

Inteligência Artificial

Sistema Especialista

Profa. Leticia T. M. Zoby

(leticia.zoby@iesb.br)

Definição de Sistemas Especialistas

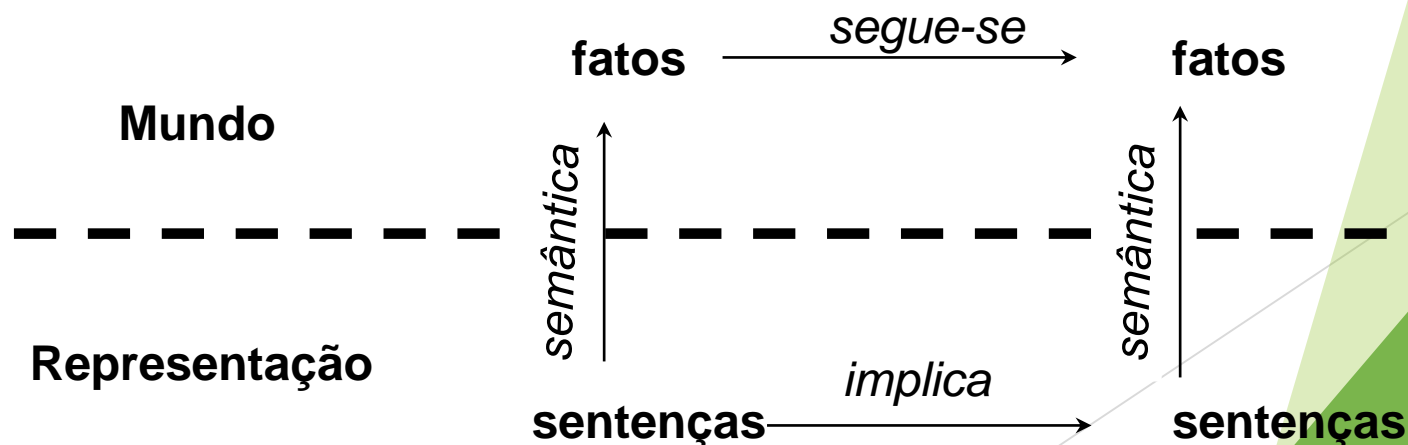
- ▶ Sistemas Baseados em Conhecimento (SBCs) que:
 - ▶ Resolvem problemas complexos
 - ▶ usando conhecimento humano *profundo* sobre o problema e/ou sobre áreas relacionadas
 - ▶ Lembrar que, como todo SBC, os Sistemas Especialistas só funcionam em domínios restritos
- ▶ Produtos de maior sucesso em IA

Representação de Conhecimento

- ▶ SBCs são estudados e produzidos a partir da disciplina de Representação de Conhecimento;
- ▶ Disciplina que estuda o uso de símbolos formais para representar conjuntos de proposições;
- ▶ Raciocínio - manipulação mecânica destes símbolos de forma a criar novos símbolos.

