

# INE5430

# Inteligência Artificial

## Ementa

- ♦ Técnicas de IA Aplicadas à Resolução de Problemas.
- ♦ IA Simbólica e Não Simbólica

**Professor Mauro Roisenberg**

[mauro@inf.ufsc.br](mailto:mauro@inf.ufsc.br)

<http://www.inf.ufsc.br/~mauro>

# Tópicos

- ♦ Histórico, Conceitos, Teoria de Problemas
- ♦ Modelagem de Agentes Inteligentes
- ♦ Busca e Mecanismos de Raciocínio
- ♦ Representação de Conhecimento
- ♦ Revisão de Lógica
- ♦ Sistemas Especialistas
- ♦ Tratamento de Incertezas
- ♦ Lógica Nebulosa
- ♦ Redes Neurais Artificiais
- ♦ Conexionismo e Resolução de Problemas
- ♦ Computação Evolutiva,
- ♦ etc...

# Avaliação

- ♦ 2 Provas + n Trabalhos

$$MF = [(P1+P2)/2] \times 0,6 + [(T1+T2+\dots+Tn)/n] \times 0,4$$

MF  $\geq$  6 : Aprovado

3  $\leq$  MF < 6 : Recuperação

MF < 3 : Reprovado

Obs.:

- Copa INE5430 de Robótica - Atividade Complementar
- Médias das provas deve ser  $\geq$  6

# Bibliografia

- RUSSELL, Stuart, NORVIG, Peter. Inteligência Artificial Tradução da 2a. edição; CAMPUS-Elsevier, 2004.(2 exemplares na biblioteca)
- LUGGER, George F. Inteligência Artificial: estruturas e estratégias para solução de problemas complexos. Editora ARTMED, 2004
- RICH, Elaine. Inteligência Artificial. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.(5 exemplares na biblioteca)
- WINSTON, Patrick. Fundamentos de Inteligência Artificial. São Paulo: Makron Books, 1992.(2 exemplares na biblioteca)
- BARRETO, J.M. - Inteligência Artificial: Uma abordagem híbrida (2 exemplares na biblioteca)
- BITTENCOURT, G. - Inteligência Artificial: Ferramentas e teorias (5 exemplares na biblioteca)

# Introdução

- ♦ *Afinal, pra que estudamos Inteligência Artificial?*
  - Existem 3 tipos de problemas
    1. Os que não têm solução.  
Não há nada a fazer...
    2. Os que têm solução algorítmica  
Ótimo. Basta codificar os algoritmos...
    3. Os outros....
      - Aqueles em que a solução algorítmica têm complexidade NP-Completa;
      - Aqueles que o Ser Humano é capaz de resolver;
      - Aqueles que os Seres Vivos são capazes de resolver.  
Jogar Xadrez, Jogar Futebol, Reconhecer Faces, Fazer Traduções, Procurar Comida, Reconhecer Letras, etc, etc...

**É AQUI QUE ENTRA A I.A.!!!!**

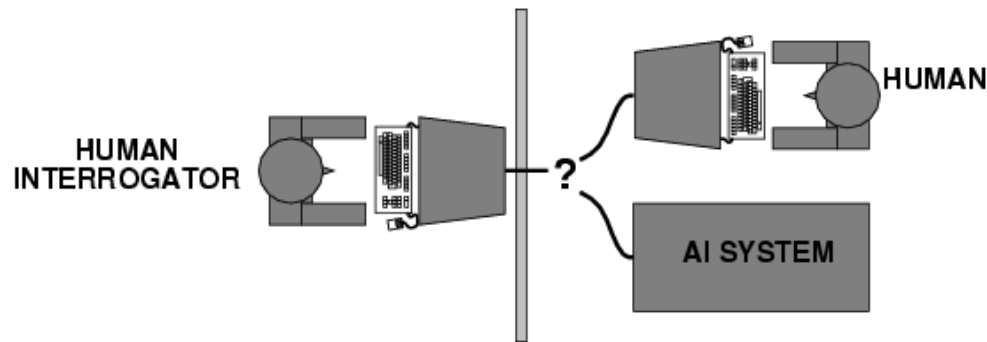
# Histórico e Conceitos Básicos

- ♦ 1a. Pergunta: O que é Inteligência Artificial?
- ♦ Algumas Respostas:
  - A automatização das atividades que associamos com o pensamento humano, atividades tais como tomada de decisões, resolução de problemas, aprendizado,... (Bellman, 1978)
  - O estudo de como fazer os computadores realizarem coisas que, hoje em dia são feitas melhores pelas pessoas. (Rich & Knight, 1991)
  - O estudo das faculdades mentais através de modelos computacionais. (Charniak & McDermott, 1985)
  - O ramo da ciência da computação que se ocupa da automatização do comportamento inteligente. (Luger & Stubblefield, 1993)

|                                  |                                   |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Sistemas que PENSAM como HUMANOS | Sistemas que PENSAM RACIONALMENTE |
| Sistemas que ATUAM como HUMANOS  | Sistemas que ATUAM RACIONALMENTE  |

# Sistemas que Agem como Humanos

- ♦ Turing (1950) "Computing machinery and intelligence":
- ♦ "As máquinas podem pensar?"
- ♦ Teste Operacional para a Inteligência: O Jogo da Imitação



- ♦ Era previsto que por volta do ano 2000 uma máquina teria uma chance de 30% de enganar um leigo por 5 minutos.
- ♦ Teste ainda relevante nos dias atuais, apesar de se preocupar com a questão errada.
- ♦ Requer o desenvolvimento de várias áreas da IA: conhecimento, raciocínio, compreensão da linguagem natural, aprendizado, etc

# Sistemas que Pensam como Humanos

- ♦ Como os seres humanos pensam?
- ♦ Necessita teorias científicas sobre as atividades internas do cérebro (modelo cognitivo):
  - Nível de abstração? (conhecimento ou circuito?)
  - Como validar?
    - Predizendo e testando o comportamento humano
    - Identificação a partir de dados neurológicos
  - Ciência Cognitiva vs. Neurociência Cognitiva.
- ♦ Ambas as abordagens são hoje em dia separadas das IA



# Sistemas que Pensam Racionalmente

- ♦ Capturam as leis do raciocínio
- ♦ Aristóteles: O que é Argumentação Correta e processos de raciocínio?
  - A correção depende da irrefutabilidade dos processos de raciocínio lógico.
- ♦ Estes estudos iniciaram o campo da LÓGICA.
- ♦ A tradição logicista da IA espera criar sistemas inteligentes usando programação lógica.
- ♦ Problemas:
  - Nem todo comportamento inteligente emerge de um comportamento lógico

# Histórico e Conceitos Básicos

- ♦ UMA BOA DEFINIÇÃO

A grande atividade da IA é a solução de problemas usando e manipulando conhecimento.

