

Sistemas Híbridos Inteligentes:
Aprendizado e Integração Neuro-Simbólica

>> HMLT - Hybrid Machine Learning Tools <<

Palestra:

UCS - Universidade de Caxias do Sul
Outubro 2001

Apresentação:

Prof. Dr. Fernando Osório

Grupo de Inteligência Artificial - PIPCA

Web: <http://inf.unisinos.br/~osorio/gia.html>

Mestrado em Computação Aplicada - Unisinos



UNISINOS - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (C6/6) - Curso de Informática

Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada - PIPCA

E-mail: osorio@exatas.unisinos.br

Projetos de Pesquisa:

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

HMLT, FAGNIS, COHBRA



Programa Interdisciplinar de
Pós-Graduação
em Computação Aplicada
PIPCA

*** Perfil do Programa:**

- Área Básica: Ciência da Computação
- Área de Concentração: Modelagem e Simulação
- Modalidade: Mestrado Acadêmico - Reconhecido pela **CAPES**

*** Linhas de Pesquisa:**

- Inteligência Artificial
- Pesquisa Operacional
- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Processamento Gráfico e de Sinais
- Computação Científica

Inscrições Abertas

Inteligência Artificial

- Áreas de estudo e de aplicação:
 - I.A. Simbólica: CBR, Expert Systems, Prolog
 - Aprendizado de Máquinas - **Machine Learning**
 - Sistemas Adaptativos: Redes Neurais, Algoritmos Genéticos, Indução de Árvores de Decisão, Redes Bayesianas - **Sistemas Híbridos**
 - Processamento de Linguagem Natural (PLN)
 - Extração de Conhecimentos de Bases Textuais
 - I.A. Distribuída e Multi-Agentes
 - Mineração de Dados (Data Mining) / KDD (Knowledge Data Discovery)
 - Lógica Nebulosa (Fuzzy Logic)
 - Robótica Inteligente
 - Controle de Processos Adaptativo

GIA - PIPCA

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Tópicos Abordados: Sistemas Híbridos Inteligentes / Hybrid Machine Learning Tools

1. Conceitos básicos:

- *Inteligência e Aprendizado*
- *Soluções Híbridas*
- *Representação de Conhecimentos:*
Métodos Simbólicos e Métodos Conexionistas - Aprendizado de Máquinas

2. Sistemas Híbridos Inteligentes

3. Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

- *SYNHESYS*
- *KBANN*
- *INSS*

4. Discussão sobre os Sistemas Híbridos Considerações Finais

5. Referências: Bibliografia e Material Complementar

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Inteligência: do Humano ao Artificial



REPRODUZIR A
→
INTELIGÊNCIA HUMANA



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

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



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

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Inteligência Artificial: Conceitos Básicos



REPRODUZIR A
INTELIGÊNCIA HUMANA



- **Conceito de Inteligência:** CAPACIDADE DE **RESOLVER PROBLEMAS**
CAPACIDADE DE **APRENDER**
CAPACIDADE DE **SE ADAPTAR / MELHORAR**
- Realizar 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.
 - * Jogos: jogo da velha, xadrez, jogos de ação

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistemas Híbridos - Uma nova abordagem

* Características / Propriedades:

- Explorar a complementaridade dos módulos
- Divisão de tarefas / Especialização
- Modularidade = Múltiplas inteligências
- Diversificação dos conhecimentos:
 - Representação dos conhecimentos
 - Novas fontes de conhecimentos

Principal exemplo: SER HUMANO

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Inteligência Artificial: Soluções Híbridas

Inteligência Humana ➡ Inteligência Artificial

Aprendizado Humano ➡ Aprendizado de Máquinas

Métodos de Raciocínio e Aquisição de Conhecimentos Múltiplos ➡ Sistemas Híbridos

* Sistemas Especialistas de 1a. Geração:

- Aquisição manual de conhecimentos
- Problemas: Base de Conhecimentos (regras e fatos)

* Sistemas Especialistas de 2a. Geração:

- Aquisição automática de conhecimentos
- Integração de diferentes métodos da I.A.

“Sistemas Híbridos”

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Inteligência Artificial: Soluções Híbridas

Inteligência Humana ➡ Inteligência Artificial

Aprendizado Humano ➡ Aprendizado de Máquinas

Métodos de Raciocínio e Aquisição de Conhecimentos Múltiplos ➡ Sistemas Híbridos

Sistemas Inteligentes Híbridos

Projeto de Pesquisa HMLT - *Hybrid Machine Learning Tools*

“Ferramentas Híbridas de Aprendizado para o Máquinas”

Coordenador Prof. Fernando Osório

Bolsistas de Iniciação Científica... Carla Medeiros Barros (ex-bolsista)
João Ricardo de Bittencourt Menezes
Rafael Guterres Jeffman

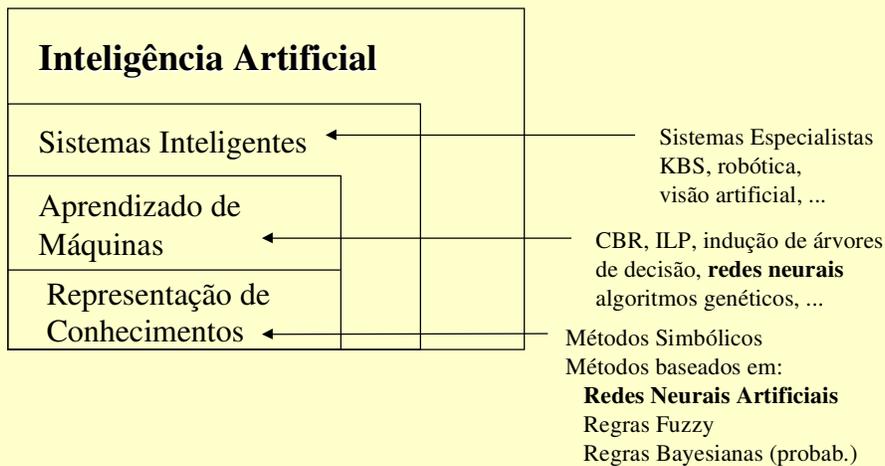
Mestrando..... Farlei Heinen (PIPCA 2000/2001)

Cooperação: Laboratoire LEIBNIZ - Grenoble, França
PRIS / NUS - National University of Singapore

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



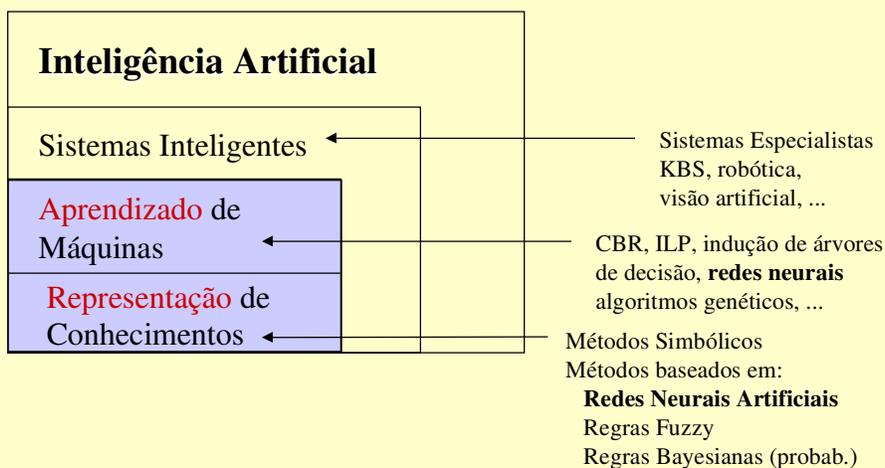
Inteligência Artificial: Aprendizado de Máquinas



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



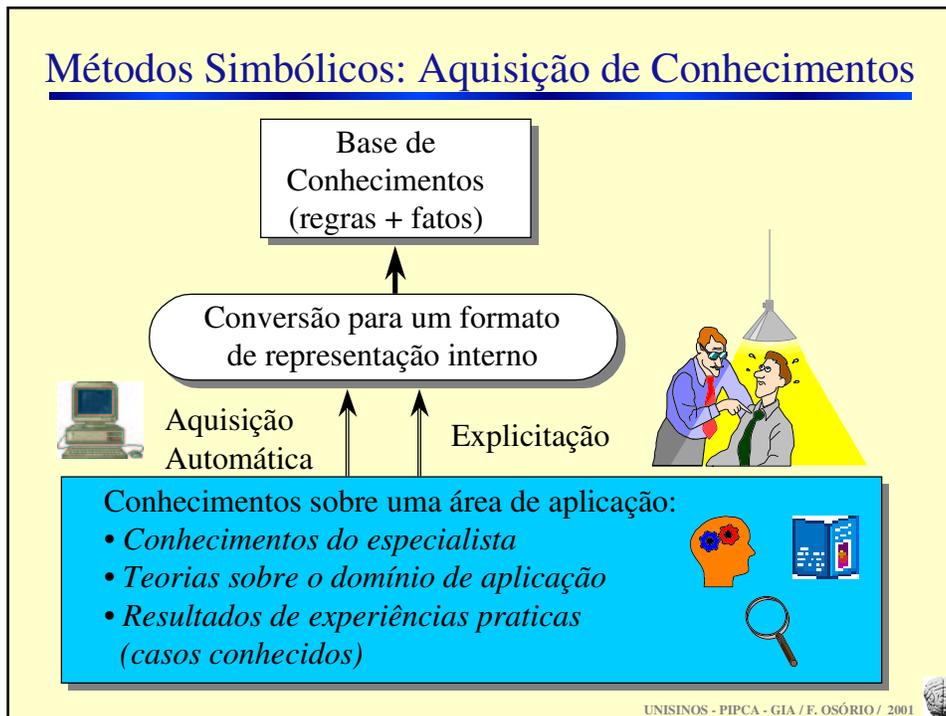
Inteligência Artificial: Aprendizado de Máquinas



