

# Introdução aos Sistemas Baseados em Conhecimento

Mestrado em Engenharia Informática  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

1

## Inteligência Artificial

Na visão informática da Inteligência Artificial (IA) esta é definida como um campo de estudo que procura explicar e emular o comportamento inteligente em processos computacionais

A IA tem dois propósitos:

- perceber melhor a natureza da inteligência
- fazer com que os computadores desempenhem tarefas para as quais é necessária alguma inteligência

De um modo geral diz-se que uma aplicação envolve IA quando demonstra algumas características de “inteligência”

2

## Sistemas Baseados em Conhecimento

Nos Sistemas Baseados em Conhecimento há uma separação clara entre conhecimento e raciocínio, ou seja, o controlo do programa não se mistura com a especificação do conhecimento.

**Conhecimento** [Russel and Norvig 1995] é um conjunto integrado de factos e relações que quando devidamente interpretado, produz um desempenho eficiente.

O Conhecimento é codificado usando um esquema próprio de representação:

- Lógica
- Redes semânticas
- Regras
- Frames e guiões
- Representações procedimentais
- Modelos analógicos
- Linguagens de representação de conhecimento

3

## Sistemas Baseados em Conhecimento

**MetaConhecimento** [Rich and Knight 1991] pode definir-se como conhecimento acerca do próprio conhecimento que se detém.

Pode ser usado para:

- guiar a selecção, localização e uso de regras
- dar informação acerca das regras e do conhecimento
- justificar as regras melhorando as capacidades de explicação
- apoiar na detecção de erros ao introduzir novas regras
- facilitar a introdução de novo conhecimento

4

## Sistemas Periciais

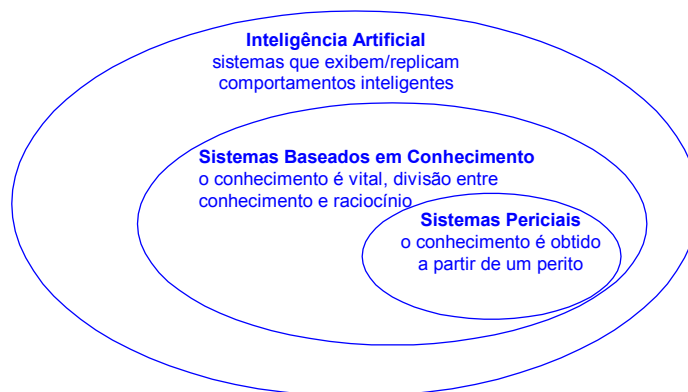
**Sistemas Periciais** são aplicações que têm por objectivo resolver problemas complexos de forma idêntica à utilizada pelos peritos humanos.

Os Sistemas Periciais são um caso específico de Sistemas Baseados em Conhecimento.

- num Sistema Pericial o conhecimento é obtido a partir de um ou mais peritos ou especialistas.
- o desenvolvimento de um Sistema Pericial incorpora, para além de uma vertente técnica, uma vertente humana complexa –
  - relacionamento e confiança que se estabelece entre quem especifica e desenvolve o sistema e quem possui o conhecimento

5

## Inteligência Artificial Sistemas Baseados em Conhecimento Sistemas Periciais



6

## Sistemas Periciais versus Programas Convencionais

Programas Convencionais	Sistemas Periciais
Númerico	Simbólico
Algorítmico	Heurístico
Informação e Controlo Integrados	Conhecimento separado do Controlo
Dificuldade em modificar	Facilidade de Modificação
Informação precisa	Informação Imprecisa
Comandos de Interface	Diálogo Natural com Explicações
Resultado Final fornecido	Recomendações com Explicações
Procura Soluções Óptimas	Soluções Aceitáveis

7

## Sistema pioneiro - Dendral

Problema: A partir de uma amostra de um composto desconhecido como descobrir qual a sua estrutura?

