

---

# Sistemas Especialistas

---

## **Inteligência Artificial**

Prof. Lucas Cambuim

---

# Tópicos

- O que é um Sistema Especialista (SE)
  - O que é um especialista
  - O que é *expertise*
- Qual é a estrutura de um SE
- Quem usa SE
- Como ele pode ser usado
- Quais são os potenciais benefícios
- Quais são as possíveis limitações

# Sistemas Baseados em Conhecimento

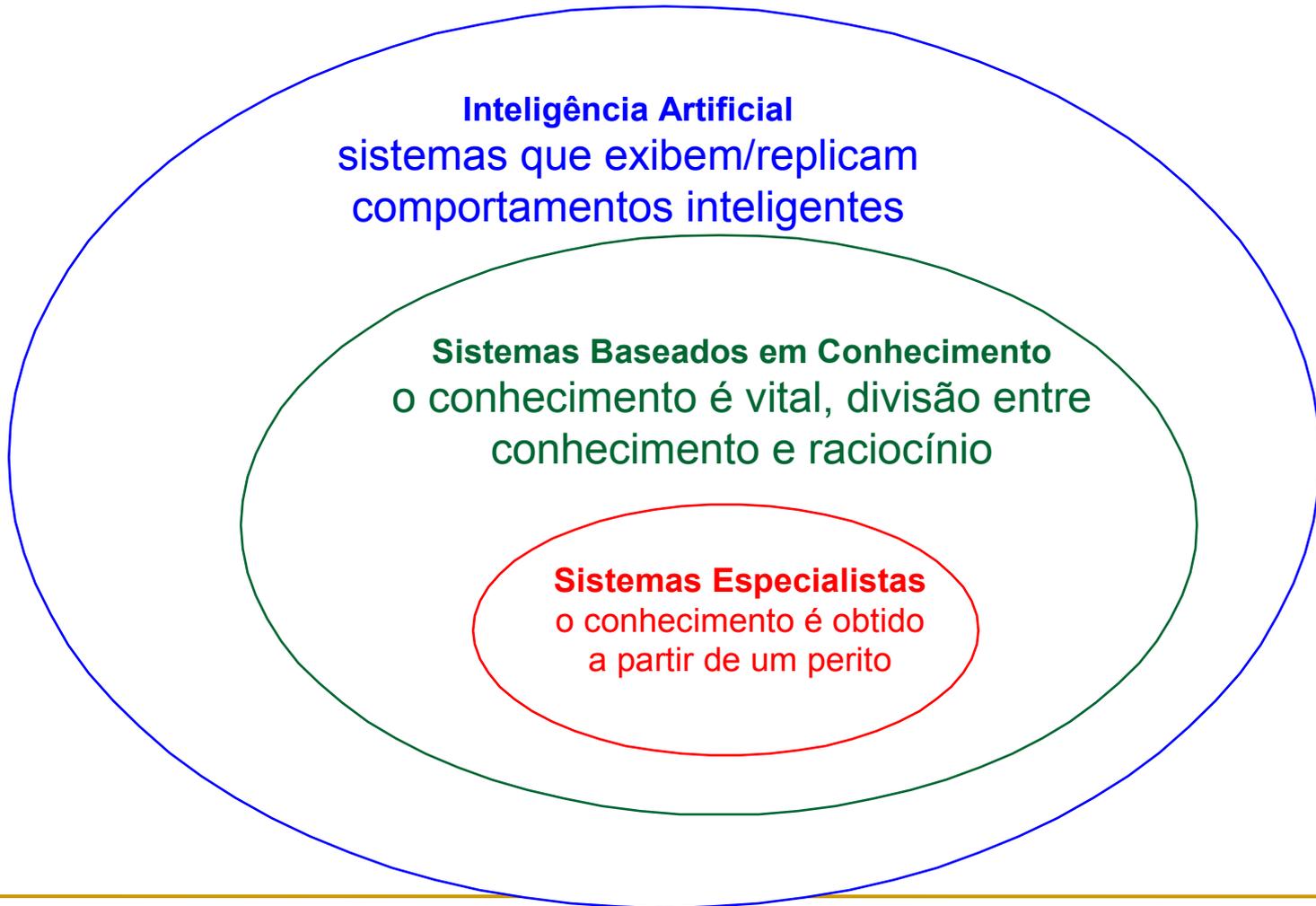
- Nos Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC) há uma separação clara entre conhecimento e raciocínio
  - o controle do programa não se mistura com a especificação do conhecimento
- **Conhecimento** é um conjunto integrado de fatos e relações que quando devidamente interpretado, produz um desempenho eficiente



# Sistemas Baseados em Conhecimento

- Pode ser usado para:
  - ❑ guiar a seleção, 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

# Sistemas Especialistas



---

# O que é um Sistema Especialista?

## ■ **Sistema**

- “Conjunto de elementos, materiais ou ideais, entre os quais se possa encontrar ou definir alguma relação”

## ■ **Especialista**

- “Pessoa que se consagra com particular interesse e cuidado a certo estudo. Conhecedor, perito”

## ■ **Sistemas Especialistas**

- “São sistemas que solucionam problemas que são resolvidos apenas por pessoas especialistas (que acumularam conhecimento exigido) na resolução destes problemas”

---

# O que é um Sistema Especialista?

- Ramo da IA:
  - faz uso intensivo do conhecimento especializado para resolver problemas ao nível de um especialista humano
  - programas computacionais que emulam o comportamento de especialistas humanos em algum domínio específico do conhecimento

# Sistemas Especialistas

- **Sistemas Especialistas** (SE) são aplicações que têm por objetivo resolver problemas complexos de forma idêntica à utilizada pelos peritos humanos
- Os **SEs** são um caso específico de Sistemas Baseados em Conhecimento
  - num SE o conhecimento é obtido a partir de um ou mais peritos ou especialistas
  - o desenvolvimento de um SE incorpora, para além de uma vertente técnica, uma vertente humana complexa
    - relacionamento de confiança que se estabelece entre quem especifica e desenvolve o sistema e quem possui o conhecimento

---

# Sistemas Convencionais x Sistemas Especialistas

- Sistema Convencional:
  - é baseado em um algoritmo
  - emite um resultado final correto
  - processa um volume de dados de maneira repetitiva
  
- Sistema Especialista:
  - é baseado em uma busca heurística
  - trabalha com problemas para os quais não existe uma solução convencional organizada de forma algorítmica disponível ou é muito demorada

# Sistemas Convencionais x Sistemas Especialistas

- Manipulam dados
  - representação e uso de dados
  - algorítmico
  - processos repetitivos
  - efetiva manipulação de grandes bases de dados
- Manipulam conhecimento
  - representação e uso de conhecimento
  - heurística
  - processos de inferência
  - efetiva manipulação de grandes bases de conhecimento



# Características dos Sistemas Especialistas

- Faz inferências e deduções a partir de informações fornecidas pelo usuário
- O **conhecimento** é aplicado na solução do problema, usado para guiar e restringir a busca por soluções
- A área do problema é pequena e bem-definida

# O que é *expert* (conhecedor ou especialista)?

- Conhecimento extendido de uma tarefa específica, adquirido através de treinamento, leitura, experiência etc.
- O que é conhecimento?
  - dados + processamento → **informação**
  - informação + processamento (experiência, treinamento etc.) → **conhecimento**

# O que é um Especialista?

- Definição:
  - identifica questões relevantes ao problema
  - resolve problemas complexos rapidamente
  - explica o resultado
  - aprende continuamente (reestrutura o conhecimento)
  - sabe quando aplicar “exceções”
  - é humano



# O que é um Sistema Especialista?

- Um Sistema Especialista é aquele que é:
  - projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano
  - capaz de emitir uma decisão, apoiado em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano
  - além de inferir conclusões, deve ter capacidade de aprender novos conhecimentos
    - melhorando o seu desempenho de raciocínio, e a qualidade de suas decisões

# Como um Especialista toma uma decisão?

- Para tomar uma decisão sobre um determinado assunto:
  - um especialista o faz a partir de fatos que encontra
  - de hipóteses que formula
    - buscando em sua memória um conhecimento prévio armazenado durante anos, no período de sua formação e no decorrer de sua vida profissional, sobre esses fatos e hipóteses
  - e o faz de acordo com a sua experiência
    - com o seu conhecimento acumulado sobre o assunto e, com esses fatos e hipóteses
  - emite a decisão

---

# Como um Especialista toma uma decisão?

- Durante o processo de raciocínio, vai verificando qual a importância dos fatos que encontra
  - comparando-os com as informações já contidas no seu conhecimento acumulado sobre esses fatos e hipóteses
- Neste processo, vai formulando novas hipóteses e verificando novos fatos
  - esses novos fatos vão influenciar no processo de raciocínio

---

# Como um Especialista toma uma decisão?

- Este raciocínio é sempre baseado no conhecimento prévio acumulado
- Um especialista com esse processo de raciocínio pode não chegar a uma decisão se os fatos de que dispõe para aplicar o seu conhecimento prévio não forem suficientes
  - pode chegar a uma conclusão errada
    - erro é justificado em função dos fatos que encontrou e do seu conhecimento acumulado previamente

# A eficácia dos Sistemas Especialistas

- As pessoas têm de ser capazes de interagir com ele facilmente
- Para facilitar esta interação os sistemas devem ser capazes de:
  - “explicar seu raciocínio“
  - “adquirir conhecimento novo e modificar o conhecimento antigo“
    - o conhecimento pode ser aumentado e/ou alterado

# Transferência de habilidade

- Objetivo de um SE
  - transferir habilidades (perícias) de um especialista (perito) para um sistema de computador
  - e então, para outros humanos (não especialistas)
- Atividades
  - aquisição de conhecimento
  - representação de conhecimento
  - inferência de conhecimento
  - transferência de conhecimento para os usuários
- O conhecimento é armazenado em uma base de conhecimento



# Porque não especialistas humanos?

## ESPECIALISTAS HUMANOS

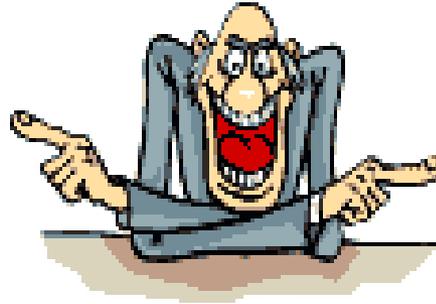
- perecível
- difícil transferir
- difícil documentar
- imprevisível
- caros

