

SICO7A

SISTEMAS INTELIGENTES 1

Aula 02 - Introdução aos
Sistemas Especialistas

Prof. Rafael G. Mantovani

Roteiro

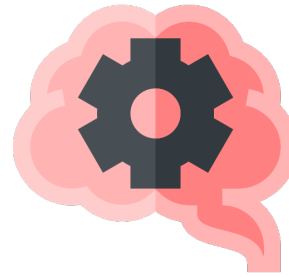
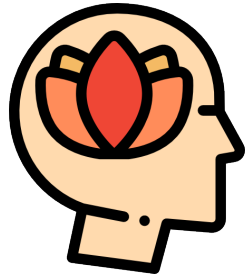


- 1** Introdução
- 2** Sistemas Especialistas (SEs)
- 3** Componentes de SEs
- 4** Exemplos
- 5** Referências

Roteiro

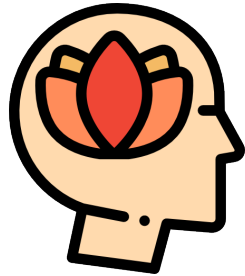
- 1 Introdução**
- 2 Sistemas Especialistas (SEs)**
- 3 Componentes de SEs**
- 4 Exemplos**
- 5 Referências**

Introdução

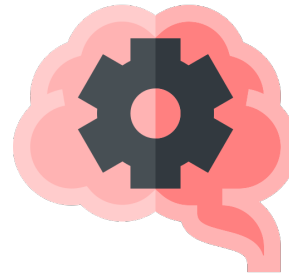


Introdução

IA
Simbólica



IA
Conexionista



IA
Evolutiva

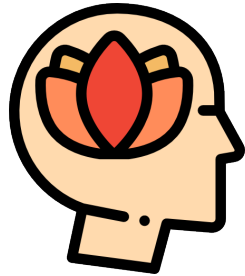


IA
Distribuída



Introdução

IA
Simbólica



IA
Conexionista



IA
Evolutiva



IA
Distribuída



Introdução

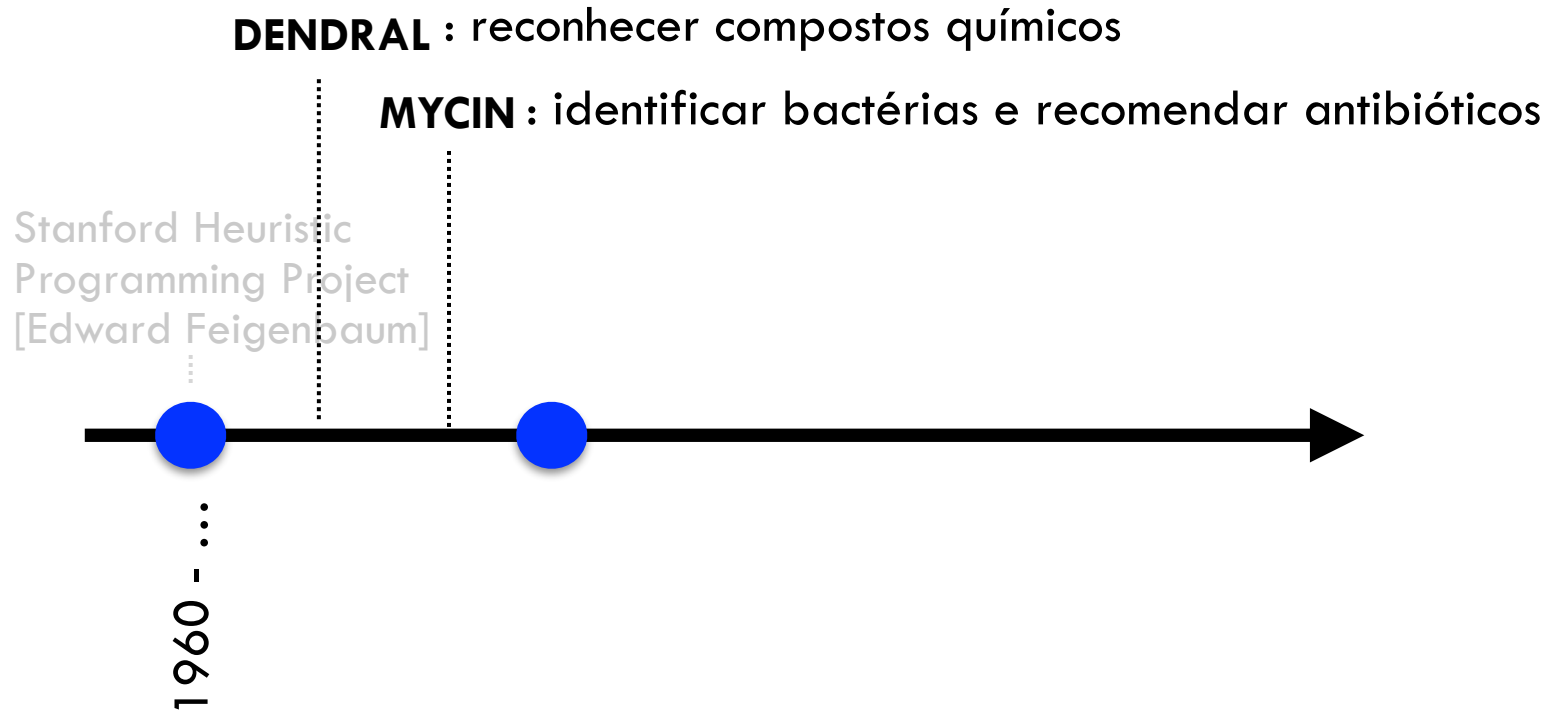


Introdução

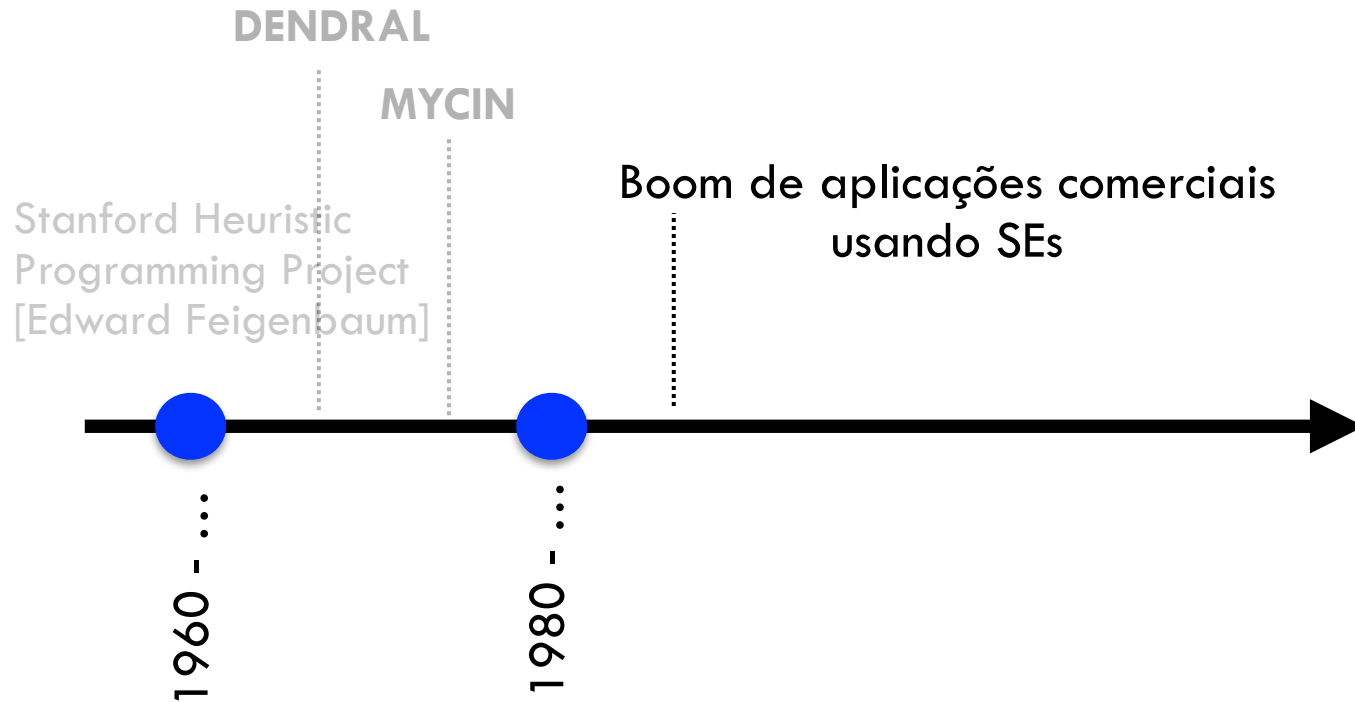
Stanford Heuristic
Programming Project
[Edward Feigenbaum]



