

Agentes Inteligentes

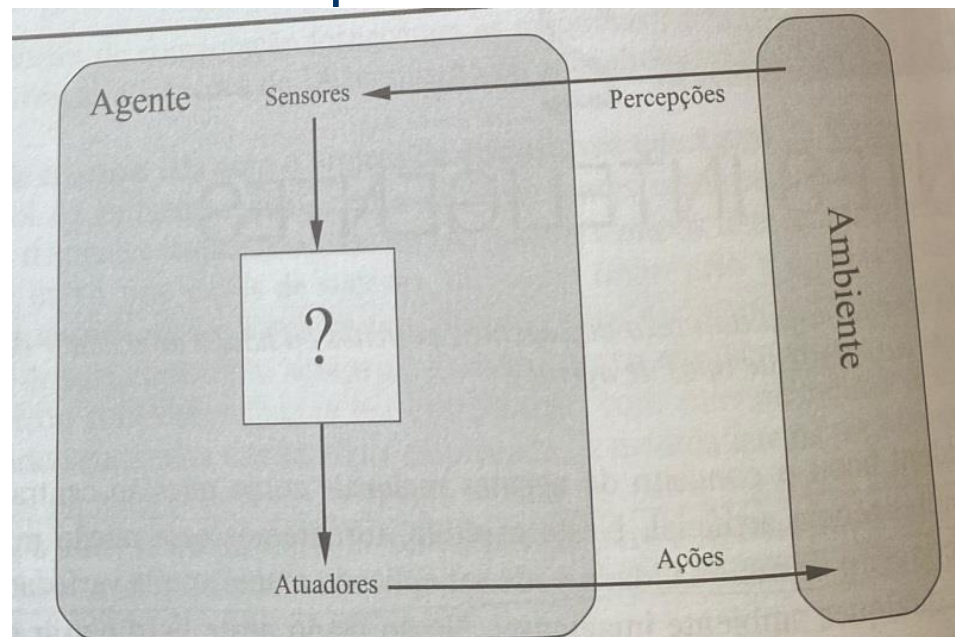
Profa. Mercedes Gonzales
Márquez

Tópicos

- Conceito de Agente
- Bom comportamento:
 - Medidas de Desempenho
 - Conceito de Racionalidade
 - Onisciência, aprendizado e autonomia
- Natureza dos ambientes
 - Especificação e Propriedades de Ambientes de tarefa
- Estrutura de Agentes
 - Programa de Agentes
 - Tipos de Agentes: Reativos Simples, Reativos baseados em modelos, baseados em objetivos, baseados em utilidade e com aprendizagem.

Conceito de Agente

- Agente é tudo o que pode ser considerado capaz de perceber seu **ambiente** por meio de **sensores** e de agir sobre esse ambiente por intermédio de **atuadores**.



Agentes interagem com ambientes por meio de sensores e atuadores.

Exemplos de Agentes

- Agente humano
 - Sensores: Olhos, ouvidos e outros órgãos.
 - Atuadores: Mãos, pernas, boca e outras partes do corpo.
- Agente robótico
 - Sensores: câmeras e detectores de distância por infravermelho.
 - Atuadores: vários motores.

Exemplos de agentes

- Agente de software
 - Sensores: entrada via mouse, teclado, touchscreen, voz.
 - Atuadores: gravação de arquivos, envio de pacotes pela rede, exibição de informações.

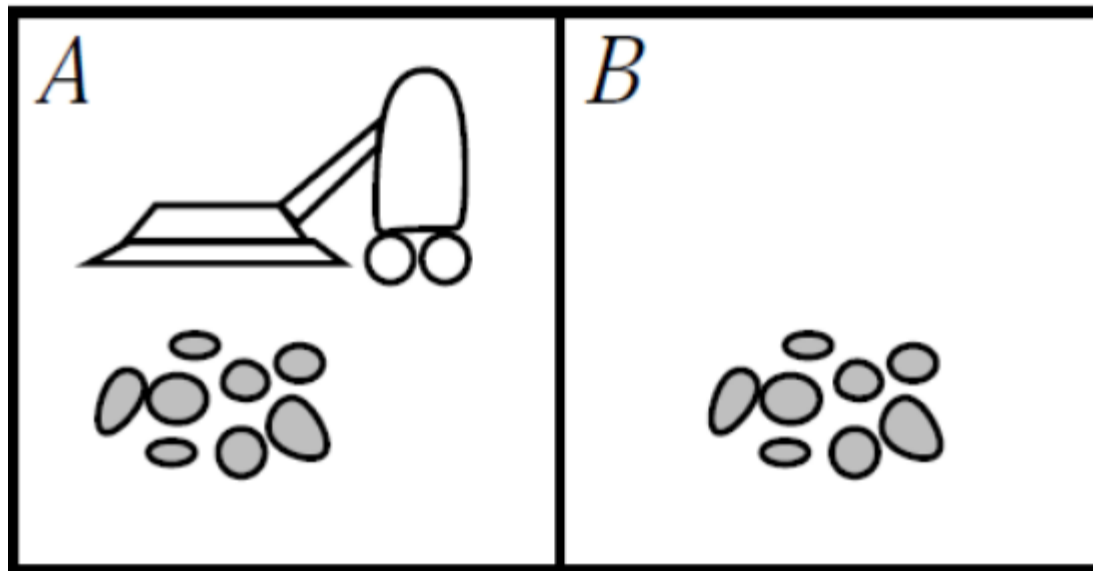
Função de agente e programa de agente

- Sequência de percepções: história completa de tudo que o agente percebeu.
- O comportamento do agente é dado matematicamente pela função do agente: $f: P \rightarrow A$, onde P é uma sequência de percepções e A é uma ação.
- A tabulação da função do agente, para a maioria dos agentes, o resultado seria uma tabela muito grande.
- Internamente, a função do agente será implementada por um programa do agente que roda em uma arquitetura física para produzir f .

Agente = arquitetura + programa.

Exemplo: Aspirador de pó

Agente Aspirador de pó robótico com apenas dois locais.



Percepções: local e conteúdo

– Exemplo: [A, sujo]

• Ações: Esquerda, Direita, Aspirar.

Exemplo: Aspirador de pó

Uma função para o agente aspirador em pó seria.
Se o quadrado atual estiver sujo, então aspirar, caso contrário mover para o outro lado.