## ESPECIALISTAS ARTIFICIAIS

- permanente
- fácil transferência
- fácil documentar
- consistente
- relativamente barato

# Além disso, um Especialista também é...

- Raro
- Ocupado
- Emocional
- Mortal



Todas boas razões para considerar a captura de suas habilidades

# Porque manter especialistas humanos?

## ESPECIALISTAS HUMANOS

- criativo
- adaptativo
- experiência sensorial
- foco aberto
- senso comum

## ESPECIALISTAS ARTIFICIAIS

- sem inspiração
- ensinado
- estruturas simbólicas
- foco estreito
- conhecimento técnico

# SE - Tipos Genéricos de Uso

Quando as características do seu funcionamento

- ❑ Interpretação
- ❑ Diagnósticos
- ❑ Monitoramento
- ❑ Previsão
- ❑ Planejamento
- ❑ Projeto
- ❑ Depuração
- ❑ Reparo
- ❑ Instrução
- ❑ Controle

# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Diagnóstico

- ❑ inferir mal-funcionamentos de um sistemas a partir de observações
- ❑ prescrever “remédios” para o mal-funcionamento
- ❑ freqüentemente utilizado por sistemas que também tratam a Interpretação



## ■ Previsão

- ❑ a partir da modelagem de dados do passado e do presente, este sistema permite uma determinada previsão do futuro



# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Interpretação

- inferem descrições de situações a partir da observação de fatos
  - fazem a análise de dados e procuram determinar as relações e seus significados
- envolve sistemas que vão desde a compreensão de voz, compreensão de texto e compreensão de imagem



## ■ Reparo

- este sistema desenvolve e executa planos para administrar os reparos verificados na etapa de diagnóstico



# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Planejamento

- desenvolvem-se sistemas capazes de responder à questão de como gerar um plano para resolver um dado problema
  - configurar objetos sob restrições



## ■ Monitoramento

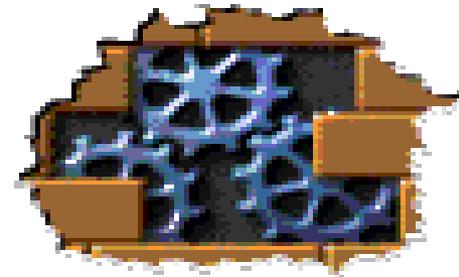
- aparece muitas vezes associada ao Diagnóstico
- trata-se, no fundo, de acompanhar a evolução de um sistema através de medições de grandezas que possam indicar o modo como o sistema evolui



# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Projeto

- possui características parecidas com as do planejamento
- é capaz de justificar a alternativa tomada para o projeto final, e de fazer uso dessa justificativa para alternativas futuras



## ■ Depuração

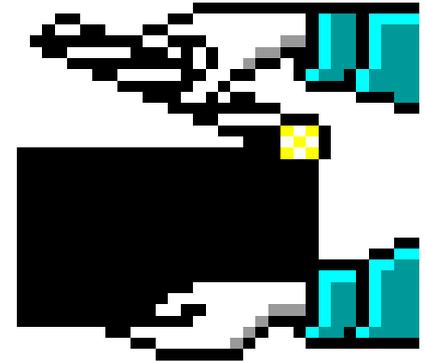
- possui mecanismos para fornecerem soluções para o mau funcionamento provocado por distorções de dados



# SE - Tipos Genéricos de Uso

## ■ Controle

- ❑ governa o comportamento geral de outros sistemas
- ❑ o objetivo é dar ordens a um conjunto de entradas de modo a que um dispositivo ou sistema consiga cumprir adequadamente as suas funções



## ■ Instrução

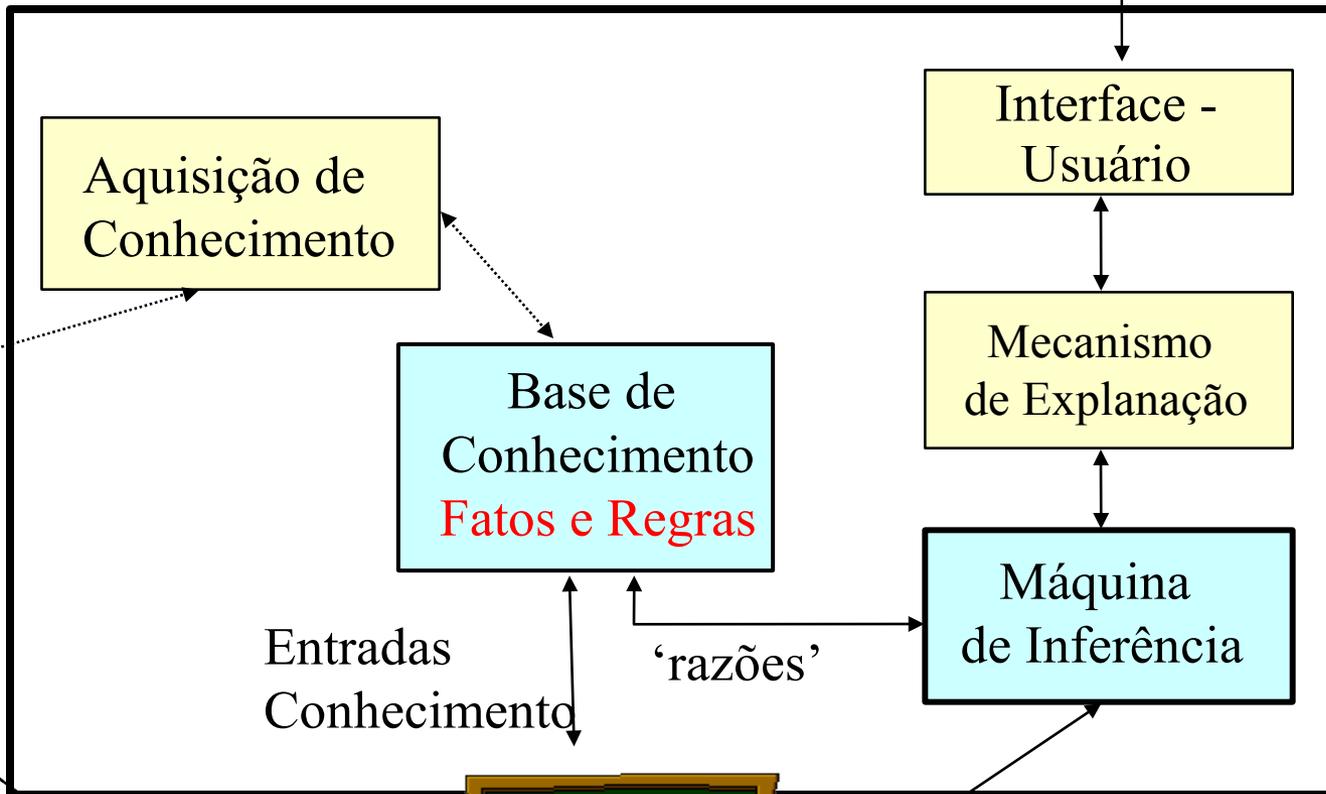
- ❑ trata-se de proporcionar uma ferramenta de ensino e treino por computador



