

Agentes Inteligentes



Prof. Sérgio R. P. da Silva

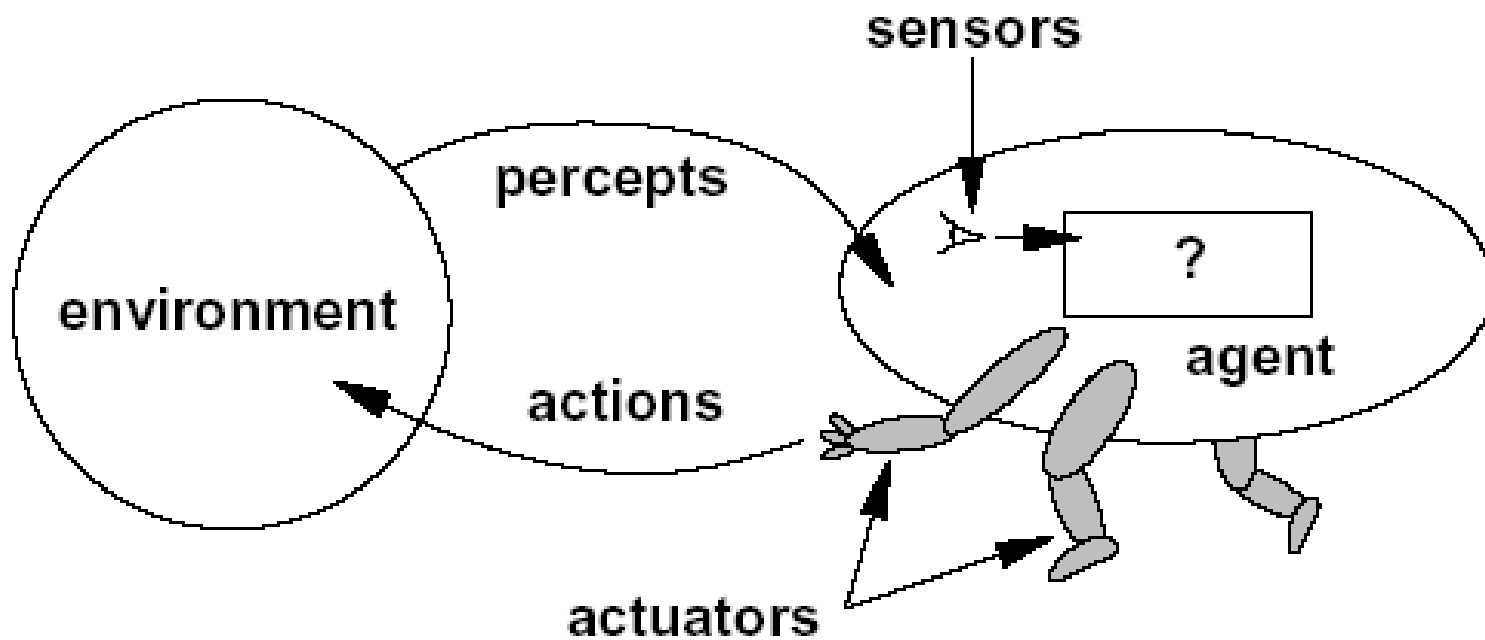
Profa. Josiane Melchiori Pinheiro

Baseado no Cap. 2 do livro de Stuart Russel e Peter Norving - "Inteligência Artificial", 2ª ed.

Principais pontos abordados

- Modelos de:
 - Agentes
 - Ambientes
 - E o relacionamento entre eles
- Um agente se comporta melhor do que outros
 - Um agente racional se comporta tão bem quanto possível
 - A qualidade do comportamento do agente depende da natureza do ambiente

Agentes



Agentes

□ Definição:

- Um **agente** é qualquer coisa que pode **perceber** seu ambiente através de *sensores* e **agir** sobre este ambiente através de *atuadores*.

□ Exemplos:

- Humano: 5 sentidos, braços, boca, ...
- Robô: câmeras, detectores infravermelho, sonares, motores, ...
- Software: teclado, arquivos, pacotes da rede, impressora, vídeo, ... (sensações e ações estão codificados em bits)

Percepção, Seqüência de Percepções e Ações

- **Percepção**: entradas perceptivas do agente em qualquer momento
- **Seqüência de percepções**: história completa de tudo o que o agente já percebeu
- A **escolha de uma ação** de um agente em qualquer instante pode depender da seqüência inteira de percepção até o momento
- Uma **função agente** é o mapeamento de qualquer seqüência possível de percepções para uma ação
 - Tabela muito grande. Na verdade infinita. A menos que se tenha um limite para o comprimento da seqüência de percepções

Exemplo: mundo do aspirador de pó

- Percepção: local e conteúdo, por exemplo, [A, sujo]
- Ações: Direita, Esquerda, Sugar, *NoOp*