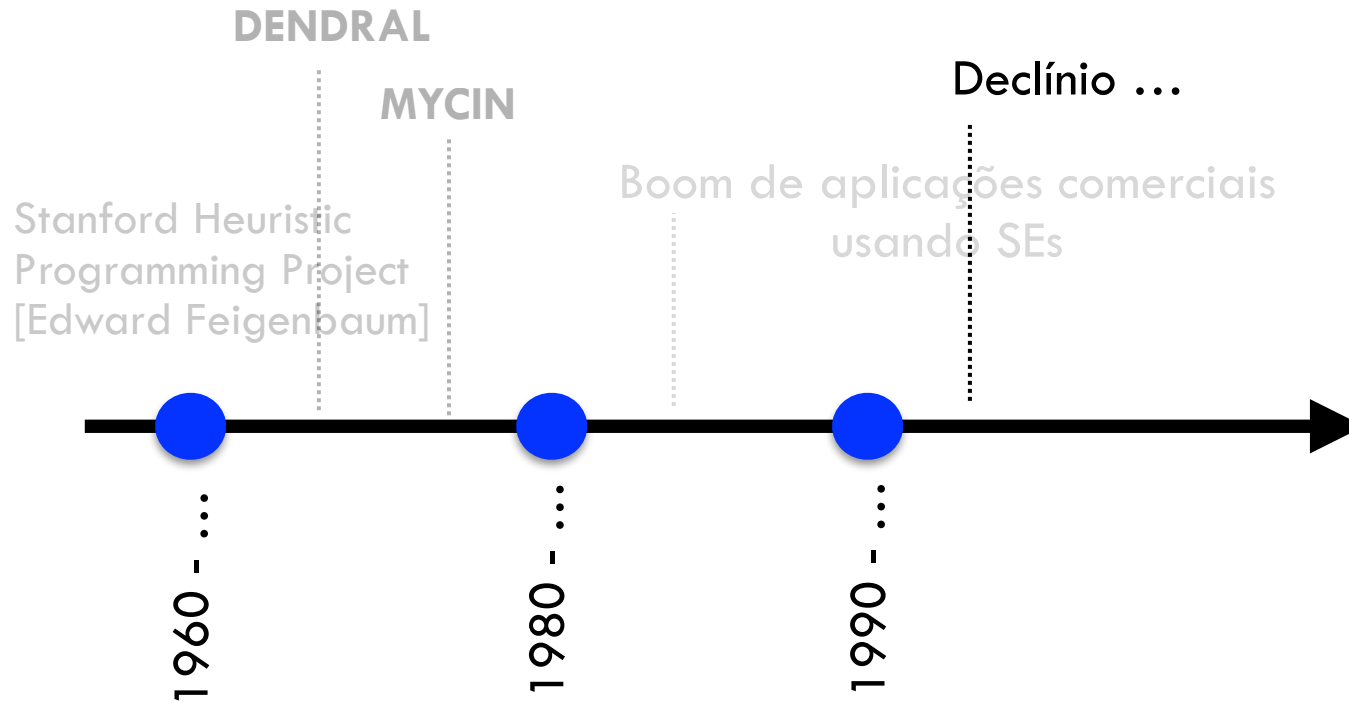
Introdução



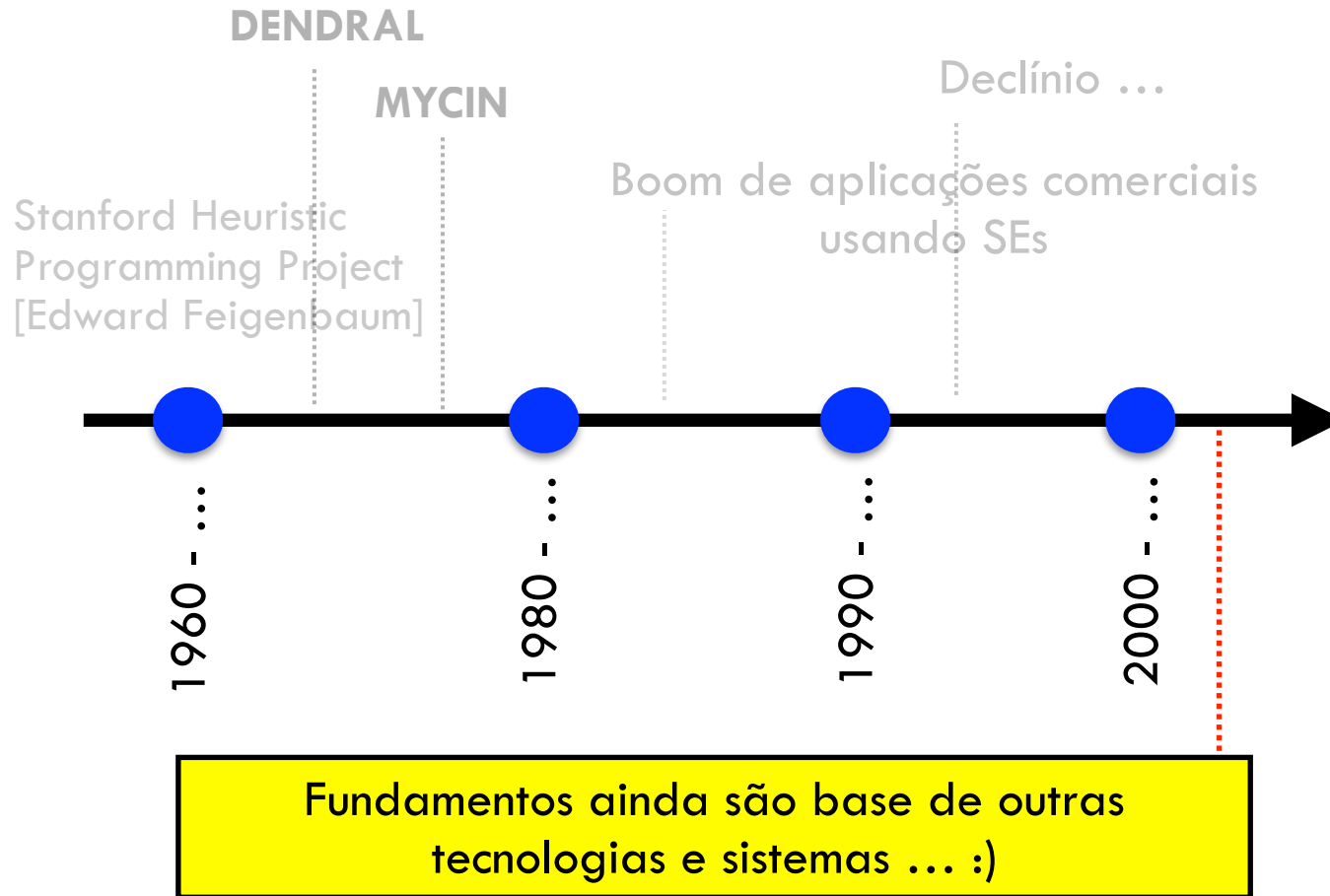
Introdução



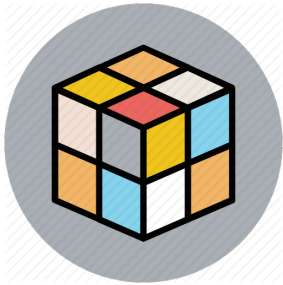
Introdução



Introdução



Introdução



Problema!

Introdução

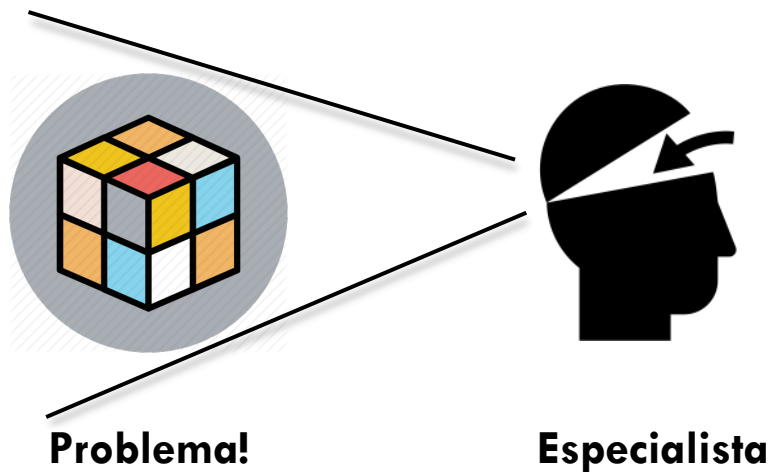


Problema!