# Componentes de um SE



**Usuário**



**Especialista**



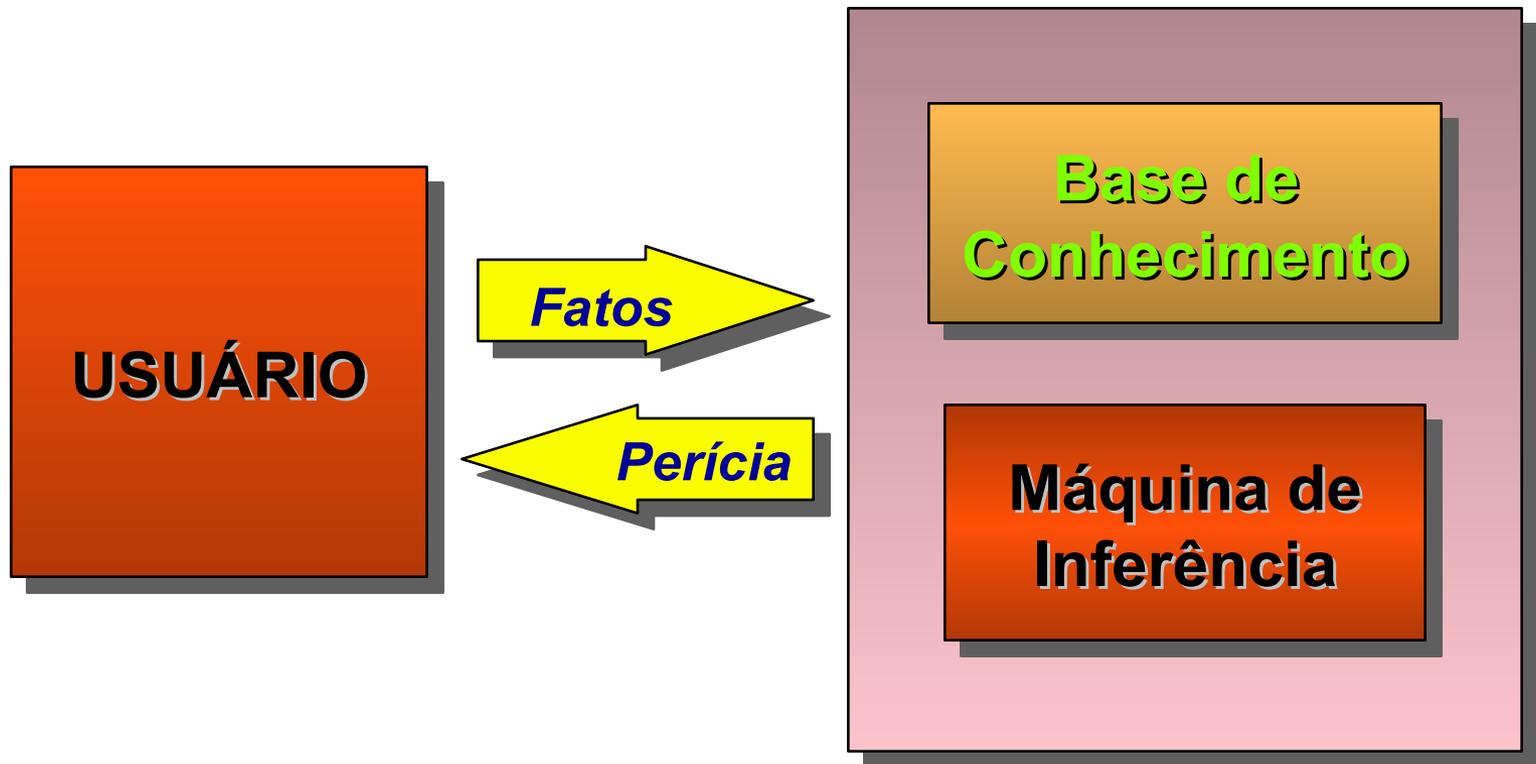
Técnicas  
Aquisição  
Conhecimento



Modificar  
Parâmetros

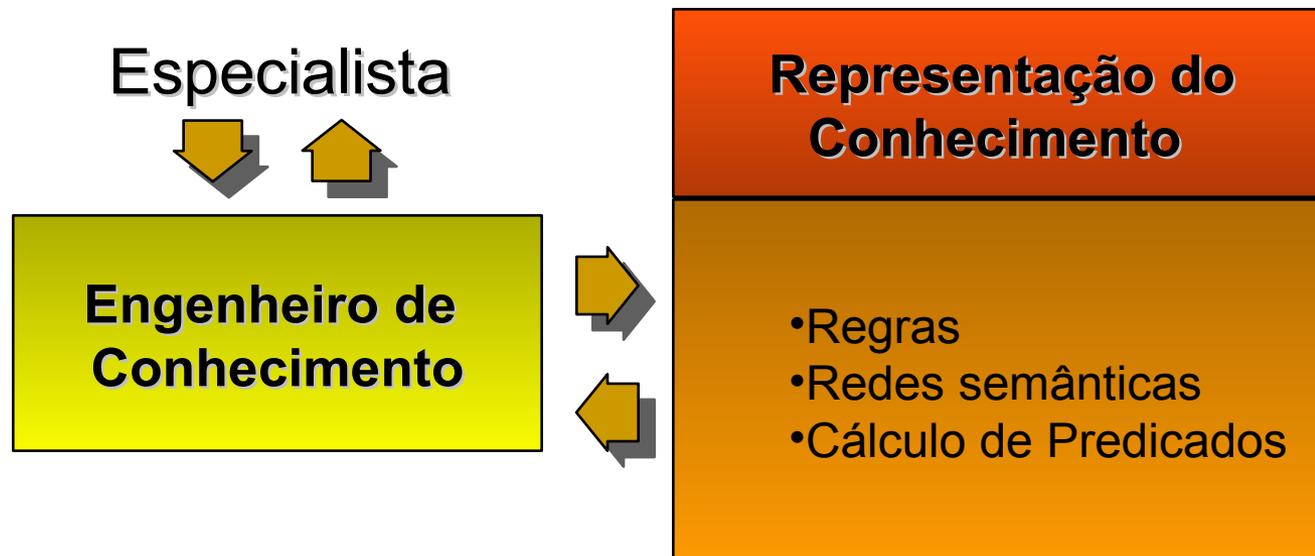
**Engenheiro do Conhecimento**

# Funcionamento de um Sistema Especialista



# Base de Conhecimento

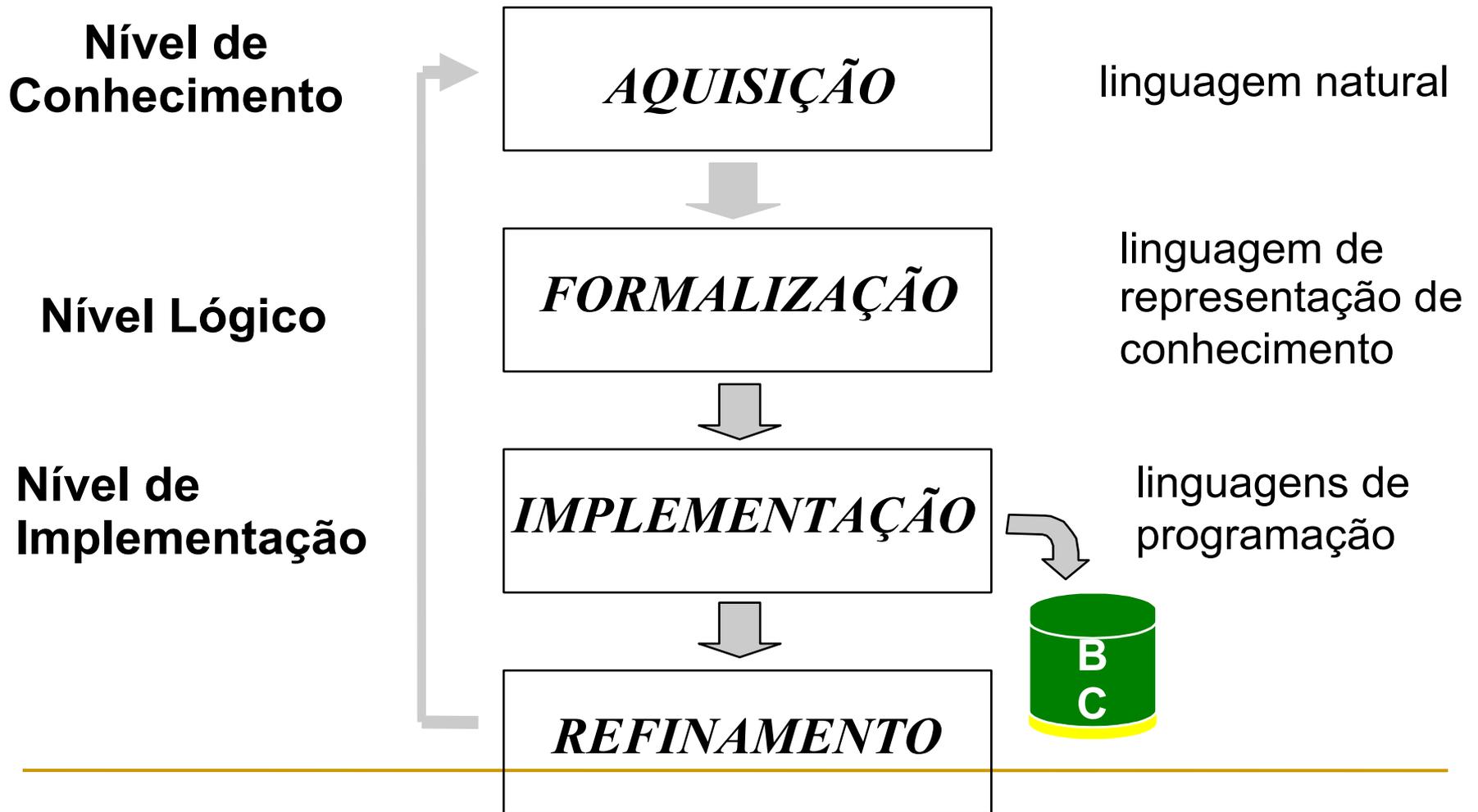
- Parte de um Sistema Especialista que contém o domínio do conhecimento



# Engenharia do Conhecimento

- Estuda como construir **Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC)**
  - base de conhecimento
    - representações dos conceitos (fatos e regras)
  - máquina de inferência
  - guia a **aquisição** do conhecimento sobre o domínio escolhido
  - determina quais **conceitos** são importantes
- É responsável pela:
  - **implementação** da base de conhecimento
  - **refinamento**

# Engenharia do Conhecimento: Etapas de Construção dos SBC



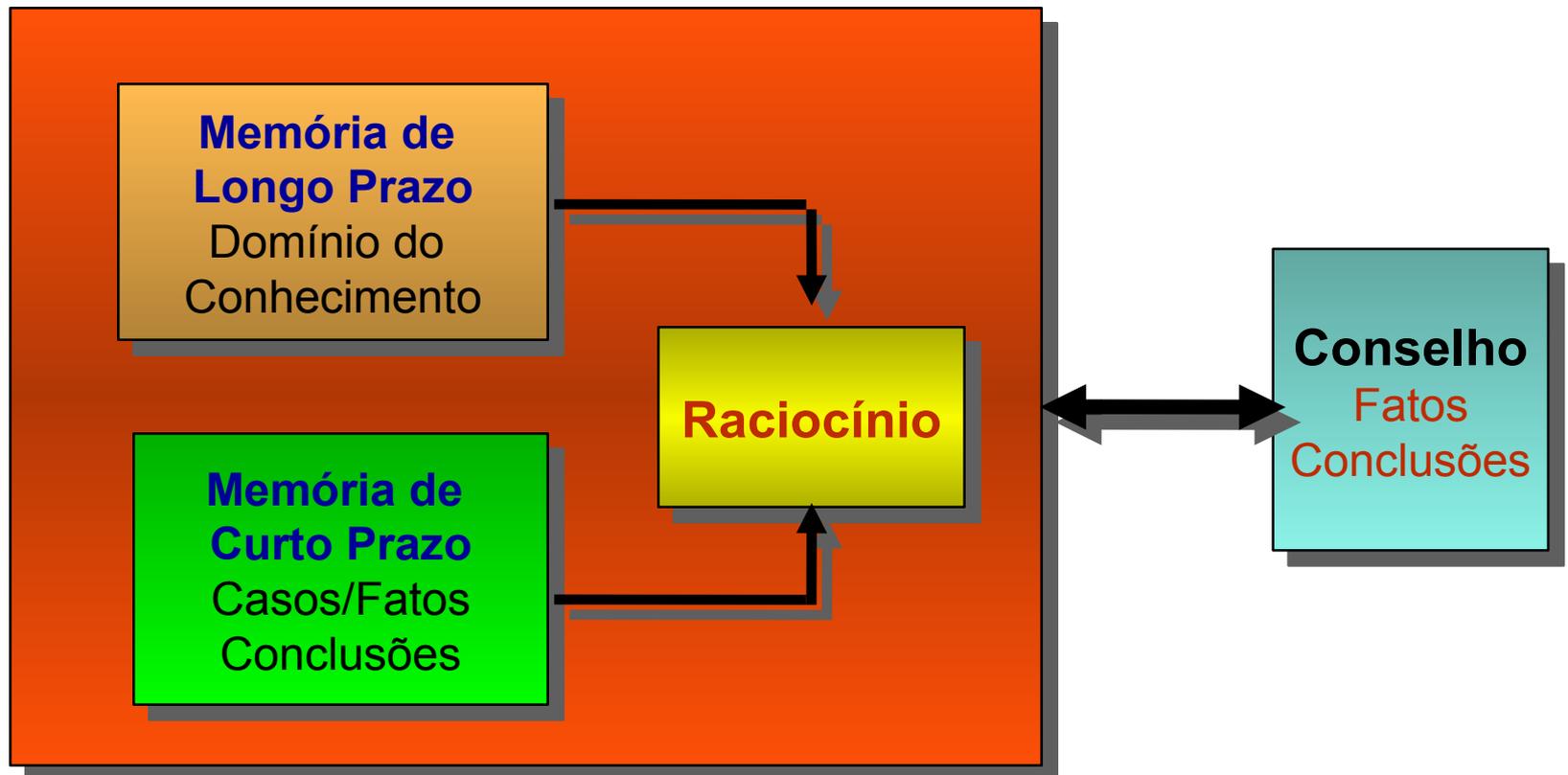
---

# Engenharia do Conhecimento: Etapas de Construção dos SBC

- Aquisição
  - Português, Inglês etc.
- Formalização
  - Lógica de Primeira Ordem
- Implementação
  - Prolog
- Veremos um pouco de sobre a estrutura de SE