Conhecimento: Representação e Uso

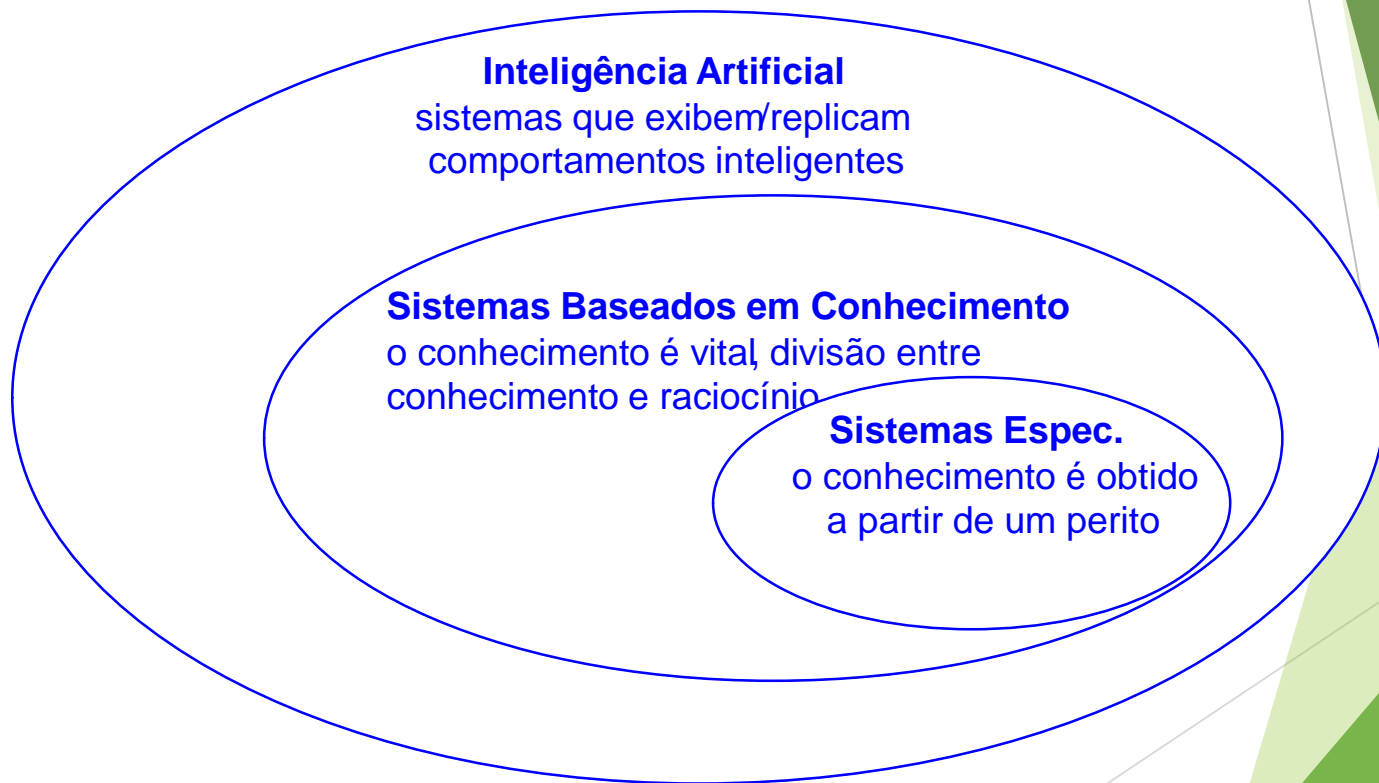
- ▶ Raciocínio:
 - ▶ processo de construção de **novas sentenças** a partir de outras sentenças.
- ▶ Deve-se assegurar que o raciocínio é consistente (*sound*)



Representação de Conhecimento

- ▶ Propriedades de um SBC:
 - ▶ Um observador externo pode entender o que está representado em suas proposições
 - ▶ O sistema se comporta de um dado jeito por causa do que está representado nestas proposições
- ▶ Vantagem em relação a sistemas tradicionais (procedimentais): pode-se perguntar a um programa sobre o que ele sabe, entre outros.

Sistemas Especialistas

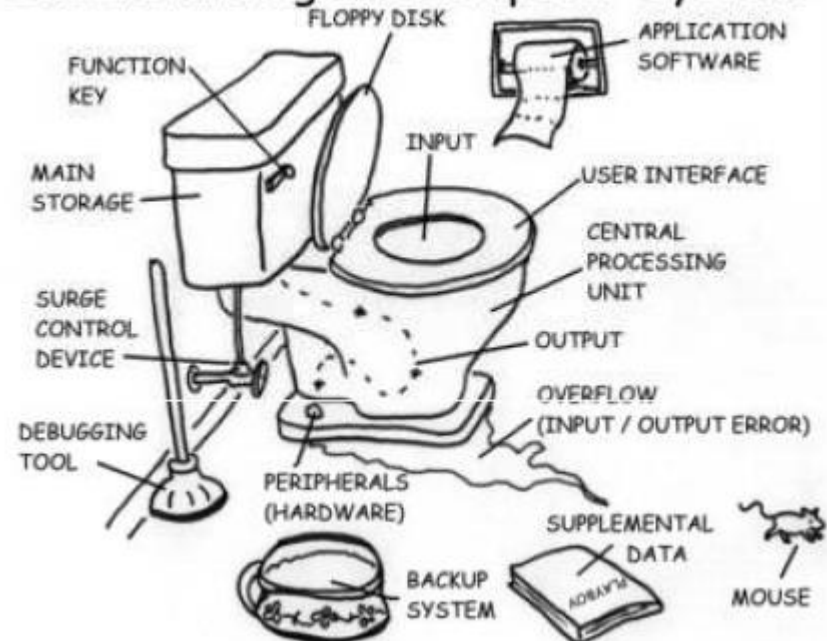


Sistemas Especialistas

- ▶ Quando uma pessoa tem conhecimento de um fato, certamente ela poderá extrair tudo que souber sobre aquele fato quando quiser
- ▶ Mas na IA há problemas relacionado ao conhecimento: como armazená-lo e como utilizá-lo.