A tabulação parcial da função agente seria.

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

Racionalidade

Um agente racional é o que faz a coisa certa. Porém o que significa fazer a coisa certa?

Quando um agente é colocado em um ambiente, gera uma sequência de ações de acordo com as percepções que recebe. Essa sequência de ações faz com que o ambiente passe por uma sequência de estados.

Se a sequência for desejável, o agente teve bom desempenho. Mas, o que é desejável? Não podemos falar que a máquina tem desejos.

Racionalidade

O conceito de desejável é descrito por meio de uma **medida de desempenho**. A medida de desempenho atribui um valor a cada sequência de estados de um ambiente.

- No exemplo do Aspirador de pó : Quantidade de sujeira aspirada em um único turno de 8 horas ou recompensar o agente por cada quadrado limpo em cada período.
- No exemplo do carro autônomo: Segurança, chegar ao destino, conforto dos passageiros, respeito às leis de trânsito.

Racionalidade

Racionalidade depende de:

- Medida de desempenho que define o critério de sucesso.
- O conhecimento prévio que o agente tem do ambiente
- As ações que um agente pode realizar.
- A sequência de percepções do agente até o dado momento.

Definição de agente racional

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

Onisciência, aprendizado e autonomia

- Racionalidade é diferente de onisciência ou perfeição.
 - A racionalidade maximiza o desempenho esperado, enquanto a perfeição maximiza o desempenho real.
 - A escolha racional só depende da sequência de percepções até o momento.
 - Porém não deve-se ter uma sequência de percepções pouco informativa que comprometa o resultado. Isso seria pouco inteligente.

Onisciência, aprendizado e autonomia

- Os agentes devem executar ações para coleta de informações. Um tipo importante de coleta de informação é a exploração de um ambiente desconhecido.
- O agente também deve **aprender**, ou seja, modificar seu comportamento dependendo do que ele percebe ao longo do tempo.
- Quando o agente se baseia no conhecimento anterior do seu projetista e não nas suas próprias percepções, dizemos que o agente não tem **autonomia**.

Onisciência, aprendizado e autonomia

- Um agente racional deve aprender o que puder para compensar um conhecimento prévio parcial ou incorreto. Exemplo: um agente aspirador de pó que aprende a prever onde e quando aparecerá mais sujeira funcionará melhor que um aspirador incapaz de fazer aquela previsão.
- Um agente que aprende pode ter sucesso em uma ampla variedade de ambientes.

Especificar o ambiente de tarefa

- Ao projetar um agente, a primeira etapa deve ser sempre especificar o ambiente de tarefa.
 - **P**erformance = Medida de Desempenho
 - **E**nvironment = Ambiente
 - **A**ctuators = Atuadores
 - **S**ensors = Sensores.

Exemplo de PEAS : Motorista de Taxi automatizado

- Medida de desempenho: viagem segura, rápida, sem violações às leis de trânsito, confortável para os passageiros, maximizando os lucros, minimizando impacto sobre outros usuários da estrada.
- Ambiente: estradas, outros veículos, pedestres, polícia, clientes, clima.
- Atuadores: direção, acelerador, freio, sinal, buzina, visor, voz.
- Sensores: câmera, radar, velocímetro, GPS, acelerômetro, sensores do motor, microfones, touchscreen.

Exemplo de PEAS : Sistema de Diagnóstico Médico

- Medida de desempenho: paciente saudável, minimizar custos, processos judiciais.
- Ambiente: paciente, hospital, equipe.
- Atuadores: exibir perguntas, testes, diagnósticos, tratamentos.
- Sensores: entrada por touchscreen e voz para sintomas, descobertas.

Exemplo de PEAS :Robô de seleção de peças

- Medida de desempenho: porcentagem de peças em bandejas corretas.
- Ambiente: correia transportadora com peças; bandejas.
- Atuadores: braço e mão articulados.
- Sensores: câmera, sensores angulares articulados.

Exemplo de PEAS :Instrutor de Inglês Interativo

- Medida de desempenho: nota de aluno em teste.
- Ambiente: conjunto de alunos, ambiente de teste.
- Atuadores: exibir exercícios, sugestões, gerar falas.
- Sensores: entrada pelo teclado, voz.

Propriedades de ambientes de tarefas

- Completamente observável vs parcialmente observável
 - Único agente vs múltiplos agentes
 - Determinístico vs estocástico
 - Episódico vs sequencial
 - Estático vs dinâmico
 - Discreto vs contínuo
 - Conhecido vs desconhecido
-
- O mundo real é parcialmente observável, estocástico, sequencial, dinâmico, contínuo, multi-agente.

Propriedades de ambientes de tarefas

- Completamente observável (versus parcialmente observável)
 - Os sensores do agente dão acesso ao estado completo do ambiente em cada instante.
 - Ou seja os sensores detectam todos os aspectos que são relevantes para a escolha da ação.
 - Neste caso a agente não precisa manter qualquer estado interno para acompanhar as mudanças do mundo.
 - Quando há ruído, sensores imprecisos ou partes do estado estão ausentes dizemos que o ambiente é parcialmente observável. Exemplo: um aspirador de pó com apenas um sensor de sujeira.

Propriedades de ambientes de tarefas

- Determinístico (versus estocástico)
 - O próximo estado do ambiente é completamente determinado pelo estado atual e pela ação executada pelo agente. O motorista de taxi não é determinístico porque nunca se pode prever com exatidão o comportamento do tráfego ou pode estourar um pneu, a falha do motor, etc.
- Episódico (versus sequencial)
 - A experiência do agente pode ser dividida em episódios (percepção e execução de uma única ação)
 - A escolha da ação em cada episódio só depende do próprio episódio. Exemplo localização de peças defeituosas em uma linha de montagem é episódico e xadrez é sequencial.

Propriedades de ambientes de tarefas

- Estático (versus dinâmico)
 - O ambiente não muda enquanto o agente delibera (decide sobre a realização de uma ação) .
 - Ambientes dinâmicos estão continuamente perguntando ao agente o que ele deseja fazer.
 - O ambiente é semidinâmico se ele não muda com a passagem do tempo, mas o nível de desempenho do agente se altera.
 - Exemplos: ambiente em que se dirige um taxi é dinâmico. O jogo de palavras cruzadas é estático.

