

# Inteligência Artificial

Redes Neurais Artificiais  
Self-Organizing Map

José Luis Seixas Junior

# Índice

- Introdução;
- Aprendizado Competitivo;
- Matriz-U;
- Mapa Auto-Organizável;
- Atividade;



# Introdução

- Estrutura proposta por Teuvi Kohonen (1984);
- Foco em agrupamentos e identificação de padrões;
- Grade bidimensional de neurônios;
- Cada neurônio é um vetor de  $n$  características;
- Inicialmente com valores aleatórios;
  - Podem ser feitos com valores não aleatórios, desde que, demonstrem uma pré-disposição dos dados.

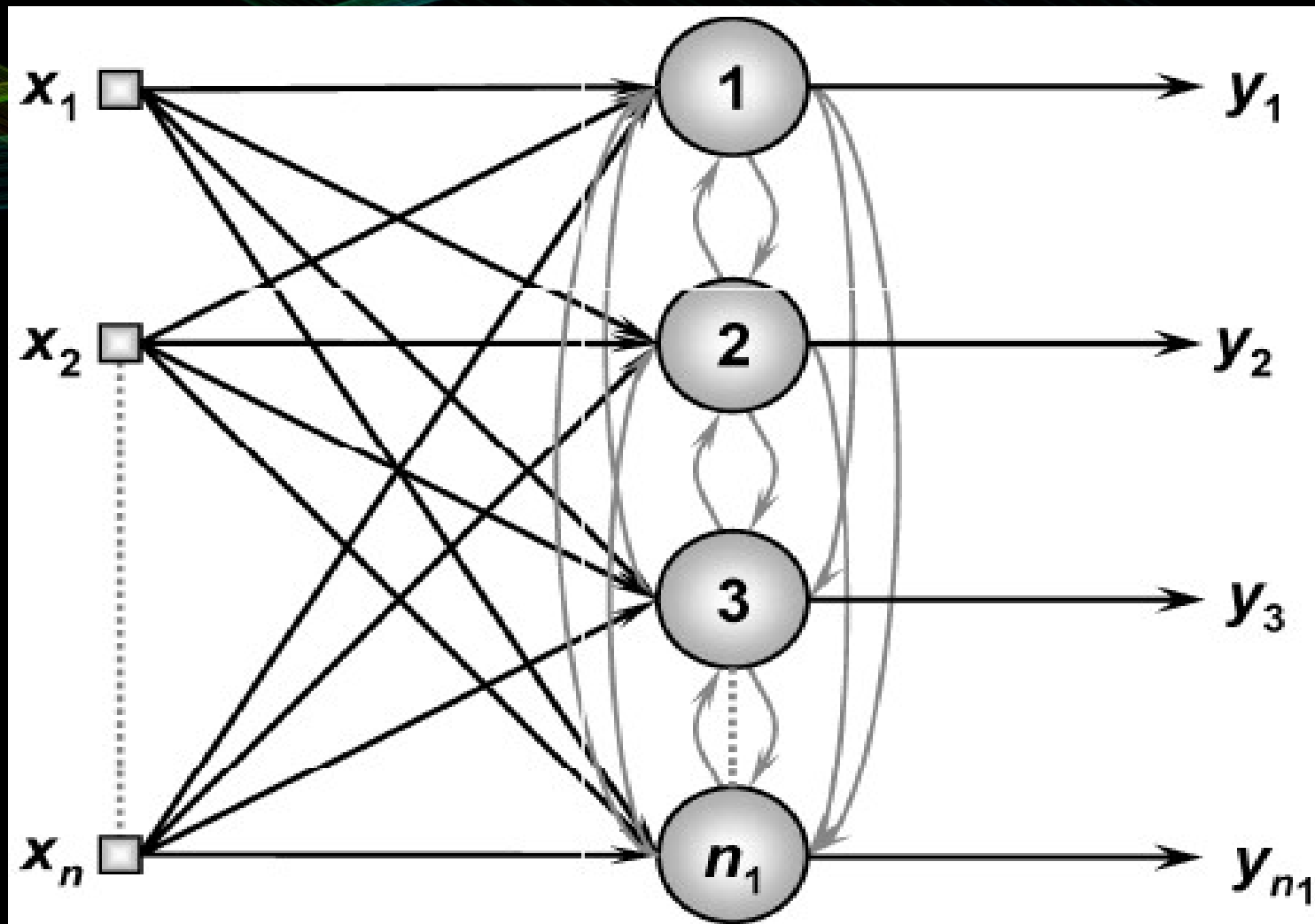
# Introdução

- Aprendizado competitivo;
- Não supervisionado;
- Generalização do conhecimento;
- Capacidade de aprendizado através da detecção de similaridades, correlações e regularidades;



# Aprendizado Competitivo

- Arquitetura de uma única camada;



# Aprendizado Competitivo

- Cada neurônio tem um vetor de pesos das características de entradas;
- Objetivo é “vencer a concorrência” de semelhança com os valores de entradas:
  - Reafirmando a proximidade da classe;
- O neurônio vencedor reajusta seus pesos de acordo com as entradas;
- A priori somente o vencedor tem pesos ajustados;



