

Inteligência Artificial

Adriana Postal

André Luiz Brun

```
mirror object to mirror
mirror_mod.mirror_object

    operation == "MIRROR_X":
        mirror_mod.use_x = True
        mirror_mod.use_y = False
        mirror_mod.use_z = False
    operation == "MIRROR_Y":
        mirror_mod.use_x = False
        mirror_mod.use_y = True
        mirror_mod.use_z = False
    operation == "MIRROR_Z":
        mirror_mod.use_x = False
        mirror_mod.use_y = False
        mirror_mod.use_z = True

    selection at the end -add
    mirror_ob.select= 1
    mirror_ob.select=1
    context.scene.objects.active
    ("Selected" + str(modifier))
    mirror_ob.select = 0
    bpy.context.selected_objects
    data.objects[one.name].sele
    int("please select exactly
    - OPERATOR CLASSES ----

types.Operator:
    X mirror to the selected
    object.mirror_mirror_x"
    for X"
```

7. Sistemas Especialistas

```
types.Operator):  
    X mirror to the selected object.mirror_mirror_x"  
    "mirror X"
```

7.1. O que são SEs?

- Sistemas computacionais que resolvem problemas de forma semelhante ao especialista humano.
- Têm conhecimento específico profundo sobre campos restritos do conhecimento.
- O que é um especialista?

“

Indivíduo que possui habilidades ou conhecimentos especiais ou excepcionais em determinada prática, atividade, ramo do saber, ocupação, profissão, etc.”

(Dicionário online)

“

Especialistas são aqueles que devemos consultar quando queremos representar a perícia que torna seus comportamentos possíveis.”

(JOHNSON, 1983)

7.1. O que são SEs?

- Um SE deve:
 - Caracterizar-se por um conhecimento poderoso e amplo, no limite da perícia, organizado com o objetivo de simplificar a busca da resposta requerida.
 - Ter habilidade para aprender com a experiência e explicar o que estão fazendo e porque o fazem.

7.1. O que são SEs?

- O termo **SE** leva as pessoas a terem expectativas irrealistas do seu desempenho:
 - Um SE não é um solucionador geral de problemas.
- Aspectos de um especialista modelados por um SE:
 - Conhecimento especializado
 - Raciocínio.
- Em um SE, estes aspectos são modelados como:

**Base de
Conhecimento**

**Máquina de
Inferência**

SE

7.2. Características

- Possuem conhecimento especializado com alta qualidade e com alta quantidade.
- O banco/base de dados de conhecimento é independente da estrutura de controle.
- Incluem tratamento de incerteza.
- Podem adquirir novos conhecimentos.

7.2. Características

- Limitado a problemas solúveis.
- Pode cometer erros.
- Por causa da sua natureza heurística e intensiva em conhecimento, os SEs geralmente:

7.2. Características

1. Suportam inspeção de seus processos de raciocínio:
 - Explicar sobre as escolhas e decisões que ele faz.
2. Permitem a fácil modificação na adição ou exclusão de habilidades da base de conhecimento.
3. Raciocinam heuristicamente usando conhecimento para obter soluções úteis.

Comparação

Programas Convencionais

- Numérico
- Algorítmico
- Manipulam dados
- Informação e controle integrados

Sistemas Especialistas

- Simbólico
- Heurístico
- Manipulam conhecimento
- Conhecimento separado de controle

Comparação

Programas Convencionais

- Difícil de modificar
- Informação precisa
- Interface de comandos
- Apresenta um resultado final
- Solução ótima

Sistemas Especialistas

- Fácil de modificar
- Informação incerta
- Linguagem natural/ explicações
- Recomendações / explicações
- Solução aceitável

Por que construir um SE?

- O conhecimento especializado é valioso para qualquer organização.
- Especialistas humanos possuem limitações físicas, que podem diminuir a usabilidade de seus conhecimentos:

Fator	Especialista Humano	Sistema Especialista
Disponibilidade de tempo	Horário de trabalho	Sempre
Localização geográfica	Local	Qualquer local
Segurança	Insubstituível	Substituível
Perecível	Sim	Não
Performance	Variável	Consistente
Velocidade	Variável	Consistente (rápido)
Custo	Alto	Acessível

Vantagens de um SE

- Produz resultados mais consistentes que um especialista humano.
- Não é influenciado por fatores externos (problemas de saúde/ pessoais/ sentimentais, etc.).
- Não é suscetível à fadiga, estresse, pressões psicológicas, etc.
- Possui desempenho constante: sua rapidez na solução dos problemas não é afetada por fatores externos.

Quando usar um SE para resolver um problema?

- Desenvolver um SE envolve um investimento considerável de dinheiro e esforço humano.
- Diretrizes para determinar se um problema é apropriado para a solução por um SE:
 1. A necessidade de uma solução justifica o custo e o esforço para construir um SE.

Quando usar um SE para resolver um problema?

