

Inteligência Artificial

Sistemas Especialistas

Prof. Dr^a. Andreza Sartori

asartori@furb.br

Documentos Consultados/Recomendados

- ARTERO, Almir Olivette. **Inteligência artificial: teórica e prática**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2008.
- Carvalho, Cedric Luiz de. **Sistemas Especialistas**. Instituto de Informática. UFG 2006.
- COPPIN, Ben. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- KLEIN, Dan; ABBEEL, Pieter. **Intro to AI**. UC Berkeley. Disponível em: <http://ai.berkeley.edu>.
- LIA, Laboratório de Inteligência Artificial. Manual Expert Sinta. UFC, 1998.
- LIMA, Edirlei Soares. **Inteligência Artificial**. PUC-Rio, 2015.
- LINDER, Marcelo Santos. **Sistemas Especialistas**. UNIVASF, 2011.
- RUSSELL, Stuart J. (Stuart Jonathan); NORVIG, Peter. **Inteligência artificial**. Rio de Janeiro: Campus, 2013. 1021p.

Plano de Ensino da disciplina

Unidade 1: Fundamentos de Inteligência Artificial

Unidade 2: Busca

Unidade 3: Sistemas baseados em conhecimento

Unidade 4: Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

Unidade 5: Tópicos especiais



Plano de Ensino da disciplina

Unidade 1: Fundamentos de Inteligência Artificial

Unidade 2: Busca

Unidade 3: Sistemas baseados em conhecimento

Unidade 4: Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

Unidade 5: Tópicos especiais



Plano de Ensino da disciplina

Unidade 1: Fundamentos de Inteligência Artificial

Unidade 2: Busca

Unidade 3: Sistemas baseados em conhecimento

3.1. Agentes Lógicos

3.2. Representação do Conhecimento

3.2.1 Lógica de Primeira Ordem

3.3. Sistemas Especialistas



Recapitulando: Componentes Principais dos Sistemas Baseados em Conhecimento

- **Base de conhecimento (BC)**

- É formada por um conjunto de **sentenças** expressadas através de uma **Linguagem de Representação de Conhecimento**.
 - Através da representação lógica das sentenças.
- Exemplo:
 - S1. Todos os animais respiram;
 - S2. Todos os gatos são animais;

- **Mecanismo de Inferência**

- Derivação de novas sentenças a partir de sentenças antigas (extraídas da BC).
 - Dada S1 e S2, Podemos deduzir que: Todos os gatos respiram.

O que é um especialista?

- Aquele que:
 - possui o conhecimento, experiência, métodos e a habilidade para aplicá-los, para dar conselhos e resolver problemas.



Sistemas Especialistas (SE)

- Sistema computacional destinado a **representar o conhecimento** de um ou mais especialistas humanos sobre um domínio específico.
- A partir do processamento da base de conhecimento, **busca soluções para problemas** que normalmente **requerem** grande volume de **conhecimento especializado**.



SE: Componentes

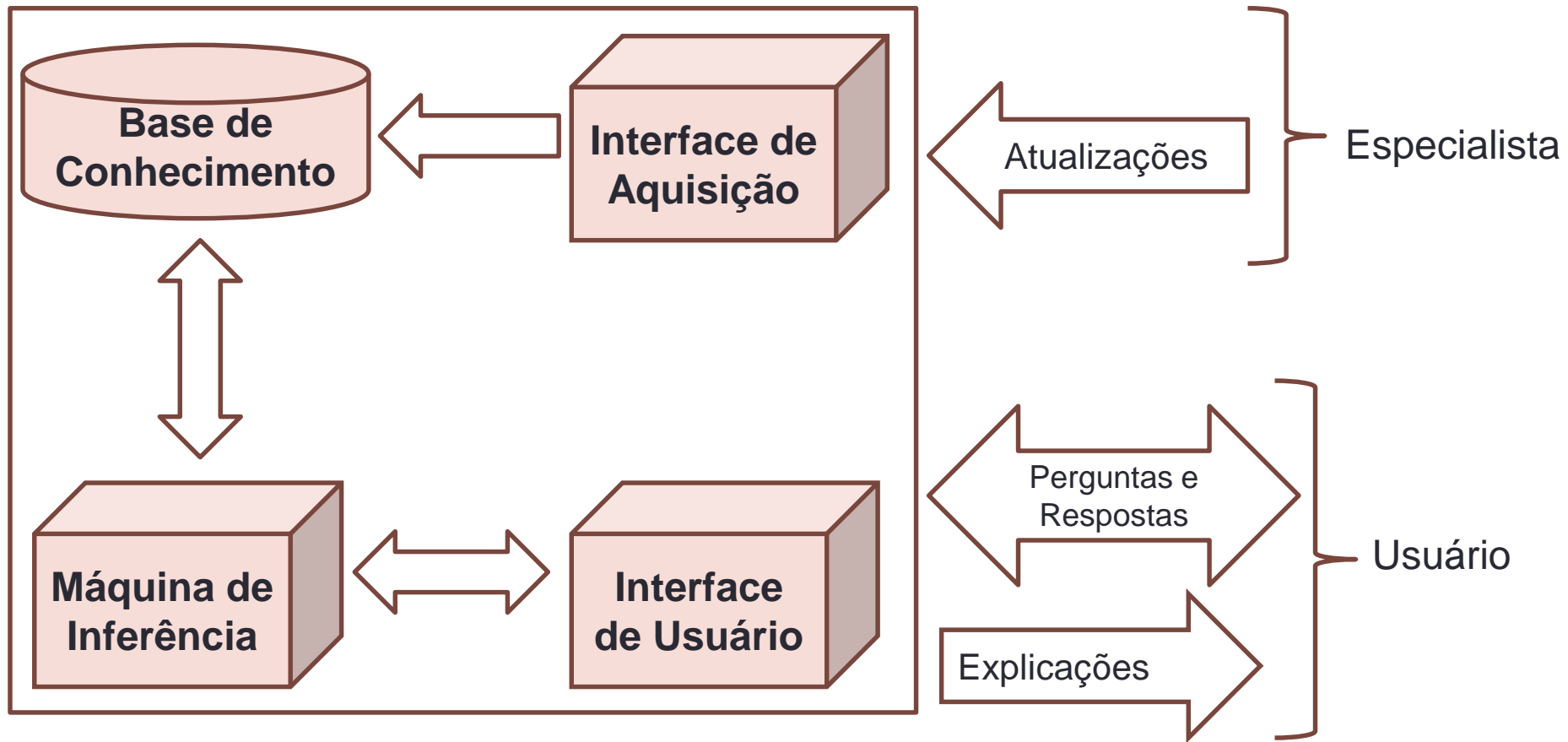
- Para ajudar na tomada de decisões os SE devem:
 - Manter o **alto nível de conhecimento** para ajudar na solução de problemas, isto é, devem dar soluções similares a de especialistas humanos;
 - Auxiliar tanto a tarefa em que a base de conhecimento é alimentada por especialistas na área, quanto a tarefa de processamento, quando um usuário do sistemas interage com ele;
 - Fornecer explicações referentes às conclusões alcançadas ou as linhas de raciocínio utilizadas para alcançar uma possível conclusão;
 - Facilitar a atualização, visualização e compreensão do conhecimento (Sistema flexível).



