



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

Programação em Lógica Estendida Conhecimento Imperfeito

LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
MESTRADO integrado EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
Inteligência Artificial



“Everything is vague to a degree you do not realize till you have tried to make it precise.”

Bertrand Russell

(English philosopher and mathematician (1872-1970))



Uma entidade que conheça todo o conhecimento (os factos e regras) acerca do ambiente que o rodeia, usando uma qualquer aproximação (lógica) tem a capacidade de derivar planos (cujo sucesso é garantido).

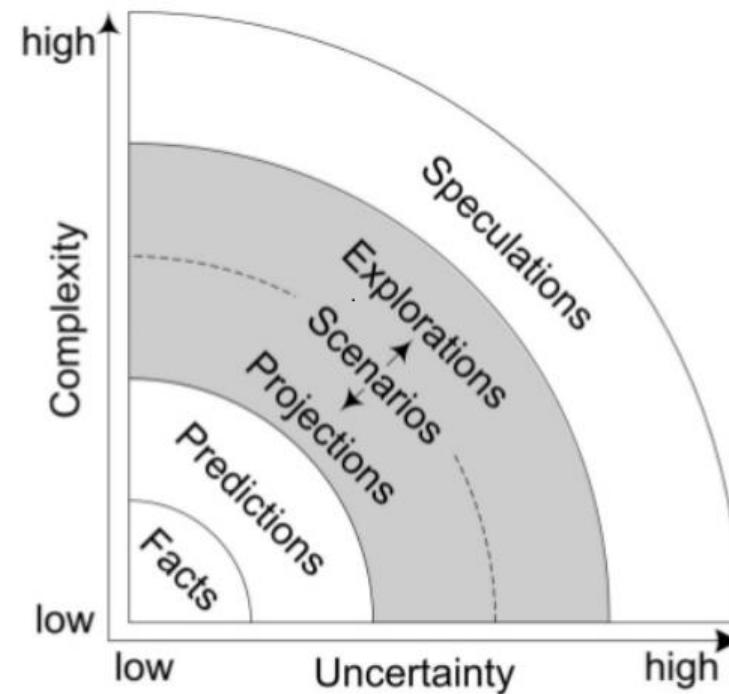
Mas:

- Muito raramente uma qualquer entidade têm acesso a todos os factos (verdade) acerca do seu ambiente;
- O que implica, que são obrigados a atuar constantemente numa base de incerteza/Imprecisão;
- Nota: Entidade = Pessoa ou mesmo Entidade = Agente

Incerteza associada a decisão



Making Decision



- Dados incertos;
- Conhecimento incerto (não confiável);
- Representação incerta do conhecimento;
- Processo de Inferências.

Incerteza versus Imprecisão

- 
- Incerteza:
 - O predicado está bem definido, mas não conheço o seu valor verdadeiro.
 - Ex., os dados laboratoriais de um sintoma podem se atrasar, a medicina pode ter uma teoria incompleta para algumas doenças.
 - Raciocínio Estatístico - Redes Bayesianas – que são utilizadas para tratar da incerteza por probabilidade.
 - Imprecisão:
 - O predicado é vago por si.
 - Ex., a hora em que um evento ocorreu pode ser conhecida apenas aproximadamente.
 - Raciocínio dos Conjuntos Vagos - Fuzzy – estes tratam da imprecisão (possibilidade).
 - Mistos
 - No entanto em alguns domínios coexistem esses dois tipos de incerteza: a Imprecisão e a Probabilidade.



Como podemos capturar o facto de não ter certeza de que:
O Paulo tem um febre?

Algumas possíveis respostas....

Lógica

Não sei se o Paulo tem febre ou não.
febre e \neg febre.



Probabilidades

A probabilidade de o paciente Paulo ter febre é 0,6.

Podemos saber isso a partir de dados estatísticos ou através de algum conhecimento geral sobre o assunto.

Métodos de tratamento da Imperfeição do Conhecimento

Métodos Qualitativos

- Hipótese de mundo fechado
- Circunscrição
- Lógica e raciocínio *Default*
- *Truth maintenance system*
- Modelos Conexionistas
- ...

Destacam-se em ambientes de inexistência de conhecimento.

Métodos Quantitativos

- Teoria das Probabilidades
- Fatores de Certeza
- Redes *Bayesianas*
- *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic*

Destacam-se em ambientes de incerteza/imprecisão de conhecimento

- Representação de conhecimento imperfeito;
- Representação simbólica de conhecimento imperfeito:
 - Incerto;
 - Impreciso;
 - Interdito;
- Implementação de mecanismos de raciocínio não monótono.