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos Simbólicos: Aquisição de Conhecimentos



Métodos Simbólicos: Representação de Conhecimentos

- * Sistemas baseados em conhecimentos:
KBS - Knowledge Base Systems, Expert Systems (Frames e Redes Semânticas)
Rule Based Systems, Production Rule Systems
- * Sistemas baseados em regras de lógica difusa ou nebulosa
Fuzzy Expert Systems
- * Sistemas baseados em probabilidades
Redes Bayesianas
- * Sistemas baseados em casos ou exemplos
CBR - Case Based Reasoning
- * Árvores de decisão
IDT - Inductive Decision Trees
- * Algoritmos Genéticos
GA - Genetic Algorithms

Sistemas Especialistas baseados em Conhecimento Simbólico
Dado um problema:
Assume-se usualmente => Conhecimento é *Completo e Correto*

Métodos Simbólicos: Representação de Conhecimentos

Regras booleanas:

Se temp_paciente_normal e não_tem_febre Então tomar_remedio = Não

Entradas discretizadas:

Se temp_paciente = anormal e (febre = média ou febre = alta) Então tomar_remedio = Sim

Entradas quantitativas:

Se temp_paciente > 37.0 Então tomar_remedio = Sim

Contexto - Relação entre 2 entradas:

Se temp_paciente > temp_médico Então tomar_remedio = Sim

Intervalos:

Se pertence_ao_intervalo (temp_paciente, 37.0, 39.0) Então tomar_remedio = Sim

Saída numérica:

Se grau_de_pertinência (temp_paciente, 37.0, 39.0) Então remédio = quantidade (temp_paciente)

Saída com probabilidade/grau de certeza:

Se temp_paciente > 37.0 Então tomar_remedio com grau_de_certeza(diagnóstico=tomar_remedio)

Análise de evolução do comportamento:

Se aumentou(temp_paciente) Então aumenta(medicação)

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos Simbólicos: Representação de Conhecimentos

➡ Conhecimentos Teóricos

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

ou

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

➡ Conhecimentos Empíricos

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

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos Simbólicos: Representação de Conhecimentos

➡ Conhecimentos Teóricos / Simbólicos

Se existem 2 casas na horizontal, vertical ou diagonal
com uma marca do jogador oponente
e a terceira casa está livre
Então jogar nesta casa!

➡ Conhecimentos Empíricos / Dados

X ₂		X
O ₁	O ₃	X ₄
O ₅		

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos de Aprendizado de Máquinas

- **Aprendizado por analogia / por instâncias**
Sistemas baseados em casos
CBR - *Case Based Reasoning*
- **Aprendizado por Indução**
Indução de 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**
MLP Back-Propagation - *Artificial Neural Networks*

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



BASE DE DADOS SOBRE O PROBLEMA

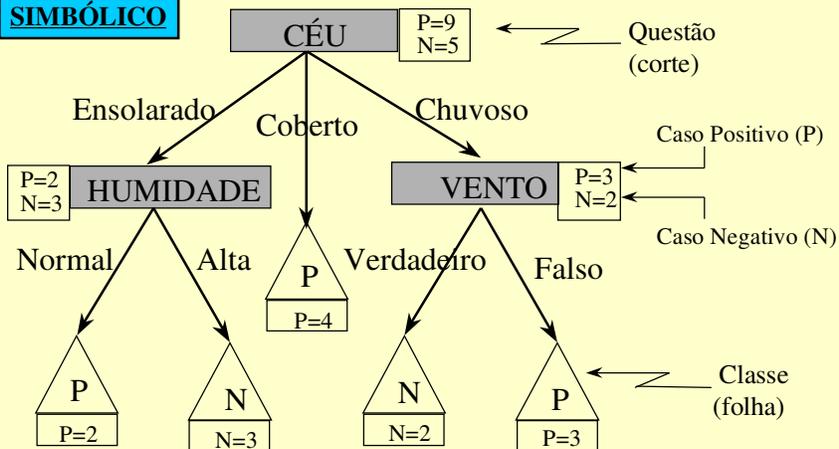
NÚMERO	CÉU	TEMPERATURA	HUMIDADE	VENTO	CLASSE
1	ensolarado	elevada	alta	não	N
2	ensolarado	elevada	alta	sim	N
3	coberto	elevada	alta	não	P
4	chuvoso	média	alta	não	P
5	chuvoso	baixa	normal	não	P
6	chuvoso	baixa	normal	sim	N
7	coberto	baixa	normal	sim	P
8	ensolarado	média	alta	não	N
9	ensolarado	baixa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

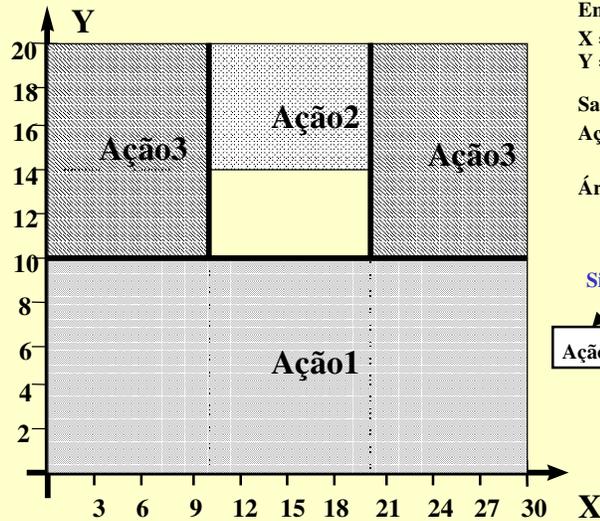


IF ((CÉU=Ensolarado *and* HUMIDADE=Normal) *or*
 (CÉU=Coberto) *or*
 (CÉU=Chuvoso *and* VENTO=Falso))

Then Classe = P

**ARVORE DE
DECISÃO**

Métodos Simbólicos: Árvores de Decisão



Entradas:

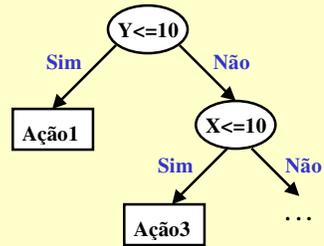
$X = [0..30]$

$Y = [0..20]$

Saídas (Ações):

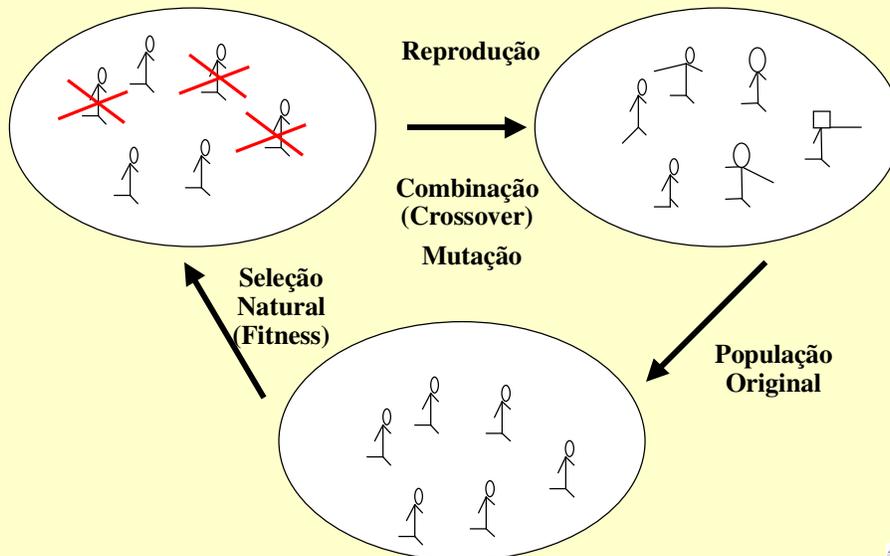
Ação1 , Ação2 , Ação3 

Árvore de Decisão:



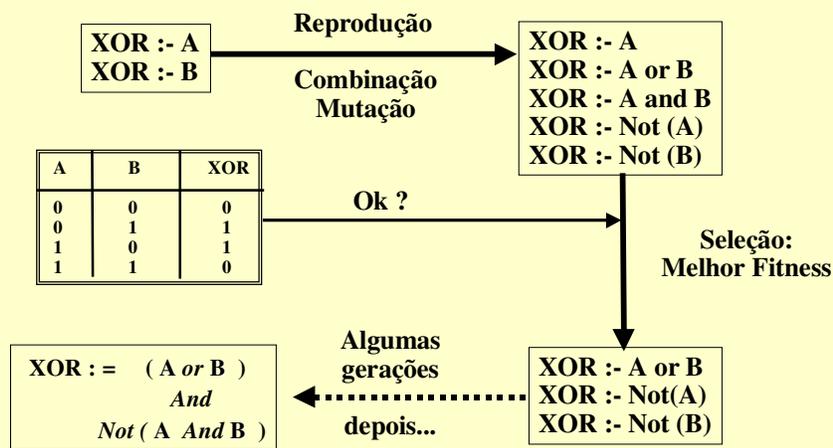
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Aprendizado de Máquinas: Algoritmos Genéticos



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Aprendizado de Máquinas: Algoritmos Genéticos



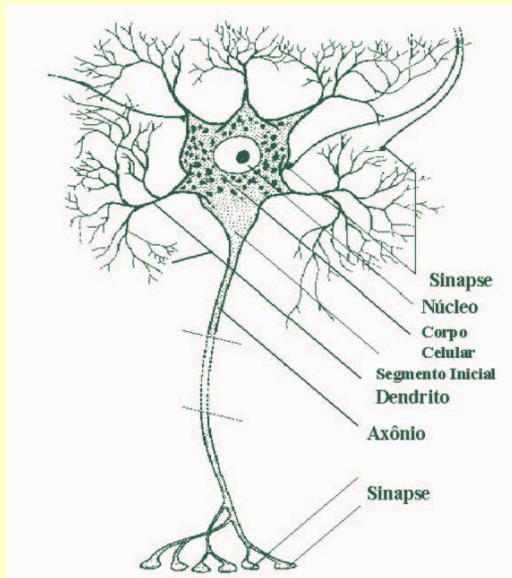
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

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**).