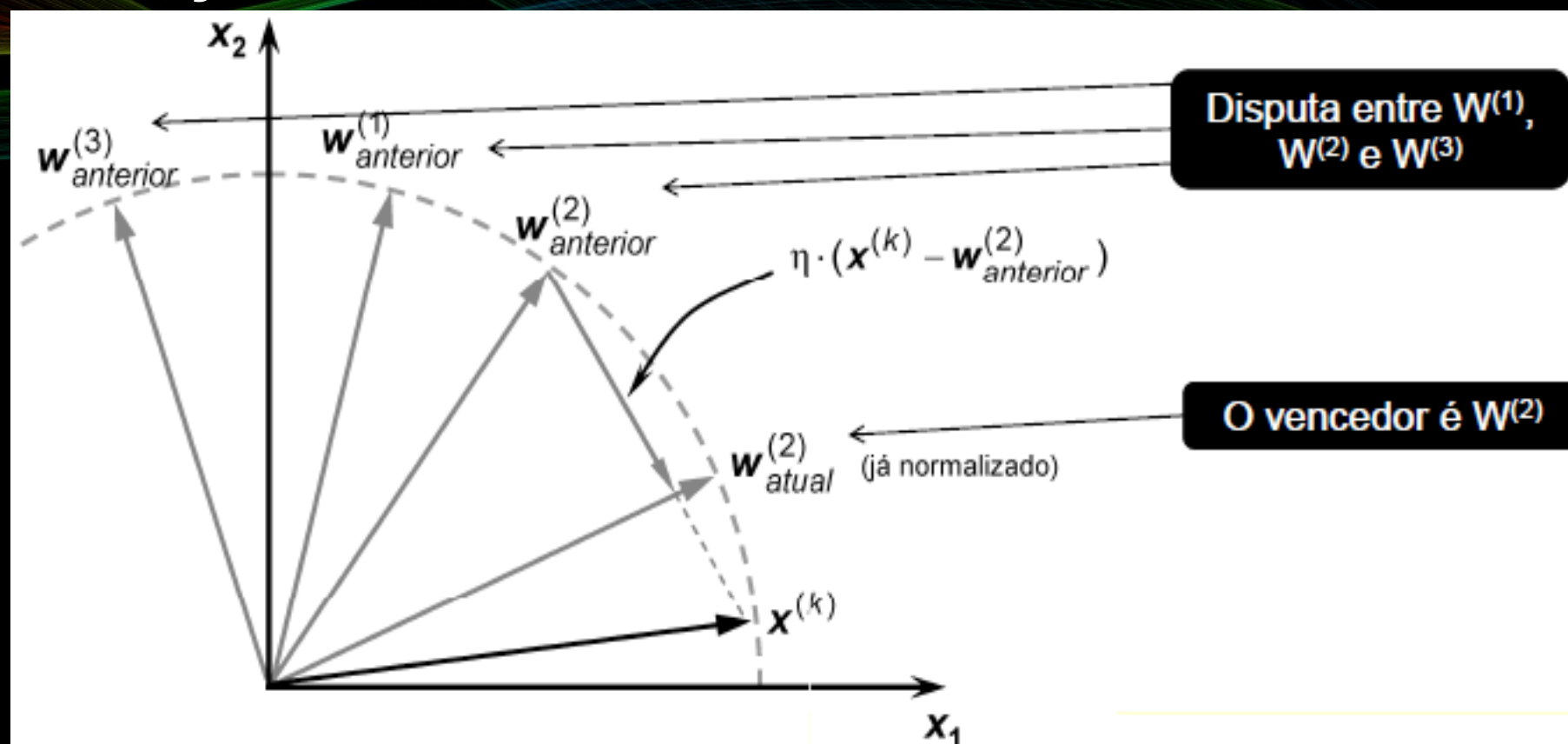
# Aprendizado Competitivo

- É recomendada a normalização dos vetores de entrada para o aprendizado;
- Divisão de cada valor do vetor pelo seu módulo;

$$|v| = \sqrt{(v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_n^2)}$$

# Aprendizado Competitivo

- A atualização normalizada altera apenas a direção do vetor;





# Aprendizado Competitivo

- Quem é o neurônio vencedor?!