Understanding the Computer System



Usos e Benefícios

- ▶ Sistemas Especialistas podem servir para:
 - ▶ Resolver problemas
 - ▶ Assistentes de decisão de especialistas
 - ▶ Treinamento e disseminação do conhecimento
 - ▶ Ex: CATS-1
- ▶ Benefícios
 - ▶ Preservação de conhecimento
 - ▶ Vantagens declarativas
 - ▶ Conhecimento fora do programa
 - ▶ Regras podem ser inseridas sem se preocupar com o fluxo do programa

Histórico

▶ 1965 - DENDRAL

- ▶ Ed Feigenbaum - Univ. Stanford - EUA
- ▶ Determinava automaticamente a estrutura molecular de uma molécula desconhecida através de sua análise espectrográfica
- ▶ Abordagem algorítmica impossível
- ▶ Resultados melhores que os especialistas
- ▶ Suas descobertas geraram publicações em revistas especializadas

Histórico

- ▶ 1976 - MYCIN [Shortliffe]
 - ▶ Diagnóstico e terapia de doenças infecciosas
 - ▶ Muito consultado por médicos que não eram especialista em infecções
 - ▶ 450 regras com coeficientes de certeza associados
 - ▶ Pioneiro no uso de interface e de módulo explanador
 - ▶ Procurou imitar um médico num consultório

Histórico

- ▶ Anos 60 -70: SEs orientados a tarefas exclusivamente
 - ▶ Regras e heurísticas, *sem* descrições de domínio
- ▶ Anos 70-80: SEs orientados a domínios
 - ▶ PROSPECTOR [Hart et al 78]:
 - ▶ Prospecção mineral
 - ▶ Redes semânticas, classes, subclasses, instâncias...
- ▶ Aceitação comercial: CATS-1, XCON, ...

Histórico

- ▶ Problema da General Electric:
 - ▶ Aposentadoria de David Smith: engenheiro especialista em falhas de motores eléctrico-diesel de locomotivas
- ▶ Solução convencional
 - ▶ Treinamento de engenheiros novatos
- ▶ 1980: Construção de CATS-1 (DELTA)
 - ▶ Meses de entrevista, 3 anos p/ primeiro protótipo
 - ▶ Permite diagnóstico em poucos minutos
 - ▶ Existe um em cada oficina
 - ▶ Dá treinamento, é amigável e explica decisões

Expertise

- ▶ Conhecimento específico sobre a tarefa modelada e seu domínio:
 - ▶ Fatos e teorias sobre o domínio
 - ▶ Frames, redes semânticas,...
 - ▶ Regras boas e rápidas e procedimentos gerais, advindas da experiência
 - ▶ Heurísticas para situações específicas
 - ▶ Estratégias globais

Especialista

- ▶ Detentor do conhecimento sobre a área e sobre a tarefa específica. Sabe:
 - ▶ Reconhecer e formular o problema em sua verdadeira extensão
 - ▶ Explicar a solução (às vezes)
 - ▶ Quando quebrar regras
 - ▶ Relevância dos fatos

Engenheiro de Conhecimento

- ▶ Ajuda a transferir a *expertise* para o Sistema Especialista. Tarefas:
 - ▶ Aquisição do conhecimento
 - ▶ Representação
 - ▶ Documentação
 - ▶ Principalmente para o módulo explanador

