

***REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS:
Do Aprendizado Natural
Ao Aprendizado Artificial***

***I FORUM DE
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL***

*Autor/Apresentador:
Prof. Dr. Fernando Osório*
ULBRA Canoas - Agosto 1999*

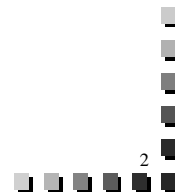


* UNISINOS - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - Informática
E-mail: osorio@exatas.unisinos.br
Web: <http://www.inf.unisinos.br/~osorio/>
<http://www.inf.unisinos.br/~osorio/neural.html>



Tópicos abordados:

- 0. Introdução**
- 1. Inteligência Artificial e Aprendizado**
 - 1.1 Inteligência Artificial e Sistemas Inteligentes**
 - 1.2 Aquisição de Conhecimentos e Aprendizado**
 - 1.3 Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*)**
- 2. Redes Neurais Artificiais**
 - 2.1 Conceitos Básicos**
 - 2.2 Representação de Conhecimentos**
 - 2.3 Modelos Conexionistas - Classificação**
 - 2.4 Aprendizado Neural**
 - 2.5 Vantagens e Desvantagens**
- 3. Conclusões e Perspectivas**



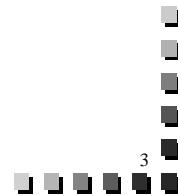
Introdução

Inteligência Natural ⇒ Inteligência Artificial

Aprendizado Natural ⇒ Aprendizado Neural ⇒ Redes Neurais

Sistemas Inteligentes:

- Conceitos
- Visão Crítica



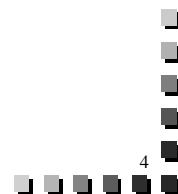
INTELIGÊNCIA: Do Natural ao Artificial



REPRODUZIR A
INTELIGÊNCIA HUMANA



- O que é Inteligência ?
- O que é um ser Inteligente ?



INTELIGÊNCIA: Do Natural ao Artificial



REPRODUZIR A
INTELIGÊNCIA HUMANA



- O que é Inteligência ?

- O que é um ser Inteligente ?

- * Associação de idéias e conceitos
- * Concluir coisas
- * Capacidade de aprendizado
- * Acúmulo de conhecimentos
- * Raciocínio: lógico, abstrato, dedução, analogia, indução, inferência, síntese, análise

- * Uso prático de experiências e conhecimentos passados
- * Tomada de decisões
- * Criar coisas novas (criatividade)
- * Saber o que eu sei (saber explicar)
- * Interação
- * Comunicação

5

I.A. Simbólica: Conceitos Básicos



REPRODUZIR A
INTELIGÊNCIA HUMANA



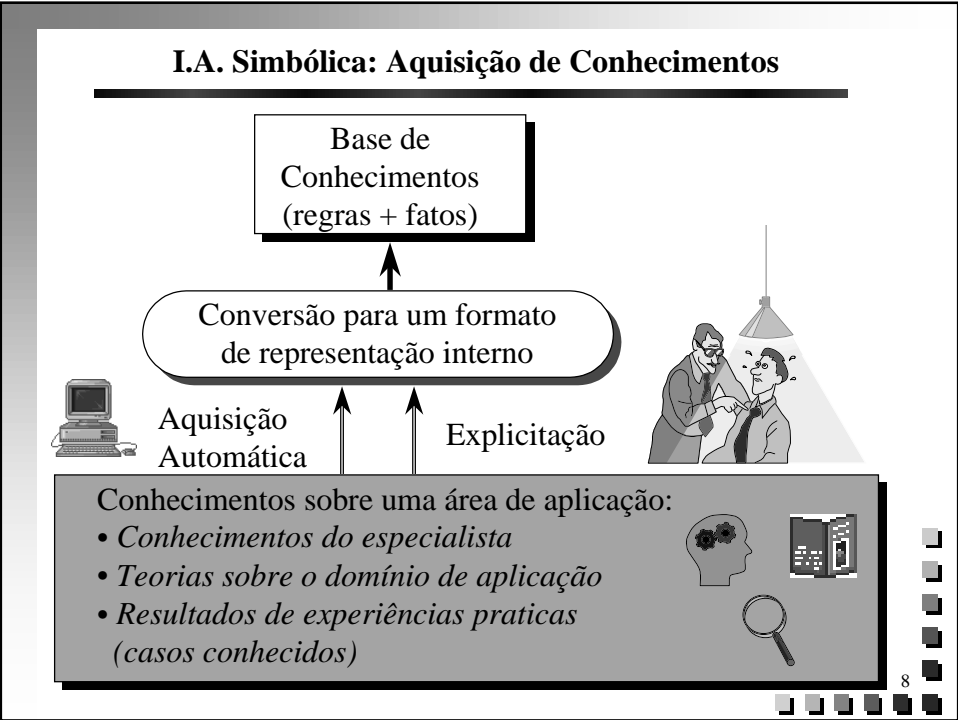
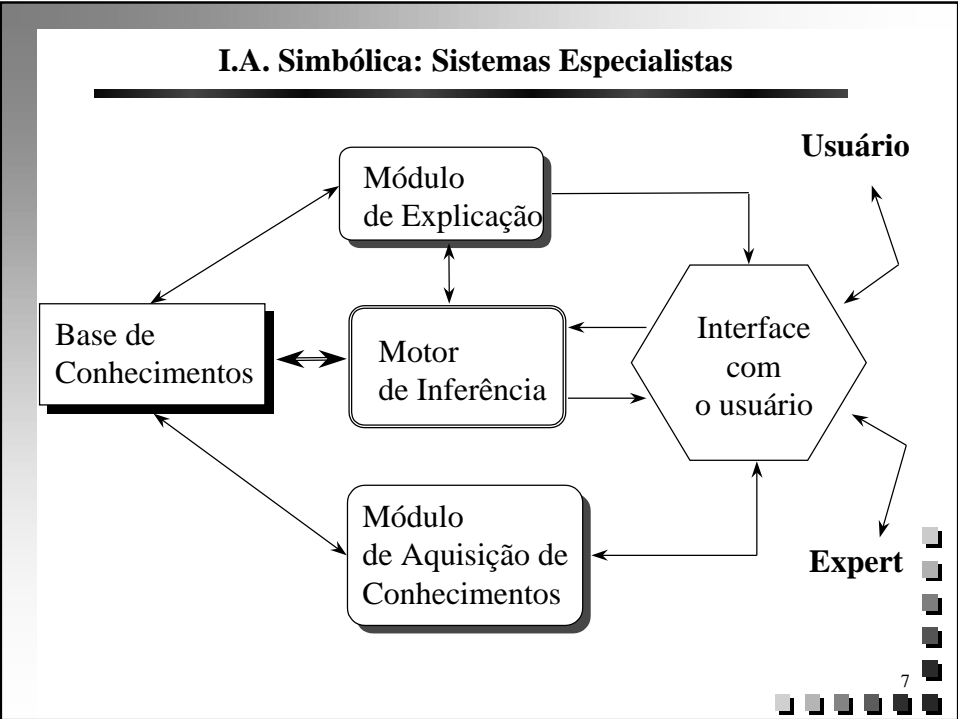
- Conceito de Inteligência

