

Introdução a Inteligência Artificial

Aula 7

Prof. Lucas Cambuim

Sistemas Baseados em Conhecimento

Capítulo 7 – Russell & Norvig

Ao fim desta aula a gente deve....

- Entender o que é um Sistema Baseado em Conhecimento (SBC)
- Saber distinguir entre os vários “Tipos” de conhecimento
- Compreender sobre os mecanismos de raciocínio existentes
- Conhecer e Comparar Linguagens de representação do conhecimento

O problema do capitão West...

- West é criminoso ou não?
 - “A lei americana diz que é proibido vender armas a uma nação hostil. Cuba possui alguns mísseis, e todos eles foram vendidos pelo Capitão West, que é americano”
- Como você resolveria este problema de classificação?

Limitações da resolução de problemas por Busca

- Sistemas de busca são muito eficientes na solução de problemas que podem ser formalizados por:
 - um estado inicial; ações; um conjunto de estados finais.
- Porém, não são capazes de resolver problemas que exigem **raciocínio baseado em conhecimento** sobre o mundo:
 - Porque seu modelo do mundo é pobre e o raciocínio é limitado
 - e.g., diagnóstico médico, controle aeroespacial, prova de teoremas, sistemas especialistas em geral,...
 - mesmo em casos aparentemente solucionáveis por busca (usando planejamento), pode ser preciso adicionar conhecimento explícito

O que é conhecimento?

- Dado, informação ou abstração formatado de maneira a permitir raciocínio por um ser humano ou por uma máquina, por exemplo
 - Classes e objetos
 - Formula da lógica
 - Distribuição de probabilidade prévia e condicional de variáveis aleatórias
- O que é raciocínio?
 - Mecanismo sistemático para inferir ou derivar novo conhecimento a partir de novas percepções e/ou de conhecimento prévio, por exemplo:
 - Herança de atributos entre classe, sub-classes e objetos
 - Prova de teorema por refutação, resolução e unificação
 - Cálculo de probabilidade posterior de um evento pelo Teorema de Bayes

Como a máquina poderia resolver o caso do capitão West?

- Segundo a IA simbólica, é necessário
 - Identificar o **conhecimento** do domínio
 - Representá-lo em uma **linguagem** formal
 - Implementar um mecanismo de **inferência** para utilizá-lo
- Resumo: Necessitam que o **conhecimento** sobre o problema seja definido manualmente no sistema para que ele possa raciocinar e tomar as decisões.
- **The Knowledge Principle (Lenat & Feigenbaum)**
 - “If a program is to perform a complex task well, it must know a great deal about the world in which it operates”
- **Questões-chave**
 - Como **adquirir** este conhecimento?
 - Como **representá-lo** adequadamente?
 - Como **raciocinar** com ele de maneira correta e eficientemente?

Solucionando o caso do cap. West (Linguagem Natural)

conhecimento prévio

- A) Todo americano que vende uma arma a uma nação hostil é criminoso
- B) Todo país em guerra com uma nação X é hostil a X
- C) Todo país inimigo político de uma nação X é hostil a X
- D) Todo míssil é um arma
- E) Toda bomba é um arma
- F) Cuba é uma nação
- G) USA é uma nação
- H) Cuba é inimigo político dos USA
- I) Irã é inimigo político dos USA

- J) West é americano
- K) Existem mísseis em Cuba
- L) Os mísseis de Cuba foram vendidos por West

conhecimento do problema

novo conhecimento

- M) Cuba possui um míssil M1 - de K
- N) M1 é um míssil - de K
- O) M1 é uma arma - de D e N
- P) Cuba é hostil aos USA - de F, G, H e C
- Q) M1 foi vendido a Cuba por West - de L, M e N
- R) West é criminoso - de A, J, O, P e Q

Sistemas Baseados em Conhecimento

- São sistemas que
 - Utilizam conhecimento representado explicitamente para resolver problemas complexos
 - Manipulam conhecimento e informação
 - Têm embutida a capacidade de raciocínio
 - Habilidade de definir um conjunto de passos para a resolução eficiente de um problema
 - O próprio mecanismo de inferência é conhecimento

Algumas características

- “Dialogar” com o usuário/ambiente para adquirir informações
 - Mais conhecimento sobre o problema
 - Entender a necessidade do usuário
- Raciocinar sobre o conhecimento obtido
- Explicar seu raciocínio

Comparando....

