

Representação do conhecimento

Inteligência artificial
Prof. Allan Rodrigo Leite

Abordagens da inteligência artificial

- Abordagem simbólica
 - Baseada em lógica proposicional
 - Representação por regras e predicados
- Modelos conexionistas
 - Baseado no modelo cerebral
 - Redes neurais artificiais
- Modelos evolutivos
 - Baseado na natureza
 - Algoritmos genéticos, evolutivos e enxame

Abordagens da inteligência artificial

- Abordagem estatística
 - Baseada em probabilidade
 - Redes Bayesianas, vizinhos mais próximos
- Abordagem híbrida
 - Unem dois ou mais abordagens

Abordagem simbólica

- Objetiva a resolução de problemas a partir da lógica de predicados
- Requer
 - Identificar o conhecimento do domínio
 - Formalizar o conhecimento em uma representação lógica
 - Implementar um mecanismo de inferência

Conhecimento

- Sócrates é um humano (fato)
- Todo humano é mortal (predicado)

```
humano(socrates).  
 $\forall X [ \text{humano}(X) \rightarrow \text{mortal}(X) ]$ .
```

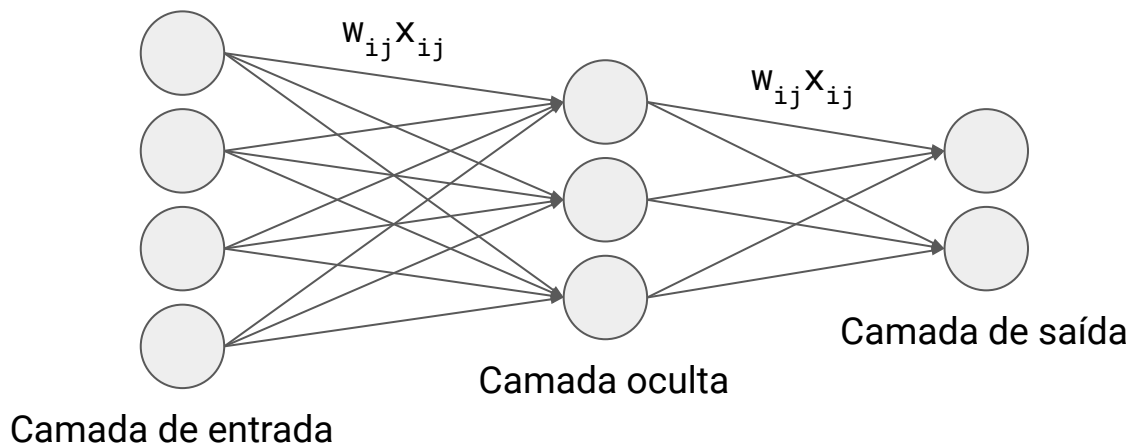
Inferência

Conhecimento inferido

- Sócrates é mortal (novo fato)
- ```
mortal(socrates).
```

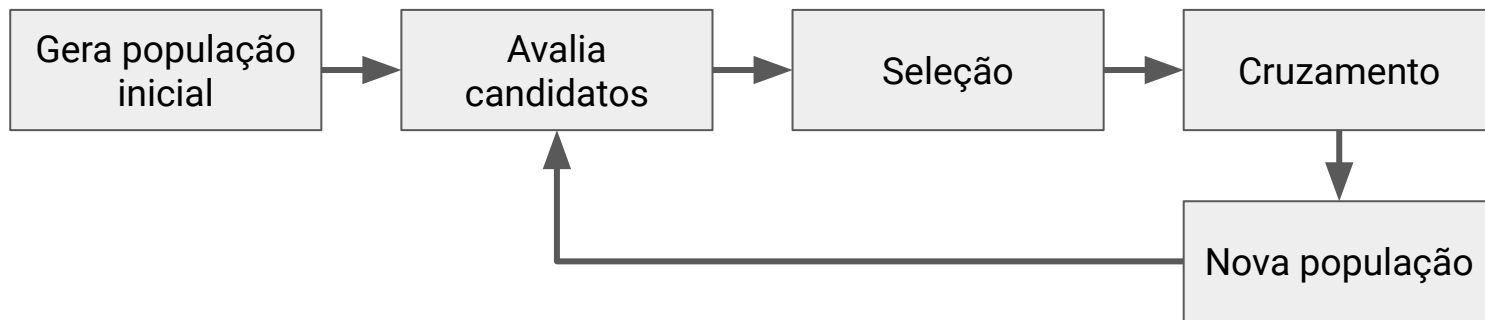
# Abordagem conexionista

- Resolução por aproximação de funções por regressão não linear
- Inspirado no cérebro humano
  - Neurônios estão conectados em rede
  - São capazes de aprender e generalizar a partir de aproximações



