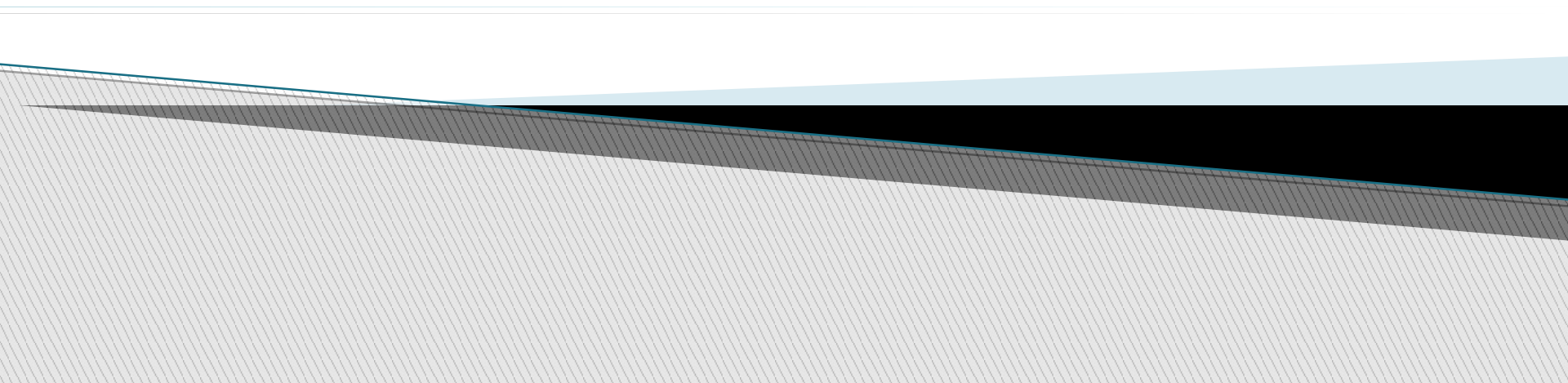


# Inteligência Artificial

## II

Redes Neurais Artificiais  
Prof. Tales Bitelo Viegas



# Conceito de Rede Neural Artificial (RNA)

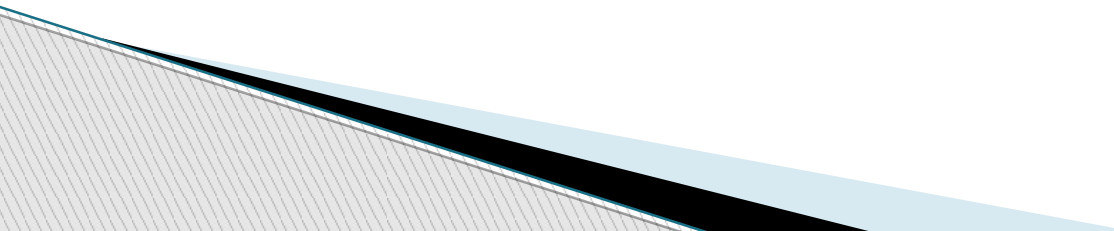
- ▶ “Uma Rede Neural é um processador paralelamente distribuído, constituído de unidades de processamento simples, que têm a propensão natural para armazenar conhecimento experimental e torná-lo disponível para uso.” (Haykin, 2001)

# Conceito de Rede Neural Artificial (RNA)

- ▶ Uma Rede Neural se assemelha ao cérebro em dois aspectos (Haskin, 2001):
  - O conhecimento é adquirido pela rede a partir do ambiente, através de um processo de aprendizagem
  - Forças de conexão entre os neurônios, conhecidas como pesos sinápticos, são usados para armazenar o conhecimento adquirido.

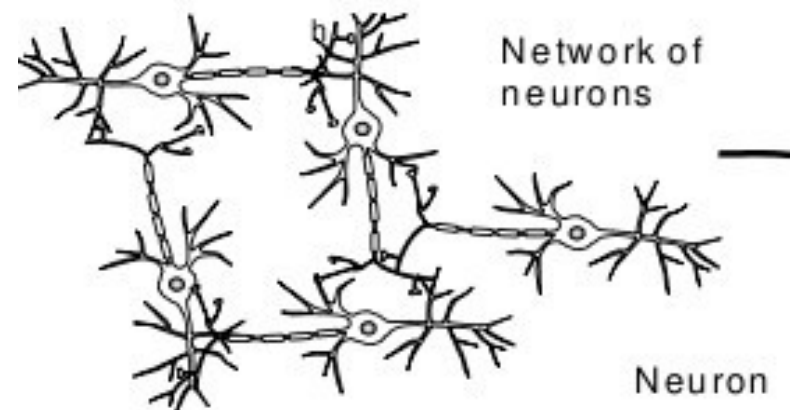
# Conceito de Rede Neural Artificial (RNA)

