

# Redes Neurais

prof. Luis Otavio Alvares

prof. Luis Otavio Alvares

# Abordagens não simbólicas

- A IA clássica segue o paradigma da *computação simbólica*
- As redes neurais deram origem a chamada IA *conexionista*, pertencendo também a grande área da *Inteligência Computacional (IC)*
- A semântica do domínio não precisa ser introduzida explicitamente no modelo computacional
- O sistema pode *induzir* este conhecimento através de um processo de *aprendizagem*

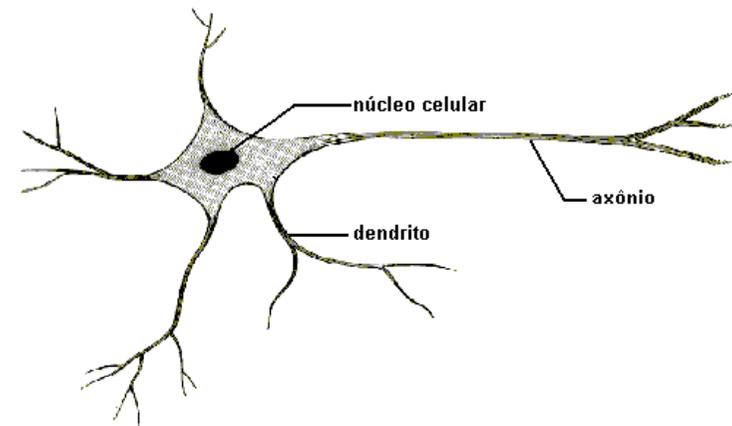
prof. Luis Otavio Alvares

# O modelo biológico

- O cérebro humano possui cerca 100 bilhões de neurônios
- O neurônio é composto por um corpo celular chamado **soma**, ramificações chamadas **dendritos** (que recebem as entradas) e um prolongamento denominado **axônio** que tem como função transmitir o sinal do corpo celular para suas extremidades (é a saída do sinal). As extremidades do axônio são conectadas com dendritos de outros neurônios pelas **sinapses**, formando grandes redes.