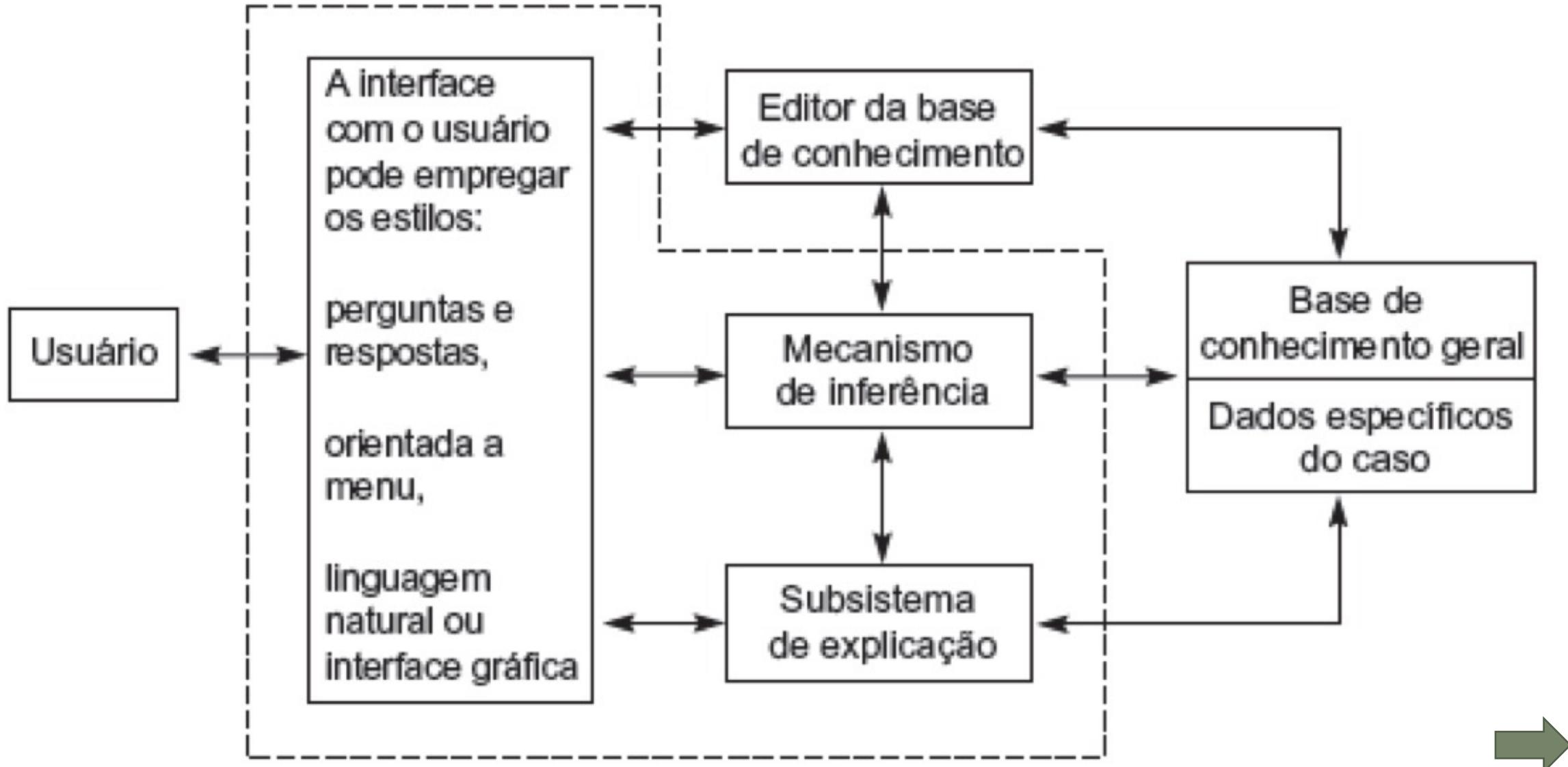
2. A perícia humana não está disponível em todas as situações em que ela é necessária.
3. O problema pode ser resolvido usando o raciocínio simbólico.
4. O domínio do problema é bem estruturado e não requer raciocínio de senso comum.

Quando usar um SE para resolver um problema?

5. O problema não pode ser resolvido usando métodos de computação tradicionais.
6. Existem especialistas cooperativos e articulados.
7. O problema é do tamanho e do escopo adequados.

7.3. Arquitetura de um SE

- Arquitetura: ciência de projetar algo, determinando sua estrutura.
- Em um SE, a arquitetura sofre diversas influências, como a generalidade pretendida e os objetivos que motivaram sua construção.
- Arquitetura genérica de um SE:



7.3. Arquitetura de um SE

- A arquitetura final de um SE dependerá, especificamente, da forma de representação do conhecimento e implementação adotadas.
- Tipos de representação:

Tipos de representação

**Detalhes:
Capítulo 3**

- Redes Semânticas
- *Frames* (quadros)
- Roteiros (*scripts*)
- Lógica
- Casos (RBC)
- Árvores de decisão
- Conhecimento estatístico (*fuzzy* - cap. 8)
- Regras (sistemas de produção) 
- Esquemas Híbridos

Projeto de SEs baseados em regras

1. O usuário interage com o sistema por meio de uma interface de usuário:
 - As interfaces podem ser do tipo pergunta/resposta, orientadas a menu ou gráficas.

Projeto de SEs baseados em regras

2. Coração do SE, a base de conhecimento contém o conhecimento de um domínio particular de aplicação:
 - Representado em forma de regras se... então...
 - Contém tanto o conhecimento geral como a informação específica.

Projeto de SEs baseados em regras

3. O mecanismo de inferência aplica o conhecimento à solução de problemas reais:
 - Um interpretador para a base de conhecimento.
 - Por que separar base de conhecimento e mecanismo de inferência?

Base de conhecimento × Mecanismo de Inferência

- a) A separação torna possível representar o conhecimento em uma forma mais natural.
- b) Com essa separação, projetistas de SEs podem se concentrar em capturar e organizar o conhecimento para a solução do problema.
- c) Permite que sejam feitas modificações em uma parte da base sem criar efeitos colaterais em outras partes.

Base de conhecimento × Mecanismo de Inferência

- d) Permite que o mesmo software de controle e de interface seja usado em diversos sistemas → ambientes de SEs. 

Projeto de SEs baseados em regras

4. Dados específicos do caso:
 - Quadro-negro; memória de trabalho.
 - Contém fatos, conclusões e outras informações relevantes ao caso em consideração.
5. O subsistema de explicação permite que o programa explique seu raciocínio ao usuário.
6. Muitos SEs incluem um editor da base de conhecimento, que ajuda o programador a localizar e corrigir erros na execução do programa.

7.4. Fases do desenvolvimento

- O desenvolvimento de um SE foge um pouco da forma adotada em sistemas “convencionais”.
- Formalmente, são 6 fases:
 1. Identificação
 2. Conceituação
 3. Formalização
 4. Implementação
 5. Teste e avaliação
 6. Revisão.

1. Identificação

- Deve-se identificar:
 - Os participantes do projeto
 - Os recursos envolvidos
 - As características do problema
 - Os objetivos a atingir

Participantes do projeto

- “Dono” do sistema: pessoa ligada à administração da empresa:
 - Tem a última palavra em aspectos ligados ao sistema.
- Engenheiro de conhecimento: é o profissional responsável pela estruturação e construção de um SE:
 - Geralmente, tem conhecimento em computação e IA
 - Entrevista o especialista

Participantes do projeto

- Organiza o conhecimento
- Decide como o conhecimento deve ser representado
- Pode ajudar programadores na construção do sistema.
- Especialista/ Perito/ Expert: pessoa que possui um alto grau de conhecimento em dado domínio e habilidade para transmitir esse conhecimento.
- Programadores.

Recursos

- O que é preciso para desenvolver o SE:
 - Identificar as fontes de conhecimento: o especialista, livros, revistas, etc.
 - Delimitar o tempo, estabelecendo um cronograma básico
 - Identificar recursos computacionais: especificação e compra das máquinas, software, etc.
 - Identificar os recursos financeiros.

Características do problema

- Para isso, considerar os seguintes tópicos:
 - Que classes de problemas o sistema deverá resolver?
 - Como podem ser caracterizados ou definidos esses problemas?
 - Quais os principais subproblemas?
 - Quais são os dados?

Características do problema

- Quais os termos importantes e suas inter-relações?
- O que é uma solução?
- Que aspecto o perito humano acha importante na solução?
- Que situações costumam impedir a solução?
- Como estas situações afetarão o SE?
- Formalizar o problema e identificar o objetivo.

2. Conceituação

- Consiste em definir a base conceitual do SE
- Decisões que engenheiro de conhecimento e especialista precisam tomar:
 - Os recursos básicos para descrever o problema (conceitos, relações, mecanismos de controle, ...)
 - O grau de refinamento que será usado na representação do conhecimento.

