



## EA 072 Inteligência Artificial em Aplicações Industriais

# 7.3.4 Projeto de Redes Neurais Multicamadas

## ■ Aspectos principais

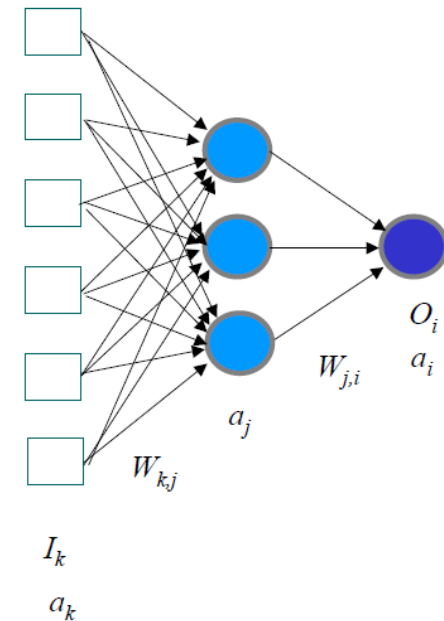
- topologia da rede
- metodologia de treinamento
- praticidades

## ■ Topologia

- entradas e saídas
- número de camadas ocultas
- número de neurônios ocultos

## ■ Topologia

- entradas e saídas
- número de camadas ocultas
- número de neurônios ocultos



## Normalização

$$x_r = (x_r - \min(x_R)) / (\max(x_R) - \min(x_R)), \quad x_r \in [0,1] \quad \forall r$$

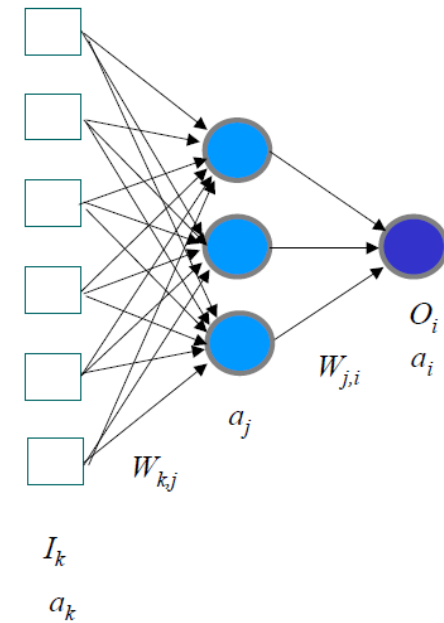
$$y_r = (y_r - \min(y_R)) / (\max(y_R) - \min(y_R)), \quad y_r \in [0,1] \quad \forall r$$

$r$  :  $r$ -ésimo exemplo

$R$  : número total de exemplos

## ■ Topologia

- entradas e saídas
- número de camadas ocultas
- número de neurônios ocultos



## Desnormalização

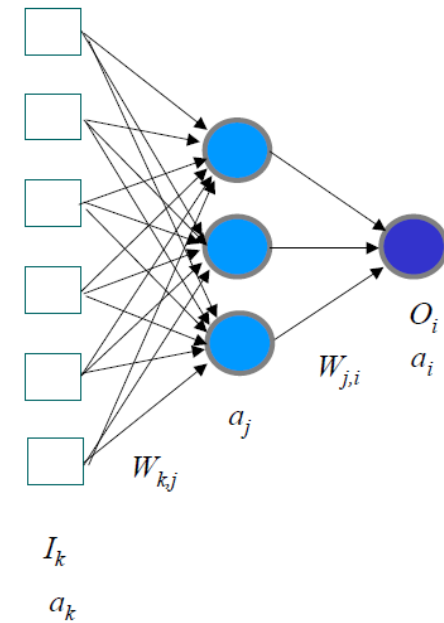
$$x_r = x_r (\max(x_R) - \min(x_R)) + \min(x_R), \quad x_r \in [0,1] \quad \forall r$$

$$y_r = y_r (\max(y_R) - \min(y_R)) + \min(y_R), \quad y_r \in [0,1] \quad \forall r$$

