:** mover-se para **esquerda** ou **direita**; **aspirar** sujeira ou não fazer **nada**.

|   |   | Percepção | Ação     |  |
|---|---|-----------|----------|--|
| A |  | [A,limpo] | Direita  |  |
|   |   | [B,sujo]  | Aspirar  |  |
| B |  | [B,limpo] | Esquerda |  |
|   |   | [A,sujo]  | Aspirar  |  |
|   |   | [A,limpo] | Direita  |  |
|   |   | ...       |          |  |

Se o agente ficar alternando entre as ações direita e esquerda, ele terá um bom comportamento ?

# O que são Agentes ?

- consegue andar em 4 direções (para cima, para baixo, para esquerda e para direita),
- e ainda as ações: coletar e despejar.



## Como os agentes devem agir ?

- Os agentes **devem agir de forma racional**.
  - **Racional**: aquele que faz a coisa certa (Russel & Norvig)
  - **Ação correta**: aquela que faz o agente ser bem sucedido.
- **Problema**: Decidir como e quando avaliar o sucesso do agente.
  - **Medidas de desempenho** (observação externa): índice de sucesso na execução da tarefa, tempo de execução, consumo de energia, ...
  - **Momento da avaliação**: depende da tarefa.



## Como os agentes devem agir ?



- No caso do exemplo do aspirador de pó
  - Por que é melhor considerar a **Área limpa em um determinado período de tempo** do que a **Quantidade de sujeira recolhida nesse período** ?
    - Outros critérios a incluir: consumo de energia, ruído, ...
  - Se fossem dois ou mais agentes de limpeza, a **média das medidas de desempenho** desses agentes é uma boa estratégia para avaliá-los na solução da tarefa?

## Como os agentes devem agir ?



### Agente Racional

Para cada sequência de percepções possível, um agente racional deve executar uma ação (prevista) que pode maximizar sua medida de desempenho, considerando, para isso, evidências dessa sequência de percepções e ainda o conhecimento que possui. (Russel & Norvig)

## Como os agentes devem agir ?

- **Fatores** que influenciam no comportamento do agente:
  - **Medida de desempenho**
  - **Conhecimento** a priori do ambiente (e/ou capacidade de aprender)
  - **Ações** que pode executar
  - Sequências de **percepção** até o momento



O agente aspirador de pó do exemplo visto é racional ?

## Como os agentes devem agir ?



- Exemplo 2: **Carro Autônomo em ambiente urbano.**
  - **Medida de desempenho:** chegar ao destino sem incidentes, menor tempo, menor consumo de combustível, ...
  - **Conhecimento:** ruas e avenidas de uma cidade (inclui carros, pedestres, tráfego, ...), funcionamento da sinaleira, regras de trânsito, funcionamento do carro, ...
  - **Ações:** estacionar, acelerar, frear, rodar, desviar, ...
  - **Percepção:** estado atual da sinaleira, seu posicionamento e dos outros carros, rua atual, ...
    - imagens (câmeras), GPS, ...

## Características dos Agentes

- **Autonomia** (ausência de intervenção humana, o agente executa suas ações sem ser diretamente comandado por uma pessoa): **característica fundamental** de um agente:
  - O comportamento do agente é determinado apenas pelas suas próprias experiências e pelo seu conhecimento.
  - No caso de pouca ou nenhuma experiência própria, o comportamento inicial do agente pode ser:
    - aleatório;
    - seguir orientações previamente inseridas pelo seu projetista.
  - Agente inteligente “completamente” autônomo: capacidade de operar com sucesso em diferentes ambientes (capacidade de adaptação).
- Outras características dependem do tipo de agente.

# Tipos de Ambientes

- **Ambientes:**

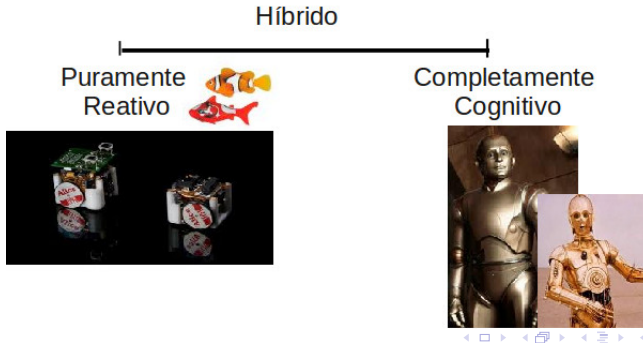
- Completamente observável x Parcialmente observável
- Determinístico x Estocástico
- Episódico x Sequencial
- Estático x Dinâmico
- Discreto x Contínuo
- Mono x Multiagente

- **Atividade II** - Como são os ambientes de um agente:

- 1 Aspirador de Pó ?
- 2 Carro autônomo ?
- 3 Jogo de Palavras Cruzadas ?
- 4 Diagnóstico Médico ?