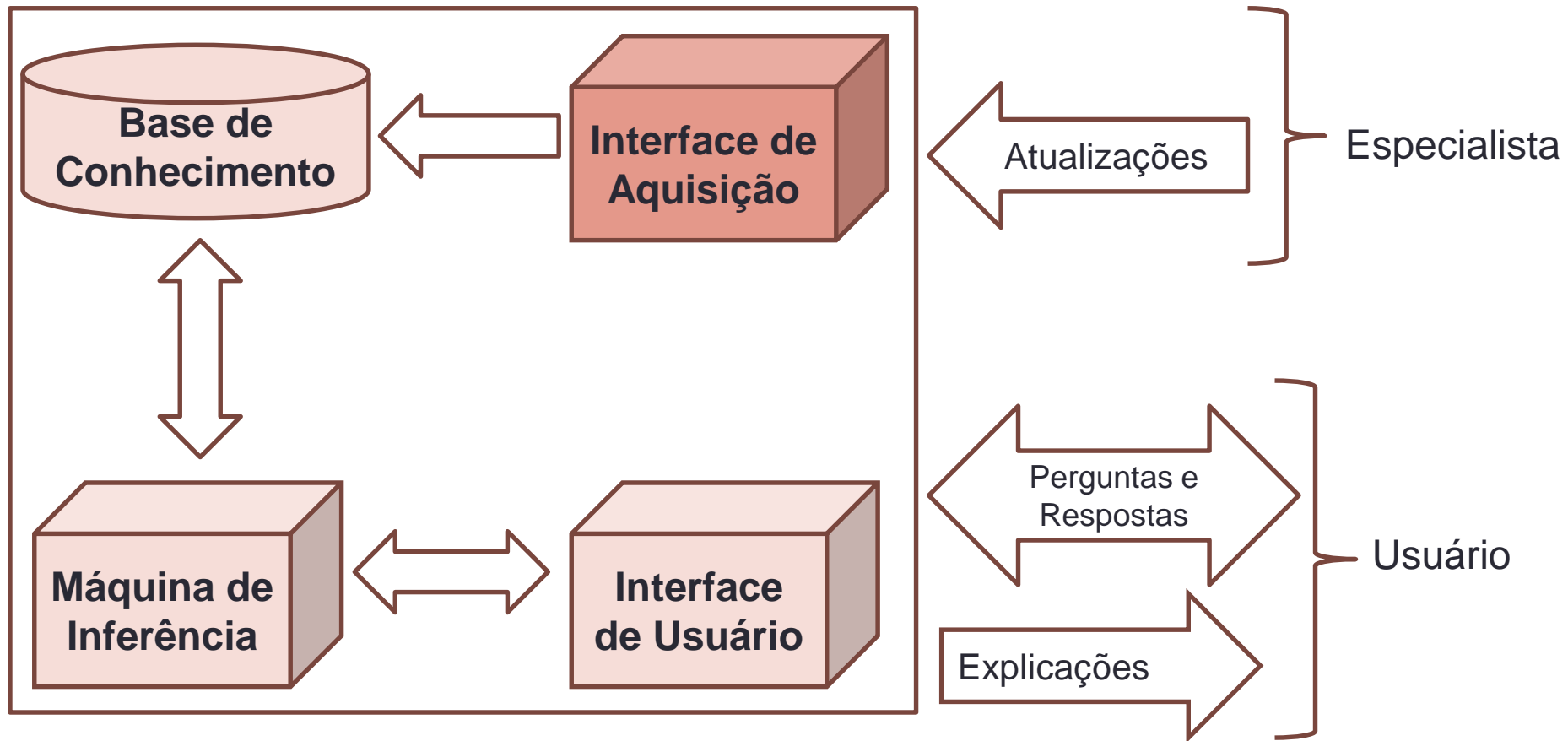
SE: Pessoas Envolvidas

- Usuário final
 - Exemplo: em um sistema de diagnóstico médico, pode ser um médico ou um indivíduo que tenha alguma queixa que deseje diagnosticar.
- Engenheiro de conhecimento:
 - Projeta as regras para o sistema baseado tanto em observar o especialista em ação como em formular questões sobre como ele atua.
- Especialista de domínio:
 - Explica ao engenheiro de conhecimento como faz para resolver determinado problema.