# Abordagem evolutiva

- Resolução a partir da geração aleatória de soluções baseadas em
  - Seleção, cruzamento e mutação
  - Visa a propagação de características genéticas
- Inspirado na teoria de seleção natural
  - Os indivíduos mais bem adaptados ao meio são os mais aptos

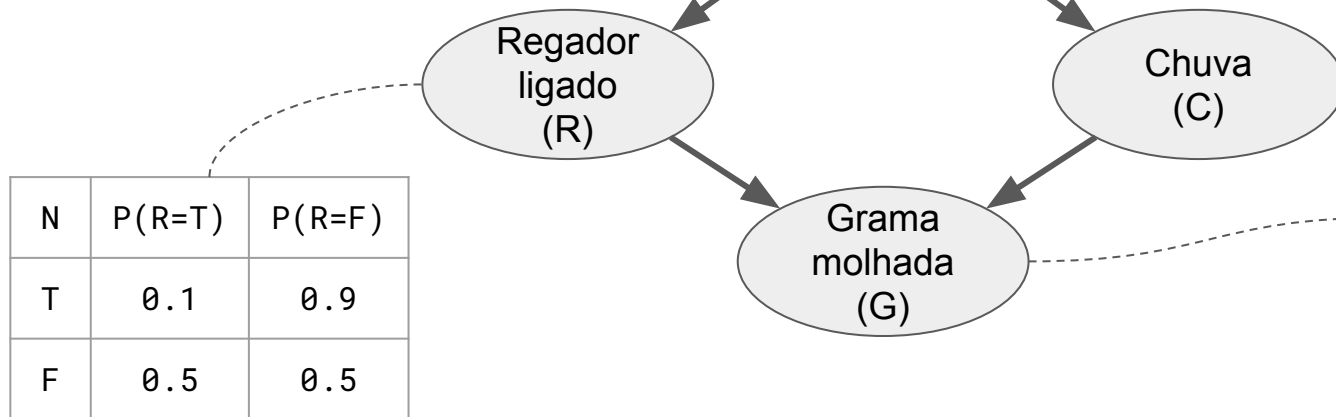


# Abordagem estatística

- Resolução por meio da probabilidade de solução
  - Permite o raciocínio sobre incertezas

| $P(N=T)$ | $P(N=F)$ |
|----------|----------|
| 0.5      | 0.5      |

| N | $P(R=T)$ | $P(R=F)$ |
|---|----------|----------|
| T | 0.8      | 0.2      |
| F | 0.2      | 0.8      |



| N | C | $P(G=T)$ | $P(G=F)$ |
|---|---|----------|----------|
| T | T | 0.99     | 0.01     |
| T | F | 0.9      | 0.1      |
| F | T | 0.9      | 0.1      |
| F | F | 0        | 1        |

# Abordagem híbrida

- Unem característica de um ou mais abordagens
  - Visa potenciar os resultados e minimizar algumas limitações
- Contudo, esta combinação pode resultar em um modelo demasiadamente complexo
  - Raciocínio de incertezas (modelo probabilístico)
  - Regras de produção (modelo simbólico)



# Representação do conhecimento

- Definição de conhecimento
  - Termo utilizado para capturar a compreensão de um indivíduo sobre um determinado domínio
- Tipos de conhecimento
  - Dados
    - Cadeias numéricas ou alfanuméricas que não têm significado isoladamente
  - Informação
    - Dados organizados que possuem um significado
  - Conhecimento
    - Informação que permite um raciocínio por um ser humano ou uma máquina
    - Representa objetos de algum domínio, suas propriedades e relações

# Representação do conhecimento

- Tipos de conhecimento (cont.)
  - Estático ou dinâmico
  - Do problema ou meta-conhecimento (aprender como aprender)
  - Diagnóstico ou causal
  - Dedutivo ou terminológico
  - Certo ou incerto
  - Preciso ou vago
  - Senso comum ou especializado
  - Explícito ou implícito