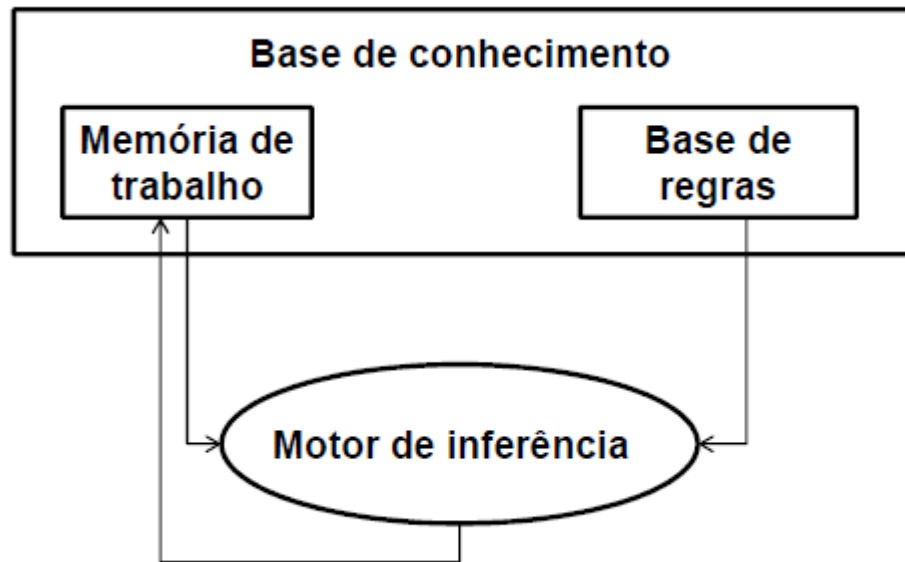
Sistema Especialista

- ▶ O SE, além de inferir conclusões, deve melhorar as decisões e o desempenho de raciocínio. Para tal, utiliza regras de “condição-ação”, que têm como objetivo ajudar a resolver determinado problema por meio de informações reunidas em um banco de dados, inseridas por um especialista humano no assunto.

Sistema Especialista

- ▶ Geralmente o formato das regras é o seguinte:
 - ▶ Identificador: SE <LHS> ENTÃO <RHS1>;
 - ▶ SE <condição> ENTÃO <ação>;
 - ▶ SE <premissa 1> E <premissa 2> ENTÃO <conclusão A>.
- ▶ Onde:
 - ▶ <LSH (Left-Handed Side)> e <condição>: representam as condições a serem atendidas, envolvendo conjunção, negação ou disjunção e os termos que podem ser desenvolvidos pelas conclusões de outras regras e do estado atual da base de conhecimento;
 - ▶ <RHS (Right-Handed Side)> e <ação>: produz as conclusões, sendo as condições verdadeiras, altera o estado atual da base de conhecimento, adicionando, modificando ou removendo unidades de conhecimento presentes na base.

Estrutura de um Sistema Especialista



(Fonte: Bittencourt, 2006)

Estrutura de um Sistema Especialista

► Base de Conhecimento:

- consiste na parte central de um SE.
- É a representação do conhecimento no domínio do problema em questão, geralmente extraída de um ou vários especialistas, de forma declarativa e livre de detalhes de controle e implementação.
- Na interação entre base, regras, fatos e heurística, motor de inferência e usuário, o sistema encontra a solução para os problemas propostos, podendo inclusive ampliar essa capacidade e sistematicamente aprender com o usuário através de dados novos inseridos;

Estrutura de um Sistema Especialista

► Motor de Inferência:

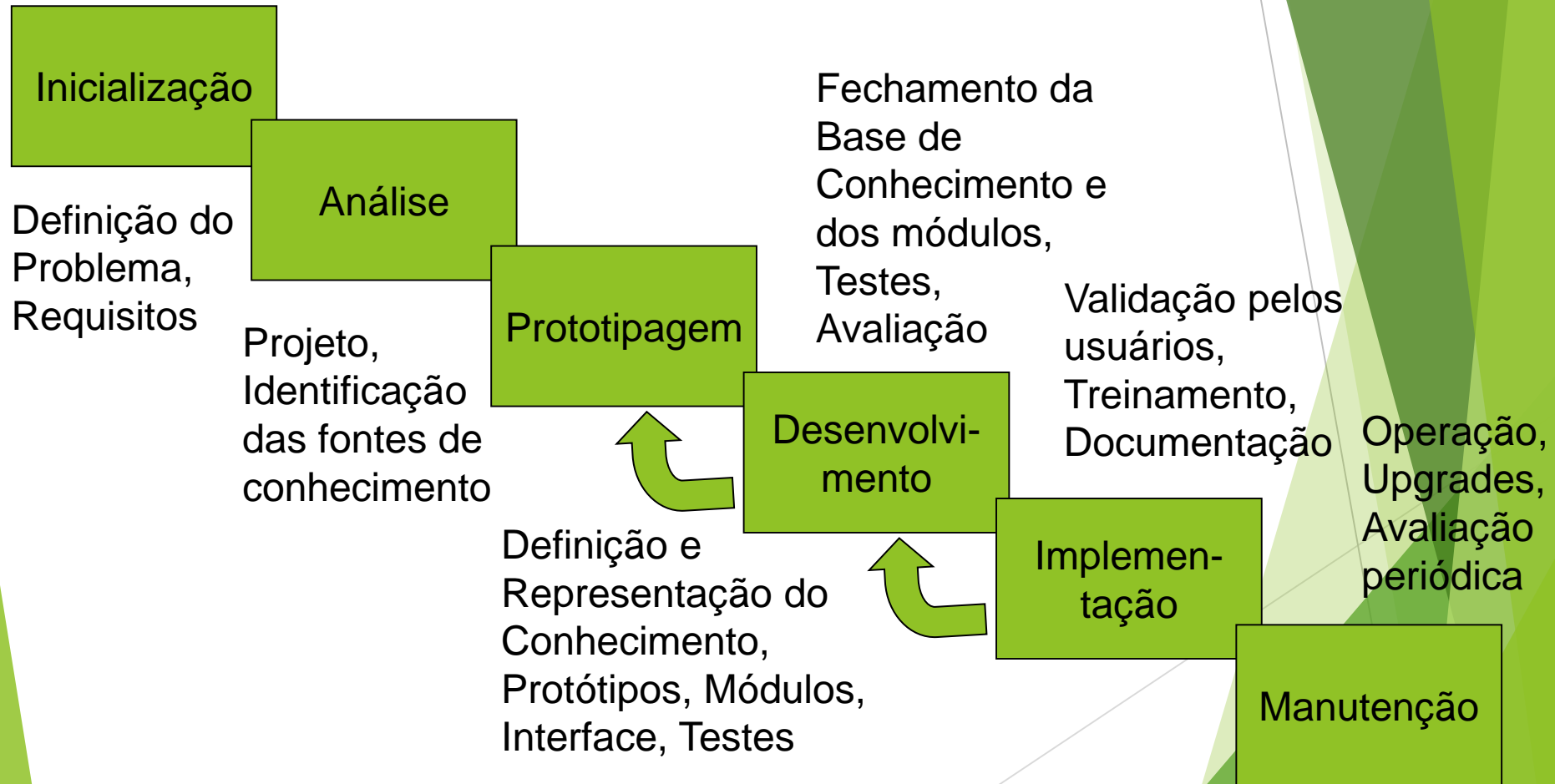
- também chamado máquina de inferência, é responsável pela manipulação da base de conhecimento durante a resolução de problemas.
- Recebe esta denominação, porque usa o conhecimento da base e os fatos relativos a uma determinada consulta para obter conclusões.
- A natureza do motor de inferência depende do formalismo utilizado para representar a base de conhecimento e da estratégia de solução de problemas considerada apropriada pelo projetista do sistema. Ela pode utilizar diversas formas de raciocínio: dedução lógica, regras de decisão, Tabelas de decisão, redes semânticas, relacionamentos lógicos, redes Bayesianas, probabilística ou Lógica *Fuzzy*;

Estrutura de um Sistema Especialista

► Interface com o Usuário:

- todo sistema especialista é interativo e precisa de um componente para gerenciar a interação entre o usuário e o sistema.
- A interação básica numa sessão de uso de um SE consiste em perguntar questões relevantes, apresentar conselhos, respostas e prover explicações requeridas pelo usuário.

