

2. Redes Neurais Artificiais

Prof. Renato Tinós

Depto. de Computação e Matemática (FFCLRP/USP)

2.1. Introdução às Redes Neurais Artificiais (RNAs)

2.1.1. Motivação

2.1.2. O que são RNAs?

2.1.3. Propriedades úteis das RNAs

2.1.4. Áreas de aplicações de RNAs

2.1.5. O cérebro humano

2.1.6. Neurônios

2.1.1. Motivação

	Computador Von Neumann	Sistema neural biológico
Processador	unidade básica complexa alta velocidade um ou poucos	unidade básica simples baixa velocidade grande número
Memória	separada do processador localizada não-endereçável pelo conteúdo	integrada com processador distribuída endereçável pelo conteúdo
Computação	centralizada seqüencial programas armazenados	distribuída paralela aprendizado
Confiabilidade	muito vulnerável	robusto
Adequação	manipulações num. e simbólica	problemas de percepção
Ambiente operacional	bem definido muito restrito	pouco definido não restrito

2.1.2. O que são Redes Neurais Artificiais?

- **Início**

- (1943) McCulloch & Pitts

- » Desenvolvem um modelo matemático de um neurônio (nodo)
- » Combinação de vários nodos em sistemas neurais produz um elevado poder computacional
 - ❑ Nodos executam funções lógicas simples
 - ❑ Cada nodo pode executar uma função diferente
 - ❑ Qualquer função que puder ser representada por uma combinação de funções lógicas pode ser modelada por uma rede de nodos

2.1.2. O que são Redes Neurais Artificiais?

- **Sistemas inspirados em algumas propriedades simples do funcionamento do sistema nervoso**
- **Estruturas distribuídas**
 - Formadas por grande número de unidades de processamento (“neurônios”) interligadas por um grande número de conexões (“sinapses”)

2.1.2. O que são Redes Neurais Artificiais?

- **Definição de rede neural (Haykin, 2001)**
 - “Uma rede neural é um processador maciçamente e paralelamente distribuído, constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural de armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para o uso. Ela se assemelha ao cérebro em dois aspectos:
 1. O conhecimento é adquirido pela rede a partir de seu ambiente através de um processo de aprendizagem.
 2. Forças de conexão entre neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são utilizadas para armazenar o conhecimento adquirido.”

2.1.2. O que são Redes Neurais Artificiais?

- **Algumas definições**

- **Neurônio**

- » unidade básica de processamento

- **Peso sináptico**

- » conexão entre neurônios

- **Algoritmo de aprendizagem**

- » modificação dos parâmetros da RNA (Ex.: pesos sinápticos) de uma forma ordenada para alcançar um objetivo dado

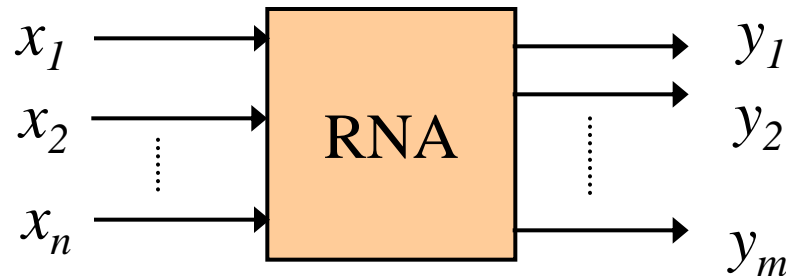
- **Arquitetura da RNA**

- » disposição espacial dos neurônios e pesos sinápticos (estrutura)

2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- Basicamente, RNAs são aplicadas em tarefas que envolvem a **aproximação de funções**

- $y = f(x)$
- Mapeamento entrada-saída



- No aprendizado supervisionado, a função $f(.)$ é estimada através de um conjunto de entradas e saídas
 - » Conjunto de treinamento

2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Dados pares $(x, f(x))$, inferir $f(\cdot)$**

Ex.:

x	$f(x)$
1	1
2	4
3	9
4	16
5	?