Sistemas Computacionais Normais

- Estruturas de Dados
- Dados e suas relações
- Algoritmos determinísticos
- Conhecimento “**misturado**” no código
- Difícil explicar como chegaram à resposta obtida

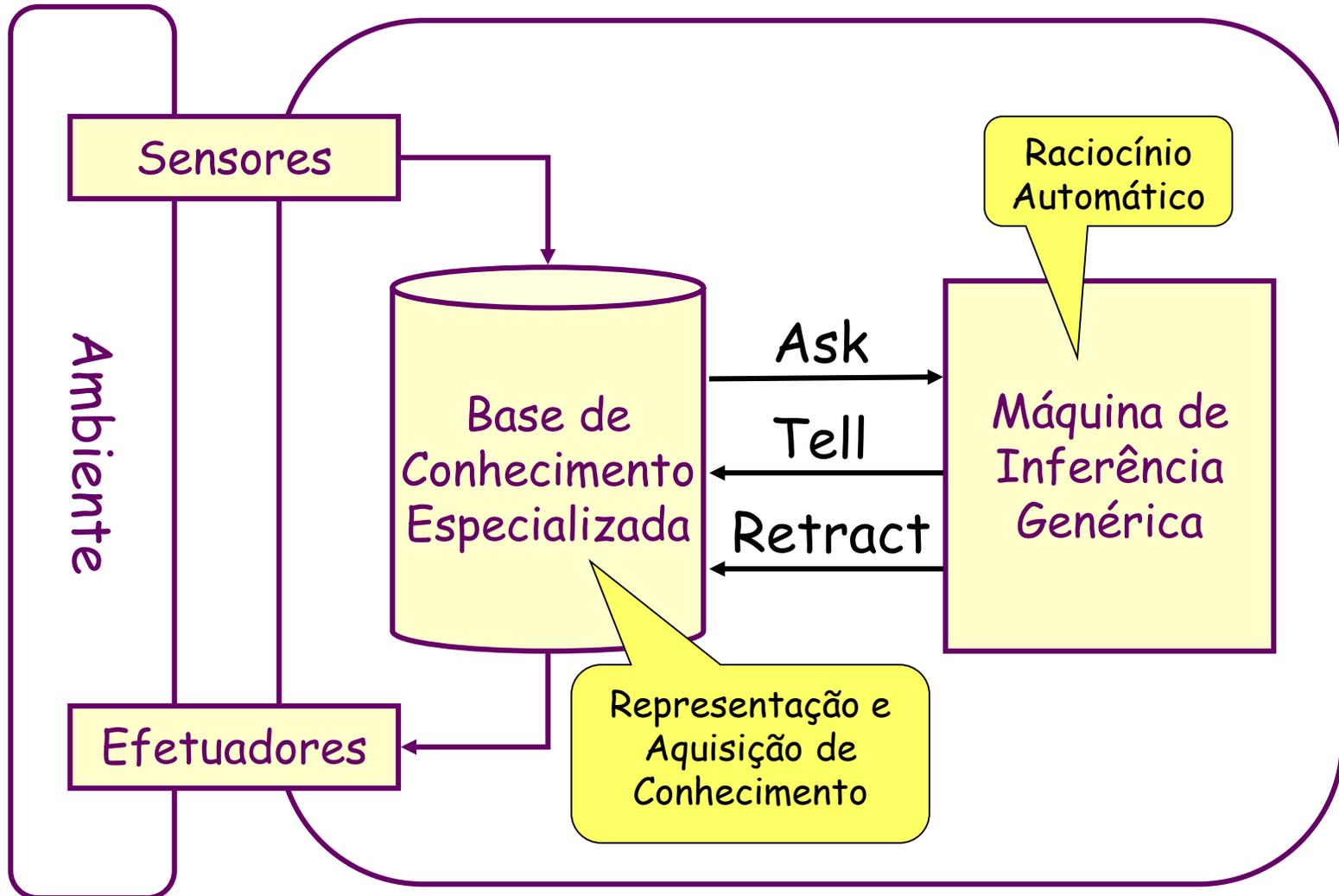
SBC (Sistemas baseados em conhecimento)

