

# *Sistemas Híbridos Inteligentes*

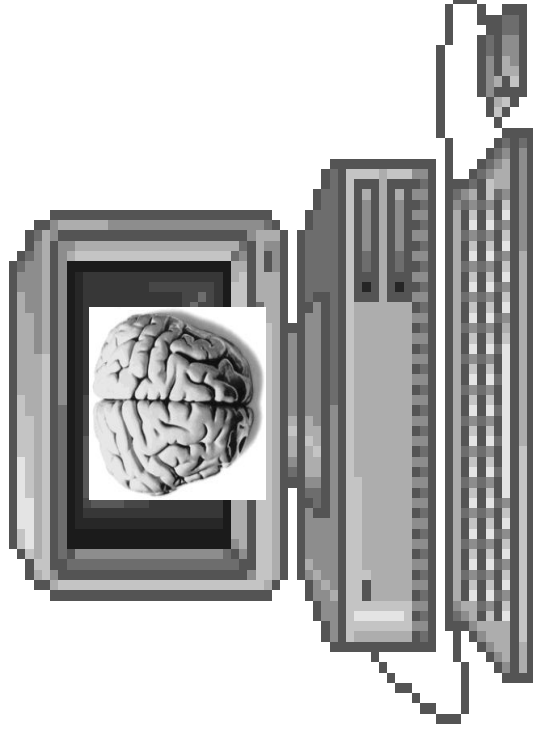
*Congresso da SBC - ENIA '99*

*Autores:*

*Prof. Dr. Fernando Osório*

*Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Vieira*

*Rio de Janeiro - Julho 1999*



**UNISINOS** - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Informática

E-mail: [osorio@exatas.unisinos.tcche.br](mailto:osorio@exatas.unisinos.tcche.br)

[renata@exatas.unisinos.tcche.br](mailto:renata@exatas.unisinos.tcche.br)

Web: <http://www.inf.unisinos.tcche.br/~osorio/>

<http://ccc.unisinos.tcche.br/users/r/renata>

## ***Tópicos abordados:***

### **1. Inteligência Artificial: Métodos Simbólicos**

**Conceitos Básicos  
Representação de Conhecimento  
Sistemas Simbólicos Inteligentes  
Aprendizado Simbólico  
Vantagens e Desvantagens**

### **2. Inteligência Artificial: Métodos Conexionistas (*Redes Neurais*)**

**Conceitos Básicos  
Representação de Conhecimento  
Modelos Conexionistas - Classificação  
Aprendizado Neural  
Vantagens e Desvantagens**

### **3. Sistemas Híbridos Inteligentes**

**Conceitos Básicos**

**Tipos de Integração**

**Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos (SHNS)**

**Exemplos de SHNS: SYNHESYS, KBANN, INSS**

**Considerações Finais**

## Métodos simbólicos

---

Baseados na idéia de que a inteligência (ou parte dela) constitui-se de:

**operações sobre um conjunto de símbolos**

Exemplo de sistema simbólico:

**a linguagem**

## **Exemplo de sistema simbólico: linguagem**

---

**As palavras são símbolos, representam**

**objetos**

**relações**

**eventos**

**Quando combinadas podem**

**descrerver, explicar (ou influenciar)**

**situações do mundo real**

## Sistemas simbólicos

---

Podemos entender (conhecer) uma situação através de sua representação simbólica

Não é necessário vivenciá-la

Conhecimento pode ser utilizado posteriormente em situações reais

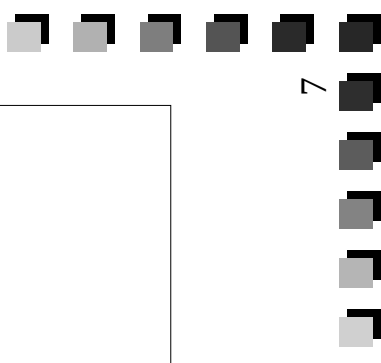
# Métodos Simbólicos em IA

---

São baseados em

técnicas de **representação** simbólica de conhecimento

mecanismos capazes de **inferir** soluções ou novos conhecimentos a partir do conhecimento representado