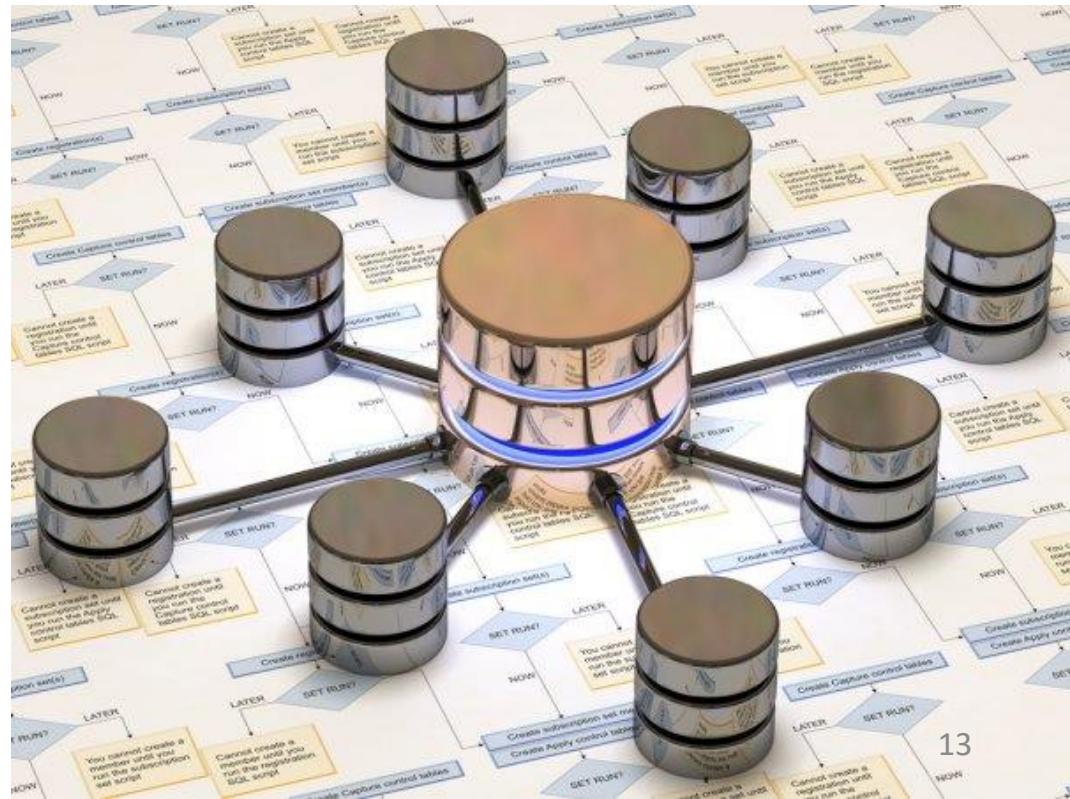


- Manipulação de informação simbólica;
- Representação explícita de conhecimento falso;
- Extensão da capacidade de responder a perguntas;
- Expansão da habilidade para resolver problemas.



Bases de Dados Desenvolvimento de *Software*

- Pressuposto dos Nomes Únicos:
 - Duas constantes diferentes designam duas entidades diferentes.