- Representação de Conhecimento
- Conceitos, relações entre eles, regras
- Heurísticas
- Conhecimento representado explicitamente, e separado do código que o manipula
- Podem e devem explicar seu raciocínio

Sistemas Baseados em Conhecimento

- Possuem dois componentes principais (separados):
 - Base de Conhecimento
 - Mecanismo de Inferência
- Base de Conhecimento (BC):
 - Contém sentenças em uma Linguagem de Representação de Conhecimento “tratável” pelo computador
 - representações de regras e fatos
 - ex., $\forall x \text{ Míssil}(x) \Rightarrow \text{Arma}(x)$
- Mecanismo (máquina) de Inferência associado:
 - responsável por inferir, a partir do conhecimento da BC, novos fatos ou hipóteses intermediárias/temporárias
 - ex., M1 é uma arma

Agente baseado em conhecimento



Ask = consulta; tell = inserção; retract = remoção

Conhecimento na Máquina

- **Dados:**

- cadeias numéricas ou alfanuméricas que não possuem significado associado
- ex. 12, m1, west, 10.... (?)

- **Informação:**

- dados organizados: significam alguma coisa para quem os recebe
- ex. 01, 03, 04, 06, 07, 08, 10 (meses ???)

- **Conhecimento:**

- Dado, informação ou abstração formatados de maneira a permitir raciocínio por um ser humano ou por uma máquina
- Representa objetos (entidades) de algum domínio, com suas propriedades e relações

Conhecimento na Máquina

- Exemplos de conhecimento formatado
 - Classes e objetos
 - relação Arma - Míssil - m1
 - Fórmula da lógica
 - InimigoPolítico(Cuba,USA)
 - Distribuição de probabilidade prévia e condicional de variáveis aleatórias
 - $P(\text{Cuba-usar-míssil-contr-USA} \mid \text{Cuba-tem-m1}) = 0,3$
- Basta saber isto?
 - Não!
 - É preciso saber como estruturar o conhecimento, identificar sua natureza e para efetivamente saber como usá-lo....

“Tipos” de Conhecimento

- Estático x Dinâmico
- Em intenção x Em extensão
- Declarativo x Procedimental
- Do problema x Meta-conhecimento
- Diagnóstico x Causal
- Dedutivo x Terminológico
- Síncrono x Diacrônico
- Certo x Incerto
- Preciso x Vago
- De senso comum x Especialista
- Explícito x Implícito

Conhecimento em Intenção x Extensão

- Conhecimento em intenção

- **Definição do conceito** (ou ação), normalmente **usando regras**, em termos de sua função, estrutura, etc.
 - ex. $\forall X, \text{cadeira}(X) \Rightarrow \text{assento}(X)$.
 - cadeira: serve para sentar, tem assento, ...
 - ex. $\forall X, \text{tem-dengue}(X) \Rightarrow \text{tem-dores}(X) \wedge \text{tem-febre}(X)$.
 - quem tem dengue tem febre, dores, ...

- Conhecimento em extensão

- **Instâncias do conceito**
- ex. cadeira 1, cadeira 21, cadeira 613,
- ex. os sintomas de dengue de João, de Zé, ...
- ex, $\text{loc}(\text{wall},0,1)$. $\text{loc}(\text{wall},0,2)$. $\text{loc}(\text{wall},0,3)$. $\text{loc}(\text{wall},0,4)$.
 $\text{loc}(\text{wall},5,1)$. $\text{loc}(\text{wall},5,2)$. $\text{loc}(\text{wall},5,3)$. $\text{loc}(\text{wall},5,4)$.
 $\text{loc}(\text{wall},1,0)$. $\text{loc}(\text{wall},2,0)$. $\text{loc}(\text{wall},3,0)$. $\text{loc}(\text{wall},4,0)$.
 $\text{loc}(\text{wall},1,5)$. $\text{loc}(\text{wall},2,5)$. $\text{loc}(\text{wall},3,5)$. $\text{loc}(\text{wall},4,5)$.