$r$  :  $r$ -ésimo exemplo

$R$  : número total de exemplos

- Topologia
  - entradas e saídas
  - número de camadas ocultas
  - número de neurônios ocultos



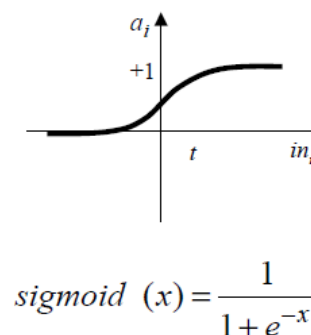
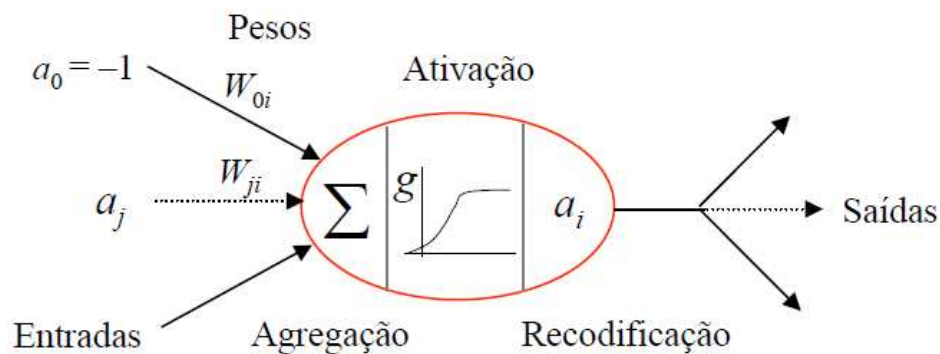
	No. Camadas	No. neurônios/camada
Hecht-Nielsen	3	$[K, 2K+1, i]$
Kudricky	4	$[K, 2K+1, (2K+1)/3, i]$
Lippmann	4	$[K, i(K+1), 2i, i]$

- Treinamento (aprendizagem)
  - inicialização dos pesos
  - taxa de aprendizagem
  - critério parada
  - dados para treinamento e teste

- Treinamento (aprendizagem)
  - inicialização dos pesos
  - taxa de aprendizagem
  - critério parada
  - dados para treinamento e teste

Pesos iniciais: valores aleatórios e pequenos

Exemplo:  $W_{kj}, W_{ji} \in [-0.1, 0.1]$





- Treinamento (aprendizagem)
  - inicialização dos pesos
  - taxa de aprendizagem
  - critério parada
  - dados para treinamento e teste

$$\alpha_0 = 0.1$$

$$\alpha_t = \alpha_{(t-1)} / (1 + t/\rho) \quad t = 1, \dots, \rho$$

$\alpha$  : taxa de aprendizagem

$t$  : época

$\rho$  : número máximo épocas

## ■ Treinamento (aprendizagem)

- inicialização dos pesos
- taxa de aprendizagem
- **critério parada**
- dados para treinamento e teste

1.  $Err \leq \varepsilon_1$ , exemplo:  $\varepsilon_1 = 10^{-3}$

2.  $\Delta Err = (Err(t) - Err(t-1)) \leq \varepsilon_2$ , exemplo:  $\varepsilon_2 = 10^{-4}$

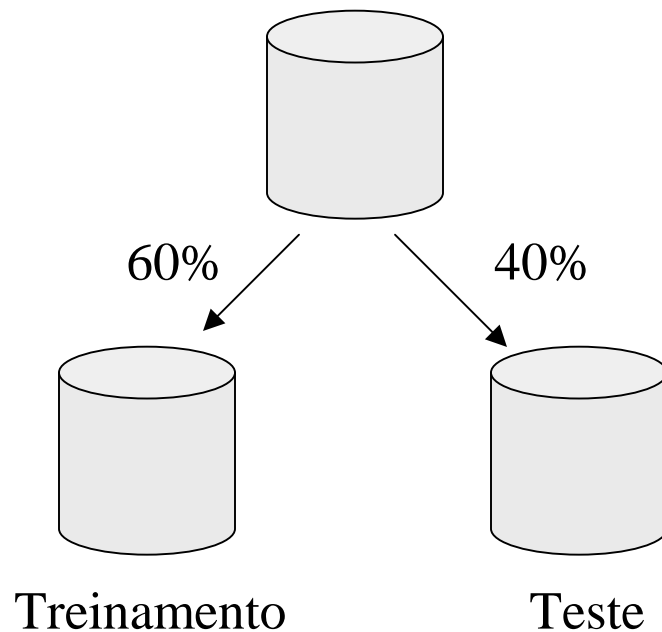
3.  $\rho = 2000$  (exemplo)