# Representação do conhecimento

- Tipos de conhecimento (cont.)
  - Conhecimento em intenção
    - Definição do conceito ou ação
    - Normalmente usa regras em termos de sua função, estrutura ou definição
    - Exemplo:  $\forall X \ [dengue(X) \rightarrow dores(X) \wedge febre(X)]$ .
    - Quem está com dengue tem febre e dores
  - Conhecimento em extensão
    - Instâncias do conceito ou de um evento
    - Descrevem ocorrências passadas envolvendo o domínio do problema
    - Exemplo: os sintomas de dengue do João foram dores e febre

# Representação do conhecimento

- Representação do conhecimento
  - Conjunto de convenções e regras sintáticas e semânticas utilizadas para descrever objetos e comportamentos
  - Buscam reproduzir características do raciocínio humano
    - Como um humano tipicamente representa seu conhecimento?
    - Como é usado este conhecimento?
    - Como é gerado um novo conhecimento?
- Objetivos da representação do conhecimento
  - Descrever o conhecimento de um especialista em um domínio específico
  - Facilitar a recuperação, inferência e validação sobre o conhecimento

# Linguagem de representação do conhecimento

- As linguagens de representação são definidas por
  - Sintaxe
    - Descreve configurações que podem constituir sentenças daquela linguagem
  - Semântica
    - Conecta cada sentença aos fatos do domínio que ela representa
    - Cada sentença faz uma afirmação a respeito do domínio
    - O sistema acredita nas sentenças estabelecidas
- A linguagem deve ter uma máquina de inferência associada
  - Em outras palavras, o mecanismo de raciocínio

# Linguagem 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 bases de conhecimento
  - Existem três grandes categorias
    - Linguagens declarativas
    - Linguagens procedimentais
    - Linguagens híbridas

# Linguagem de representação do conhecimento

- Programação declarativa
  - Representação descritiva dos fatos, relacionamentos e regras
  - Em geral refere-se ao “o que”
    - Exemplo: as partes de uma bicicleta e seus relacionamentos
- Programação procedimental
  - Fatos e sequências de instruções para manipular esses fatos
  - Em geral refere-se ao “como”
    - Exemplo: etapas para desmontar e montar uma bicicleta

# Linguagem de representação do conhecimento

- Alguns principais formalismos para representação do conhecimento
  - Cálculo de predicados
  - Redes semânticas
  - Sistemas de produção
  - Programação por restrição



# Cálculo de predicados

- Sistemas formais simbólicos compostos por
  - Objetos ou fatos
  - Predicados
  - Conectivos lógicos
    - $\neg$ : não
    - $\wedge$ : e
    - $\vee$ : ou
    - $\rightarrow$ : implica
  - Variáveis
  - Quantificadores
    - $\forall$ : universal (para todo)
    - $\exists$ : existencial (existe)

# Cálculo de predicados

- Objetos

- A noção de objeto tem um significado amplo no cálculo de predicados
- Objetos podem ser
  - Concretos: um livro, uma pessoa
  - Abstratos: um conjunto vazio, o infinito
  - Imaginários: um personagem,

- Predicados

- É uma relação entre objetos sobre um determinado contexto de discurso
  - Também conhecido como universo de discurso
- Um predicado é descrito por um símbolo de função seguido por seus argumentos
  - Os argumentos são elementos do domínio de um predicado
  - O número de argumentos é chamado de aridade

# Cálculo de predicados

- Conectivos lógicos
  - Permitem formar sentenças complexas a partir de sentenças simples
    - Permite combinar sentenças envolvendo variáveis e quantificadores
- Variáveis
  - Estabelecem fatos a respeito de objetos sobre um contexto de discurso
- Quantificadores
  - Universal
    - Descreve fatos a respeito de todos os objetos de um contexto, porém, sem a necessidade de enumerá-los explicitamente
  - Existencial
    - Descreve a existência de um objeto, porém, sem identificá-lo explicitamente

# Cálculo de predicados

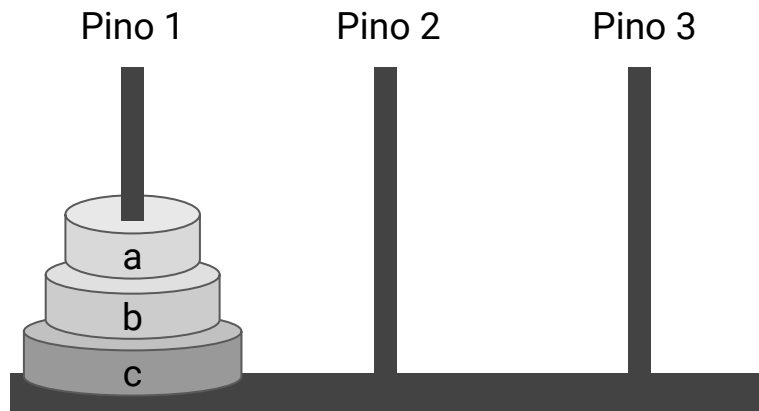
- Torre de Hanoi

```
disco(a).
disco(b).
disco(c).
```

```
sobre(c, mesa, pino1).
sobre(b, c, pino1).
sobre(a, b, pino1).
```

```
sobre(a, b, pino1) ^
sobre(b, c, pino1) ^
sobre(c, mesa, pino1).
```

```
 $\forall X [\text{disco}(X) \rightarrow \exists Y [\text{sobre}(X, Y, _)]].$
```