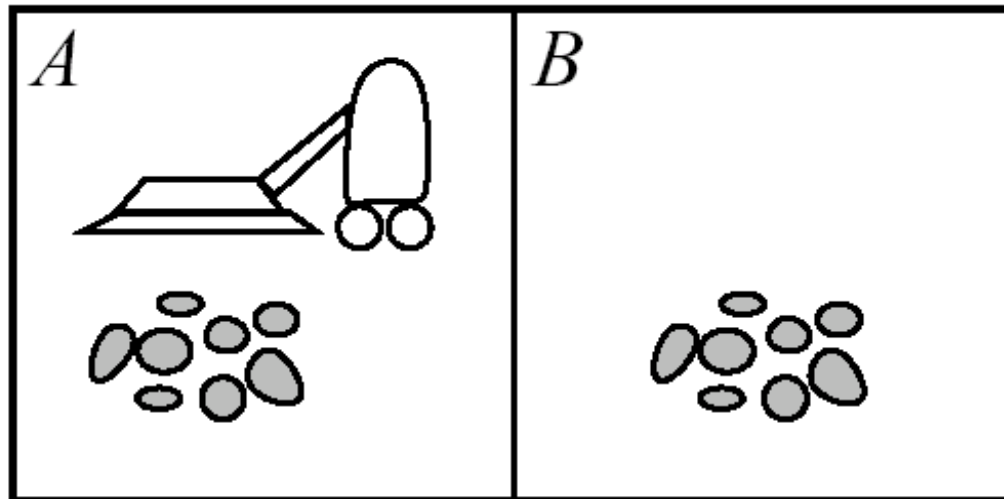


Tabela parcial de uma função de agente simples

Seqüência de Percepções

[A, limpo]

[A, sujo]

[B, limpo]

[B, sujo]

[A, limpo] [A, limpo]

[A, limpo] [A, sujo]

...

[A, limpo] [A, limpo] [A, limpo]

[A, limpo] [A, limpo] [A, sujo]

...

Ação

Direita

Aspirar

Esquerda

Aspirar

Direita

Aspirar

Direita

Aspirar

Como os agentes devem agir?

- Um agente racional é aquele que **faz tudo certo**
- Mas como saber se a sua ação é a correta?
 - Ação correta é aquela que leva o agente ao maior sucesso
 - Mas precisamos de uma forma para “medir” o sucesso
 - **Medidas de desempenho** (MD) ->critérios para se medir o sucesso do comportamento do agente
 - Exemplo de MD para um agente que limpa uma sala:
 - MD₁: quantidade de lixo retiradas X horas de trabalho
 - MD₂: quantidade de lixo retiradas X horas de trabalho descontadas a energia gasta e o nível de ruído produzido
- Como e quando medir o desempenho? (passo a passo, resultado ??)

A racionalidade depende de quatro fatores:

- A medida de desempenho que define o grau de sucesso.
- O conhecimento anterior que o agente tem sobre o ambiente.
- Que ações o agente pode realizar.
- O histórico da percepção do agente, i.e., tudo que já foi percebido pelo agente.
- Estes 4 fatores nos levam a definição de racionalidade ideal:

Agente racional ideal

□ Definição:

- Para cada seqüência de percepção possível, um **agente racional ideal** deve saber se sua ação maximizará sua medida de desempenho, baseado na evidência de sua seqüência de percepção e no conhecimento que ele traz consigo.

Agente aspirador de pó

- Uma agente racional para o mundo do aspirador de pó:
 - MD: 1 pt para cada quadrado limpo em cada unidade de tempo, ao longo de 1.000 períodos
 - Conhece a “geografia” do ambiente, mas não sabe onde tem sujeira e nem a posição inicial.
 - Quadrados limpos permanecem limpos e aspirar limpa o quadrado atual
 - As ações *Esquerda* e *Direita* movem o agente nesta direções; exceto quando isto leva o agente para fora do ambiente (fica parado)
 - Ações disponíveis: *Esquerda*, *Direita*, *Aspirar*, *NoOP* (não faz nada)
 - O agente percebe: a sua posição e se nessa posição existe sujeira

Como os agentes devem agir?

- Racionalidade x Onisciência são diferentes
 - **Onisciência** → poder saber os resultados de suas ações antecipadamente e com precisão
 - **Impossível** de se atingir na realidade
 - **Racionalidade:** maximiza o desempenho esperado
 - **Perfeição:** maximiza o desempenho real
- Exemplo: Ao atravessar uma rua...
- Não podemos condenar um agente que falha por não levar em conta algo que ele não pode perceber ou por uma ação que ele não é capaz de tomar

Coleta de Informações

- Ex. agente que atravessa a rua sem olhar não é racional
- A ação correta seria olhar porque maximiza o desempenho
- Coleta de informações:
 - A realização de ações com a finalidade de modificar percepções futuras é uma parte importante da racionalidade
 - Também pode ser a realização de ações para a **exploração** de um ambiente desconhecido

Aprendizagem

- O agente pode ter algum conhecimento anterior
- Ele também pode ganhar experiência e modificar e ampliar este conhecimento
- Se o ambiente é previamente conhecido:
 - O agente não precisa aprender ou perceber
 - Somente agir de forma correta
 - Mas este tipo de agente se torna muito frágil
 - Ex: do besouro e da vespa

Agente bem sucedido

- Dividem a tarefa de calcular a função do agente em três períodos:
 - Na fase de projeto – cálculos feitos pelo projetista
 - Na fase de deliberação sobre a próxima ação a ser executada – cálculos feitos pelo agente
 - Na fase de aprendizagem a partir de experiências – cálculos feitos pelo agente para decidir como modificar o seu comportamento