# Tipos de Agentes

- **Organização Clássica:**
  - Agentes **Reativos** (Não deliberativos)
  - Agentes **Cognitivos** (Deliberativos)
  - **Híbridos**



# Tipos de Agentes

- **Organização segundo Russel & Norvig:**
  - **Reativos**
    - Agente puramente reativo (simples)
    - Agente reativo baseado em modelo
  - **Cognitivos**
    - Agente baseado em objetivos
    - Agente baseado em utilidade
    - Agente com aprendizado



## Agente Puramente Reativo: Características

### Agente Puramente Reativo

É aquele cujas ações são baseadas apenas na sua percepção atual do ambiente.

- **Reatividade:** Característica principal (responsivo).
  - Capacidade de perceber seu ambiente e responder em um tempo adequado às mudanças que ocorrem no ambiente a fim de satisfazer seus objetivos.
  - Consiste em mapear percepções em ações. Sua implementação, usualmente, contém uma base de regras do tipo:
    - SE <condição> ENTÃO ação
  - Exige uma definição prévia e completa do comportamento do agente (projetista).

## Agente Puramente Reativo: Características

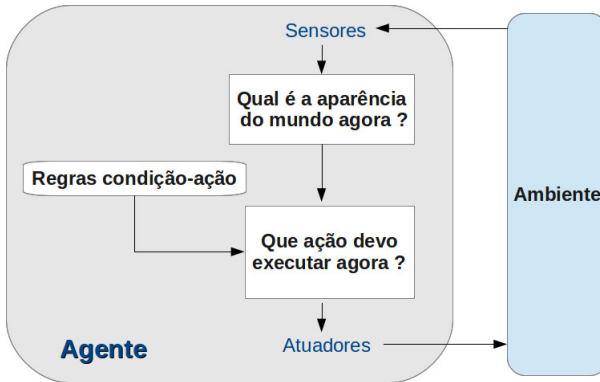
- **Exemplo: Aspirador de Pó (Russel & Norvig)**

```
Função AspiradorDePóPuramenteReativo([posição,estado]) {  
    se estado = sujo então retorna a ação aspirar  
    senão se posição = A então retorna a ação direita  
    senão se posição = B então retorna a ação esquerda  
    retorna a ação nada  
}
```

## Agente Puramente Reativo: características

- Outras **características básicas** (e usuais):
  - **não há representação explícita de conhecimento** : conhecimento implícito, se manifesta através do comportamento do agente;
  - **não há representação do ambiente**: seu comportamento se baseia apenas no que é percebido a cada instante.
  - **não há memória das ações**: não mantêm um histórico de ações, o resultado de uma ação passada não influencia as ações futuras;
  - **organização etológica**: a forma de organização similar a dos animais, em oposição à organização social dos sistemas cognitivos;
  - **grande número de membros**: têm, em geral, um grande número de agentes, da ordem de dezenas, centenas ou mesmo milhões de agentes.

## Agente Puramente Reativo: Estrutura Básica



## Agente Puramente Reativo: Controle

- **Função de controle (Russel & Norvig)**

```
Função AgenteReativoSimples(percepção) {  
    variáveis estáticas: regras, conjunto de regras condição-ação  
  
    estado ← interpretarEntrada(estado, percepção) //atualização do  
estado  
    regra ← buscarRegraCorrespondente(estado, regras)  
    ação ← obterAção(regra)  
  
    retorna ação  
}
```

## Agente Reativo baseado em Modelo: Estrutura

### Agente Reativo baseado em Modelo

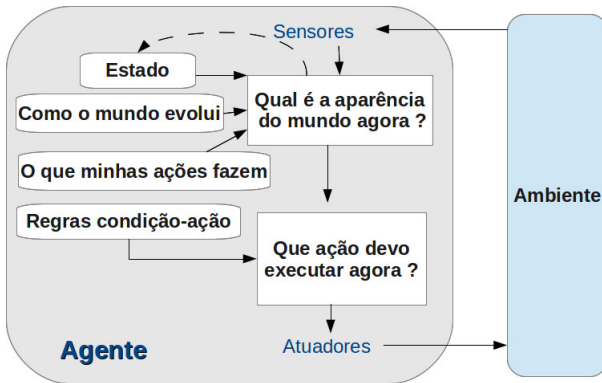
É aquele que usa um modelo de mundo (interno), além das percepções atuais, para definir as ações que serão executadas.