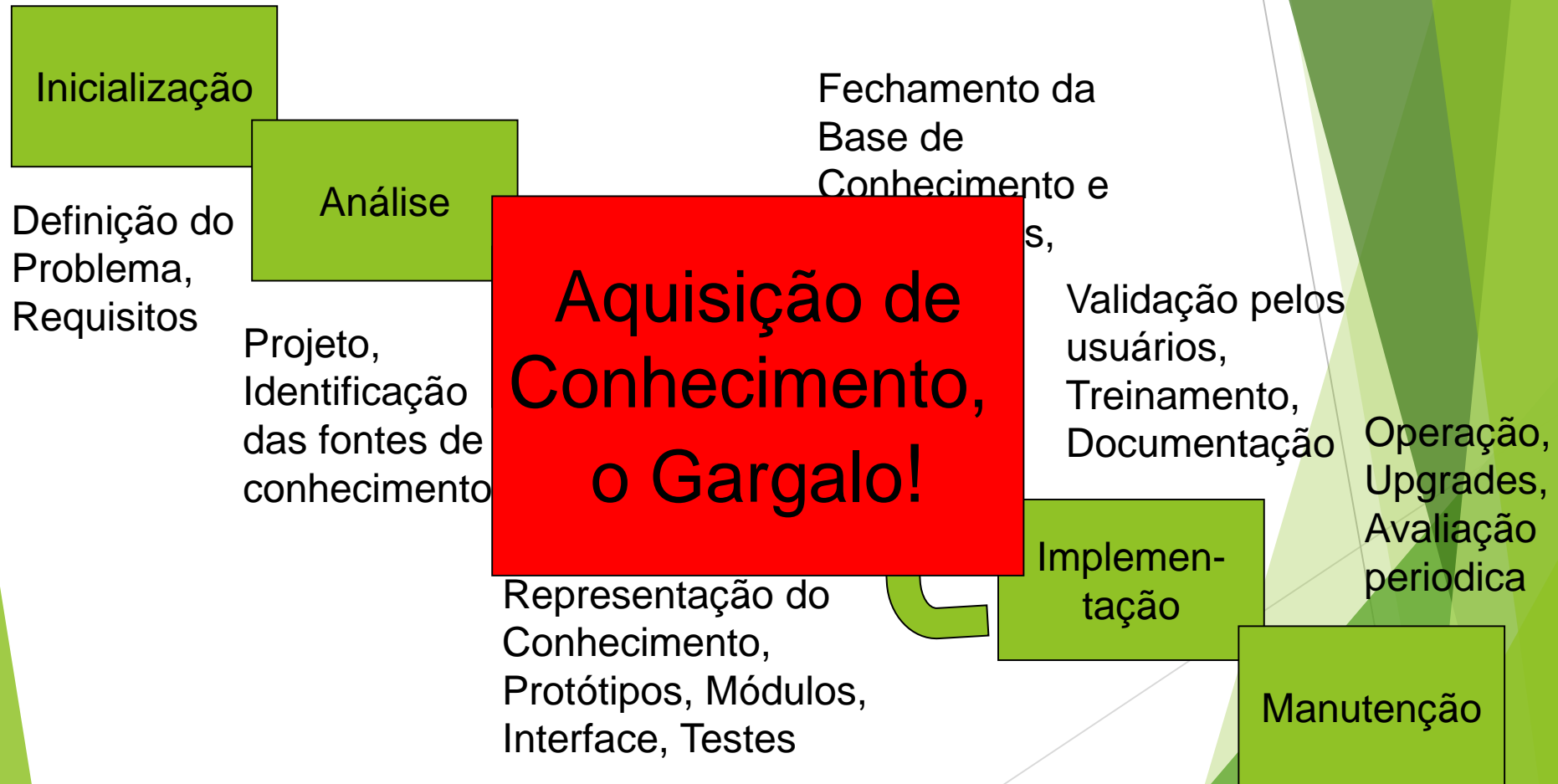
Ciclo de Desenvolvimento de um Sistema Especialista



Aquisição de Conhecimento

- ▶ **De que conhecimento precisa um SE?**
 - ▶ Conhecimento, principalmente, do especialista
 - ▶ Conhecimento sobre a tarefa
 - ▶ Ver que conceitos e relações são relevantes!
 - ▶ Heurísticas/ regras para a solução
 - ▶ Livros e documentos sobre o problema e sua área
 - ▶ Ontologia do domínio
 - ▶ Conceitos, instâncias, relações, restrições
 - ▶ Conhecimento geral (às vezes necessário)