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

I.A. - Métodos Conexionistas: Conceitos Básicos



Redes Neurais Artificiais:

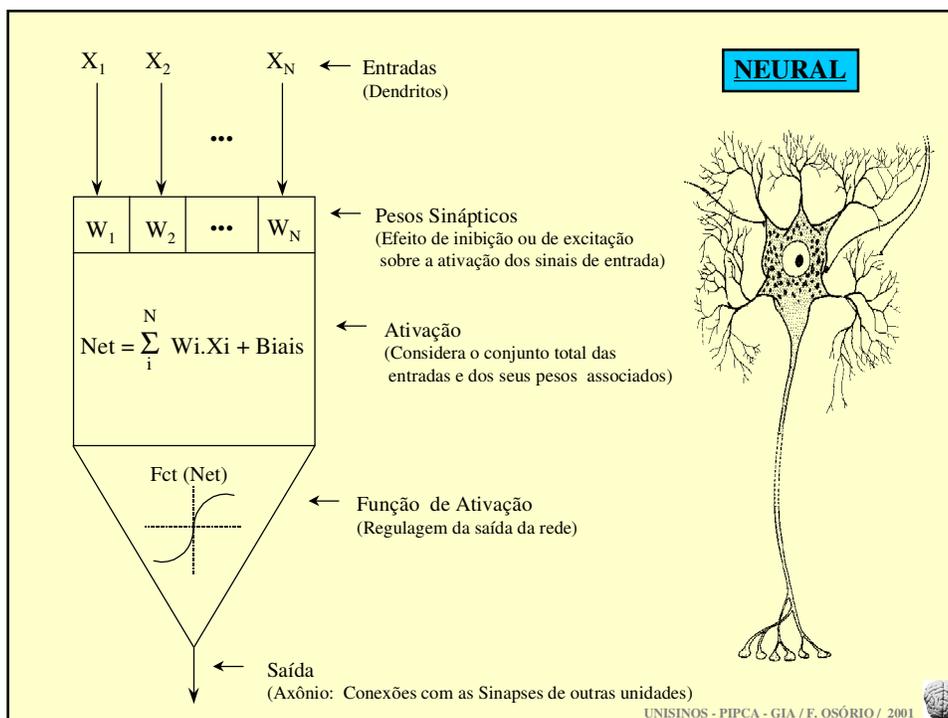
Neurônio...
Modelo Simulado
Modelo SIMPLIFICADO

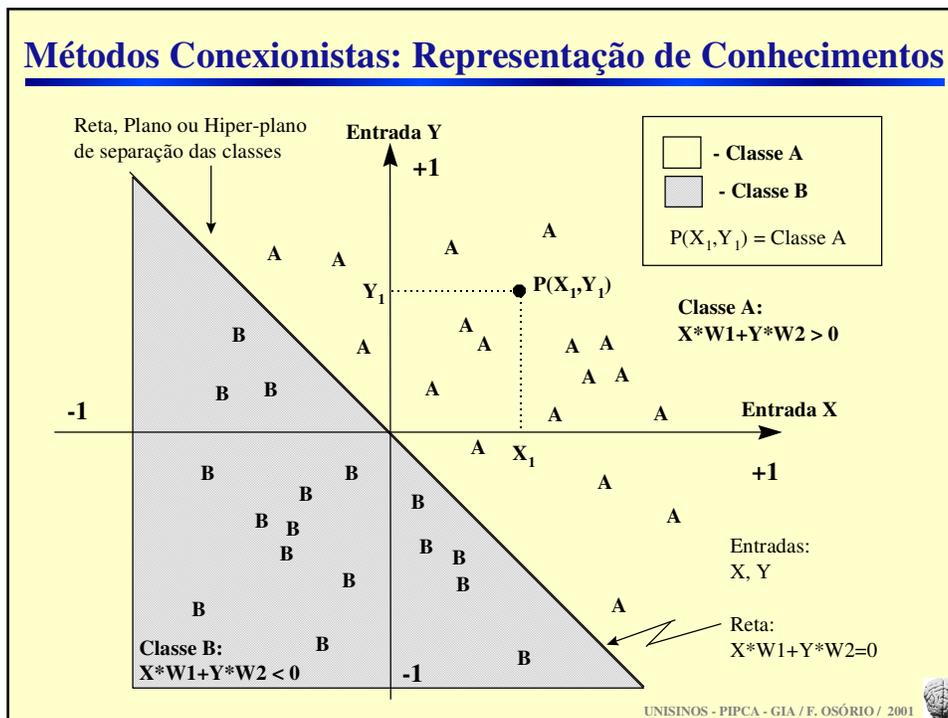
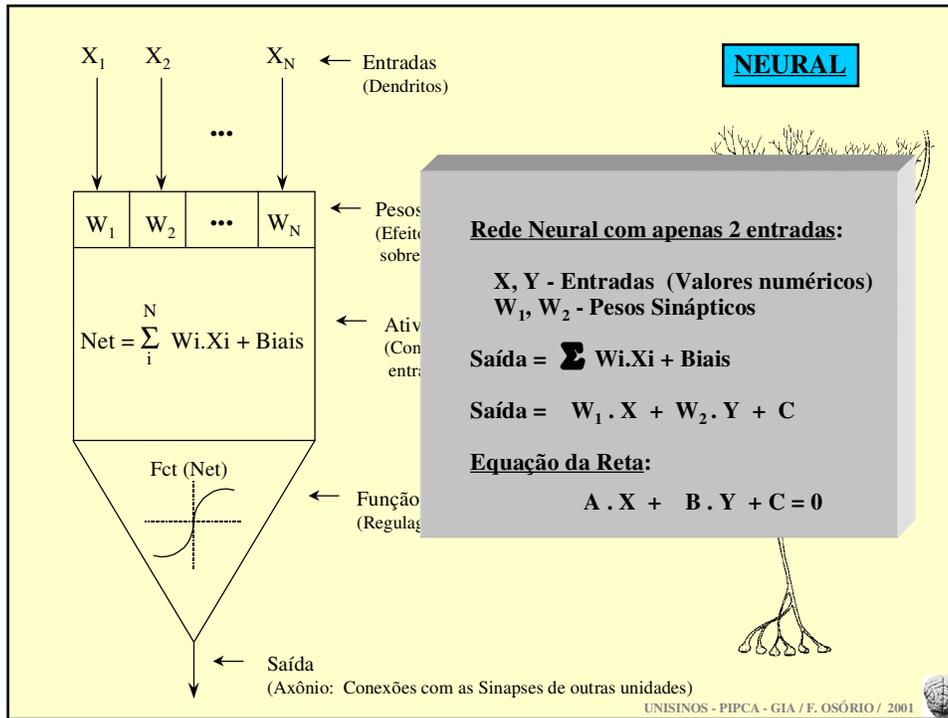
Características Básicas:
Adaptação
Aprendizado
Autômato

Representação de
Conhecimentos:

Baseada em Conexões

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

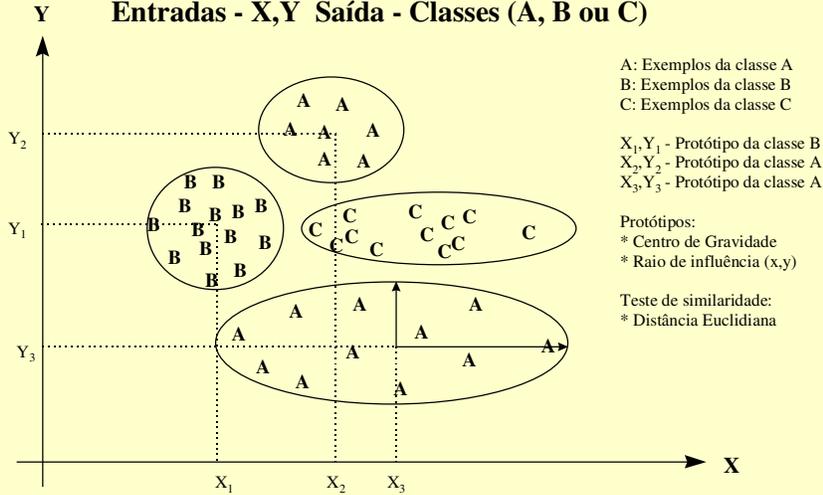




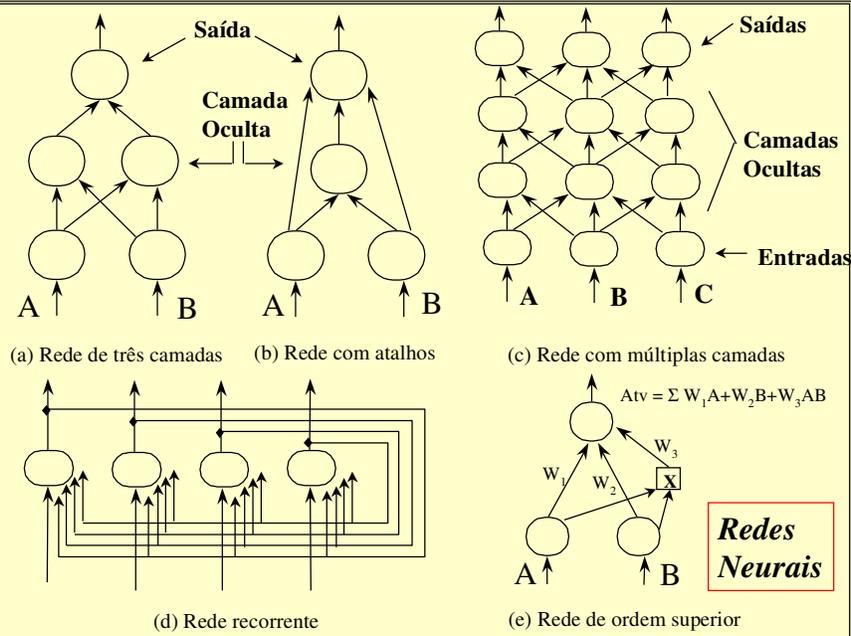
Métodos Conexionistas: Representação de Conhecimentos