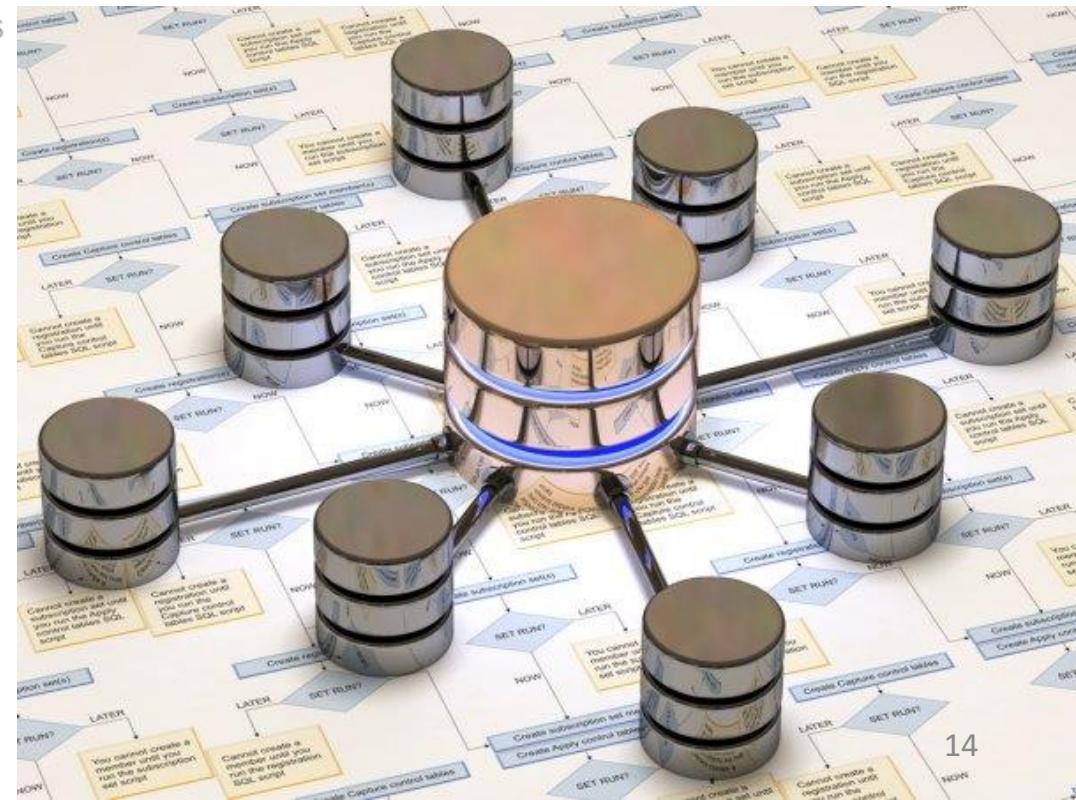
Bases de Dados Desenvolvimento de *Software*

- Pressuposto dos Nomes Únicos:

- Duas constantes diferentes designam duas entidades diferentes.

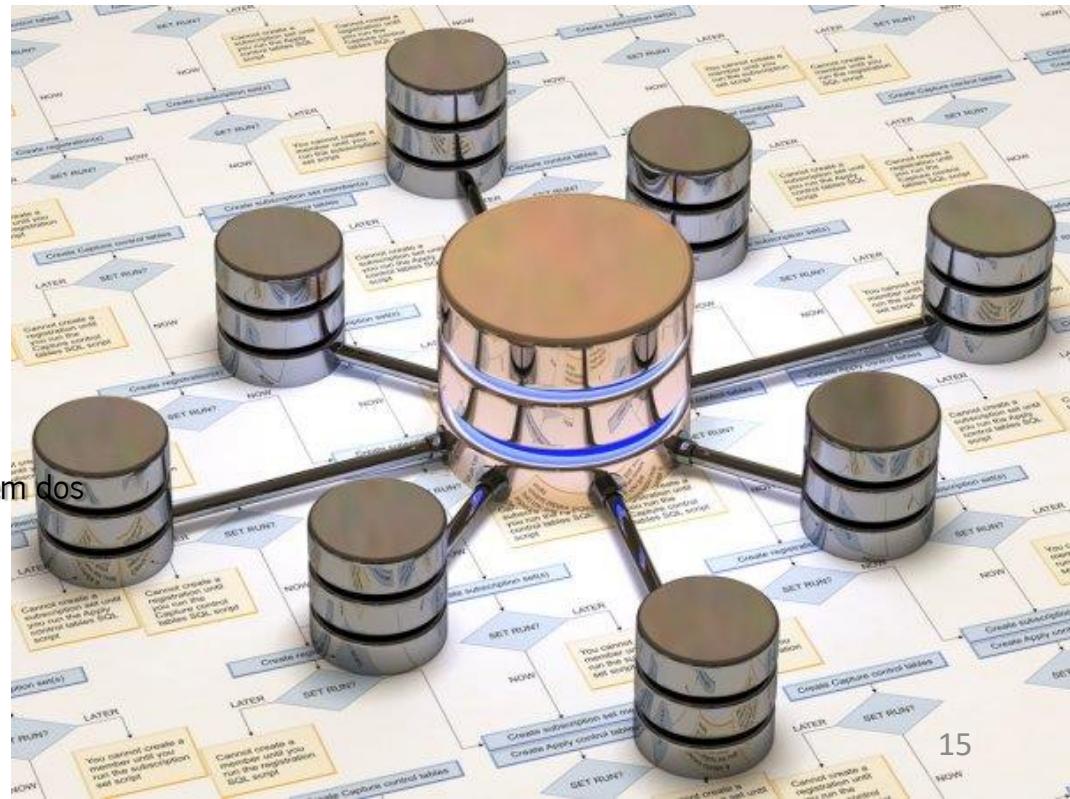
- Pressuposto do Mundo Fechado:

- Todo o conhecimento que não existe mencionado é considerado falso.