- Atividades Inteligentes

- Sistemas Inteligentes:

- * Sistemas Especialistas
- * Sistemas de Apoio ao Diagnóstico e a Decisão
- * Reprodução de atividades típicas dos seres humanos:
Fala, Audição, Visão, Deslocamento, Manipulação de Objetos, etc.

6



Inteligência Artificial: Sistemas Inteligentes

Inteligência Artificial

Sistemas Inteligentes ←

Aprendizado de Máquinas ←

Representação de Conhecimentos ←

Sistemas Especialistas
KBS, robótica,
visão artificial, ...

CBR, ILP, árvores de
decisão/indução, redes neurais
algoritmos genéticos, ...

Métodos Simbólicos
Métodos Conexionistas (RNA)

9

Inteligência Artificial: Aprendizado

- O que é o aprendizado?

- * Adaptação do comportamento (melhoria)
- * Correção dos erros cometidos no passado
- * Otimização da performance do sistema (melhoria)
- * Interação com o meio, experimentação e descoberta
- * Representação do conhecimento adquirido
Memória e compressão dos conhecimentos

10

Aprendizado de Máquinas / Machine Learning

⇒ Conhecimentos Teóricos

$$\text{XOR} = (A \text{ Or } B) \text{ And } \text{Not} (A \text{ And } B)$$

ou

$$\text{XOR} = (A \text{ And } \text{Not} (B)) \text{ Or } (\text{Not} (A) \text{ And } B)$$

⇒ Conhecimentos Empíricos

A	B	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

11

Aprendizado de Máquinas

- **Aprendizado por analogia / por instâncias**
Sistemas baseados em casos
CBR - *Case Based Reasoning*
- **Aprendizado por Indução**
Árvores de Decisão
ID3, C4.5, CN2 - *Induction of Decision Trees*
ILP - *Inductive Logic Programming (Prolog)*
- **Aprendizado por evolução/seleção**
Algoritmos Genéticos
GA e GP - *Genetic Algorithms / Genetic Programming*
- **Aprendizado por reforço (*reinforcement learning*)**
- **Aprendizado Bayesiano (probabilista)**
- **Aprendizado Neural**

12

BASE DE DADOS SOBRE O PROBLEMA

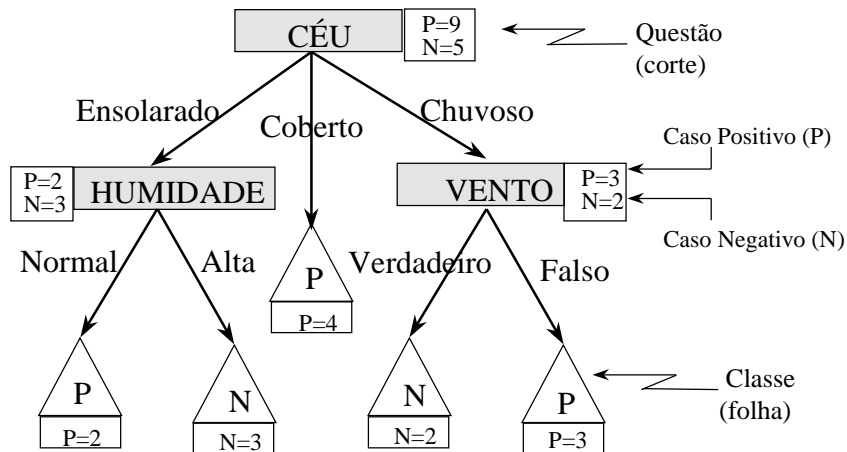
NÚMERO	CÉU	TEMPERATURA	HUMIDADE	VENTO	CLASSE
1	ensolarado	elevada	alta	não	N
2	ensolarado	elevada	alta	sim	N
3	coberto	elevada	alta	não	P
4	chuvoso	média	alta	não	P
5	chuvoso	baixa	normal	não	P
6	chuvoso	baixa	normal	sim	N
7	coberto	baixa	normal	sim	P
8	ensolarado	média	alta	não	N
9	ensolarado	baixa	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)

13



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

Then Classe = P

**ÁRVORE DE
DECISÃO**

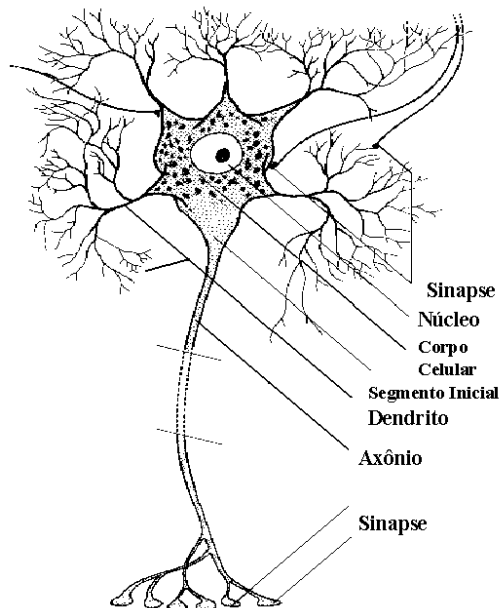
14

I.A. Simbólica: 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).