- ♦ Formalmente a área foi criada em 1956 quando o nome foi cunhado por John McCarthy no encontro do Dartmouth College, onde se reuniram os primeiros pesquisadores da área.
- ♦ Entretanto, há mais de 2000 anos, filósofos, psicólogos e cientistas estudam como o ver, aprender, recordar e raciocinar pode ser realizado.

- ♦ UM POUCO DE FILOSOFIA

- Um dia será possível entender completamente a inteligência humana?
- Cérebro e mente são a mesma coisa?
- Existe a alma e o livre arbítrio?

# Histórico e Conceitos Básicos

É possível dividir as fases da história da Inteligência Artificial com os seguintes períodos:

## 1. ÉPOCA PRÉ-HISTÓRICA

(Nesta época nada se conhecia sobre os mecanismos da mente, nem sob o prisma fisiológico nem psicológico e por esta razão vai até 1875 quando Camilo Golgi visualizou o neurônio)

- **Objetivo:** Criar seres e mecanismos apresentando comportamento inteligente.
- **Metodologia e conquistas:** Mecanismos usando mecânica de precisão desenvolvida nos autômatos, mecanismos baseados e teares, etc. Apelo ao sobrenatural.
- **Limitações:** Complexidade dos mecanismos, dificuldades de construção. Insucesso dos apelos ao sobrenatural.

# Histórico e Conceitos Básicos

## 2. ÉPOCA ANTIGA (1875-1943)

(Modelo de Neurônio de McCulloch & Pitts)

- Época em que a lógica formal apareceu (Russel, Gödel, etc) bem como se passou a reconhecer o cérebro como órgão responsável pela inteligência. Hilbert imaginava um mundo paradisíaco, em que tudo poderia ser axiomatizado e reduzido à Lógica. Entretanto assim como o final do século XIX viu o desmoronamento do mundo Euclidiano, Gödel abalou o mundo de Hilbert com seu teorema de incompletude da aritmética. Foi a época em que, tal como os filósofos gregos fizeram, são colocadas as bases da IAS e IAC, terminando com a publicação do trabalho de McCulloch e Pitts modelando o neurônio.
- **Objetivo:** Entender a inteligência humana
- **Metodologia e conquistas:** Estudos da psicologia e de neurofisiologia. Nascimento da psicanálise.
- **Limitações:** Grande distância entre as conquistas da psicologia e da neurofisiologia.

# Histórico e Conceitos Básicos

## 3. ÉPOCA ROMÂNTICA (1943-1956)

(É o otimismo desordenado, que tem um jovem rapaz romântico crê que tudo é possível. Acaba com a reunião no Dartmouth College)

- **Objetivo:** Simular a inteligência humana em situações pré-determinadas.
- **Metodologia e conquistas:** Inspiração na natureza. Nascimento Cibernético. Primeiros mecanismos imitando funcionamento de redes de neurônios. Primeiros programas imitando comportamento inteligente.
- **Limitações:** Limitação das capacidades computacionais.

# Histórico e Conceitos Básicos

## 4. ÉPOCA BARROCA (1956-1969)

(livro Perceptrons)

- ♦ Tudo é fácil e será conseguido.
  - ♦ Provadores Automáticos de Teoremas.
  - ♦ Acreditava-se na tradução automática entre linguagens.
  - ♦ Acreditava-se ser possível construir um programa para resolver qualquer problema.
  - ♦ Em alguns anos um computador ganharia o campeonato mundial de xadrez.
- **Objetivo:** Expandir ao máximo as aplicações da IA tanto usando a abordagem simbólica quanto a conexionista.
  - **Metodologia e conquistas:** Perceptron. Primeiros sistemas especialistas usando a abordagem simbólica. Grandes esperanças da IAS.
  - **Limitações:** Dificuldades em técnicas de aprendizado de redes complexas; Subestimação da complexidade computacional dos problemas.

# Histórico e Conceitos Básicos

## 4. ÉPOCA BARROCA (1956-1969)

(livro Perceptrons)

### ♦ Princípio da IA Simbólica (IAS)

“Hipótese do Sistema de Símbolos Físicos” (Newell & Simon):

- A inteligência é o resultado da manipulação de símbolos que representam o mundo.

### ♦ Princípio da IA Conexionista (IAC)

“Metáfora Biológica”:

- Se for construído um modelo do cérebro, este modelo apresentará um comportamento inteligente.

### ♦ Subestimação da Complexidade Computacional:

- Os problemas de IA são comumente de complexidade NP-Completa.

# Histórico e Conceitos Básicos

## 5. ÉPOCA DA TREVAS (1969-1981) (5a. Geração)

- ♦ Paralisação de quase todas as pesquisas em IA por falta de verbas. Acabou quando os japoneses anunciaram seus planos para a Quinta Geração de Computadores e em outro ambiente Hopfield publica célebre artigo sobre redes neurais.
- ♦ Assim como a Idade Média da História da humanidade viu florescer idéias novas, nesta época não foi de total trevas. Nasceram as primeiras aplicações dos conjuntos nebulosos de Zadeh, nascendo o controle inteligente com Mamdani. Além disto os sistemas especialistas se firmaram com Shortliffe.
  - **Objetivo:** Encontrar para a IA aplicações práticas.
  - **Metodologia e conquistas:** Sistemas especialistas. Aplicações principalmente em laboratórios. Os computadores usados principalmente para aplicações administrativas e numéricas. Interesse dos fabricantes de computadores de desmistificar a máquina levando a pouco interesse em IA.
  - **Limitações:** Era necessário muito conhecimento para tratar mesmo o mais banal problema de senso-comum; Interesses econômicos.