Propriedades de ambientes de tarefas

- Discreto (versus contínuo)
 - Aplica-se ao estado do ambiente, ao modo como o tempo é tratado e às percepções e ações. Exemplo: dirigir um taxi é um problema de estado, tempo e ações contínuas.
- Agente único (versus multi-agente)
 - Um único agente operando sozinho no ambiente.
 - No caso multi-agente podemos ter
 - Multi-agente cooperativo : Exemplo: no ambiente de direção de taxi evitar colisões maximiza a medida de desempenho de todos os agentes.
 - Multi-agente competitivo : Exemplo: xadrez

Propriedades de ambientes de tarefas

| Ambiente de tarefa | Observável | Agentes | Determinístico | Episódico | Estático | Discreto |
|--------------------------|---------------|---------|----------------|------------|----------|----------|
| Palavras cruzadas | Completamente | Único | Determinístico | Sequencial | Estático | Discreto |
| Xadrez com relógio | Completamente | Multi | Determinístico | Sequencial | Semi | Discreto |
| Pôquer | Parcialmente | Multi | Estocástico | Sequencial | Estático | Discreto |
| Direção de táxi | Parcialmente | Multi | Estocástico | Sequencial | Dinâmico | Contínuo |
| Diagnóstico médico | Parcialmente | Único | Estocástico | Sequencial | Dinâmico | Contínuo |
| Análise de imagens | Completamente | Único | Determinístico | Episódico | Semi | Contínuo |
| Robô de seleção de peças | Parcialmente | Único | Estocástico | Episódico | Dinâmico | Contínuo |

Programas de Agentes

- O trabalho da IA é projetar o **programa de agente** que implementa a função agente que mapeia sequencias de percepções em ações. Esse programa será executado em uma **arquitetura de agente** que é algum tipo de dispositivo de computação com sensores e atuadores físicos.

Agente = Arquitetura + Programa

- Vejamos um programa trivial de agente dirigido por tabela, ou seja, um programa que acompanha a **sequência de percepções** e depois a utiliza para realizar a indexação em uma tabela de ações, a fim de decidir o que fazer.

Programas de Agentes

Função AGENTE-DIRIGIDO-POR-TABELA(*percepção*) **retorna**
uma ação

Variáveis estáticas:

- *percepções*, uma seqüência, inicialmente vazia
- *tabela*, uma tabela de ações, indexada por seqüências de percepções, de início completamente especificada

anexar *percepção* ao fim de *percepções*

ação ← ACESSAR(*percepções*, *tabela*)

retornar *ação*

- Na maioria dos casos, montar a tabela é impossível!!
- Desafio da IA: escrever programas que produzam um comportamento racional a partir de um pequeno programa em vez de uma grande tabela.
- Segue 4 tipos básicos de programas de agentes.

Programas de Agentes

Quatro tipos básicos, do mais simples ao mais geral

- Agentes reativos simples
- Agentes reativos baseados em modelos
- Agentes baseados em objetivos
- Agentes baseados na utilidade

Agentes Reativos Simples

Agentes reativos simples:

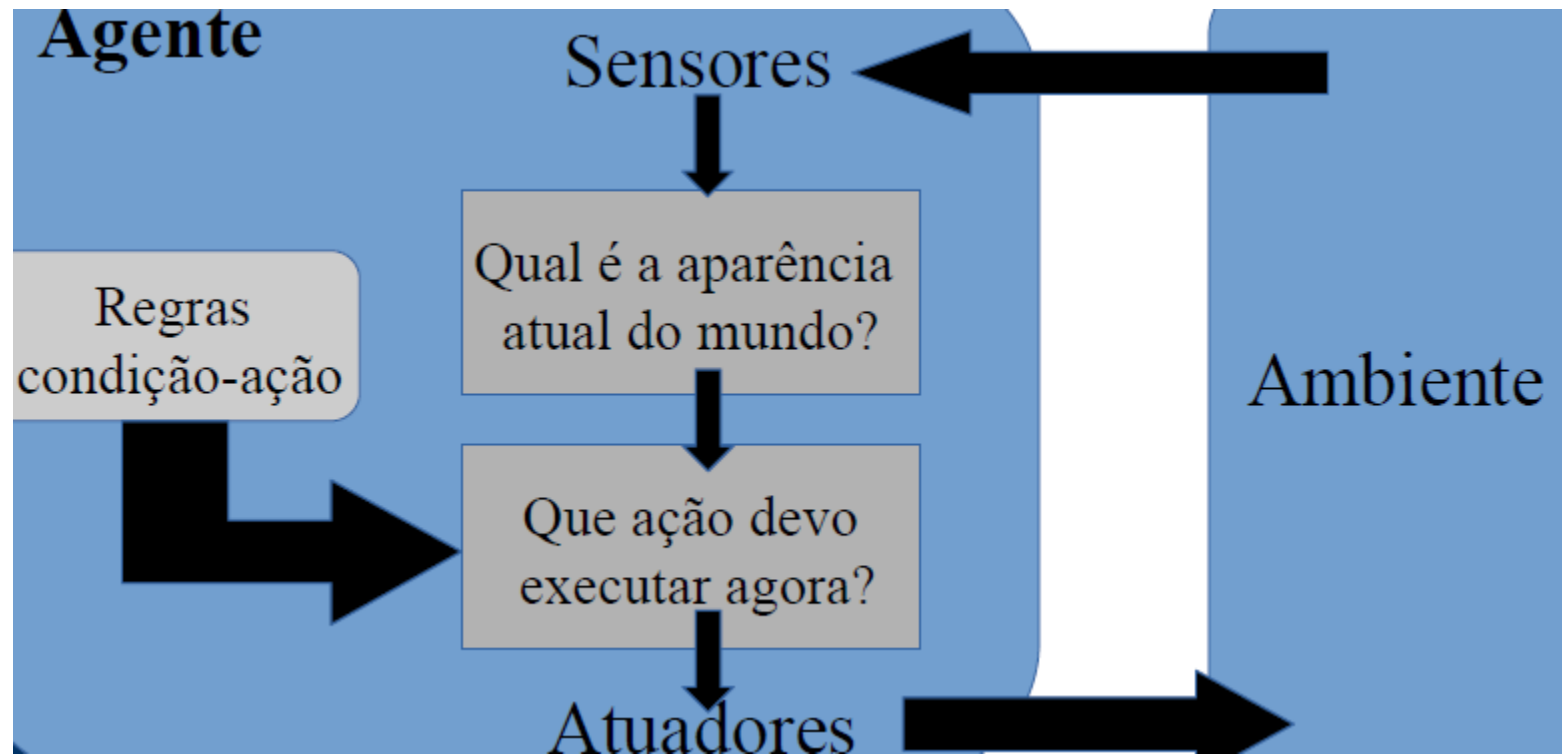
- Selecionam ações com base na percepção atual, ignorando o restante do histórico de percepções. Exemplo aspirador de pó, sua decisão se baseia na posição atual e na presença ou não de sujeira.

```
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
```