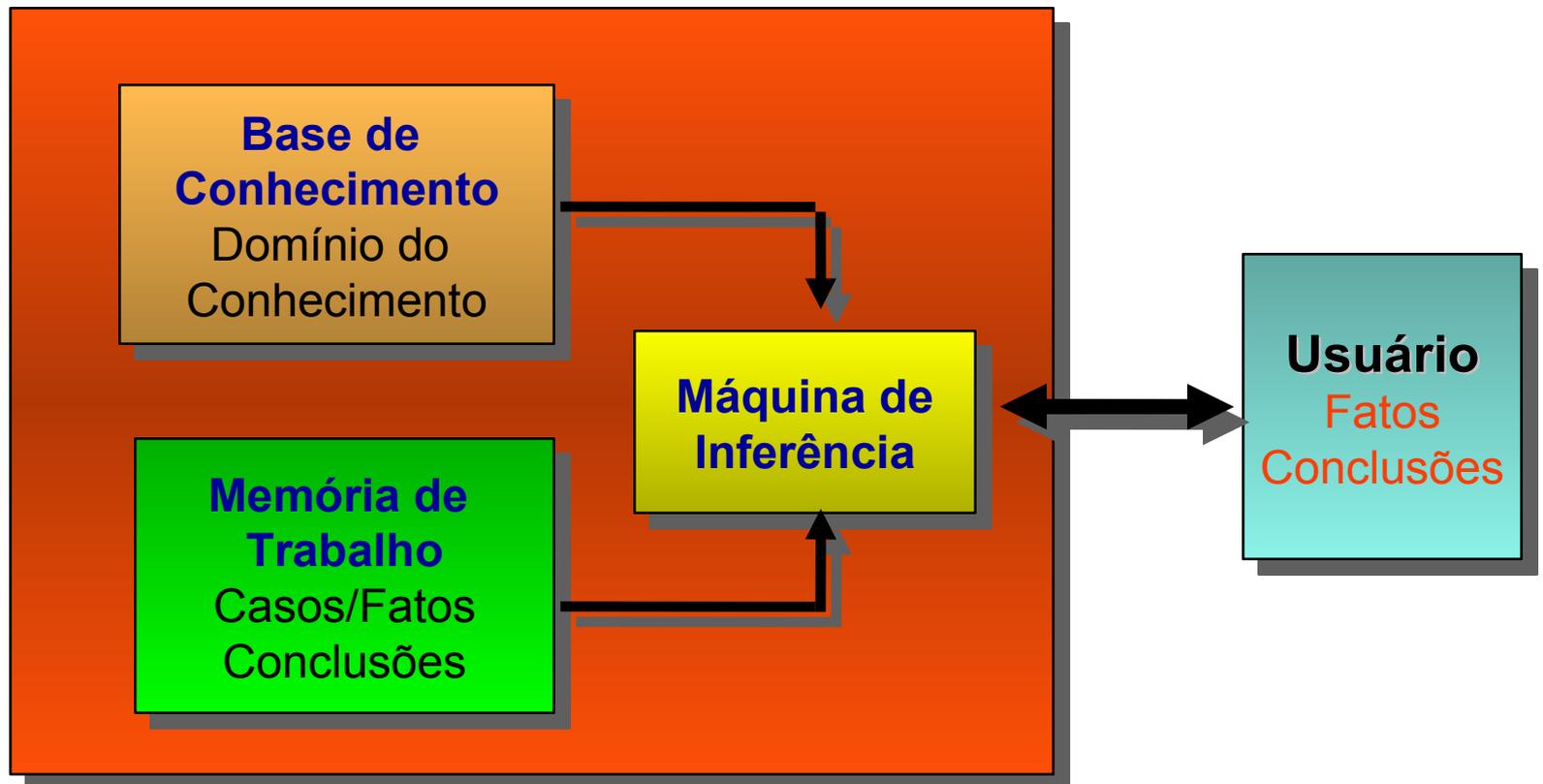
# Estrutura de um Sistema Especialista

## Especialista Humano



# Estrutura de um Sistema Especialista

## Sistema Especialista



---

# Sistema Especialista

## Base de conhecimento

- Base de conhecimento
  - parte de um sistema especialista que contém o conhecimento do domínio
- Tarefa do engenheiro de conhecimento
  - obter o conhecimento do especialista e codificá-lo em uma base de conhecimento usando uma dada técnica de representação
    - **regras**

# Base de conhecimento: Formas das Regras

- **SE** premissa, **ENTÃO** conclusão
  - **Se** o carro não ligar  
**Então** o problema pode estar no sistema elétrico
  - **Se** o problema pode estar no sistema elétrico  
**E** a voltagem da bateria está abaixo de 10 volts  
**Então** a falha é uma bateria ruim
- Inclusão do **SENÃO**
  - **SE** você tem um alto salário **OU** suas deduções são errôneas, **ENTÃO** sua chance de sofrer auditoria da Receita Federal é alta, **SENÃO** suas chances de sofrer auditoria é baixa

## Sistema Especialista

# Base de conhecimento: Formas das Regras

### ■ Regras mais complexas

- SE a taxa de crédito é alta E o salário é mais do que \$3.000 OU os bens são mais do que \$75.000 E o histórico de pagamento não é de “pobre”, ENTÃO aprovar o empréstimo de até \$10.000 E listar o empréstimo na categoria “B”

# Sistema Especialista

## Base de conhecimento: Regras

- Vantagens das regras:
  - ❑ fácil de entender (forma natural do conhecimento)
  - ❑ fácil de derivar inferências e explicações
  - ❑ fácil modificar e manter
  - ❑ fácil combinar com incertezas
  - ❑ regras são frequentemente independentes
- Limitações das regras
  - ❑ conhecimento complexo requer várias regras
  - ❑ construtores gostam de regras
    - buscas limitadas em sistemas com muitas regras



## Sistema Especialista

# Exemplo de base de regras

- Regra 01: **Se** distância > 5 km,  
pegaremos o carro
- Regra 02: **Se** distância > 1 km e tempo < 15 minutos,  
pegaremos o carro
- Regra 03: **Se** distância > 1 km e tempo > 15 minutos,  
iremos a pé
- Regra 04: **Se** iremos de carro e o cinema é no centro da  
cidade, pegaremos um taxi
- Regra 05: **Se** iremos de carro e o cinema não é no centro  
da cidade,  
pegaremos nosso próprio carro
- Regra 06: **Se** iremos a pé e o tempo está ruim, pegaremos  
uma chuva
- Regra 07: **Se** iremos a pé e o tempo está bom,  
iremos em ritmo de passeio

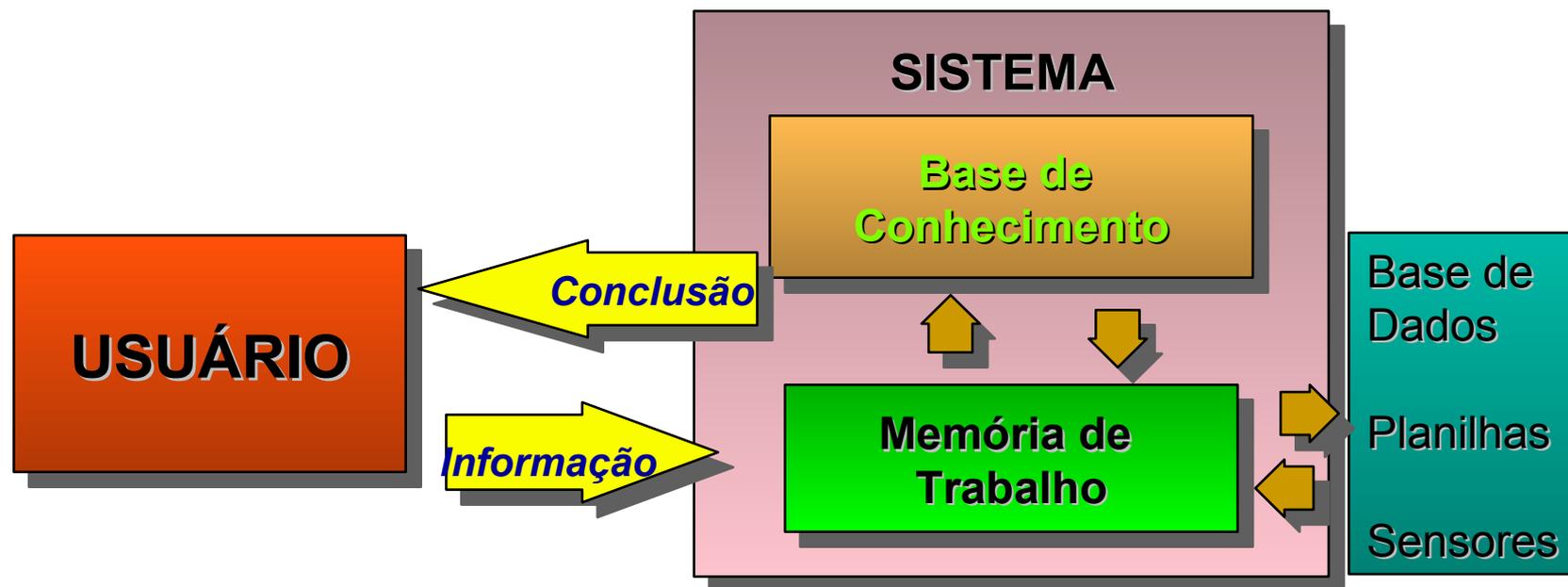
# Memória de trabalho

- Parte de um sistema especialista que contém os **fatos** do problema que são **descobertos** durante a **sessão de consulta**
- A memória de trabalho contém todas as informações sobre o problema que são **fornecidas pelo usuário** ou **inferidas pelo sistema**
- Toda informação obtida durante uma consulta é freqüentemente chamada de **contexto da sessão**