# **Representação do conhecimento**

---

Alguma coisa que está no lugar de outra

Modelo da coisa representada

**Conclusões podem ser tiradas sobre as coisas representadas, olhando-se apenas para o modelo**



# Diferentes tipos de representação

---

## Sistema proposicional

conhecimento declarativo  
pode ser examinado, combinado, produzindo inferências

## Sistema analógico

representação por correspondência direta  
um mapa representa características geográficas

## Sistema procedural

representação é não acessível, difícil de ser examinado  
*know-how*, utilizado na execução de ações (chutar uma bola, andar de bicicleta)

# Representação simbólica

---

**Em Inteligência Artificial Simbólica, a representação do conhecimento é do tipo proposicional**

coleção estruturada de símbolos  
procedimentos de interpretação bem definidos

**I. A.: expressar conhecimento e tratá-lo computacionalmente**

**Diferentes técnicas de representação simbólica**

# Lógica

---

**sintaxe**

**configurações possíveis das sentenças da linguagem**

**semântica**

**relação das sentenças com fatos no mundo.**

**regras (mecanismo de inferência)**

**usadas para derivar novas sentenças a partir de sentenças dadas**

# Lógica clássica de primeira ordem

---

**Representa um domínio constituído de entidades**

**específicos: constantes da linguagem**

**genéricos: variáveis da lógica**

**Expressa propriedades destes objetos e relações entre eles**

**Propriedades e relações podem ser quantificadas (valer para todos  $\forall$  ou para alguns  $\exists$ )**

**Relações entre proposições são expressas por conectivos**

**conjunção, disjunção, consequência e negação  $\rightarrow \wedge \vee \neg$**

# Representação lógica: exemplo

---

sentença lógica usada para expressar o fato de que pássaros são animais:

$$\forall x \text{ pássaro}(x) \rightarrow \text{animal}(x)$$

conhecimento de um domínio complexo não é expresso de uma maneira natural e intuitiva

# Outros métodos

---

**Desenvolvimento de outros métodos de representação de conhecimento**

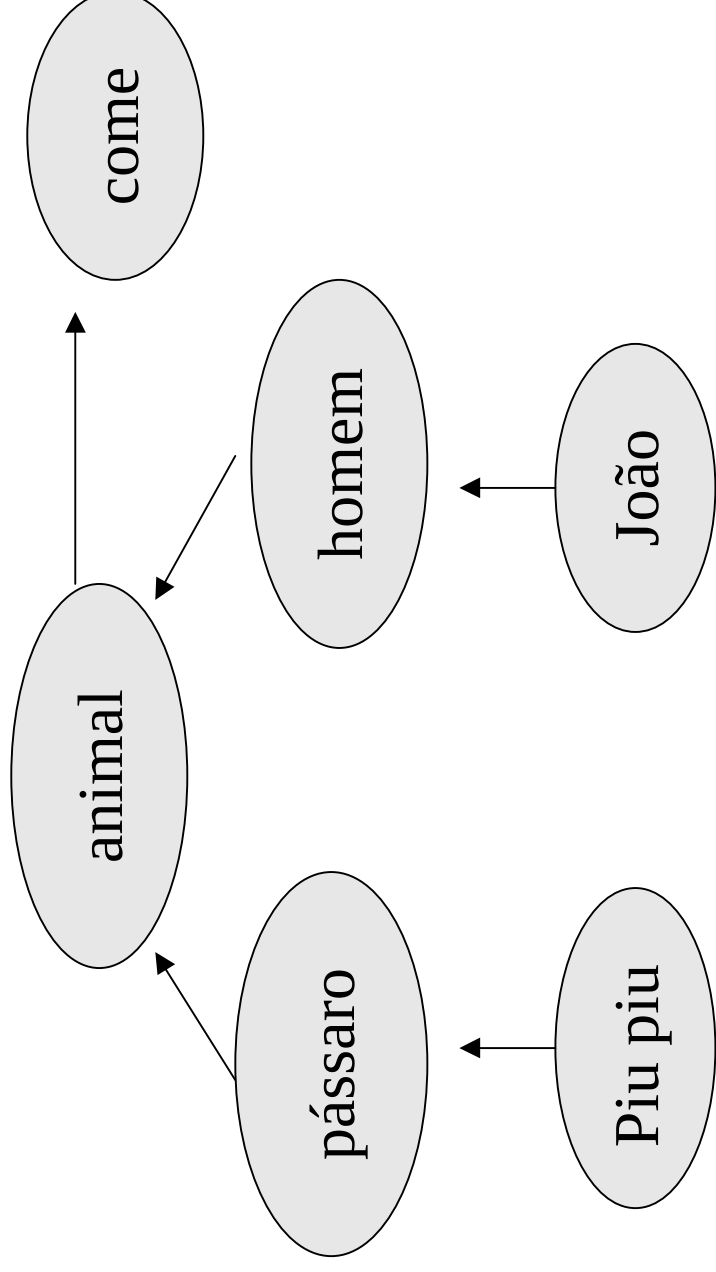
**oferecem um formato mais claro ao leitor humano**