Autonomia

- Quando um agente se baseia somente no conhecimento anterior de seu projetista ele não tem **autonomia**
- O agente consegue aprender por experiência e alterar seu comportamento, ele pode ter autonomia funcional
 - Fugir do funcionamento que lhe foi imposto pela “natureza”
- Agente autônomo deve aprender o que puder para compensar o conhecimento prévio parcial ou incorreto
- Na prática, raramente os agentes têm autonomia completa desde o início. Assim como os animais...
- Agentes que aprendem podem se comportar de forma efetivamente independente do seu conhecimento anterior (prévio)

Agente autônomo = conhecimento inato + aprendizagem

- Agente autônomos são mais flexíveis, podem se **adaptar** a novas condições de **ambiente**.
 - Exemplo: agente de reconhecimento de fala, tem um conjunto pré-definido de padrões, mas pode aprender o sotaque de um novo usuário.
- Um agente inteligente verdadeiramente autônomo deveria ser capaz de operar com sucesso em um grande variedade de ambientes, dado um tempo suficiente para se adaptar.

A natureza dos ambientes

- 1º Passo do projeto de um agente
 - Especificar o ambiente de tarefa de forma tão completa quanto possível
- Ambientes de tarefas:
 - Os “problemas” para os quais os agentes são a “solução”.
 - Compreendem as seguintes especificações:
 - Medida de desempenho
 - Ambiente
 - Atuadores
 - Sensores

Exemplo: Agente Motorista de Taxi

□ Desempenho

- chegar no lugar certo
- minimizar o consumo de combustível e desgaste
- minimizar o tempo de percurso, custo da viagem
- minimizar as infrações de leis de trânsito
- minimizar os distúrbios aos outros motoristas
- maximizar a segurança e conforto do passageiro
- Obs.: alguns destes objetivos são conflitantes...

□ Ambiente

- estradas locais ou *freeways*, tipo de tráfego, neve, Inglaterra, Brasil, ...
- o ambiente irá determinar a dificuldade da implementação

□ Atuadores

- Frear, acelerar, virar, falar com o passageiro, se comunicar com outros motoristas

□ Sensores

- Sensores de velocidade, aceleração, estado (mecânico) do veículo
- GPS (*Global Positioning System*) para saber onde está num mapa
- Sensores infra-vermelhos para detectar a distância dos outros carros
- Microfone ou teclado para o passageiro informar o destino

Exemplos de agentes

Tipo	Desempenho	Ambiente	Atuadores	Sensores
diagnóstico médico	paciente são, minimização de custos e processos	paciente, hospital, corpo médico	questionários, testes, diagnósticos	Dados de entrada dos sintomas, respostas do paciente
análise de imagens de satélite	categorização correta da imagem	imagens obtidas de satélites	mostrar categorização da cena	<i>array</i> de <i>pixels</i> coloridos
controle de refinaria	maximizar pureza, rendimento e segurança	refinaria, operadores	válvulas, tubos, aquecedores, displays	Temperatura, Pressão, Sensores químicos
tutor de inglês interativo	maximizar a pontuação do estudante	Conjunto de estudantes, agencia de teste	imprimir exercícios, sugestões, correções	Teclado de entrada

- Ambiente real x virtual. Complexidade.
- Softbots – simulador de vôo, agente para encontrar notícias de interesse do usuário na rede

Propriedades dos ambientes

- TOTALMENTE OBSERVÁVEL X PARCIALMENTE OBSERVÁVEL
 - Quanto ao acesso completo do estado do ambiente fornecido pelos sensores
 - Totalmente observável - Não é necessário manter o estado interno

- DETERMINÍSTICO X ESTOCÁSTICO
 - Próximo estado do ambiente é completamente determinado pelo estado corrente e pelas ações selecionadas pelo agente.

- EPISÓDICO X SEQUENCIAL
 - A experiência do agente é dividida em episódios (não depende de ações passadas)
 - Cada episódio = percepção + ação

Propriedades dos ambientes

□ DINÂMICO X ESTÁTICO

- O ambiente pode se alterar enquanto um agente está decidindo
- Se o ambiente não se altera, mas o desempenho do agente se altera é chamado SEMIDINÂMICO

□ DISCRETO X CONTÍNUO

- Percepções e ações são contáveis e distintas (xadrez é discreto, táxi é contínuo)

□ AGENTE ÚNICO X AGENTES MÚLTIPLOS

- Palavras cruzadas – agente único
- Xadrez – agentes múltiplos -> ambiente competitivo
- Dirigir táxi – agentes múltiplos -> ambiente cooperativo
- Ambiente com agentes múltiplos precisam de uma forma de comunicação

Tipos de ambientes

	Palavras Cruzadas	Xadrez com tempo	Diagnóstico médico	Direção de Táxi
Observável	SIM	SIM	NÃO	NÃO
Determinístico	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
Episódico	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Estático	SIM	SEMI	NÃO	NÃO
Discreto	SIM	SIM	NÃO	NÃO
Agente único	SIM	NÃO	SIM	NÃO

Estrutura de um agente inteligente

- Agente = programa + arquitetura
- **Programa** → uma função que implementa o mapeamento das percepções (entradas) do agente para suas ações (saídas)
- **Arquitetura** → suporte dado a execução dos programas de agente
 - A aquisição de percepções (sensores)
 - Execução de ações no ambiente (atuadores)