Redes à base de Protótipos

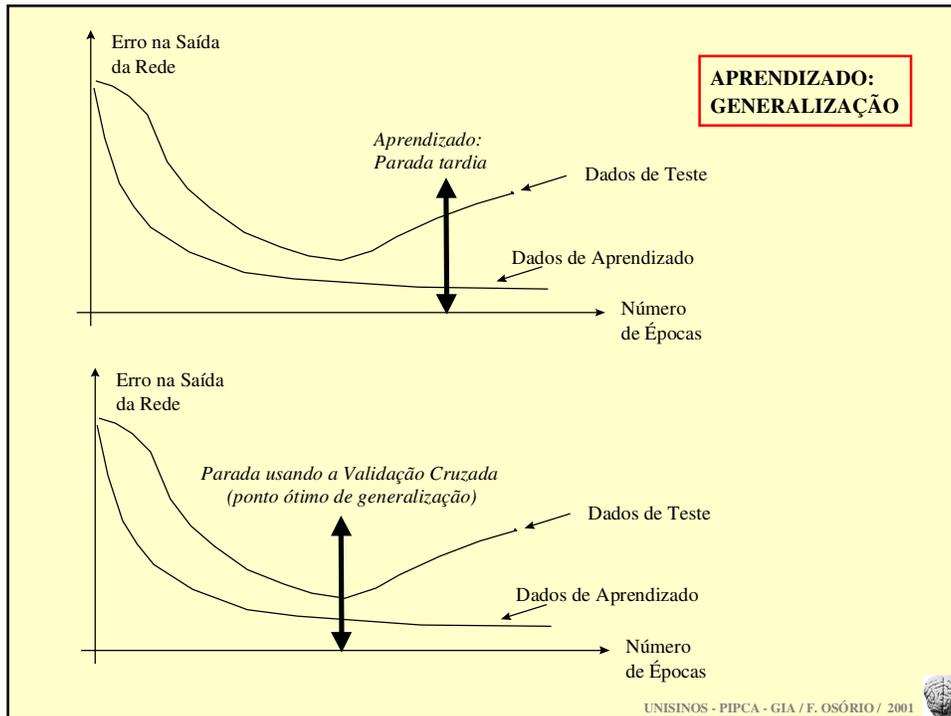
Entradas - X,Y Saída - Classes (A, B ou C)



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Métodos Conexionistas: 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.

Sistemas Híbridos Inteligentes

* **Conceitos Básicos:**

- Complementaridade
- Divisão de tarefas / Especialização
- Modularidade
- Diversificação:
 - Representação de Conhecimentos
 - Fontes de Aquisição de Conhecimentos

Exemplo: SER HUMANO



Sistemas Híbridos Inteligentes

* **Combinar as diferentes técnicas:**

- Árvores de Decisão
- Algoritmos Genéticos
- Redes Neurais Artificiais
- CBS (Case Based Reasoning = Raciocínio baseado em Casos)
- RBS (Rule Based Systems = Sistemas baseados em Regras)
- Regras Nebulosas (Fuzzy Rules)
- Sistemas Probabilistas (Bayesian)
- ...

* **Exemplos: Neuro+IDT, Neuro+Fuzzy, Neuro+CBR, Neuro+GA, RBS+CBR, GA+RBS, ...**



Sistemas Híbridos Inteligentes: Integração

* Módulos Básicos:

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

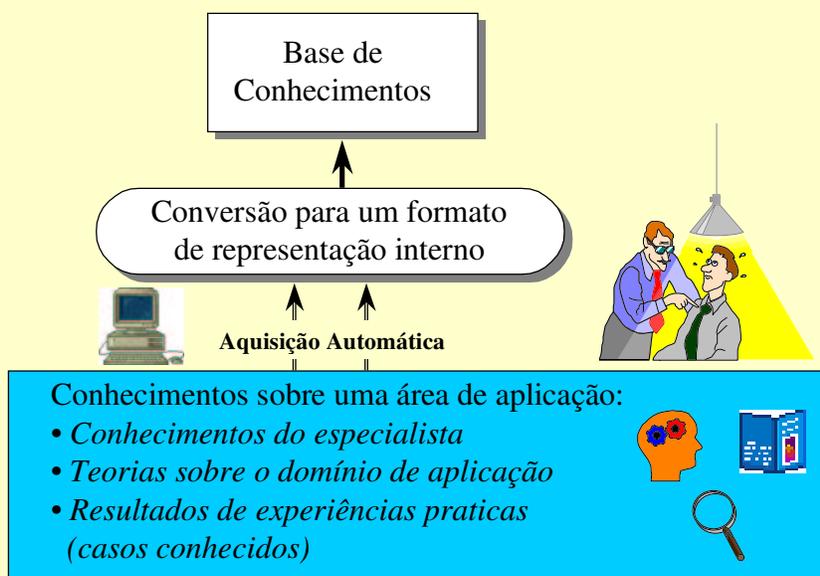
* Tipos de Integração:

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

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistemas Híbridos Inteligentes: Integração



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

S.H.N.S.

INTEGRAÇÃO:

NÍVEL SIMBÓLICO
NÍVEL SUB-SIMBÓLICO

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

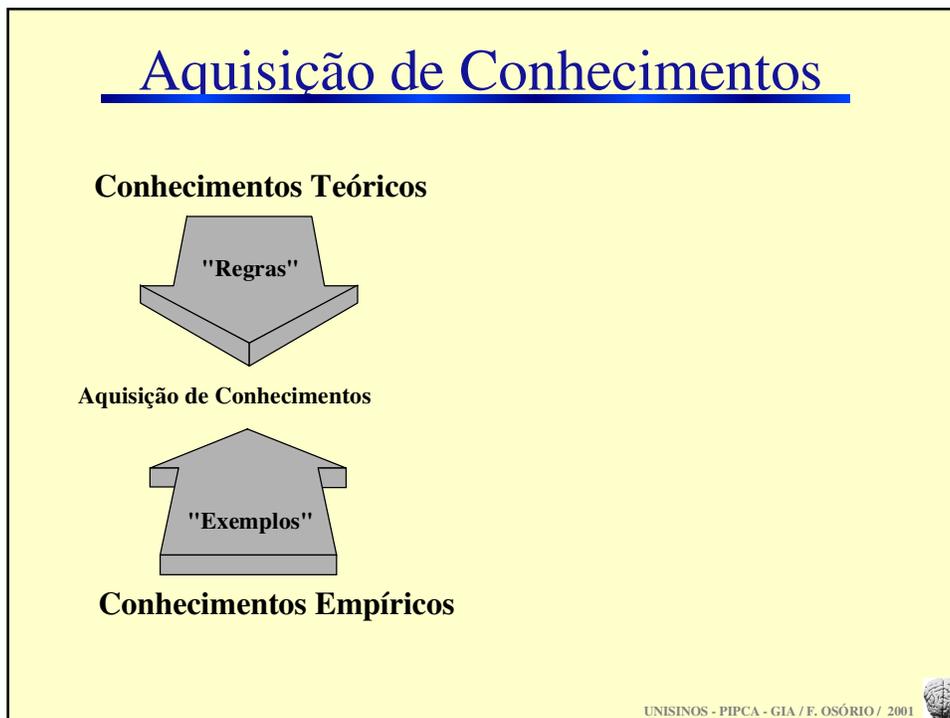
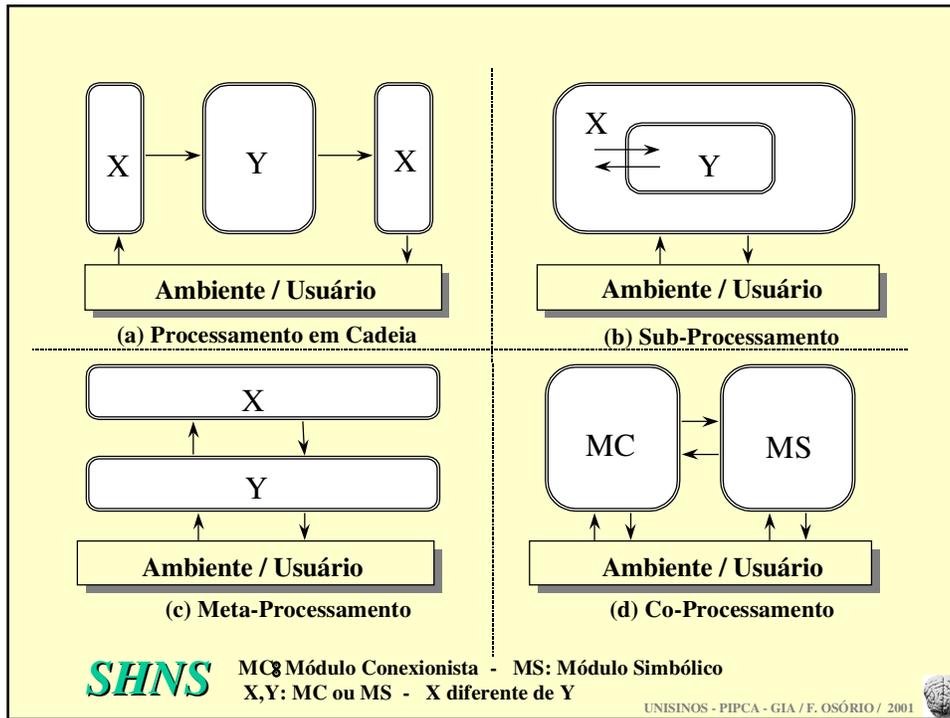


Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

Conexionista Puro	Puramente Conexionista = Módulo Conexionista «simbólico»	Módulo Simbólico + Módulo Conexionista	Puramente Simbólico = Módulo Simbólico «estendido»	Simbólico Puro
	← Sistemas Híbridos →			
	Método Unificado <i>Híbrido no sentido amplo</i>	Método Híbrido <i>Híbrido no sentido restrito</i>	Método Unificado <i>Híbrido no sentido amplo</i>	

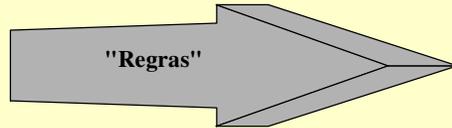
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001





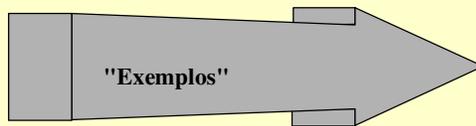
Aquisição de Conhecimentos

Conhecimentos Teóricos



Módulo *MS*
Simbólico

Aquisição de Conhecimentos



Conhecimentos Empíricos

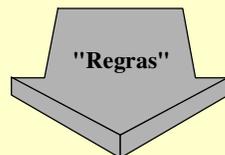
Módulo *MC*
Conexionista

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

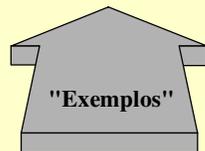


Aquisição de Conhecimentos

Conhecimentos Teóricos



Aquisição de Conhecimentos



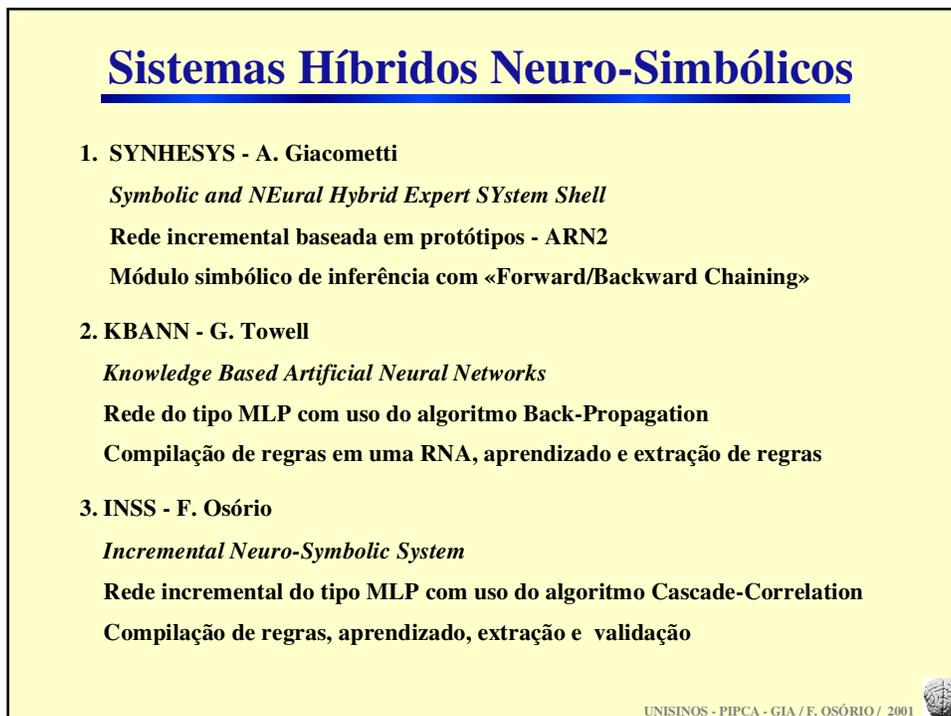
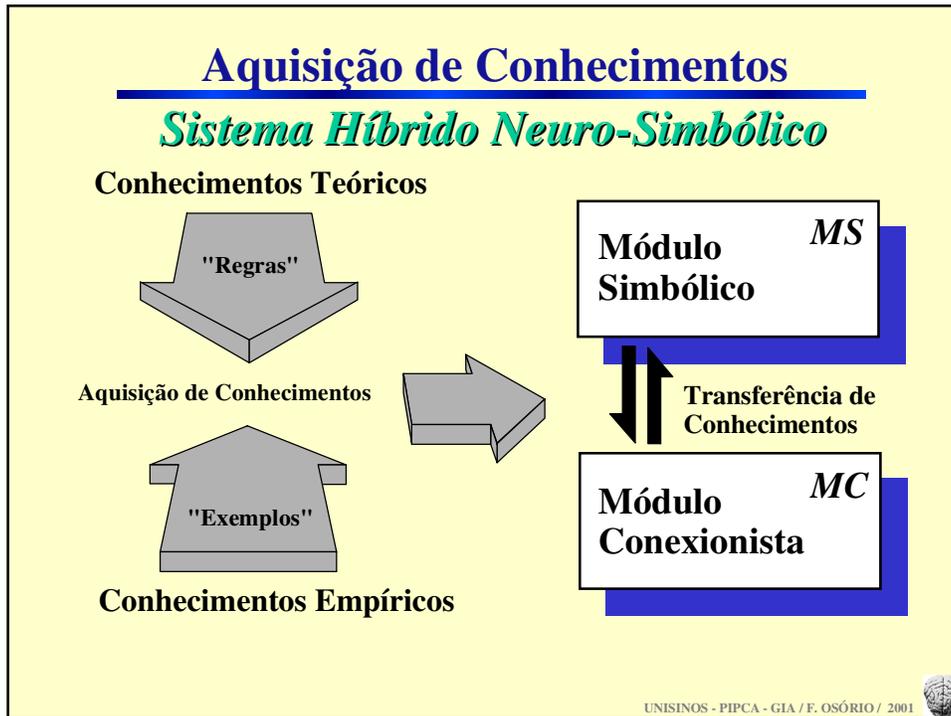
Conhecimentos Empíricos

Módulo *MS*
Simbólico

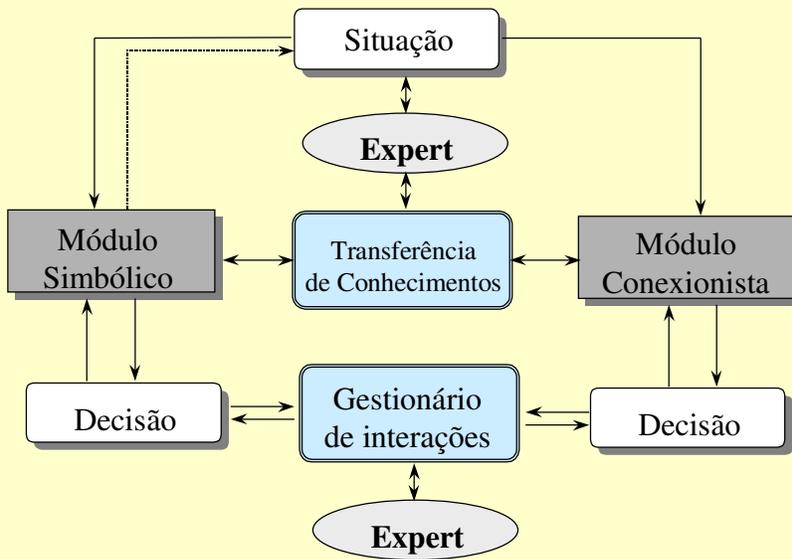
Módulo *MC*
Conexionista

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001





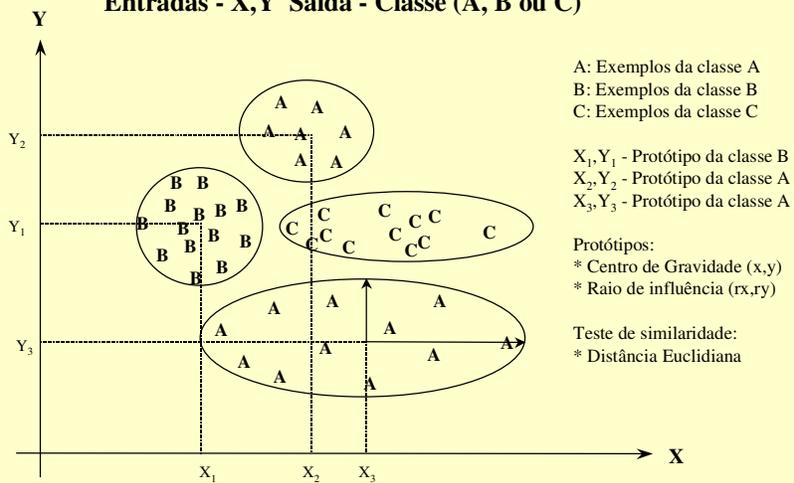
Sistema SYNHESYS



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema SYNHESYS

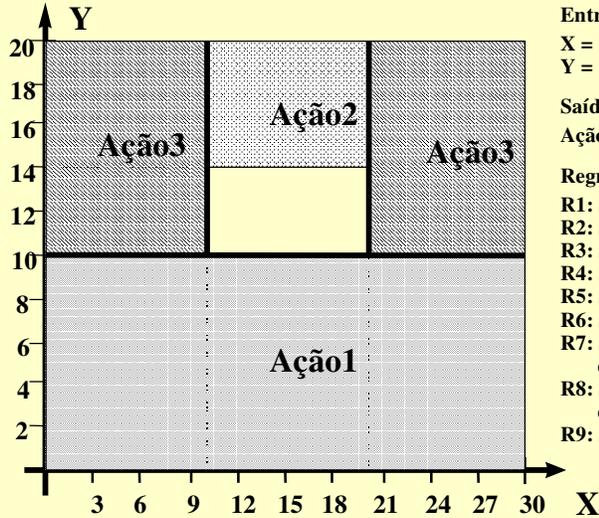
Entradas - X,Y Saída - Classe (A, B ou C)