## ▶ Aplicações:

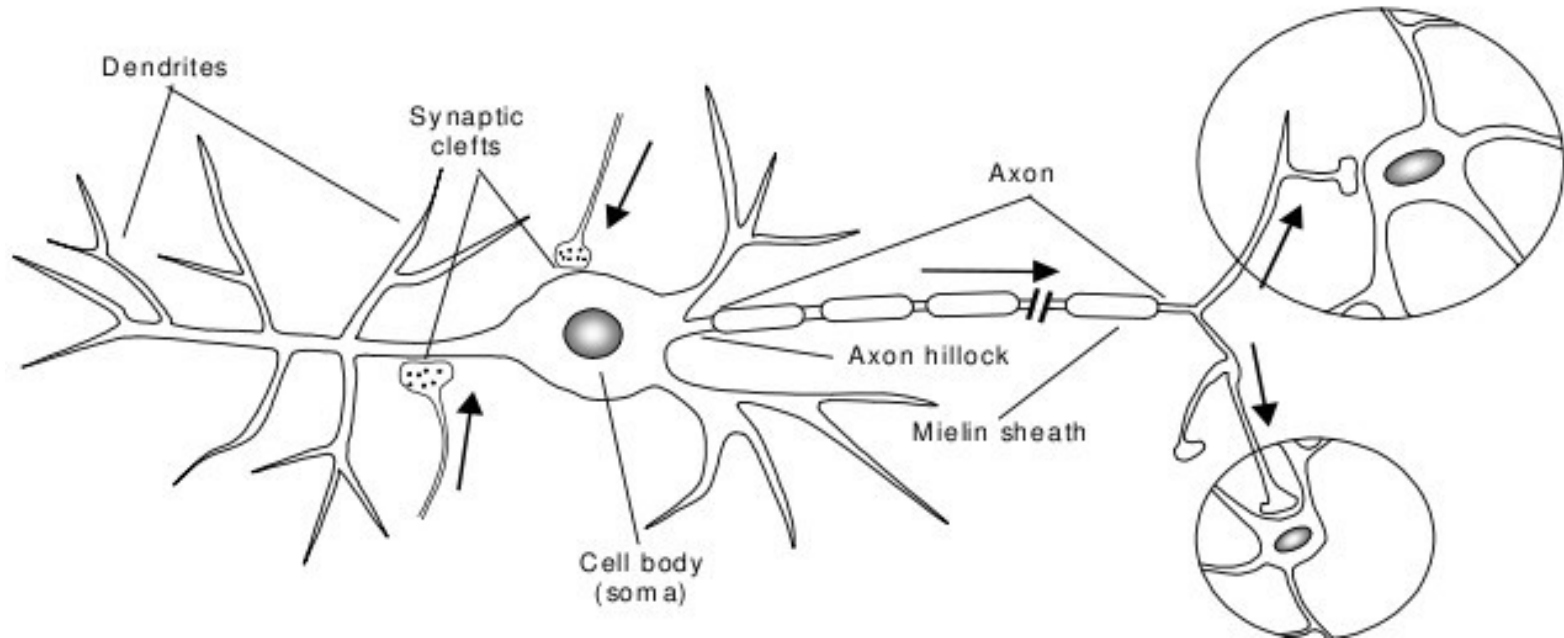
- Reconhecimento de Padrões (visão, voz, imagens, texto, ...)
  - Classificação
  - Clusterização (agrupamento)
  - Memorização
  - ...
- 

# Neurônio Biológico

- ▶ RNAs artificiais são modelos matemáticos inspirados no cérebro humano
- ▶ O cérebro humano é um “processador” com 86 bilhões de neurônios. Os neurônios estão conectados uns aos outros através de sinapses, formando uma grande rede NEURAL.