# Histórico e Conceitos Básicos

## 6. RENASCIMENTO (1981-1987)

(Começou a corrida para IA. Os resultados obtidos nas épocas anteriores atingiram o público em geral. Sistemas especialistas se popularizaram. Primeira conferência internacional de Redes Neurais marca final do período).

- **Objetivo:** Renascimento da IA, simbólica e conexionista
- **Metodologia e conquistas:** Popularidade da linguagem Prolog, adotada pelos japoneses. Crescimento da importância da Lógica. Proliferação de máquinas suportando ferramentas para IA. Sistemas Especialistas capazes de simular o comportamento de um especialista humano ao resolver problemas em um domínio específico.
- Alguns poucos pesquisadores continuaram seus trabalhos em RNAs, Grossberg, Kohonen, Widrow, Hinton, etc. No final do período, trabalhos de Hopfield, do grupo PDP, etc., criaram condições para a fase seguinte no que diz respeito às RNAs.
- **Limitações:** a IAS e a IAC evoluindo separadamente.

# Histórico e Conceitos Básicos

## 7. ÉPOCA CONTEMPORÂNEA (1987- atual)

(Logo no início do período Gallant publica seu céebre artigo sobre sistemas especialistas conexionistas. Foi o ponto de partida para a união das duas abordagens de IA, tornando a abordagem dirigida problemas a abordagem atual.)

- **Objetivo:** Alargamento das aplicações das IAs. Uso em tomografia, pesquisas em campos de petróleo, e bases de dados inteligentes.
- **Metodologia e conquistas:** Redes diretas como aproximador universal. Lógica nebulosa usada largamente em indústrias para controle inteligente. Sistemas especialistas se torna tecnologia dominada. Bons resultados em problemas mal definidos com sistemas usando hibridismo neural-nebuloso. Novo paradigma de programação: programação conexionista.
- **Limitações:** Quem sabe??? Uma possibilidade é uma grande expansão das bases de dados inteligentes.

# Teste de Turing para a Inteligência (1950)

- ♦ Visão de que computadores atuam como humanos.
  - Computador com as seguintes capacidades:
    - Processamento de linguagem natural;
    - Representação de conhecimento;
    - Raciocínio automático;
    - Aprendizado de máquina.

# Domínios de Aplicação

- ♦ Resolução de problemas (planejamento)
  - Quebra-cabeça, jogos
  - Problemas que requerem conhecimento especialista (diagnóstico médico, localização de recursos minerais, configuração de computadores)
- ♦ Raciocínio por senso-comum
  - Simulação qualitativa ou intuitiva
  - Mecanismos de inferência
- ♦ Percepção (visão e fala)
  - Reconhecimento de objetos através de imagens
  - Reconhecimento de voz ou identificação de imagens

# Domínios de Aplicação

- ♦ **Processamento de linguagem natural**
  - O que significa um conjunto de palavras
  - Tradução de idiomas
  - Acesso a dados em base de dados
- ♦ **Extração de conhecimento**
  - Knowledge Data Discovery
- ♦ **Aprendizado**
  - Desenvolver sistema que melhorem seu desempenho através de experiências
  - Desenvolver sistemas que auxiliem no aprendizado de alunos
- ♦ **Programação**
  - Desenvolvimento de "shells" para sistemas especialistas
  - Paralelização de linguagens de IA
  - Distribuição da resolução de problemas
  - Sistemas Multi-agentes

# Teoria de Problemas

A IA se ocupa da resolução de problemas, para tal é necessário conhecimento sobre o problema e técnicas de manipular este conhecimento para obter a solução.

- ♦ **O que é um PROBLEMA?**

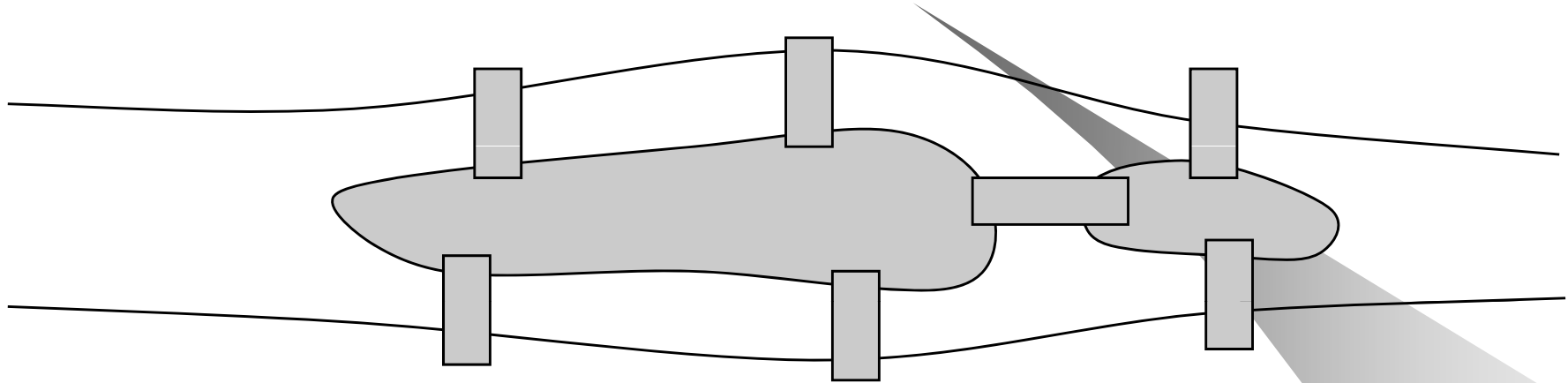
- Resolver um problema é diferente de ter um método para resolvê-lo.
- Antes de tentar buscar a solução de um problema, deve-se responder as seguintes perguntas:
  - Quais são os dados?
  - Quais são as soluções possíveis?
  - O que caracteriza uma solução satisfatória?