2. Conceituação

- Perguntas que deverão ser respondidas nesta fase:
 - Que tipos de dados estão disponíveis?
 - O que é dado e o que é inferido?
 - As subtarefas têm nome?
 - Hipóteses parciais, comumente usadas, são identificáveis?
 - Como se inter-relacionam os objetos do domínio?
 - Pode-se diagramar relações causais da hierarquia e rótulos, das partes em relação ao todo? Com o que isto se parece?

2. Conceituação

- A solução do problema comprehende quais processos?
- Quais são as restrições destes processos?
- Qual é o fluxo da informação?
- Consegue-se distinguir o conhecimento necessário para a solução do problema do conhecimento necessário para sua justificação?

3. Formalização

- Envolve a expressão de conceitos e de relações-chaves, identificando estruturas de suporte para sua representação e armazenamento.
- O engenheiro de conhecimento deve preocupar-se com 3 aspectos:

3. Formalização

- a) O aspecto de hipóteses: estabelece o quanto serão refinados os conceitos e como eles se interligam.
- b) O modo subjacente: determina como as soluções serão geradas.
- c) As características dos dados: envolve a definição de aspectos como tipo, precisão, consistência, volume e formas de aquisição.

4. Implementação

- É a edição do conhecimento e o desenvolvimento dos programas que o processam.
- Os programas deverão respeitar o conteúdo das estruturas, forma de raciocínio e integração do todo, através da estratégia de controle.
- Objetivo central desta fase: testar a adequação da forma de representação escolhida e das estruturas de suporte adotadas.

5. Testes e avaliação

- O SE é avaliado frequentemente, do protótipo inicial ao sistema implantado.
- Na avaliação deve-se levar em consideração o desempenho e a utilidade.
- A avaliação é um passo que, com frequência, recebe pouca atenção.
- O que levar em conta durante a avaliação de um SE:

a) O que avaliar

- Correção das respostas
- A explicação
- A interação homem-máquina
- A aceitação do SE
- O cronograma
- A qualidade da interação com o usuário
- A eficiência, precisão e credibilidade do sistema.

b) Quando avaliar

- Em todas as fases e estágios do desenvolvimento do SE.

c) Como avaliar

- Comparando o conhecimento do sistema com o do especialista.
- Comparando a forma do SE resolver o problema, confrontando-o com o humano.
- Testar com pessoas que não tenham participado do desenvolvimento: pode retratar a sensação de futuros usuários.

d) Outros aspectos a considerar

- O resultado da avaliação deve ser dirigido às pessoas certas:
 - Andamento do sistema → dirigentes da empresa
 - Aspectos referentes ao sistema em si → equipe de desenvolvimento
- Aspectos de engenharia de conhecimento devem ser testados e avaliados pelo engenheiro de conhecimento.

d) Outros aspectos a considerar

- Aspectos do conhecimento específico devem ser responsabilidade do especialista da equipe.
- Poucos testes não devem levar a conclusões gerais.
- Avaliar a elegância do SE:
 - Respostas “secas”, embora corretas, podem entusiasmar bem menos que respostas bem apresentadas.

7. Revisão

- É um processo continuado, que acompanha o desenvolvimento do SE
- Nesta fase pode-se alterar e melhorar aspectos observados na fase de avaliação.
- Pontos a ressaltar no desenvolvimento de um SE:
 - Documento no Teams: PontosARessaltar.pdf



Exemplo

SE para análise de investimento

Exemplo

- Em PROLOG
- Descrição no Teams: Material de aula/Sistemas Especialistas/Material
- Vamos fazer o código em .pl, mas não funciona na Web, só na instalação.
- Problema fictício ☺

Definindo os objetivos

1. Determinar os tipos de carteira (tipos de investimentos disponíveis);
 2. Determinar quais investimentos dentro de cada categoria (fica para uma futura extensão do SE).
- Para simplificar, teremos 5 carteiras:

Definindo os objetivos

- Tipo 1: investir 100% na poupança;
- Tipo 2: investir 50% na poupança, 50% em Tesouro Direto;
- Tipo 3: investir 60% na poupança, 30% em Tesouro Direto, 10% em ações;
- Tipo 4: investir 20% na poupança, 40% em Tesouro Direto, 40% em ações;
- Tipo 5: investir 100% em ações.

Projetando as regras do objetivo

- A recomendação do tipo da carteira dependerá de 3 principais características do investidor:
 1. Perfil pessoal do cliente (conservador/agressivo);
 2. Perfil profissional do cliente (conservador/agressivo);
 3. Quantia a ser investida (pequena/alta).

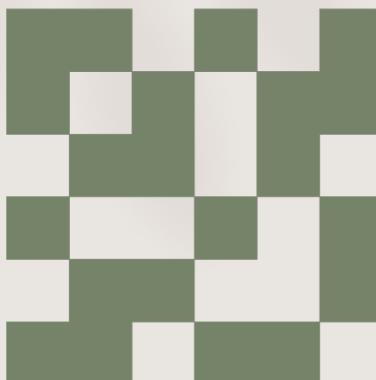
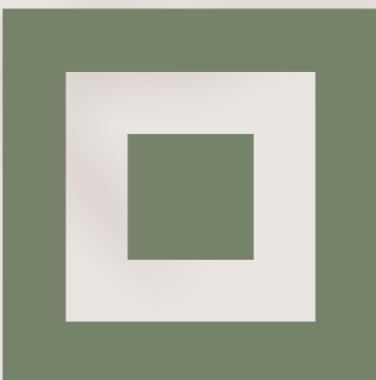
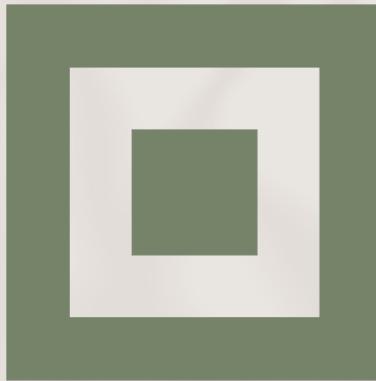
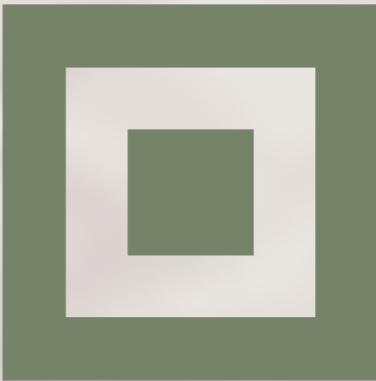
Regras do sistema

Quantia a ser investida	Perfil Pessoal	Perfil Profissional	Recomendação
Pequena	--	--	Tipo 1
	Conservador	Conservador	Tipo 2
	Conservador	Agressivo	Tipo 3
	Agressivo	Conservador	Tipo 4
	Agressivo	Agressivo	Tipo 5

Essa tabela será transformada em 5 regras, para fazer a recomendação.