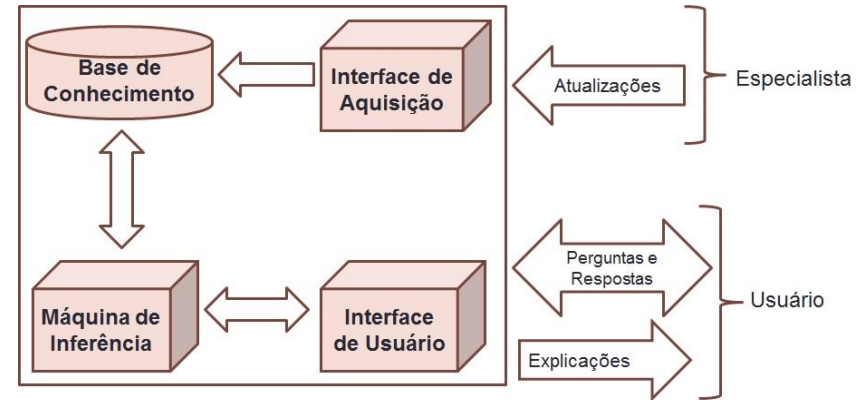
SE: Arquitetura



SE: Arquitetura



SE: Arquitetura



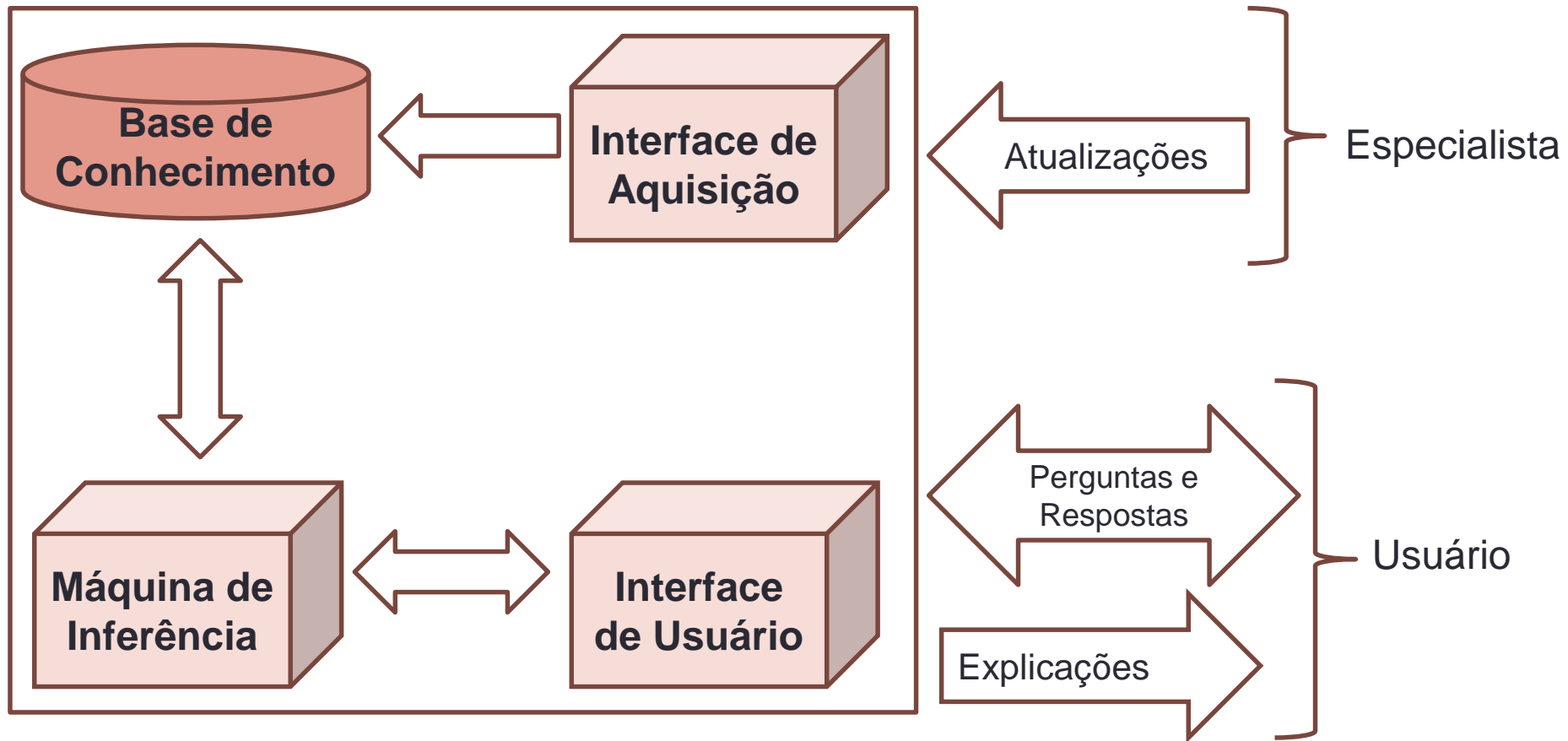
- Interface de Aquisição

- Permite o especialista definir e manipular regras.
- Deve apoiar a construção inicial da base de conhecimento.
- Dever permitir atualizações (correção e adição de regras).

- Fases da Aquisição

1. Identificar características do problema;
2. Isolar os conceitos principais e suas relações;
3. Identificar inferências sobre estes conceitos.

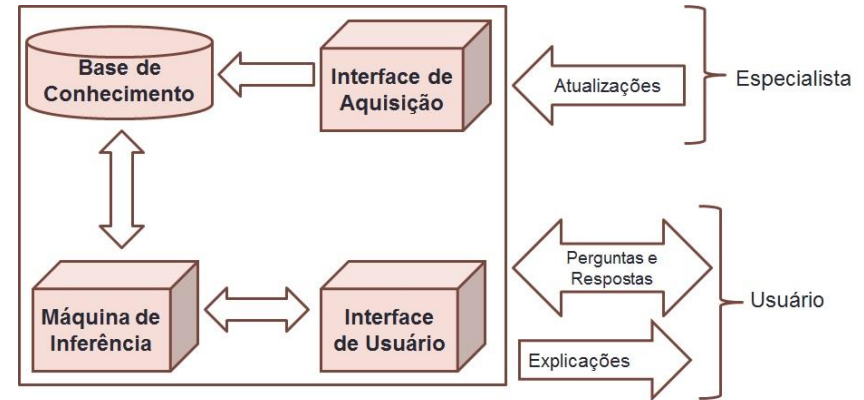
SE: Arquitetura



SE: Arquitetura

- Base de Conhecimento (BC)

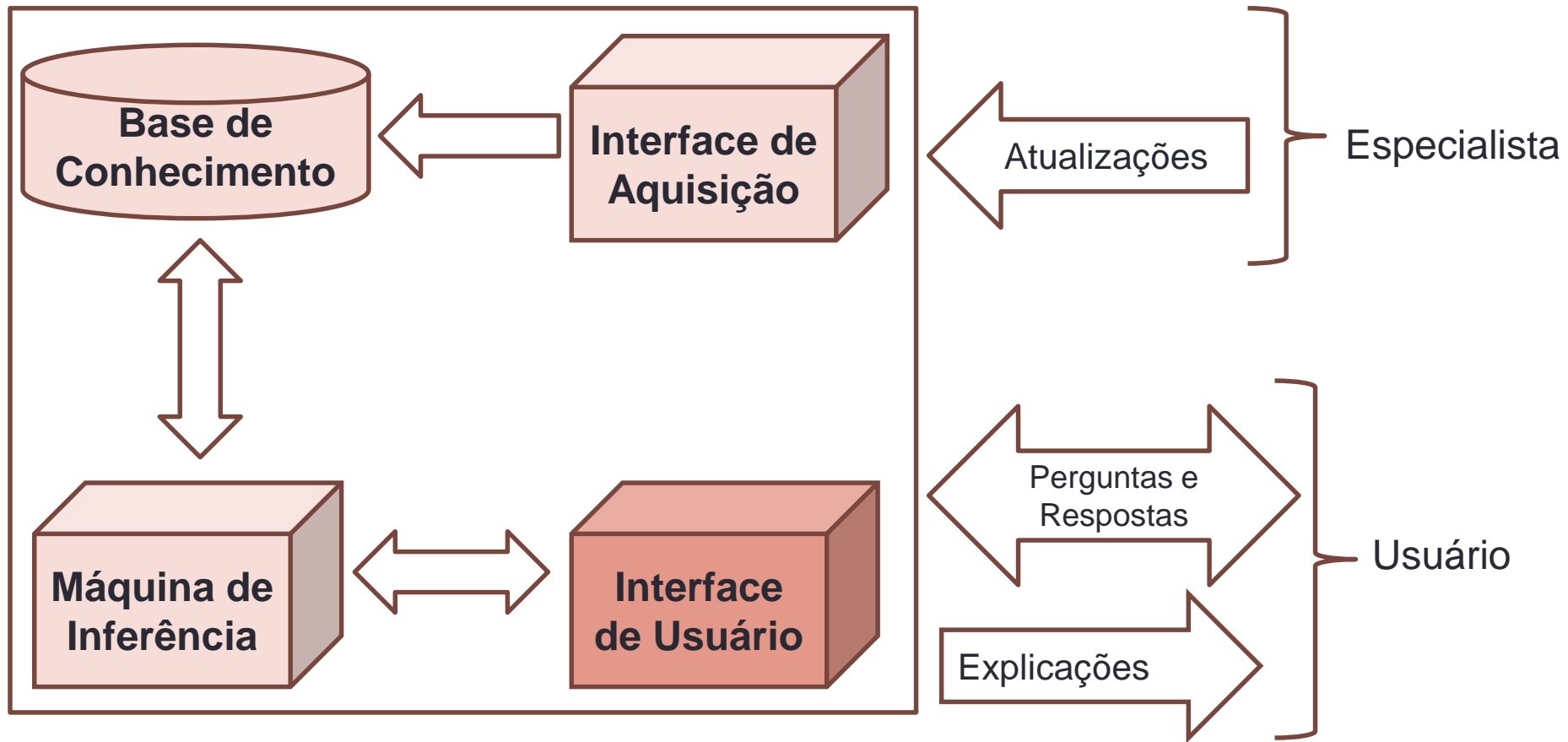
- Contém o conhecimento específico de um domínio, para derivar conclusões a partir de fatos.
- Utiliza uma linguagem de representação do conhecimento.
 - Lógica;
 - Regras de Produção;
 - Redes Semânticas, etc.
- As informações podem ser obtidas por meio de:
 - Livros, estudos de casos, relatórios, dados empíricos, experiência do especialista.
 - Atualmente utiliza-se uma aquisição automática do conhecimento.



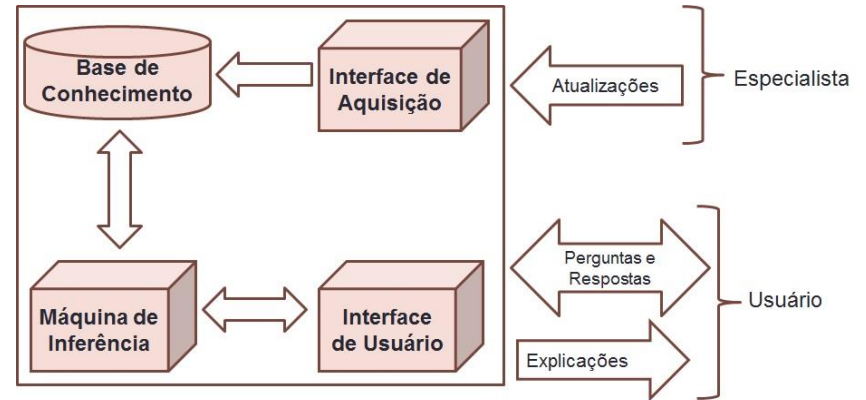
SE: Arquitetura

- Base de Conhecimento (BC) contém:
 - Conhecimento ontológico (regras, redes semânticas, etc.)
 - Ex: O homem é um animal.
 - Regras (estrutura de inferência)
 - Ex: Todo animal tem uma mãe.
 - Fatos
 - Ex: Existem muitos meninos abandonados.
 - Heurísticas (para resolução de conflitos)
 - Exemplos:
 - Prefira a regra adicionada a base de dados mais recentemente.
 - Na medicina, novas regras podem contradizer regras antigas.
 - Prefira a regra mais longa.
 - Prefira a regra com maior nível de prioridade.