Agentes Reativos Simples

- Comportamentos reativos simples ocorrem mesmo em ambientes complexos. No caso de um motorista de taxi automatizado, se o carro frear e suas luzes de freio acenderem, você deve notar isso e começar a frear.
- Os seres humanos tem muitas desses comportamentos, podem ser aprendidos ou reflexos. Trata-se da regra condição-ação.
- Veja o diagrama esquemático de uma agente reativo simples mostrando como as regras condição-ação permitem ao agente fazer a conexão entre percepção e ação.

Agentes Reativos Simples



- O programa do agente reativo simples seria :

Agentes Reativos Simples

Função AGENTE-REATIVO-SIMPLES(percepção)
retorna ação

Variáveis estáticas: regras, conjunto de regras de
condição-ação

estado = INTERPRETAR-ENTRADA(percepção)

regra = REGRA-CORRESPONDENTE(estado, regras)

ação = AÇÃO-DA-REGRA(regra)

retorna ação

Agentes Reativos Simples

- Os agentes reativos simples tem inteligência limitada.
- Ele funcionará somente se a decisão correta for tomada com base apenas na percepção atual, ou seja, apenas se o ambiente for completamente observável. Exemplo, carro tiver uma luz de freio central, ou seja quando pode-se saber por uma única imagem se o carro está freando.
- Em modelos antigos nem sempre é possível saber por uma única imagem se o carro está freando ou se está com as lanternas traseiras ligadas. Neste caso o carro frearia contínua e desnecessariamente ou então nunca frearia.

Agentes Reativos Simples

Exemplos

- Robôs seguidores de linha: usam sensores para detectar e seguir uma linha no solo, virando para a esquerda ou direita com base na posição da linha.
- Robôs de desvio de obstáculos: usam sensores para detectar obstáculos e mudar de direção para evitar colisões.
- Chatbots para redefinição de senhas, detectam palavras-chave como “esqueci a senha” e respondem com etapas para redefinir a senha.
- Bots de perguntas frequentes: fornecem respostas predefinidas para perguntas frequentes detectando palavras-chave ou frases específicas.

Agentes Reativos Simples

Exemplos

- Termostatos que ligam o aquecimento se a temperatura estiver abaixo de certo ponto.
- Personagens básicos de inimigos em videogames que se movem em resposta à posição do jogador.

Agentes Reativos baseados em modelos

- Para lidar com a possibilidade de observação parcial, o agente pode monitorar a parte do mundo que ele não pode ver agora. Ou seja, o agente deve manter algum tipo de **estado interno** que dependa do histórico de percepções e assim reflita pelo menos alguns dos aspectos não observados do estado atual.
- Para o problema do freio, o estado interno seria apenas o quadro anterior da câmera, que permite ao agente detectar quando duas luzes vermelhas na borda do veículo acendem ou apagam ao mesmo tempo.