Ciclo de Desenvolvimento de um Sistema Especialista



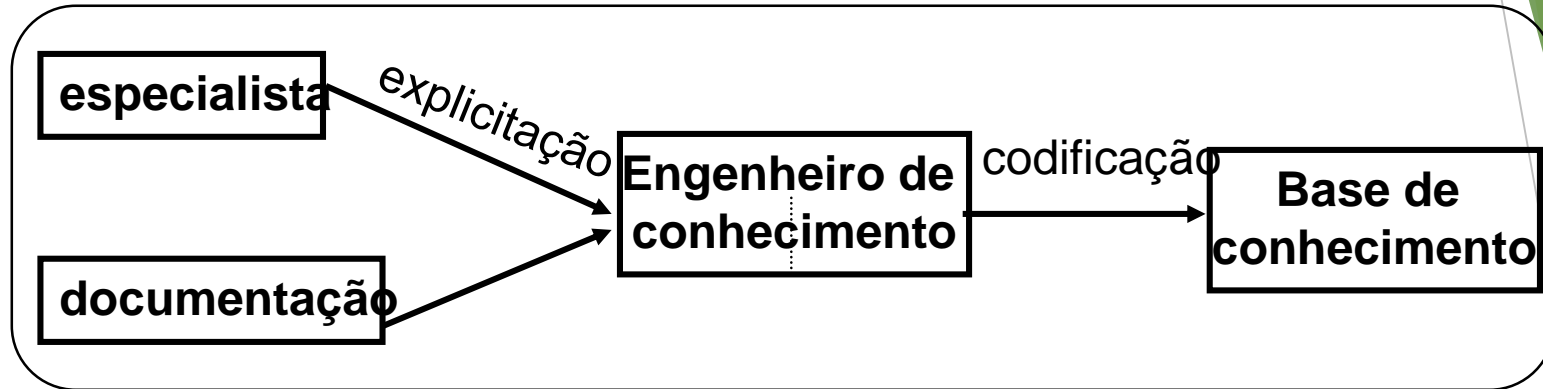
Problemas na aquisição

- ▶ Problemas inerentes ao problema que se deseja resolver:
 - ▶ Dificuldade de enumeração de todos os casos
 - ▶ Terminologia difícil do domínio (ex: medicina)
- ▶ Problemas com o especialista
 - ▶ Às vezes, o especialista não sabe porque toma determinadas decisões
 - ▶ Muitas informações implícitas nas decisões do especialista, e ele não consegue expressá-las
 - ▶ Separar o joio do trigo
 - ▶ Conhecimento relevante x irrelevante
 - ▶ O especialista não quer colaborar

Soluções para os Problemas de Aquisição

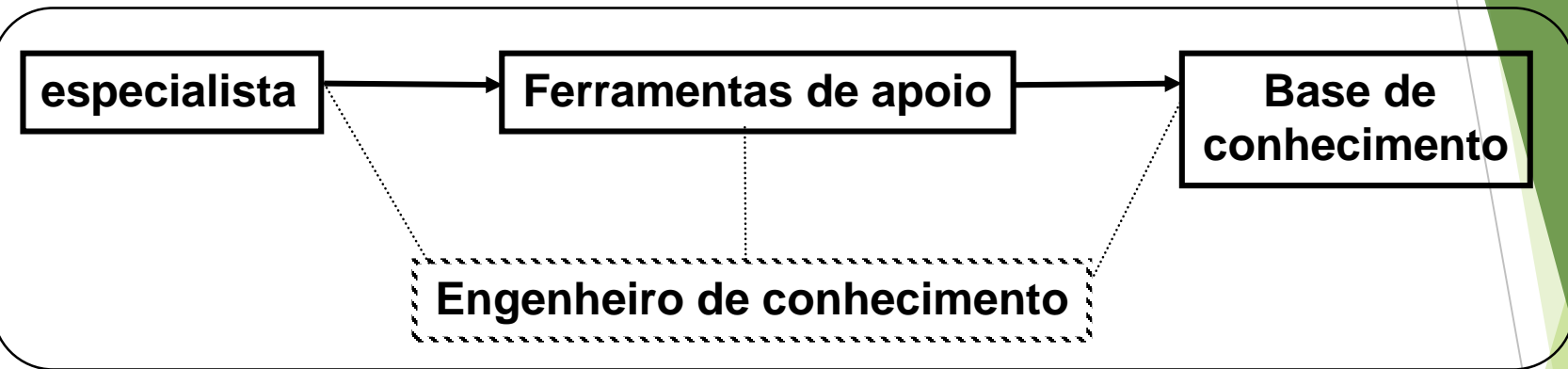
- ▶ Métodos de aquisição
 - ▶ Manuais
 - ▶ Semi-automáticos
 - ▶ Automáticos
- ▶ Sistemas Especialistas de 2^a. geração

Métodos *Manuais* de Aquisição



- ▶ Entrevistas
 - ▶ Desestruturada
 - ▶ Estruturada: agendas, formulários, casos, etc
- ▶ Rastreamento cognitivo
 - ▶ Gravações de descrições detalhadas do especialista
 - ▶ Engenheiro faz regras e valida com o especialista