# Cálculo de predicados

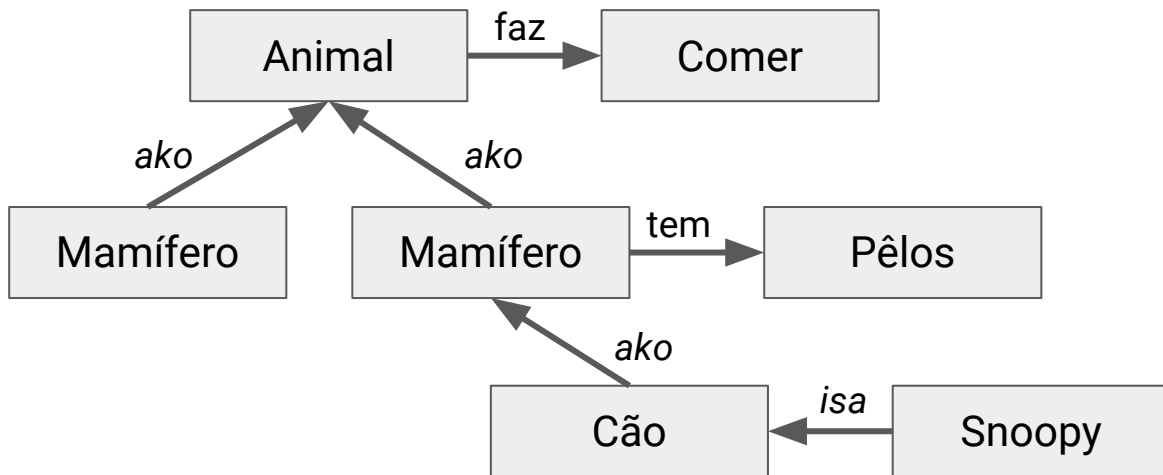
- Benefícios
  - Grande expressividade para representar diferentes universo de discurso
  - As sentenças são demonstráveis e de simples compreensão
- Limitações
  - Não lidam com incertezas ou crenças
  - Apresentam dificuldades para formalizar linguagem natural

# Redes semânticas

- Representa o conhecimento por meio de grafos direcionados
  - Os nós representam objetos e suas respectivas propriedades e valores
  - As arestas representam relações entre os nós
    - As relações também representam conhecimento
    - Também podem expressar *isa* (*is a*) ou *ako* (*a kind of*)
- É possível realizar inferências por meio das ligações do grafo
  - O objetivo de um motor de inferência é buscar e casar padrões
  - O processo de inferência baseia-se em buscas sobre o grafo

# Redes semânticas

- Motor de inferência
  - A busca é guiada por uma questão objetivo
    - Usa-se as ligações para validar o casamento de uma questão com um nó
    - Se não existir, são validados os nós vizinhos a partir de ligações *isa* e *ako*



# Redes semânticas

- Motor de inferência (cont.)
  - Ao submeter a questão “Snoopy come?”, valida-se a hipótese por
    - Snoopy é um cão
    - Cão é um mamífero
    - Mamífero é um animal
    - Animal come
  - Logo, a hipótese “Snoopy come” é confirmada
    - É possível também descrever todo conhecimento mapeado sobre Snoopy por meio de uma busca exaustiva
    - Uma busca em largura sobre o grafo a partir o nó “Snoopy” pode prover isto



# Redes semânticas

- Benefícios
  - Representação do conhecimento simples e eficiente
  - Similar à orientação a objetos em relação às classes e relacionamentos
  - Desempenho no processo de inferência (busca)
- Limitações
  - Conflitos entre características herdadas com ligações *ako*
  - Menos expressiva que o calculo de predicados
  - Inferências sobre redes complexas podem ser um desafio