- A espectrometria de massa permite-nos derivar a fórmula empírica do composto
- No entanto a estrutura do composto é desconhecida (como é que os átomos estão ligados?)
- A abordagem usada era a de “gerar e testar”

Solução proposta pelo Dendral:

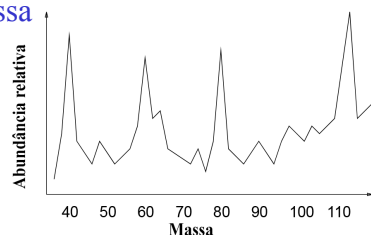
- Dado:
  - Fórmula empírica
  - Restrições estruturais conhecidas (conhecimento pericial)
  - Resultados da espectrometria de massa

8

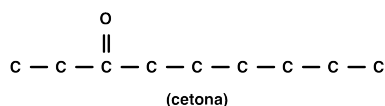
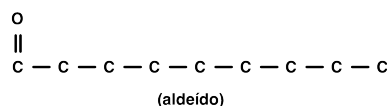
## Sistema pioneiro - Dendral

Exemplo:

- Fórmula empírica  $C_9H_{18}O$  ; MW (massa atômica relativa) = 142
- Resultados da espectrometria de massa



Para a fórmula empírica  $C_9H_{18}O$  duas possíveis estruturas seriam:



Por aplicação do conhecimento expresso nas regras conclui-se pela 2ª opção (grupo das cetonas)

9

## Sistema pioneiro - Dendral

### Obtenção do resultado

Base de conhecimento que integra conhecimento heurístico permite relacionar características do espectro de massa com a classe a que pertence a molécula

- IF            Existem picos em M1 e M2 tal que  $M1 + M2 = MW + 28$  AND  
M1 e M2 são ambos elevados  
     THEN    A estrutura pertence ao grupos das cetonas
- IF            Existe um pico elevado em 44 AND  
Existe um pico elevado em M1 – 44  
     THEN    A estrutura pertence ao grupo dos aldeídos

10

## Sistema pioneiro - Dendral

- Vantagem da utilização do conhecimento:
  - O conhecimento evitou a necessidade de pesquisa – alternativa à abordagem gerar e testar (se soubermos onde procurar não necessitamos de pesquisar)
  - O conhecimento migrou do testador (perito) para o gerador (máquina) – geralmente é melhor ter um gerador inteligente ou informado!

11

## Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

### **DENDRAL - Primeiro Sistema Pericial**

- trata espectros de massa e respostas magnéticas ao nível nuclear de modo a fornecer informação sobre a estrutura molecular de compósitos desconhecidos
- desenvolvido em meados dos anos 60 e foi de seguida melhorado por vários investigadores [Feigenbaum-71], [Lindsay-80]

### **MYCIN - Sistema Pericial mais conhecido**

- Detém conhecimento sobre parâmetros de análises sanguíneas para diagnosticar automaticamente problemas relacionados com infecções bacterianas [Shortliffe-76], [Buchanan-84].
- Base de conhecimento do MYCIN desenvolvida ao longo de vários anos com conhecimento oriundo de vários especialistas - muito completa com cerca de 450 regras o desempenho do MYCIN chegou a superar o desempenho de especialistas

MYCIN esteve na base de outros projectos posteriores:

- **EMYCIN** - ambiente de desenvolvimento de sistemas periciais,
- **TEIRESIAS** - ferramenta de depuração de sistemas periciais
- **GUIDON** - Tutor Inteligente que usa a Base de Conhecimento do MYCIN para o apoio ao ensino da especialidade.

12

## Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

### **INTERNIST - Sistema Pericial aplicado à Medicina Interna.**

- para além de diagnosticar problemas individuais o INTERNIST é capaz de combinar problemas separados que ocorram simultaneamente num mesmo paciente.
- é um dos sistemas periciais mais completos no âmbito da medicina.
- este projecto foi continuado posteriormente sob o nome CADUCEUS [Pople-84].
- a sua base de conhecimento foi também utilizada como ponto de partida para outro sistema pericial designado QMR [Kane-88].

### **PROSPECTOR - Sistema Pericial no domínio da Geologia**

- desenvolvido para auxiliar os geólogos na procura de depósitos minerais [Duda-79].
- nove peritos contribuíram para o desenvolvimento deste projecto que totalizava uma base de conhecimento com cerca de 1000 regras.