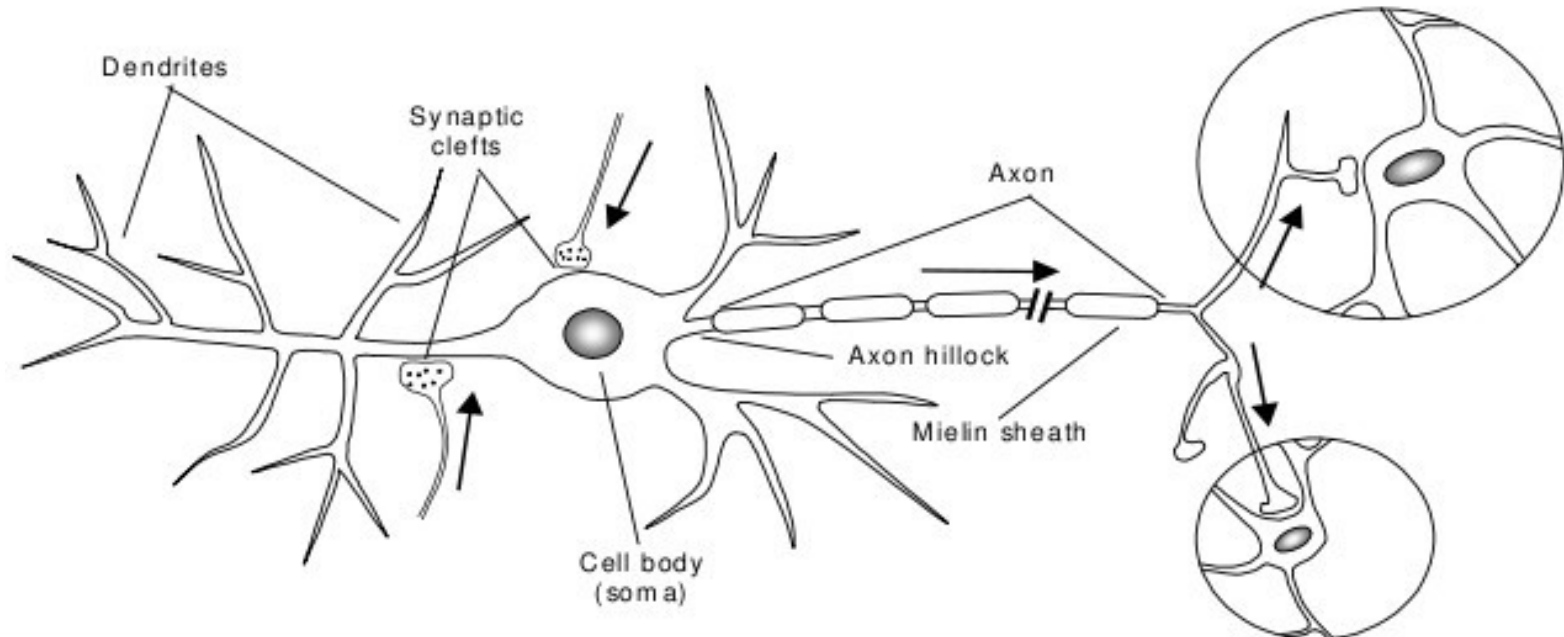


# Neurônio Biológico



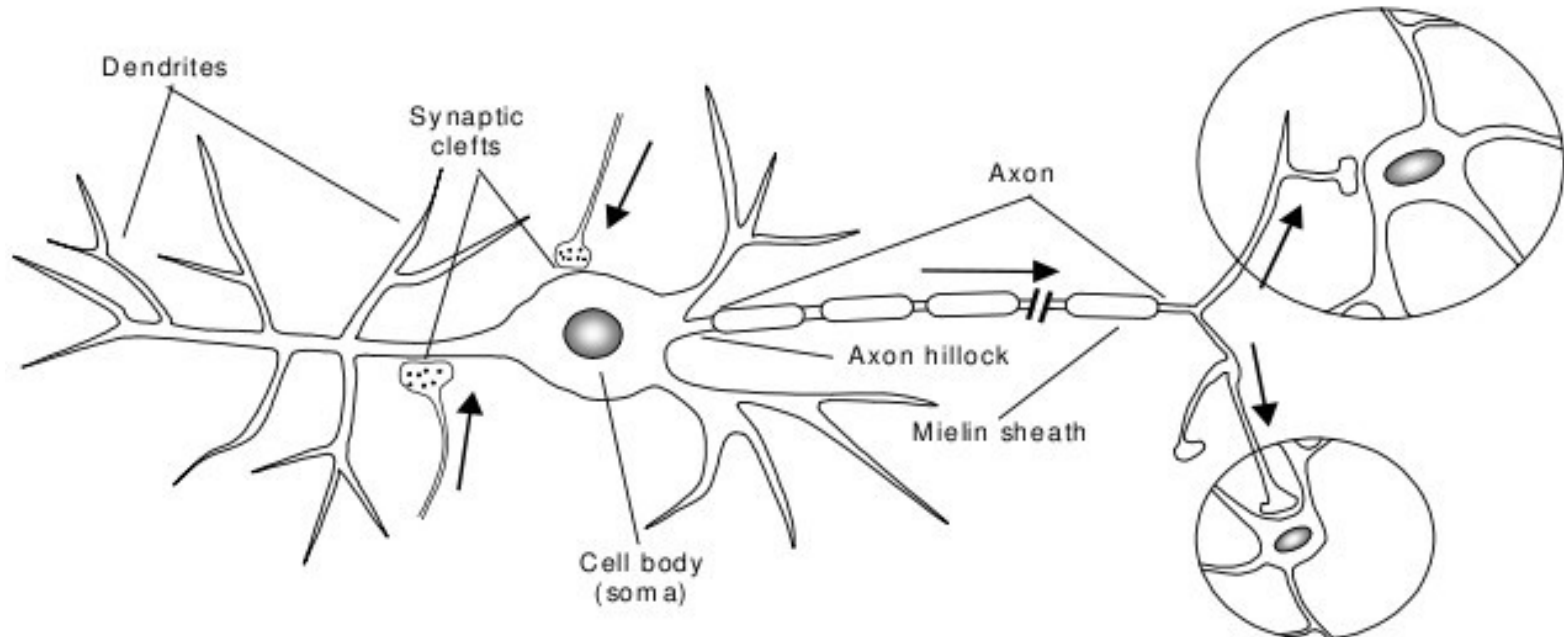
- ▶ *Dendritos:* recebem estímulos de outros neurônios
- ▶ *Corpo celular:* coleta e combina informações vindas de outros neurônios
- ▶ *Axônio:* fibra tubular (pode alcançar até alguns metros) responsável por transmitir os estímulos para as outras células