Programas agentes

```
function ESQUELETO_DE_AGENTE (percepção) :ação
  static: memória (memória do agente sobre o mundo)

  memória ← ATUALIZA_MEMÓRIA (memória, percepção)
  ação ← ESCOLHA_A_MELHOR_AÇÃO (memória)
  memória ← ATUALIZA_MEMÓRIA (memória, ação)

  return ação
```

- O programa agente recebe somente a percepção atual
- A função agente pode depender da seqüência de percepções inteira
 - O agente terá que armazenar as percepções (seqüência)
- A MD não faz parte da *esqueleto* (medida externamente)

O mapeamento ideal da seqüência de percepções para as ações

- Mapeamento (de seqüências de percepções para ações)
 - Uma tabela muito longa (na verdade infinita, mas limitada para o mundo real) de seqüências das percepções que estão sendo consideradas

- Mapeamento ideal
 - Especifica qual ação um agente deve tomar em resposta a qualquer seqüência de percepção

- Exemplo:
 - a função raiz quadrada
 - a seqüência de percepção: a digitação de números
 - a ação: mostrar o resultado correto

Por que simplesmente não olhamos as respostas?

```
function AGENTE_POR_TABELA(percepção):ação
  static: percepções (uma seqüência, inicialmente vazia)
           tabela (uma tabela, indexada por percepção,
                  inicialmente completamente especificada)

  agregar (percepção) ao fim de percepções
  ação ← PROCURA(percepções, tabela)

return ação
```

Por que simplesmente não olhamos as respostas?

- A tabela pode ser muito grande.
 - Ex: um agente para jogar xadrez teria 10^{150} entradas
- Mesmo que seja possível construí-la isto poderia levar muito tempo
- O agente não tem autonomia, pois as ações são derivadas do seu conhecimento interno (e não da sua experiência).
 - Uma troca inesperada no ambiente poderia resultar em falha

Implementação do Agente Motorista de Taxi

- Criar a tabela de Percepção x Ação.
 - 50 MB de imagens por segundo (25 *frames* p/s, 1000x1000 *pixels*, 8 bits cores e 8 bits de intensidade)
 - Tabela com $10^{250.000.000.000}$ entradas
 - Para cada imagem possível -> uma ação !

- Desafio fundamental da IA:
 - Escrever programas que, na medida do possível, produzam um comportamento racional a partir de uma pequena quantidade de código
 - Exemplo:
 - Tabelas de raízes quadradas utilizadas por engenheiros (dec. 70)
 - Substituídas por um programa de 5 linhas que corresponde ao método de Newton
 - **A IA pode fazer pelo comportamento inteligente o que Newton fez para as raízes quadradas?**

Tipos de agentes

- Podemos classificar os agentes em tipos básicos levando em conta sua ordem crescente de generalidade:
 - AGENTES REATIVO (REFLEXO) SIMPLES
 - AGENTES REATIVO (REFLEXO) BASEADO EM MODELO
 - AGENTES BASEADOS EM OBJETIVOS
 - AGENTES BASEADOS EM UTILIDADE

Agente reativo simples

- Seleccionam ações com base somente na percepção atual
 - Exemplo: agente aspirador de pó

Função AGENTE-ASPIRADOR-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

Agente reativo simples – aspirador de pó

- Programa muito pequeno em relação a tabela que representa a função agente
 - Porque descartamos o histórico de percepções
 - Diminuem as possibilidades
 - Porque se o quadro está sujo, não precisamos verificar a posição
 - A entrada pode ser processada para estabelecer uma condição
 - Exemplo: Processar a imagem do agente motorista de táxi e verificar que “o carro da frente está freando”
 - Ao invés de ter uma tabela com cada mudança que ocorre na imagem, “interpretamos” a condição da imagem