- Usa algum tipo de estado interno vinculado ao histórico de percepções que reflete alguns aspectos não observados a partir do estado atual (“controla a parte do mundo que não vê”).
  - Modelo do mundo : conhecimento sobre como o “mundo funciona” (modo como o mundo evolui independentemente do agente).
    - Exemplo: Controla o posicionamento de outros agentes estimando suas localizações a partir das suas posições iniciais e da informação de como estas são atualizadas.

## Agente Reativo baseado em Modelo: Estrutura

- Possui alguma estrutura interna capaz de armazenar informação sobre:
  - o próprio agente (estado interno).
    - Ex: carga de energia, combustível no tanque, ...
  - o ambiente (evolução, informações de controle).
    - Ex: determinadas lixeiras podem ser mais usadas que outras, localização das lixeiras, período em que há mais lixo, ...
  - ações que podem ser executadas.
- Controla o estado atual do mundo usando um modelo interno e, em seguida, escolhe uma ação da mesma maneira que o agente reativo simples.

## Agente Reativo baseado em Modelo: Estrutura





## Agente Reativo baseado em Modelo: Controle

- **Função de controle (Russel & Norvig)**

```
Função AgenteReativoComEstado(percepção) {  
    variáveis estáticas: regras, conjunto de regras condição-ação  
    estado: uma descrição do estado atual do mundo  
    ação: a mais recente, inicialmente nenhuma  
    estado ← interpretarEntrada(estado, percepção)  
    regra ← buscarRegraCorrespondente(estado, regras)  
    ação ← obterAção(regra)  
    estado ← atualizarEstado(estado, ação)  
  
    retorna ação  
}
```

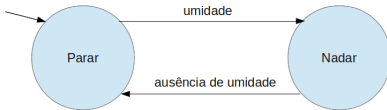
## Agente Reativo: Modelagem

- O comportamento de um agente reativo pode ser representado por meio de uma **máquina de estados finita**.
- **Finite-State Machine (FSM)**
  - Modelo computacional amplamente utilizado para implementar a tomada de decisão em sistemas multiagentes.
  - Pode variar desde algo muito simples até casos mais complexos, com hierarquias de FSMs.
  - Permite a modelagem do comportamento dos agentes reativos.

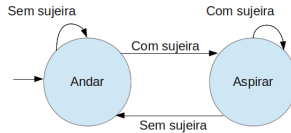
# Agente Reativo: Modelagem

- Exemplos:

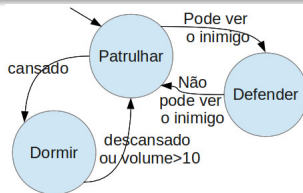
## Robo Fish



## Aspirador de Pó



## Agente Reativo: Implementação



- Implementação simples:

```
classe Exemplo1{  
    enum Estado {PATRULHAR, DEFENDER, DORMIR}  
    Estado estadoInicial, estadoAtual  
  
    Inicio(){  
        estadoInicial = PATRULAR  
        estadoAtual = estadoInicial  
    }  
    ...  
}
```

## Agente Reativo: Implementação

```
classe Exemplo1{  
    ...  
    atualiza(){  
        if estadoAtual == PATRULHAR then{  
            if podeVerInimigo() then estadoAtual = DEFENDER  
            if cansado() then estadoAtual = DORMIR  
        }  
        else if estadoAtual== DEFENDER then{  
            if !podeVerInimigo() then estadoAtual = PATRULAR  
        }  
        else if estadoAtual== DORMIR then{  
            if !cansado() then estadoAtual = PATRULAR  
        }  
        retorna estadoAtual.getAção()  
    }  
    notificaRuido(int volume){  
        if estadoAtual == DORMIR and volume > 10  
        then estadoAtual = DEFENDER  
    }  
}
```

# Agente Reativo: Vantagens x Desvantagens

## ● Vantagens

- Comportamentos reativos são normalmente simples de projetar.
- Prototipação rápida para poucos comportamentos.
- Baixo processamento.
- Fáceis de depurar quando o número de estados é pequeno;
- Intuitivos - fáceis de entender até para pessoas sem conhecimento de programação;
- Flexíveis em contexto simples – podem ser facilmente modificados.