$$dist_j^{(k)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( x_i^{(k)} - w_i^{(j)} \right)^2}$$

# Aprendizado Competitivo

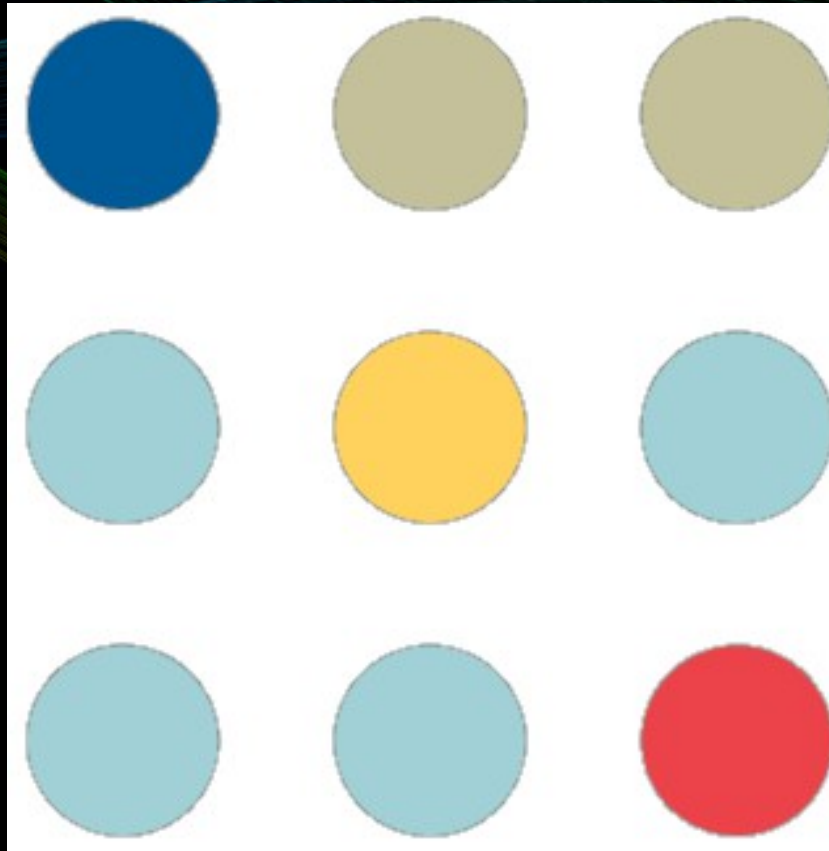
- $dist$  é a distância (Norma Euclidiana) entre  $x$  (entrada) e  $w$  (pesos) do neurônio  $j$  para amostra  $k$ ;
- O vetor com a menor distância da entrada será o vencedor!
- O prêmio é a atualização;

$$dist_j^{(k)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i^{(k)} - w_i^{(j)})^2}$$