# Neurônio Biológico



- ▶ *Sinapses* são os pontos onde as extremidades dos neurônios vizinhos se encontram
- ▶ As sinapses transmitem estímulos através de diferentes concentrações de  $\text{Na}^+$  (sódio) e  $\text{K}^+$  (potássio)

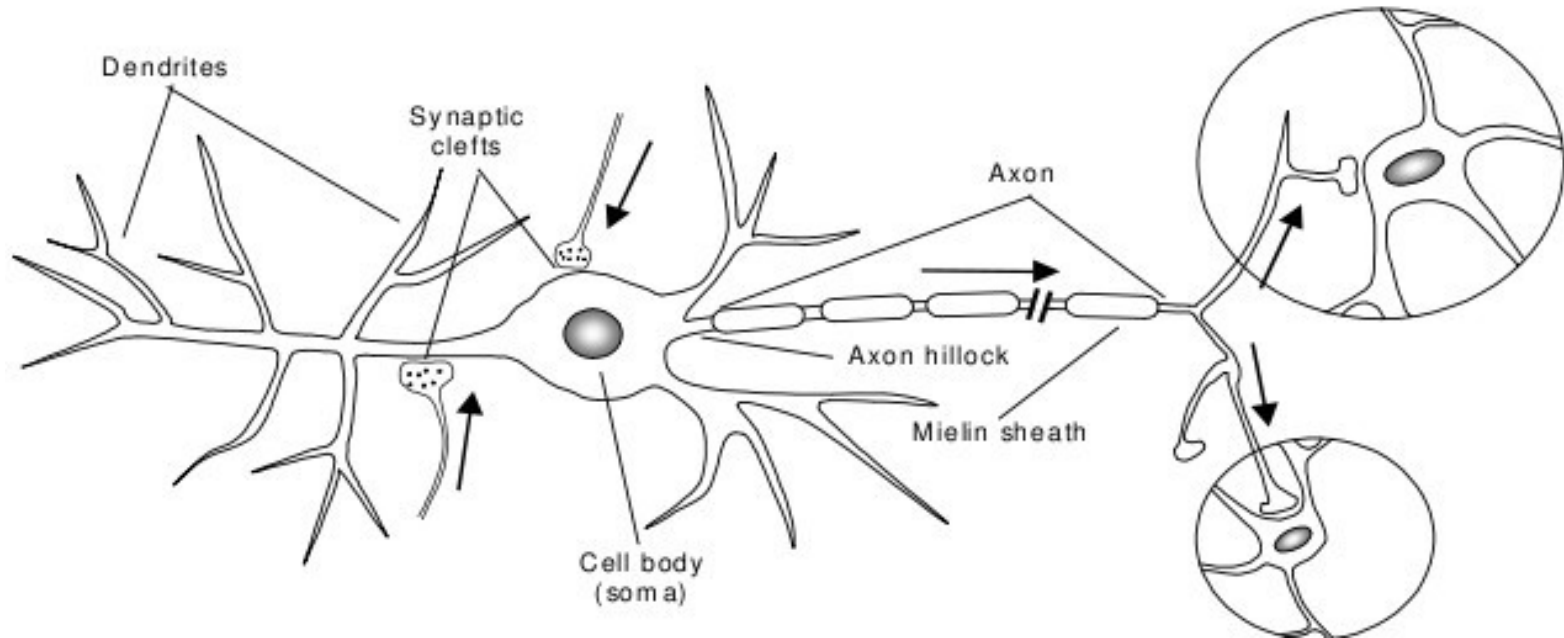
# Neurônio Biológico



- ▶ Os neurônios se comunicam através de impulsos. O neurônio recebe e processa o impulso, produzindo uma substância neurotransmissora que flui do corpo celular para o axônio.