# Sistema Especialista

## Memória de trabalho

- É a parte do sistema que contém os fatos sobre o problema que são inferidos durante a sessão de consulta



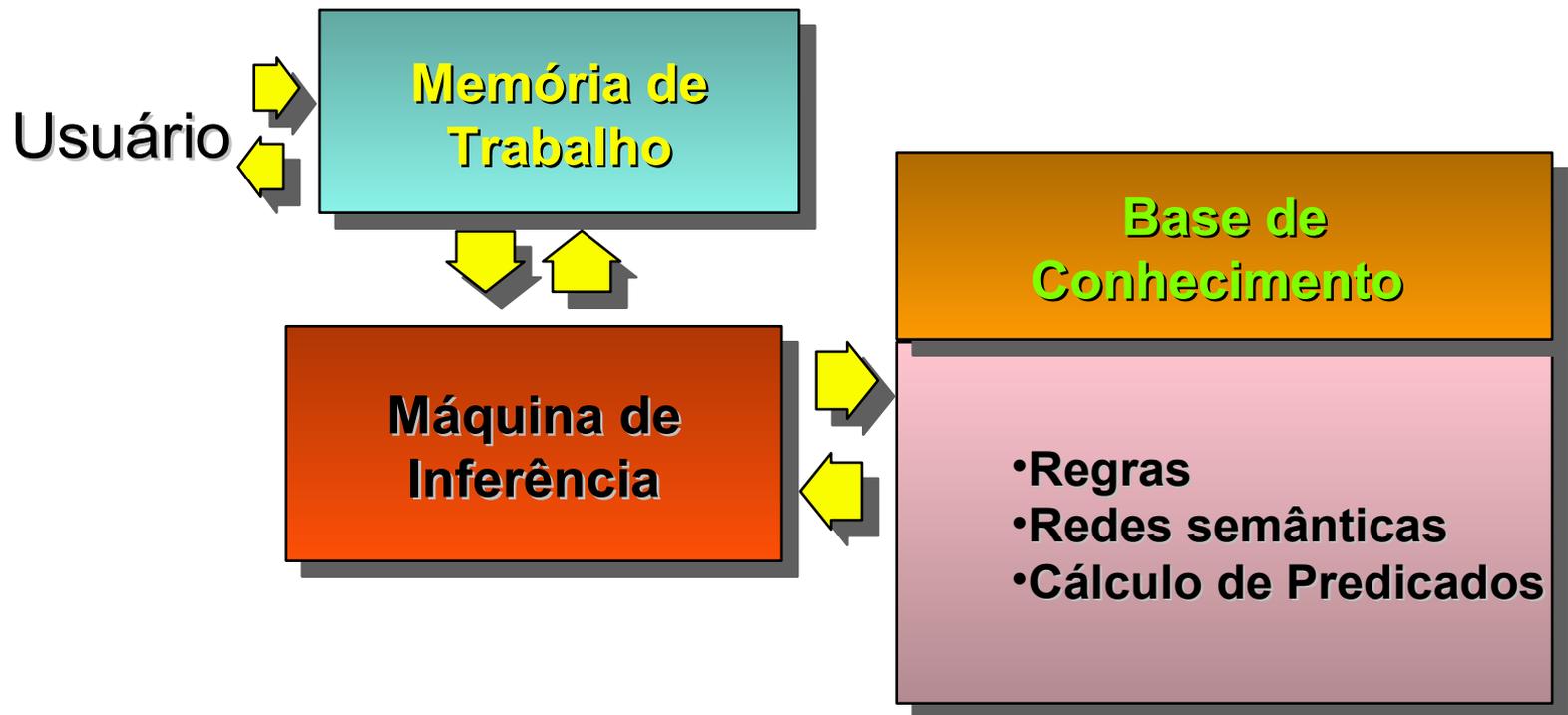
# Sistema Especialista

## Máquina de Inferência

- É o processador em um sistema especialista que **confronta** os **fatos** contidos na **memória de trabalho** com os **conhecimentos** de domínio contidos na base de conhecimento para tirar **conclusões sobre o problema**
- Ele procura as regras para um casamento entre as suas **premissas** e as informações contidas na **memória de trabalho**
  - quando ele encontra um casamento, adiciona a **conclusão** da regra na memória de trabalho e continua

# Sistema Especialista

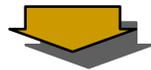
## Máquina de Inferência



# Sistema Especialista

## Máquina de Inferência

**PASSO 1**  
**SISTEMA** O carro não dá partida?  
**USUÁRIO** SIM



**PASSO 2**  
**SISTEMA** A voltagem da bateria  
abaixo de 10?  
**USUÁRIO** SIM



**REGRA 1**



**FATOS**

**USUÁRIO** O carro não dá partida  
**SISTEMA** O problema pode estar  
no sistema elétrico



**REGRA 2**



**CONCLUSÃO**

**USUÁRIO** A bateria está abaixo  
de 10 V  
**SISTEMA** O problema é a bateria

# Mecanismo e estratégia de inferência

- Considerando uma regra:
  - **Se** as premissas estão contidas na memória de trabalho,
  - **Então** aplica-se a regra, adicionando as conclusões memória de trabalho
  - **Senão** passa para a próxima regra
  - **Quando** detecta-se que um objetivo foi atingido ou que mais nenhuma regra se aplica, o processo de raciocínio é encerrado
- As variações nesse mecanismo estão relacionadas a escolha das regras
  - primeira regra, a próxima regra etc.

## Sistema Especialista

# Mecanismo e estratégia de inferência

Regra 01: **Se** A = SIM **Então** B = SIM & C = SIM

Regra 02: **Se** B = SIM **Então** D = 5

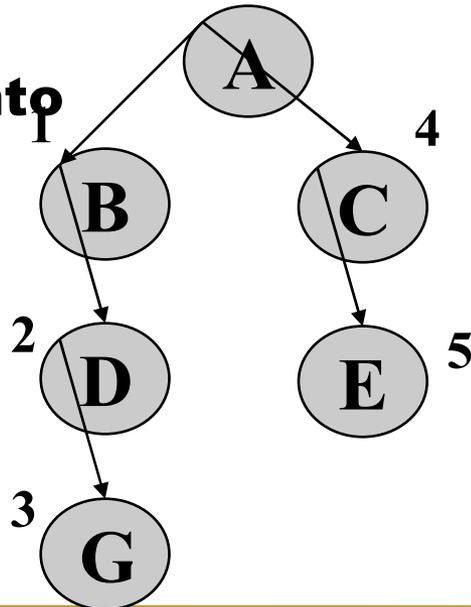
Regra 03: **Se** C = SIM **Então** E = 10

Regra 04: **Se** D > 2 **Então** G = 1024

**Encadeamento  
para frente**

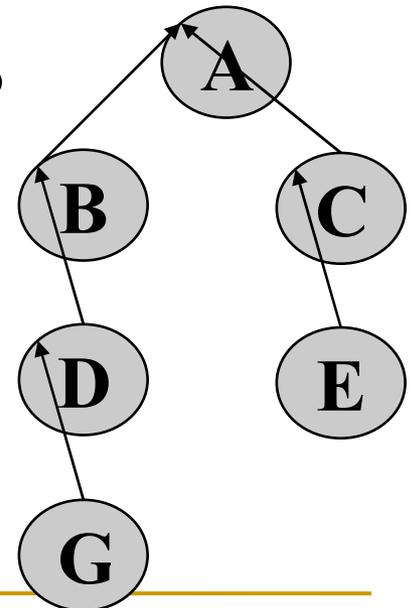
Sentido:

**premissa/  
conclusão**



**Encadeamento  
para traz**

Sentido:  
**conclusão/  
premissa**



# Exemplo de inferência

## ■ Fatos

pai(josé, adão).  
pai(adão, lucas).  
pai(mateus, joaquim).  
mae(ana, celia).  
...

## ■ Regras

avo(X, Z) :- pai(X, Y), pai(Y, Z).  
...

## ■ Meta

avo(X, lucas).

# Exemplo de inferência

- Começa o processo de inferência:
  - as variáveis X, Y e Z são instanciadas
    - **X = mateus** e **Y = joaquim**
    - **Y = joaquim** e **Z = lucas**
  
- Depois da instanciação se tem um caso especial da regra avo
  - **avo(mateus,lucas) :- pai(mateus,joaquim) ,  
pai(joaquim,lucas)**