Bases de Dados Desenvolvimento de *Software*

- Pressuposto dos Nomes Únicos:
 - Duas constantes diferentes designam duas entidades diferentes.
- Pressuposto do Mundo Fechado:
 - Todo o conhecimento que não existe mencionado é considerado falso.
- Pressuposto do Domínio Fechado:
 - Não há mais objetos no universo de discurso para além dos designados por constantes.



Bases de Conhecimento Inteligência Artificial

- Pressuposto dos Nomes Únicos:

- Duas constantes diferentes designam duas entidades diferentes.

- Pressuposto do Mundo **Aberto**:

- Todo o conhecimento que não existe mencionado é considerado falso.

- Pressuposto do Domínio **Aberto**:

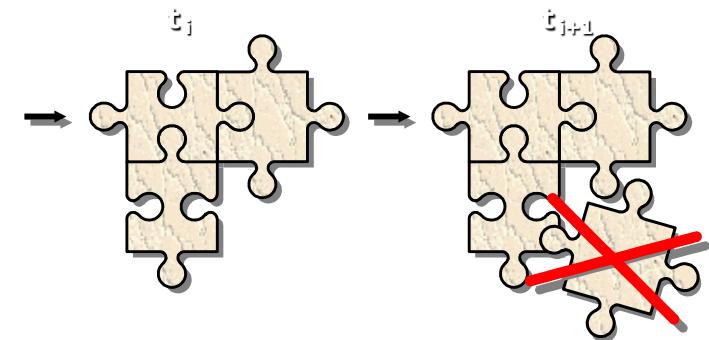
- Não há mais objetos no universo de discurso para além dos designados por constantes.





- Monotonia:
 - Não admite contradição com conclusões anteriores.

Monotonia *versus* não Monotonia

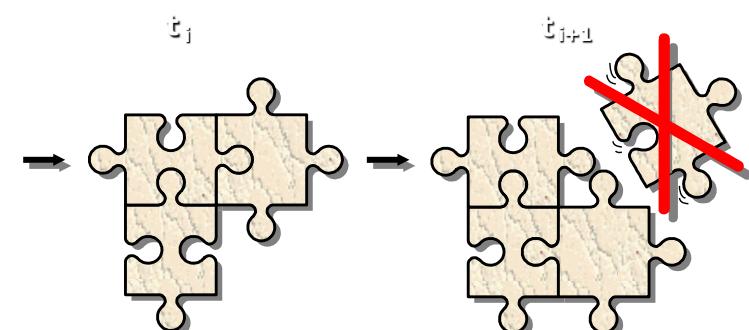
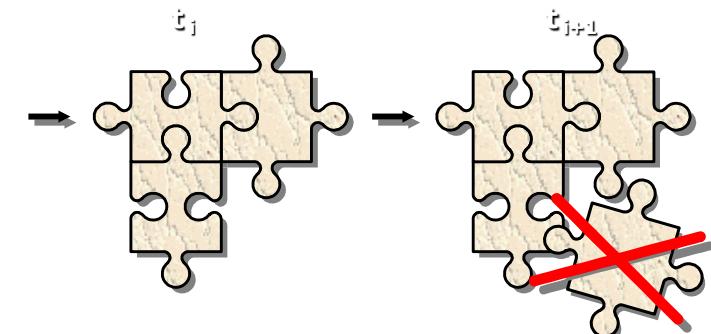




- Monotonia:
 - Não admite contradição com conclusões anteriores.

- Não Monotonia:
Justifica-se pela
 - consideração de pressupostos temporários;
 - obtenção de conclusões plausíveis;
 - flexibilização da evolução do conhecimento;
 - dificuldade na representação completa do conhecimento.