Se PerfilPessoal = Conservador e PerfilProfissional = Agressivo
"Investir 60% na poupança, 30% em Tesouro Direto, 10% em ações"

Regras sobre as
aplicações



Como definir cada um destes perfis?

- Várias perguntas serão feitas ao usuário;
- A partir destas respostas, “encaixa-se” o usuário em um dos perfis.
- Tabela para as regras para definir o perfil pessoal:

Regras para o perfil pessoal

Idade	Emprego Estável?	Filhos?	Perfil Pessoal
Avançada	Não	--	Conservador
Avançada	Sim	Sim	Conservador
Jovem	Sim	Não	Agressivo
Jovem	Não	Sim	Conservador
Jovem	Não	Não	Agressivo
Avançada	Sim	Não	Agressivo

Qualquer outra combinação: perfil pessoal “Conservador”



Regras sobre o
perfil pessoal do
usuário

Regras para o perfil profissional

- Para avaliar o perfil profissional, são necessárias algumas variáveis:
 - Rendimento Mensal (A)
 - Despesas Mensais (B)
 - Número de Filhos (C)
- Com essas variáveis, a relação entre elas e o perfil profissional é dado pela tabela:

Regras para o perfil profissional

Relação entre despesas X Rendimento X filhos	Perfil Profissional
$A \leq B$	Conservador
$A > B; A < 2*B; C > 0$	Conservador
$A > B; A < 2*B; C = 0$	Agressivo
$A > 2*B$	Agressivo

Qualquer outra combinação: perfil profissional “Conservador”



Regras para o
perfil
profissional

Para encontrar as outras informações

- Necessário outras perguntas:
 - Idade (I)
 - Quantia que quer investir (Q)
 - Tempo de serviço (T)
 - Capital da Empresa (CE)

Demais regras

- Idade:
 - Jovem ≤ 40
 - Avançada > 40
- Quantia a ser investida:
 - Pequena ≤ 1000
 - Alta > 1000

3 Regras sobre a quantia a ser investida



Regras sobre a idade do usuário



Regras para a estabilidade do emprego

- ***Não estável:***

$(T < 3)$ ou $[(3 \leq T < 5) \wedge (\text{Capital Empresa (Baixo)})]$

- ***Estável:***

$(T \geq 5)$ ou $[(3 \leq T < 5) \wedge (\text{Capital Empresa (Alto)})]$

- Capital da empresa:

Baixo < 50000

Alto ≥ 50000



Regras sobre a
estabilidade de
emprego do usuário

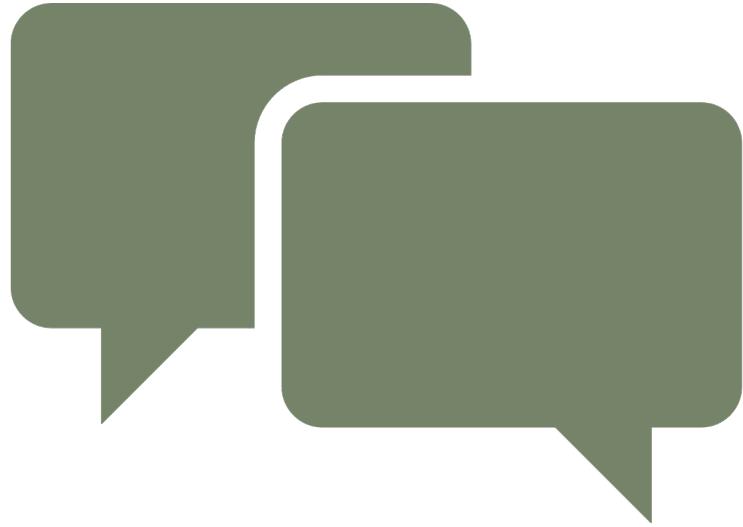


Regras para:

- Tempo de serviço
- Capital da empresa

Regras de interação com o Usuário

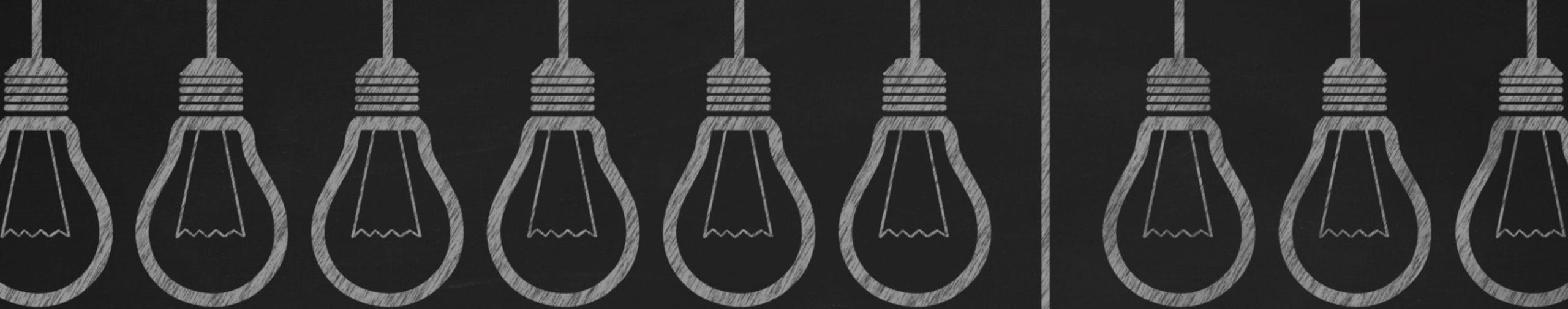
Alto nível





Regras de interação com o Usuário - Baixo nível

Programa Principal



Raciocínio e Estratégias de Inferência



7.5. Raciocínio

- É o processo de se trabalhar com conhecimentos, fatos e estratégias de resolução de problemas para inferir conclusões.
- Permite passar de conhecimentos já adquiridos para conhecimentos que se pretendem alcançar.

7.5. Raciocínio

- É um processo que pode justificar ou defender uma conclusão:
 - Se o fato é interessante, procuramos explica-lo
 - Se receamos um acontecimento, procuramos inferir as consequências
 - Se existem dúvidas, procuramos verificar ou demonstrar a validade de uma observação.

Raciocínio ≠ Pensamento

- Pensar: engloba toda a produção de pensamento que pode ser consciente ou inconsciente
- Raciocínio: limitado apenas à produção de pensamento consciente. Por exemplo: utilizar a lógica.