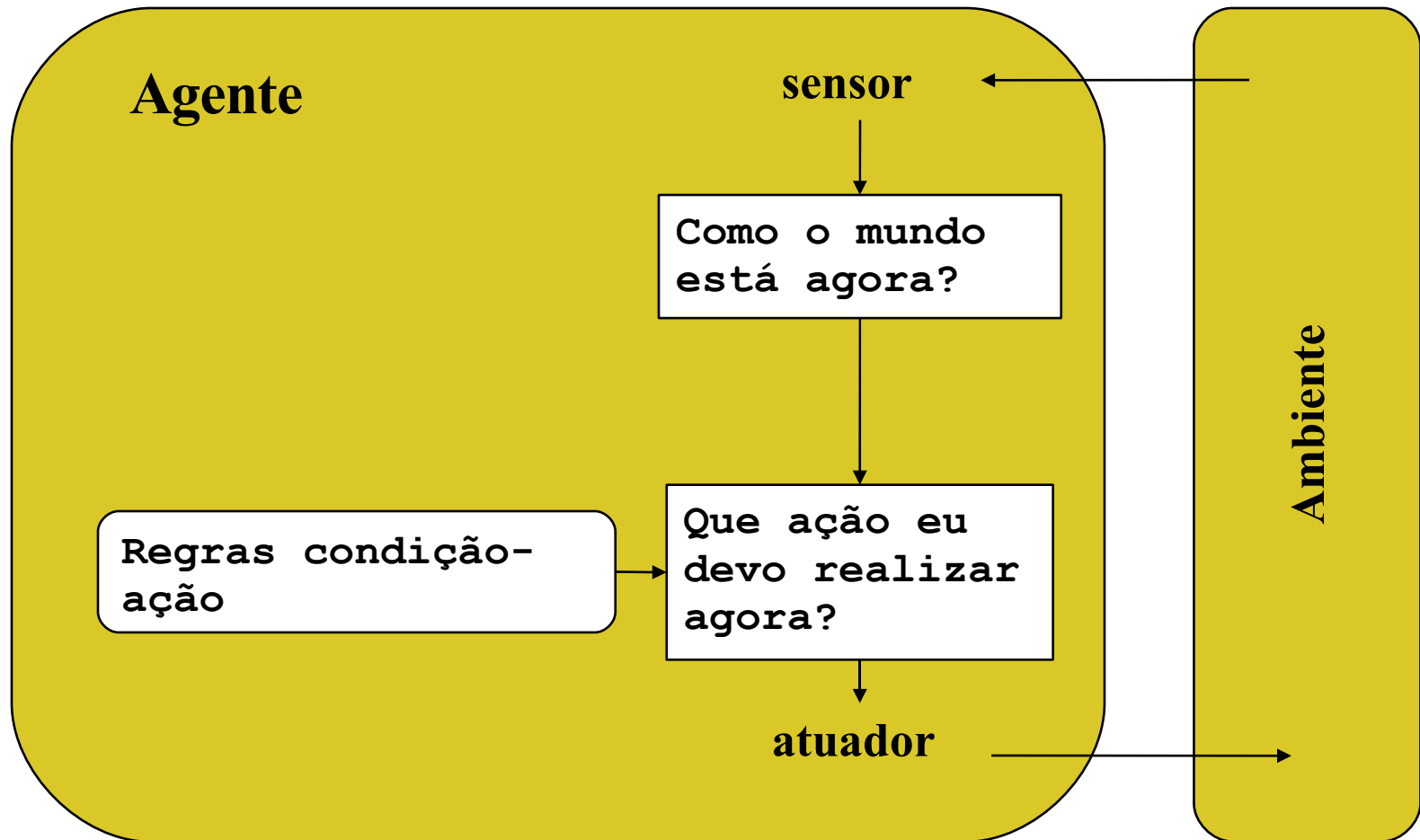
Agente reativo simples – aspirador de pó

- Então podemos fazer conexões entre as condições de entrada e as ações correspondentes

```
Se carro_da_frente_está_freando
    então começar_a_freear
```

- Estas regras são chamadas de **regras de condição-ação**
- Conexões nos seres humanos:
 - Aprendidas: dirigir
 - Reflexos inatos: tirar a mão do fogo, ou piscar qdo algo se aproxima do olho
- Projeto do agente:
 - Construir um interpretador de uso geral para regras de condição-ação
 - Criar um conjuntos de regras para cada ambiente de tarefa

Esquema de funcionamento



Funcionamento

```
function AGENTE-REFLEXO-SIMPLES (percepção) : ação  
  static: regras (um conjunto regra condição-ação)
```

```
estado ← INTERPRETA-ENTRADA (percepção)  
regra ← CASAMENTO-REGRA (estado, regras)  
ação ← AÇÃO-REGRA [regra]
```

```
return ação
```

- ❑ INTERPRETA-ENTRADA → Gera uma descrição abstrata do estado a partir do que foi percebido
- ❑ CASAMENTO-REGRA → Retorna a primeira regra que "casou" com a descrição do estado

Limitações

- São simples, porém limitados
- Funcionará somente se a decisão correta puder ser tomada com base apenas na percepção atual
 - Ambiente completamente observável
- Exemplos de alguns problemas:
 - Talvez somente uma imagem não é suficiente para determinar se o carro da frente esta dando sinal de mudança de direção, alerta ou freio