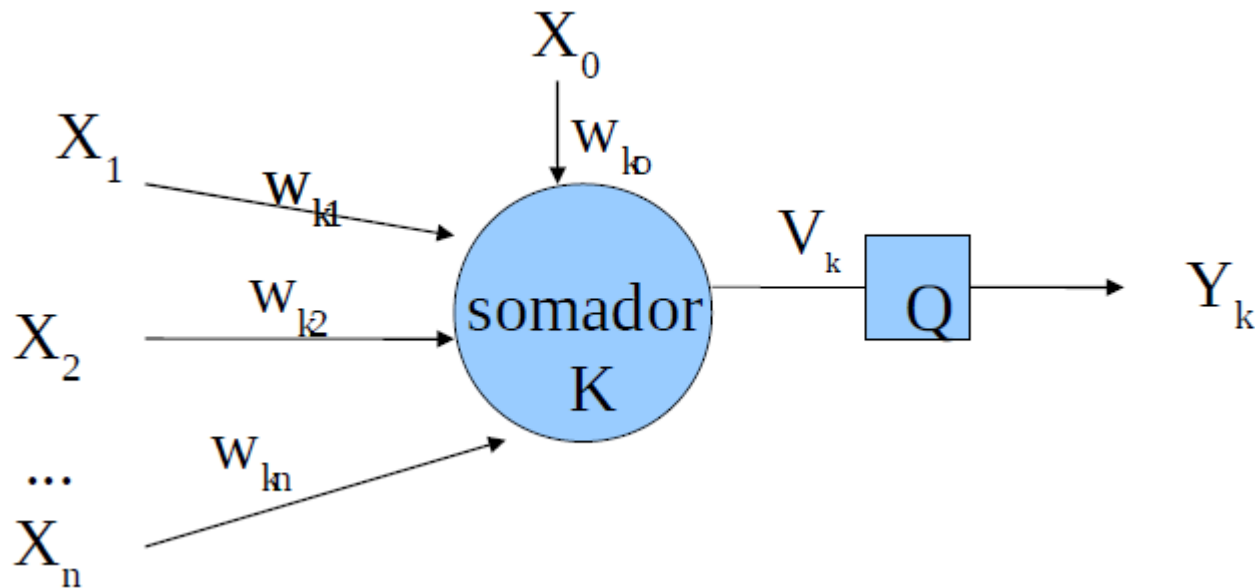


# Neurônio Biológico



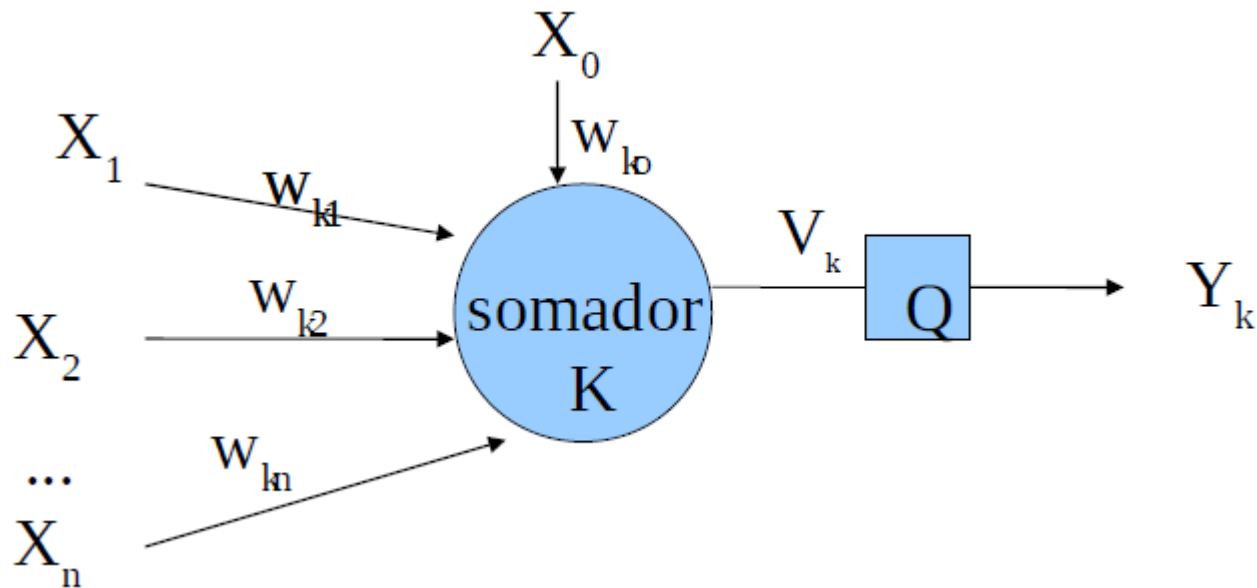
- ▶ O neurônio que transmite o pulso pode controlar a frequência de pulsos aumentando ou diminuindo a polaridade na membrana pós-sináptica.