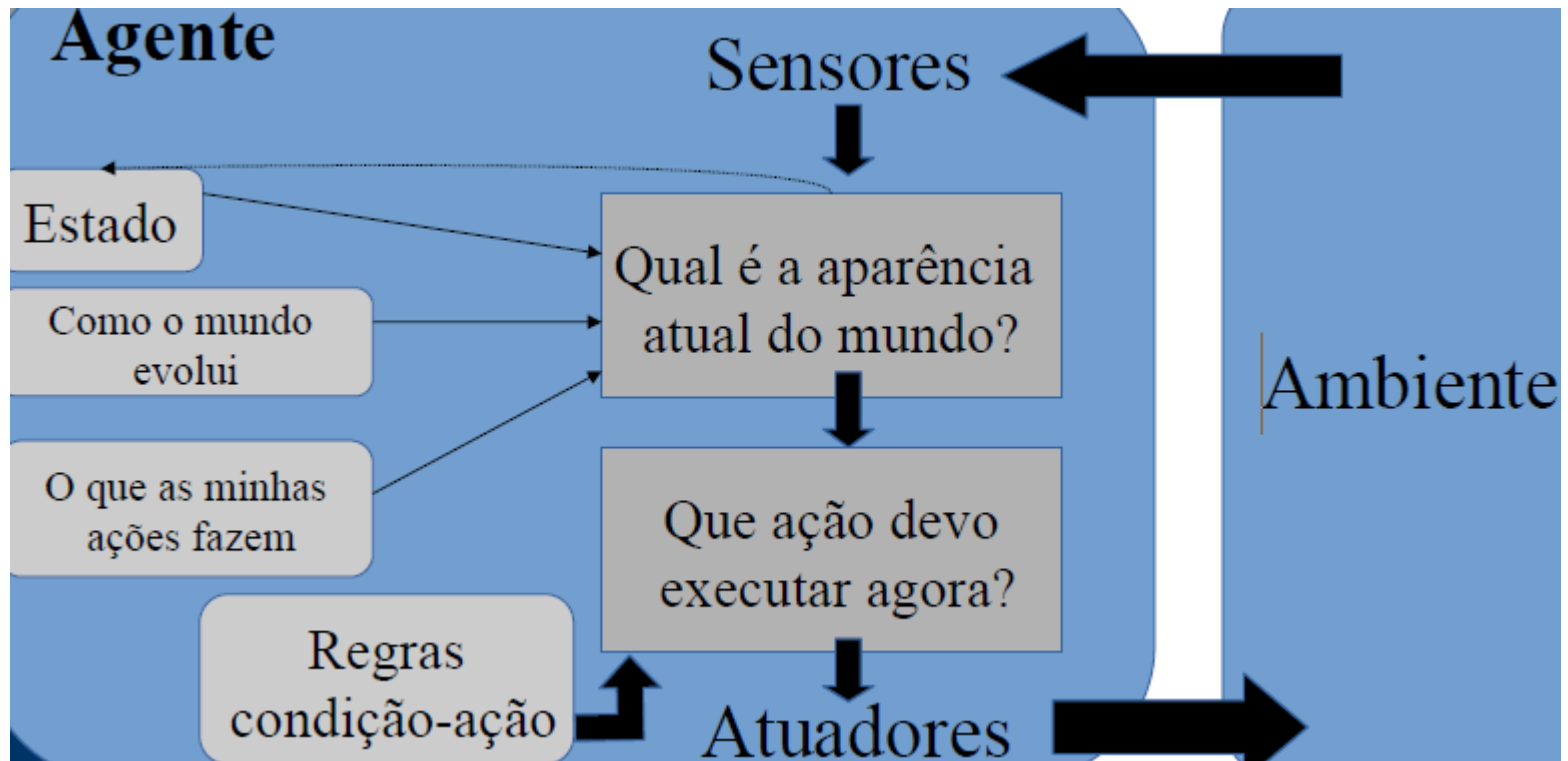
Agentes Reativos baseados em modelos

- Precisamos de algumas informações sobre o modo como o mundo muda com o tempo (**modelo de transição**), o que pode ser dividido em efeitos das ações do agente e como o mundo evolui independentemente do agente. Exemplo quando o agente girar o volante à direita, o carro irá virar para a direita, e quando está chovendo, as câmeras do carro podem ficar molhadas.
- Precisamos também de alguma informação sobre como o estado do mundo é refletido nas percepções do agente (**modelo sensorial**). Exemplo quando a câmera fica molhada, objetos em forma de gota aparecem na imagem, parcialmente ocultando a estrada.

Agentes Reativos baseados em modelos

- Veja o diagrama esquemático de uma agente reativo baseado em modelos mostrando como a percepção atual é combinada com o estado interno antigo para gerar a descrição atualizada do estado atual, baseado no modelo do agente de como o mundo funciona.

Agentes Reativos baseados em modelos



- O programa do agente reativo baseado em modelos seria :

Agentes Reativos baseados em modelos

Função AGENTE-REATIVO-BASEADO-EM-MODELOS(percepção) **retorna** ação **persistente:**

estado – a percepção do estado atual pelo agente,

modelo – descrição de como o próximo estado depende do atual

regras – conjunto de regras de condição-ação,

ação – a ação mais recente.

estado = ATUALIZAR-ESTADO(estado, ação, percepção, modelo)

regra = REGRA-CORRESPONDENTE(estado, regras)

ação = AÇÃO-DA-REGRA(regra, ação)

retorna ação

Agentes Reativos baseados em modelos

- Raramente é possível para o agente determinar exatamente o estado atual de um ambiente parcialmente observável.
- A caixa “qual é a aparência atual do mundo” representa o “melhor palpite” do agente. Exemplo, um táxi automatizado pode não ser capaz de enxergar através de um grande caminhão que parou na sua frente e talvez tenha apenas um palpite do que causou o engarrafamento.

Agentes Reativos baseados em modelos - Exemplos

- Chatbots de suporte ao cliente: usam um modelo interno para acompanhar as conversas, fornecendo respostas relevantes para o contexto.
- Assistentes virtuais: assistentes como Siri ou Google Assistant lidam com conversas em turnos alternados, lembrando as preferências do usuário e interações anteriores.
- Robôs de linha de montagem: usam modelos internos para fazer adaptações em relação a pequenas mudanças no ambiente, como variações no posicionamento de peças.

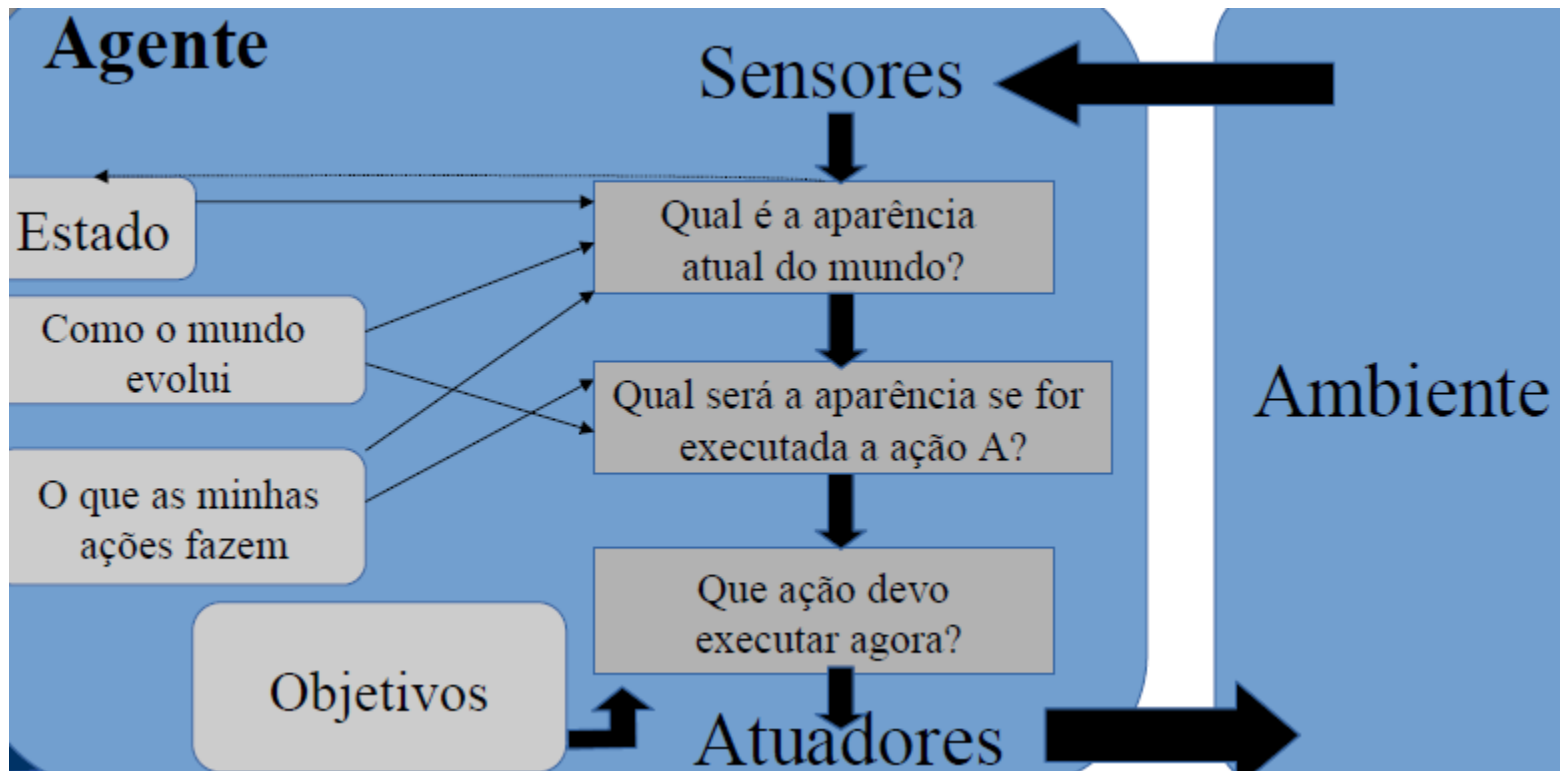
Agentes Reativos baseados em modelos - Exemplos