SE: Arquitetura



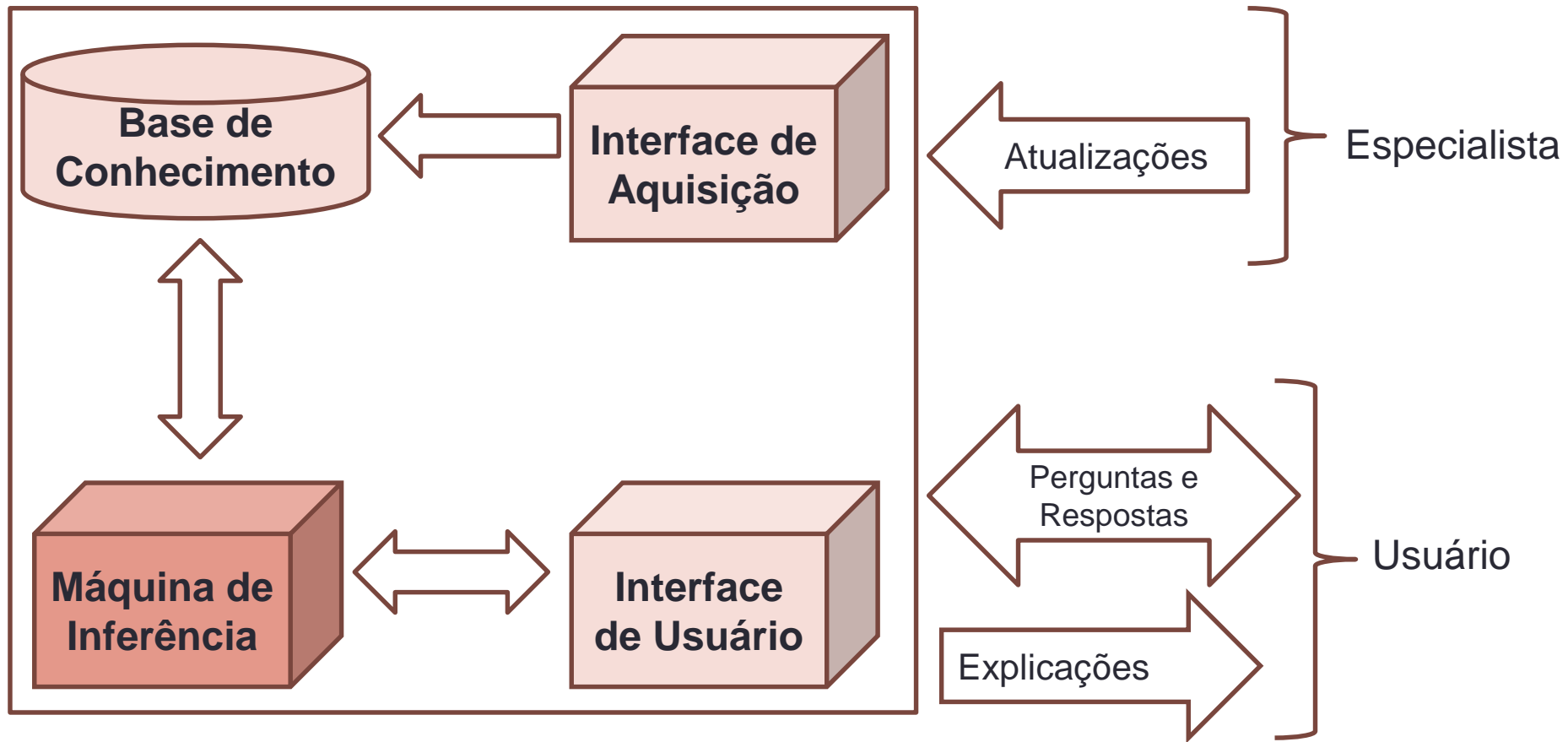
SE: Arquitetura



- Interface de Usuário

- Responsável pela interação do usuário com o sistema.
- Onde o usuário utiliza o conhecimento armazenado na base de conhecimento para obter as respostas às suas perguntas e também explicações referentes às linhas de raciocínio que o sistema usa para alcançar a conclusão.

SE: Arquitetura



SE: Arquitetura

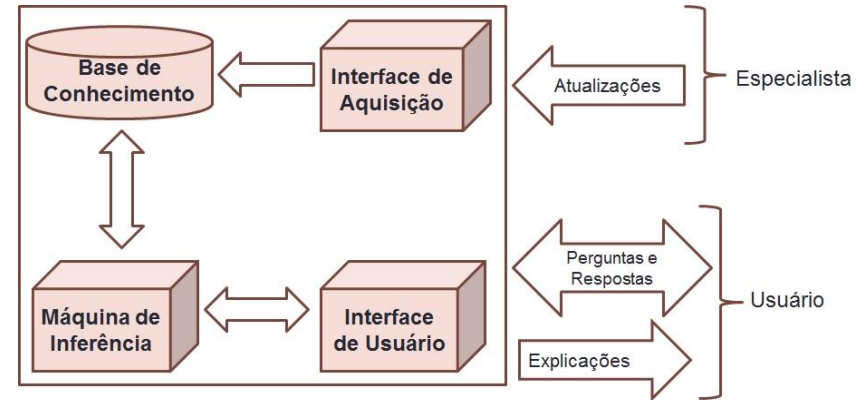
- Máquina de Inferência

- Responsável por:

- processamento das perguntas do usuário;
 - processamento dos fatos armazenados na base de conhecimento;
 - Obtenção das conclusões e explicações que serão fornecidas ao usuário.

- Transforma uma situação dada (estado inicial) em uma situação desejada (estado final) usando um conjunto de operadores.

- Usando regras de produção para representar o conhecimento, pode operar usando o **encadeamento direto** ou o **encadeamento reverso**.



Encadeamento Direto (ou Para Frente)

- Também conhecido como **Raciocínio Guiado por Dados**;
- O raciocínio começa a partir de um conjunto de dados e termina em um objetivo (conclusão).
- Passos:
 1. Considerar os fatos
 2. Verificar se alguma combinação de fatos coincide com todos os antecedentes de uma das regras da base de conhecimento;
 3. Se os antecedentes de uma regra coincidem com fatos da base de conhecimento, então, regra é selecionada.
 4. Se a regra é selecionada, então é ativada a seguir (adicionar a conclusão dela à base de conhecimento)
 5. Se a conclusão da regra ativada for uma ação ou recomendação, apresenta a recomendação ou provoca a ocorrência da ação.

Exemplo: Encadeamento Direto (ou Para Frente)

- **Regra 1:**

SE no primeiro andar e botão for apertado no primeiro andar
ENTÃO abrir a porta.

- **Regra 2:**

- SE no primeiro andar
- E botão for apertado no segundo andar
- ENTÃO ir para o segundo andar

- **Regra 3:**

- SE no primeiro andar
- E botão for apertado no terceiro andar
- ENTÃO ir para o terceiro andar

- **Regra 4:**

- SE no segundo andar
- E botão for apertado no primeiro andar
- E já estiver indo para o terceiro andar
- ENTÃO lembrar de ir ao primeiro andar depois

- **Fato 1**

- No primeiro andar.