15

I.A. - Redes Neurais Artificiais: Conceitos Básicos



Redes Neurais Artificiais:

Neurônio...
Modelo Simulado
Modelo SIMPLIFICADO

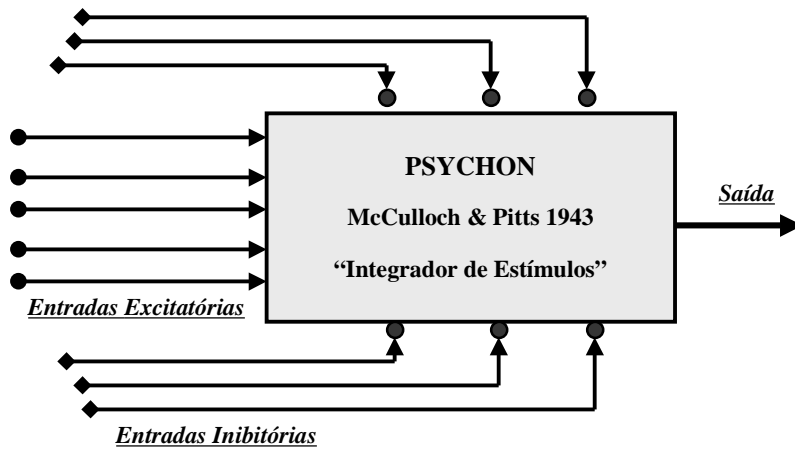
Características Básicas:
Adaptação
Aprendizado
Autômato

Representação de
Conhecimentos:

Baseada em *Conexões*

16

I.A. - Redes Neurais Artificiais: Origem



17

X_1 X_2 X_N ← Entradas (Dendritos)

Perceptron

NEURAL

W_1 W_2 ... W_N ← Pesos Sinápticos (Efeito de inibição ou de excitação sobre a ativação dos sinais de entrada)

$$\text{Net} = \sum_i^N W_i \cdot X_i + \text{Biais}$$

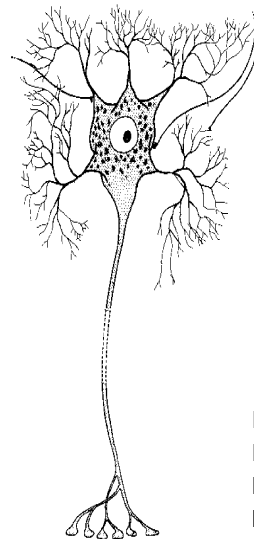
← Ativação (Considera o conjunto total das entradas e dos seus pesos associados)

Fct (Net)

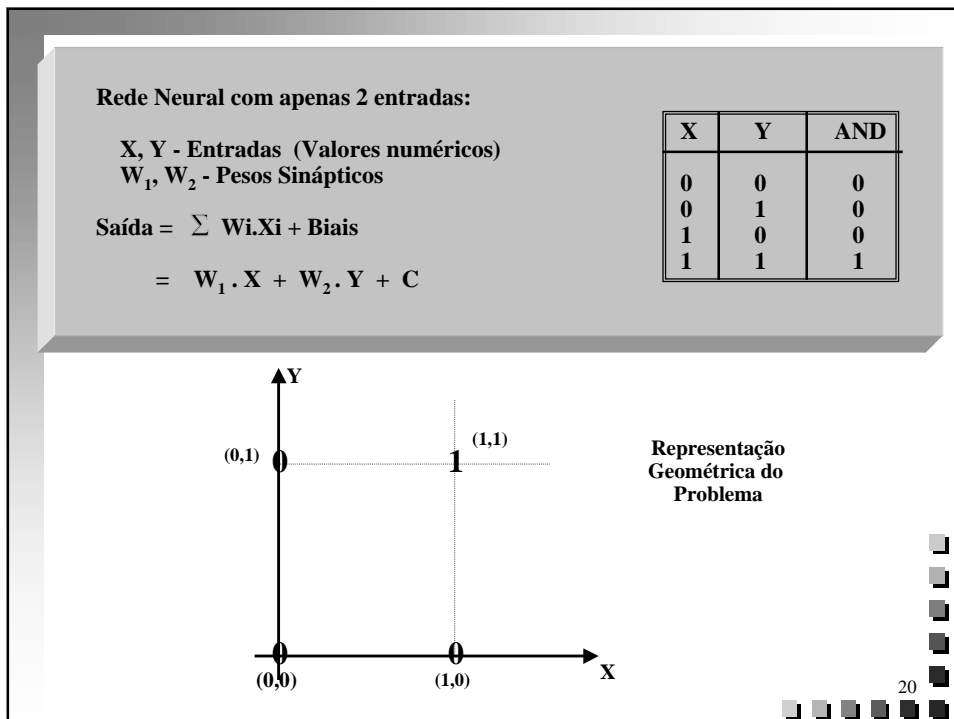
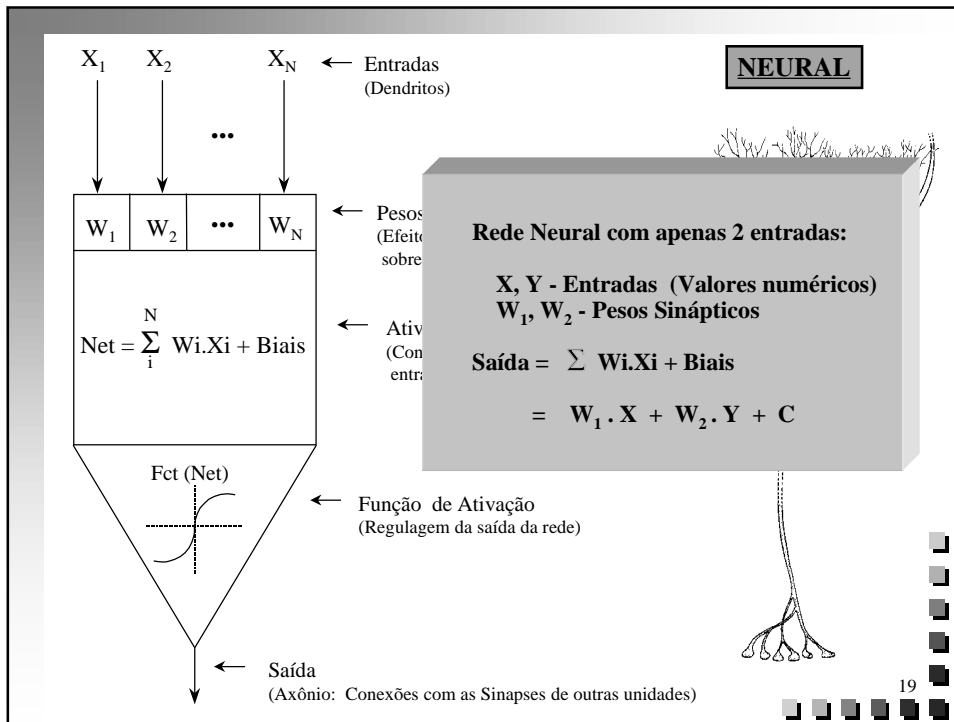
← Função de Ativação (Regulagem da saída da rede)