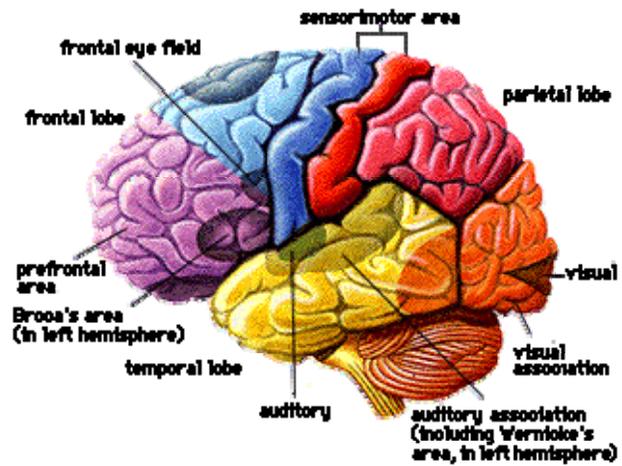
prof. Luis Otavio Alvares

# O modelo biológico



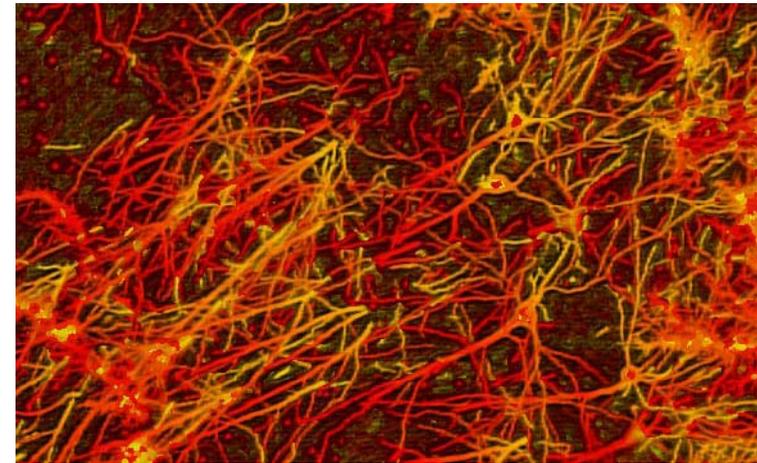
prof. Luis Otavio Alvares

# O cérebro humano

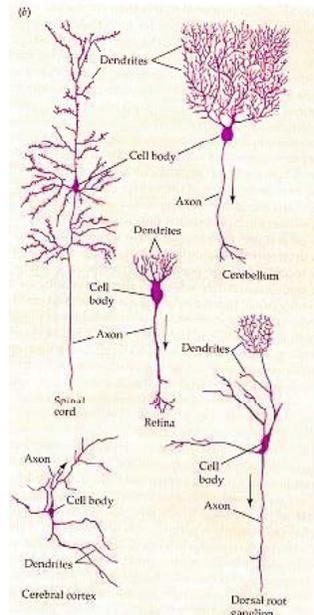


prof. Luis Otavio Alvares

# Exemplos de Neurônios

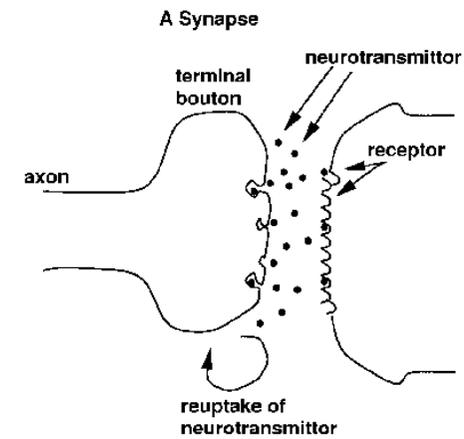


prof. Luis Otavio Alvares



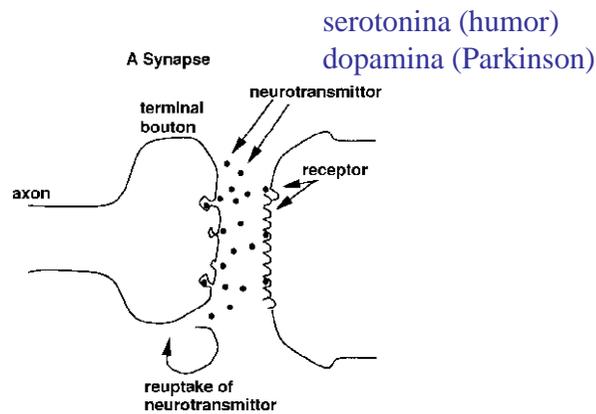
prof. Luis Otavio Alvares

# A sinapse



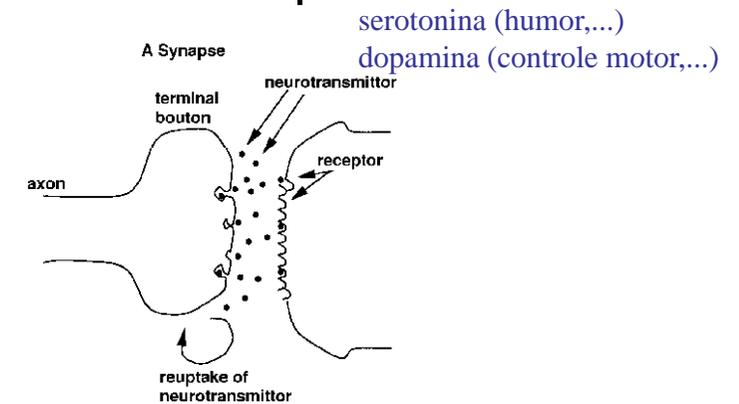
prof. Luis Otavio Alvares

## A sinapse



prof. Luis Otavio Alvares

## A sinapse



Prozac inibe a recaptação da serotonina, potencializando com isso o efeito da serotonina  
Cocaína bloqueia a recaptação da dopamina