# Sistemas de produção

- Sistema de representação procedimental
  - Regras de produção representam conhecimento por meio de um conjunto de regras do tipo **se** <condição> **então** <ação>
    - A ação corresponde a algum procedimento
    - Este procedimento leva a uma conclusão ou mudança no estado corrente
- Regras de produção
  - Contém um fragmento independente do conhecimento
  - Cujo conhecimento pode ser refinado com a adição de uma nova regra

# Sistemas de produção

- Um sistema de produção é formado por
  - Base de conhecimento composta por regras e fatos
    - Regras são declarações sobre classes e objetos se então
    - Fatos são declarações sobre objetos específicos
  - Memória de trabalho
    - Representa o estado do problema em um dado momento
    - Manipula dados transientes e de curta duração
    - Existem enquanto uma dada regra estiver sendo interpretada
  - Máquina de inferência
    - É acionada ao ser especificado um estado meta
    - Executa regras e determina quais são relevantes a partir de ciclos

# Sistemas de produção

- Um ciclo da máquina de estados pode ser dividido em três etapas
  - Seleção de regras (casamento)
    - Busca as regras que são satisfeitas pelo conteúdo da memória de trabalho
  - Resolução de conflitos
    - Usa estratégias para resolver conflitos no casamento das regras
    - As principais são raciocínio orientado a regras (frente) ou a metas (trás)
  - Ação
    - Procedimento a ser realizado após o casamento e resolução de conflitos
    - Normalmente altera o estado da memória de trabalho

# Sistemas de produção

- Benefícios
  - Habilidade cresce proporcional ao tamanho da base de conhecimento
  - Resolve vários problemas complexos utilizando regras simples
    - Ao combinar os resultados de maneira apropriada
  - Simplicidade para explicar as conclusões alcançadas
    - Segue uma linha de raciocínio normalmente usada em linguagem natural
- Limitações
  - Dificuldade para introduzir modificações na base de conhecimento
  - Desafio para localizar informações desejadas

# Programação por restrição

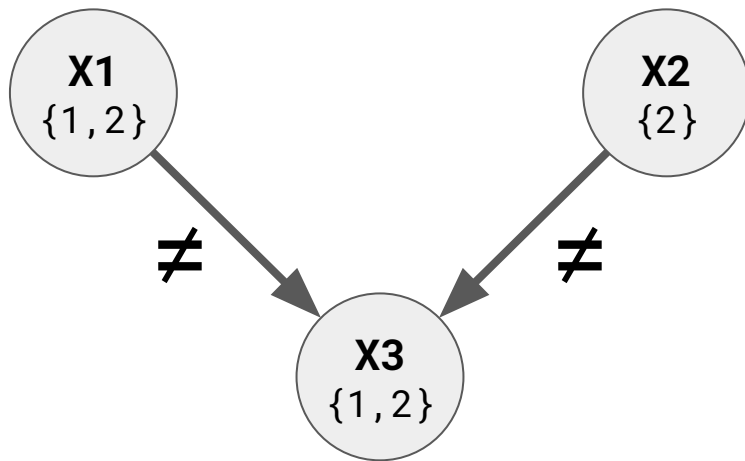
- São sistemas computacionais baseados em restrições
  - Visa a resolução de problemas por restrições definidas sobre o domínio
  - Descreve o universo de discurso por meio de variáveis e restrições
- Definição de restrição
  - Relação lógica entre uma ou mais variáveis
    - Cada variável possui um domínio discreto e finito
    - As relações visam restringir os valores que as variáveis podem assumir
  - Cada restrição define parte das informações de um dado problema
    - São declarativas e raramente são independentes

# Programação por restrição

- O CSP é uma principais técnicas para programação por restrição
  - Problema de satisfação de restrição (*Constraint Satisfaction Problem*)
  - Visa encontrar um conjunto de atribuições sem violar nenhuma restrição
- Um CSP é composto por  $\langle \mathcal{X}, \mathcal{D}, \mathcal{R} \rangle$ 
  - $\mathcal{X}$  é o conjunto de variáveis
  - $\mathcal{D}$  é um conjunto de domínios para cada variável
    - Domínios discretos e finito
  - $\mathcal{R}$  é um conjunto de restrições entre as variáveis
    - Envolvendo uma ou mais variáveis
    - Em geral são restrições binárias

# Programação por restrição

- Algoritmos de busca (*CSP solvers*)
  - São métodos inteligentes para resolução de CSP
  - Implementam heurísticas para acelerar a busca pela solução