- **Fato 2**

- Botão apertado no terceiro andar.

- **Fato 3**

- Hoje é terça-feira.

Exemplo: Encadeamento Direto (ou Para Frente)

1. Sistema examina as regras;
2. Constata que os Fatos 1 e 2 correspondem aos antecedentes da Regra 3;
3. Regra 3 é ativada;
4. Sua conclusão “ir para o terceiro andar” é adicionada à base de conhecimento.
5. Ação: deslocamento do elevador até o terceiro andar.

Regra 3:

SE	no primeiro andar
E	botão for apertado no terceiro andar
ENTÃO	ir para o terceiro andar

• Fato 1

- No primeiro andar.

• Fato 2

- Botão apertado no terceiro andar.

• Fato 3

- Hoje é terça-feira.

Encadeamento Reverso (ou Para Trás)

- Casos onde apenas uma conclusão específica deve ser provada.
- **Se parte de uma conclusão**, que é a hipótese que queremos provar, e se mostra como aquela conclusão pode ser alcançada a partir das regras e fatos da base do conhecimento.
- **Raciocínio guiado por objetivo**, onde o objetivo é a conclusão que queremos provar.

Exemplo: Encadeamento Reverso (ou Para Trás)

- Regras:

- Regra 1: $A \wedge B \rightarrow C$
- Regra 2: $A \rightarrow D$
- Regra 3: $C \wedge D \rightarrow E$
- Regra 4: $B \wedge E \wedge F \rightarrow G$
- Regra 5: $A \wedge E \rightarrow H$
- Regra 6: $D \wedge E \wedge H \rightarrow I$

- Fatos:

- Fato 1: A
- Fato 2: B
- Fato 3: F

- Conclusão:

- H

Fatos	Base de Objetivos	Regra Ativada
A, B, F	H	5
A, B, F	E	3
A, B, F	C, D	1
A, B, C, F	D	2
A, B, C, D, F		PARAR

SE: Vantagens X Desvantagens

- **Vantagens**

- capacita não-especialistas
- serve de assistente a especialistas
- serve de repositório de conhecimento “valioso” para a empresa (informações permanentes)

- **Desvantagens**

- É difícil extrair conhecimento do especialista
- Engenheiros de Conhecimento são raros e caros
- Transferência de conhecimento está sujeita a falhas
 - Dificuldade do especialista em explicitar o conhecimento que utiliza
 - Múltiplos especialistas = abordagens diferentes



SE: Aplicações

- Diagnóstico de infecções (análise sanguínea) – MYCIN
- Fornecer informação sobre a estrutura molecular de compostos desconhecidos – DENTRAL (1º SE)
- Diagnóstico Médico
- Auxílio de geólogos na procura de depósitos minerais (PROSPECTOR)



SE: Aplicações

- Diagnóstico de defeitos em subsistemas eletrônicos de carros (IDEA)
 - Utilizado pela Fiat / Lancia / Alfa Romeo
- Auxílio à tarificação em seguros (EXPERTAX)
- Apoio na decisão de concessão de crédito por parte de instituições bancárias (LENDING ADVISOR)
- Auxílio dos controladores de terra na atribuição das portas de chegada e partida dos vôos (GATES)



SE: Aplicações



**Departamento de
Sistemas e Computação**

Departamento de
Sistemas e Computação



TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

[Home](#)

[Apresentações Públicas](#)

[Pesquisa Simples](#)

[Pesquisa Avançada](#)

[Listar por Semestre](#)

Home

O Trabalho de Conclusão de Curso - TCC é uma atividade obrigatória que consiste de trabalho final de graduação, abordando temas das áreas de estudo relacionados ao Plano Político Pedagógico - PPP do curso no qual o acadêmico está se graduando e às linhas de pesquisa da área de formação.

O TCC é desenvolvido individualmente, iniciando na disciplina de TCC I e finalizando na disciplina de TCC II, sendo elaborado pelo acadêmico, sob a orientação de um professor escolhido pelo mesmo, aprovado pelo Departamento de Sistemas e Computação - DSC.

Utilize a ferramenta de pesquisa simples ou pesquisa avançada para localização de TCCs.

Estão cadastrados os TCCs desenvolvidos pelos acadêmicos dos cursos de Ciências da Computação (desde 1999-II) e Sistemas de Informação (desde 2004-II) pertencentes ao Departamento de Sistemas e Computação. Os trabalhos datados a partir de 1999-I possuem a monografia e a apresentação disponíveis para download.

Parte dos TCCs está também disponível na Biblioteca da Furb.

Expert SINTA



Expert SINTA

- Desenvolvido no laboratório de IA da Universidade Federal do Ceará (UFC)
- Ferramenta visual para criação de sistemas especialistas
- Utiliza regras de produção (SE... ENTÃO...)
 - Premissas: SE, OU, E
 - Conclusão: ENTÃO
- Download: <http://www.lia.ufc.br/~bezerra/exsinta>

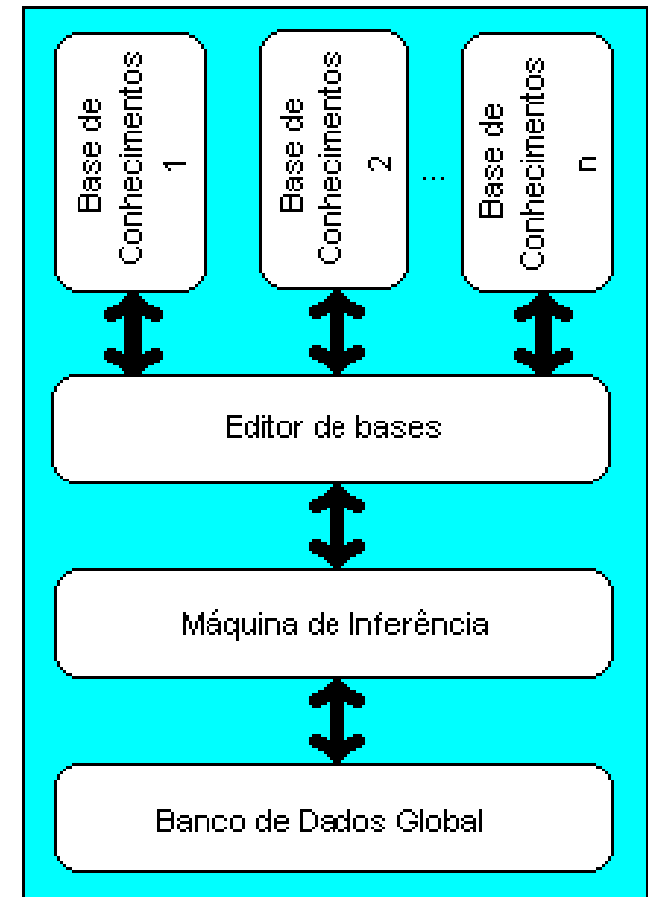


Expert SINTA

- Permite que o próprio analista de conhecimento implemente a base desejada.
- O usuário não necessita de conhecimento de programação, apenas dever saber como interagir em ambientes visuais.
- Uma base de conhecimento no Expert SINTA envolve os seguintes conjuntos de atributos a serem indicados pelo projetista da base:
 - Variáveis
 - Regras
 - Perguntas
 - Objetivos
 - Informações adicionais
- Como padrão, grava as bases de conhecimento geradas em arquivos *.BCM.