Tipos de raciocínio

- Raciocínio dedutivo
- Raciocínio indutivo
- Raciocínio abdutivo
- Raciocínio por analogia
- Raciocínio de senso comum.

a) Raciocínio Dedutivo

- Dedução corresponde a determinar a conclusão.
- Utiliza-se da regra e sua premissa para chegar a uma conclusão.
- Garante que a conclusão a que chegamos é verdadeira.
- Exemplo: “Quando chove, a grama fica molhada. Choveu hoje. Portanto, a grama está molhada.”

a) Raciocínio Dedutivo

- É o raciocínio mais importante, porque é a única lógica que alcança a verdade.
- A dedução está relacionada ao pensamento analítico (ou convergente): é o pensamento que busca analisar várias informações em busca de convergir em direção a um único resultado.
 - Do geral para o específico.

a) Raciocínio Dedutivo

- Está relacionado a concluir algo a partir de informações que já existem:
 - A dedução não produz conhecimentos novos.
 - É considerado um método forte de raciocínio.

Exemplo

DEDUÇÃO

Todas as baleias são mamíferos
Todos os mamíferos têm pulmões

Portanto, todas as baleias têm pulmões

b) Raciocínio Indutivo

- Indução é determinar a regra.
- É aprender a regra a partir de diversos exemplos de como a conclusão segue da premissa.
- Assume o futuro como repetição do passado.
- Não garante a veracidade de suas conclusões.

b) Raciocínio Indutivo

- Exemplo:

"A grama ficou molhada todas as vezes em que choveu.

Então, se chover amanhã, a grama ficará molhada."

- É o processo inverso do dedutivo: parte do específico para o geral.

b) Raciocínio Indutivo

- Exemplo:

"A grama ficou molhada todas as vezes em que choveu.

Então, se chover amanhã, a grama ficará molhada."

- É o processo inverso do dedutivo: parte do específico para o geral.

b) Raciocínio Indutivo

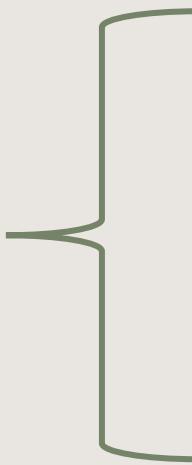
- Também não produz conhecimento novo.
- Relacionado ao método empírico: obter conhecimento através dos 5 sentidos, que tem como resultado uma possibilidade de ser verdade.

b) Raciocínio Indutivo

- A indução está relacionada ao pensamento sintético (ou divergente) por ser um pensamento que vai do específico para o geral:
 - Também está relacionado ao pensamento indutivo, que tenta prever o futuro com base em suas experiências.
- Considerado um método fraco de raciocínio.

Exemplo

INDUÇÃO



Este corvo é preto
O corvo que vi ontem é preto

Portanto, todos os corvos são pretos

Exemplo de conclusão perigosa

- “Meu amigo sempre nada naquela praia que dizem estar infestada de tubarões e nunca foi mordido por um deles. Então, eu vou nadar lá também.”

Como você sabe que o SOL vai NASCER amanhã?

VOCE
NÃO
SABE



<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=8GQjEypoLJo>

c) Raciocínio Abdutivo

- Abdução significa determinar a premissa.
- Usa-se a conclusão e a regra para defender que a premissa poderia explicar a conclusão.
- Permite inferências plausíveis:
 - A conclusão pode seguir da informação disponível, mas também pode estar incorreta.

c) Raciocínio Abdutivo

- Exemplo: “Quando chove, a grama fica molhada. A grama está molhada, então pode ter chovido.”
- A abdução possui caráter explicativo e intuitivo: procura concluir a melhor explicação, utilizando seu conhecimento de fundo, e não a melhor probabilidade matemática.

c) Raciocínio Abdutivo

- É o único raciocínio que produz a criatividade e a inovação, por ser a única lógica que introduz uma nova ideia.
- Também é o único raciocínio que:
 - Projetar o futuro sem se prender ao passado
 - Procedimento racional de aquisição de conhecimento.

Raciocínio abdutivo, indutivo e dedutivo

por David Alpa | 10 janeiro 2020

Raciocínio abdutivo

Raciocínio indutivo

Raciocínio dedutivo

Indução × Dedução × Abdução

1. Todos os feijões daquela saca são brancos. Esses feijões são daquela saca. Logo, esses feijões são brancos (dedução).
2. Esses feijões são daquela saca. Esses feijões são brancos. Logo, todos os feijões daquela saca são brancos (indução).
3. Todos os feijões daquela saca são brancos. Esses feijões são brancos. Logo, esses feijões são daquela saca (abdução).

d) Raciocínio por analogia

- Baseia-se nas similaridades e diferenças entre os modelos mentais e os fatos/objetos observados para orientar o raciocínio.
- Sendo conhecidas certas semelhanças entre objetos ou relações, supõem-se que existam outras características semelhantes entre eles.

Exemplo

Objeto: tigre

Especialização de: mamífero

Número de patas: 4

Alimento: carne

Cor: amarelo com listras pretas

e) Raciocínio de senso comum

- Utiliza-se da experiência humana para a solução de problemas
- Confia mais em bons julgamentos do que na lógica exata
- Difícil de implementar.

Exemplo



Momento certo de se fazer uma ultrapassagem em uma rodovia



Avaliação da força necessária para segurar um ovo sem quebra-lo

Material disponível

- No Teams, em Material de aula/Sistemas Especialistas/Material:
 - Exemplos de SEs baseados em:
 - Dedução
 - Indução

7.6. Estratégias de inferência

- Ou técnicas de inferência ou mecanismo de inferência.
- Elas guiam os SEs, pois combinam o conhecimento contido em sua base de conhecimento com fatos do problema contidos em sua memória de trabalho.

7.6. Estratégias de inferência

- As estratégias de controle estabelecem os objetivos do sistema e orientam seu raciocínio:
 - Buscam na base de conhecimento para chegar à decisões.
 - O raciocínio em sistemas baseados em regras é dedutivo.

7.6. Estratégias de inferência

- Pode ser executado de acordo com duas estratégias básicas:
 - Encadeamento para frente: baseado na dedução progressiva
 - Encadeamento para trás: baseado na dedução regressiva.

7.6. Estratégias de inferência

- Há uma 3^a estratégia, a conjunta, que visa remover as desvantagens e memorizar apenas as vantagens das 2 estratégias básicas.
- Funcionamento geral da estratégia de inferência:
 - Considerando uma regra:

7.6. Estratégias de inferência

Se as premissas estão contidas na memória de trabalho

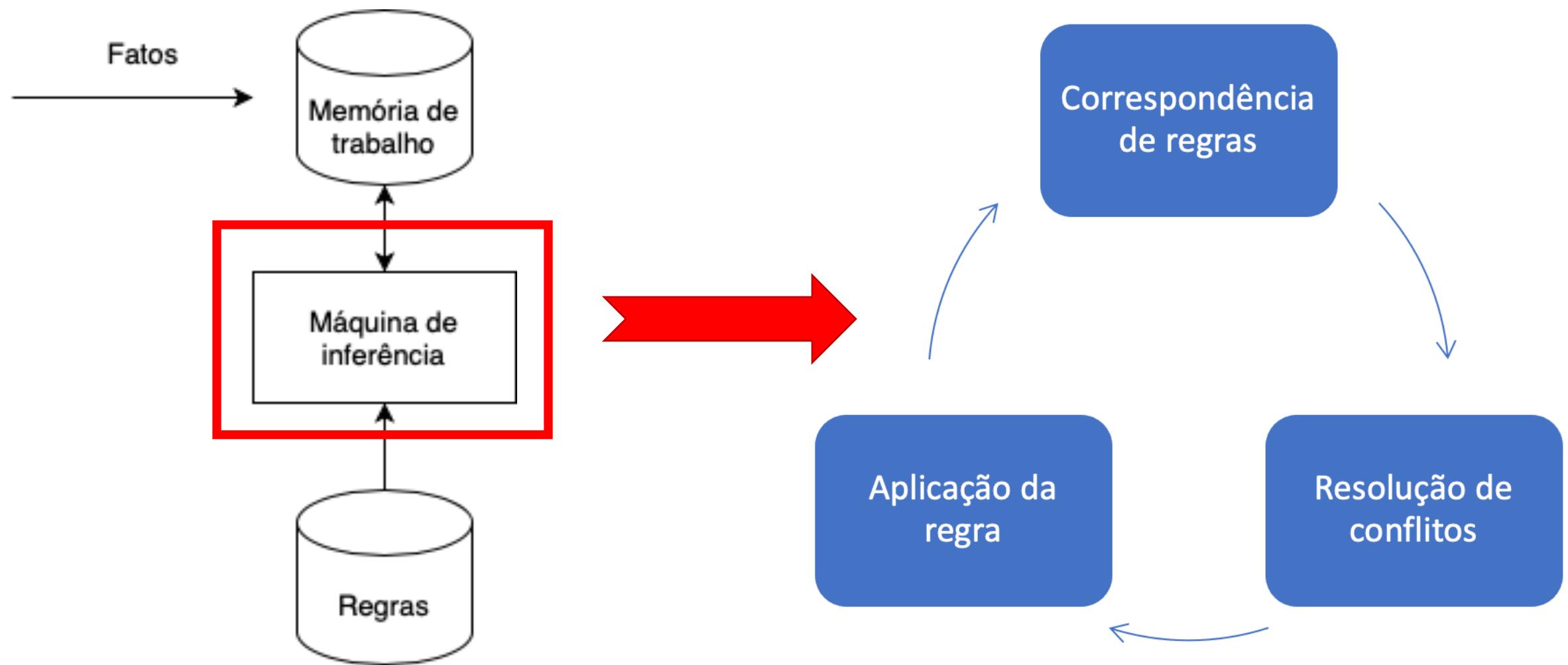
Então aplica-se a regra, adicionando as conclusões à memória de trabalho

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.

7.6. Estratégias de inferência

- Podemos exemplificar o funcionamento do sistema baseado em regras e as estratégias de inferência com as próximas figuras.



Resolução de conflitos

- Quando há mais de uma regra possível, devemos aplicar a resolução de conflitos para decidir.
- Métodos mais populares:
 - Regra mais específica: se a condição da regra R1 contiver a condição da regra R2, selecione a regra R1.
 - Fatos mais recentes: escolha a regra que casa com os fatos mais recentemente adicionados à base de dados.

Resolução de conflitos

- Regra de prioridade mais alta: na modelagem, dê prioridades às regras, atribuindo pesos ou ordenando-as da mais importante para a menos importante.
- A correspondência de regras é uma questão que influencia a eficiência de um processo de raciocínio.

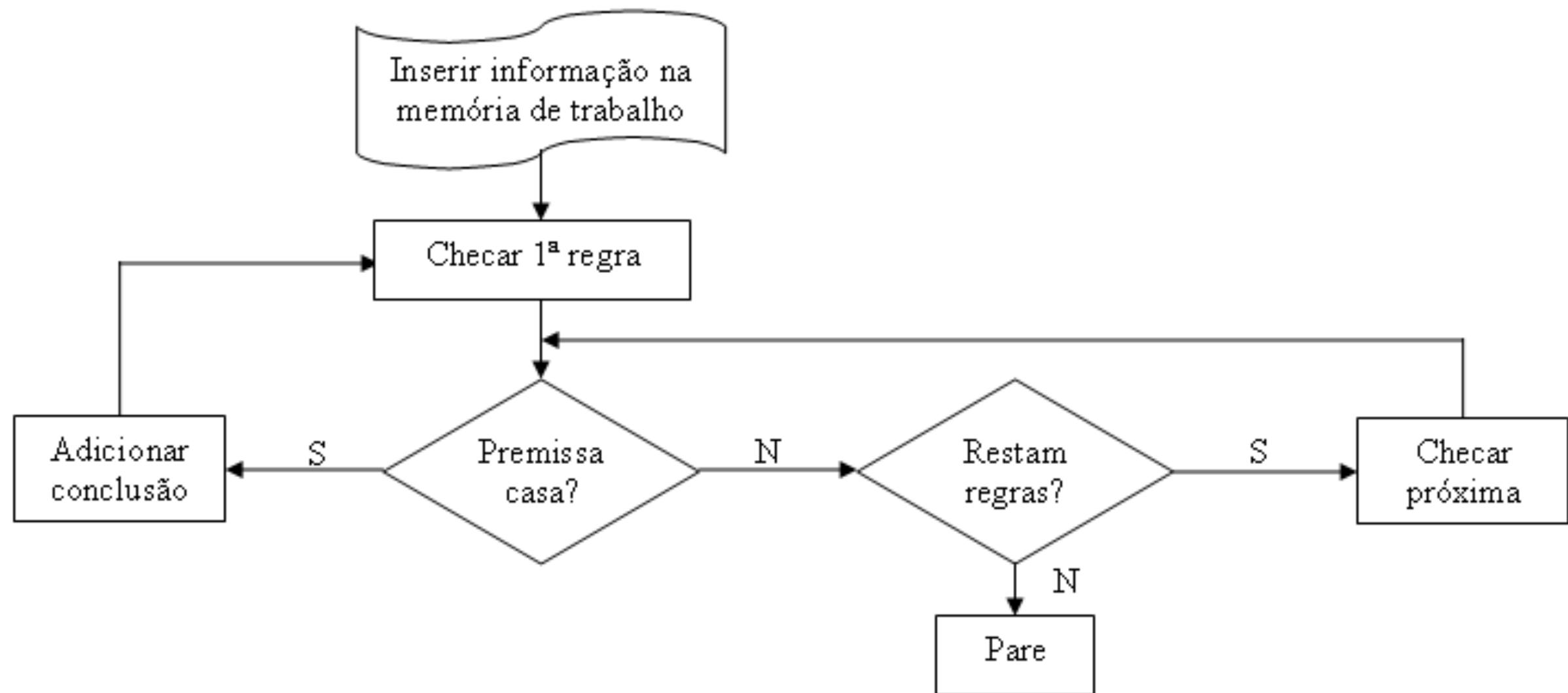
Estratégias básicas de inferência



Encadeamento para frente

- *Forward-chaining*
- Raciocínio guiado por dados
- Encadeamento progressivo
- O sistema parte de um conjunto de fatos e de um conjunto de regras:
 - Tenta encontrar um meio de usar tais regras e fatos para deduzir uma conclusão ou traçar uma linha de ação apropriada.