- Robôs de armazém: navegam por ambientes complexos atualizando o caminho com base em obstáculos ou mudanças no layout.

Agentes baseados em objetivos

- Da mesma forma que o agente precisa de uma descrição do estado atual, ele também precisa da informação dos objetivos que descreva situações desejáveis. Exemplo em um cruzamento de estradas o táxi pode virar à esquerda, à direita ou seguir em frente. A decisão correta depende de onde o táxi está tentando chegar.
- O programa de agente pode combinar isso com o modelo a fim de escolher ações que alcancem o objetivo.

Agentes baseados em objetivos



- O programa do agente baseado em objetivos seria :

Agentes baseados em objetivos

Função AGENTE-BASEADO-EM-OBJETIVOS(percepção)
retorna ação

persistente:

estado – a percepção do estado atual pelo agente,

modelo – descrição de como o próximo estado depende do atual

objetivos – conjunto de objetivos,

ação – a ação mais recente.

estado = ATUALIZAR-ESTADO(estado, ação, percepção,
modelo)

ação = PLANEJAR-AÇÃO(estado, ação, objetivos)

retorna ação

Agentes baseados em objetivos

- Às vezes a seleção da ação baseada em objetivos é direta e outras vezes será complicada, por exemplo quando o agente tiver de considerar longas sequências de ações até encontrar um meio de atingir o objetivo (problemas de busca ou planejamento).
- A tomada de decisões desse tipo é distinta das regras condição-ação, pelo fato de envolver consideração do futuro.

Agentes baseados em objetivos

- Exemplo da diferença entre um agente reativo e um baseado em objetivos: o agente reativo freia quando vê luzes de freio, ele não sabe o motivo. Um agente baseado em objetivos freia quando vê as luzes de freio porque essa é a única ação que alcançará o objetivo de não atingir outros carros.
- Agente baseado em objetivos é mais flexível, exemplo, ele pode ser alterado com facilidade para ir a um destino diferente, simplesmente especificando esse destino como objetivo. As regras do agente reativo sobre quando fazer curvas e quando seguir em frente funcionarão para um único destino.

Agentes baseados em objetivos

Exemplos

- Carros autônomos: navegam de um local para outro usando o raciocínio baseado em metas. Eles estabelecem metas (por exemplo, chegar a um destino) e planejam rotas, ajustando-as conforme necessário com base em condições e bloqueios de trânsito.
- Drones: os drones de entrega estabelecem metas para entregar pacotes em locais específicos, planejando trajetos de voo e ajustando rotas em tempo real.

Agentes baseados em objetivos

Exemplos

- Assistentes de gerenciamento de tarefas: assistentes de IA como o Google Assistant ou o Amazon Alexa definem e gerenciam metas como agendar compromissos ou definir lembretes, planejando ações com base em comandos e preferências do usuário.
- Aplicativos fitness e de saúde: definem metas de condicionamento físico e planejam rotinas de exercícios, fazem planos de dieta e monitoram o progresso para ajudar os usuários a atingir determinadas metas de saúde.

Agentes baseados em utilidade

- Os objetivos simplesmente permitem uma distinção binária, enquanto uma medida de desempenho mais geral deve permitir uma comparação entre diferentes estados do mundo, de acordo com o grau exato de felicidade que proporcionariam ao agente. Essa “felicidade” chamaremos de “utilidade”.

Exemplo: Existem muitas sequências de ações que levarão o táxi ao seu destino, mas algumas são mais rápidas, mais seguras, mais confiáveis ou mais econômicas que outras.

Agentes baseados em utilidade

- Em dois casos nos quais os objetivos são inadequados ainda assim o agente baseado em utilidade poderá tomar decisões racionais.