Saída

(Axônio: Conexões com as Sinapses de outras unidades)



18



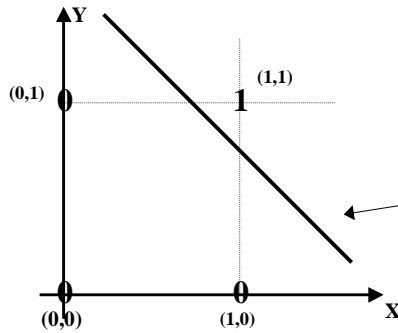
Rede Neural com apenas 2 entradas:

X, Y - Entradas (Valores numéricos)
 W_1, W_2 - Pesos Sinápticos

Saída = $\sum W_i X_i + \text{Biais}$

= $W_1 \cdot X + W_2 \cdot Y + C$

X	Y	AND
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

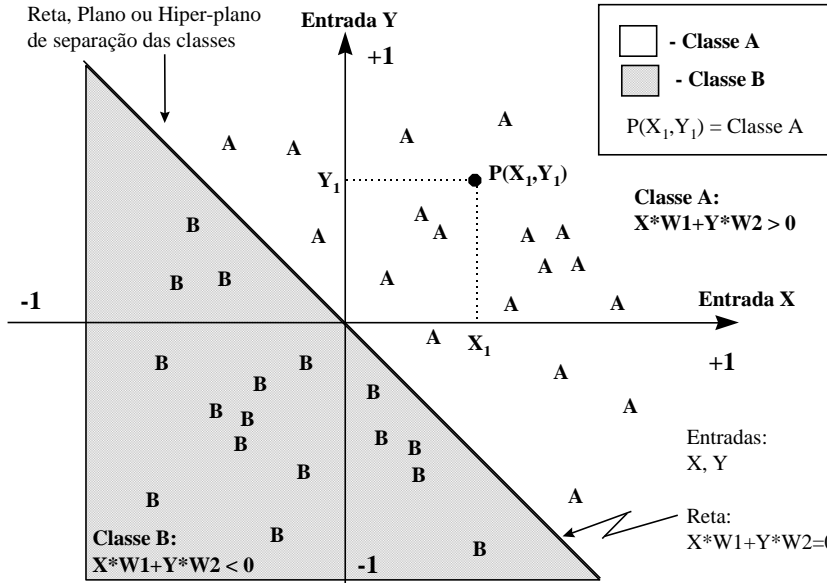


Representação Geométrica do Problema

Como classificar?
Separar as classe

Redes Neurais: Representação de Conhecimentos

Reta, Plano ou Hiper-plano de separação das classes



Entradas:
X, Y

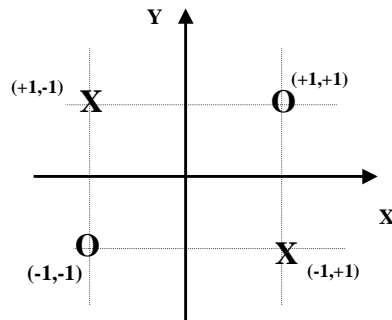
Reta:
 $X \cdot W_1 + Y \cdot W_2 = 0$

Redes Neurais: Representação de Conhecimentos

X	Y	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Problema do XOR
 OU Exclusivo
 [Minsky & Papert 1969]

X	Y	XOR
-1	-1	O
-1	+1	X
+1	-1	X
+1	+1	O



Sistema de Equações:

$$A.X + B.Y = S$$

$$-1.X + -1.Y = -1$$

$$-1.X + +1.Y = +1$$

$$+1.X + -1.Y = +1$$

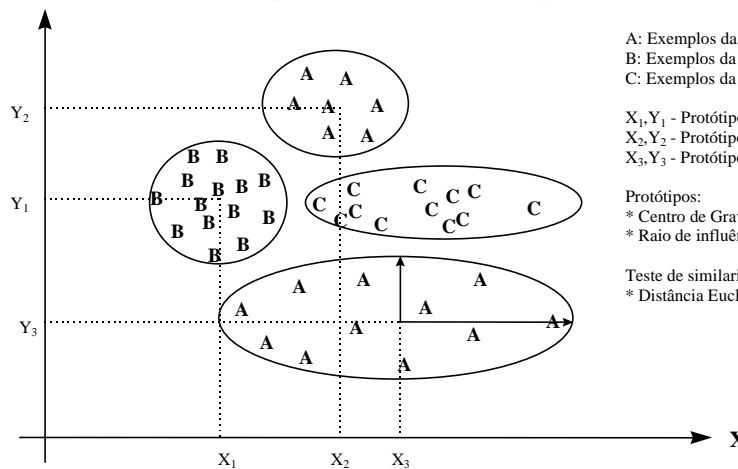
$$+1.X + +1.Y = -1$$

23

Redes Neurais: Representação de Conhecimentos

Redes à base de Protótipos

Entradas - X,Y Saída - Classes (A, B ou C)



A: Exemplos da classe A
 B: Exemplos da classe B
 C: Exemplos da classe C

X_1, Y_1 - Protótipo da classe B
 X_2, Y_2 - Protótipo da classe A
 X_3, Y_3 - Protótipo da classe C

Protótipos:
 * Centro de Gravidade
 * Raio de influência (x,y)