# Neurônio Artificial



- ▶ Modelo desenvolvido por McCulloch & Pitts na década de 1940.
- ▶ Elementos do neurônio:
  - Entradas  $X_1, X_2, \dots, X_n$ .  $X_0$  é sempre 1
  - Pesos sinápticos:  $W_{kn}$ , onde  $k$  é o neurônio e  $n$  a entrada
  - $W_{k0}$ : peso do bias
  - $V_k$ : campo local induzido
  - $Q$ : função de transferência ou ativação
  - $Y_k$ : saída do neurônio  $k$

# Neurônio Artificial



- ▶  $V_k = \sum (W_{ki} * x_i)$  para  $i=0$  até  $n$
- ▶  $Y_k = Q(V_k)$

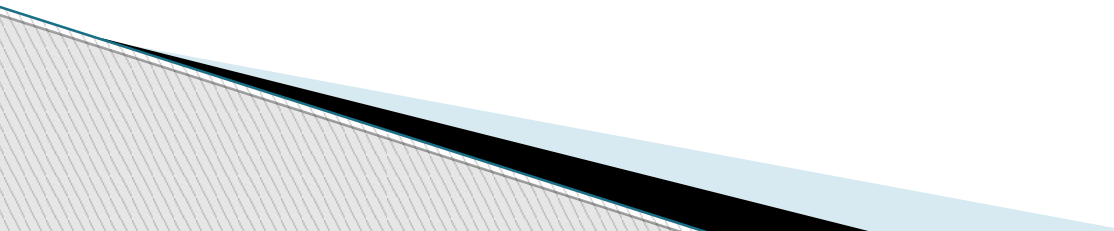
# Neurônio Artificial

- ▶ Função de Transferência

- Limiar

- ▮  $Q(V_k) = 1$  se  $V_k \geq 0$   
 $0$  se  $V_k < 0$

# Rede Perceptron

- ▶ **Perceptron** é uma rede muito simples
  - ▶ Quando constituída de apenas um neurônio é chamada de perceptron elementar
  - ▶ Possui apenas uma camada de neurônios
  - ▶ Pode ter várias entradas e várias saídas
  - ▶ Trabalha com valores discretos tanto para as entradas como para as saídas
- 

# Fases de Construção

- ▶ Fase de **Aprendizagem**
  - Pré-processamento dos dados
  - Treinamento da rede
- ▶ Fase de **Generalização**
  - Pré-processamento dos dados
  - Teste da rede
  - Pós-processamento



# Fases de Construção

## ► **Aprendizagem**


- A rede aprende a padrões a partir de amostras (exemplos)
- Abordagens mais conhecidas:
  - ▢ Supervisionada
  - ▢ Não Supervisionada
  - ▢ Por Reforço

# Aprendizagem Supervisionada

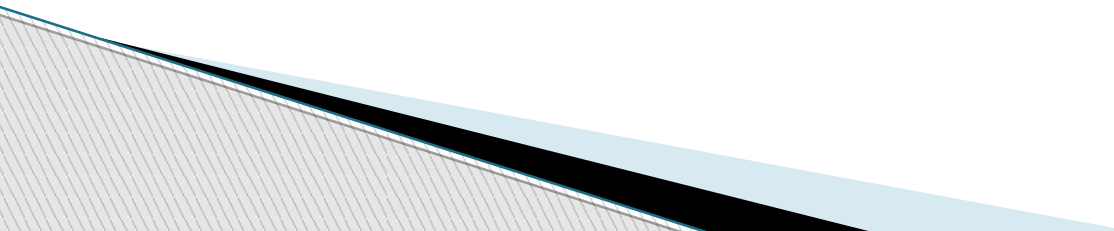
- ▶ Recebe amostras rotuladas
- ▶ Pares (dado, classe) para que a rede aprenda a organizar os dados em classes pré-definidas.
- ▶ Aprende corrigindo o erro.



# Aprendizagem Não-Supervisionada

- ▶ As amostras não são rotuladas.
  - ▶ A rede identifica similaridade entre os dados e os agrupa.
  - ▶ Usa abordagens competitivas, nas quais os neurônios disputam os dados até não ocorrer mais mudanças nos grupos.
  - ▶ Não há classes pré-definidas
- 

# Aprendizagem por Reforço

- ▶ Processo de punição e recompensa.
  - ▶ A rede gera apenas saídas do tipo certo e errado e tenta se corrigir.
  - ▶ Não há erro.
- 

# Fases de Construção

- ▶ Em geral os dados (amostras) são particionados em dois subconjuntos distintos: conjunto de **treino** e conjunto de **teste**.
  - O conjunto de **treino** é usado no treinamento da rede – fase aprendizagem. (80% das amostras)
  - O conjunto de **teste** é usado para validar a rede – fase de generalização. (20% das amostras)

# Fases de Construção

- ▶ Pode haver ainda um conjunto de **configuração**, na etapa de treinamento, que tem como objetivo encontrar a melhor configuração da rede (número de neurônios, número de camadas, ...)