Conhecimento Declarativo X Procedimental

- **Conhecimento representado de modo:**
 - **Procedimental**
 - fatos e sequências de instruções para manipular esses fatos
 - ex.: como desmontar uma bicicleta
 - **Declarativo**
 - representação descritiva dos fatos, relacionamentos e regras
 - as partes de uma bicicleta e seus relacionamentos
 - o pai do pai é o avô

Conhecimento Estático x Dinâmico

- Conhecimento estático:
 - Aquele que já existe na BC e não mudará
 - Hierarquia de conceitos (classes de fatos)
 - ex, $\forall X, \text{gato}(X) \Rightarrow \text{felino}(X)$.
 - Restrições de integridades
 - ex, $\forall X, Y \text{ estrela-dalva}(X) \wedge \text{vênus}(Y) \Rightarrow X = Y$.
 - Regras de dedução sobre o domínio
 - ex, $\forall X, Y \text{ chefe}(X, Y) \Leftrightarrow \text{empregado}(Y, X)$
 - Meta-regras para controle e explicação do raciocínio
 - ex. preferir **ir para direita** caso tenha mais de uma escolha

Conhecimento Estático x Dinâmico

- Conhecimento dinâmico:
 - só existe durante a resolução de uma instância particular do problema
 - descrição da instância, hipóteses atuais, fatos novos,...
 - Fatos, *i.e.*, proposições sobre instâncias de conceitos
 - ex, $\text{loc}(\text{wumpus},2,1) \vee \text{loc}(\text{wumpus},1,2) \vee \text{loc}(\text{wumpus},2,3)$
 - ex. $\text{loc}(\text{wumpus},2,3)$.
 - ex. $\text{alive}(\text{wumpus},4)$.
 - ex. $\neg \text{alive}(\text{wumpus},7)$.

Senso Comum	Classe de problema	Instância do problema
Estático	Estático	Dinâmico
$\forall x \text{ Míssil}(x)$ $\Rightarrow \text{Arma}(x)$	$\forall x$ $\text{InimigoPolítico}(x, \text{USA})$ $\Rightarrow \text{Hostil}(x)$	Americano (West)

Meta-conhecimento

- Conhecimento sobre o conhecimento disponível:
 - Regras sobre “como” manipular as regras de conhecimento que estão em uma base
 - como escolher ações
 - ataco ou negocio?
 - Entre duas ações conflitantes, escolha a de maior utilidade
 - $\forall G,H,T,A,B \text{ goal}(G,T+1) \wedge \text{goal}(H,T+1) \wedge \text{result}(A,T,G,T+1) \wedge \text{result}(B,T,H,T+1) \wedge \neg \text{result}(A,T,H,T) \wedge \neg \text{result}(B,T,G,T) \wedge \text{utility}(G,\text{high}) \wedge \text{utility}(H,\text{low}) \Rightarrow \text{do}(A,T)$

Categorias de Raciocínio

Categorias de Raciocínio

- Dedução

- fatos + regras de inferência => novos fatos
- causa -> efeito
 - Se há fogo (causa), há fumaça (efeito). Aqui tem fogo, logo, aqui tem fumaça (novo fato)
- É o único tipo de inferência que preserva a verdade
 - *truth-preserving*

- Abdução

- inverso da dedução: do efeito para a causa
 - Se há fumaça, há fogo. Eu vi fumaça (efeito), logo aqui tem fogo (causa)
 - Ex. Se há febre e dor, a doença é dengue
- Este tipo de inferência preserva a falsidade
- A abdução estabelece a probabilidade da conclusão da inferência e não necessariamente a sua verdade.