prof. Luis Otavio Alvares

## Breve histórico

- 1880-1911 – identificação e estudos dos neurônios
- 1943 – McCulloch e Pitts:
  - primeiro modelo matemático de Redes Neurais Artificiais
  - combinação de vários neurônios simples possui elevado poder computacional
  - qualquer função matemática ou lógica pode ser implementada
- 1949 – Donald Hebb no livro The Organization of Behavior definiu o conceito de atualização de pesos sinápticos
- 1958 – Implementação do primeiro modelo de neurônio artificial: o perceptron, por Franck Rosemblat

prof. Luis Otavio Alvares

## Breve histórico (cont.)

- 1969 – No livro Perceptrons: an Introduction to Computational Geometry, M. Minsky e S. Papert mostram que com um perceptron de uma camada não é possível representar problemas não linearmente separáveis, como o operador XOR.
- 1970 a 1980 – buraco negro
- 1980 a ...- desenvolvimento de novas arquiteturas de redes neurais e de novos algoritmos de aprendizagem. É o “renascimento” das redes neurais.

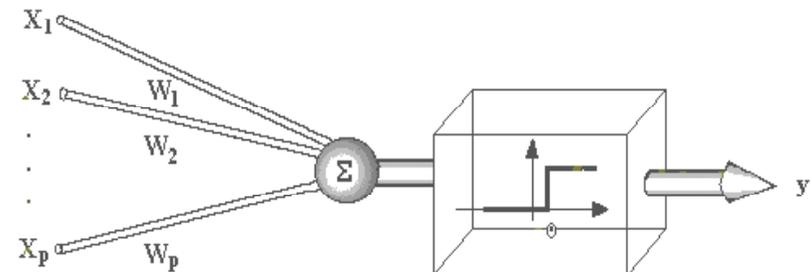
prof. Luis Otavio Alvares

# Perceptron

- primeiro neurônio artificial
- modela um neurônio biológico realizando a soma ponderada de suas entradas e enviando o resultado 1 se a soma for maior que um valor inicial ajustável. Caso contrário o resultado é zero

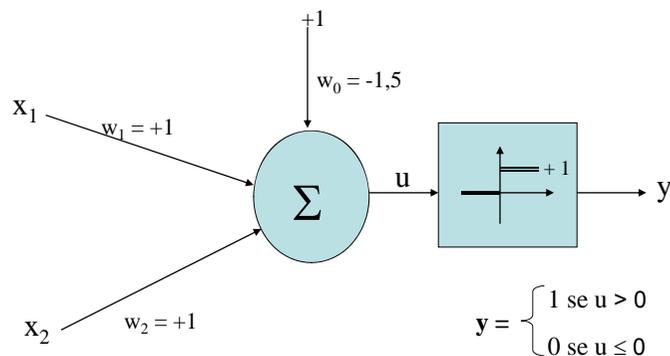
prof. Luis Otavio Alvares

# Perceptron (cont.)



prof. Luis Otavio Alvares

# Exemplo



prof. Luis Otavio Alvares

# Perceptron (cont.)

- perceptron computa uma função binária de suas entradas
- vários perceptrons podem ser combinados para computar funções mais complexas
- o perceptron pode *aprender* a computar tudo o que ele computa

prof. Luis Otavio Alvares

## Perceptron (cont.)

- pode-se descrever um algoritmo de aprendizagem como:
  - se o perceptron dispara quando não deve disparar, diminua cada  $w_i$  de um número proporcional a  $x_i$ ;
  - se o perceptron deixa de disparar quando deveria, aumente cada  $w_i$  de um número proporcional a  $x_i$ .

prof. Luis Otavio Alvares

## Regra de aprendizagem do perceptron

$$W(n+1) = W(n) + \eta * (D(n)-Y(n)).X(n)$$

onde:

