

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
2022/23

- 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.



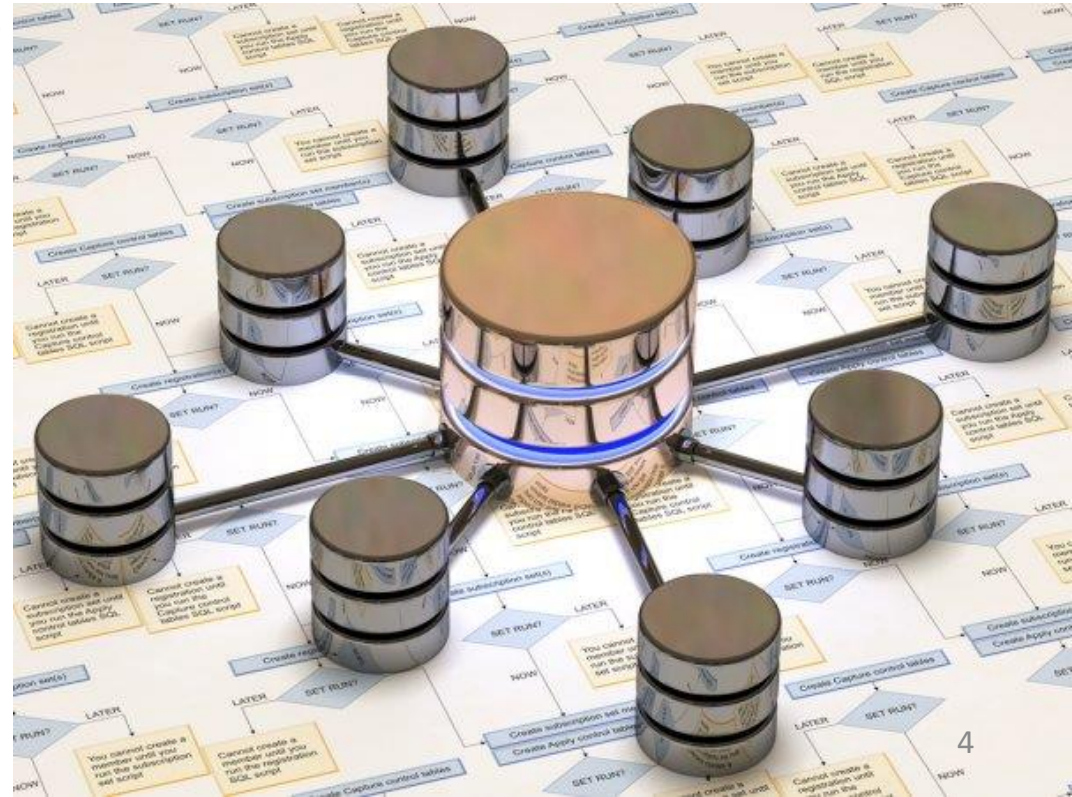


ISLab

Synthetic Intelligence Lab

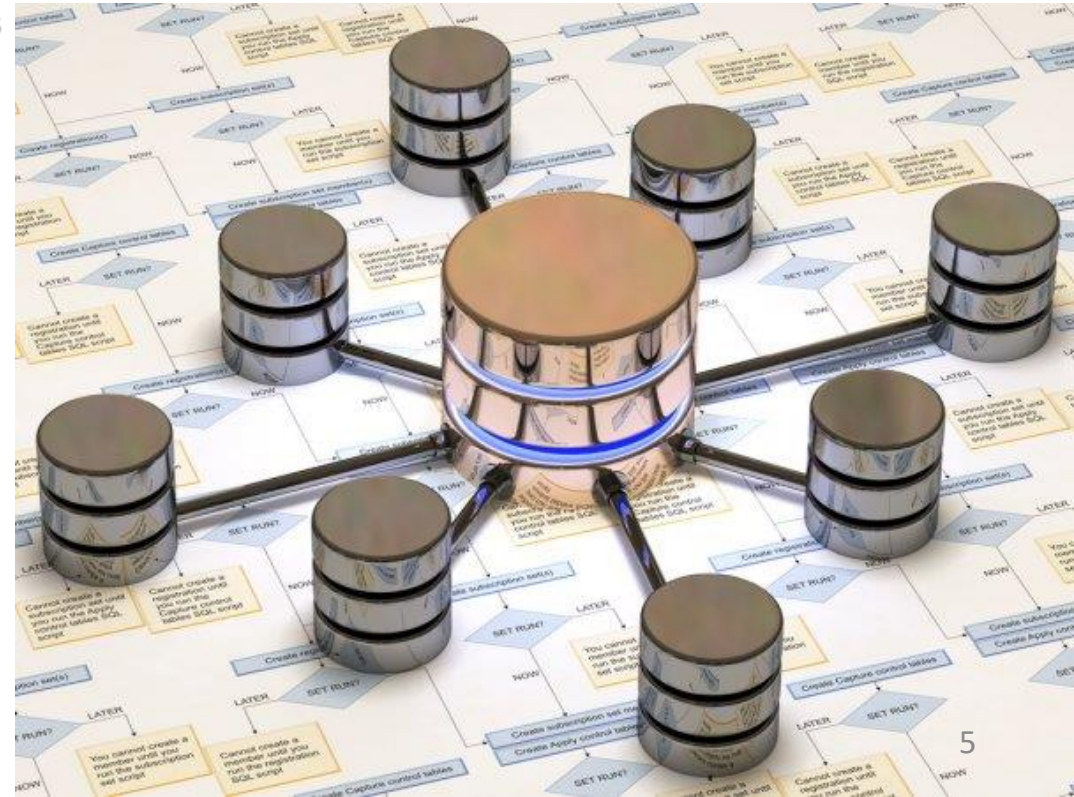
Bases de Dados Desenvolvimento de *Software*