Métodos *Semi-automáticos* de Aquisição



- ▶ Ferramentas para o engenheiro
 - ▶ Editores, ambientes integrados (ex: Protégé), ferramentas visuais
- ▶ Ferramentas para o especialista
 - ▶ Análise de grades de características (repertory grid analysis)

Métodos *Automáticos* de Aquisição

Casos e exemplos

Indução automática

Regras

- ▶ Técnicas de Aprendizado Automático
 - ▶ É preciso gerar conhecimento explícito, muitas vezes em forma de regras! Por isso...
 - ▶ Técnicas simbólicas de aprendizado
 - ▶ Árvores de Decisão
 - ▶ Espaço de Versões, ...

Comparação entre usar um especialista e um SE

Variável	Especialista	Sistema Espec.
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
Aspectos Emotivos	Sim	Não
Sujeito a Cansaço	Sim	Não

Sistemas Especialistas -

2ª. Geração

- ▶ Objetivo: Acelerar a construção de SEs
 - ▶ Reuso é imperativo:
 - ▶ BCs são a parte mais cara de um SBC
 - ▶ Melhorias no processo de modelagem do conhecimento
 - ▶ Tendência a que o próprio especialista edite o conhecimento
 - ▶ Protégé [Gennari et al 2003]
 - ▶ Integração entre aprendizado e inferência simbólica para acelerar a aquisição
 - ▶ Sistemas híbridos

Como reusar conhecimento??

- ▶ Reuso de conhecimento *sobre as tarefas*: Metodologia CommonKADS [Schreber et al 94]
 - ▶ Reusa modelos de problemas e sub-problemas
 - ▶ Propõe especificar as tarefas em função da decomposição destas em sub-tarefas, e assim recursivamente
- ▶ Reuso do conhecimento *sobre o domínio*
 - ▶ Ontologias

Tendências em Sistemas Especialistas

- ▶ Integração de SEs numa empresa
 - ▶ Sistemas de Gestão de Conhecimento
 - ▶ Memória organizacional
- ▶ Expressão sendo substituída
 - ▶ Agentes inteligentes...
- ▶ Uso cada vez maior de ontologias
 - ▶ Web Semântica
- ▶ Sistemas híbridos

Vantagens e Desvantagens dos SE

► Vantagens

- a decisão é assentada em uma base de conhecimento e existe estabilidade, flexibilidade, integração de ferramentas e agilidade na determinação dos problemas;

► Desvantagens

- os sistemas especialistas tendem a trabalhar de uma forma rotineira, sem inspiração ou criatividade, onde não é sintetizado novo conhecimento, há dificuldade de lidar com situações inesperadas (entrada de informação e representação simbólica e não sensória) e não existe conhecimento do senso comum.

Representação e aquisição do conhecimento

- ▶ Exemplo: Utilizado em sistemas especialistas, mesclando de acordo com a situação o raciocínio para frente e o raciocínio para trás
 - ▶ Objetivo: escolher um vinho;
 - ▶ Fatos: dados de entrada;
 - ▶ Quais serão as regras?

Representação e aquisição do conhecimento

► Regra 1

- Se tem molho e molho = apimentado
- então melhorcorpo = encorpado

► Regra2

- Se sabor = delicado
- então melhorcorpo = leve

Representação e aquisição do conhecimento

► Regra3

- Se pratoprincipal = peixe
- então melhorcor = branco

► Regra4

- Se pratoprincipal <> peixe e tem molho e molho = tomate
- então melhorcor = tinto

Representação e aquisição do conhecimento

► Regra5

- Se cor recomendada = branco e corpo recomendado = leve e suavidade recomendada = medio
- então vinho = chenin blanc

► Regra6

- Se cor recomendada = tinto e corpo recomendado = medio e suavidade recomendada = medio
- então vinho = Pinot Noir

Resumindo

- ▶ Sistemas Especialistas são SBCs que resolvem problemas complexos, de difícil solução algorítmica
- ▶ Componentes de um SE: Interface, Módulo Explanador, Motor de Inferência e Base de Conhecimento
- ▶ Aquisição de Conhecimento é o maior problema dos SEs, por causa das dificuldades de obter o conhecimento do especialista
 - ▶ Soluções: Ferramentas de Aquisição e Reuso de Conhecimento

SE (distância do inimigo < 50 **E** saúde do agente > 50)
ENTÃO atacar o inimigo