Protótipos: Hiper-elipsoides / Hiper-Esferas

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema SYNHESYS



Entradas:

X = [0..30]

Y = [0..20]

Saídas (Ações):

Ação1 , Ação2 , Ação3 

Regras:

R1: Se Y in [0..10] então Y_Fraco

R2: Se Y in [10..20] então Y_Forte

R3: Se X in [0..10] então X_Fraco

R4: Se X in [10..20] então X_Médio

R5: Se X in [20..30] então X_Forte

R6: Se Y_Fraco então Ação1

R7: Se Y_Forte e X_Fraco

então Ação3

R8: Se Y_Forte e X_Forte

então Ação3

R9: Se Y in [14..20] e X_Médio

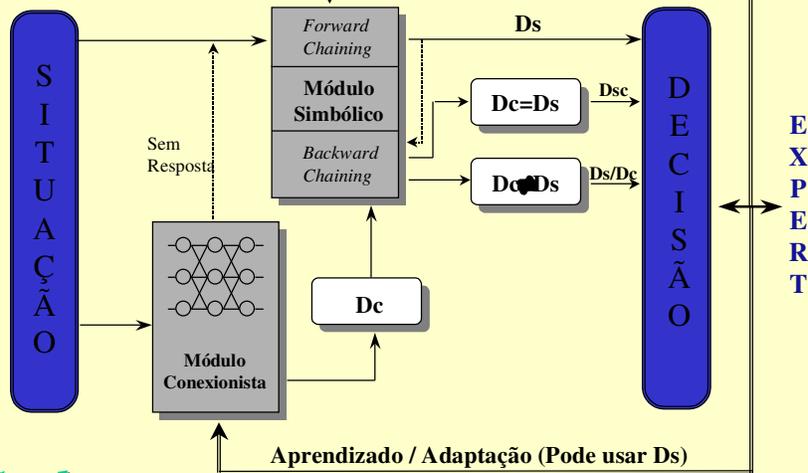
então Ação2

Protótipos: Hiper-retângulos

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Ds : Decisão do Módulo Simbólico
 Dc : Decisão do Módulo Conexionista
 Dsc : Decisão Simbóli-Conexionista

Apagar ou adicionar uma regra



Synhesys

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

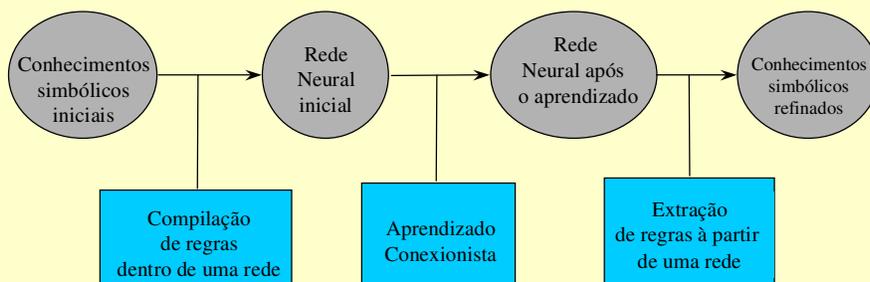
Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

- ✓ 1. SYNHESYS - A. Giacometti
Symbolic and NEural Hybrid Expert SYstem Shell
Rede incremental baseada em protótipos - ARN2
Módulo simbólico de inferência com «Forward/Backward Chaining»
- ➔ 2. KBANN - G. Towell
Knowledge Based Artificial Neural Networks
Rede do tipo MLP com uso do algoritmo Back-Propagation
Compilação de regras em uma RNA, aprendizado e extração de regras
3. INSS - F. Osório
Incremental Neuro-Symbolic System
Rede incremental do tipo MLP com uso do algoritmo Cascade-Correlation
Compilação de regras, aprendizado, extração e validação

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



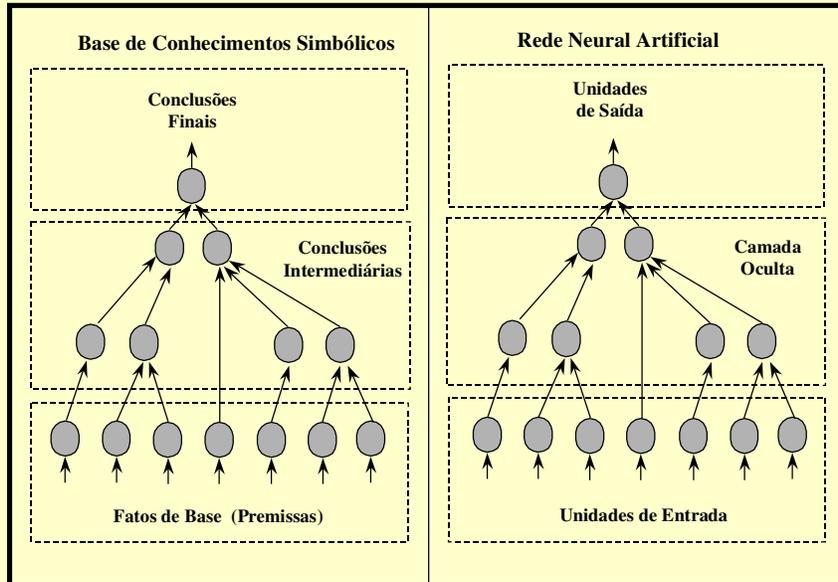
Sistema KBANN



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema KBANN



KBANN - Regras e Redes

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema KBANN

Conhecimentos sobre um domínio de aplicação

Conhecimentos Teóricos

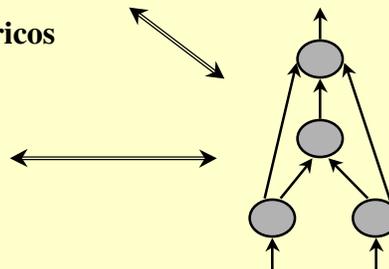
$$\text{XOR} = (A \text{ Or } B) \text{ And Not } (A \text{ And } B)$$

ou

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

Conhecimentos Empíricos

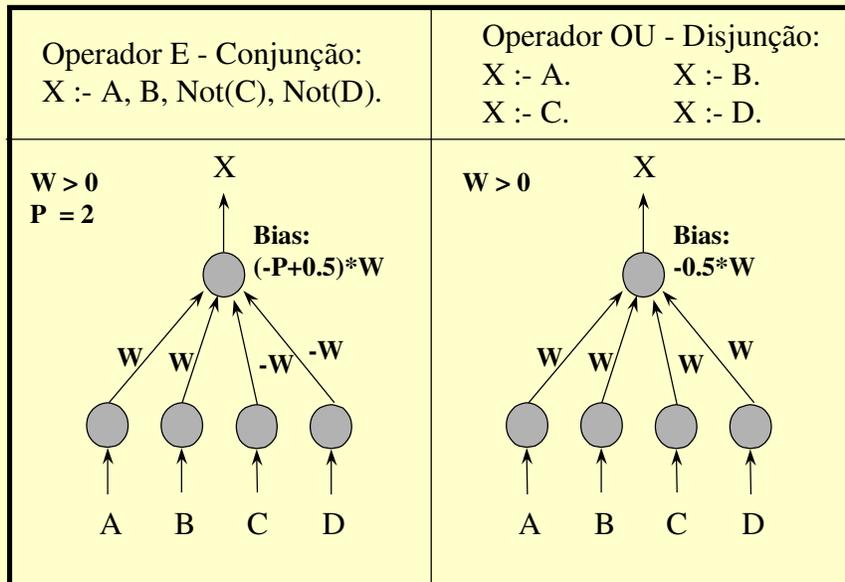
A	B	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