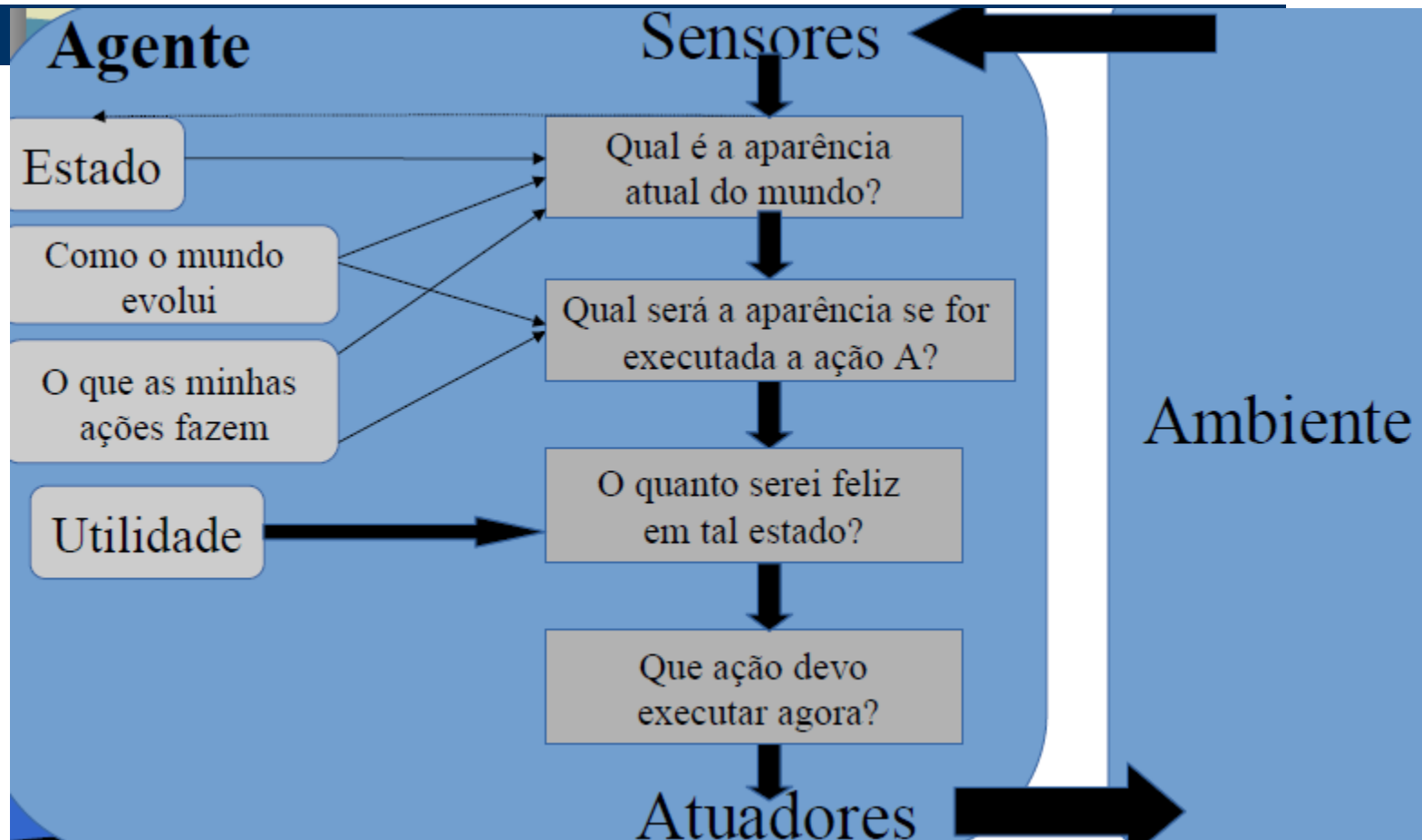
Primeiro quando há objetivos conflitantes, apenas algum dos quais pode ser alcançado (exemplo velocidade e segurança).

Segundo, quando há vários objetivos e nenhum deles pode ser alcançado com certeza, a utilidade proporciona uma maneira pela qual a probabilidade de sucesso pode ser pesada em relação à importância dos objetivos.

Agentes baseados em utilidade

- Um agente racional baseado em utilidade escolhe a ação que maximiza a **utilidade esperada** dos resultados da ação, isto é, a utilidade que o agente espera obter, em média, tendo em vista as probabilidades e as utilidades de cada resultado.
- Qualquer agente racional deve se comportar como se tivesse uma função utilidade cujo valor esperado ele tenta maximizar.

Agentes baseados em utilidade



- O programa do agente baseado em utilidade seria :

Agentes baseados em utilidade

Função AGENTE-BASEADO-EM-UTILIDADE(percepção)
retorna ação

persistente:

estado – a percepção do estado atual pelo agente,

modelo – descrição de como o próximo estado depende do atual

utilidade – critério de utilidade,

ação – a ação mais recente.

estado = ATUALIZAR-ESTADO(estado, ação, percepção,
modelo)

utilidade-esperada = AVALIAR-UTILIDADE(estado, ação,
modelo)

ação = PLANEJAR-AÇÃO(estado, ação, utilidade-esperada)

retorna ação

Agentes baseados em utilidade

- Parece que devemos concluir que para construir um agente inteligente devemos construir um agente baseado em utilidade e ponto. Porém, isso não é simples.
- Um agente baseado em utilidade precisa modelar e monitorar seu ambiente, tarefas que envolvem grande quantidade de pesquisas sobre percepção, representação, raciocínio e aprendizagem. A escolha do curso de ação para maximização de utilidade também é uma tarefa difícil e exige algoritmos engenhosos.

Agentes baseados em utilidade

Exemplos

- Recomendações de filmes e músicas: serviços como Netflix e Spotify usam agentes baseados em utilidade para recomendar conteúdo. A função de utilidade considera as preferências do usuário, o histórico de visualização ou reprodução e outros fatores para sugerir as opções mais atraentes.
- Recomendações de e-commerce: varejistas on-line como a Amazon usam agentes baseados em utilidade para recomendar produtos. A função de utilidade avalia fatores como compras anteriores, histórico de navegação e classificações de usuários para otimizar recomendações.

Agentes baseados em utilidade

Exemplos

- Negociação algorítmica: sistemas de negociação financeira usam agentes baseados em utilidade para tomar decisões de negociação. A função de utilidade pode considerar fatores como retorno esperado, risco e condições de mercado para maximizar o lucro.
- Gerenciamento de portfólio: agentes de IA gerenciam portfólios de investimento avaliando a utilidade de diferentes alocações de ativos, com a meta de otimizar os retornos e gerenciar o risco conforme as preferências do investidor.