Expert SINTA

- **base de conhecimentos** representa a informação (fatos e regras) que um especialista utiliza, representada computacionalmente;
- **editor de bases** é o meio pelo qual a shell permite a implementação das bases desejadas;
- **máquina de inferência** é a parte do SE responsável pelas deduções sobre a base de conhecimentos;
- **banco de dados global** são as evidências apontadas pelo usuário do sistema especialista durante uma consulta.



Arquitetura simplificada do Expert SINTA

Expert SINTA

Estrutura de cada premissa:

<conectivo>	<atributo>	<operador>	<valor>
--------------------------	-------------------------	-------------------------	----------------------

- **conectivo:** NÃO, E, OU
- **atributo:** variável capaz de assumir uma ou múltiplas instâncias no decorrer da consulta à base de conhecimentos
- **operador:** =, >, <=, <>,...
- **valor:** item de uma lista a qual foi previamente criada e relacionada a um atributo.

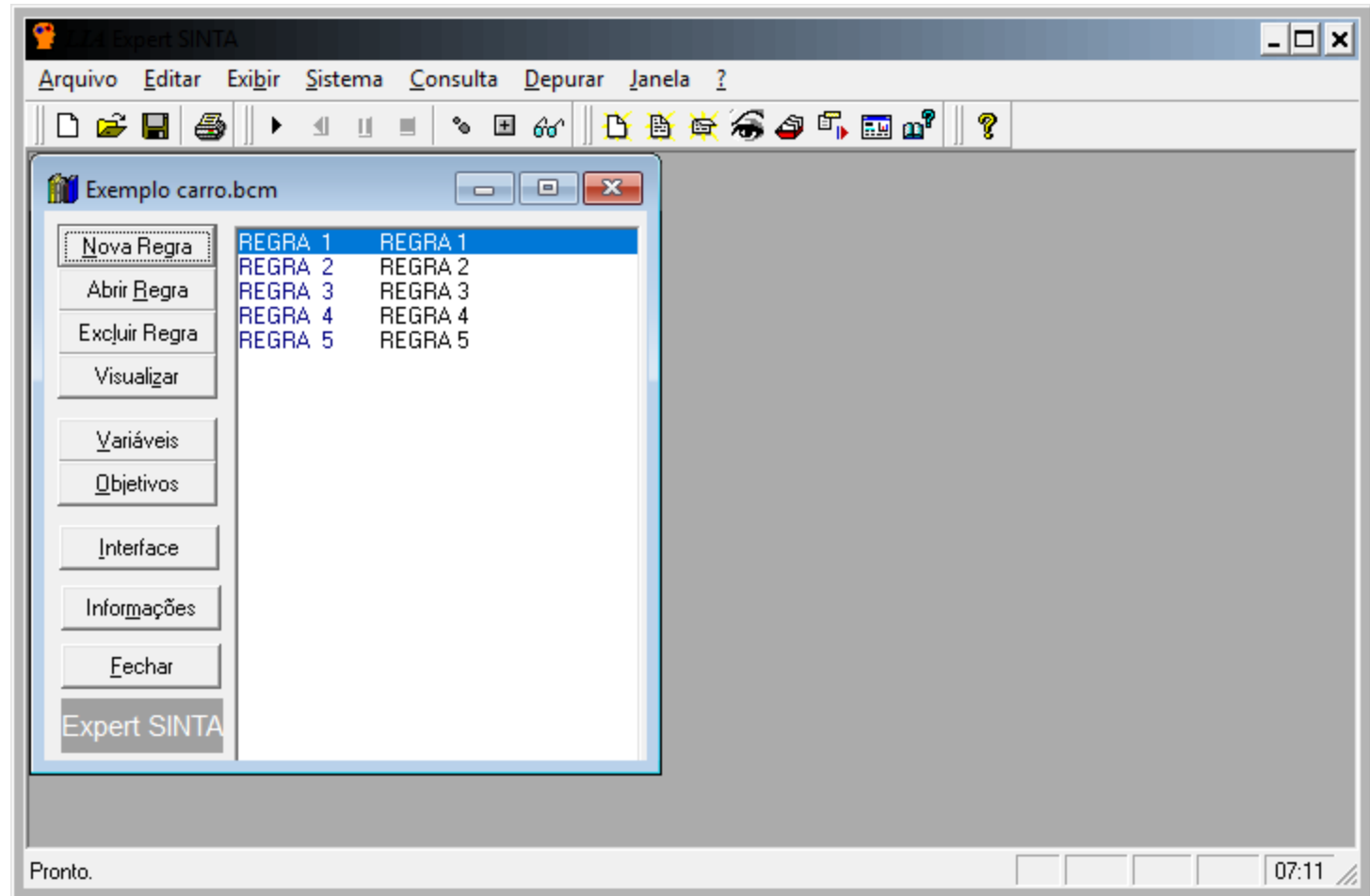
Expert SINTA

- Estrutura de cada conclusão:

<atributo>	=	<valor>	<grau de confiança>
------------	---	---------	---------------------

- **<atributo>**: variáveis
- **"="**: operador de atribuição e não de igualdade
- **<valor>**: item relacionado ao atributo
- **<grau de confiança>**: porcentagem indicando a confiabilidade daquela conclusão específica da regra.
 - Varia de 0% a 100%

Expert SINTA



Expert SINTA

Clique aqui para criar uma nova regra.

Abre a regra que está selecionada na lista ao lado.

Exclui a regra que está selecionada na lista ao lado.

Chama a janela de edição de variáveis.

Define os objetivos da base de conhecimento.

Chama a janela de edição de interface.

Permite a inclusão de informações extras sobre a base.

Fecha a base de conhecimento. Somente uma pode estar aberta por vez.



Lista de regras: um duplo-clique abre a regra. É possível arrastar o nome da regra até a posição desejada, para alterar a ordem na qual elas aparecem.