# Exemplo de inferência

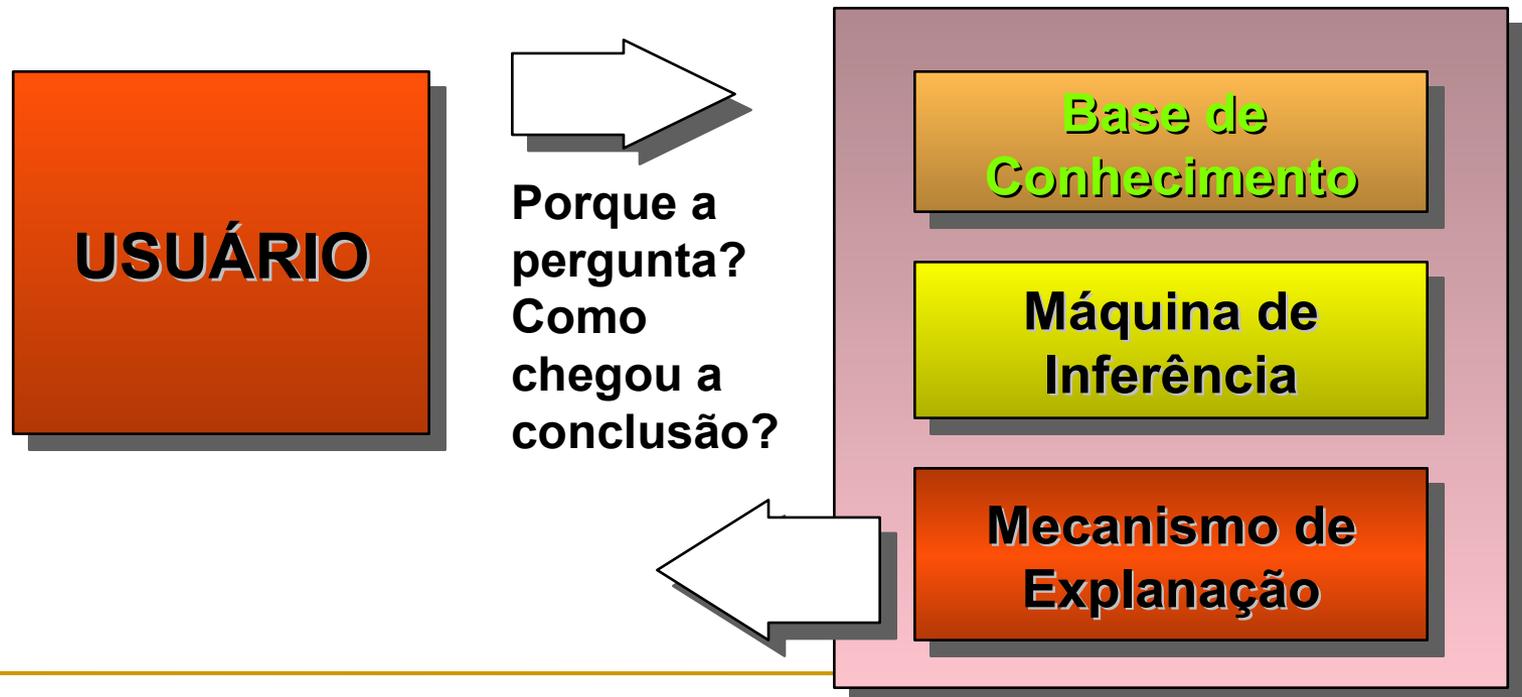
- Começa o processo de inferência:
  - as variáveis X, Y e Z são instanciadas
    - X = josé e Y = adão
    - Y = adão e Z = lucas
  
- Depois da instanciação se tem um caso especial da regra avo
  - `avo(jose,lucas) :- pai(josé,adão) , pai(adão,lucas)`

# Exemplo de inferência

- Agora a máquina processa cada cláusula separadamente
  - **pai(josé,adão)**
  - **pai(adão,lucas)**
- As cláusulas são fatos da base de conhecimento
  - se infere então
    - **X = jose**
    - **“José é avó de Lucas”**
- Se as cláusulas fossem falsas, as variáveis seriam instanciadas novamente

# Mecanismo de Explanação

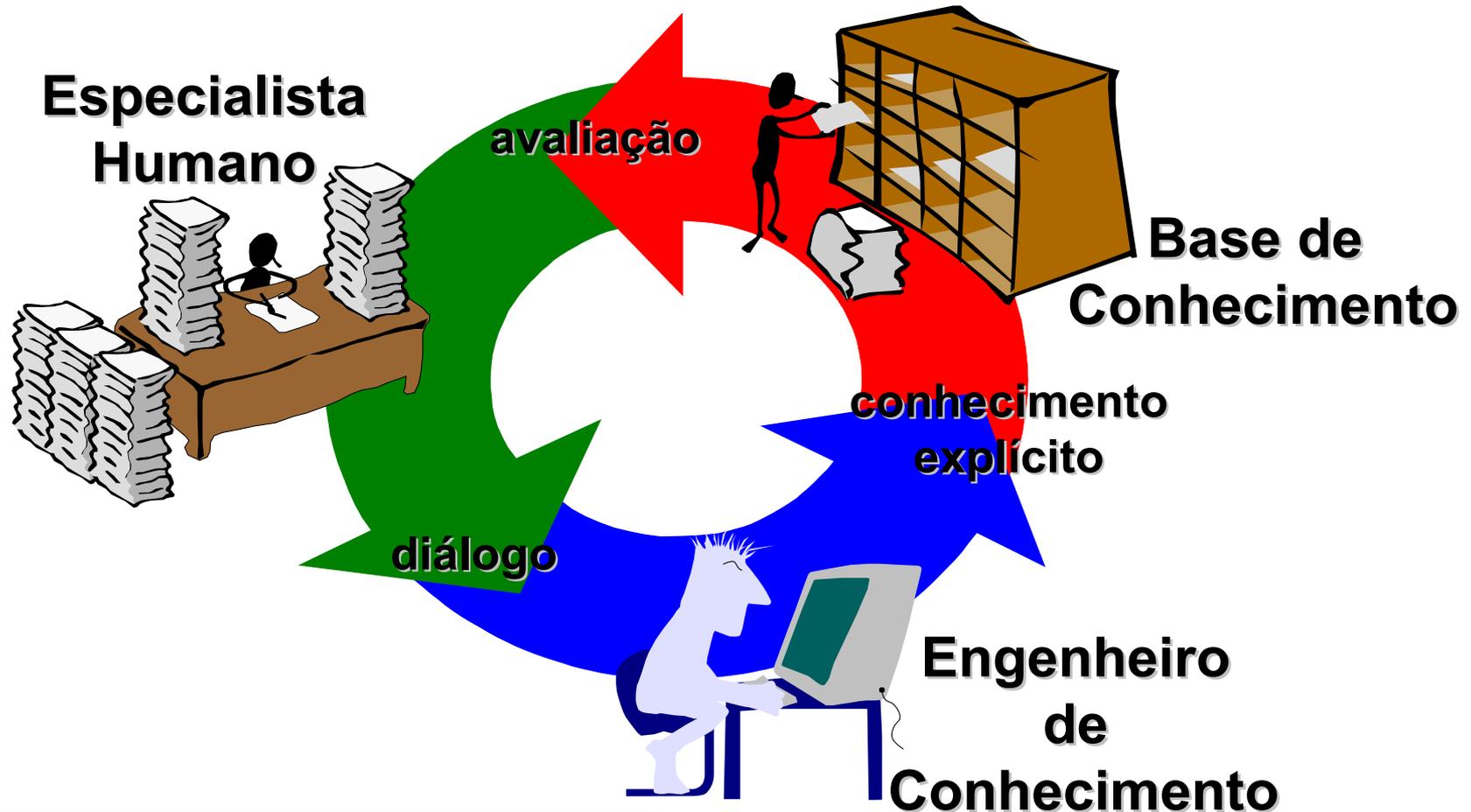
- É o mecanismo que permite responder ao usuário às perguntas do tipo *porque* e *como*



# Mecanismo de Explanação

- Um sistema especialista emite resposta utilizando três modos de técnicas diferentes:
  - **Primeiro modo**
    - o sistema determina um universo onde a resposta poderá ser encontrada
      - Por exemplo: pode determinar, de maneira geral, onde o petróleo poderá ser encontrado, sem no entanto afirmar de maneira precisa em que regiões se encontrará o petróleo
  - **Segundo modo**
    - o sistema é mais preciso e determina um resultado final
  - **Terceiro modo**
    - o sistema não emite resultado nenhum, apenas interage com o profissional que o está usando

# Desenvolvimento de um Sistema Especialista



---

## Desenvolvimento de um Sistema Especialista

# Conhecimento do Especialista

- Domínio do problema:
  - área particular onde um especialista consegue resolver problemas muito bem
    - Medicina
    - Finanças
    - Ciências
    - Engenharias

---

## Desenvolvimento de um Sistema Especialista

# Conhecimento do Especialista

- Domínio do conhecimento
  - representa o conhecimento do especialista sobre a resolução de problemas específicos
  - por exemplo: diagnóstico de enfermidades infecciosas
    - Domínio do problema: medicina
    - Domínio do conhecimento: sintomas, doenças e tratamentos

---

Desenvolvimento de um Sistema Especialista  
Domínio do Problema X Domínio do Conhecimento



---

# Desenvolvimento de um Sistema Especialista

## Domínio: Fatores

- Problema
  - pode ser resolvido por programação convencional?
- Domínio
  - bem limitado?
- Necessidade
  - há necessidade ou desejo de um S.E.?

---

# Desenvolvimento de um Sistema Especialista

## Domínio: Fatores

- Especialista
  - há pelo menos um especialista disposto a cooperar?
  - o especialista consegue explicar o seu conhecimento?
  
- Solução do problema
  - usa heurísticas?
  - envolve tratamento de incerteza?

# Quem está envolvido na construção de um S.E.?



**Dono:**  
Porque ou para que criar?

**Especialista**



obtem conhecimento do

obtem requisitos do

valida

**Base de  
Conhecimento**

usa

fornece modelo de  
análise para o

projeta e  
implementa

**Implementador**



**Engenheiro:**  
Como implementar?



**Utilizador:**  
É útil?  
Confiável?  
Caro?

# Quem está envolvido na construção de um S.E.?

## ■ Especialista

- especialista ou fornecedor de conhecimento

## ■ Engenheiro de Conhecimento

- responsável pelo desenho e arquitetura do sistema especialista

## ■ Implementador do Sistema

- domina as ferramentas usuais no desenvolvimento de um sistema especialista
- traduz as especificações do engenheiro do conhecimento para o sistema especialista

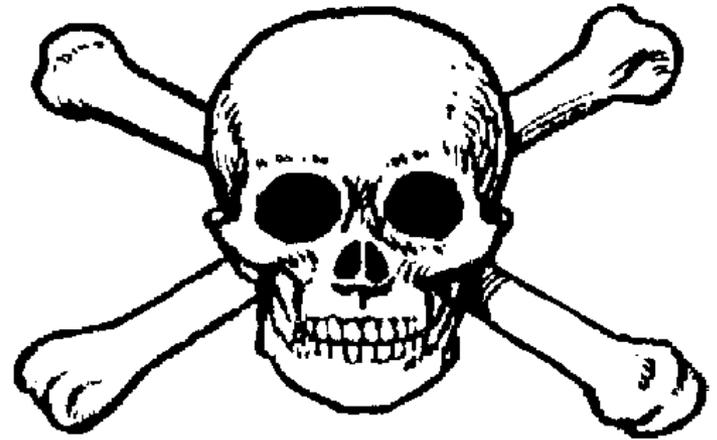
---

# O Especialista

- Elemento central no desenvolvimento de um Sistema Especialista
- Detém competência e conhecimento (mais ou menos profundo) acerca de um dado domínio
- Sabe quando, como, aonde e porquê deve usar esse conhecimento
  - é experiente sobre um dado domínio