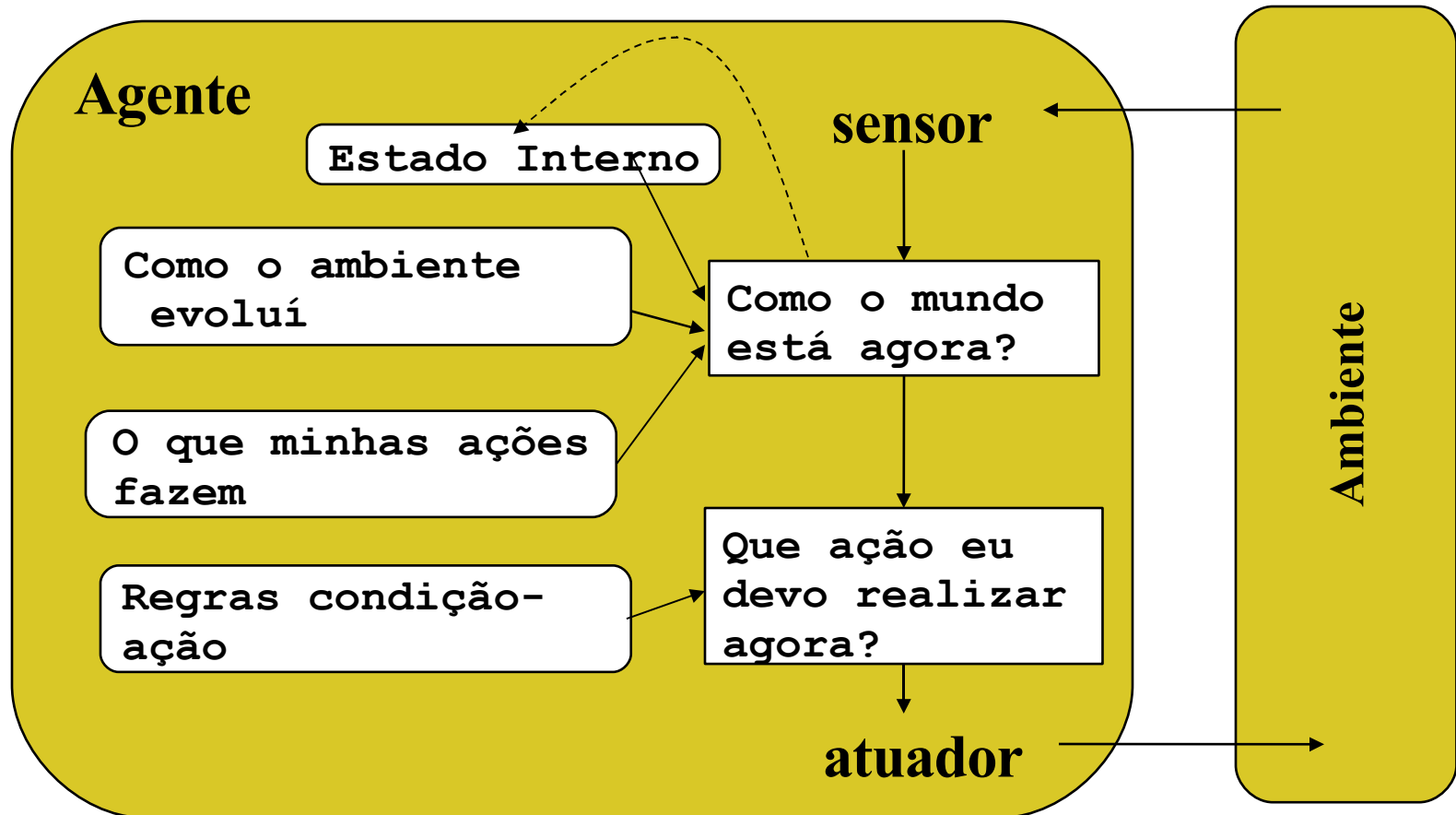
Agente reativo baseado em modelo

- Como lidar com a possibilidade de observação parcial
 - O agente deve controlar as partes do mundo que ele não pode ver agora
- O agente deve manter um **estado interno** que dependa do histórico de percepções e reflita os aspectos não observados no estado atual
- Dois tipos de conhecimento são necessários para atualizar o estado interno do agente (modelo do mundo):
 - Como o ambiente evolui independente do agente
 - Um carro que está ultrapassando em geral estará mais perto do que estava um instante antes
 - Como as ações do próprio agente afetam o mundo
 - Se o agente virar o volante à direita, o carro irá virar p/ a direita

Modelo de mundo

- **O conhecimento de “como o mundo funciona”**
 - Pode ser implementado em simples circuitos booleanos ou em teoria científicas completas
- **Agente baseado em modelo**
 - Um agente que usa o modelo de mundo

Esquema de funcionamento



Funcionamento

```
function AGENTE_REFLEXO_COM_ESTADO(percepção) :ação
  static: estado (uma descrição do estado atual do mundo)
           regras (um conjunto regra condição-ação)

  estado ← ATUALIZA-ESTADO(estado, percepção)
  regra ← CASAMENTO-REGRA(estado, regras)
  ação ← AÇÃO-REGRA[regra]

return ação
```

ATUALIZA_ESTADO -> é responsável por criar uma nova descrição do estado interno

Limitações

- Conhecer os estados do ambiente não é suficiente para tomar uma boa decisão
- Exemplo:
 - o agente Motorista de Táxi chega a um cruzamento com três caminhos, 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