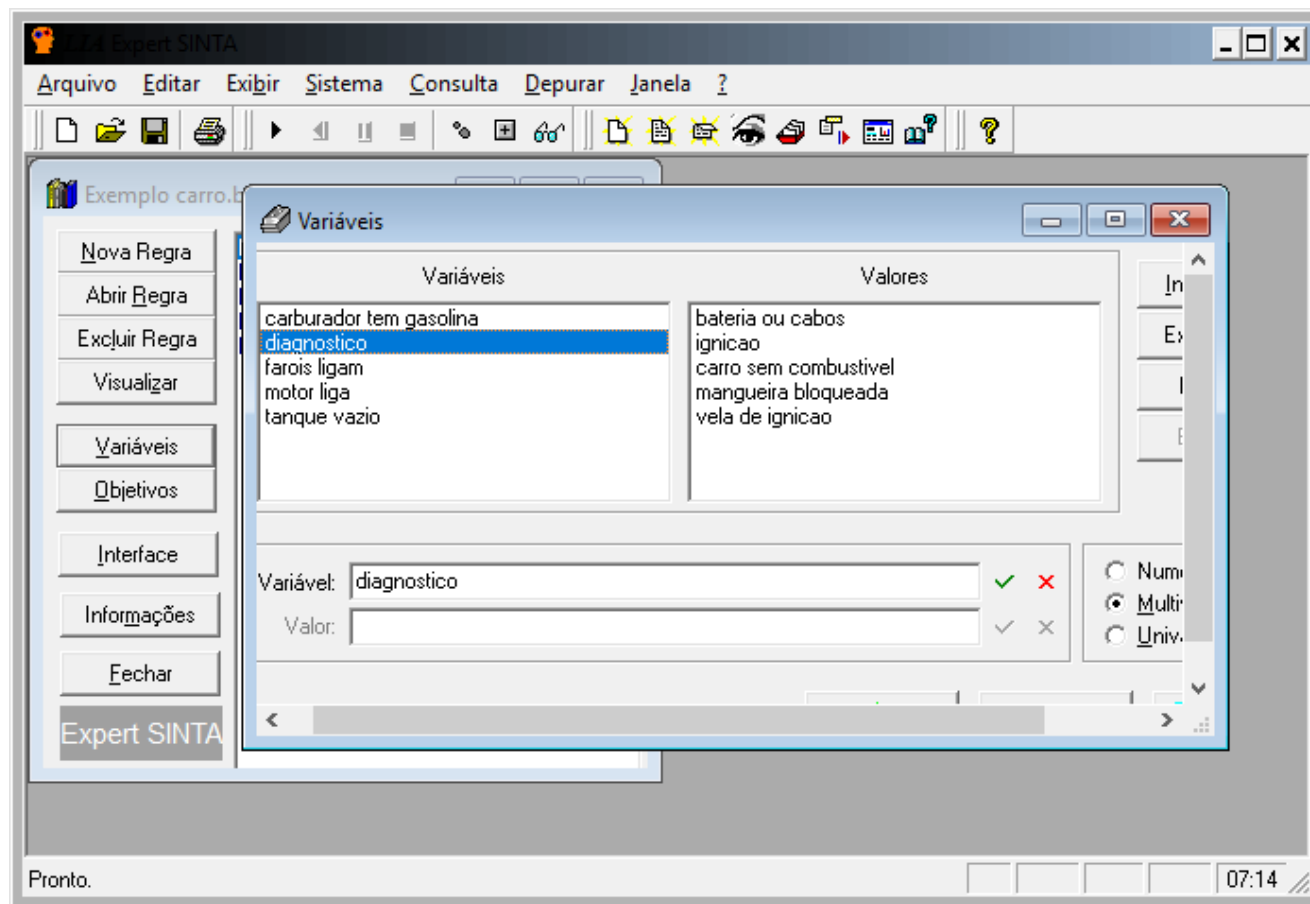
Expert SINTA

Passos para construção do SE no Expert SINTA:

1. Estabelecer Variáveis
2. Estabelecer Objetivos (variáveis de saída)
3. Gerar Regras
4. Estabelecer Interfaces (perguntas a serem feitas)
5. Executar

1. Estabelecer Variáveis

- Antes de criar regras, é necessário que todas as variáveis utilizadas, bem como seus respectivos valores, sejam criados.



Variáveis Univaloradas x Variáveis Multivaloradas

- Uma **única variável** pode receber vários valores em uma única consulta ao sistema.
- Sistemas de diagnóstico médico:
 - O paciente pode apresentar mais de uma doença.
- Quando a máquina de inferência está procurando instâncias para uma variável univalorada, ela irá procurar até encontrar um valor ou até esgotar todas as possibilidades da base de conhecimento.
 - Se, durante a busca de uma outra variável, uma variável univalorada receber um valor quando já possuía outro, esse valor antigo será descartado e o novo vigorará.

Variáveis Univaloradas x Variáveis Multivaloradas

- A busca de valores para **variáveis multivaloradas** prossegue até que toda a base de conhecimento seja explorada.
 - Os valores permanecem acumulados.
 - É preciso ter cuidado com contradições presentes na base.
 - O Expert SINTA, na presente versão, não faz verificações de inconsistências lógicas.
- Variáveis numéricas são tratadas como lista de intervalo:
 - **a ; b**
 - representa um número entre **a** e **b**
 - **;b**
 - um número maior ou igual a **b**
 - **a;**
 - um número menor ou igual a **a**

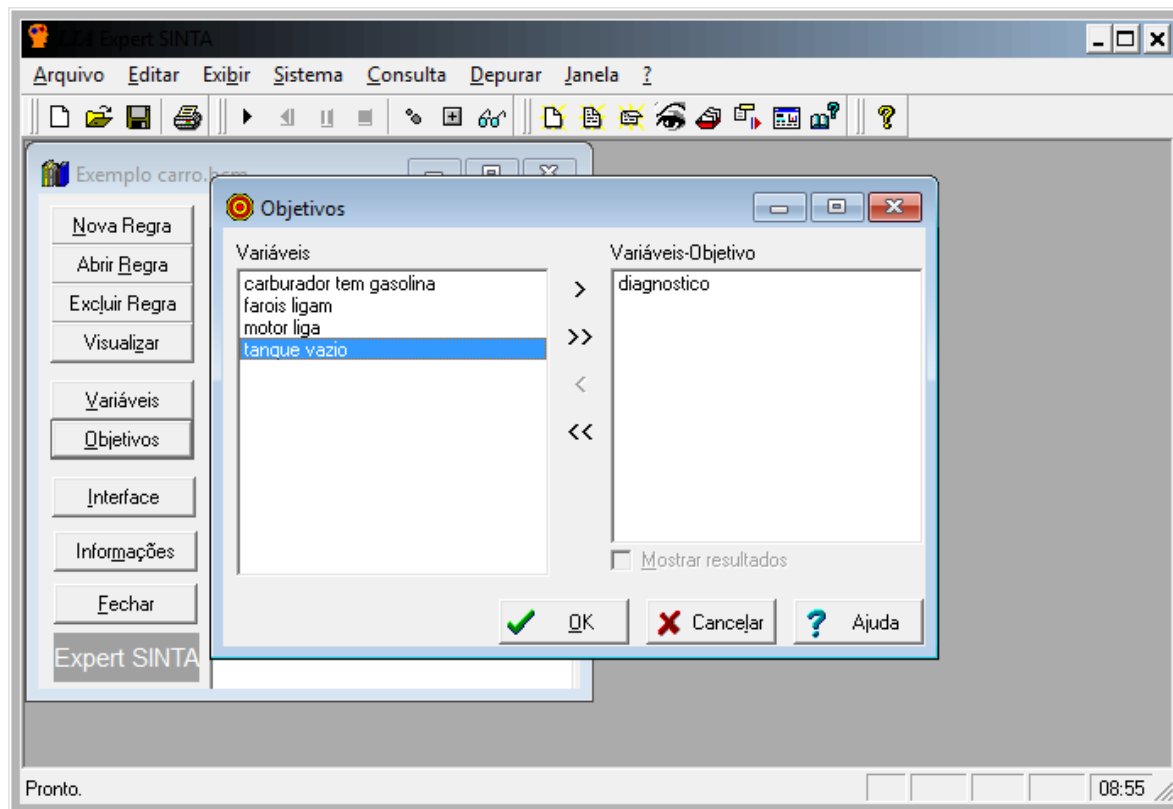
Exemplo: Diagnóstico para Problemas no Carro

1. Definição das variáveis

- Carburador tem gasolina (univalorada)
- Diagnostico (multivalorada)
 - Valores
 - **bateria ou cabos**
 - **ignicao**
 - **carro sem combustivel**
 - **mangueira bloqueada**
 - **vela de ignicao**
- Farois ligam (univalorada)
- Motor liga (univalorada)
- Tanque vazio (univalorada)

2. Estabelecer Objetivos (variáveis de saída)

- O objetivo de uma consulta a um especialista é encontrar a resposta para um determinado problema. O mesmo é para um sistema especialista.



2. Estabelecer Objetivos (variáveis de saída)

- O Expert SINTA trabalha naturalmente com **encadeamento para trás**, mas é possível manipular a máquina de inferência de modo a simular encadeamento para frente.
- Para isso:
 - As variáveis que deseja encontrar inicialmente devem ser colocadas na lista de objetivos.
 - Como não é desejado que uma janela de resultados apareça a cada variável encontrada, é possível desabilitar essa exibição simplesmente desmarcando a caixa “Mostrar resultados” relativo à variável desejada na janela de edição de objetivos.

Exemplo: Diagnóstico para Problemas no Carro

2. Definição dos Objetivos

- Diagnóstico

3. Gerar Regras

Nova Regra

Informação

Ordem da regra:

Modelo:

Expert SINTA

Arquivo Editar Exibir Sistema Consulta Depurar Janela ?