Teste de similaridade:
 * Distância Euclidiana

24

Redes Neurais: Classificação dos Modelos Conexionistas

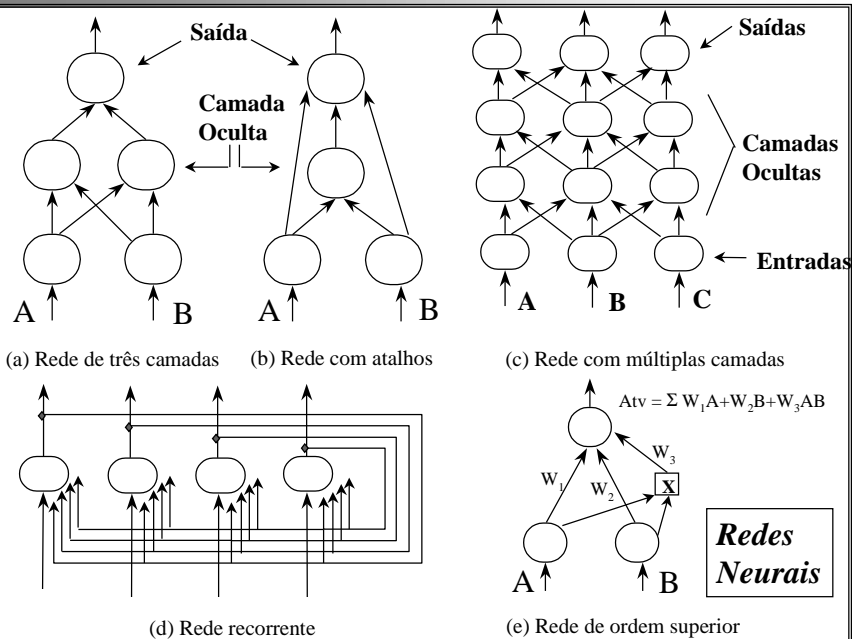
⇒ Em relação as unidades da rede:

- * Redes baseadas em Perceptrons (MLP - *Multi-Layer Perceptron*)
- * Redes baseadas em Protótipos (RBF - *Radial Basis Function*)

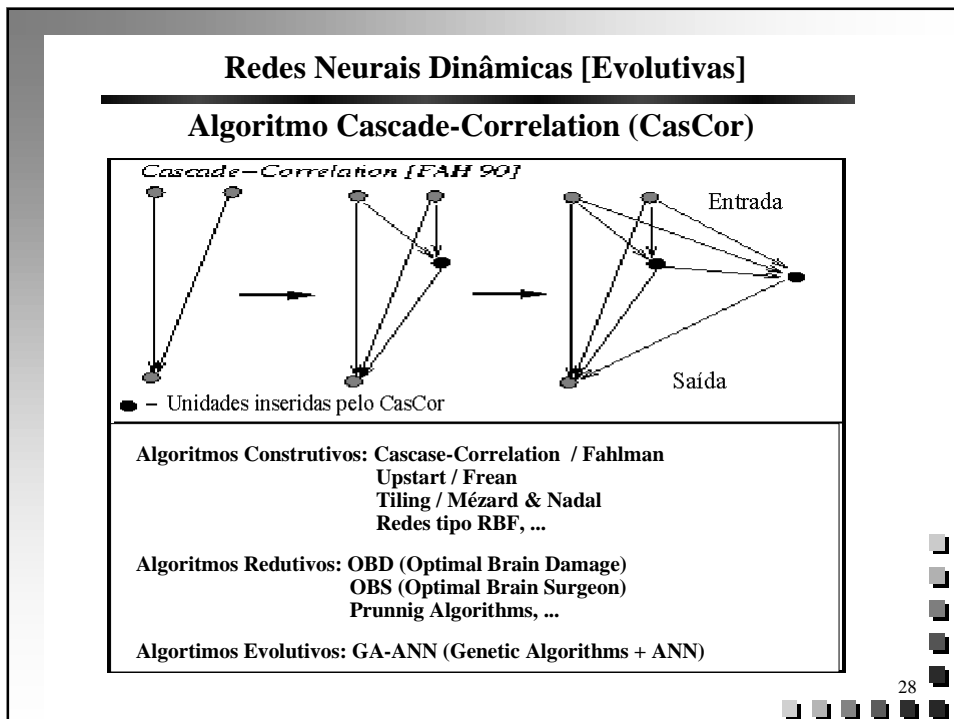
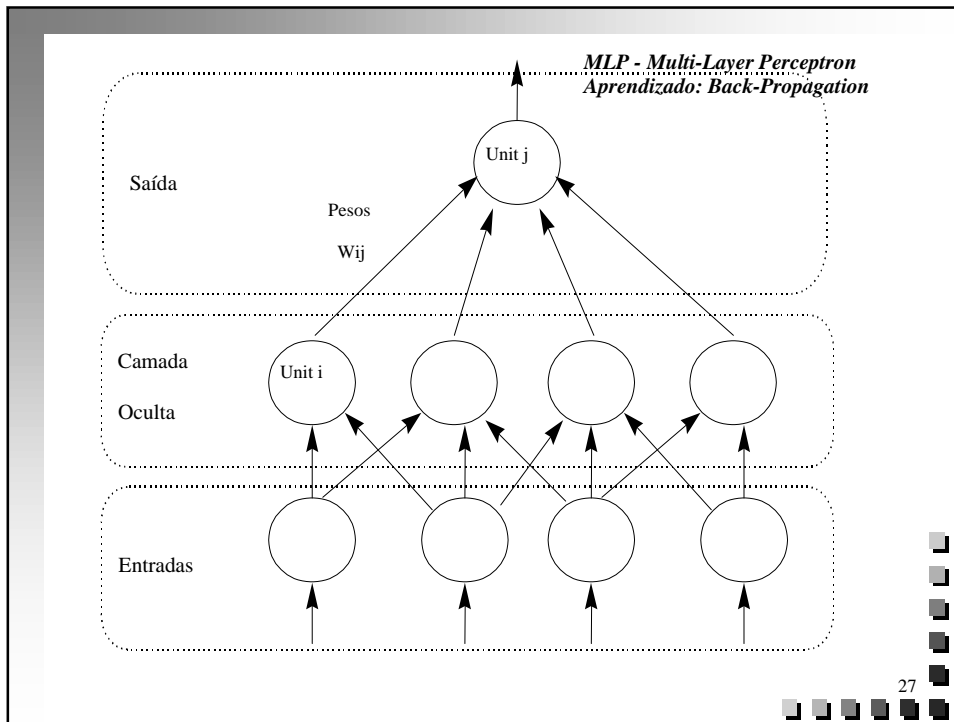
⇒ Em relação a estrutura da rede:

- * Redes de uma única camada
- * Redes de múltiplas camadas
- * Redes do tipo uni-direcional (*Feed-Forward*)
- * Redes do tipo recorrentes (*Feed-Back*)
- * Redes com estrutura estática (não altera sua estrutura)
- * Redes com estrutura dinâmica (altera a estrutura)
- * Redes com conexões de ordem superior