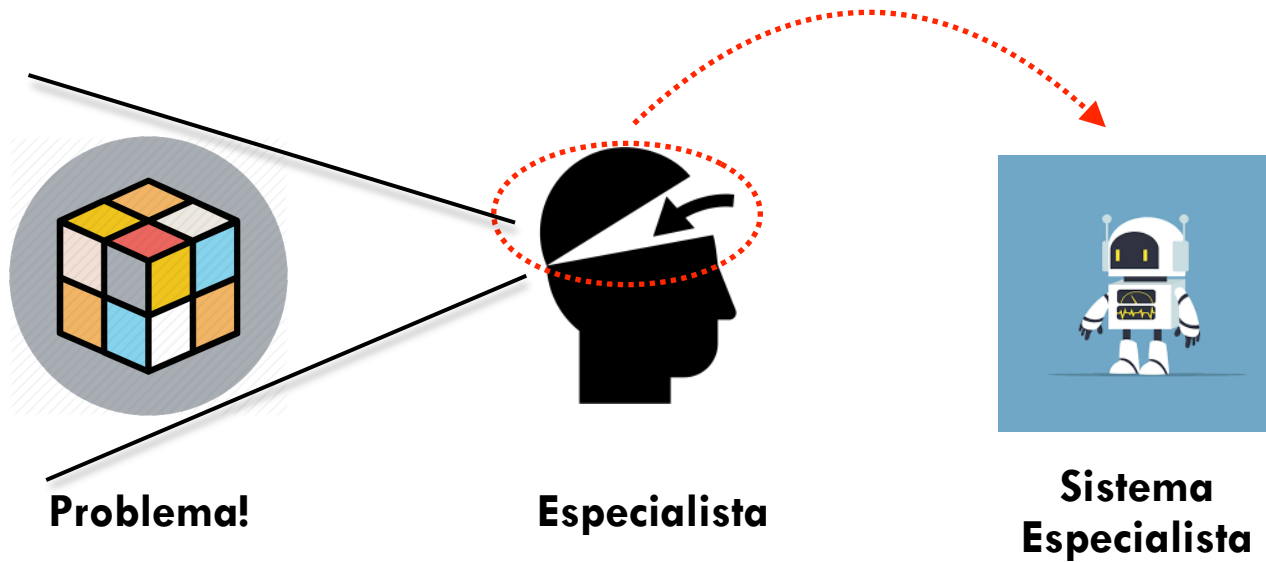


Especialista

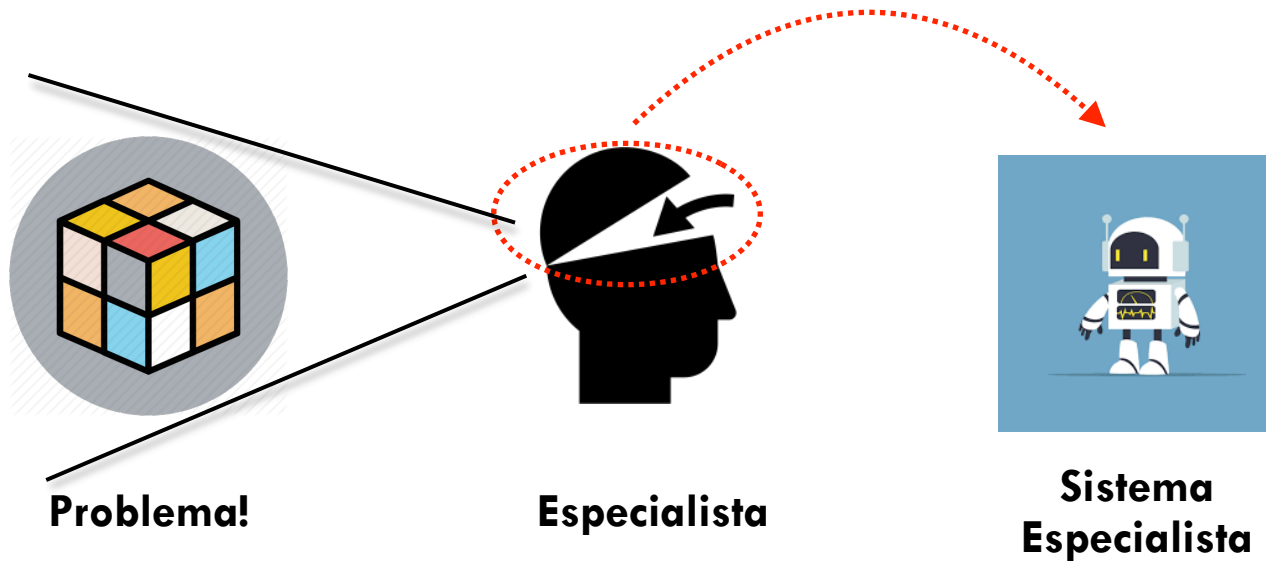
Introdução



Introdução

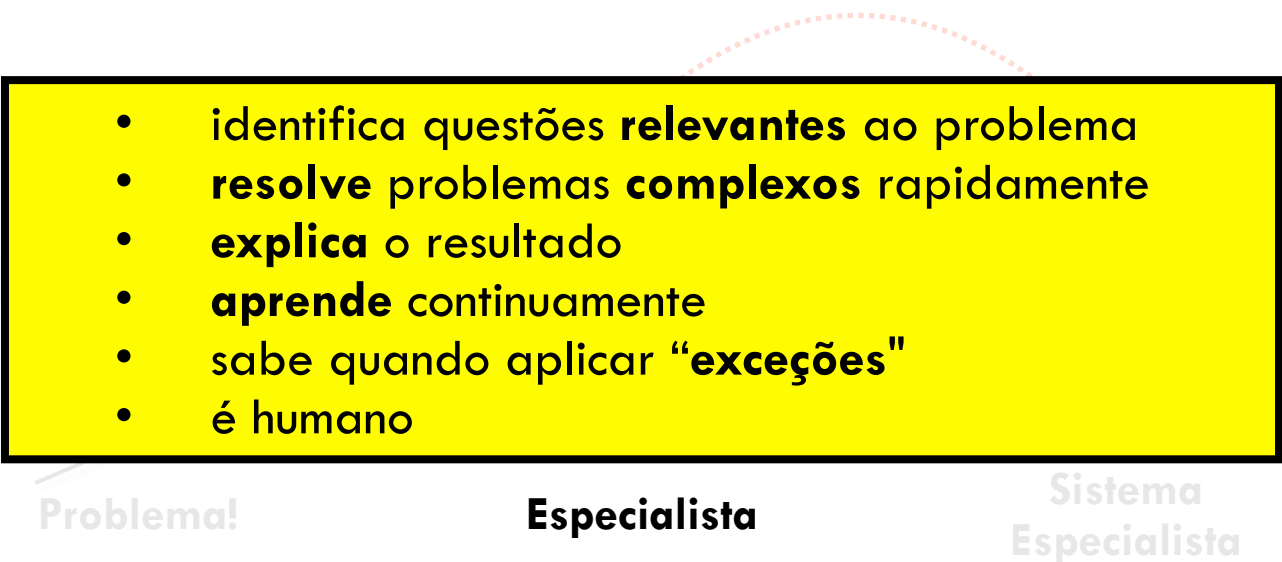


Introdução



Entender como o especialista resolve o problema e modelar um programa para fazer a mesma tarefa ...

Introdução

- 
- The diagram illustrates the interaction between a problem, an expert, and an expert system. A yellow box with a black border contains a list of characteristics of an expert. Above this box is a red dotted arc. Below the box, the labels 'Problema!', 'Especialista', and 'Sistema Especialista' are positioned from left to right. A faint line connects 'Problema!' to 'Especialista', and another connects 'Especialista' to 'Sistema Especialista'.
- identifica questões **relevantes** ao problema
 - **resolve** problemas **complexos** rapidamente
 - **explica** o resultado
 - **aprende** continuamente
 - sabe quando aplicar “**exceções**”
 - é humano

Problema!

Especialista

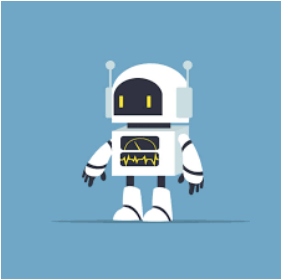
Sistema
Especialista

Roteiro

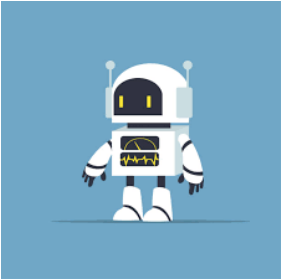


- 1 Introdução
- 2 **Sistemas Especialistas (SEs)**
- 3 Componentes de SEs
- 4 Exemplos
- 5 Referências

Sistema Especialista (SE)

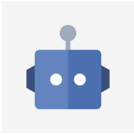


Sistema Especialista (SE)



- Programa que tenta ser um **clone cognitivo** de um especialista humano pela replicação do seu conhecimento
- Um program de IA calcado de um **corpo de conhecimento** a fim de realizar uma tarefa não trivial usualmente só realizada por um especialista humano

Quando usar SE?



Quando usar SE?



especialista é caro ou ineficiente

Quando usar SE?



especialista é caro ou ineficiente



é necessário garantir o acesso ao conhecimento em diferentes localidades

Quando usar SE?



especialista é caro ou ineficiente



é necessário garantir o acesso ao conhecimento em diferentes localidades



a saída de uma pessoa especializada leva à perda de conhecimento importante

Quando usar SE?



especialista é caro ou ineficiente



é necessário garantir o acesso ao conhecimento em diferentes localidades



a saída de uma pessoa especializada leva à perda de conhecimento importante



o ambiente é hostil para um especialista, fica conveniente usar uma máquina

Quando usar SE?



especialista é caro ou ineficiente



é necessário garantir o acesso ao conhecimento em diferentes localidades



a saída de uma pessoa especializada leva à perda de conhecimento importante



o ambiente é hostil para um especialista, fica conveniente usar uma máquina



dificuldade na formação de um especialista (custo e tempo)

Exemplos de sucesso



Exemplos de sucesso



- Dendral : estrutura molecular de compostos orgânicos (1o SE)