Exemplo carro.bcm

Nova Regra REGRA 1 REGRA 1

Abriu Regra

Excluir Regra

Visualizar

Variáveis

Objetivos

Interface

Informações

Fechar

Expert S

Regra 1

Nome da regra: REGRA 1

Ordem: 1

```
SE
    tanque vazio = Sim
ENTÃO
    diagnostico = carro sem combustivel CNF 100%
```

Pronto.

09:03

Editar Regra

Item de regra:

=

Fator de confiança:

Exemplo: Diagnóstico para Problemas no Carro

3. Regras:

REGRA 1

SE

tanque vazio = sim

ENTAO

diagnostico = Carro sem combustivel
CNF 100%

REGRA 2

SE

tanque vazio = Nao

E carburador tem gasolina = Nao

ENTAO

diagnostico = magueira bloqueada CNF
100%

REGRA 3

SE

tanque vazio = Nao

E motor_liga = Nao

E farois ligam = nao

ENTAO

diagnostico = Bateria ou cabos CNF 100%

REGRA 4

SE

tanque vazio = Nao

E motor_liga = Nao

E farois ligam = Sim

ENTAO

diagnostico = Ignicao CNF 100%

REGRA 5

SE

tanque vazio = Nao

E motor_liga = sim

E farois ligam = nao

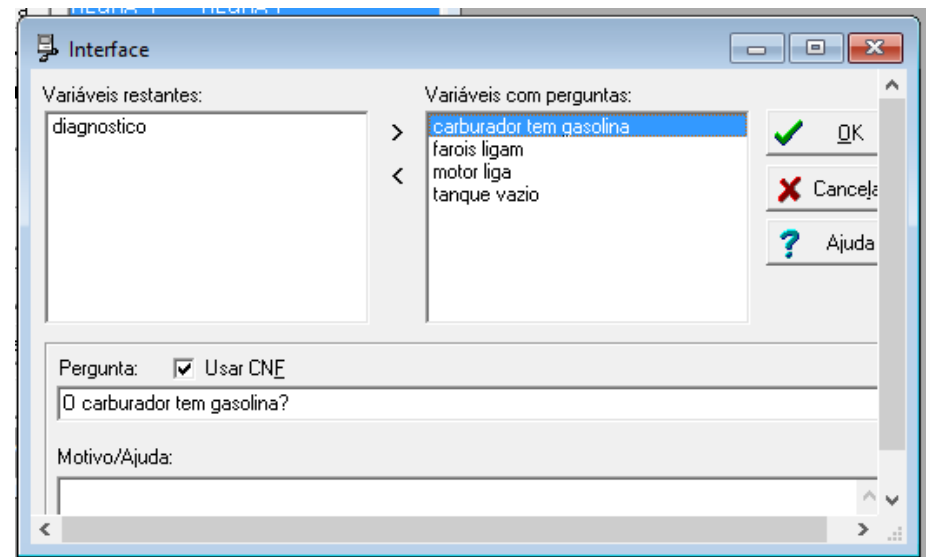
ENTAO

diagnostico = vela de ignição CNF 100%

4. Estabelecer Interfaces (perguntas a serem feitas)

- A comunicação com o usuário final: através de menus de múltipla escolha (ou escolha simples, se a variável em questão for univalorada).
- Estes menus são construídos automaticamente pela shell, mas alguns detalhes devem ser fornecidos pelo criador da base.

A pergunta realizada pela máquina de inferência deve ser personalizada para que seja inteligível.

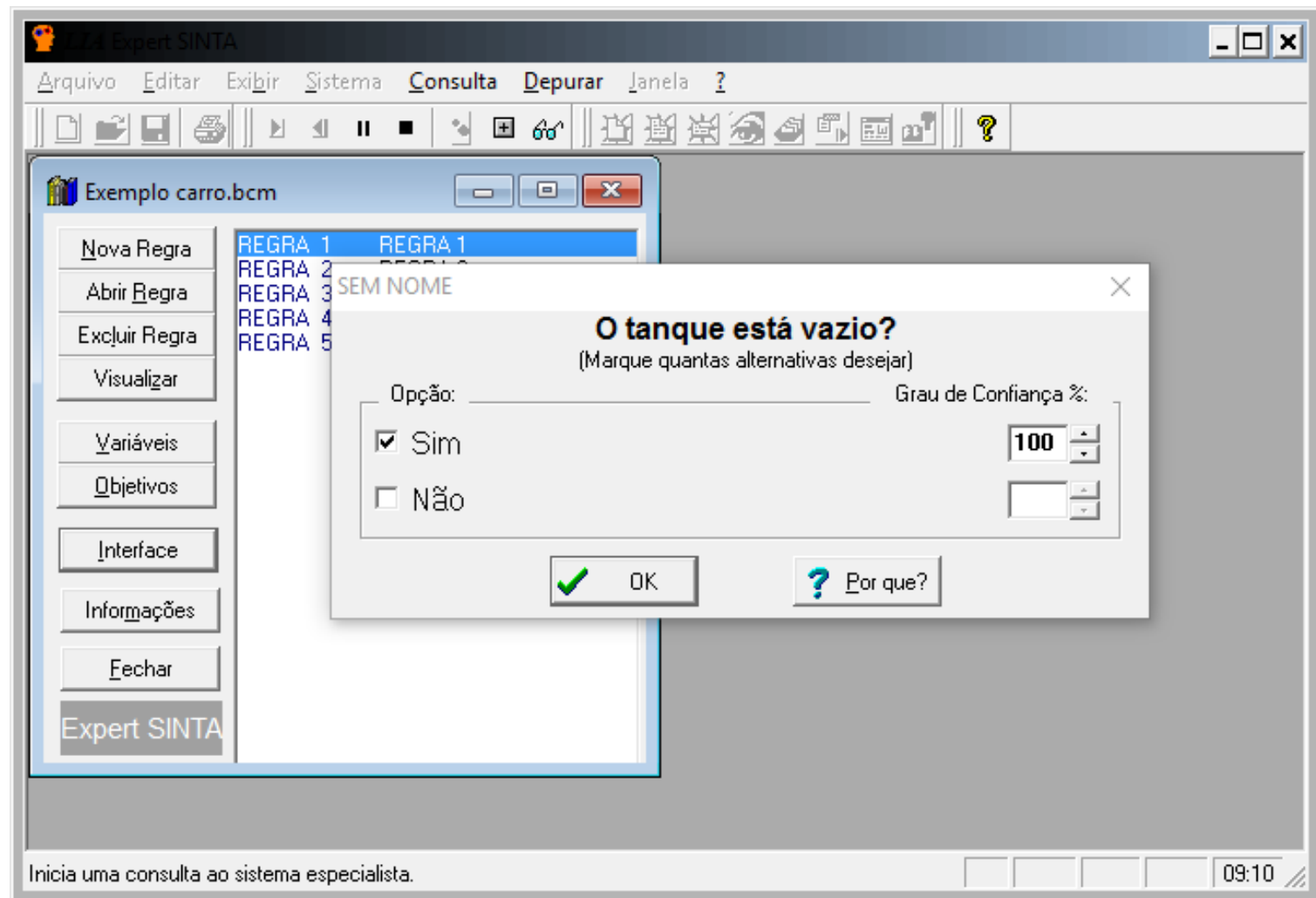


Exemplo: Diagnóstico para Problemas no Carro

4. Interface (VARIÁVEIS COM PERGUNTAS)

- carburador tem gasolina = O carburador tem gasolina?
- farois ligam = Os faróis ligam?
- motor liga = O motor liga?
- tanque vazio = O tanque esta vazio?

5. Executar



Diagnóstico