- $\eta$  é a constante de correção do erro
- $D$  é a saída desejada
- $Y$  é a saída fornecida
- $X$  é o vetor de entrada
- $W$  é o vetor de pesos

prof. Luis Otavio Alvares

## Características das RNA

- grande número de elementos de processamento muito simples, inspirados nos neurônios biológicos
- um grande número de conexões ponderadas entre os elementos (neurônios artificiais)
- os pesos das conexões codificam o conhecimento de uma rede neural;
- controle altamente distribuído e paralelo;
- ênfase na aprendizagem automática.

prof. Luis Otavio Alvares

## Elementos de processamento (neurônios)

- Os elementos de processamento das redes neurais artificiais são os neurônios artificiais
- Cada neurônio recebe um padrão de entrada e produz um único valor de saída (necessita apenas de informações locais)
- A saída é função apenas das entradas e dos pesos das conexões

prof. Luis Otavio Alvares

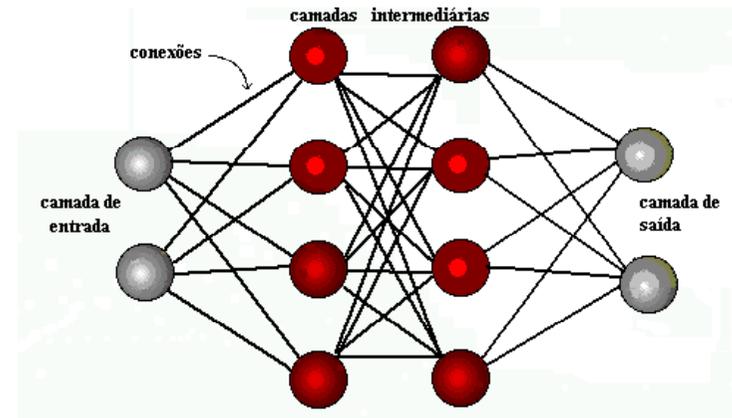
## Organização em camadas

As redes neurais são formadas por um conjunto de neurônios organizados em três camadas:

- **camada de entrada** - onde os padrões são apresentados à rede (dados de entrada da rede)
- **camadas intermediárias** ou escondidas - onde é realizada a maior parte do processamento.
- **camada de saída** - onde o resultado final é concluído e apresentado.

prof. Luis Otavio Alvares

## Organização em camadas



prof. Luis Otavio Alvares

## Processamento da informação: entrada

- cada entrada corresponde a um atributo simples
- o *valor* de um atributo é a entrada na rede.
- redes neurais artificiais processam apenas números
- atributos qualitativos ou desenhos, por exemplo, precisam antes ser transformados em valores numéricos

prof. Luis Otavio Alvares

## Processamento da informação: saída

- a saída da rede é a solução do problema
- por exemplo, se o resultado deve ser “sim” ou “não”, a rede atribui valores numéricos, por exemplo 1 para sim e 0 para não

prof. Luis Otavio Alvares

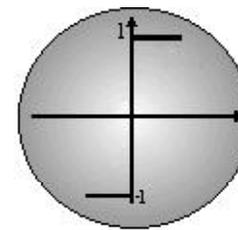
## Processamento da informação: conexão

- liga dois neurônios e possui um peso
- o peso expressa a importância relativa dada à entrada antes do processamento:
  - Se o peso for **positivo** a conexão é dita **excitatória**
  - se for **negativo** é dita **inibitória**
  - Se o peso for **zero** é como se a conexão não existisse.

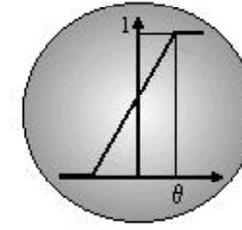
prof. Luis Otavio Alvares

## Processamento da informação: função de limiar

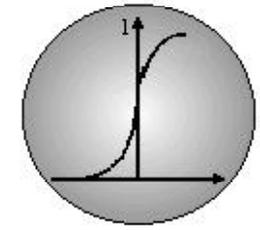
- é responsável pela determinação da forma e da intensidade de alteração dos valores de saída