**facilitam o processo de traduzir o conhecimento:  
linguagem natural em linguagem formal e estruturada**

**podem ser traduzidos em uma notação lógica**

# Redes semânticas

---



# Frames

---

Animal

animado: V

Pássaro

voa: V  
superc: animal

Avestruz

voa: F  
superc: pássaro

# Scripts

---

Nome: **Restaurante**

Objetos: **mesas, menu, comida, conta, dinheiro**

Agentes: **cliente, garçom, cozinheiro, caixa, dono**

Condições de entrada:

**o cliente tem fome**

**o cliente tem dinheiro**

Resultados:

**o cliente tem menos dinheiro**

**o dono tem mais dinheiro**

**cliente não tem fome**

# Scripts

---

## Cena 1: Entrada

cliente entra no restaurante  
procura uma mesa  
decide onde sentar  
vai para a mesa  
senta

## Cena 2: Pedido

O cliente pega o menu  
olha o menu  
decide o que comer  
chama o garçom  
vem até a mesa  
pede a comida  
...

# Sistemas simbólicos inteligentes

---

## Diferentes sistemas:

resolução de problemas  
planejamento  
jogos  
sistemas de produção  
sistemas especialistas  
raciocínio baseado em casos

**Problemas e as técnicas desenvolvidas para tratá-los  
crescem em complexidade**

# Sistemas simbólicos inteligentes

---

**Todos adotam a perspectiva de representação simbólica do conhecimento:**

**operação sobre símbolos**

**produção de um resultado simbólico significativo interpretável pelos usuários destes sistemas**

# Resolução de problemas

---

**baseia-se na descrição formal do problema  
estados e operações  
solução é seqüência de ações que levam ao estado final**

**busca de soluções em espaços de estados  
navegação em estruturas do tipo árvore  
estados representados por nós  
raiz é estado inicial  
desdobramento da árvore é caminho trilhado na busca da solução**

# Resolução de problemas

O problema das jarras de água:  
uma jarra 4 litros, uma jarra de 3 litros, colocar 2 litros na jarra de 4 litros

Estados:  $\{ (0,0), (0,...), (0,3), \dots (4,3) \}$

Estado inicial:  $(0,0)$     Objetivo:  $(2,n)$

Operações                      pré    pós    condições

1. Encher J4  $(x,y)$              $(x < 4)$      $(4,y)$

2. Encher J3  $(x,y)$              $(y < 3)$      $(x,3)$

3. Esvaziar J4  $(x,y)$             $(x > 0)$      $(0,y)$

4....