Monotonia *versus* não Monotonia



Programação em Lógica

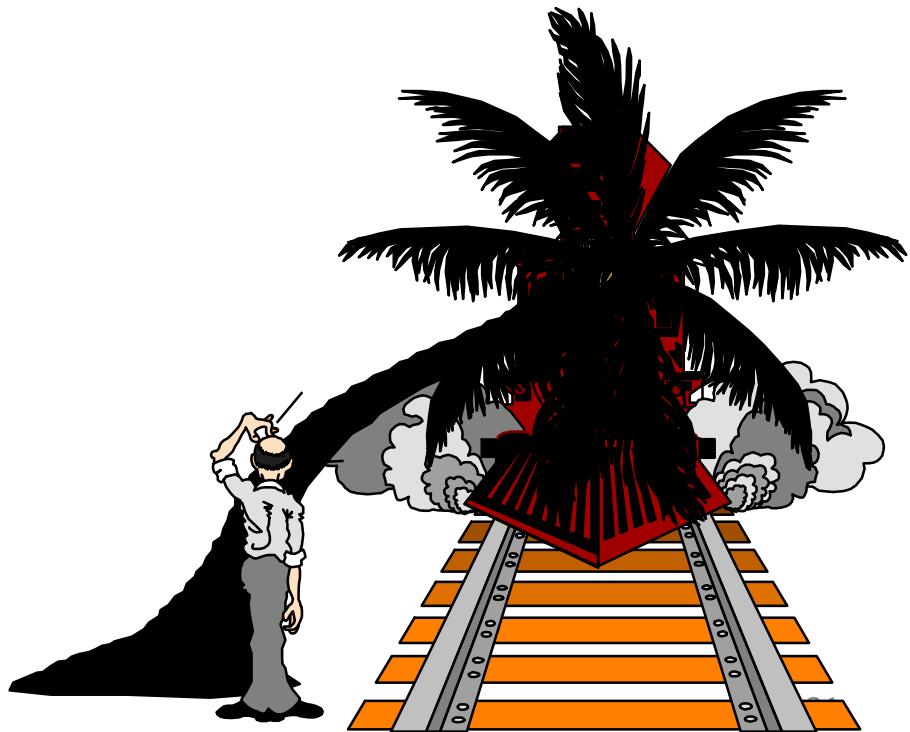
- A programação em lógica determina a veracidade ou falsidade de questões:
 - $\text{voa}(X) \leftarrow \text{ave}(X)$
 - $\text{não-voa}(X) \leftarrow \text{avestruz}(X)$

Programação em Lógica Estendida

- A programação em lógica determina a veracidade ou falsidade de questões:
 - $\text{voa}(X) \leftarrow \text{ave}(X)$
 - $\text{não-voa}(X) \leftarrow \text{avestruz}(X)$
- A extensão à programação em lógica permite representar explicitamente informação falsa:
 - $\neg \text{voa}(X) \leftarrow \text{avestruz}(X)$