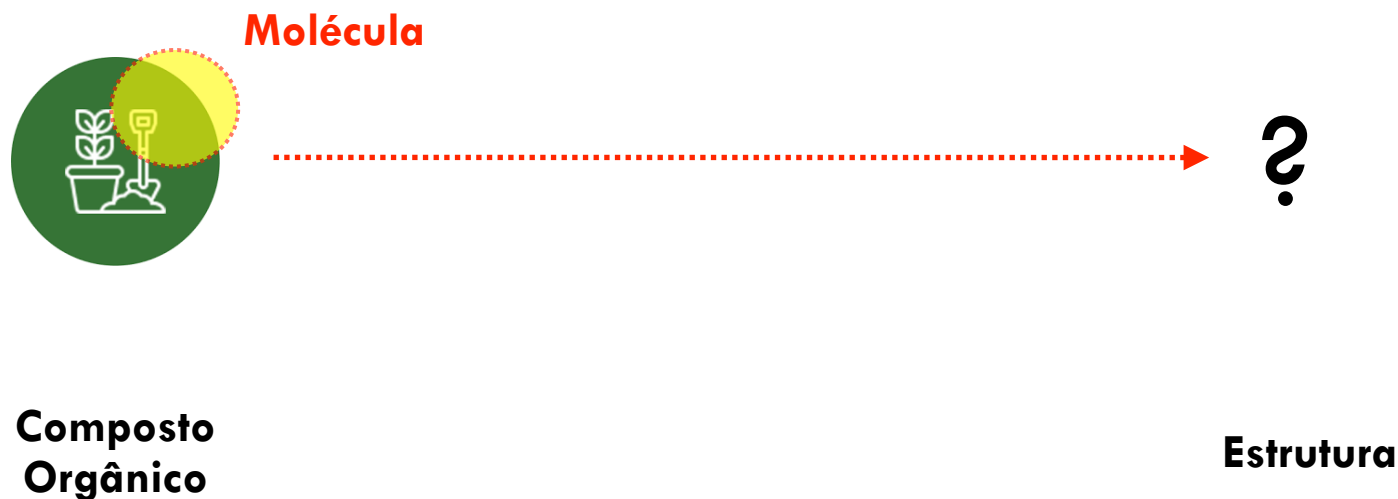
Exemplos de sucesso

- Dendral : estrutura molecular de compostos orgânicos (1o SE)



Exemplos de sucesso

- Dendral : estrutura molecular de compostos orgânicos (1o SE)



Exemplos de sucesso

- Dendral : estrutura molecular de compostos orgânicos (1 o SE)



Exemplos de sucesso

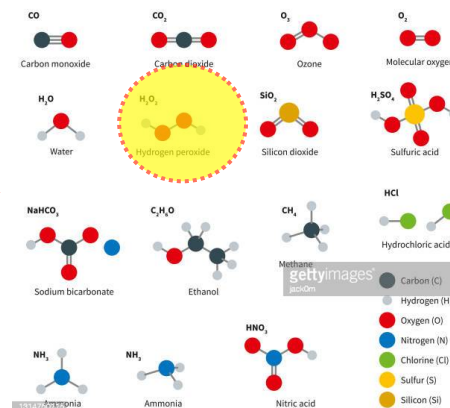
- Dendral : estrutura molecular de compostos orgânicos (1 o SE)



**Composto
Orgânico**



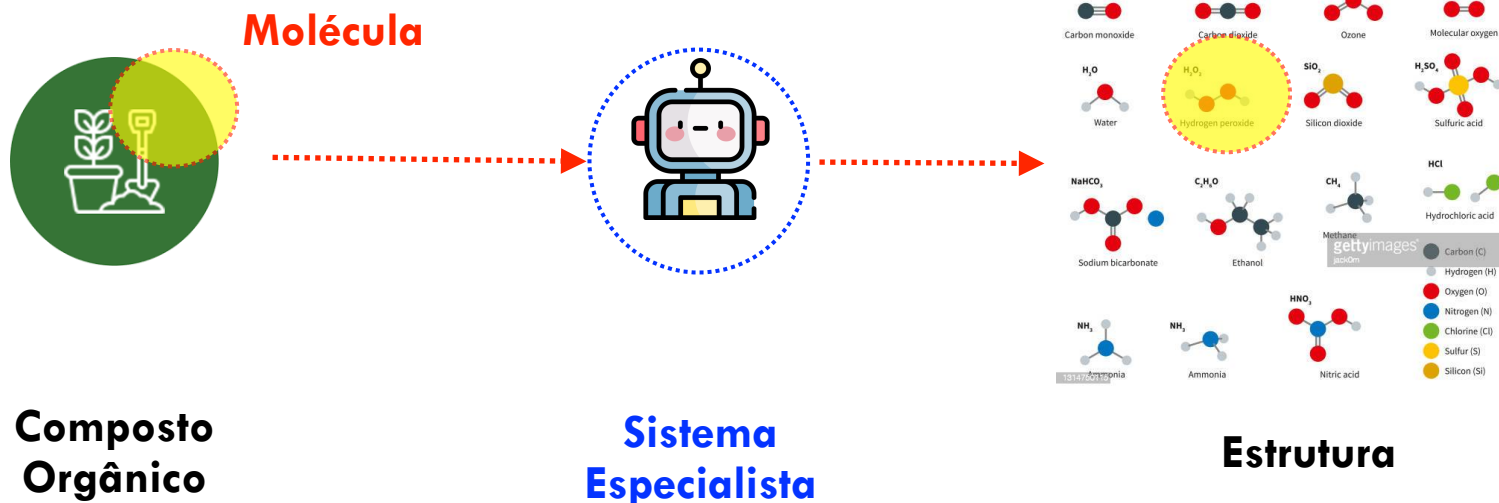
Especialista



Estrutura

Exemplos de sucesso

- Dendral : estrutura molecular de compostos orgânicos (1 o SE)



Exemplos de sucesso

Regras:

- ligações duplas e triplas não se quebram
- Apenas fragmentos maiores que dois átomos de carbono aparecem nos dados
- O peso de uma molécula é formado pela soma dos átomos que a constitui
- ...



Exemplos de sucesso

- Dendral : estrutura molecular de compostos orgânicos (1o SE)
- MYCIN: diagnosticar problemas com infecções bacterianas
- Prospector: avaliar potencial mineral de regiões
- Puff : diagnóstico de problemas pulmonares
- XCON: primeiro SE comercial
- IDEA: avarias em subsistemas eletrônicos de carros (Fiat/Lancia/Alfa Romeo)

Exemplos de sucesso

- DELTA/CATS-1: problemas em locomotivas diesel-elétricas
- AUTORIZER'S ASSISTANT: aprovação de despesas individuais.
Usado pela American Express
- DRILLING ADVISOR: análise de solos de exploração petrolífera
- LENDING ADVISOR: concessão de crédito por instituições bancárias
- EXPERTAX: tarifação de seguros
- GATES: controladores de chegada e partida de vôos

Exemplos de sucesso

- MARVEL: controle de dados da nave *Voyager*
- TIGER: monitoramento da condição de turbinas de gás
- ARCA: diagnóstico de arritmias cardíacas
- TARCA: planejamento de terapias para arritmias cardíacas
- PATHFINDER: diagnóstico de doenças do foro linfático.
Desempenho superior ao de peritos usados durante o desenvolvimento do projeto.

Exemplos de sucesso

- MARVEL: controle de dados da nave *Voyager*
- TIGER: monitoramento da condição de turbinas de gás
- ARCA: diagnóstico de arritmias cardíacas
- TARCA: planejamento de terapias para arritmias cardíacas
- PATHFINDER: diagnóstico de doenças do foro linfático.
Desempenho superior ao de peritos usados durante o desenvolvimento do projeto.