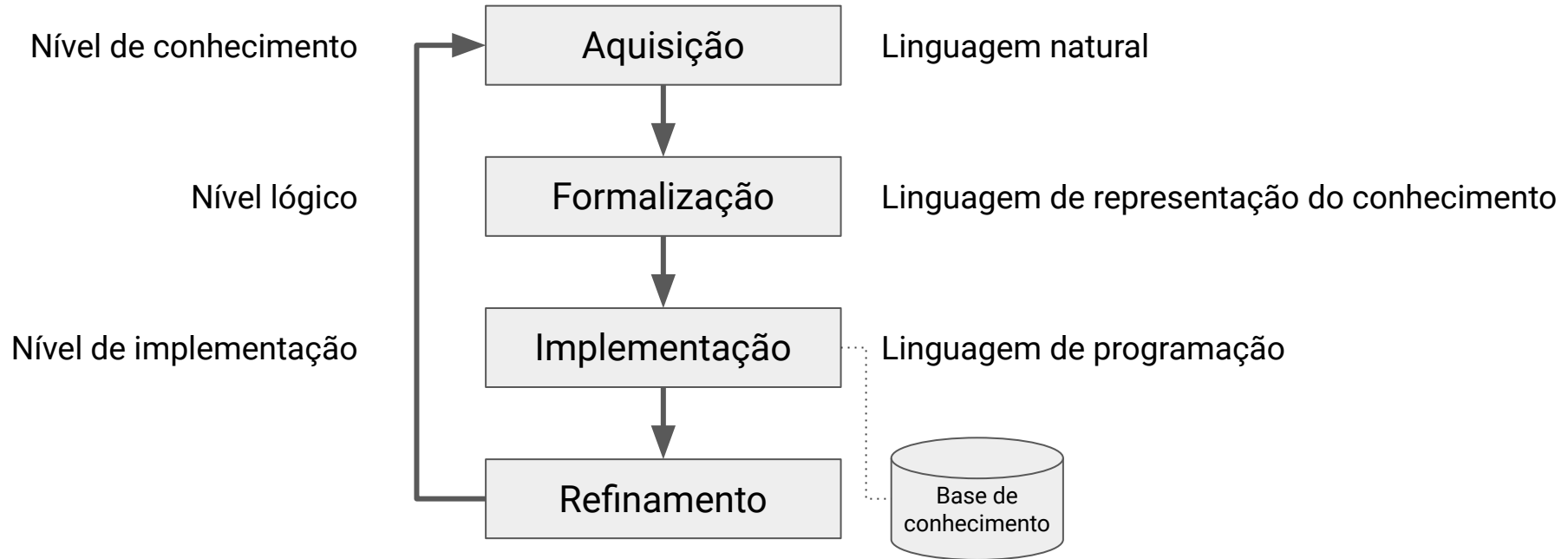
# Programação por restrição

- Benefícios
  - Potencial para modelar naturalmente diversos problemas do mundo real
  - Existência de inúmeros métodos de resolução de CSP
- Limitações
  - Requer métodos complexos para resolução de CSP
    - Este formalismo pertence a classe de complexidade NP-completo
    - Trata com problemas de natureza combinatória
  - Modelagem do problema como um CSP não é uma tarefa trivial

# Engenharia do conhecimento

- Disciplina que estuda estratégias para construção de uma base de conhecimento adequada
  - Nível do conhecimento
    - Aquisição de conhecimento
    - Conhecimento em estado puro, isto é, em linguagem natural
  - Nível lógico
    - Formalização e definição de um banco de conhecimento
    - Conhecimento codificado em sentenças em uma linguagem formal
  - Nível de máquina
    - Implementação final do programa de computador
    - Estrutura de dados representando as sentenças do nível lógico

# Engenharia do conhecimento



# Exercícios

1. Formalize as sentenças a seguir a partir do cálculo de predicados
  - Tudo que sobe, desce.
  - Nenhum leão é manso.
  - Todo circo tem palhaço.
  - Toda pedra preciosa é cara.
  - Nenhum homem é infalível.
  - Ninguém gosta de impostos.
  - Existem impostos que não são bem empregados.
  
2. Descreva seu quarto utilizando redes semânticas. Em seguida, valide a expressividade da rede realizando inferências a partir de algumas questões como
  - Onde está localizado o objeto X?
  - Onde se localiza o acesso ao cômodo?
  - Quantos pontos elétricos existem no total e quantos ainda estão disponíveis?

# Representação do conhecimento

Inteligência artificial  
Prof. Allan Rodrigo Leite