- Negação por falha na prova:
 - atravessar \leftarrow não comboio

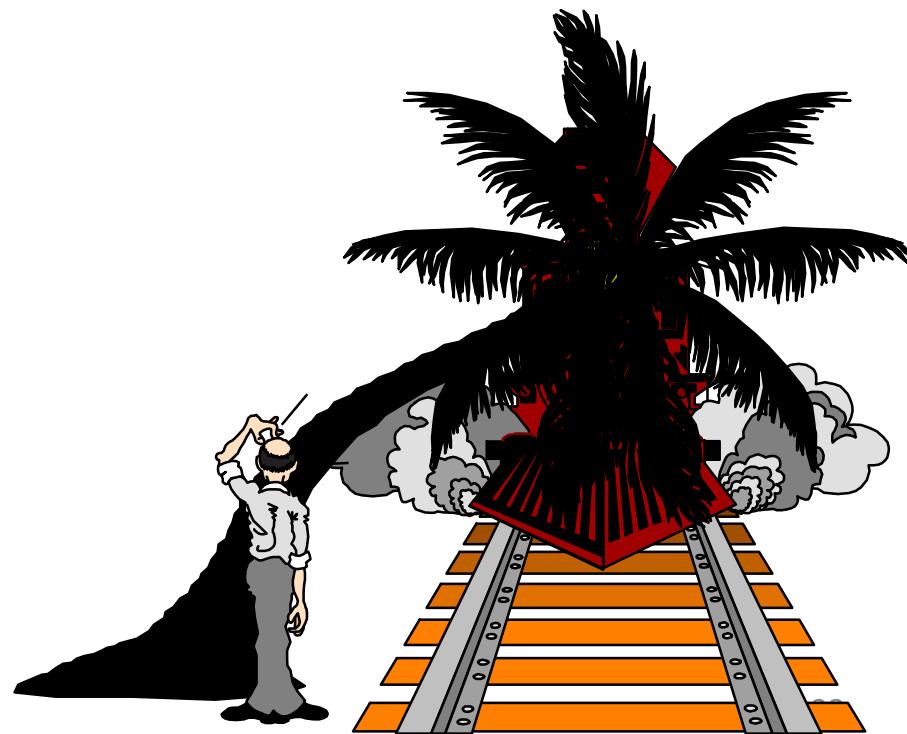
A Negação por Falha na Prova



- Negação por falha na prova:
 - atravessar \leftarrow não comboio

- Negação clássica:
 - atravessar $\leftarrow \neg$ comboio

A Negação Clássica (explícita, forte, ...)



Inferência/Raciocínio

- Genericamente, a resposta a uma questão $q(X)$ é:

- **verdadeira** se $\exists X : q(X)$



- **falsa** se $\exists X : \neg q(X)$



- Genericamente, a resposta a uma questão $q(X)$ é:

- **verdadeira** se $\exists X : q(X)$



- **falsa** se $\exists X : \neg q(X)$



- **desconhecida** se $\neg \exists X : q(X) \vee \neg q(X)$



- Aplicação do sistema de inferência ao programa:
 - $\text{par}(0)$
 - $\text{par}(\text{suc}(\text{suc}(X))) \leftarrow \text{par}(X)$



- Aplicação do sistema de inferência ao programa:
 - $\text{par}(0)$
 - $\text{par}(\text{suc}(\text{suc}(X))) \leftarrow \text{par}(X)$

- O conjunto de soluções é:
 $\{\text{par}(0), \text{par}(2), \text{par}(4) \dots\}$

- que permite $\text{par}(1)$ ser **desconhecido**

- $\text{par}(0)$
- $\text{par}(\text{suc}(\text{suc}(X))) \leftarrow \text{par}(X)$

- O conjunto de soluções é:
 $\{\text{par}(0), \text{par}(2), \text{par}(4) \dots\}$

- que permite $\text{par}(1)$ ser **desconhecido**

- Aplicação do sistema de inferência ao programa:
 - $\text{par}(0)$
 - $\text{par}(\text{s}(\text{s}(X))) \leftarrow \text{par}(X)$
 - $\neg\text{par}(X) \leftarrow \neg\text{par}(X)$

Inferência/Raciocínio

- $\text{par}(0)$
- $\text{par}(\text{suc}(\text{suc}(X))) \leftarrow \text{par}(X)$

- O conjunto de soluções é:
 $\{\text{par}(0), \text{par}(2), \text{par}(4) \dots\}$

o que permite $\text{par}(1)$ ser **desconhecido**

- Aplicação do sistema de inferência ao programa:

- $\text{par}(0)$
- $\text{par}(\text{suc}(\text{suc}(X))) \leftarrow \text{par}(X)$
- $\neg\text{par}(X) \leftarrow \neg\text{par}(X)$

Formalização do PMF!

- O conjunto de soluções é:
 $\{\text{par}(0), \neg\text{par}(1), \text{par}(2), \neg\text{par}(3) \dots\}$

o que permite $\text{par}(1)$ ser **falso**

Representação de Conhecimento Imperfeito

- Valores Nulos:

- Incerto

Desconhecido, genericamente;



- Impreciso

Desconhecido, mas de um conjunto determinado de hipóteses;



- Interdito

Desconhecido e não permitido conhecer.



Base de conhecimento

- Relação Filho: Filhos x Pais

Filhos	Pais
João	José
José	Manuel
Carlos	José

- O João é filho do José?
- O João é filho do Adão?

- filho(joao,jose).
- filho(jose,manuel).
- filho(carlos,jose).
-

- filho(joao,jose)?
- filho(joao,adao)?

Formalização do PMF

- Relação Filho: Filhos x Pais

Filhos	Pais
João	José
José	Manuel
Carlos	José

- O João é filho do José?
- O João é filho do Adão?

- filho(joao,jose).
- $\text{filho(jose,manuel).}$
- $\text{filho(carlos,jose).}$
- $\neg\text{filho(F,P)} \leftarrow \neg\text{filho(F,P)} \wedge \text{não exceção(F,P)}$

- filho(joao,jose)?
- filho(joao,adao)?