# Fases de Construção

## ► Pré-Processamento

- A rede trabalha apenas com valores de entrada numéricos, os quais devem pertencer ao intervalo  $[0;1]$
- O valor médio de cada valor de entrada deve ser pequeno, se comparado ao desvio padrão
- Algumas formas de transformar os dados
  - ▢ Conversão de campos booleanos em 0 e 1, representando os valores falso e verdadeiro, respectivamente
  - ▢ ...

# Fases de Construção

- ▶ Algumas formas de transformar os dados
  - ...
  - Escalonamento dos campos numéricos para a faixa de 0 a 1. Devem ser reduzidos ou ampliados sem que se perca a proporção relativa entre seus itens de dados. Pode ser definido por:

$$c_i' = \frac{c_i - c_{\min}}{c_{\max} - c_{\min}}$$

- $c_i$  é o valor original do dado,  $c_i'$  é o valor transformado,  $c_{\min}$  é o menor elemento do conjunto e  $c_{\max}$  é o maior elemento do conjunto do padrão de entrada  $c$ .

# Fases de Construção

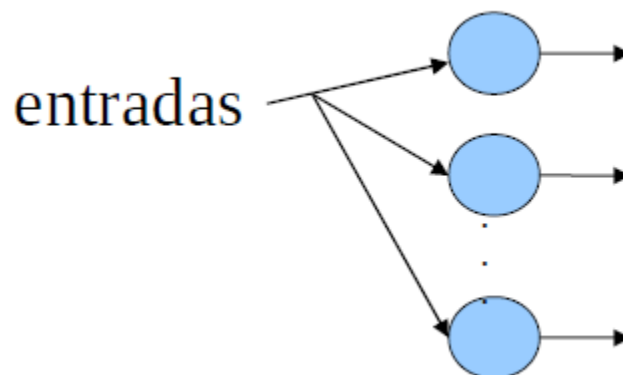
- ▶ Algumas formas de transformar os dados
  - ...
  - Dividir os padrões pelo maior valor do conjunto

# Fases de Construção

- ▶ Exemplo: dados históricos

CPF	Nome	Renda	Dívida	Cliente
1111	Joao	2.000	1.000	Bom
222	Maria	3.000	2.000	Mau
333	Pedro	1.000	500	Mau
44	Carlos	3.000	1.500	Bom

- ▶ Quais são as entradas?
- ▶ Quais são as saídas?



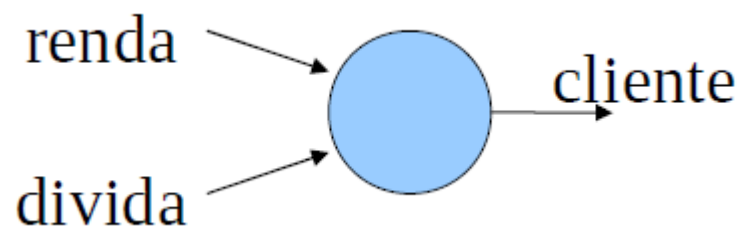


# Fases de Construção

- ▶ Exemplo: dados históricos

CPF	Nome	Renda	Dívida	Cliente
1111	Joao	2.000	1.000	Bom
222	Maria	3.000	2.000	Mau
333	Pedro	1.000	500	Mau
44	Carlos	3.000	1.500	Bom

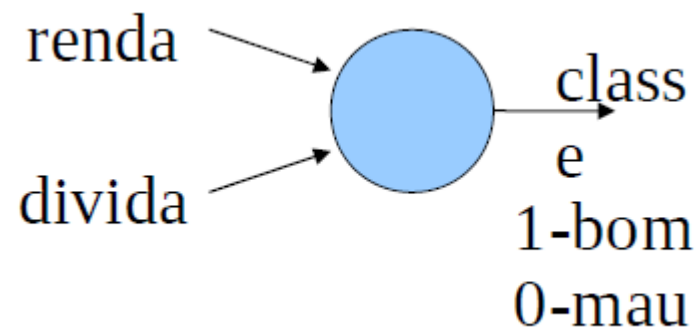
- ▶ Quais são as entradas?
- ▶ Quais são as saídas?
- ▶ Se existissem 4 classes de clientes, quantos neurônios seriam necessários?