## ● Desvantagens

- O ambiente tem que ser totalmente observável, pois o agente só funciona apropriadamente se a regra correta for disparada, o que depende da percepção atual realizada.
- Implementação de um grande conjunto de comportamentos é uma tarefa difícil ou mesmo inviável.

## Agente Cognitivo

- Há problemas, no entanto, em que apenas o estado atual do ambiente e o modelo de mundo são insuficientes para a tomada de decisão.
- Exemplo: Em um cruzamento, qual a direção que um agente taxi deve seguir ?
  - Depende de seu destino
  - O problema exige informação relacionada ao seu objetivo.
- Precisamos, nesses casos, implementar agentes cognitivos.

# Agente Cognitivo

- Os agentes **cognitivos** são também chamados de **deliberativos**.
  - **Deliberação para agir:**
    - consiste em **decidir que ações tomar e como executá-las para atingir um objetivo**.
    - refere-se a um **processo de raciocínio** antes e durante a ação que endereça questões como:
      - Se o agente executar uma ação, qual será o resultado dela ?
      - Que ações devem ser tomada e como devem ser executadas para que as ações escolhidas gerem o efeito desejado?
  - As ações escolhidas, relativas por exemplo à força, movimento, percepção ou comunicação, **podem mudar o ambiente e o estado interno do agente**.

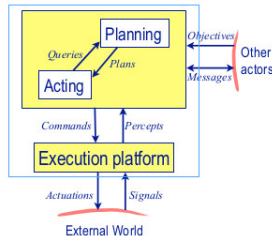


# Agente Cognitivo

- Considere **um pássaro** as duas cenas seguintes:
  - **Para rastrear visualmente um alvo**, o pássaro move seus olhos, cabeça e corpo.
  - **Para alcançar um verme flutuando em um jarro**, o pássaro pega uma pedra e deixa cair no jarro, repete com outras pedras até que a água tenha subido para um nível alcançável e, em seguida, pega o verme.
- Que tipo de agente seria mais adequado para essas cenas ?

# Agente Cognitivo

- O processo deliberativo de um agente cognitivo utiliza, especialmente quando a sequencia de ações necessária para atingir o objetivo é longa:
  - algoritmos de busca
  - técnicas de planejamento
  - planejamento: consiste em escolher e organizar as ações que podem atingir um certo objetivo.



## Agente Cognitivo

- Para ser considerado de fato “inteligente”, o agente deve ser cognitivo:

### Agente Inteligente

”Um agente age de forma inteligente se:

- suas ações são apropriadas para suas metas e percepções;
- é flexível para mudar de ambientes e metas;
- aprende a partir de experiências;
- faz escolhas apropriadas dentro de um certo percentual de acordo com as limitações computacionais.

## Agente Cognitivo: características gerais

- **Autonomia:** característica fundamental de todo agente
- **Representação explícita do ambiente e de outros agentes:** conhecem o ambiente e quem está nele.
- **Memória das ações:** mantêm um histórico de suas ações e o usa em suas decisões.
- **Organização social:** inspirada na organização humana.
- **Mecanismo de controle deliberativo:** possuem raciocínio (algoritmos).
- **Comunicação direta entre os agentes:** troca explícita de mensagens.
- **Sociedades pequenas:** usa poucos agentes.

## Agente Cognitivo: características

- **Pró-atividade:** Capacidade de exibir um comportamento direcionado a objetivos. Toma iniciativa com o fim de satisfazer seus objetivos.
- **Habilidade social:** Capacidade de interagir com outros agentes (e possivelmente humanos) a fim de satisfazer seus objetivos. Esta interação pode exigir habilidades de negociação e cooperação para que seus objetivos sejam alcançados.
- **Conhecimento** sobre si, sobre os outros e sobre o domínio.
  - Formas de representação: regras de produção, redes semânticas, lógica, ontologias, ...

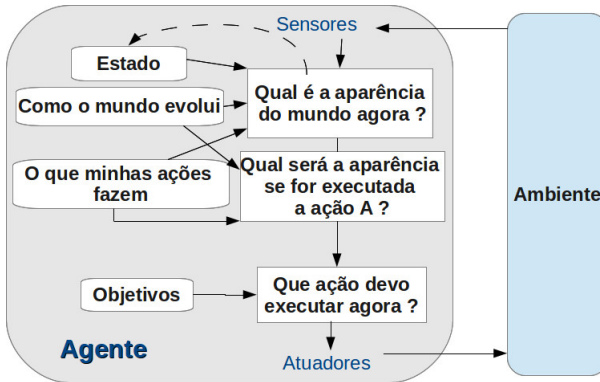
## Agente baseado em Objetivo: Estrutura

### Agente baseado em Objetivo ou em Meta

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

- Combina as informações dos objetivos com as informações provenientes dos resultados possíveis das suas ações para escolher a próxima ação.
- Embora tal agente demande mais processamento, ele é mais flexível que o reativo, pois o conhecimento que apoia suas decisões é representado de forma explícita e pode ser modificado.