Categorias de Raciocínio

- Indução

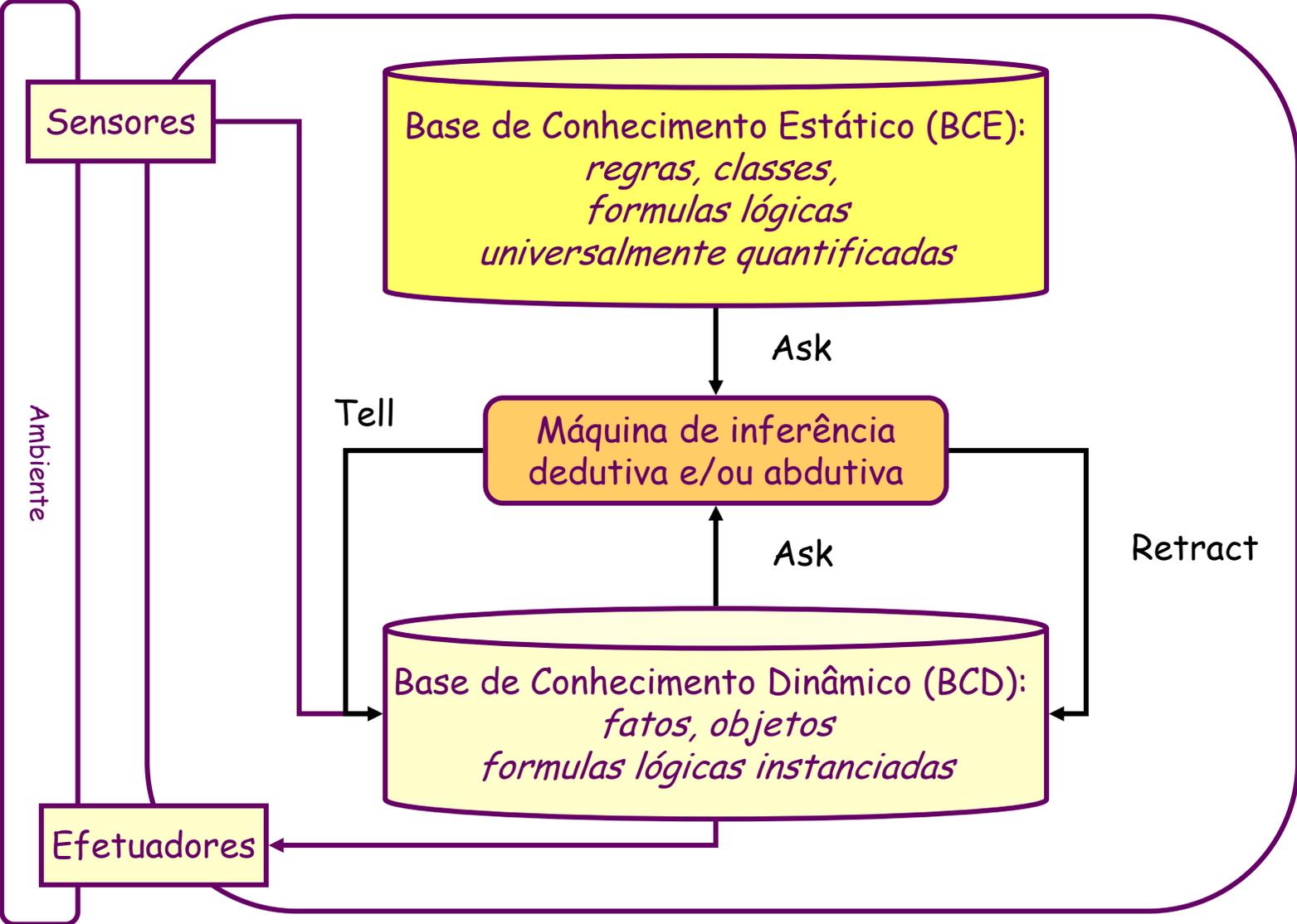
- parte dos fatos para gerar regras

- fato1 + fato2 + fato 3 => regra!

- ex. Sr. Antônio, assim como D. Maria, tem dengue e dor de cabeça, então **todo mundo que tem dengue, tem dor de cabeça**

- Transforma conhecimento em **extensão** em conhecimento em **intenção!!**

Agente baseado em conhecimento dedutivo ou abduativo



Categorias de Raciocínio

- Raciocínio Analógico

- fatos + similaridades + regras de adaptação + ...
- a partir de fatos (conhecimento em extensão), a da similaridade entre eles, resolve o problema **sem gerar regras**
 - ex.: Naquele caso de dengue, eu passei aspirina e não deu certo, logo vou evitar receitar aspirina neste caso semelhante

Raciocínio na Máquina

- Dedução e Abdução (via dedução)
 - usadas nos agentes baseados em **conhecimento declarativo**
- Indução e Analogia
 - usadas na **aprendizagem automática**
- **Dedução**: dois grandes grupos
 - Lógica e afins
 - Veremos mais sobre isso a seguir
 - Tratamento de incerteza
 - Probabilístico ou difuso (*fuzzy*)

Como Representar Conhecimento e Raciocinar?