25



26



Redes Neurais: Classificação - Aprendizado

⇒ Em relação ao aprendizado:

- * Aprendizado supervisionado
- * Aprendizado semi-supervisionado (reinforcement learning)
- * Aprendizado não supervisionado (self-organizing, clustering)

- * Aprendizado instantâneo
- * Aprendizado por pacotes
- * Aprendizado contínuo
- * Aprendizado ativo

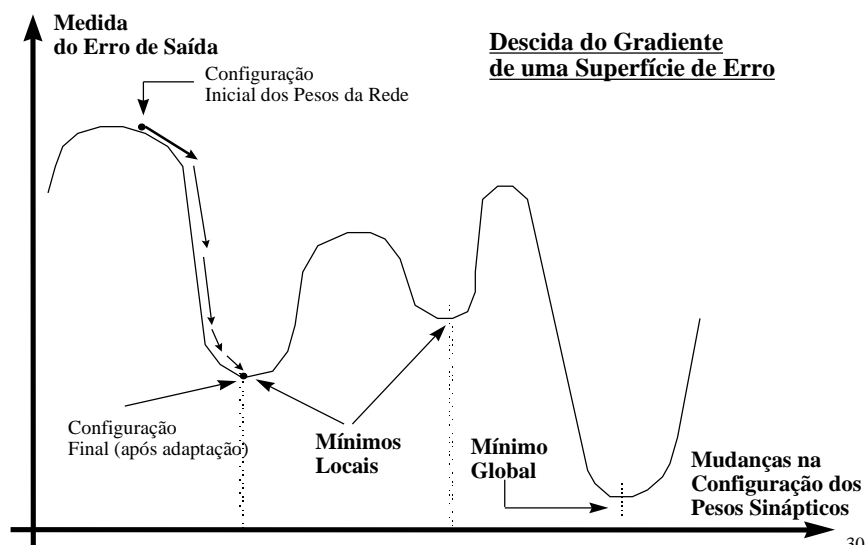
- * Aprendizado: aproximação de funções
- * Aprendizado: classificação

- * Usar apenas uma base de exemplos de aprendizado
- * Usar uma base de aprendizado e uma base de teste de generalização

29

Redes Neurais: Aprendizado Neural

APRENDIZADO = Adaptação das conexões (pesos sinápticos)



Redes Neurais: Aprendizado Neural

REGRA DELTA: Perceptron [Rosenblatt] / Adaline [Widrow]

$$\text{Erro} = \text{SD} - \text{SN}$$

Erro = Erro estimado na saída de um neurônio

SD = Saída Desejada (valor desejado de saída do aprendizado supervisionado)

SN = Saída Rede (valor de saída que foi obtido pela ativação do neurônio)

$$\text{Peso_Novo}(i) = \text{Peso_Antigo}(i) + \frac{\beta * \text{Erro}(i) * \text{Entrada}(i)}{|\text{Entrada}(i)|}$$

Peso_Novo(i) = Peso da entrada 'i' de um neurônio, após a adaptação

Peso_Antigo(i) = Peso da entrada 'i' de um neurônio, antes da adaptação

Entrada(i) = Valor da entrada 'i' de um neurônio

β = Fator de ajuste aplicado aos pesos (valor entre 0 e 1)

31

Redes Neurais: Aprendizado Neural

• Método da Descida do Gradiente - Multi-Layer Perceptron (MLP) BackPropagation

Erro quadrático: $E = \frac{1}{2} \sum (D_i - A_i)^2$ Ajuste dos Pesos: $\Delta W_{ij} = -\alpha \frac{\partial E}{\partial W_{ij}}$

Derivação da regra de reajuste dos pesos
(Neurônios da camada de saída - saída linear)

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial A_i} \frac{\partial A_i}{\partial W_{ij}} = \delta_i X_j$$

$$\frac{\partial E}{\partial A_i} = -(D_i - A_i) = \delta_i$$

$$\frac{\partial A_i}{\partial W_{ij}} = X_j$$

$$\Delta W_{ij} = -\alpha \cdot \delta_i \cdot X_j = \alpha \cdot (D_i - A_i) \cdot X_j$$

32

Redes Neurais: Aprendizado Neural

• Método da Descida do Gradiente - Multi-Layer Perceptron (MLP) BackPropagation

Erro quadrático: $E = \frac{1}{2} \sum_r (D_i - A_i)^2$ **Ajuste dos Pesos:** $\Delta W_{ij} = -\alpha \frac{\partial E}{\partial W_{ij}}$

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial S_i} \frac{\partial S_i}{\partial W_{ij}} = \delta_i X_j$$

$$\frac{\partial E}{\partial S_i} = \frac{\partial E}{\partial A_i} \frac{\partial A_i}{\partial S_i} = - (D_i - A_i) \cdot Fa'(S_i) = \delta_i$$

$$\frac{\partial E}{\partial A_i} = - (D_i - A_i)$$

$$\frac{\partial A_i}{\partial S_i} = Fa'(S_i)$$

$$\frac{\partial S_i}{\partial W_{ij}} = X_j$$

$$Fa(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad \therefore \quad Fa'(x) = Fa(x) \cdot (1 - Fa(x))$$

$$Fa'(S_i) = Fa(S_i) \cdot (1 - Fa(S_i)) = A_i \cdot (1 - A_i)$$

$$Fa(x) = \tanh(x) \quad \therefore \quad Fa'(x) = (1 - Fa(x)) \cdot Fa(x)$$

$$Fa'(S_i) = (1 - Fa(S_i)) \cdot Fa(S_i) = (1 - A_i) \cdot A_i$$

$$\Delta W_{ij} = -\alpha \cdot \delta_i \cdot X_j = \alpha \cdot (D_i - A_i) \cdot Fa'(S_i) \cdot X_j$$

33

Redes Neurais: Aprendizado Neural

• Método da Descida do Gradiente - Multi-Layer Perceptron (MLP) BackPropagation

Erro quadrático: $E = \frac{1}{2} \sum_r (D_i - A_i)^2$ **Ajuste dos Pesos:** $\Delta W_{ij} = -\alpha \frac{\partial E}{\partial W_{ij}}$