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  : limiares

$t$  : época

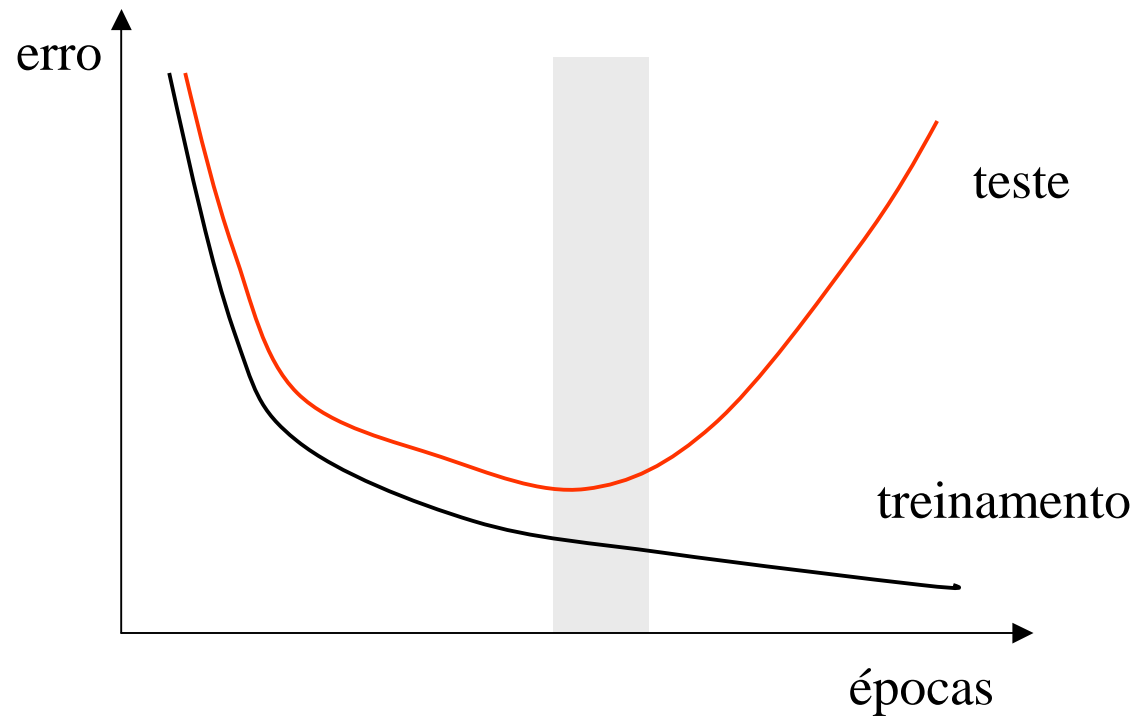
$\rho$  : número máximo de épocas

- **Treinamento (aprendizagem)**
  - inicialização dos pesos
  - taxa de aprendizagem
  - critério parada
  - dados para treinamento e teste