Observação:

Dada uma amostra finita, é freqüentemente impossível determinar a verdadeira função $f(\cdot)$

Abordagem:

- Encontre uma **hipótese (modelo)** através dos exemplos de treinamento
- Valide esta hipótese através de exemplos de teste
- Assuma que a hipótese se repita para exemplos futuros

2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Em geral, um conjunto de exemplos é dividido em dois subconjuntos disjuntos:**
 - **conjunto de treinamento** que é usado para o aprendizado do conceito e o
 - **conjunto de teste** que é usado para medir o grau de efetividade do conceito aprendido
- **Os subconjuntos são disjuntos para assegurar que as medidas obtidas utilizando o conjunto de teste sejam de um conjunto diferente do usado para realizar o aprendizado, tornando a medida estatisticamente válida**

2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Aproximação de funções**

- Saídas assumem valores discretos

- » Reconhecimento de padrões

- Exemplos:

- Classificação

- Clusterização

- Saídas assumem valores contínuos

- » Regressão

- Exemplos:

- Mapeamento estático de entrada saída de funções com valores contínuos

- Associação de Padrões (memória associativa)

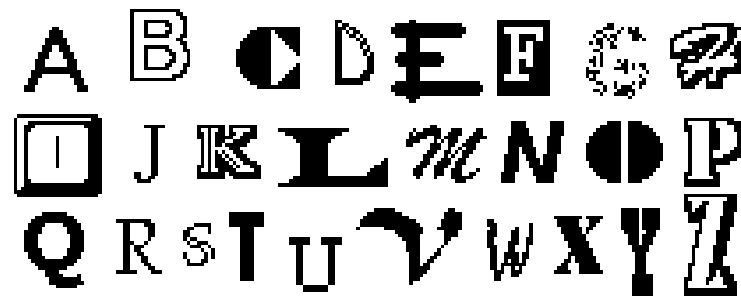
- Previsão de séries temporais

- Filtragem

2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Classificação**

- Rede classifica novas entradas em uma entre várias categorias discretas
- Exemplo
 - » Reconhecimento de caracteres



2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Classificação**

- Exemplo

- » Dez exemplos ($n=10$)
 - » Duas classes ($k=2$): *Sim*; *Não*
 - » Dois atributos ($m=2$):
 - Idade é inteiro
 - *Tipo de Veículo* é categórico (**E**sporte, **V**an, **C**aminhão)
 - » Rótulo da classe indica se a pessoa comprou o produto
 - » Atributo dependente (classe) é *categórico*

Idade	Veículo	Classe
20	V	Sim
30	V	Sim
25	C	Não
30	E	Sim
40	E	Sim
20	C	Não
30	V	Sim
25	V	Sim
40	V	Sim
20	E	Não

2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Clusterização (ou categorização)**
 - Rede explora semelhanças entre padrões e agrupa padrões de acordo com a semelhança
 - » Aprendizado não-supervisionado
 - » Análise de dados
 - Extrai informações de um conjunto de dados
 - » Exemplos
 - Mineração de dados
 - Compressão de dados