KBANN - Aquisição de Conhecimentos

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema KBANN

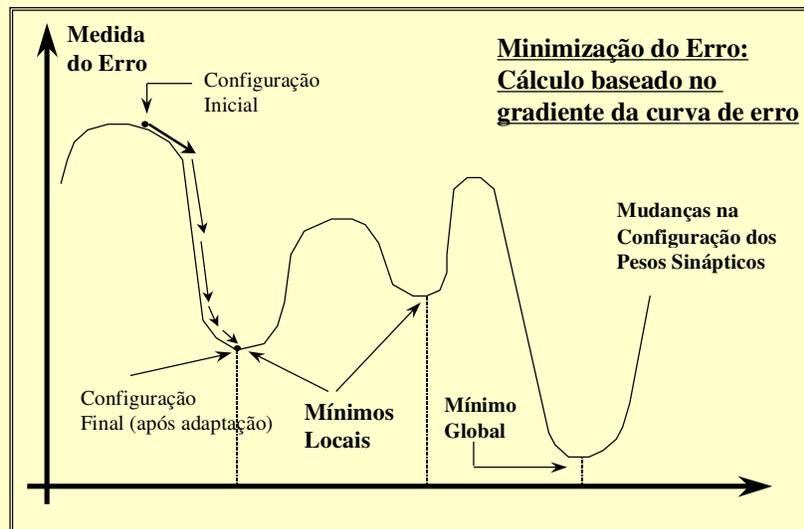


KBANN - Compilação de Regras

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema KBANN

RNA : Multi-Layer Perceptron (MLP) - Algoritmo utilizado : Back-Propagation

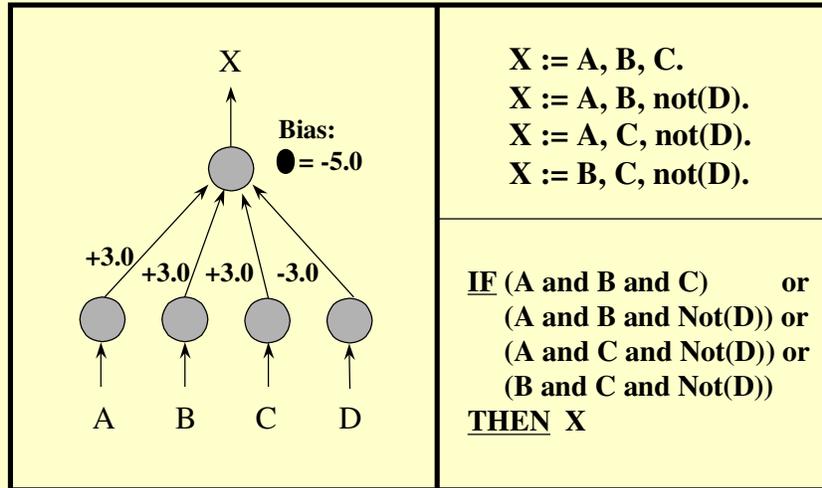


KBANN - Aprendizado

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema KBANN

Algoritmo SUBSET



KBANN - Extração de Regras

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema KBANN

Pontos fracos do Sistema KBANN



- Algoritmo de aprendizado pouco eficiente (Back-Propagation)
- Redes Neurais estáticas
- Bases de conhecimentos (regras e exemplos) com problemas significativos de incompletude ou de incorreção
- Mudança do significado das unidades inseridas na rede neural
- Processo de extração de regras muito pesado (complexo)
- Extração de regras : implica na análise de todas as unidades da rede
- Utiliza unicamente regras simbólicas muito simples (compilação e extração)
- Regras de produção IF/THEN - Representação de conhecimentos pobre
- Dificuldade para trabalhar com atributos quantitativos (variáveis contínuas)

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



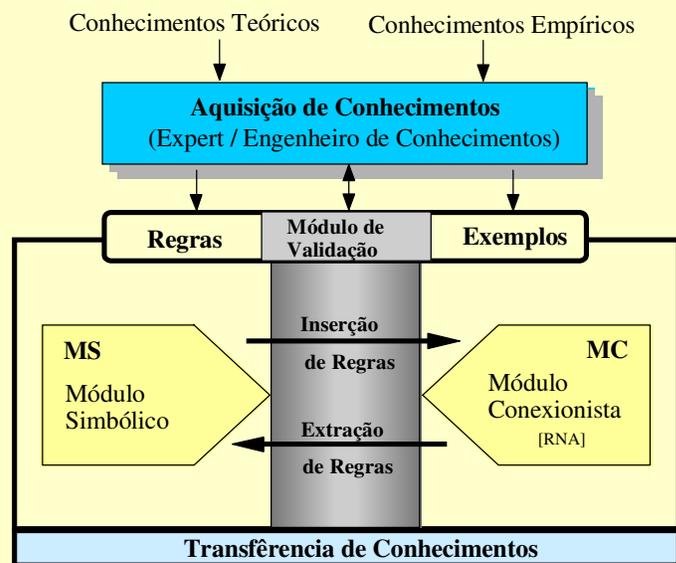
Sistemas Híbridos Neuro-Simbólicos

- ✓ 1. SYNHESYS - A. Giacometti
Symbolic and NEural Hybrid Expert SYstem Shell
Rede incremental baseada em protótipos - ARN2
Módulo simbólico de inferência com «Forward/Backward Chaining»
- ✓ 2. KBANN - G. Towell
Knowledge Based Artificial Neural Networks
Rede do tipo MLP com uso do algoritmo Back-Propagation
Compilação de regras em uma RNA, aprendizado e extração de regras
- ➔ 3. INSS - F. Osório
Incremental Neuro-Symbolic System
Rede incremental do tipo MLP com uso do algoritmo Cascade-Correlation
Compilação de regras, aprendizado, extração e validação

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema INSS

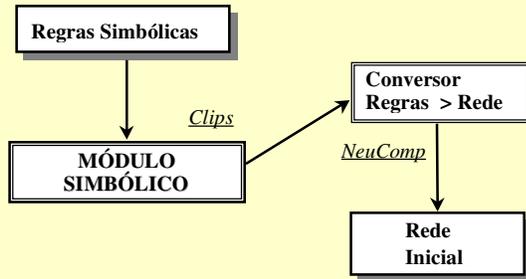


INSS - Incremental Neuro-Symbolic System

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

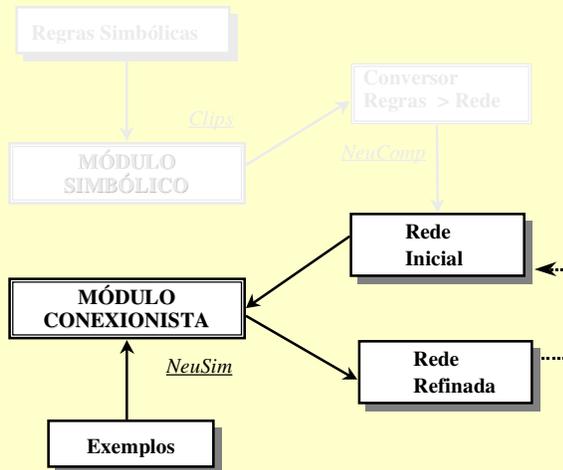


Sistema INSS



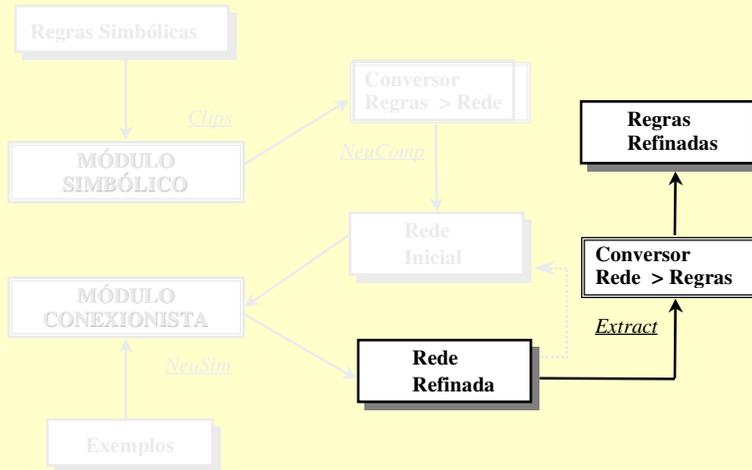
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS



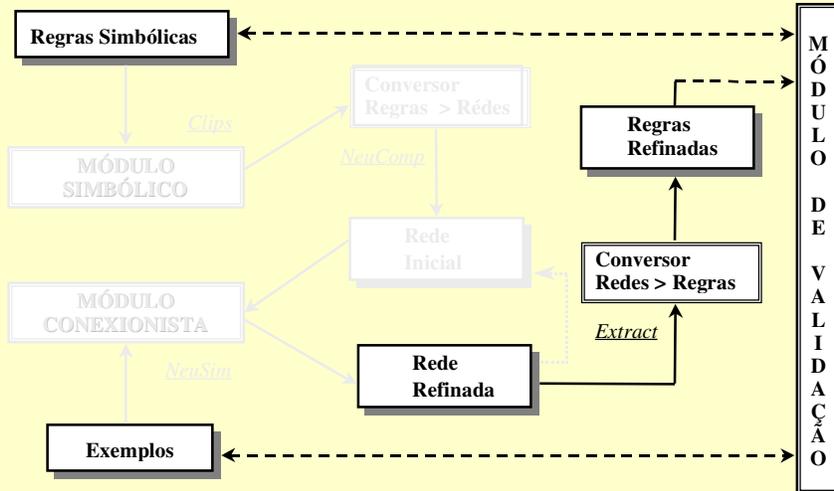
UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