- ♦ **Exemplos:**

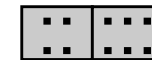
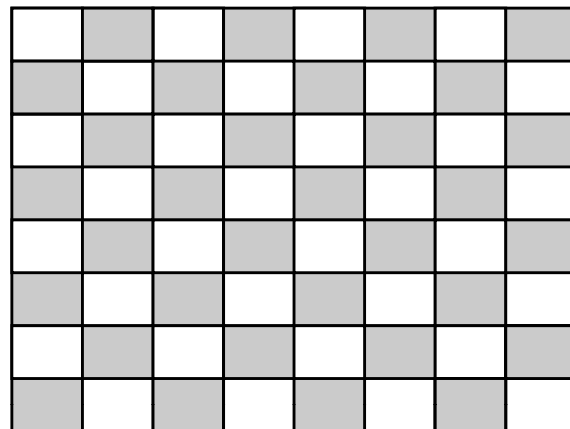
- As pontes de Königsberg
- O tabuleiro de xadrez mutilado

# Teoria de Problemas

- As pontes de Königsberg

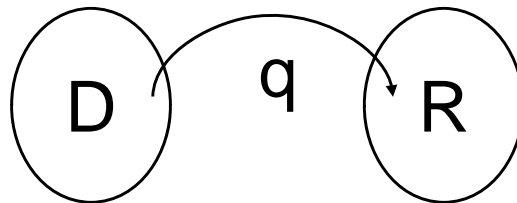


- O tabuleiro de xadrez mutilado



# Teoria de Problemas

- ♦ **Definição:** Um problema é um objeto matemático  $P=\{D,R,q\}$ , consistindo de dois conjuntos não vazios,  $D$  os dados e  $R$  os resultados possíveis, e de uma relação binária  $q \subset D \times R$ , a condição que caracteriza uma solução satisfatória, associando a cada elemento do conjunto de dados a solução desejada.
- ♦ **Exemplo:** Um problema de diagnóstico médico
  - O conjunto de dados disponíveis  $d \in D$  (observação da anamnese, sintomas, exames, etc.)
  - $R$  é o conjunto de doenças possíveis
  - Solução satisfatória: encontrar o par  $(d,r)$  onde  $r \in R$  é o diagnóstico correto.
- ♦ A definição de um problema permite testar se um certo elemento é ou não solução, mas não guia na busca deste elemento.





# Teoria de Problemas

## Modos de definir uma FUNÇÃO PROBLEMA

### 1. Por ENUMERAÇÃO EXAUSTIVA

- Fornece-se todos os conjuntos de pares (dado, resultado).
  - Ex.: Agenda de telefone.

### 2. DECLARATIVAMENTE

- Definir declarativamente um problema é dar propriedades que devem ser satisfeitas pela solução do problema.
  - Ex.: O avô de alguém é aquela pessoa que é pai do pai da pessoa.

### 3. Por um PROGRAMA (um algoritmo)

- Um programa de computador define a correspondência entre dados e resultados sempre que ele pára, conseguindo chegar a uma solução.
  - Ex.: Programa para declaração do imposto de renda.

### 4. Por EXEMPLOS

- O problema não completamente definido para todo valor de seus dados. Conhece-se para um subconjunto.
  - Ex.: Ensinar a pegar uma bola atirada no ar.

# Teoria de Problemas

Os modos de definir uma função levam ao conceito de

## ♦ COMPUTABILIDADE

Definição 1: Uma função é dita computável se é possível calcular seu valor para todos os elementos de seu domínio de definição.

- Ex1.: Equações Diofantinas
  - $a^n + b^n = c^n$   $n \geq 3$   $a, b, c$  Inteiros
- Ex2.: Problema da parada de um programa
  - Dado um programa e um conjunto de dados infinito, é impossível ter um outro programa que decida se o primeiro programa vai conseguir parar para todos os dados.

## ♦ COMPLEXIDADE

Definição 2: A complexidade de um problema, com relação a um conjunto bem definido de recursos, é definida como aquela que considera o modo mais parcimonioso de uso de recursos conhecidos para a solução do problema.

# Teoria de Problemas

- ♦ Se a computabilidade diz respeito à existência de solução para um problema, a complexidade se refere a quantidade de recursos necessários para resolvê-los.
- ♦ Um mesmo problema pode ter complexidade diferente, dependendo da técnica que se utiliza para resolvê-lo.
- ♦ Definição 3: Um problema é dito NP-Completo quando não se conhece algoritmo de ordem polinomial capaz de resolvê-lo.
  - Ex.: Problema do caixeiro-viajante resolvido de maneira algorítmica.

## ♦ HEURÍSTICAS

Definição 4: Conjunto de regras e métodos que conduzem à descoberta, à invenção e à resolução de problemas.

- ♦ O papel das heurísticas - "boa solução"
  - Na IA as heurísticas são as "técnicas" que possibilitam tratar problemas NP-Completos e buscar algoritmos de ordem mínima para problemas polinomiais.

# Teoria de Problemas

- ♦ Estratégias Básicas para Resolver Problemas (Estratégias constituem os modos básicos de raciocínio para resolver problemas)

Pela definição do problema, o qual se apresenta como uma função, estes modos de raciocínio devem se adaptar ao modo que a função foi definida.

1. *Por enumeração exaustiva*: o conhecimento necessário para resolver o problema está na enumeração.
2. *Declarativamente*: leva freqüentemente a problemas de busca. "Utilizar um método de busca em que, por passos sucessivos se aproxima da solução, usando algumas vezes técnicas sem grande justificativa teórica". ESTA É A ABORDAGEM DA IA SIMBÓLICA!
3. *Por exemplos*: Se o problema foi definido por exemplos, se deverá usar um método para aproximar a função. ESTA É A ABORDAGEM DA IA CONEXIONISTA!