2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

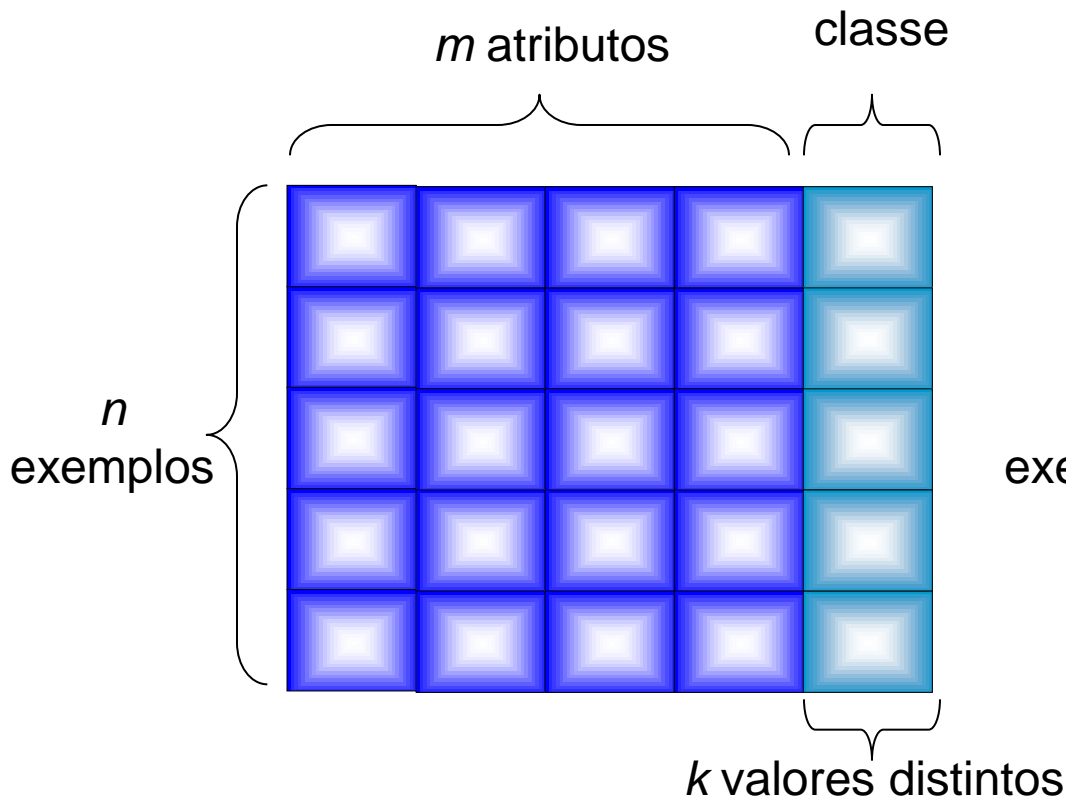
- **Clusterização**

- Exemplo:
 - » Dez exemplos ($n=10$)
 - » Três atributos ($m=3$): Idade, tipo de veículo (*Esporte*, *Van*, *Caminhão*) e cor do veículo
 - » Neste caso, não há associação explícita de algum atributo com uma determinada classe

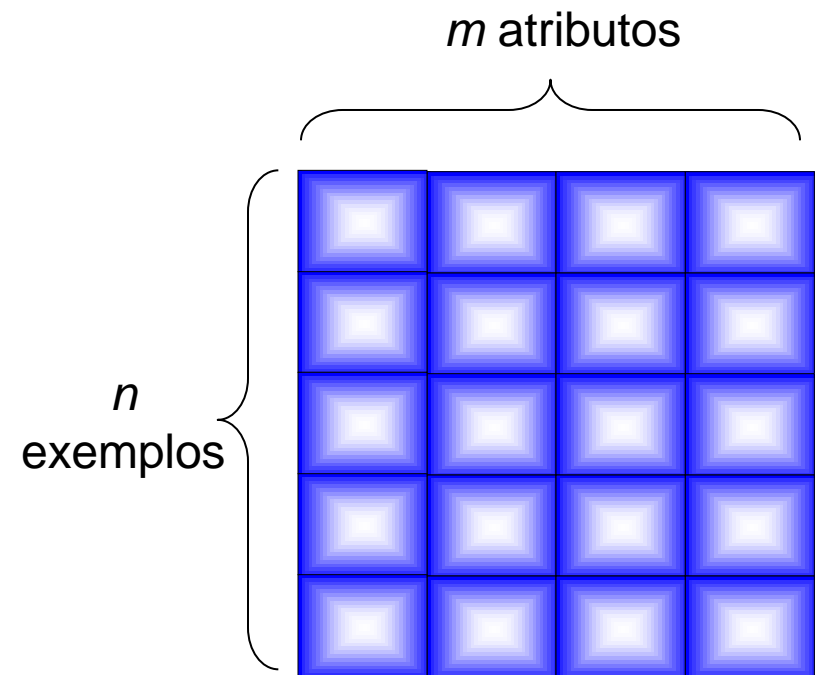
<i>Idade</i>	<i>Veículo</i>	<i>Cor</i>
20	V	preto
30	V	verde
25	C	azul
30	E	branco
40	E	azul
20	C	preto
30	V	branco
25	V	azul
40	V	Verde
20	E	azul