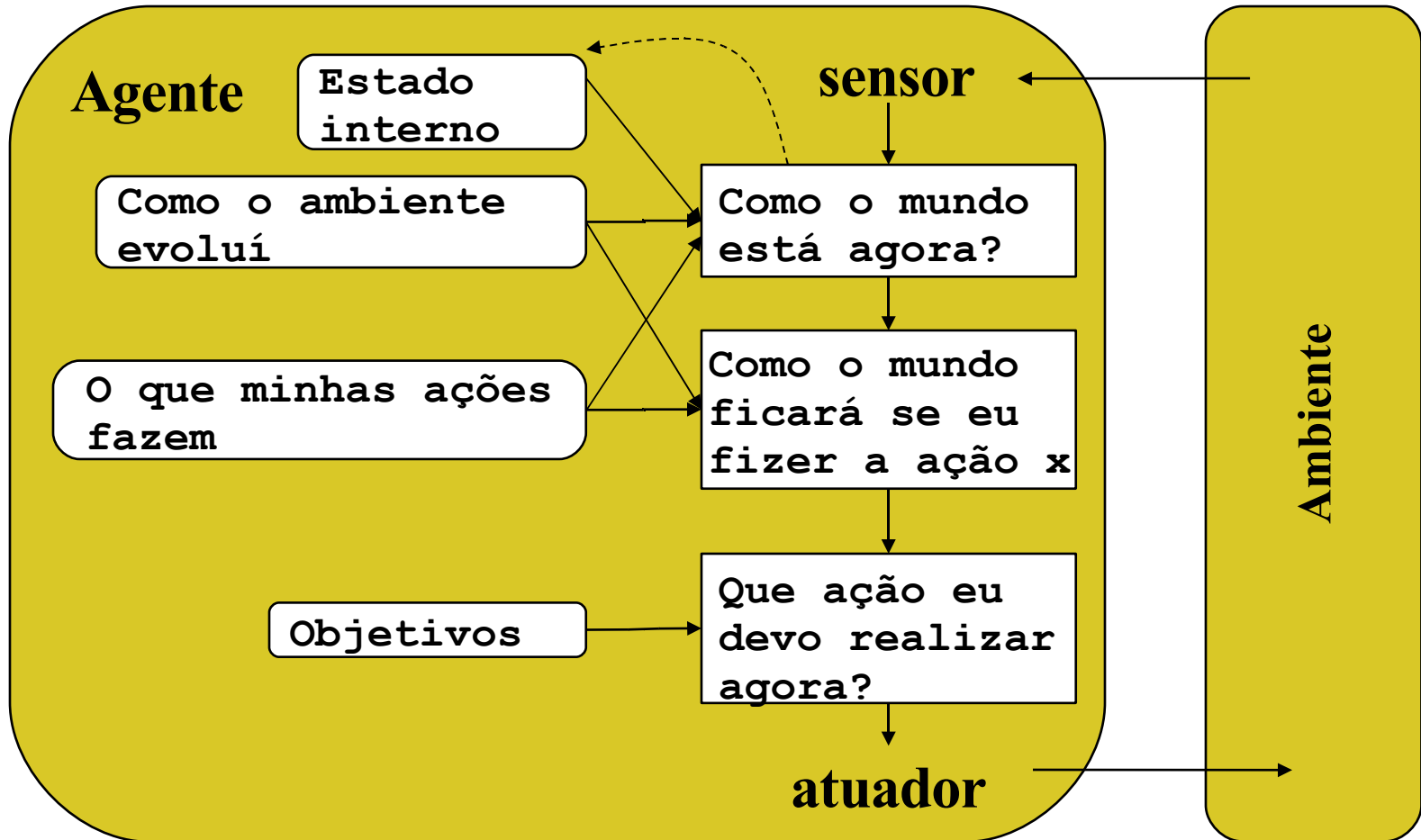
Agente baseado em objetivos

- O agente precisa de algum tipo de informação sobre o seu objetivo
 - Objetivos descrevem situações desejáveis. Ex: estar no destino
- Combinando informações sobre:
 - O objetivo do agente
 - Os resultados de suas ações
- O agente pode escolher ações que alcancem o objetivo
- 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 seqüências de ações para atingir o objetivo

Agente baseado em objetivos

- Para encontrar seqüências de ações que alcançam os objetivos
 - Algoritmos de **Busca e Planejamento**
- A tomada de decisão envolve a consideração do futuro -> distinta das regras de condição-ação
 - “O que acontecerá se eu fizer isso ou aquilo?”
 - “O quanto isso me ajudará a atingir o objetivo?”
- Agentes reativos: reação -> frear qdo carro da frente frear
- Agentes baseado em objetivo: raciocínio -> carro da frente freia -> carro da frente diminui velocidade -> objetivo: não atingir outros carros -> ação para atingir objetivo: frear