- Relação Filho: Filhos x Pais

Filhos	Pais
João	José
José	Manuel
Carlos	José
Belém	Alguém

- A Belém é filha do Adão?
- A Belém é filha do João?

- filho(joao,jose).
- filho(jose,manuel).
- filho(carlos,jose).
- $\neg \text{filho}(F,P) \leftarrow \neg \text{filho}(F,P) \wedge \neg \text{exceção}(F,P)$
- filho(belém, alguém)
- exceção(F,P) $\leftarrow \text{filho}(F,\text{alguém})$
- filho(belem,adao)?
- filho(belem,joao)?

- Relação Filho: Filhos x Pais

Filhos	Pais
João	José
José	Manuel
Carlos	José
Belém	Alguém
Maria	{ Faria, Garcia }

- A Maria é filha do Faria?
- A Maria é filha da Sofia?

- filho(joao,jose).
- filho(jose,manuel).
- filho(carlos,jose).
- $\neg\text{filho}(F,P) \leftarrow \neg\text{filho}(F,P) \wedge \neg\text{exceção}(F,P)$
- ...
- exceção(maria,faria).
- exceção(maria,garcia).
- filho(maria,faria)?
- filho(maria,sofia)?



- Relação Filho: Filhos x Pais

Filhos	Pais
João	José
José	Manuel
Carlos	José
Belém	Alguém
Maria	{ Faria, Garcia }
Bebé	Júlio

- O André é filho do Júlio?
- O André é filho do Júlio.

- ...
- $\neg \text{filho}(F, P) \leftarrow \text{não filho}(F, P) \wedge \text{não exceção}(F, P).$

- $\text{filho}(\text{bebe}, \text{julio}).$
- $\text{exceção}(F, P) \leftarrow \text{filho}(\text{bebe}, P).$

Representação estática do conhecimento

- $\text{filho}(\text{andre}, \text{julio}) ?$
- $\text{filho}(\text{andre}, \text{julio}).$



- Relação Filho: Filhos x Pais

Filhos	Pais
João	José
José	Manuel
Carlos	José
Belém	Alguém
Maria	{ Faria, Garcia }
Bebé	Júlio

- O André é filho do Júlio?
- O André é filho do Júlio.

- ...
- $\neg \text{filho}(F, P) \leftarrow \neg \text{filho}(F, P) \wedge \neg \text{exceção}(F, P).$
- $\text{filho}(\text{bebe}, \text{julio}).$
- $\text{exceção}(F, P) \leftarrow \text{filho}(\text{bebe}, P).$
- $\text{nulo}(\text{bebe}).$
- $\neg \text{filho}(F, \text{julio}) \wedge \neg \text{nulo}(F)$
- $\text{filho}(\text{andre}, \text{julio}) ?$
- $\text{filho}(\text{andre}, \text{julio}).$

Representação dinâmica do
conhecimento

Sistema de inferência

- Sistema de inferência (meta-predicado):

si: Questão x Resposta

- **verdadeira**

$$\exists X : q(X)$$

- **falsa**

$$\exists X : \neg q(X)$$

- **desconhecida**

$$\neg \exists X : q(X) \vee \neg q(X)$$

- si(Questao,verdadeiro) :-
Questao.

- si(Questao, falso) :-
-Questao.

- si(Questao,desconhecido) :-
nao(Questao),
nao(-Questao).

- Extensão à Programação em Lógica:
 - Duas formas de negação;
 - Distinção entre falso e não verdadeiro.
- Formalização do PMF na PLE:
 - Maior flexibilidade;
 - Identificação, tratamento e raciocínio sobre valores nulos.
- Novo tipo de dados: Valores Nulos.



Sugestões de trabalho futuro

- Sofisticação do interpretador;
- Tratamento da assimilação de conhecimento e aprendizagem;
- Manipulação de bases de conhecimento não destrutivas.



Referências bibliográficas

- Cesar Analide, José Neves, "Representação de Informação Incompleta", Texto Pedagógico, 2010.
- Ivan Bratko, "PROLOG: Programming for Artificial Intelligence", 3rd Edition, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2000.
- Hélder Coelho, "A Inteligência Artificial em 25 lições", Fundação Calouste Gulbenkian, 1995.



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Departamento de Informática

LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
MESTRADO integrado EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
Inteligência Artificial