# Planejamento

---

**Algoritmos de planejamento são descritos por formalismos lógicos**

**estados e objetivos representados por um conjunto de sentenças**

**ações pela descrição lógica de suas pré-condições e efeitos**

**Uma solução é um plano de ações que garantem a realização de um objetivo**

# Jogos

---

**uma aplicação natural da IAS  
constituídos por um conjunto específico de ações**

**problemas com:    estado inicial,  
                         um conjunto de operações  
                         estado final**

**ações do adversário devem ser consideradas**

**o melhor movimento deve ser calculado a fim de garantir  
a vitória**

# Sistemas de produção

---

arquitetura genérica adotada por diferentes sistemas

arquitetura é formada por

um conjunto de regras (se LE então LR)

uma base de conhecimento

uma estratégia de controle para aplicação das regras  
(motor de inferência)

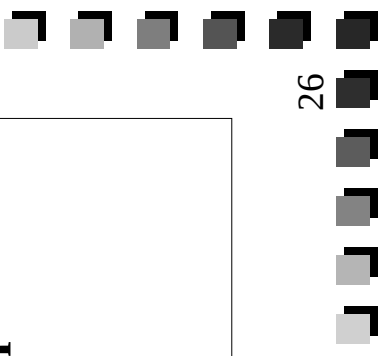
# Sistemas especialistas

---

**mesma arquitetura básica de um sistema de produção**

**construção da base de conhecimento é bastante elaborada**  
**aquisição, representação, formalização, codificação,**  
**refinamento e validação**

**base constitui-se de conhecimento ontológico (descrito pelas**  
**redes semânticas), regras e fatos**



# Sistemas especialistas

---

**Conhecimento de uma área específica  
estruturado e formalizado pode ser manipulado e re-  
utilizado**

**uma situação observada pelo usuário  
pode ser indicadora de uma nova situação  
observada pelo sistema**

**ex: uma doença pode ser diagnosticada automaticamente a  
partir da informação de certos sintomas relatados**

# **Raciocínio baseado em casos**

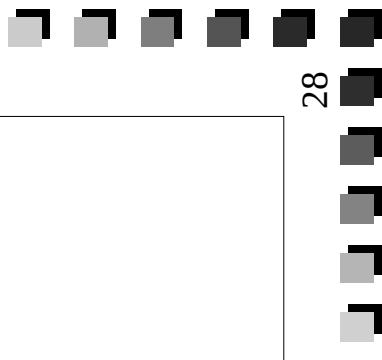
---

## **Casos consistem de:**

**informação sobre situações  
soluções adotadas  
resultados da utilização de soluções  
atributos para auxiliar na busca de casos semelhantes**

## **Elementos de Sistemas CBR**

**base de casos  
índices e métricas de similaridade  
módulo de adaptação de soluções**



# Sistemas simbólicos: problemas

---

**Conhecimento incerto e incompleto**

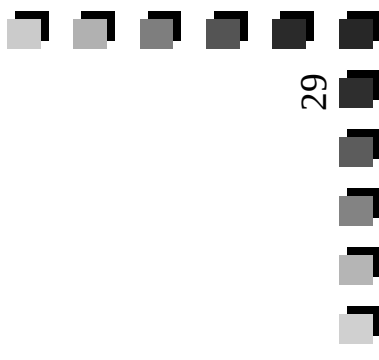
**fatores de certeza**

**probabilidades**

**lógicas não clássicas**

lógica nebulosa (mais ou menos V e F)

lógica não monotônica (revisão de crenças)



## Sistemas simbólicos: problemas

---

**Um sistema inteligente é alimentado com representações de fatos e regras, mas as regras do senso comum são muito difíceis de estabelecer**

quando o cachorro vai para o carro, ele não está mais no quintal

se você vai ao supermercado, sua cabeça vai junto

se há uma sacola no carro e um litro de leite na sacola então há um litro de leite no carro

se há uma pessoa no carro e um litro de sangue na pessoa seria estranho concluir que há um litro de sangue no carro...