Roteiro



- 1 Introdução
- 2 Sistemas Especialistas (SEs)
- 3 Componentes de SEs
- 4 Exemplos
- 5 Referências

Componentes de SEs



Componentes de SEs



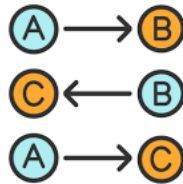
1 User interface

Componentes de SEs



1 User interface

Base de regras



Base de fatos



2

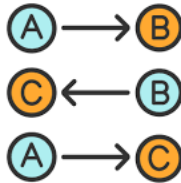
**Base de
conhecimento**

Componentes de SEs



1 User interface

Base de regras

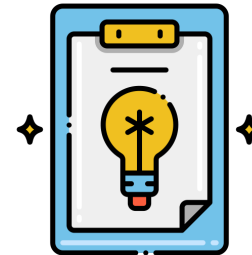


Base de fatos



2

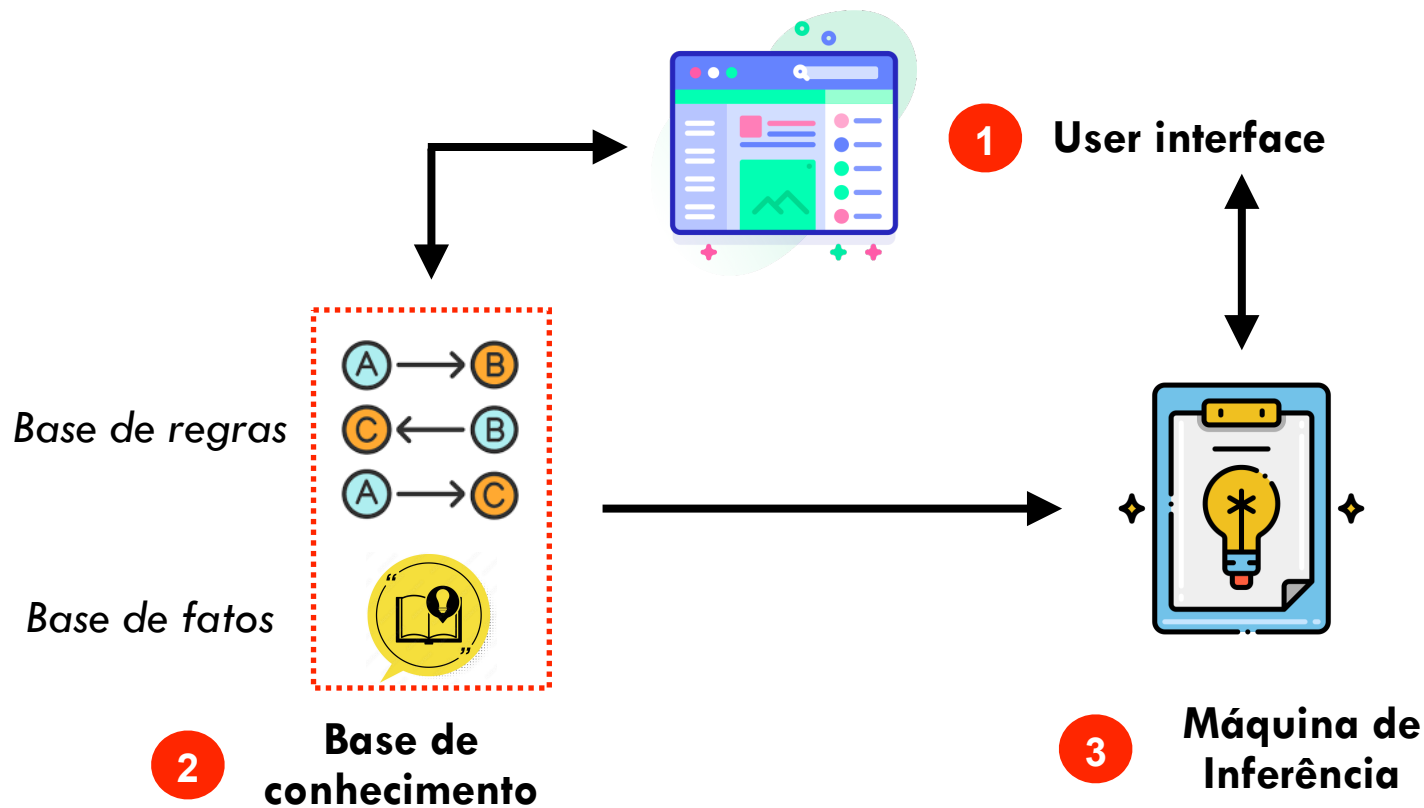
**Base de
conhecimento**



3

**Máquina de
Inferência**

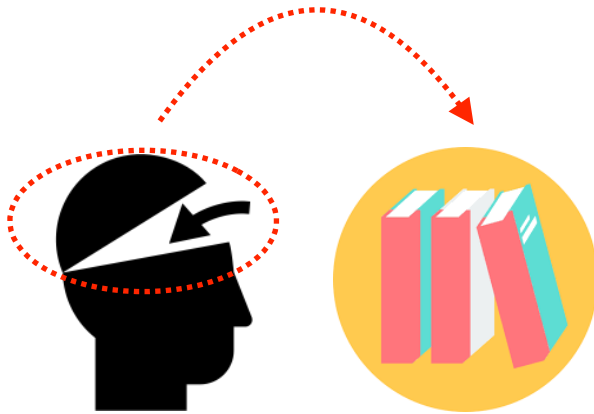
Componentes de SEs



Base de Conhecimento

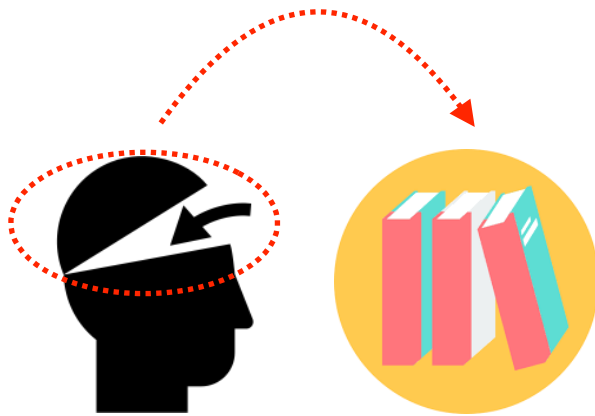


Base de Conhecimento



Especialista

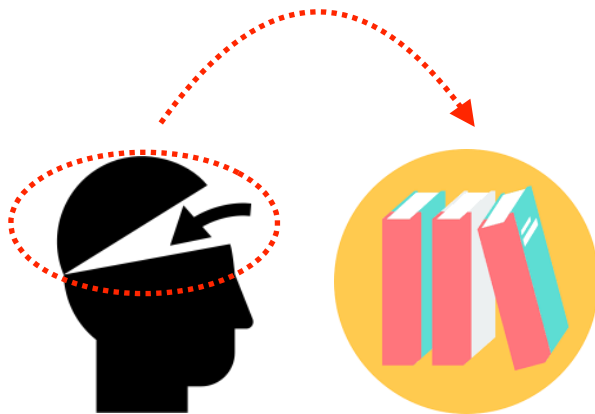
Base de Conhecimento



Especialista

Parte do sistema que contém o domínio do
conhecimento

Base de Conhecimento



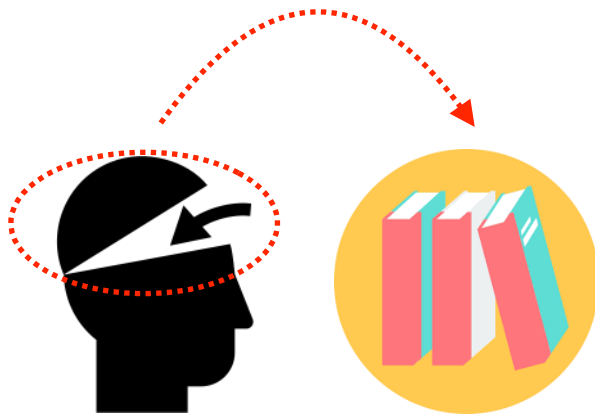
Especialista

Parte do sistema que contém o domínio do
conhecimento

Representação:

- fatos
- regras
- redes semânticas
- cálculo de predicados
- ...

Base de Conhecimento



Especialista

Parte do sistema que contém o domínio do
conhecimento

Representação:

- fatos
- **regras**
- redes semânticas
- cálculo de predicados
- ...

Base de regras



Base de regras

SE premissa, **ENTÃO** conclusão

Base de regras

SE premissa, **ENTÃO** conclusão

SE o carro não ligar,
ENTÃO o problema pode estar no sistema elétrico

Base de 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

Base de regras

SE premissa, **ENTÃO** conclusão **SENAO** ...

SE você tem um alto salário

OU suas deduções são errôneas

ENTÃO sua chance de sofrer auditoria da Receita Federal é alta,

SENAO suas chances de sofrer auditoria é baixa

Base de regras

Regras + Complexas:

SE a taxa de crédito é alta

E o salário é mais do que R\$3.000

OU os bens são mais do que R\$75.000

E o histórico de pagamento é bom

ENTÃO aprovar o empréstimo de até R\$10.000

E listar o empréstimo na categoria B

Base de regras



Vantagens:

Base de regras



Vantagens:

- fácil de entender
- fácil de derivar e explicar
- fácil de modificar e manter
- fácil de combinar com incertezas
- regras são frequentemente independentes

Base de regras



Vantagens:

- fácil de entender
- fácil de derivar e explicar
- fácil de modificar e manter
- fácil de combinar com incertezas
- regras são frequentemente independentes

Desvantagens:

Base de regras



Vantagens:

- fácil de entender
- fácil de derivar e explicar
- fácil de modificar e manter
- fácil de combinar com incertezas
- regras são frequentemente independentes

Desvantagens:

- conhecimento requer várias regras
- buscas ficam limitadas em sistemas com muitas regras