Esquema de funcionamento



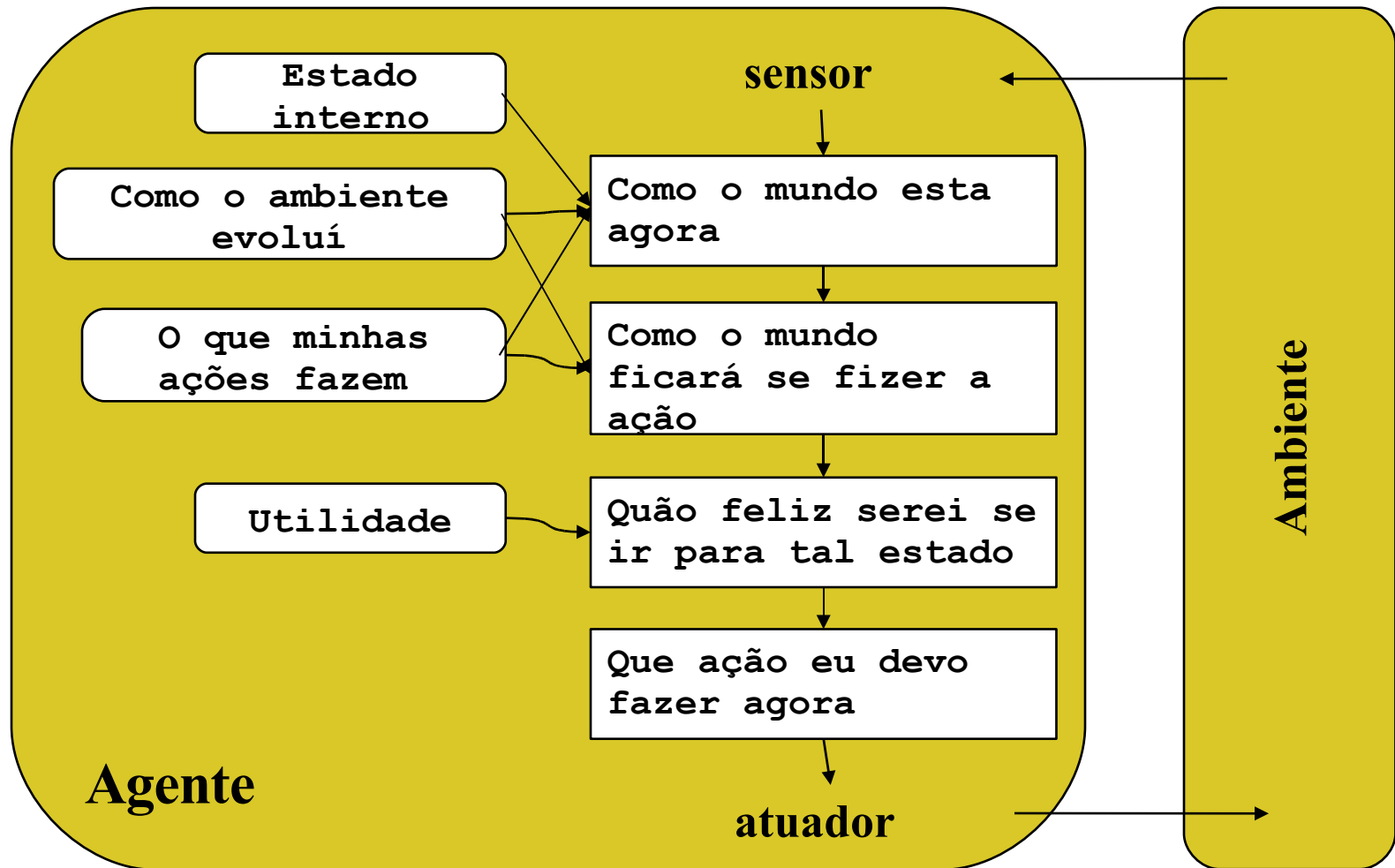
Considerações e limitações

- O agente que funciona orientado a objetivos é mais flexível
 - Agente reflexo → ações pré-compiladas (condição-ação)
 - Agente p/ objetivo → pode alterar somente o objetivo sem necessidade de se reescrever as regras de comportamento
- Mais flexível – representação do conhecimento permite modificações
 - Ex: Se começar a chover todas as informações relevantes podem ser alteradas para se operar de forma eficiente
- O objetivo não garante o melhor comportamento para o agente, apenas a distinção entre estados objetivos e não objetivos
 - Ex: Algumas alternativas de planejamento de ações futuras podem ser mais rápidas, seguras ou baratas que outras

Agente baseado em utilidade

- Se um estado do mundo é mais desejável 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
- Especificação completa da função de utilidade – decisões racionais em dois tipos de casos:
 - Quando existem objetivos conflitantes (velocidade x segurança) a função de utilidade especifica o compromisso apropriado
 - Quando existem vários objetivos que se deseja alcançar e nenhum deles pode ser atingido com certeza – ponderar a importância dos objetivos

Esquema de funcionamento



Agentes com aprendizagem

- Em agentes sem aprendizagem tudo o que o agente sabe foi colocado nele pelo projetista
- Turing propõe construir máquinas com aprendizagem e depois ensina-las
- Aprendizagem também permite ao agente atuar em ambientes totalmente desconhecidos e se tornar mais competente do que o seu conhecimento inicial poderia permitir
- Quatro componentes conceituais de uma ag com aprendizagem:
 - Elemento de aprendizado
 - Crítico
 - Elementos de desempenho
 - Gerador de problemas

Agentes com aprendizagem - componentes

- Elemento de aprendizado:
 - Responsável pela execução dos aperfeiçoamentos
 - Utiliza realimentação do crítico sobre como o agente está funcionando
 - Determina de que maneira o elemento de desempenho deve ser modificado para funcionar melhor no futuro

- Crítico:
 - Informa ao elemento de aprendizado como o agente está se comportando em relação a um padrão fixo de desempenho
 - É necessário pq as percepções não fornecem nenhuma indicação de sucesso
 - O agente não deverá modificá-lo

Agentes com aprendizagem - componentes

- Elementos de desempenho:
 - Responsável pela seleção de ações externas (agente completo)
 - Recebe percepções e decide sobre ações
- Gerador de problemas:
 - Responsável por sugerir ações que levarão a experiências novas e informativas
 - Ações não ótimas a curto prazo para descobrir ações ótimas a longo prazo

Agente motorista de táxi com aprendizagem

- Elemento de desempenho: conhecimento e procedimentos para dirigir
- Crítico: observa o mundo e repassa para o elemento de aprendizagem a reação dos outros motoristas a uma ação do agente
- Elemento de aprendizagem:
 - É capaz de formular uma regra afirmando que a ação foi boa/ruim
 - Modifica o elemento de desempenho pela instalação da nova regra
- Gerador de problemas:
 - Identifica áreas que precisam de melhorias
 - Sugere experimentos: testar os freios em diferentes superfícies

Agentes que aprendem