2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **No Aprendizado Supervisionado, cada exemplo é rotulado segundo sua classe**



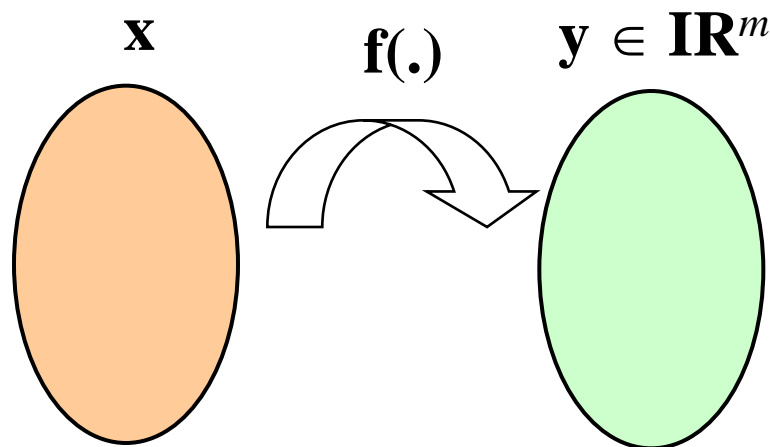
- **No Aprendizado Não Supervisionado, cada exemplo não possui classe associada**



2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Regressão**

- Rede associa novas entradas a saídas que assumem valores contínuos
- Para isso, deve reproduzir da melhor maneira o mapeamento entrada-saída da função $f(\cdot)$



2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Mapeamento estático**

- **Exemplo**

- » Dez exemplos ($n=10$)
 - » Dois atributos ($m=2$):
Idade e tipo de veículo
(*Esporte*, *Van*,
Caminhão)
 - » Despesa indica quanto a
pessoa gastou em
manutenção
 - » Atributo dependente
(classe) é *numérico*

<i>Idade</i>	<i>Veículo</i>	<i>Despesa</i>
20	V	\$200
30	V	\$150
25	C	\$300
30	E	\$220
40	E	\$400
20	C	\$80
30	V	\$100
25	V	\$125
40	V	\$500
20	E	\$420

2.1.4. Áreas de Aplicações de RNAs

- **Alguns Simuladores**

- **Comerciais**

- » Matlab

- **Domínio público**

- » SNNS

- » Weka

- » R

2.1.5. O Cérebro Humano

- **O cérebro funciona de forma diferente dos computadores convencionais**
 - Neurônios são de cinco a seis ordens de grandeza mais lentos que as portas lógicas dos microprocessadores
 - » Ordem de grandeza dos eventos
 - Em portas lógicas: nanossegundos (10^{-9} s)
 - Em neurônios: milissegundos (10^{-3} s)

2.1.5. O Cérebro Humano

- **O cérebro funciona de forma diferente dos computadores convencionais**
 - Lentidão compensada por
 - » Grande número de neurônios massivamente conectados
 - Estima-se que haja 10 bilhões de neurônios no córtex humano e 60 trilhões de sinapses
 - » Extrema eficiência na operação
 - Eficiência energética do cérebro é de aproximadamente 10^{-16} J por operação por segundo, enquanto que em computadores é de cerca de 10^{-6} J