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

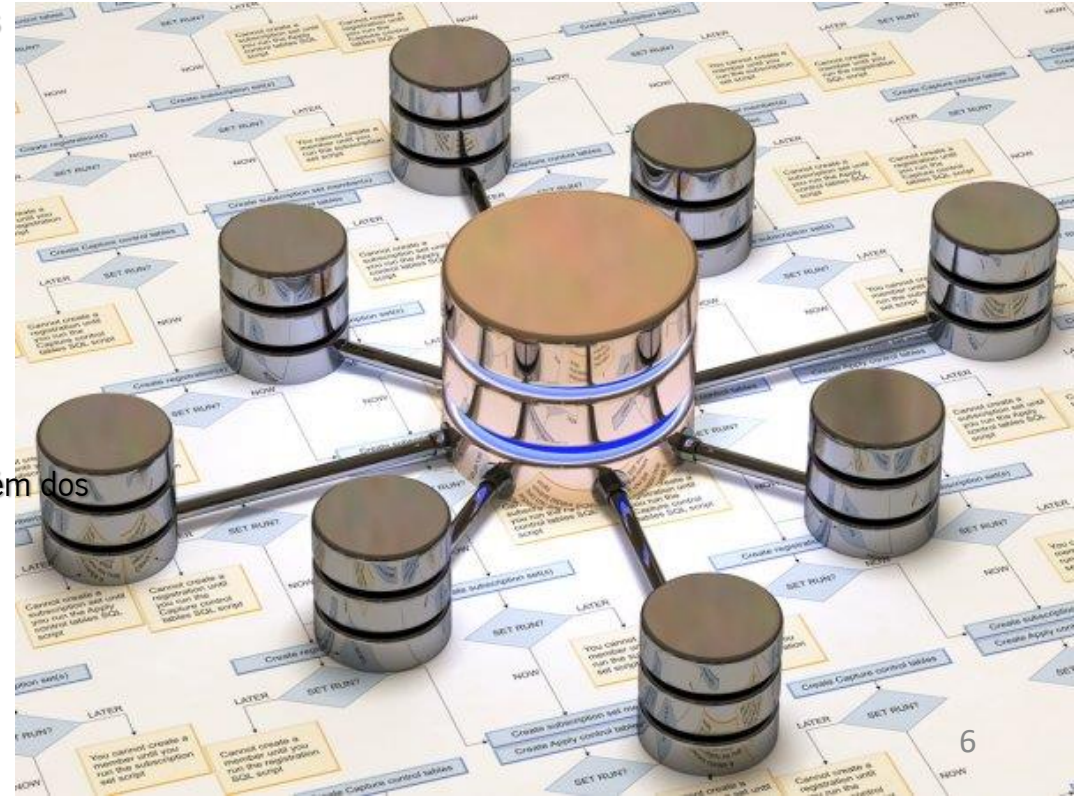


Bases de Datos Desarrollo de *Software*

- 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 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.