## - ALGUNS PROBLEMAS CLÁSSICOS:

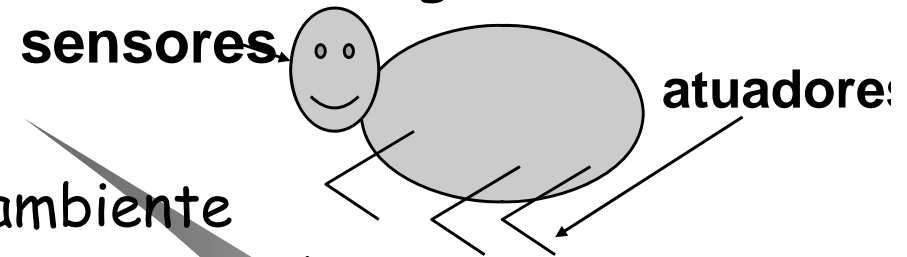
- Missionários e canibais; Torres de Hanói; Baldes de Água; Jogo do Oito; Reconhecimento de Caracteres, Previsão, etc.

# Agentes Inteligentes

- ♦ Uma Ferramenta para Análise de Sistemas Inteligentes

- ♦ **O que é um agente???**

- Um agente é algo que percebe seu ambiente através de sensores e atua no ambiente através de atuadores.
  - Agente Humano, Agente Animal, Agente Robótico, Agente em Software, Termostatos, etc...
  - A Função Agente mapeia dados da percepção para ações.



- ♦ **O que é um agente racional???**

- O objetivo da IA, segundo Russel & Norvig é projetar agentes que façam um bom trabalho agindo no seu ambiente. O princípio básico da utilização de agentes é que eles devem "saber das coisas" (know things).
- Um agente racional ideal é aquele que, para cada possível seqüência de percepção, realiza uma ação que maximiza seu desempenho (mapeamento ideal), tendo como base as evidências fornecidas pela seqüência de percepções e pelos conhecimentos previamente existentes no agente.

# Agentes Inteligentes

- ♦ Especificar que ações um agente deve tomar em resposta a qualquer seqüência de percepções, leva ao projeto de um agente ideal.
  - Medida de Desempenho
    - Segurança, velocidade, destino, conforto, etc...
  - Ambiente
    - Observável, determinístico, episódico, estático,...
  - Atuadores
    - Rodas, pés, vídeos, mensagens, etc...
  - Sensores
    - Imagens, gps, teclados, mensagens, encoders, ultra-som,...
- ♦ A noção de agente pretende ser uma ferramenta para análise de sistemas inteligentes, não uma caracterização absoluta que divide o mundo em agentes e não-agentes.
  - Exemplos: Aspirador de pó, Agente de busca na Internet, Agente de auxílio a aprendizagem, Agente de auxílio ao diagnóstico médico, etc...

# Agentes Inteligentes

- ♦ Tipos de Agentes
  - Software Agents
    - Agentes são considerados entidades computacionais baseadas na idéia de que os usuários necessitam apenas especificar um objetivo em alto nível ao invés de utilizar instruções explícitas, deixando as questões de como e quando agir a cargo do agente.
    - Aplicações: Interfaces Amigáveis, Cartografia, Auxílio ao Ensino, Auxílio ao Diagnóstico Médico.
  - Hardware Agents
    - Agentes que operam em ambientes físicos (AGVs, Robôs, Embedded Systems, etc.)
    - Agentes Físicos capazes de detectar mudanças ambientais e, através da reavaliação de seus objetivos encontrar uma nova seqüência de ações capazes de perseguí-los, sem que esta seqüência tivesse sido prevista.

# Agentes Inteligentes

- ♦ O que é um Agente Autônomo?
  - Agentes Autônomos são sistemas computacionais que operam em ambientes dinâmicos e imprevisíveis. Eles interpretam dados obtidos pelos sensores que refletem eventos ocorridos no ambiente e executam comandos em atuadores que produzem efeitos no ambiente.
  - O grau de "autonomia" de um agente está relacionado à capacidade de decidir por si só como relacionar os dados dos sensores com os comandos aos atuadores em seus esforços para atingir seus objetivos, satisfazer motivações, etc...



# Agentes Reflexivos

- ◆ Não tem memória.
- ◆ Quando cessa a percepção, cessa a ação.
  - If car-in-front-is-braking (brake-light on)
  - then initiate-braking