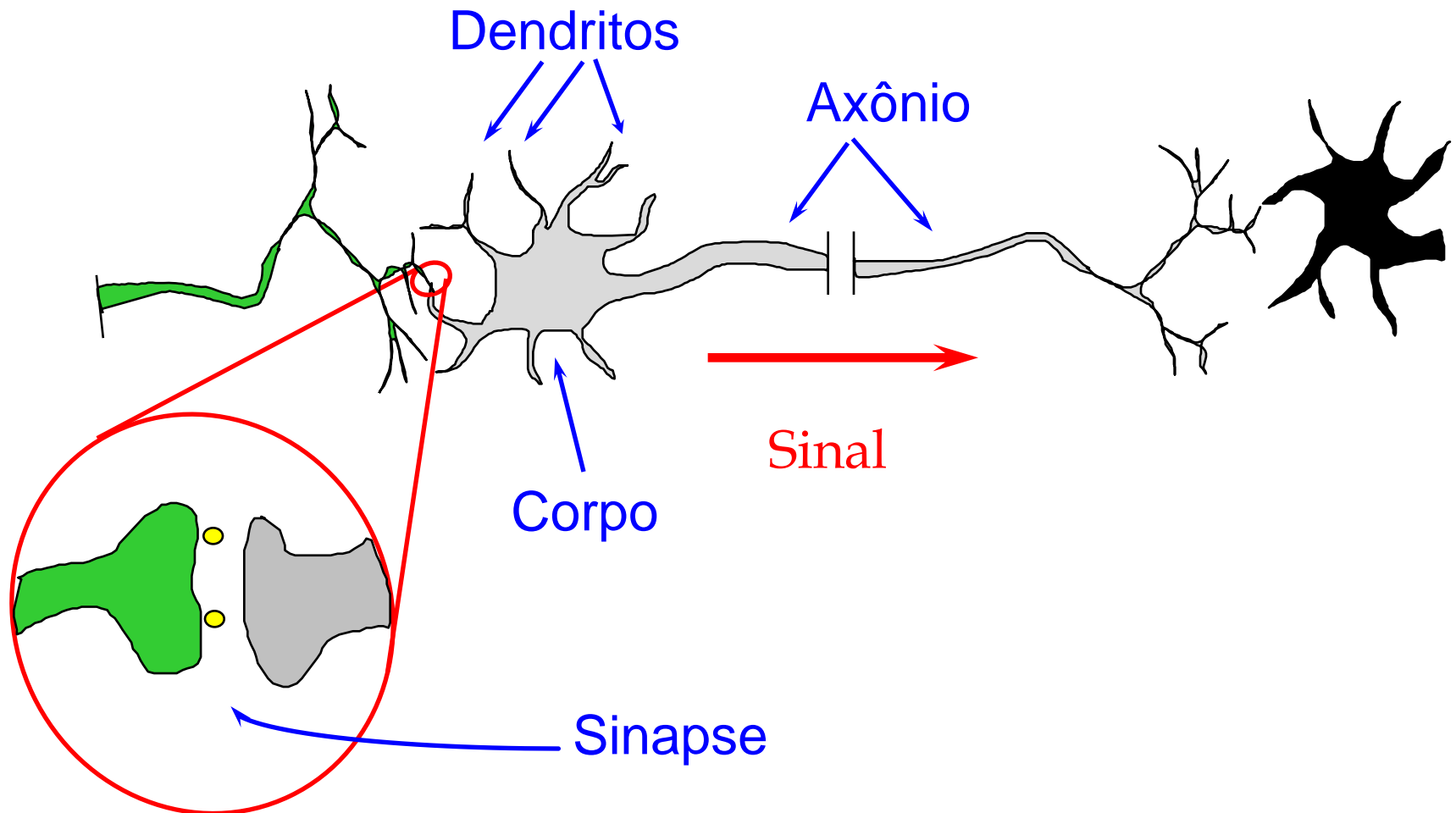
- **Principais partes de um neurônio**
 - Dendritos
 - » Recebem informações de outros neurônios
 - » As informações fluem dos dendritos para o axônio
 - Axônio
 - » Transmite informação para outros neurônios
 - » Sinais viajam através dos axônios em forma de impulsos elétricos