# Recentes desenvolvimentos

---

**Especificação e projeto de agentes inteligentes**

**Sistemas são agentes que raciocinam, planejam e aprendem**

**Sistemas integram representação de estados mentais**

**crenças  
planos  
objetivos  
desejos  
intenções**

# Sistemas multi-agentes

---

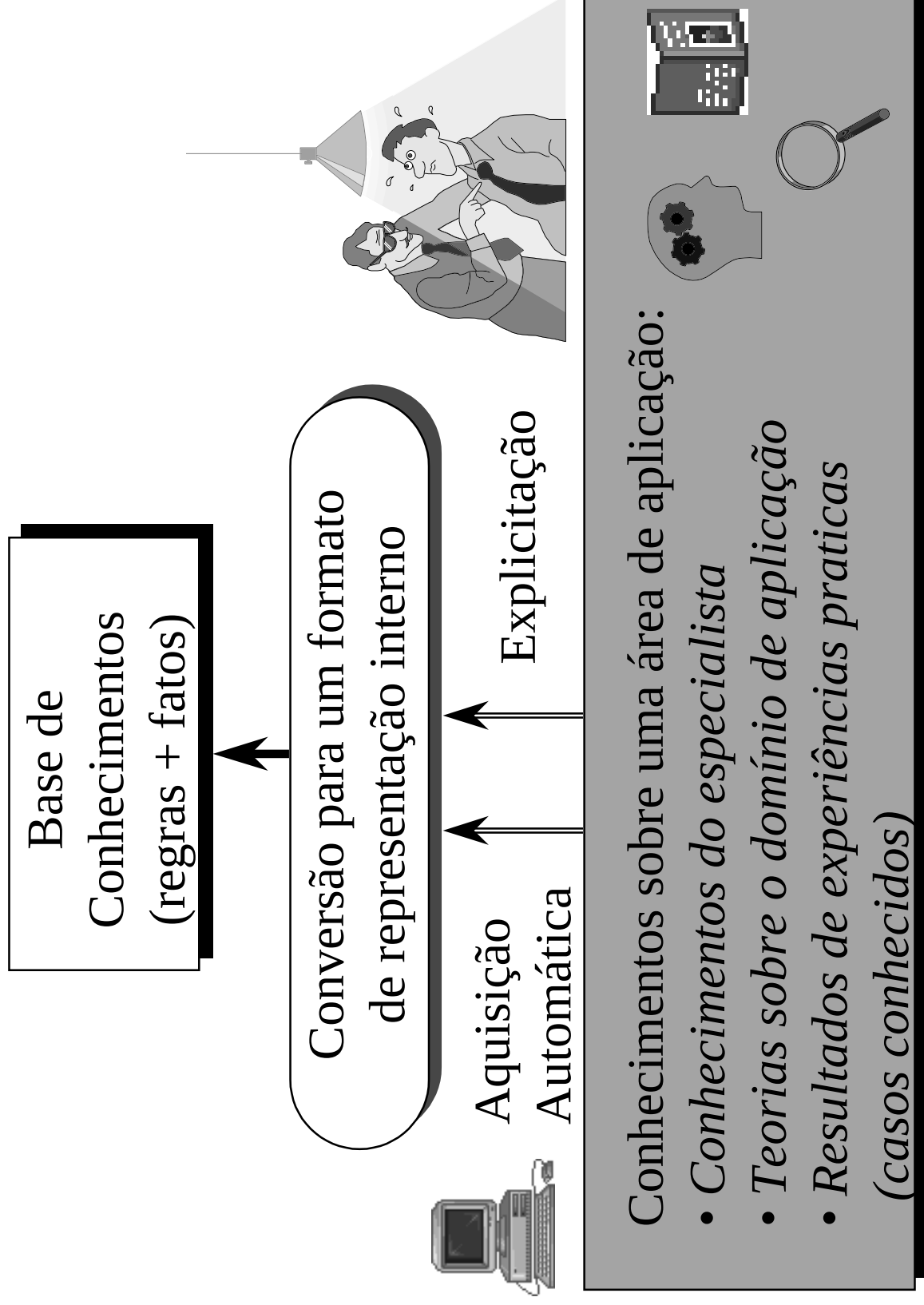
**Da psicologia à economia, sociologia e antropologia**