13

## Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

### **PUFF - Sistema Pericial dedicado ao diagnóstico de problemas pulmonares**

- desenvolvido com recurso ao EMYCIN nos anos 70
- teve uma boa aceitação pelos médicos, em parte devido à sua integração no sistema clínico de apoio

### **XCON - Primeiro Sistema Pericial com utilização comercial**

- desenvolvido para auxiliar a definição das características dos sistemas computacionais para os clientes da Digital Equipment Corporation (DEC)
- foi usado na configuração de sistemas VAX-11 e PDP-11
- a DEC estimou em 25 milhões de dólares americanos anuais o benefício que teve com este sistema
- a manutenção do próprio Sistema Pericial foi um dos problemas encontrados

### **IDEA (Integrated Diagnostic Expert Assistant System) - Sistema Pericial de diagnóstico de avarias em subsistemas electrónicos de carros [Sanseverino-97]**

- usado em cerca de 1500 centros de reparação da Fiat/Lancia/Alfa Romeo
- Sistema Pericial baseado em modelos

14

## Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

### **SCREENIO - Sistema Pericial para apoio na formatação de écrans do Realia COBOL**

- desenvolvido pela NORCOM, uma empresa de software do Alaska
- base de conhecimento obtida por aprendizagem indutiva tendo como base casos passados.

### **DELTA/CATS-1 - Sistema Pericial para identificação de problemas e apoio à manutenção de locomotivas Diesel-Eléctricas**

- desenvolvido pela General Electric Company
- base de conhecimento com cerca de 1200 regras
- após alguns anos de utilização o sistema deixou de ser usado devido à falta de manutenção do sistema pericial

### **AUTHORIZER's ASSISTANT - Sistema Pericial para auxiliar na tarefa de aprovação de despesas individuais [Rothi-90]**

- usado pela American Express
- acede e processa informação dispersa em cerca de 12 Bases de Dados

15

## Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

### **DRILLING ADVISOR - Sistema Pericial usado na análise dos solos de exploração petrolífera**

### **LENDING ADVISOR - Sistema Pericial para apoiar na decisão de concessão de crédito por parte de instituições bancárias**

- desenvolvido pela empresa californiana Syntelligence em cooperação com o Wells Fargo Bank e o First Walchovia Bank of Wisconsin [Hart-86]

### **EXPERTAX - Sistema Pericial para auxílio à tarifação em seguros**

- concebido pela Coopers and Lybrand,
- desenvolvido em LISP envolvendo mais de 3000 regras

### **GATES - Sistema Pericial para auxílio dos controladores de terra na atribuição das portas de chegada e partida dos voos**

- utilizado no terminal da TWA do Aeroporto JFK em New York [Brazile-88]
- desenvolvido em linguagem PROLOG

16



## Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

### **PATHFINDER - Sistema Pericial dedicado ao diagnóstico de doenças do foro linfático [Heckerman-91]**

Desenvolveram-se 4 versões:

**PATHFINDER I** - sistema pericial convencional baseado em regras

#### **PATHFINDER II**

- inclui métodos de raciocínio incerto, incluindo factores de certeza e a teoria de Dempster-Shafer
- este sistema com o modelo Bayesiano simplificado (que assume a independência entre doenças) teve melhor desempenho que o anterior

#### **PATHFINDER III**

- melhorado para ter em atenção acontecimentos cujas probabilidades são muito reduzidas

#### **PATHFINDER IV**

- usa uma rede de crenças de modo a representar as dependências que não podem ser representadas no modelo de Bayes

O PATHFINDER tem um desempenho superior ao de alguns peritos usados durante o desenvolvimento do projecto.

17

## Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

### **MARVEL - Sistema Pericial que a monitora um vasto conjunto de dados enviados pela nave Voyager para o Centro do Jet Propulsion Laboratory [Schwuttke-92]**

- opera em tempo-real
- efectua tarefas de rotina alertando os analistas do centro para problemas mais sérios que ocorram com a nave

### **BMES (Bounced Mail Expert System) - Sistema Pericial utilizado no ComLink um servidor de distribuição de informação electrónica através de correio electrónico**

- usado no âmbito da National Information Infrastructure (NII) do governo americano

### **TIGER - Sistema Pericial usado na monitorização da condição de turbinas de gás [Milne-96]**

- utilizado na Exxo Fiffe Ethylene Plant
- o sistema utiliza actualmente Raciocínio Baseado em Modelos Qualitativos

18

## Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

### ARCA - Sistema Pericial para diagnóstico de arritmias cardíacas [Rocha-91]

- toma como entrada o resultado oriundo de um sistema de processamento de sinal ligado a um electrocardiógrafo