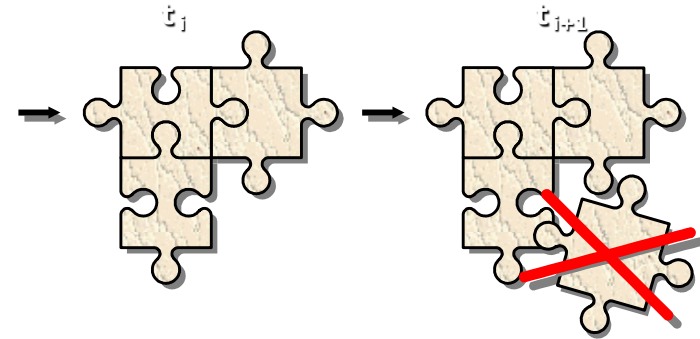


- Pressuposto dos Nomes Únicos:
 - Duas constantes diferentes designam duas entidades diferentes.
- Pressuposto do Mundo **Aberto**:
 - Todo o conhecimento que não existe mencionado é considerado falso.
- Pressuposto do Domínio **Aberto**:
 - Não há mais objetos no universo de discurso para além dos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



- Monotonia:
 - Não admite contradição com conclusões anteriores.

Monotonia *versus* não Monotonia





- Monotonia:

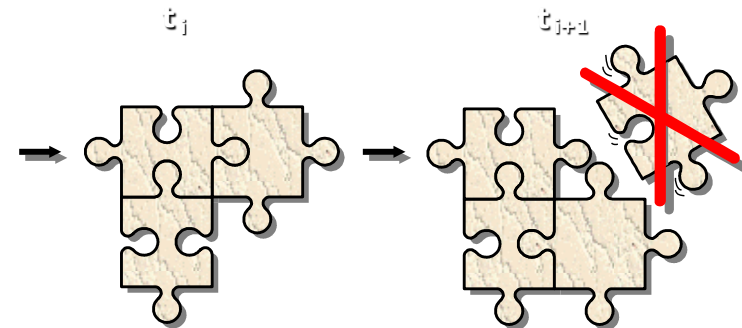
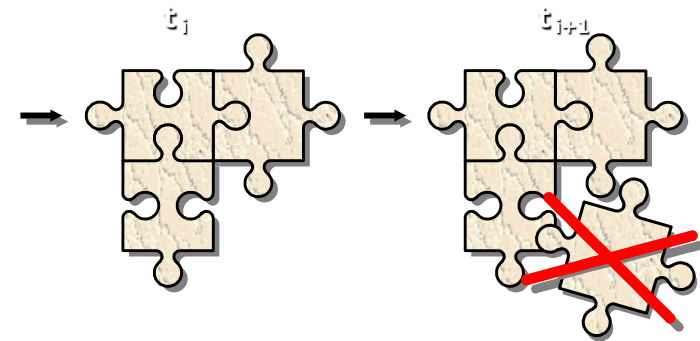
- Não admite contradição com conclusões anteriores.

- 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:
 - $\text{voa}(X) \leftarrow \text{ave}(X)$
 - $\text{n\~{o}voa}(X) \leftarrow \text{avestruz}(X)$