Obs.: exemplos selecionados aleatoriamente em cada época

## ■ Validação cruzada



- Aspectos práticos
  - desempenho
  - robustez
  - implementação

- Aspectos práticos
  - desempenho
  - robustez
  - implementação

## Problemas de classificação

Precisão =  $(1 - \sum_r \chi_r / R) 100\%$

$\chi_r = 0$ , se  $y_i - a_i = 0 \forall i$   
 $\chi_r = 1$ , caso contrário

$r$  :  $r$ -ésimo exemplo

$R$  : número total de exemplos

- Aspectos práticos
  - desempenho
  - robustez
  - implementação

Problemas de aproximação

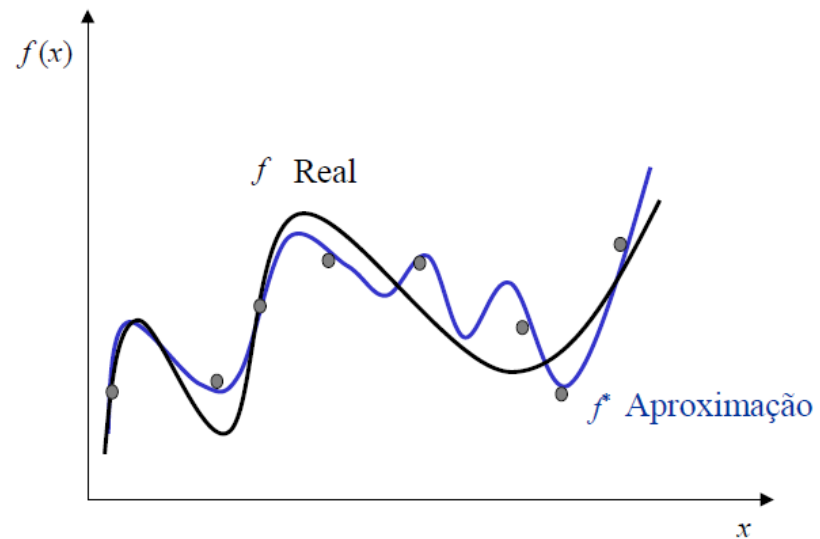
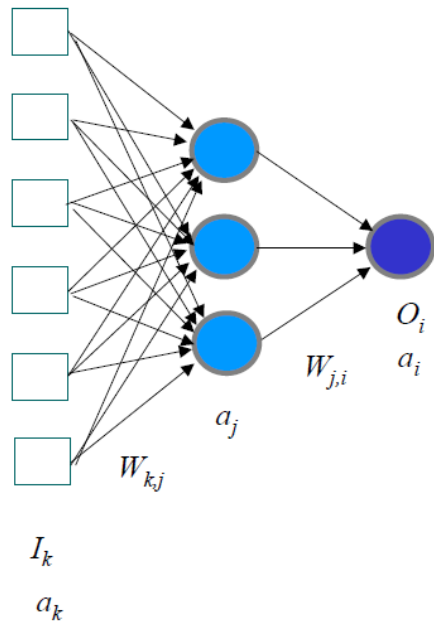
Precisão =  $\sum_r (y_r - a_r)^2 / R$  (erro quadrático médio)

$r$  :  $r$ -ésimo exemplo

$R$  : número total de exemplos

## ■ Aspectos práticos

- desempenho
- **robustez**
- **implementação**





## EPC 2: Redes Neurais

Obs.: O EPC 2 pode ser substituído pela implementação de um controlador neural para o problema de condução do carro do EPC1

Lembrete:

EPC1 (fuzzy) entrega até 29/10

EPC2 (redes neurais) entrega até 06/11

EPC3 (algoritmos genéticos) entrega até 13/11

## ■ Referências

1–Neural Networks: A Comprehensive Foundation  
S. Haykin, 2<sup>nd</sup> Edition, Prentice Hall, 1998

2–Neural networks for Pattern Recognition  
C. Bishop, 1<sup>st</sup> Edition, Oxford University Press, 1996

## Observação

Este material refere-se às notas de aula do curso EA 072 Inteligência Artificial em Aplicações Industriais da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp. Não substitui o livro texto, as referências recomendadas e nem as aulas expositivas. Este material não pode ser reproduzido sem autorização prévia dos autores. Quando autorizado, seu uso é exclusivo para atividades de ensino e pesquisa em instituições sem fins lucrativos.