### TARCA - Sistema Pericial de planeamento de terapias para arritmias cardíacas [Silva-96]

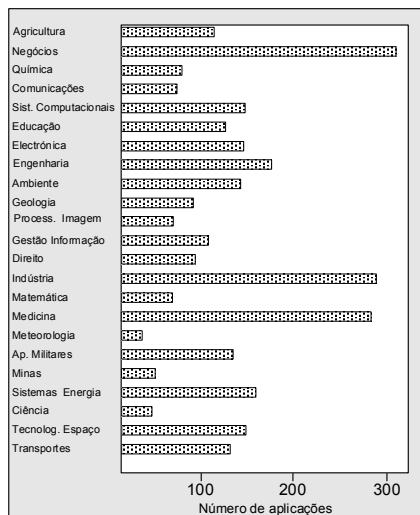
- desenvolvido posteriormente ao ARCA
- utiliza raciocínio probabilístico

### SPARSE (Sistema Pericial para Apoio à Reposição de Serviço) - Sistema Pericial que auxilia os operadores dos Centros de Controlo e Condução da REN/EDP na análise de avarias e apoio na sugestão de estratégias de reposição do serviço da rede [Vale-97]

- consegue processar grande volume de informação em tempo-real
- utiliza raciocínio temporal e não-monótono

19

## Sistemas Periciais por Área de Aplicação



1ª Posição: Área de Negócios

2ª Posição: Produção (Manufacturing)

Áreas relevantes

- Sistemas Computacionais
- Militar
- Tecnologias do Espaço

Áreas em expansão no futuro:

- Direito/Advocacia
- Comunicações (BMES)
- Ensino (GUIDON)
- Ambiente

20

## Tipos de Problema resolvidos em Sistemas Periciais

**Diagnóstico** - procura-se identificar quais os problemas com os quais nos estamos a defrontar em função de um conjunto de dados ou informações de que dispomos. Exemplo: MYCIN em Medicina, SPARSE em Sistemas de Energia e IDEA na Indústria Automóvel

O Diagnóstico é uma actividade fundamental, sendo frequentemente efectuado por sistemas que também tratam a Interpretação ou a Prescrição:

**Interpretação** - envolve sistemas que vão desde a compreensão de voz, compreensão de texto e compreensão de imagem.

**Prescrição** - é vulgar em sistemas ligados à Medicina (por exemplo, o TARCA), em aplicações industriais costuma receber o nome de Recuperação de Erros ou Reposição em Serviço (por exemplo, no SPARSE).

21

## Tipos de Problemas resolvidos em Sistemas Periciais

**Concepção** - pretende-se que o sistema desenvolvido seja capaz de auxiliar no projecto ou configuração de um novo sistema (como exemplo de Concepção podemos referir o sistema XCON)

**Planeamento** - desenvolvem-se sistemas capazes de responder à questão de como gerar um plano para resolver um dado problema

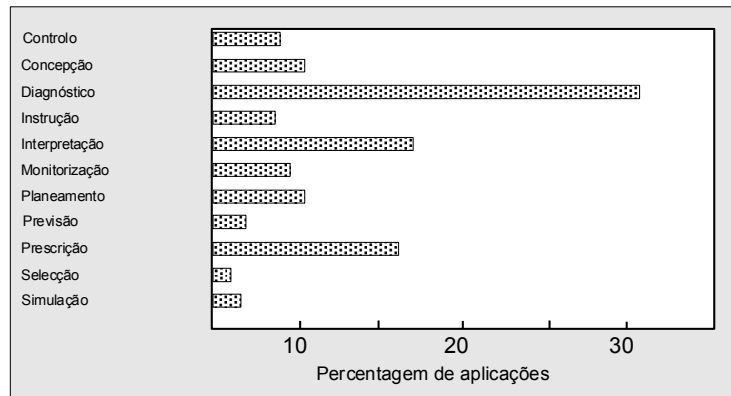
**Monitorização** - aparece muitas vezes associada ao Diagnóstico. Trata-se, no fundo, de acompanhar a evolução de um sistema através de medições de grandezas que possam indicar o modo como o sistema evolui. Exemplos MARVEL e TIGER

**Controlo** o objectivo é dar ordens a um conjunto de entradas de modo a que um dispositivo ou sistema consiga cumprir adequadamente as suas funções

**Instrução** - é outro tipo de problema onde os Sistemas Periciais são usados, trata-se de proporcionar uma ferramenta de ensino e treino por computador. Exemplo GUIDON

22

## Sistemas Periciais por Tipo de Problema



A grande fatia é detida pelo Diagnóstico, com mais de 30%

Em seguida vem a Interpretação ou a Prescrição

Com menor importância aparecem a Previsão, Selecção e Simulação

23