- inconsistências entre regra

Base de regras: exemplo

Regra 01: SE distância > 5 km, ENTÃO pegaremos o carro

Regra 02: SE distância > 1 km E tempo < 15 minutos, ENTÃO pegaremos o carro

Regra 03: SE distância > 1 km E tempo > 15 minutos, ENTÃO iremos a pé

Regra 04: SE iremos de carro E cinema é no centro ENTÃO pegaremos um taxi/UBER

Regra 05: SE iremos de carro E cinema não é no centro ENTÃO pegaremos nosso próprio carro

Regra 06: SE iremos a pé E o tempo está ruim ENTÃO pegaremos um guarda-chuva

Regra 07: SE iremos a pé E o tempo está bom ENTÃO iremos em ritmo de passeio

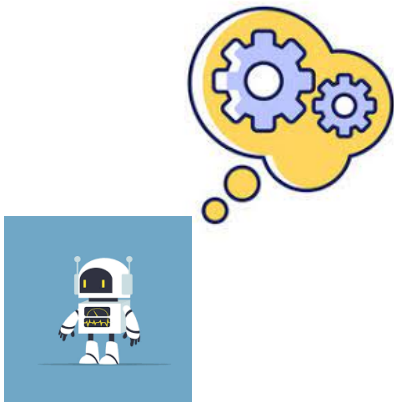
Base de regras: exemplo

**Quais as regras para o SE de vocês para
almoçar no campus?**

Máquina de Inferência

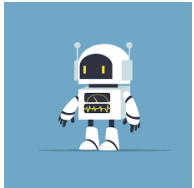


Máquina de Inferência



SE

Máquina de Inferência

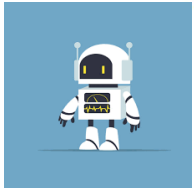


SE



é o processador que **confronta** os **fatos** contidos na **memória** do SE com os **conhecimentos** de **domínio** contidos na **base de conhecimento** para tirar **conclusões** sobre o problema.

Máquina de Inferência



SE



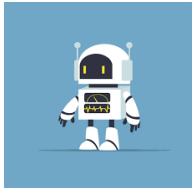
é o processador que **confronta** os **fatos** contidos na **memória** do SE com os **conhecimentos** de **domínio** contidos na **base de conhecimento** para tirar **conclusões** sobre o problema.

Regras/Fatos



Conclusões

Máquina de Inferência



SE



é o processador que **confronta** os **fatos** contidos na **memória** do SE com os **conhecimentos** de **domínio** contidos na **base de conhecimento** para tirar **conclusões** sobre o problema.

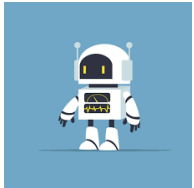
Regras/Fatos



Conclusões

SIM? :) Então add na memória e continua ...

Máquina de Inferência

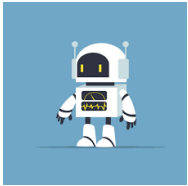


SE



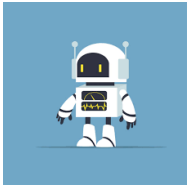
- encadeamento progressivo (**forward chaining**)
- encadeamento regressivo (**backward chaining**)

Máquina de Inferência



Algoritmo geral de inferência

Máquina de Inferência



Algoritmo geral de inferência

1. **SE** as premissas estão contidas na memória do SE,
2. **ENTÃO** aplica-se a regra, adicionando as conclusões na memória do SE
3. **SENÃO** passa para a próxima regra
4. **QUANDO** detecta-se que um objetivo foi atingido ou que nenhuma outra regra se aplica, o processo é encerrado

Exemplo de Inferência

FATOS pai(josé, adão).
pai(adão, lucas).
pai(matheus, joaquin).
mae(ana, celia).

REGRAS

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

OBJETIVO

avo(X, lucas).

Exemplo de Inferência

FATOS pai(josé, adão).
pai(adão, lucas).
pai(matheus, joaquin).
mae(ana, celia).

REG

TODO: Expandir a base de conhecimento :)

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

OBJETIVO

avo(X, lucas).