**Times de agentes (2 ou + cooperando em tarefas complexas)**

**Além de representar estados mentais é preciso  
reconhecer  
antecipar**

**Processos sócio-cognitivos**

## Métodos Simbólicos: Aquisição de Conhecimentos



# Métodos Simbólicos: Aprendizado

---

- Aprendizado por analogia  
Sistemas baseados em casos  
*CBR - Case Based Reasoning*
- Aprendizado por Indução  
Árvores de Decisão  
*ID3 - Induction of Decision Trees*  
*ILP - Inductive Logic Programming*
- Aprendizado por Explicação  
*EBL - Explanation-Based Learning*
- Aprendizado por evolução/seleção  
Algoritmos Genéticos  
*GA e GP - Genetic Algorithms / Genetic Programming*

## BASE DE DADOS SOBRE O PROBLEMA

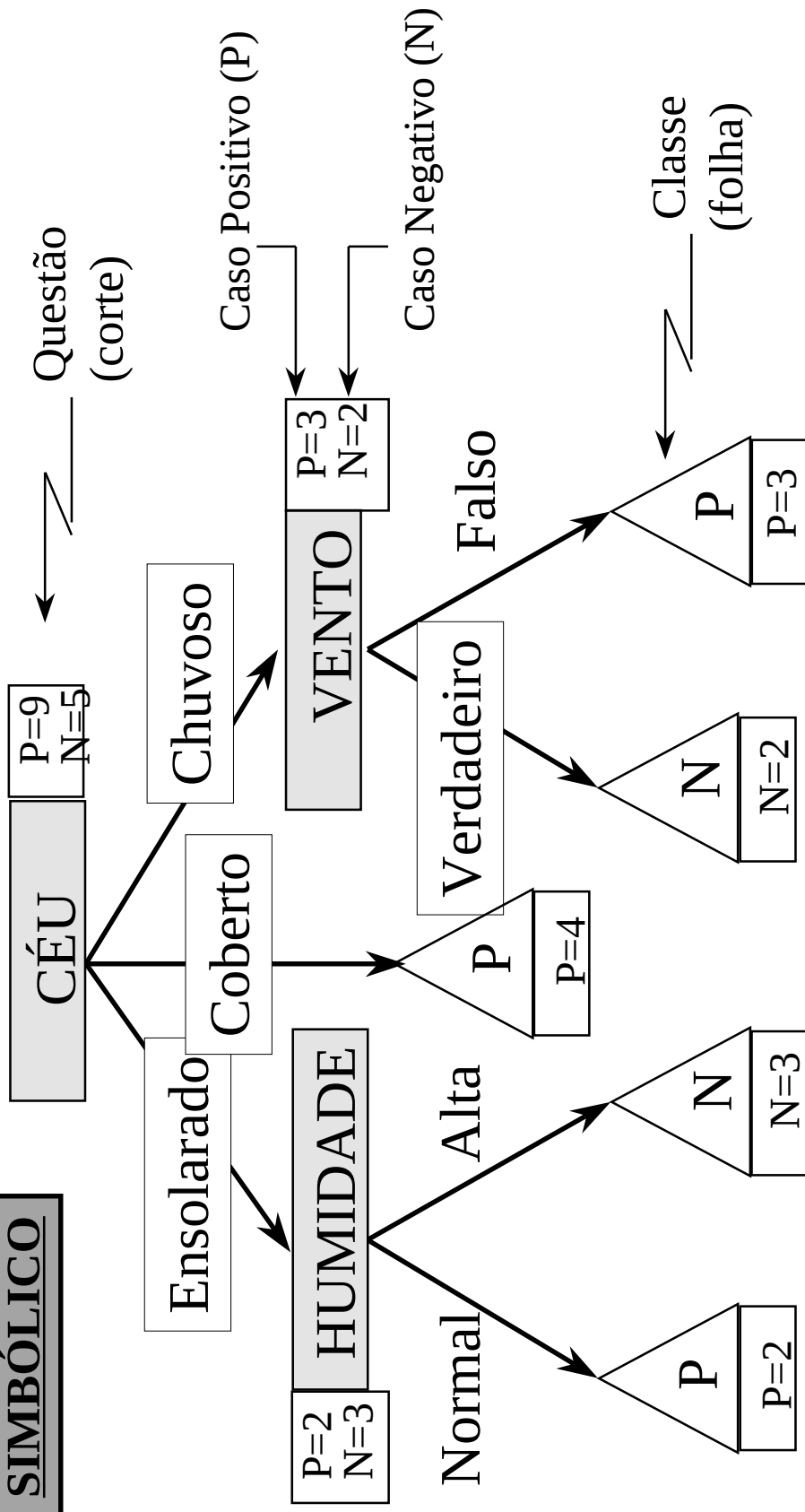
| NÚMERO | CÉU        | TEMPERATURA | HUMIDADE | VENTO | CLASSE |
|--------|------------|-------------|----------|-------|--------|
| 1      | ensolarado | elevada     | alta     | não   | N      |
| 2      | ensolarado | elevada     | alta     | sim   | N      |
| 3      | coberto    | elevada     | alta     | não   | P      |
| 4      | chuvoso    | média       | alta     | não   | P      |
| 5      | chuvoso    | baixa       | normal   | não   | P      |
| 6      | chuvoso    | baixa       | normal   | sim   | N      |
| 7      | coberto    | baixa       | normal   | sim   | P      |
| 8      | ensolarado | média       | alta     | não   | N      |