# O Especialista

- É um especialista, e não um generalista
- Sistema Especialista baseado no conhecimento de “**não-especialistas**”:
  - só conseguirá resolver casos triviais
  - acabando por se traduzir num **fracasso**



# Um SE terá sucesso pelo fato de incluir um Especialista?

- Apesar do especialista deter competência, nada garante que ele seja capaz de fornecer o conhecimento que de fato se pretende
- Quais são os problemas do especialista:
  - dificuldade em explicitar o conhecimento que utiliza
  - o engenheiro do conhecimento não percebe o especialista



# Um SE terá sucesso pelo fato de incluir um Especialista?

- Quais são os problemas do especialista:
  - é alguém muito ocupado
  - não acredita no projeto do Sistema Especialista
  - o especialista desconfia do projeto
    - tem receio dos objetivos reais do projeto
  - tem dificuldade em explicitar o seu conhecimento

---

# Desempenho do SE poderá ser superior ao do Especialista?

- Projetos de SEs que envolvam vários especialistas, a cobertura do conhecimento que se obtém pode ser superior ao conhecimento que um determinado especialista detenha
  - exemplo MYCIN
- Um especialista é um ser humano pode estar cansado, sujeito a “stress” ou bloquear o seu raciocínio em situações críticas

# Desempenho do SE poderá ser superior ao do Especialista?

- SE, imune a este tipo de problemas, pode ser um auxiliar valioso para o próprio especialista, como confirmador do seu raciocínio
- O especialista é alguém muito ocupado, a disponibilidade plena do SE apresenta vantagens

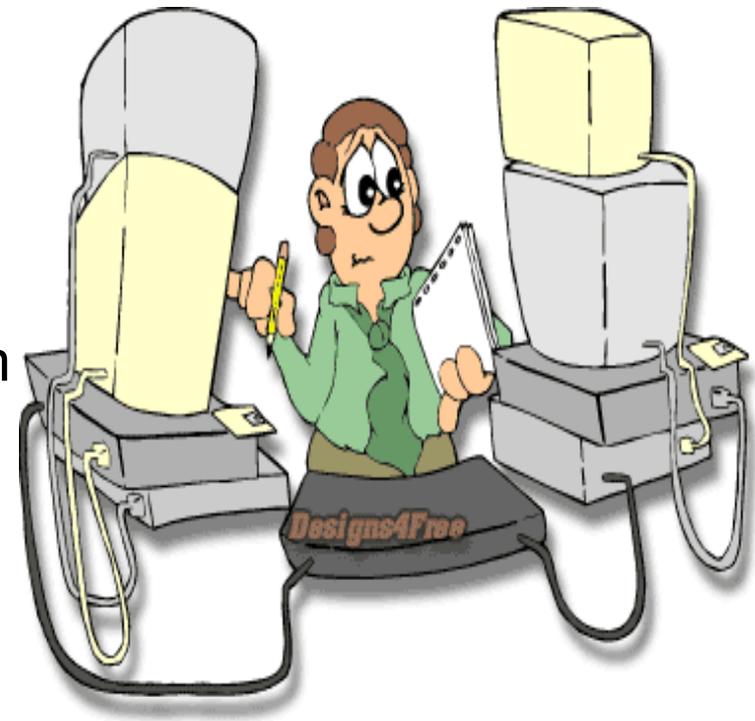


# Comparação entre um Especialista e um Sistema Especialista

<b>Fator</b>	<b>Especialista</b>	<b>Sistema Especialista</b>
Tempo Disponível	Horário de Trabalho	Sempre
Localização Geográfica	Local	Global
Segurança	Insubstituível	Substituível
Perecível	Sim	Não
Desempenho	Variável	Consistente
Velocidade	Variável	Constante
Custos	Altos	Suportáveis
Aspetos Emotivos	Sim	Não
Sujeito a Cansaço/ <i>Stress</i>	Sim	Não

# O Engenheiro do Conhecimento

- Responsável pelo processo de aquisição do conhecimento
- Poderá ser o implementador do Sistema
- Deve ser capaz de lidar com incertezas sobre o conhecimento em causa
- Deve conhecer os métodos de Representação do Conhecimento



---

# O Engenheiro do Conhecimento

- Deve conhecer as metodologias de estruturação do conhecimento
- Deve ser alguém com capacidades humanas e sociais adequadas à motivação do especialista
  - estabelecendo um diálogo profundo com o especialista
- Deve saber quais as necessidades dos utilizadores do sistema

# O Implementador do Sistema

- Responsável pela a construção do sistema especialista
- Deverá ter bons conhecimentos de métodos de representação do conhecimento
- Deverá saber utilizar ferramentas de construção de sistemas especialistas
  - construir um SE com base numa linguagem adequada
    - Prolog, Lisp, em alguns casos C++ ou outra linguagem mais
  - exige muito conhecimento de Inteligência Artificial

# O Utilizador do sistema especialista

- Tipos de utilizadores de um sistema especialista
  - um usuário qualquer
  - o próprio especialista
  - alguém que substitui o especialista na sua ausência
  - alguém que está a treinar para ser especialista
    - sistema especialista evolui para um sistema tutorial inteligente



# O Utilizador do sistema especialista

- Os sistemas especialistas podem dedicar-se:
  - a apenas um utilizador
  - a um tipo **homogêneo** de utilizadores
    - a tarefa de modelação fica mais **simplificada**
  - a um tipo **heterogêneo** de utilizadores
    - devem ser definidos **perfis de utilizadores**:
      - as interfaces
      - os diálogos, questões colocadas pelo sistema
      - as explicações, os conceitos dados pelo sistema
        - devem ser adaptados aos perfis de utilizadores

---

# Métodos de Aquisição do Conhecimento

- Processos de aquisição de conhecimento conduzidos pelo engenheiro do conhecimento
  - entrevistas com o especialista
  - observação do especialista em atuação
- Processos de aquisição de conhecimento conduzidos pelo especialista
  - método de aquisição conhecimento guiado pelo especialista
  - ferramenta para aquisição do conhecimento

# Entrevistas com o Especialista

- Método de aquisição de conhecimento mais usado
- Envolve diálogo explícito entre os participantes
- Informação e o conhecimento são recolhidos através dos mais diversos meios
  - ❑ questionários
  - ❑ anotações
  - ❑ gravações



# Entrevistas com o Especialista

- São posteriormente transcritos, analisados e codificados
- A marcação das entrevistas fica sujeita à disponibilidade do especialista
- Em norma são necessárias várias entrevistas ou sessões de trabalho
- O espaçamento entre as entrevistas deverá permitir:
  - que o Engenheiro do Conhecimento possa processar todo o conhecimento adquirido na entrevista anterior
  - que o conhecimento adquirido seja representado, codificado e testado por um protótipo do sistema

# Entrevistas Não-estruturadas

- São conduzidas informalmente (embora possam assentar em métodos formais)
- Não são simples e podem ser problemáticas de analisar após a interação com o especialista
- Freqüentemente as descrições dos processos cognitivos do perito aparecem incompletas ou mal organizadas
  - complexidade do domínio
  - não relacionamento da informação e conhecimento adquiridos através das entrevistas
  - falta de treino dos Engenheiros do Conhecimento na condução das entrevistas

# Entrevistas com o Especialista

## Entrevistas Não-estruturadas

- Pode-se estabelecer uma relação professor/aluno entre o Especialista/Engenheiro do Conhecimento, onde o especialista:
  - faz o acompanhamento de casos
  - explica o que faz e porque o faz
  - explicita conceitos, habilidades e estratégias que usa
  - aconselha a leitura de documentos, bibliografia



## Entrevistas Estruturadas

- Processo sistemático orientado a objetivos
- A comunicação entre o engenheiro do conhecimento e o especialista é organizada
- O engenheiro do conhecimento prepara previamente as sessões de aquisição do conhecimento identificando as questões mais relevantes

# Entrevistas com o Especialista

## Entrevistas Estruturadas

- O engenheiro do conhecimento deve motivar o especialista e sugerir que este se prepare para as sessões
- O engenheiro do conhecimento deve tentar manter o controle da entrevista de modo a manter a estrutura que tinha sido planejada



# Aquisição de Conhecimento usando Acompanhamento do Raciocínio

- Técnica popular na qual se tenta efetuar o seguimento do raciocínio do especialista (concluir o modo como ele raciocina)
- Os métodos podem ser mais ou menos formais
  - análise do protocolo
    - o especialista é solicitado a resolver problemas concretos e a verbalizar o raciocínio que utiliza na resolução desse problema
    - fica registrado o o processo de tomada de decisão efetuado pelo especialista passo-a-passo

# Aquisição de Conhecimento usando Acompanhamento do Raciocínio

- Pode ser efetuada a gravação daquilo que o especialista diz
- Processo essencialmente unidirecional, ao contrário das entrevistas que são bidirecionais



# Aquisição de Conhecimento com observação do Especialista

- Modo mais natural de efetuar aquisição do conhecimento
- Pode ser complexo
  - especialista pode dirigir uma equipe de várias pessoas
  - especialista pode resolver vários problemas simultaneamente
  - comportamento do especialista pode ser diferente pelo fato de saber que está a ser observado
    - o conhecimento que se adquire não corresponde exatamente ao que era pretendido

---

# Aquisição de Conhecimento guiada pelo Especialista

- Os engenheiros do conhecimento costumam não cobrir bem o conhecimento do domínio
- Os seus serviços podem ser onerosos
- Podem surgir problemas na comunicação com o especialista
- Aquisição de conhecimento pode ser um processo demorado, com várias iterações

---

# Aquisição de Conhecimento guiada pelo Especialista

- Os especialistas podem agir também como engenheiros do conhecimento
  - codificando diretamente o seu conhecimento
    - **manualmente**: através de relatórios e questionários
    - **automaticamente**: através de uma ferramenta computacional que ajuda o especialista a introduzir o conhecimento e procurar detectar falhas nesse mesmo conhecimento
      - incoerências, ambigüidades, redundâncias etc.