Roteiro



- 1 Introdução
- 2 Sistemas Especialistas (SEs)
- 3 Componentes de SEs
- 4 Exemplos
- 5 Referências

Akinator



Never-ending Language Learner

Read the Web

Research Project at Carnegie Mellon University

[Home](#)[Project Overview](#)[Resources & Data](#)[Publications](#)[People](#)

NELL: Never-Ending Language Learning

Can computers learn to read? We think so. "Read the Web" is a research project that attempts to create a computer system that learns over time to read the web. Since January 2010, our computer system called NELL (Never-Ending Language Learner) has been running continuously, attempting to perform two tasks each day:

- First, it attempts to "read," or extract facts from text found in hundreds of millions of web pages (e.g., `playsInstrument(George_Harrison, guitar)`).
- Second, it attempts to improve its reading competence, so that tomorrow it can extract more facts from the web, more accurately.

So far, NELL has accumulated over 50 million candidate beliefs by reading the web, and it is considering these at different levels of confidence. NELL has high confidence in 2,810,379 of these beliefs — these are displayed on this website. It is not perfect, but NELL is learning. You can track NELL's progress below or [@cmunell on Twitter](#), browse and download its [knowledge base](#), read more about our [technical approach](#), or join the [discussion group](#).



Exercícios :)

1. Elaborar a base de conhecimento de um sistema especialista para consulta de doadores de sangue com base no sistema ABO. Verificar se doador/receptor são compatíveis para doação.

<https://swish.swi-prolog.org/example/kb.pl>

Exercícios :)

1. Elaborar a base de conhecimento de um sistema especialista para consulta de doadores de sangue com base no sistema ABO. Verificar se doador/receptor são compatíveis para doação.

<https://swish.swi-prolog.org/example/kb.pl>

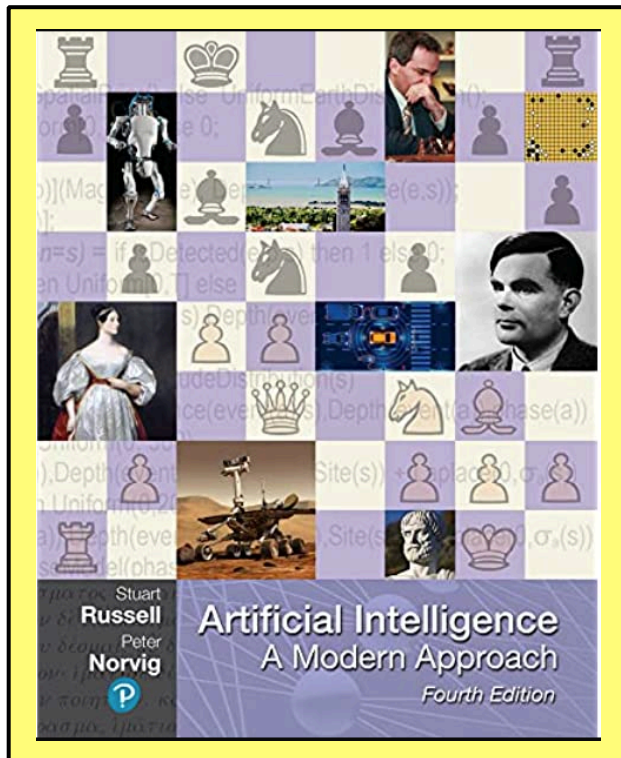
Ampliar o sistema para lidar com o **fator RH**.

Roteiro

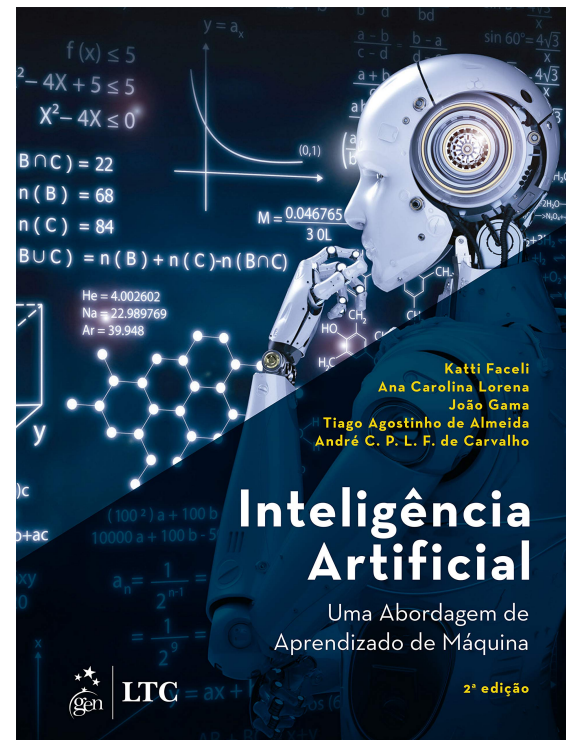


- 1** Introdução
- 2** Sistemas Especialistas (SEs)
- 3** Componentes de SEs
- 4** Exemplos
- 5** Referências

Referências sugeridas



[Russel & Norvig, 2021]

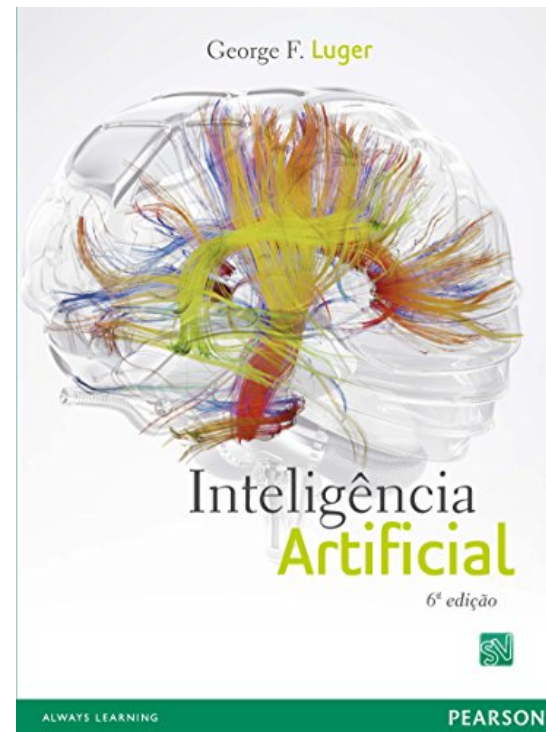


[Faceli et al, 2021]

Referências sugeridas



[Coppin, 2010]



[Luger, 2013]

Perguntas?

Prof. Rafael G. **Mantovani**

rafaelmantovani@utfpr.edu.br

Never-ending Language Learner

A thick horizontal orange bar spanning the width of the slide, positioned below the title.

<http://rtw.ml.cmu.edu/rtw/index.php?>

<https://twitter.com/cmunell>

<http://rtw.ml.cmu.edu/rtw/kbbrowser/>

Editores Prolog Online

https://www.tutorialspoint.com/execute_prolog_online.php

<https://swish.swi-prolog.org>

<https://www.jdoodle.com/execute-prolog-online/>