**function** SIMPLE-REFLEX-AGENT (*percept*) **returns** action

static: *rules*, a set of condition-action rules

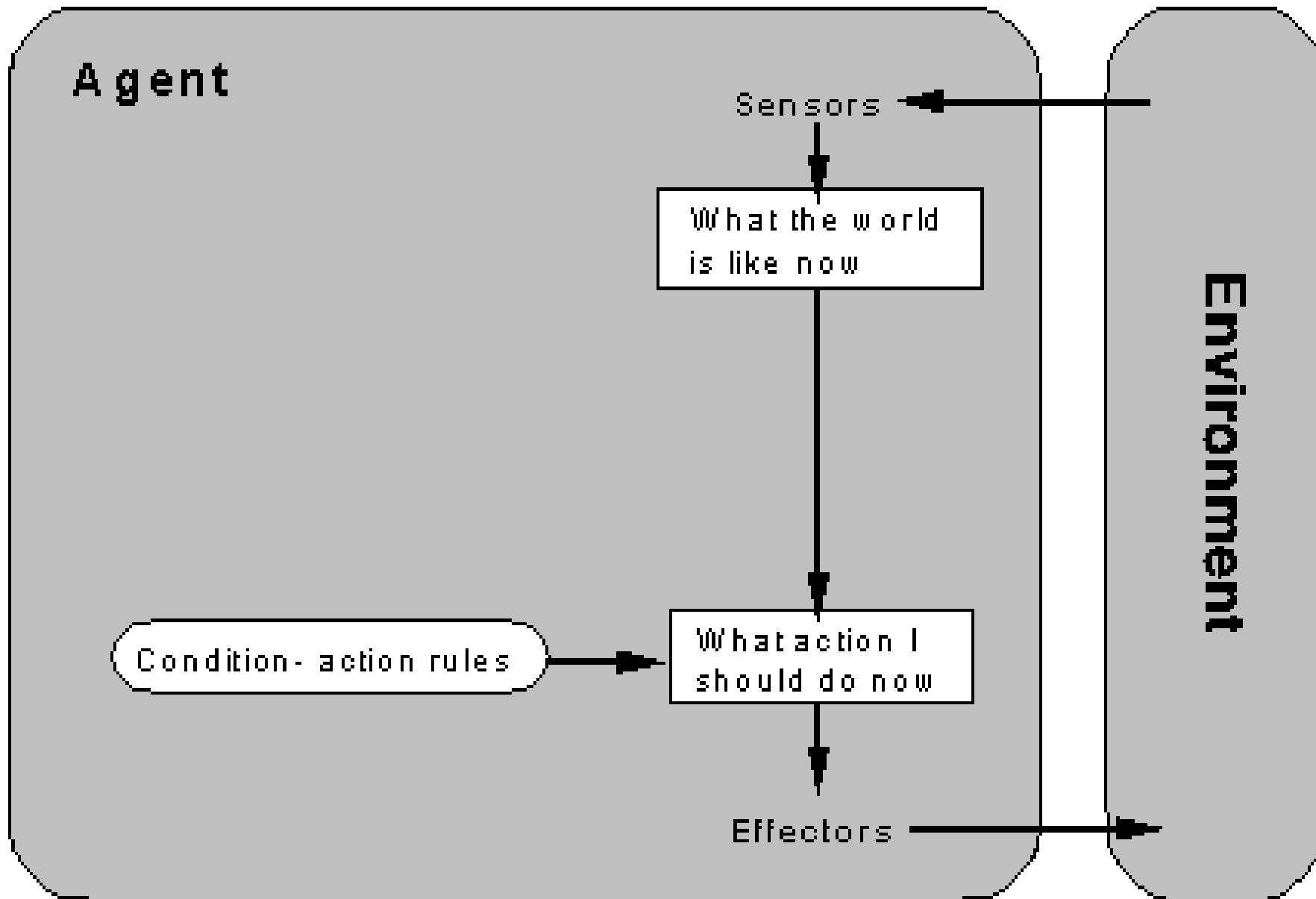
*state* := INTERPRET-INPUT(*percept*)

*rule* := RULE-MATCH(*state*, *rules*)

*action* := RULE-ACTION[*rule*]

**return** *action*

# Agentes Reflexivos



# Agentes com Estados Internos

- ♦ Guarda informações que não são percebidas no momento
  - Como o mundo evolui (modelo do mundo)
  - O que as ações provocam no mundo

**function** REFLEX-AGENT-WITH-STATE (*percept*) **returns** *action*

**static:** *state*, uma descrição do estado corrente do mundo

*rules*, a set of condition-action rules

*state* := UPDATE-STATE(*state*, *percept*)

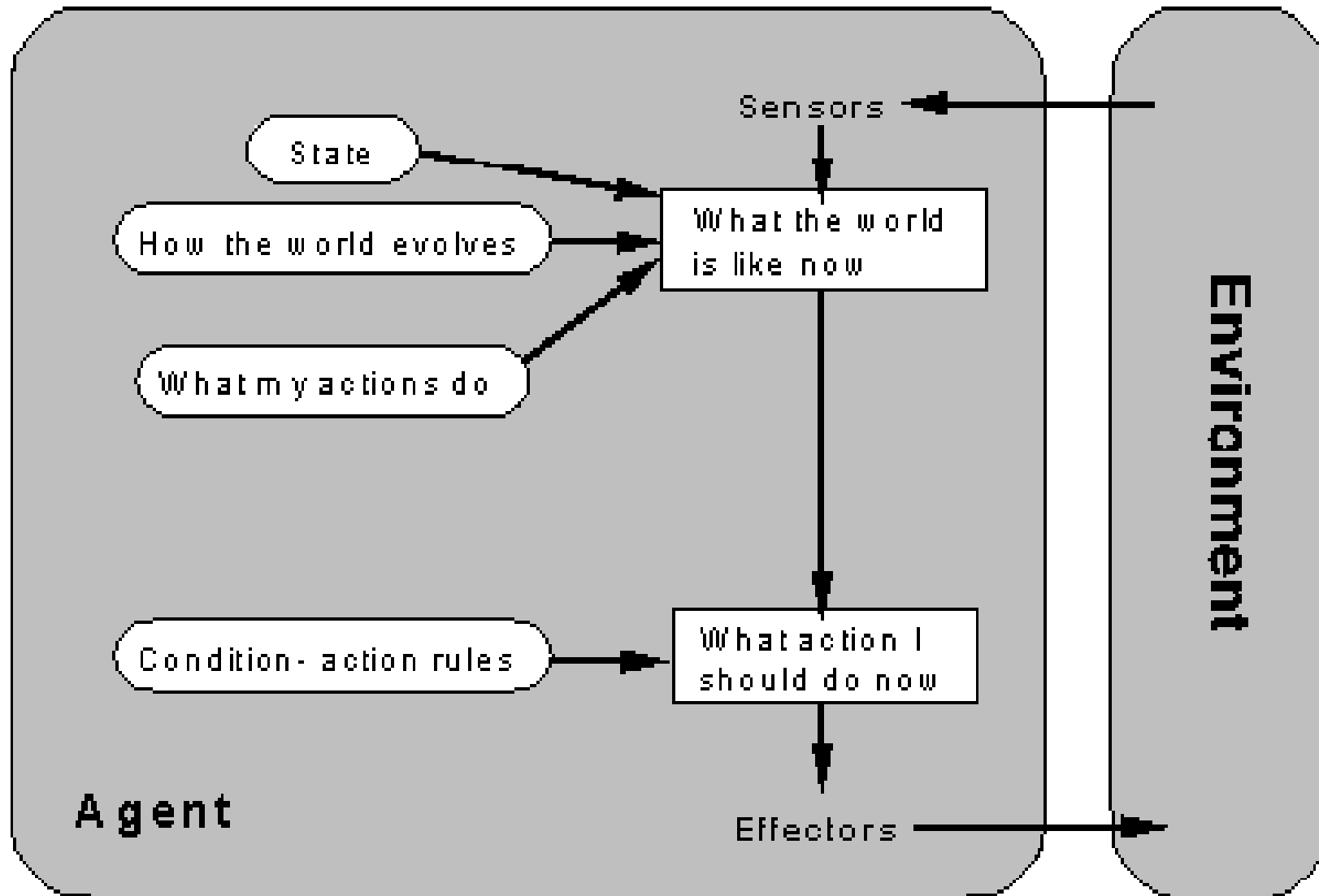
*rule* := RULE-MATCH(*state*, *rules*)