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- MYCIN - Sistema Especialista mais conhecido
  - detém conhecimento sobre parâmetros de análises sanguíneas para diagnosticar automaticamente problemas relacionados com infecções bacterianas
  - 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

---

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- **DENDRAL - Primeiro Sistema Especialista**
  - trata espectros de massa e respostas magnéticas ao nível nuclear de modo a fornecer informação sobre a estrutura molecular de compostos desconhecidos
  - desenvolvido em meados dos anos 60 e foi de seguida melhorado por vários investigadores

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- **INTERNIST** - Sistema Especialista aplicado à Medicina Interna
  - ❑ além de diagnosticar problemas individuais o INTERNIST é capaz de combinar problemas separados que ocorram simultaneamente num mesmo paciente
  - ❑ é um dos sistemas especialistas mais completos no âmbito da medicina
- **PROSPECTOR** - Sistema Especialista no domínio da Geologia
  - ❑ desenvolvido para auxiliar os geólogos na procura de depósitos minerais
  - ❑ nove especialistas contribuíram para o desenvolvimento deste projeto que totalizava uma base de conhecimento com cerca de 1000 regras

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

## ■ PUFF

- sistema especialista dedicado ao diagnóstico de problemas pulmonares

## ■ XCON

- primeiro sistema especialista com utilização comercial

## ■ IDEA

- sistema especialista diagnóstico de avarias em subsistemas eletrônicos de carros
- usado em cerca de 1500 centros de reparação da Fiat/Lancia/Alfa Romeo

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

## ■ DELTA/CATS-1

- sistema especialista para identificação de problemas e apoio à manutenção de locomotivas Diesel-Eléctricas

## ■ AUTHORIZER's ASSISTANT

- sistema especialista para auxiliar na tarefa de aprovação de despesas individuais
- usado pela American Express
- acessa e processa informação dispersa em cerca de 12 Bases de Dados

## ■ DRILLING ADVISOR

- sistema especialista usado na análise dos solos de exploração petrolífera

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

## ■ LENDING ADVISOR

- sistema especialista para apoiar na decisão de concessão de crédito por parte de instituições bancárias

## ■ EXPERTAX

- sistema especialista para auxílio à tarifação em seguros

## ■ GATES

- sistema especialista para auxílio dos controladores de terra na atribuição das portas de chegada e partida dos vôos

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

## ■ MARVEL

- ❑ sistema especialista que a monitora um vasto conjunto de dados enviados pela nave *Voyager* para o Centro do *Jet Propulsion Laboratory*
- ❑ efetua tarefas de rotina alertando os analistas do centro para problemas mais sérios que ocorram com a nave

## ■ TIGER

- ❑ sistema especialista usado na monitorização da condição de turbinas de gás

## ■ ARCA

- ❑ sistema especialista para diagnóstico de arritmias cardíacas
- ❑ toma como entrada o resultado oriundo de um sistema de processamento de sinal ligado a um eletrocardiógrafo

## ■ TARCA

- ❑ sistema especialista de planeamento de terapias para arritmias cardíacas

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- PATHFINDER

- sistema especialista dedicado ao diagnóstico de doenças do foro linfático

- Desenvolveram-se 4 versões:

- PATHFINDER I

- sistema especialista convencional baseado em regras

- PATHFINDER II

- inclui métodos de raciocínio incerto
- este sistema com o modelo Bayesiano simplificado teve melhor desempenho que o anterior

# Exemplos de Sucesso de Sistemas Periciais

- Desenvolveram-se 4 versões:
  - **PATHFINDER III**
    - melhorado para trabalhar com acontecimentos cujas probabilidades são reduzidas
  - **PATHFINDER IV**
    - usa uma rede de crenças
- O PATHFINDER tem um desempenho superior ao de alguns peritos usados durante o desenvolvimento do projeto



# Considerações Finais



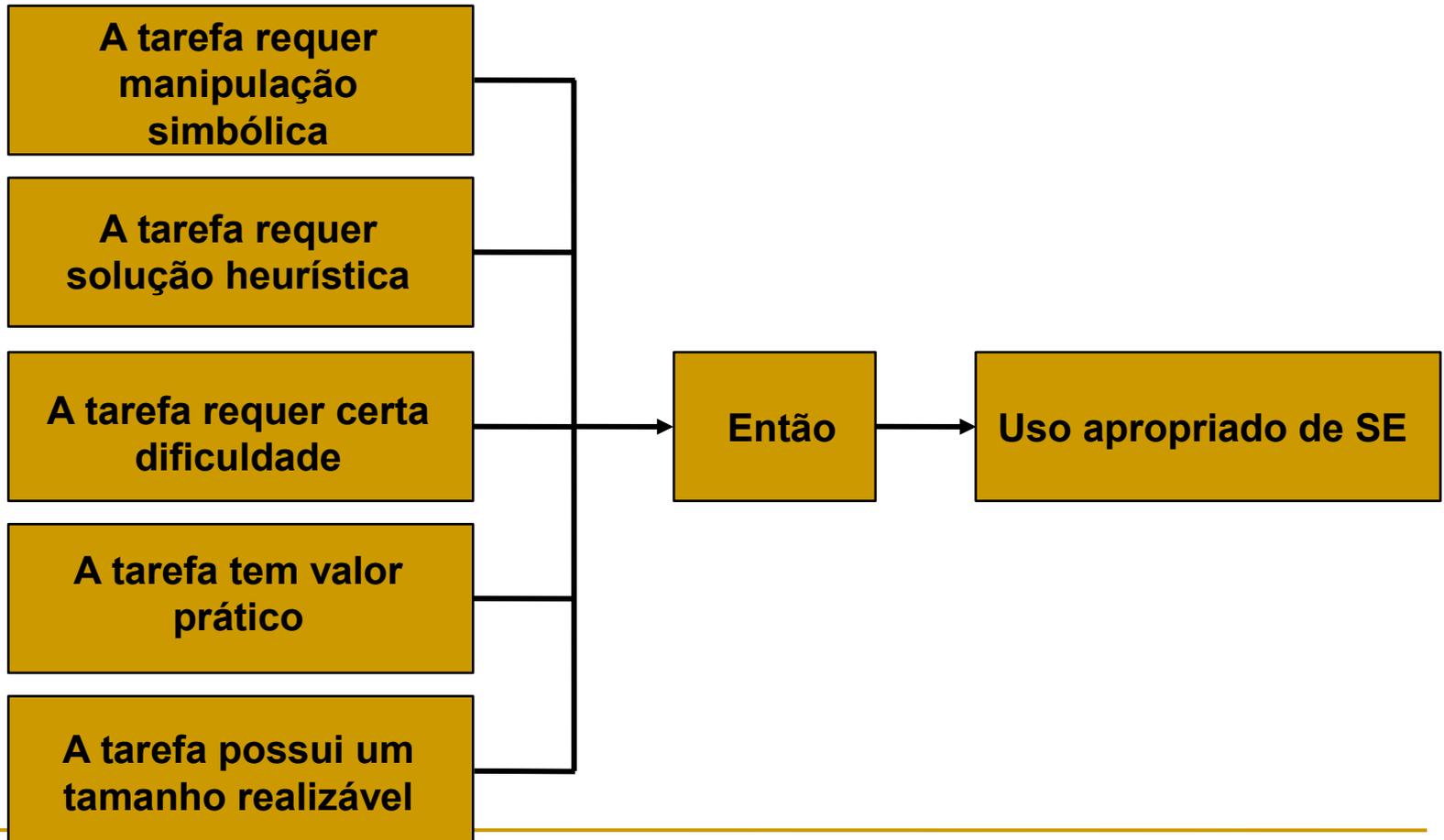
---

# Usos de sistema especialista

## Usuários

- Em lugar de um especialista
  - SE = Consultor
- Estagiário
  - SE = Instrutor
- Organizador do conhecimento?
  - SE = Mentor
- Outro especialista
  - SE = Colega

# Uso Adequado de Sistemas Especialistas



# Uso Adequado de Sistemas Especialistas

- Quando existe escassez de especialistas
- Quando a informação disponível é pobre, parcial ou incompleta, ou quando o problema é incompletamente definido
- Quando o conhecimento é baseado em regras que somente podem ser aprendidas através da experiência
- Quando o problema está sujeito a rápidas mudanças de regras e códigos



# O que se espera de um Sistemas Especialistas

- Resolução de problemas para o domínio para o qual foi concebido
- Facilidade de manutenção incremental da sua base de conhecimento
- Conhecimento apresentado de forma atraente e legível
  - alguns geradores de sistemas especialistas permitem a inclusão do conhecimento numa língua quase natural
- Desempenho semelhante a um especialista
  - capacidade de explicar como chegou a uma dada conclusão
  - porque razão não foi possível chegar a uma dada conclusão ou
  - porquê está a pôr uma dada questão ao utilizador

# O que se espera de um Sistemas Especialistas

- Mecanismo de raciocínio eficiente em domínios nos quais a quantidade de conhecimento seja elevada
- Interface que se adapte ao tipo de utilizador (especialista ou novato) e à situação em causa (normal ou crítica)
- Capacidade de efetuar raciocínios considerando o raciocínio com incertezas:
  - Raciocínio Bayesiano
  - Fatores de Certeza
- Assistência nas fases de aquisição, estruturação e transferência de conhecimento, ou nas fases de verificação e validação do conhecimento.

# Vantagens dos Sistemas Especialistas

- Explicação
- Rapidez de resposta
- Respostas
  - estáveis
  - completas
  - não emocionais
- Tutor inteligente
- Base de dados inteligente
- Boa confiabilidade
- Flexibilidade
- Capacidade de treinamento
  - Estagiários em uma atividade
  - Pessoas sobre uma organização



---

# Problemas e Limitações

- O conhecimento pode não estar prontamente disponível (ou um especialista hesitante)
  - Dificuldade para representar o conhecimento
  - Múltiplos especialistas
    - abordagens diferentes
  - Trabalha bem em apenas um domínio restrito
-

---

# Problemas e Limitações

- Engenharia de conhecimento cara
- Falta de confiança do usuário
- Sistemas especialistas podem cometer erros
- Podem não chegar a conclusões
- Fragilidade
  - somente têm acesso a conhecimento altamente específicos do seu domínio, não possuem conhecimentos mais genéricos quando a necessidade surge

---

# Referências

- Aronson, J. Knowledge-Based Systems in Business Workshop PAIW. April 2003.
- Cunha, H & Ribeiro, S. Introdução aos Sistemas Especialistas.
- Genaro, S. Sistemas Especialistas – O conhecimento artificial.
- Weiss, S & Kulikowski, C. Guia Prático para projetar Sistemas Especialistas.