Raciocínio Guiado por
Dados



Encadeamento para frente

- Exemplo, no Teams: ExemploForward_Coppin.pdf
- Vantagens:
 - Trabalha bem quando o problema começa naturalmente pela coleta de informações.
 - Pode fornecer uma quantidade considerável de informações a partir de um pequeno conjunto de dados.

Encadeamento para frente

- É uma abordagem excelente para certos tipos de problemas:
 - Planejamento
 - Monitoramento
 - Controle
 - Interpretação

Encadeamento para frente

- Desvantagens:
 - Não tem meios para reconhecer que uma certa evidência pode ser mais importante que outra:
 - O sistema sempre fará todas as perguntas possíveis.
 - Também poderá fazer perguntas não relacionadas ao problema em questão. Exemplo:

SIS: Você tem problemas de coração?

USR: Sim

SIS: Seu nariz está escorrendo?

USR:



Encadeamento para trás

- *Backward-chaining*
- Raciocínio guiado por objetivos
- Encadeamento regressivo
- Parte-se de uma conclusão, que é a hipótese que queremos provar:
 - O objetivo é mostrar como aquela conclusão pode ser alcançada a partir de regras e fatos na base de dados.

Encadeamento para trás

- Muito usado na formulação de planos:
 - Plano: sequência de ações que um programa decide tomar para resolver um problema particular
- Pode tornar o processo de formular um plano mais eficiente que o encadeamento para frente.
- Exemplo: o SE de análise de investimentos.

Encadeamento para trás

- Vantagens:
 - Trabalha bem quando o problema naturalmente começa formando hipóteses e tentando prova-las.
 - Mantém seu foco direcionado para a prova de uma dada meta.
 - Produz apenas perguntas relativas ao problema.
 - Pesquisa apenas a parte do conhecimento que é relevante ao problema.

Encadeamento para trás

- Excelente para problemas como:
 - Diagnóstico
 - Prescrição
 - Depuração
- Comparaçāo entre os dois encadeamentos:

Encadeamento para frente (Forward)	Encadeamento para trás (Backward)
Dirigido aos dados	Dirigido às metas
Presente para o futuro	Presente para o passado
Antecedente de uma regra para o consequente	Do consequente de uma regra para o antecedente
Trabalha para frente para encontrar soluções, partindo dos fatos	Trabalha para trás para encontrar fatos que suportem as hipóteses levantadas
Os antecedentes das regras determinam a busca	Os consequentes da regra determinam a busca

Material

- No Teams, em Material de aula/Sistemas Especialistas/Material:
 - Arquivo sobre sistemas baseados em regras:
 - 9_Rule-Based Systems – Mariusz.pdf
 - 2 arquivos sobre o planejamento de sistemas baseados em regras, do Durkin (1994):
 - Planejamento_BackwardChaining_Durkin.pdf
 - Planejamento_ForwardChaining_Durkin.pdf

7.7. Aquisição de conhecimento

- Fase importante no desenvolvimento de um SE.
- É o processo que envolve extrair, analisar e interpretar o conhecimento que um especialista usa ao resolver um problema específico:
 - E transformar esse conhecimento em uma representação de máquina adequada.
- É uma atividade da engenharia do conhecimento.

7.7. Aquisição de conhecimento

- É um grande obstáculo na produção de um SE já que, para qualquer problema real, é necessário responder questões fundamentais:
 - Qual é a relação entre conhecimento e linguagem?
 - Como podemos caracterizar diferentes domínios do conhecimento?
 - O que constitui uma teoria da solução de problemas humanos?

Técnicas para a aquisição

- No centro do processo está a entrevista.
- Características desejadas do especialista que irá participar do projeto:
 - Deve concordar com os objetivos do projeto.
 - Deve ser cooperativo e fácil de trabalhar.
 - Ter boas habilidades de comunicação verbal.
 - Deve estar disposto e ser capaz de comprometer o tempo necessário.

Técnicas para a aquisição

- Ideal: especialista \neq engenheiro de conhecimento.
- Resumo, em ordem cronológica, dos passos para aquisição do conhecimento:
 1. Observe a pessoa resolvendo problemas reais.
 2. Por meio de discussões, identifique os tipos de dados, conhecimentos e procedimentos necessários para resolver diferentes tipos de problemas.
 3. Construa cenários com o especialista que podem ser associados a diferentes tipos de problemas.

Técnicas para a aquisição

4. Faça com que o especialista resolva uma série de problemas verbalmente e pergunte a razão por trás de cada etapa.
5. Desenvolva regras com base nas entrevistas e resolva os problemas com elas.
6. Peça ao especialista para revisar as regras e o procedimento geral de solução de problemas.
7. Compare as respostas de especialistas externos a um conjunto de cenários obtidos do especialista do projeto e do SE.

Métodos de aquisição

- a) Manual
- b) Semiautomático
- c) Automático

a) Manual

- Entrevistas:
 - Podem ser estruturadas ou não
 - É o método mais usado
 - Envolve diálogo explícito entre os participantes
 - A informação e o conhecimento são recolhidos através de questionários, anotações, gravações, ...

a) Manual

- Análise de protocolos e observação:
 - Observar o especialista em atuação
 - É o modo mais natural de efetuar a 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 por saber que está sendo observado.

especialista

explicitação

documentação

**Engenheiro de
conhecimento**

codificação

**Base de
conhecimento**

b) Semiautomático



Uso de ferramentas (*Knowledge Discovery in Database* - KDD) que manipulam grandes bases de dados



Utilização de editores/documentadores pelo engenheiro de conhecimento



Precisa da participação do especialista para validar o conhecimento adquirido

especialista

**Ferramentas interativas
de entrevista**

**Base de
conhecimento**

Engenheiro de conhecimento

c) Automático

- Através de *Machine Learning*.



Problemas desta fase

- Dificuldade de introspecção:
 - O especialista quase nunca está ciente de como usa o conhecimento.
 - Algumas soluções são intuitivas ou “compiladas”.
 - O especialista tem dificuldade de verbalizar sob pressão.
 - Uso de vocabulário próprio (jargão).

Problemas desta fase

- O conhecimento expresso pode ser irrelevante:
 - Quantidades enormes de informações supérfluas são coletadas, para em seguida serem organizadas.
 - Desafio: evitar informação irrelevante sem bloquear a descoberta de conceitos adicionais.