Hard Limiter



Threshold Logic



Sigmoid

prof. Luis Otavio Alvares

## Aprendizagem

- Uma das principais características das redes neurais é a capacidade de aprendizagem automática
- processo de aprendizagem = *treinamento da rede*
- função de aprendizado: modelo matemático utilizado no treinamento da rede
- separação dos dados existentes sobre o problema em dois conjuntos.
  - um para treinar a rede (ajustar os seus pesos)
  - outro para validação.

prof. Luis Otavio Alvares

## Parâmetros de Classificação

As redes neurais podem ser classificadas, através de suas características básicas:

- tipo de entrada
- forma de conexão
- tipo de aprendizado

prof. Luis Otavio Alvares

## Tipo de entrada

Quanto ao tipo de valores de entrada, as redes podem ser:

- **binárias**: as que aceitam entradas discretas, como 0 e 1, -1 e 1.
- **intervalares**: os modelos que aceitam qualquer valor numérico como entrada

prof. Luis Otavio Alvares

## Forma de conexão

- *à frente (feedforward)*: modelos nos quais dado um conjunto de valores de entrada estes são transformados em valores de saída, convergindo em uma saída esperada.
- *Retro-alimentação (feedback)*: os sinais são alterados em diversas iterações, sendo a saída também alimentadora da entrada

prof. Luis Otavio Alvares

## Tipos de aprendizado

- *Supervisionados*: modelos para os quais existe uma definição entre o padrão de entrada e os valores de saída
- *não-supervisionados*: modelos que limitam-se a fazer uma representação de distribuição de probabilidades dos padrões de entrada. Cada neurônio de saída vai aprender um centro de *clusterização*

prof. Luis Otavio Alvares

## Vantagens

Características das redes neurais:

- capacidade de apresentar bons resultados mesmo com entradas incompletas ou imprecisas: *generalização*
- *adaptação*
- *tolerância a falhas*
- não exige tanta aquisição de conhecimento

prof. Luis Otavio Alvares

## Limitações

- não fornece explicações
- requer grande quantidade de dados
- tempo de treinamento muito grande
- dificuldade para definir os dados de entrada e a topologia da rede

prof. Luis Otavio Alvares

## Aplicações

- As redes neurais têm excelente desempenho em problemas de reconhecimento de padrões e em problemas de classificação
- exemplos de aplicação:
  - reconhecimento de caracteres
  - reconhecimento de imagens
  - reconhecimento de voz
  - identificação de impressões digitais
  - cartão de crédito
  - diagnóstico médico

prof. Luis Otavio Alvares

## Aplicações

- **Análise de investimentos:** tentando prever o comportamento de ações da bolsa de valores, a partir do comportamento anterior
- **Análise de assinatura:** mecanismo para comparar assinaturas (por exemplo em cheques) com outras armazenadas. Foi uma das primeiras aplicações em larga escala e uma das primeiras a usar um chip específico.
- **Monitoramento:** redes neurais são usadas para monitorar:
  - o estado de motores de avião - monitorando os níveis de vibração e o som emitido, avisos de problemas nos motores podem ser emitidos quando estão aparecendo e ainda não são críticos
  - locomotivas diesel - a British Rail testou aplicação similar em locomotivas diesel
- **Marketing:** para traçar perfil de usuários e para escolher a quem enviar mala direta

prof. Luis Otavio Alvares

## Bibliografia

- Redes Neurais: princípios e prática. Simon HAYKIN. Porto Alegre: Bookman, 2001
- Redes Neurais Artificiais: teoria e aplicações. Antônio P. BRAGA, Teresa LUDERMIR e André C.P.L.F. CARVALHO. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

prof. Luis Otavio Alvares

## Sites

- <http://diwww.epfl.ch/mantra/tutorial/english/index.html>

prof. Luis Otavio Alvares

## Regra de aprendizagem do perceptron

$$\Delta W_i = \eta * (D-Y).x_i \quad \text{onde:}$$

- $\eta$  é a constante de correção do erro,
- D é a saída desejada
- Y é a saída fornecida
- X é o vetor de entrada
- W é o vetor de pesos

prof. Luis Otavio Alvares

## Exemplo

prof. Luis Otavio Alvares