| 9      | ensolarado | baixa       | normal   | não   | P      |
| 10     | chuvoso    | média       | normal   | não   | P      |
| 11     | ensolarado | média       | normal   | sim   | P      |
| 12     | coberto    | média       | alta     | sim   | P      |
| 13     | coberto    | elevada     | normal   | não   | P      |
| 14     | chuvoso    | média       | alta     | sim   | N      |

**Tabela – Conjunto de dados de aprendizado : Condições meteorológicas**

**N = Negativo (tempo ruim)**

**P = Positivo (tempo bom)**

# **SIMBÓLICO**



IF ( ( CÉU=Ensolarado **and** HUMIDADE=Normal ) **or**  
 ( CÉU=Coberto ) **or**  
 ( CÉU=Chuvoso **and** VENTO=Falso ) )

Then Classe = P

**ARVORE DE  
DECISÃO**

## Métodos Simbólicos: Vantagens e Desvantagens

---

- + Conhecimento representado por regras (ou outra estrutura similar) que podem ser facilmente interpretadas e analisadas;
- + Permite a explicação do processo que levou a uma determinada resposta;
- + Fácil inserção de novos conhecimentos obtidos à partir do especialista ou através de métodos automáticos de aquisição de conhecimentos;
- Necessidade de se trabalhar com conhecimentos completos e exatos sobre um determinado problema;
- Dificuldade de explicitar todos os conhecimentos relativos ao problema através de regras simbólicas;
- Dificuldade para tratar informações imprecisas ou aproximadas, e valores numéricos (dados quantitativos).