# Fases de Construção

- ▶ Pré-Processamento (exemplo simples: divisão pelo maior valor)

Renda	Dívida	Cliente
2.000	1.000	Bom
3.000	2.000	Mau
1.000	500	Mau
3.000	1.500	Bom



# Treinamento

- ▶ Os ciclos de treinamento de uma rede são medidos em **épocas**
- ▶ Uma **época** corresponde a passagem de todos os padrões do conjunto de treino uma vez pela rede
- ▶ Para treinar uma rede são necessárias várias épocas

# Treinamento

- ▶ Rede Perceptron: sendo  $X = \{(amostra_1, d_1), (amostra_2, d_2), \dots\}$  o conjunto de treino

Inicializa os pesos  $w$  da rede com zero

Repetir até encontrar erro zero para todas as amostras{

$epocas = epocas + 1$

    Para cada par de  $X\{$

        Para cada atributo  $x_i$  da amostra, onde  $i=1$  a  $n\{$

            Para cada neurônio  $K$  da rede{

$$v_k = w_{ki} * x_i$$

$$y_k = Q(v_k)$$

$$erro_k = d_k - y_k$$

$$\Delta w_k = \eta * erro_k * x_i$$

$$w_{ki} = w_{ki} + \Delta w_k$$

    }

  }

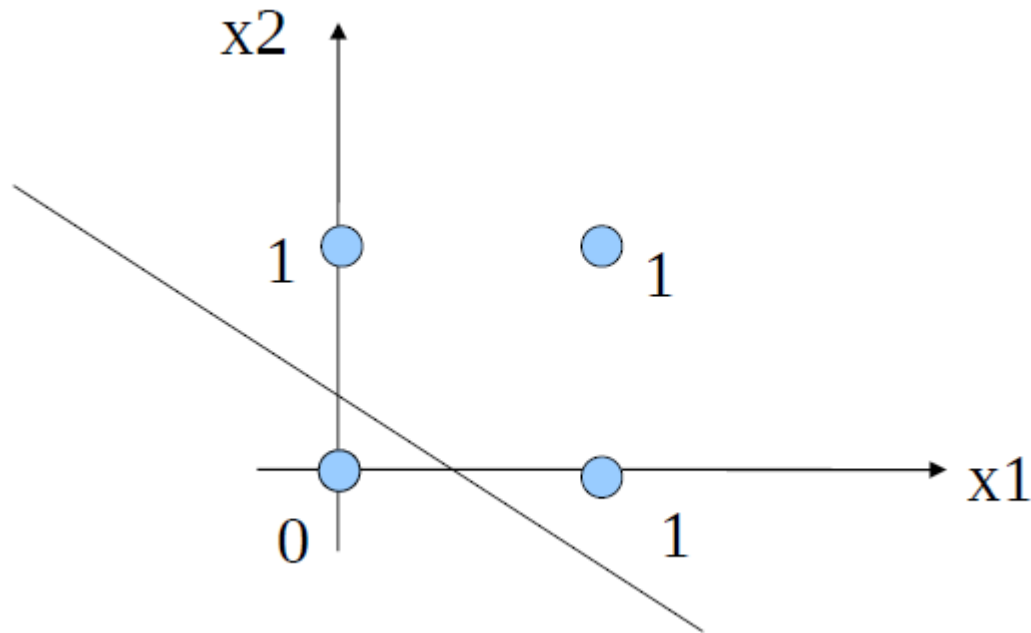
}

}

$\eta$  = taxa de aprendizagem. É um parâmetro do algoritmo. Deve ser positiva

# Treinamento

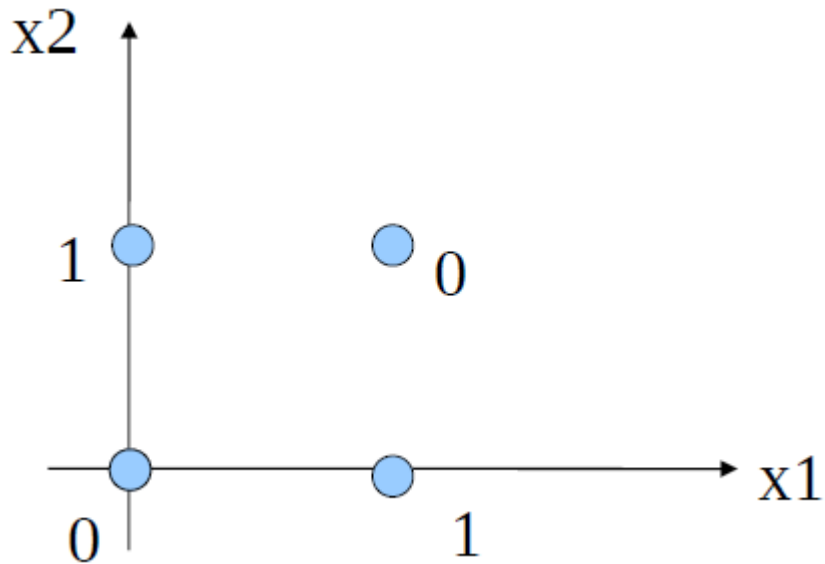
- ▶ Limitações: A rede só consegue convergir quando os dados de entrada são linearmente separáveis. Exemplo: OR



x1	x2	saida
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

# Treinamento

- ▶ Limitações: O XOR a rede não consegue resolver. Não há como traçar uma linha (equação da reta) que separe as duas classes



$x_1$	$x_2$	saida
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0