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial S_i} \frac{\partial S_i}{\partial W_{ij}} = \delta_i X_j$$

$$\frac{\partial E}{\partial S_i} = \frac{\partial E}{\partial A_i} \frac{\partial A_i}{\partial S_i} = - Fa'(S_i) \cdot \sum_k \delta_k W_{ki} = \delta_i$$

$$\frac{\partial E}{\partial A_i} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial S_k} \frac{\partial S_k}{\partial A_i} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial S_k} \frac{\partial}{\partial A_i} \sum_h W_{hk} A_h = \dots$$

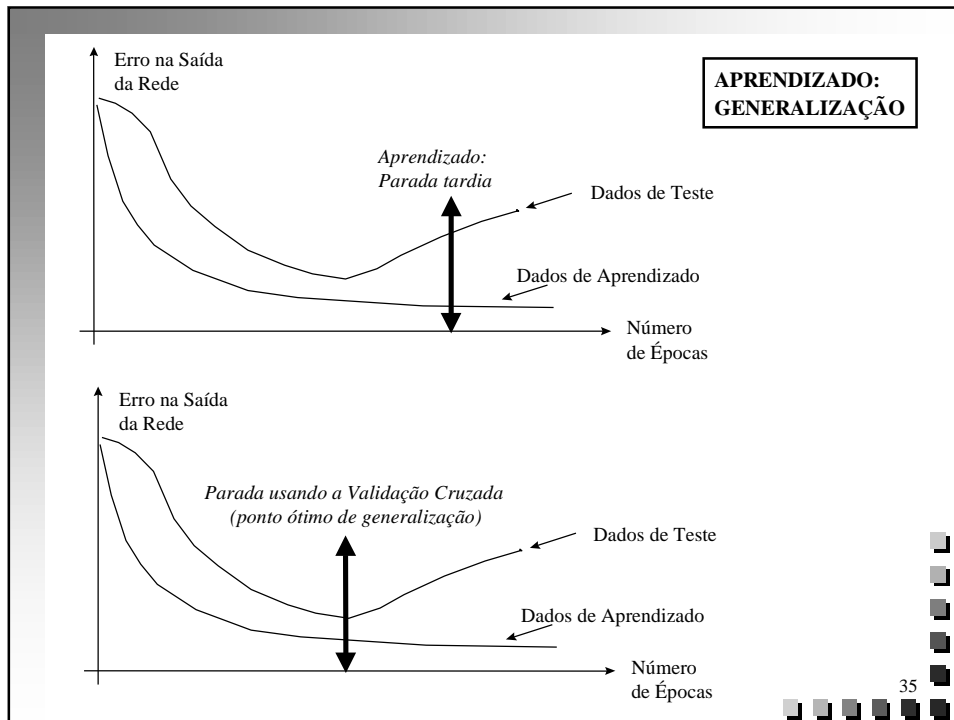
$$\dots = \sum_k \frac{\partial E}{\partial S_k} W_{ki} = - \sum_k \delta_k W_{ki}$$

$$\frac{\partial A_i}{\partial S_i} = Fa'(S_i)$$

$$\frac{\partial S_i}{\partial W_{ij}} = X_j$$

$$\Delta W_{ij} = -\alpha \cdot \delta_i \cdot X_j = \alpha \cdot X_j \cdot Fa'(S_i) \cdot \sum_k \delta_k W_{ki}$$

34



- ### Redes Neurais: Aplicações Práticas
-
- **Reconhecimento de Padrões: Caracteres, Imagens, Voz, etc**
 - **Sistemas de Auxílio ao Diagnóstico: Médico, Falhas Mecânicas, etc**
 - **Robótica Inteligente**
 - **Previsão: Tempo, Cotações da Bolsa de Valores, etc**
 - **Sistemas de Controle**
 - **Processamento de Sinais**
 - **Processamento de Linguagem Natural**
 - **Data Mining**
- 36

Redes Neurais: Vantagens e Desvantagens

- + Aquisição automática de conhecimentos empíricos à partir de uma base de exemplos de aprendizado referente a um problema;
- + Manipulação de dados quantitativos, aproximados e mesmo incorretos com uma degradação gradual das respostas;
- + Grande poder de representação de conhecimentos através da criação de relações ponderadas entre as entradas do sistema;
- Dificuldade de configuração das redes em relação à sua estrutura inicial e também no que se refere aos parâmetros dos algoritmos de aprendizado;
- Dificuldade de explicitar os conhecimentos adquiridos pela rede através de uma linguagem compreensível para um ser humano;
- Dificuldade de convergência (bloqueios) e instabilidade, inerentes aos algoritmos de otimização empregados;
- Lentidão do processo de aprendizado / adaptação.

37

Sistemas Híbridos Inteligentes

* Módulos Básicos:

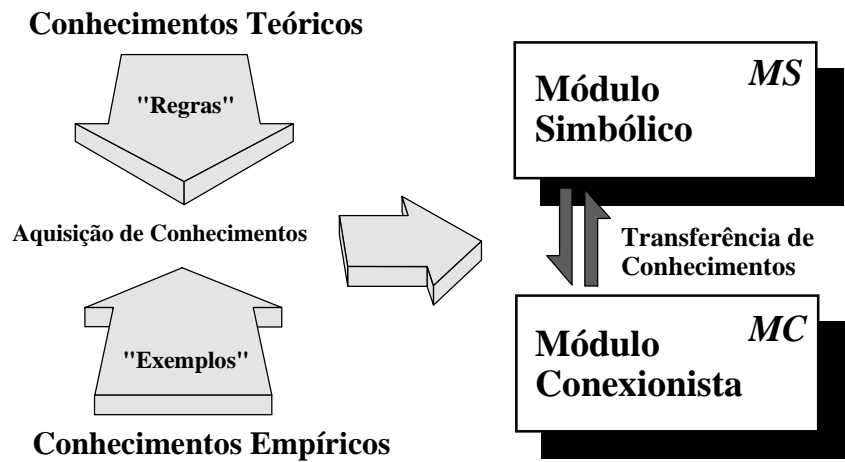
- Métodos Simbólicos: CBR, KBS, IDT, GA, Fuzzy, ...
- Métodos Conexionistas: Redes Neurais

* Tipos de Integração:

- Simbólico-Difuso
- Simbólico-Genético
- Neuro-Genético
- Neuro-CBR
- Neuro-Simbólicos
 - Neuro-Fuzzy
 - Neuro- IDT
 - Neuro-KBS