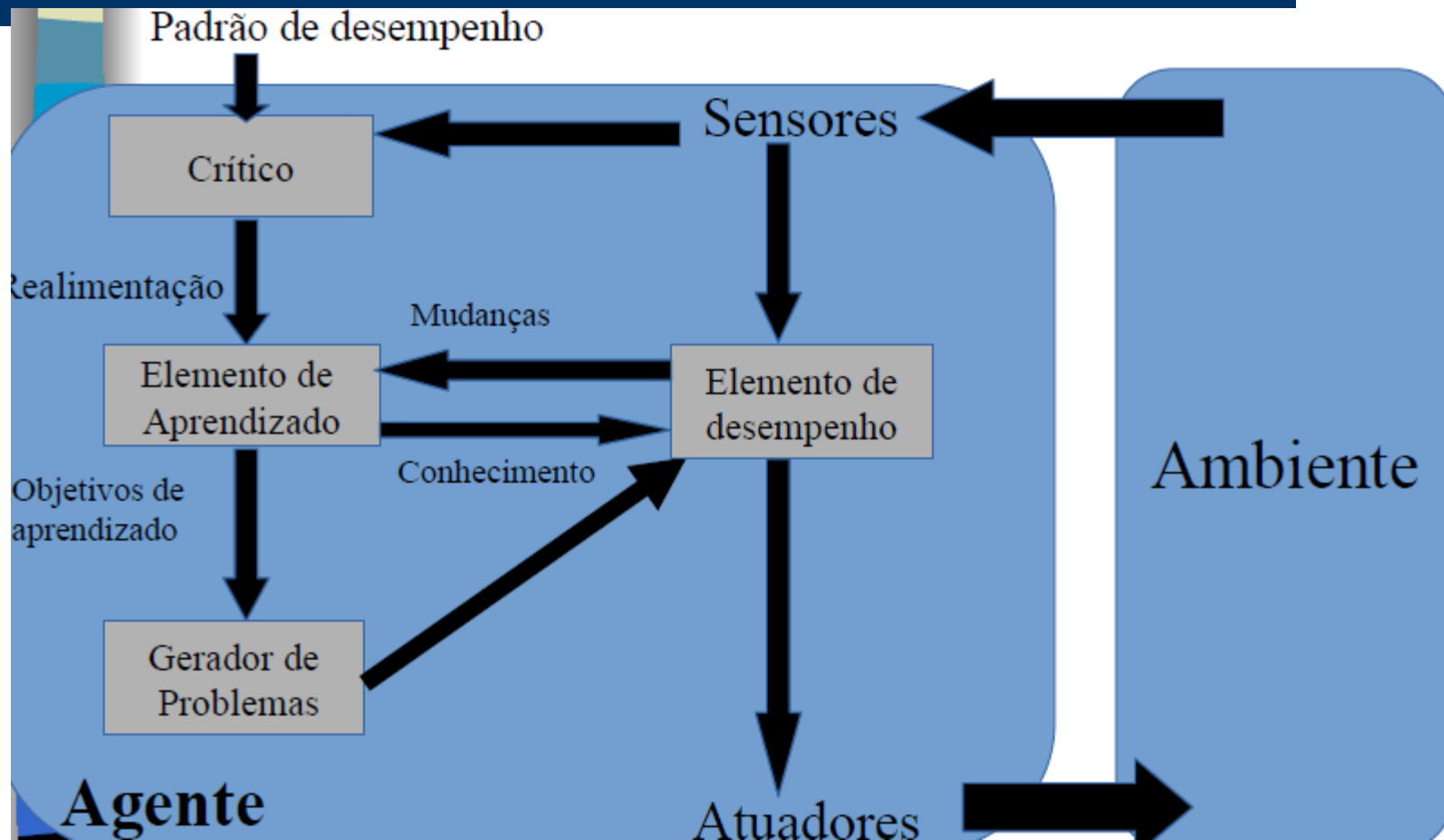
Agentes com aprendizagem

- Qualquer tipo de agente (baseado em modelo, objetivo, utilidade) pode ser construído como um agente com aprendizagem.
- A aprendizagem tem a vantagem que permite ao agente operar em ambientes inicialmente desconhecidos e se tornar mais competente do que seu conhecimento inicial.
- Este tipo de agente pode ser dividido em quatro componentes conceituais: elemento de aprendizado, elemento de desempenho, crítico e gerador de problemas.

Agentes com aprendizagem

- Elemento de aprendizado: Responsável pela execução de aperfeiçoamentos.
- Elemento de desempenho: Responsável pela seleção de ações externas, ele recebe percepções e decide sobre ações.
- Crítico: Realimenta o elemento aprendizado sobre como o agente está funcionando e determina de que maneira o elemento de desempenho deve ser modificado para funcionar melhor no futuro.
- Gerador de problemas: responsável por sugerir ações que levarão a experiências novas e informativas ou seja sugerir ações exploratórias.

Agentes com aprendizagem



Agentes com aprendizagem

- O elemento de aprendizado pode fazer mudanças em qualquer dos componentes de “conhecimento” mostrados nos diagramas de agentes.
- Vejamos um exemplo de aprendizado em um agente baseado em modelo, se o taxi exercer certa pressão nos freios ao dirigir em uma estrada molhada, ele logo descobrirá qual é a desaceleração realmente alcançada e se ele desliza para fora da pista. O gerador de problemas poderia identificar certas partes do modelo que precisam de melhoria e sugerir experimentos, como testar os freios em diferentes superfícies da estrada e sob diferentes condições.

Agentes com aprendizagem

- Vejamos um exemplo de aprendizado em um agente baseado em utilidade, suponha que o agente de direção de taxi não receba dos passageiros nenhuma gorjeta porque o táxi sacolejou muito durante a viagem. O padrão de desempenho externo deve informar ao agente que a falta de gorjetas é uma contribuição negativa para o desempenho geral; desse modo, o agente talvez fosse capaz de aprender que manobras violentas não contribuem para sua própria utilidade.

Agentes com aprendizagem

- Vejamos outro exemplo de aprendizado em um agente baseado em utilidade, suponha que o táxi não saiba que as pessoas geralmente não gostam de ruídos altos e decida tocar sua buzina continuamente, como uma forma de garantir que os pedestres saibam que ele está se aproximando. O comportamento humano resultante – tapar os ouvidos, falar palavrões, etc – daria evidência ao agente para atualizar sua função utilidade.

Agentes com aprendizagem

Exemplos

- AlphaGo: desenvolvido pela DeepMind, o AlphaGo dominou o jogo Go jogando milhões de partidas contra si mesmo e analisando os resultados usando aprendizado por reforço e redes neurais.
- IA de jogo adaptativo: os video games modernos usam agentes de aprendizado para criar personagens não jogáveis (NPCs) mais desafiadores e adaptáveis, que ajustam as estratégias com base nas ações e níveis de habilidade dos jogadores.

Agentes com aprendizagem

Exemplos

- Planos de tratamento personalizados: agentes de aprendizado podem analisar dados de pacientes para criar planos de tratamento personalizados, aprendendo continuamente com os resultados dos pacientes e aprimorando as recomendações.
- Diagnóstico preditivo: os sistemas de aprendizado de IA aprendem com grandes quantidades de dados médicos para prever surtos de doenças, diagnosticar condições de forma precoce e sugerir medidas preventivas.