*action* := RULE-ACTION[*rule*]

*state* := UPDATE-STATE(*state*, *action*)

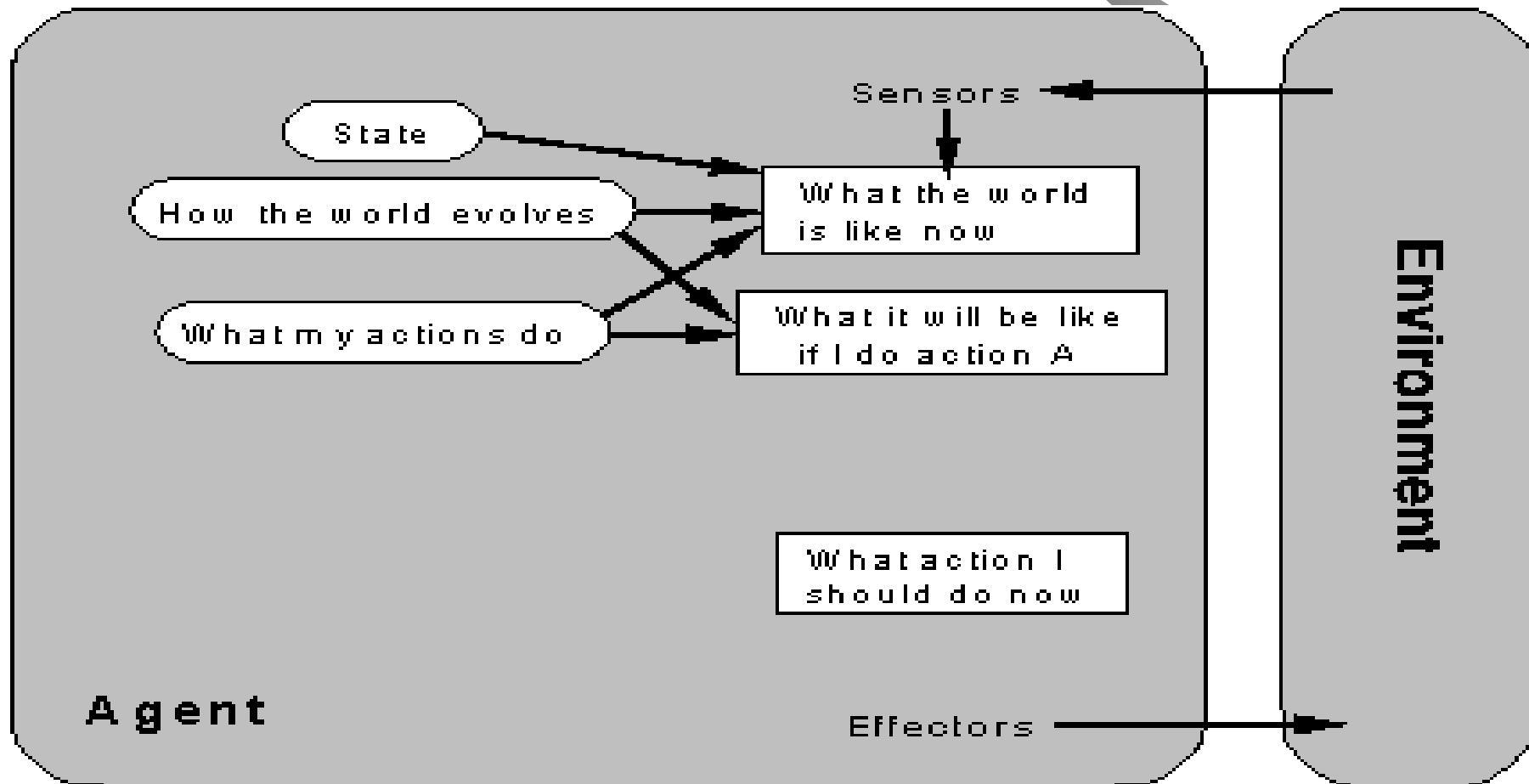
**return** *action*

# Agentes com Estados Internos



# Agentes com Metas

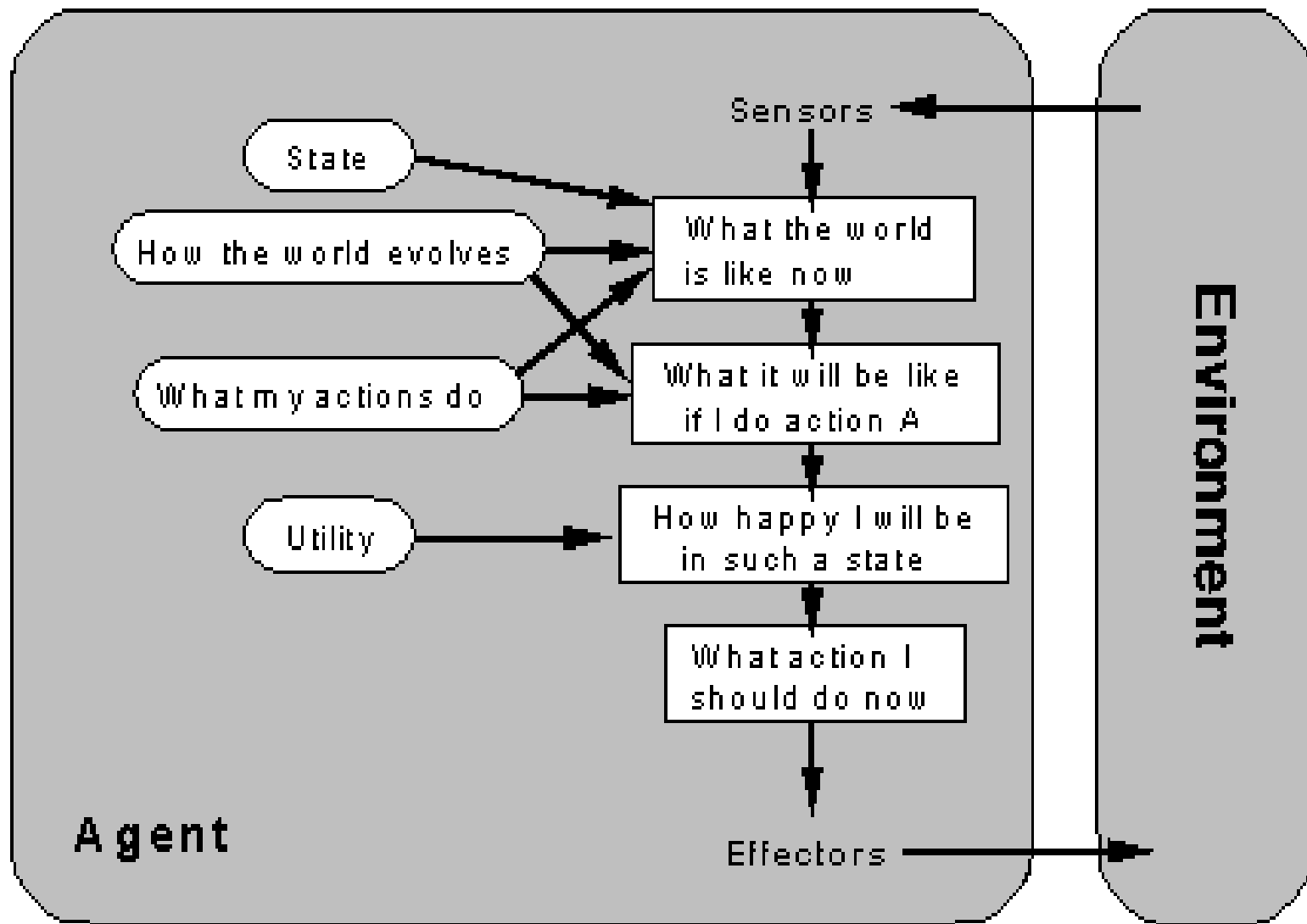
- ♦ Metas
- ♦ Busca e Planejamento são subcampos da IA cujo objetivo é achar seqüências de ações que conduzam ao objetivo do agente.



# Agentes baseados em Utilidade

- ♦ Utilidade é uma função que mapeia um estado em um número real que descreve o grau de "felicidade" associado ao estado.
- ♦ Permite decisões racionais em casos em que o objetivo tem algum "problema";
- ♦ Quando existem objetivos conflitantes (p.ex.: velocidade e segurança);
- ♦ Quando existem vários objetivos, a utilidade "diz" qual tentar alcançar primeiro.

# Agentes baseados em Utilidade



# Propriedades dos Ambientes

- ♦ **Completamente Observável x Parcialmente Observável**
  - se o aparato sensor fornece acesso a uma descrição completa do ambiente.
- ♦ **Determinístico x Estocástico**
  - se o próximo estado do ambiente pode ser completamente determinado pelo estado atual do ambiente e pelas ações selecionadas pelo agente.
- ♦ **Episódico x Seqüencial**
  - a experiência do agente é dividida em episódios. Cada episódio consiste na percepção do agente e na sua ação. Não existe passado nem futuro.
- ♦ **Estático x Dinâmico**
  - se o ambiente se altera enquanto o agente está pensando, então o ambiente é dinâmico para o agente.