- **Principais partes de um neurônio**
 - **Corpo celular (ou Soma)**
 - » Combina (processa) informações provenientes dos dendritos
 - Disparo do axônio depende da soma dos impulsos recebidos
 - Limiar de disparo

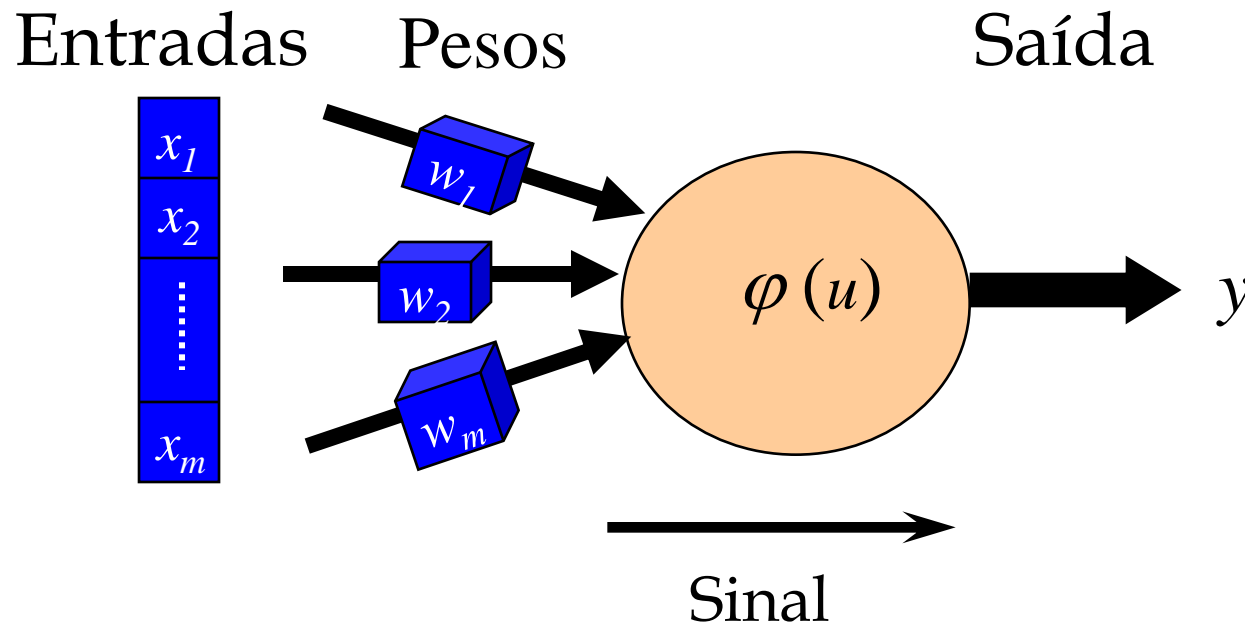
- **Ligação entre neurônios**
 - Sinapse
 - » Permite uma célula influenciar a outra
 - » Transmissão sináptica se faz por um mecanismo de natureza química
 - Através da ação de neurotransmissores

2.1.6. Neurônios

- Um neurônio simplificado:



- **Modelo Simples de um neurônio**



y : ativação (saída do neurônio)

u : ativação interna

$$y = \varphi(u) = \varphi\left(\sum_{i=1}^m x_i w_i\right)$$

- **Referências**

- **Anderson, J. A. *An introduction to neural networks*. MIT Press, 1995.**
 - » Capítulos 1 e 2
- **Haykin, S. S.. *Redes neurais: princípios e prática*. 2ª ed., Bookman, 2001.**
 - » Capítulo 1 e Seção 2.10
- **Braga, A.P.; Carvalho, A.C.P.L.F. & Ludermir, T.B.. *Redes neurais artificiais: Teoria e Aplicações*. LTC, 2000.**
 - » Capítulo 1