Linguagens de Representação
do Conhecimento

Linguagens de Representação do Conhecimento

- Uma **Linguagem de Representação do Conhecimento (LRC)** é definida por:
 - 1) uma **sintaxe**, que descreve as configurações que podem constituir sentenças daquela linguagem
 - 2) uma **semântica**, que liga cada sentença aos fatos do mundo que ela representa
 - cada sentença faz uma **afirmação** a respeito do mundo
 - o Agente BC **acredita** nas sentenças armazenadas na sua base de conhecimento
- Toda LRC deve ter um mecanismo de inferência associado => raciocínio

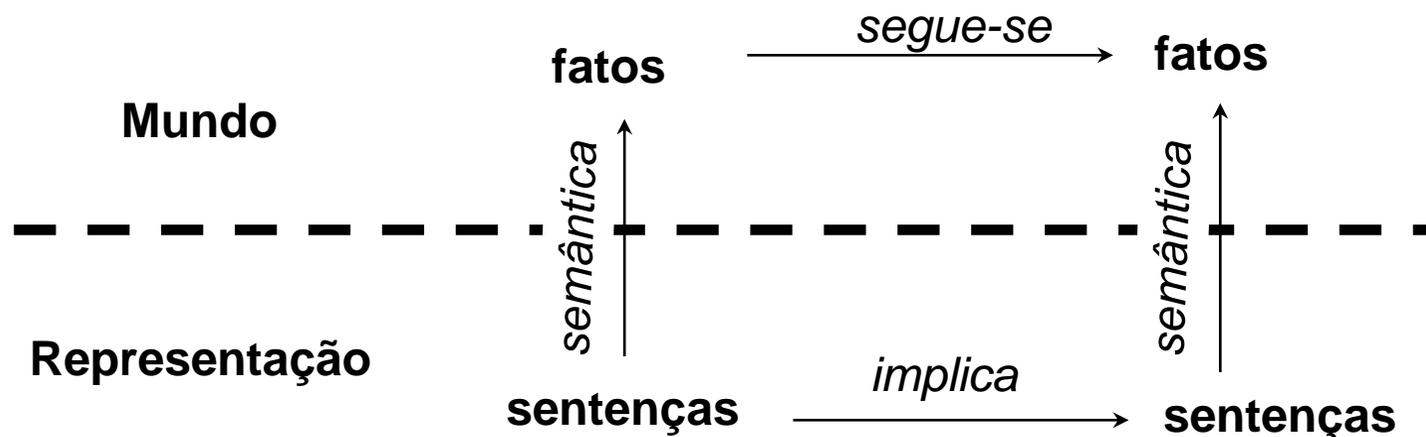
Representação & Raciocínio

- **Raciocínio**

- processo de construção de novas sentenças a partir de sentenças existentes

- Raciocínio plausível (sound):

- garante que as novas sentenças representam fatos que se seguem dos fatos representados pelas sentenças existentes na BC.
- implementa a relação de “*implicação*” entre sentenças



Linguagens de Representação do Conhecimento

- Linguagens de programação:
 - são precisas, porém não são suficientemente expressivas
- Linguagens naturais:
 - são muito expressivas, porém são ambíguas
- Linguagens de representação de conhecimento:
 - utilizadas para expressar as sentenças das BC
 - existem 3 grandes classes:
 - linguagens (predominantemente) **declarativas**
 - linguagens **procedimentais**
 - linguagens **híbridas**

Linguagens de Representação do Conhecimento

- **Programação Declarativa:** diz “o que”
 - representação descritiva dos fatos, relacionamentos e regras
 - ex. as partes de uma bicicleta e seus relacionamentos
 - ex. o pai do pai é o avô
- **Programação Procedimental:** diz “como”
 - fatos e seqüências de instruções para manipular esses fatos
 - ex.: como desmontar uma bicicleta