- ♦ **Discreto x Contínuo**
  - se existe um número finito de diferentes percepções e ações possíveis, então o ambiente é discreto.



# Propriedades dos Ambientes

| Ambiente               | Observável | Determinístico | Episódico | Estático | Discreto |
|------------------------|------------|----------------|-----------|----------|----------|
| Xadrez com Relógio     | SIM        | SIM            | NÃO       | SEMI*    | SIM      |
| Xadrez sem Relógio     | SIM        | SIM            | NÃO       | SIM      | SIM      |
| Poker                  | NÃO        | NÃO            | NÃO       | SIM      | SIM      |
| Gamão                  | SIM        | NÃO            | NÃO       | SIM      | SIM      |
| Dirigir Taxi           | NÃO        | NÃO            | NÃO       | NÃO      | NÃO      |
| Diagnóstico Médico     | NÃO        | NÃO            | NÃO       | NÃO      | NÃO      |
| Análise de Imagens     | SIM        | SIM            | SIM       | SEMI*    | NÃO      |
| Robô Manipulador       | NÃO        | NÃO            | SIM       | NÃO      | NÃO      |
| Controlador de Refin.  | NÃO        | NÃO            | NÃO       | NÃO      | NÃO      |
| Tutor Interativo Ling. | NÃO        | NÃO            | NÃO       | NÃO      | SIM      |

\* Semi: quando o próprio ambiente não mudar com a passagem do tempo, mas o nível de desempenho do agente se altera.