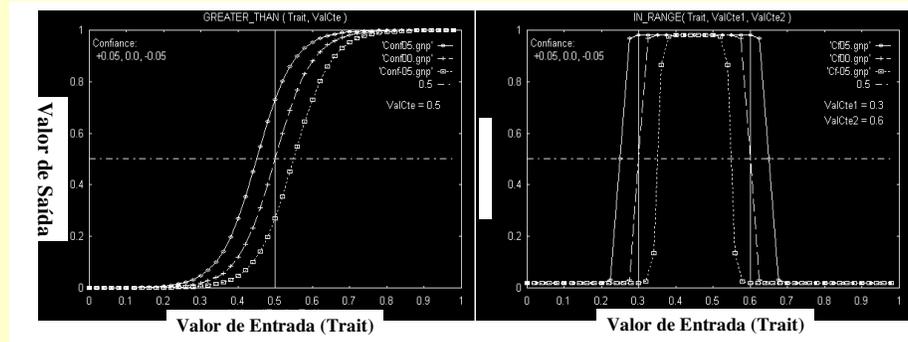
Sistema INSS



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

INSS: Compilação de Regras

Regras de ordem 0+



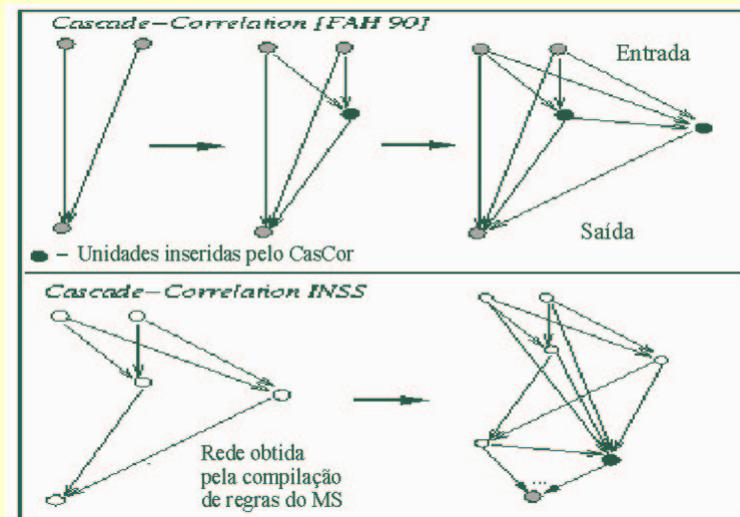
Greater_Than (Variável, Valor)
Greater_Than (Variável, Variável)
Less_Than (Variável, Valor)
Less_Than (Variável, Variável)

In_Range (Variável, Min, Max)
Equal (Variável, Valor)
Equal (Variável, Variável)

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

INSS : Rede Neural Incremental

Algoritmo Cascade-Correlation (CasCor)



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

INSS e Rule_Out : Extração de Regras

Algoritmo de extração de regras : SUBSET [Towell]

RULE_OUT:

- * Extrair os novos conhecimentos adquiridos
- * Extrair as regras mais importantes
 - Seleção das unidades (neurônios) para a extração
 - Seleção das conexões para a extração
- * Em estudo : regras de ordem 0+ (Fuzzy)

Vantagens:

- * Extração incremental de conhecimentos
- * Validação dos conhecimentos adquiridos

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



INSS : Validação dos Conhecimentos

Conhecimentos Teóricos

R1 : If (A Or B) Then XOR=1
R2 : If Not (A And B) Then XOR=1
R3 : If (A And B) Then XOR=0
R4 : If Not (A) And Not (B) Then XOR=0

Conhecimentos Empíricos

Ex.	A	B	XOR
E1	0	0	0
E2	0	1	1
E3	1	0	1
E4	1	1	1

Validação

- Incoerência entre R3 (Saída=0) e E4 (Saída=1)
- Não existem regras que satisfaçam E4

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema INSS

Pontos fortes do Sistema INSS



- Algoritmo de aprendizado com um ótimo desempenho (Cascade-Correlation)
- Rede Neural do tipo incremental
- Permite o uso de conhecimentos (*regras e exemplos*) incompletos ou incoerentes
- Não modifica o significado das unidades inseridas na rede
- Processo incremental de extração de regras
- Extração de regras: análise parcial da rede (+ eficaz)
- Utiliza regras simbólicas de ordem 0 e 0⁺ (compilação)
- Trabalha com atributos quantitativos (variáveis contínuas) e qualitativos (variáveis discretas)

Aprendizado de Máquinas Construtivo

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema INSS : Aplicações

- *Problemas Artificiais de Classificação* (Monk's Problems - S. Thrun)
- *Ajuda ao Diagnóstico Médico - Comas Tóxicas* (Projeto Esprit MIX)
- *Robótica Autônoma* (Robô móvel Khepera)
- *Problema da Balança* (Balance Scale Problem - T. Shultz)

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001



Sistema INSS : Aplicações

Sintomas		Gerais		
Variável	Tipo	Valores		
1	Sexo - SEXE	Discreto	{feminino, masculino} - 0/1	
2	Temperatura - TEMP	Contínuo	{ ... }	
		Temp_Low	Discreto	0/1
		Temp_Normal	Discreto	0/1
		Temp_High	Discreto	0/1
Sintomas		Neurológicos		
3	Estado - CALME	Discreto	{calmo, agitado} - 0/1	
4	Foto-motores - PHOTO (reação das pupilas)	Discreto	{presente, ausente} - 0/1	
5	Olhar - REGARD	Discreto	{normal, anormal} - 0/1	
6	Estado das Pupilas - PUPIL	Discreto	{myosis, intermediário, mydriase}	
		Pupil_myosis	Discreto	0/1
		Pupil_intermed	Discreto	0/1
		Pupil_mydriase	Discreto	0/1
7	Tonus muscular - TONUS	Discreto	{hipertonia, hipotonia}	
8	Reflexos dos tendões - ROT	Discreto	{vivos, diminuídos}	
Sintomas		cardiológicos		
9	Pressão Arterial - PAS	Contínuo	{...}	
		PAS_Low	Discreto	0/1
		PAS_Normal	Discreto	0/1
		PAS_High	Discreto	0/1
10	Frequência Cardíaca - FC	Contínuo	{...}	
		FC_Low	Discreto	0/1
		FC_Normal	Discreto	0/1
		FC_High	Discreto	0/1
11	Medida ECG - QRS	Contínuo	{...}	
		QRS_Normal	Discreto	0/1
		QRS_Prolongado	Discreto	0/1
12	Intervalo QT - QT	Discreto	{normal, prolongado} - 0/1	
		Urina		
13	Bexiga - GLOBE_VESICAL	Discreto	{sim, não} - 0/1	

Diagnóstico



Abreviações	Substância Tóxica	Ocorrência	
1	adt, a	Anti-depressores tri-cíclicos	265
2	B	Barbitúricos	86
3	ben, b	Benzodiazepina	414
4	C	Carbamato	68
5	P	Fenotiazina	130
6	M	Morfina	13
7	E	Alcool	137

Combinções

a (25), aBb (12), aBbp (9), ab (104), abc (11), abm (5), abp (38), ap (5), B (8), Bb (23), Bbcp (5), Bcp (13), ben (37), bc (24), bm (8), bp (31), c (5), p (5), Ea (12), Eab (36), Eabp (8), E (12), EB (6), EBB (5), EBBp (5), Eb (32), Ebc (10), Ebp (11)

Tabela - Os diferentes tipos de substâncias tóxicas da base de dados

Sintomas



UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS : Aplicações

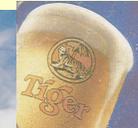
The image illustrates the application of the INSS system in a robotic environment. It features a physical robot (Photo Album Herzog) and a computer screen showing a maze simulation (Khepera Simulator). The maze is a complex structure with various paths and obstacles. The simulation interface includes a control panel with buttons for 'neu', 'load', 'save', 'set robot', '1', 'scan', 'remove', 'add', 'turn', and a directional pad. The maze is labeled 'TO THE RIGHT QUESTIONS ANSWERS ARE HERE' and 'TO THE RIGHT QUESTIONS ANSWERS ARE HERE'.

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Sistema INSS : Aplicações

PRIS - Program for Research into Intelligent Systems

 NATIONAL UNIVERSITY of SINGAPORE
Founded 1905



Intercâmbio científico...

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

Considerações Finais

- Conhecimentos : regras / exemplos - incompletos / incoerentes
- Algoritmos de aprendizado eficientes
- Redes Neurais do tipo incremental / Redes Recorrentes
- Compilação e extração de regras de alto nível
- Atributos quantitativos e qualitativos
- Validação dos conhecimentos adquiridos
- Evolução dos conhecimentos de forma continuada
- Aumento do poder de representação de conhecimentos
- Integração de múltiplos módulos: CBR, Fuzzy, GA, ...

Sistema Híbrido Neuro-Simbólicos
Hybrid Machine Learning Tools

UNISINOS - PIPCA - GIA / F. OSÓRIO / 2001

TEMAS DE PESQUISA SOBRE SISTEMAS HÍBRIDOS

* LIVROS:

- Obra clássica: ;^)
OSORIO, F. S. INSS: Un Système Hybride Neuro-Symbolique pour l'Apprentissage Automatique Constructif. Thèse de Doctorat - INPG, IMAG. Grenoble. 1998.
- Nikolopoulos, Chris. Expert Systems - Introduction to 1st and 2nd Generation and Hybrid Knowledge Based Systems. Marcel Dekker, 1997.
- Kandel, A & Langholtz, G. Hybrid Architectures for Intelligent Systems. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1992.
- Sun, Ron & Alexandre, Frederic. Connectionist Symbolic Integration: From Unified to Hybrid Approaches. Lawrence-Erlbaum Associates, 1997.
- Ian Cloete, Jacek Zurada. Knowledge Based NeuroComputing. MIT press, 2000.

* PESQUISAS:

- F. Osório, B. Amy, D. Memmi, B. Orsier, M. Malek, A. Giacometti / Projeto Europeu MIX Laboratoire Leibniz - Equipe Réseaux - <http://www-leibniz.imag.fr/RESEAUX/>
- F. Osório - Projetos HMLT e COHBRA - <http://www.inf.unisinos.br/~osorio/>
Publicações: <http://www.inf.unisinos.br/~osorio/papers-osorio/papers.html>

* INTERNET:

- GuideBook / N.U.S. <Http://www.comp.nus.edu.sg/~pris/Guidebook/GuidebookIndex.html>
- ENIA '99 <Http://www.inf.unisinos.br/~osorio/enia99/>
- Lista de Bibliografias <Http://www.inf.unisinos.br/~osorio/hybrid-refs.html>
- Projeto HMLT <Http://www.inf.unisinos.br/~osorio/hmlt.html>