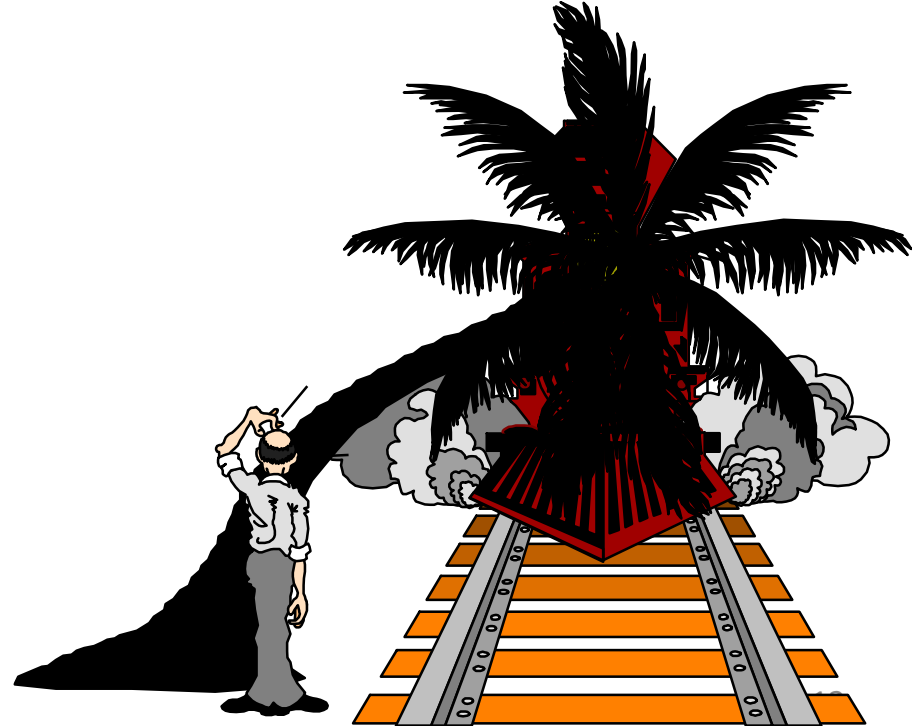
Programação em Lógica Estendida

- 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:
 - $\neg \text{voa}(X) \leftarrow \text{avestruz}(X)$



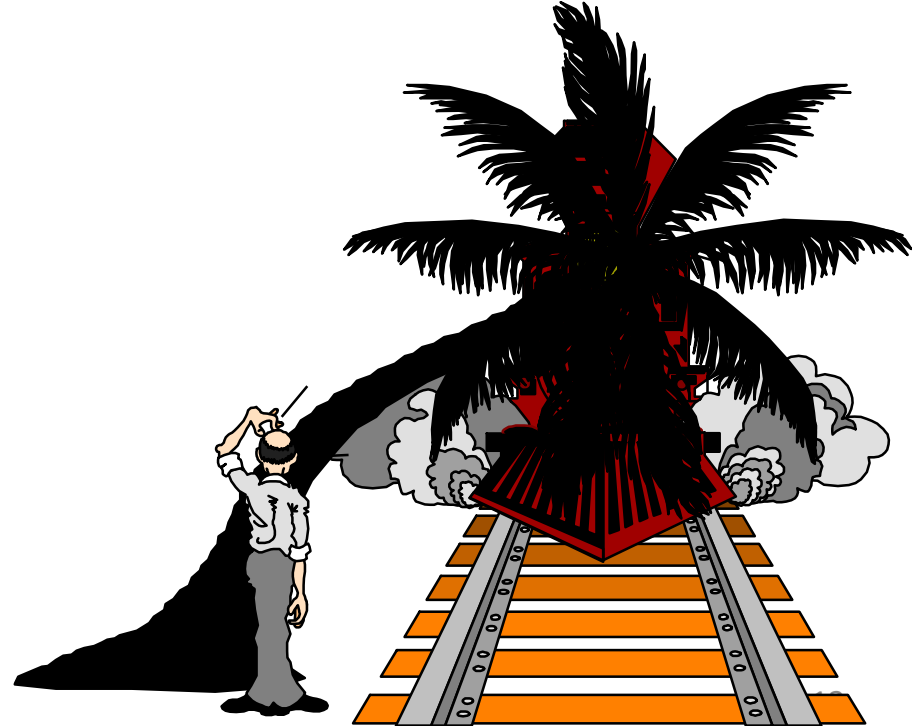
A Negação por Falha na Prova

- Negação por falha na prova:
 - atravessar ← não comboio



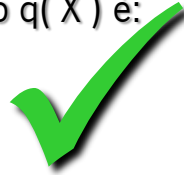
- Negação por falha na prova:
 - atravessar \leftarrow não comboio
- Negação clássica:
 - atravessar $\leftarrow \neg$ comboio

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



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





ISLab

Synthetic Intelligence Lab

Inferência/Raciocínio

- 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:
 $\{\text{par}(0), \text{par}(2), \text{par}(4), \dots\}$

o 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:
 $\{\text{par}(0), \text{par}(2), \text{par}(4), \dots\}$

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

■ Aplicação do sistema de inferência ao programa:

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



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

- 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:

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

Formalização do PMF!

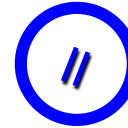
- O conjunto de soluções é:
 $\{\text{par}(0), \neg \text{par}(1), \text{par}(2), \neg \text{par}(3), \dots\}$

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.



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

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

Valores nulos do tipo incerto



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

Valores nulos do tipo impreciso

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

Valores nulos
do tipo interdito



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

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

Representação estática do
conhecimento

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

Valores nulos do tipo interdito



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.

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

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

- $\text{nulo}(\text{bebe}).$
- $\leftarrow \text{filho}(F, \text{julio}) \wedge \text{não nulo}(F)$

Representação dinâmica do
conhecimento

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

■ 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.





ISLab

Synthetic Intelligence Lab

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

Programação em Lógica Estendida

Conhecimento Imperfeito

LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA
MESTRADO integrado EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Inteligência Artificial

2022/23