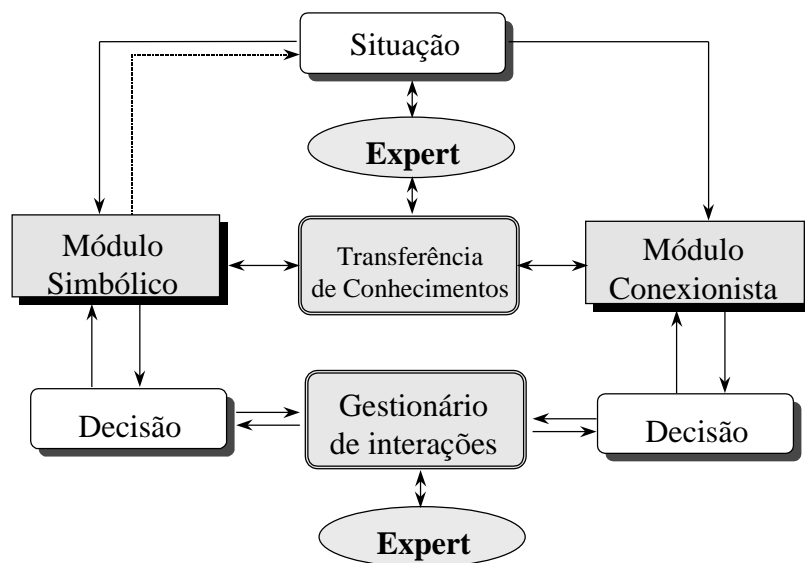
38

Sistema Híbrido Neuro-Simbólico

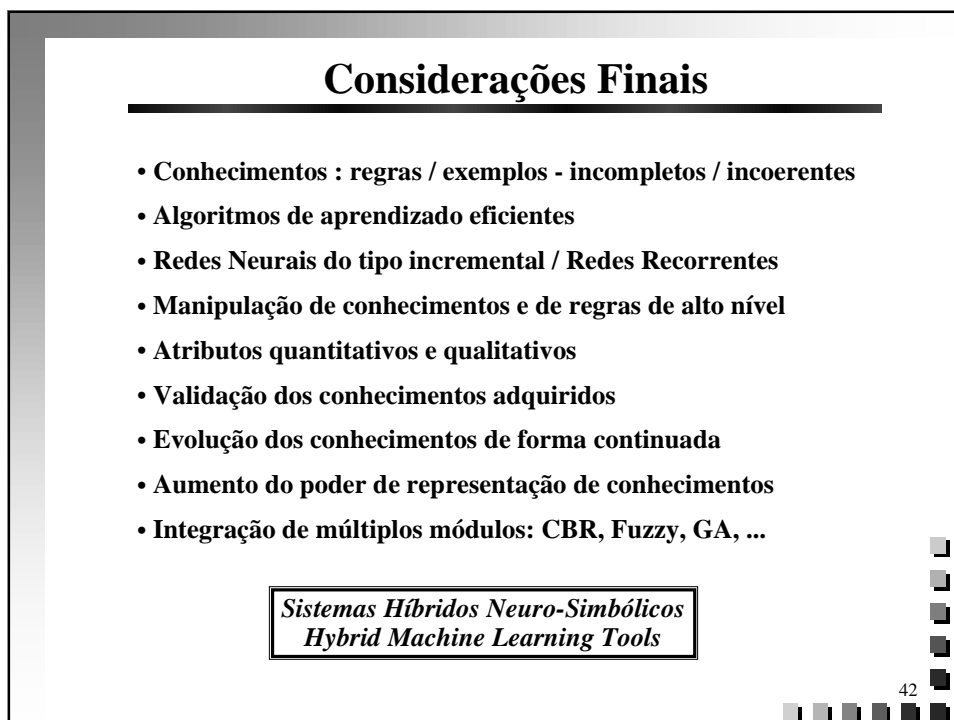
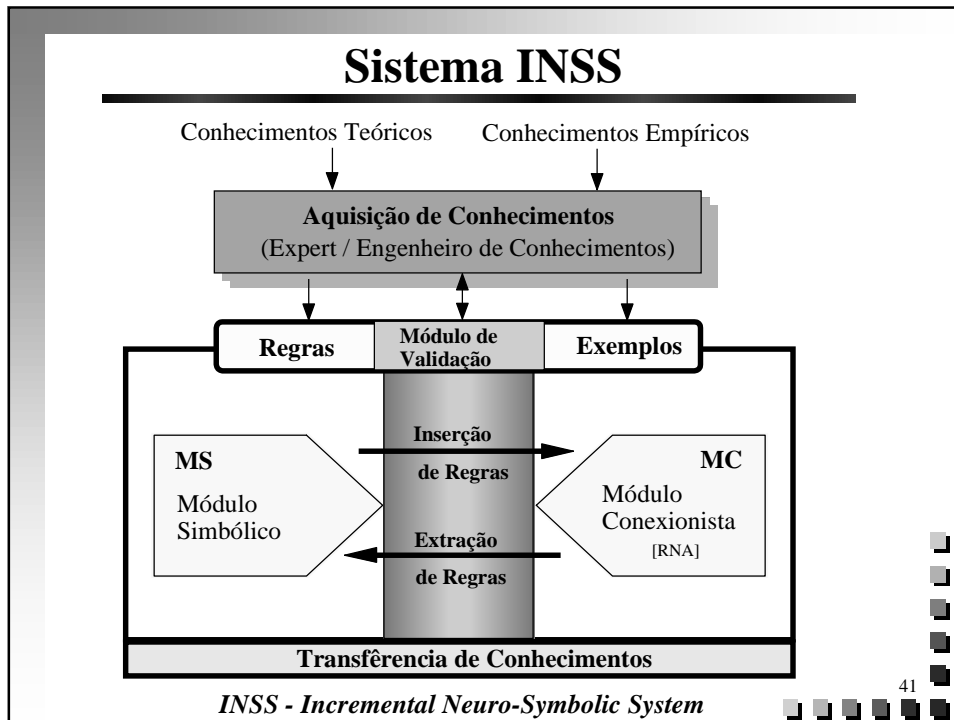


39

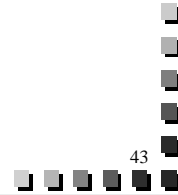
Sistema SYNHESYS



40



Sistemas Inteligentes: Perspectivas Futuras



Sistemas Inteligentes: Perspectivas Futuras