## Agente baseado em Objetivo : Estrutura



## Agente baseado em Utilidade : Estrutura

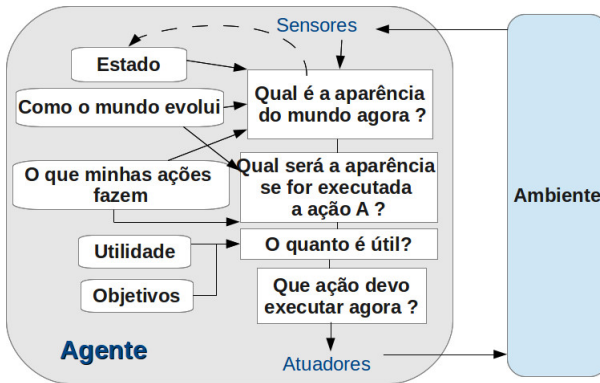
- Os objetivos podem não ser suficientes para gerar um bom comportamento.
- Podem existir várias sequência de ações que levam ao objetivo pretendido, no entanto algumas são mais rápidas, outras mais seguras, mais confiáveis ou mais econômicas.
- Para definir a sequência mais adequada é necessária uma função de utilidade, que mapeia um estado (ou uma sequência deles) a um valor que descreve a sua utilidade.

### Agente baseado em Utilidade

Usa uma função de utilidade como critério interno para escolher a melhor ação ou sequência de ações que permite atingir seus objetivos.

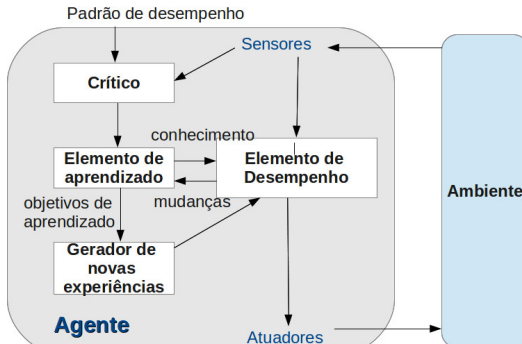


## Agente baseado em Utilidade : Estrutura



## Agente com Aprendizado : Estrutura

- Os agentes podem melhorar o seu desempenho por meio de aprendizado.
- Podem ter que aprender como se adaptar a novas situações e tarefas.



## Áreas de Aplicação

- Logística: coordenação, teste de software, ...
- Produção: cartografia, processos de produção e de seleção em uma fábrica, ...
- Tráfego: controle, escolha de rota, ...
- Comércio: gestão da informação (filtragem e coleta de informações), comércio eletrônico (informação, negociação e recomendação), gestão dos processos de negócio (tomada de decisão), softbots (agentes conversacionais, chatterbots), ...
- Fluxo de pessoas: evacuação de prédios, simulações, ...
- Saúde: otimização de processos clínicos, monitoramento, ...
- Biologia: vida artificial, ...
- Planejamento urbano: estudo de acessibilidade, de crescimento, ...
- Jogos: ambiente, personagens, ...

## Exercícios

- **Atividade III:** A partir da descrição dada a seguir, defina o tipo de estrutura mais adequada para a implementação de um agente que é capaz de pintar apenas uma cor.
  - Mantém um reservatório próprio de tinta.
  - Funciona com bateria que precisa ser recarregada.
  - Possui 2 modos de operação: normal e econômico (consome menos tinta e bateria).
  - Seu ambiente é a superfície a ser pintada.
  - Ações: pintar (move-se e colore), recarregar bateria, recarregar reservatório, parar, mover-se (sem pintar).

## Exercícios

- **Atividade IV** - Responda:
  - A qual a diferença entre função de utilidade e medida de desempenho ?
  - Há alguma forma de comunicação entre agentes reativos ?
  - Qual a arquitetura mais adequada para implementar um robô jogador de futebol ?
  - A necessidade de mecanismo deliberativo está associada à diversidade de ambientes em que o agente pode atuar ?