Problemas desta fase

- O conhecimento expresso pode ser incompleto:
 - O especialista pode não lembrar o conhecimento aprofundado para resolver um problema.
 - O especialista pode pular pontos importantes.
- O conhecimento expresso pode ser incorreto e inconsistente:
 - Afinal, quem garante a qualidade da solução, já que ela é “coisa de especialista”?

Material

- No Teams, em Material de aula/Sistemas Especialistas/Material:
 - 1 artigo (SpanglerRayHamaker1989.pdf) e 1 livro (Knowledge Acquisition for Expert Systems A Practical Handbook.pdf) sobre a aquisição de conhecimento.

7.8. Aplicações

- Os SEs podem ser classificados quanto às suas características de uso:
 1. Diagnóstico
 2. Previsão
 3. Interpretação
 4. Reparo
 5. Planejamento
 6. Monitoramento
 7. Projeto
 8. Depuração
 9. Controle
 10. Instrução

1. Diagnóstico

- Inferir mal funcionamento de um sistema a partir de observações.
- Prescrever “remédios” para o mal funcionamento.
- Frequentemente utilizado por sistemas que também tratam a interpretação.

2. Previsão

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

3. Interpretação

- Inferem descrições de situações a partir da observação de fatos:
 - Fazem a análise de dados e procuram determinar as relações e seus significados.

4. Reparo

- Esses sistemas desenvolvem e executam planos para administrar os reparos verificados na etapa de diagnóstico.

5. Planejamento

- São sistemas capazes de responder à questão de como gerar um plano para resolver um dado problema.

6. Monitoramento

- Muitas vezes associado ao diagnóstico.
- Acompanham a evolução de um sistema através de medições de grandezas que possam indicar o modo como o sistema evolui.

7. Projeto

- Têm características semelhantes com os sistemas de planejamento.
- É capaz de justificar a alternativa tomada para o projeto final e de fazer uso dessa justificativa para alternativas futuras.

8. Depuração

- Possui mecanismos para fornecer soluções para o mal funcionamento provocado por distorções de dados.

9. Controle

- Governa o comportamento geral de outros sistemas.
- Objetivo: dar ordens a um conjunto de entradas de modo que um sistema/dispositivo consiga cumprir adequadamente suas funções.

10. Instrução

- Proporcionar uma ferramenta de ensino e treino por computador.

Algunes Sistemes Especialistes



Aplicações Comerciais

- **Administração:** FOLIO ajuda administradores a determinar metas de investimentos de clientes e selecionar portfólios.
- **Advocacia:** JUDITH ajuda advogados a argumentar a respeito de casos de lei civil.
- **Geologia:** PROSPECTOR dá suporte de consultor na exploração mineral.

Aplicações Comerciais

- **Engenharia:**
 - REACTOR assiste operadores de reatores no diagnóstico e tratamento de acidentes nucleares;
 - SACON: ajuda engenheiros a determinar estratégias para análise estrutural de problemas.
- **Militar:** ANALYST dá assistência a militares em diversas situações no campo de batalha.

Aplicações Comerciais

- **Agricultura:** POMME ajuda no trato de macieiras.
- **Física:** GAMMA ajuda físicos nucleares a identificar composição de substâncias desconhecidas.
- **Matemática:** MACSYMA executa manipulação simbólica em expressões algébricas e tem ainda outras habilidades.

Aplicações Comerciais

- **Medicina:**

- MYCIN ajuda no diagnóstico e tratamento de doenças infecciosas;
- ONCOCIN ajuda no tratamento de pacientes com câncer.
- ***Quick Medical Reference System (QMR)*** é um programa que realiza o diagnóstico diferencial em muitas áreas da Medicina Interna.

Aplicações Comerciais

- **Computação:**

- XCON configura sistemas computacionais para clientes;
- YES/VMS ajuda operadores de computador a monitorar e controlar o VMS.

Aplicações Comerciais

- **Eletrônica:**
 - SOPHIE ensina estudantes a respeito de circuitos elétricos;
 - PEACE dá suporte a engenheiros no projeto de circuitos eletrônicos.
- **Química:** DENDRAL infere a composição molecular de compostos desconhecidos.

Aplicações Comerciais

- **CATS-1**: diagnóstico de falhas de motores elétrico-diesel de locomotivas.
- **ACE** para vigilância de sistemas telefônicos.
- **PICON** para alarmes em centrais nucleares.

SEs desenvolvidos em Universidades Utilizados fora do ambiente acadêmico

- Interpretação de arritmias cardíaca (Universidade de Oklahoma)
- Busca automática de referências médicas na MEDLINE, baseada em dados de laboratório e drogas (Columbia)
- STRIPS para movimentação de robôs, desenvolvido em Stanford

SEs desenvolvidos em Universidades Utilizados fora do ambiente acadêmico

- TraumAID: Apoio a casos de trauma do tórax (Universidade de Pennsylvania)
- Prognose de doenças de fígado crônicas
- DXPlain: sistema de diagnóstico em medicina interna (Universidade Harvard).

Shells para SEs

- Shell + base de conhecimento = SE
- Funções:
 - Auxiliar a construção da base de conhecimento:
 - Permite inserir conhecimento em estruturas de representação do conhecimento prontas.
 - Fornecer métodos de inferência que raciocinem sobre a base de conhecimento e os fatos fornecidos
 - Fornecer uma interface adequada ao usuário.

Referências Bibliográficas

COPPIN, Ben. **Inteligência Artificial**. Rio de Janeiro: Ltc, 2013. 636 p.

DURKIN, John. **Expert Systems Design and Development**. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

FLASIŃSKI, Mariusz. **Introduction to artificial intelligence**. Springer, 2016.

HAYES-ROTH, Frederick; WATERMAN, Donald A.; LENAT, Douglas B. **Building expert system**. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1983

JOHNSON, Paul E. What kind of expert should a system be?. **The Journal of medicine and philosophy**, v. 8, n. 1, p. 77-97, 1983.

JONES, P.H. 1989. Knowledge Acquisition. In: Barrett, J.R. and D.D. Jones. **Knowledge Engineering in Agriculture**. ASAE Monograph No. 8, ASAE, St. Joseph, MI. Disponível em: <https://engineering.purdue.edu/~engelb/abe565/knowacq.htm>.

KIDD, Alison (Ed.). **Knowledge acquisition for expert systems: A practical handbook**. Springer Science & Business Media, 2012.

KRISHNAMOORTHY, C. S.; RAJEEV, S. **Artificial intelligence and expert systems for engineers**. CRC Press, 1996.

RABUSKE, Renato Antonio. **Inteligência Artificial**. Florianópolis: UFSC, 1995. 240 p. (Série Didática).

SPANGLER, A. M.; RAY, C. D.; HAMAKER, K. Knowledge acquisition for expert system development. **Computers and electronics in agriculture**, v. 4, n. 1, p. 23-32, 1989.

<https://www.davidalpa.com/blog/raciocinio-abdutivo-indutivo-e-dedutivo/>

obrigada