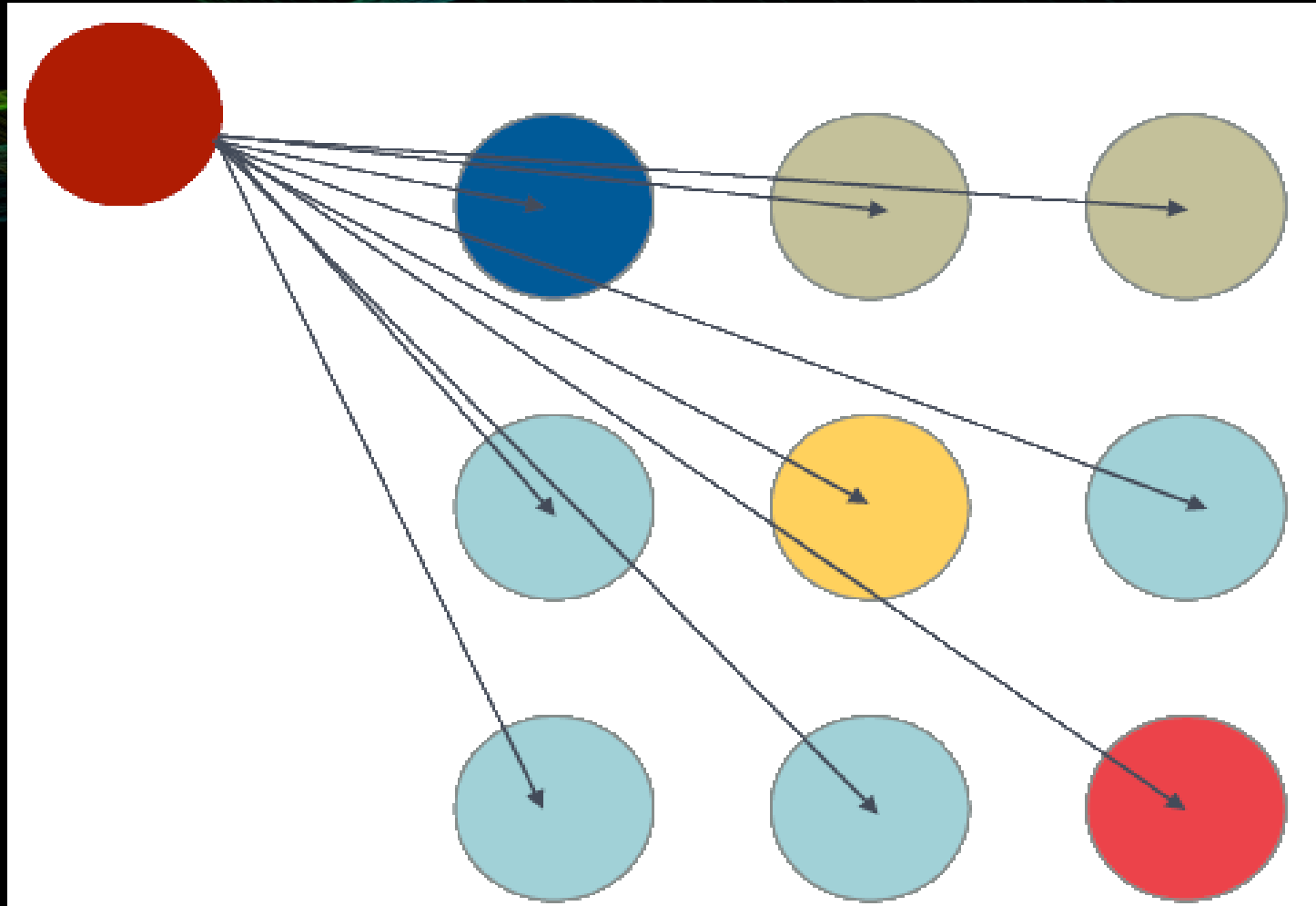
# Exemplo

- Cada neurônio possui a característica “cor”;



# Exemplo

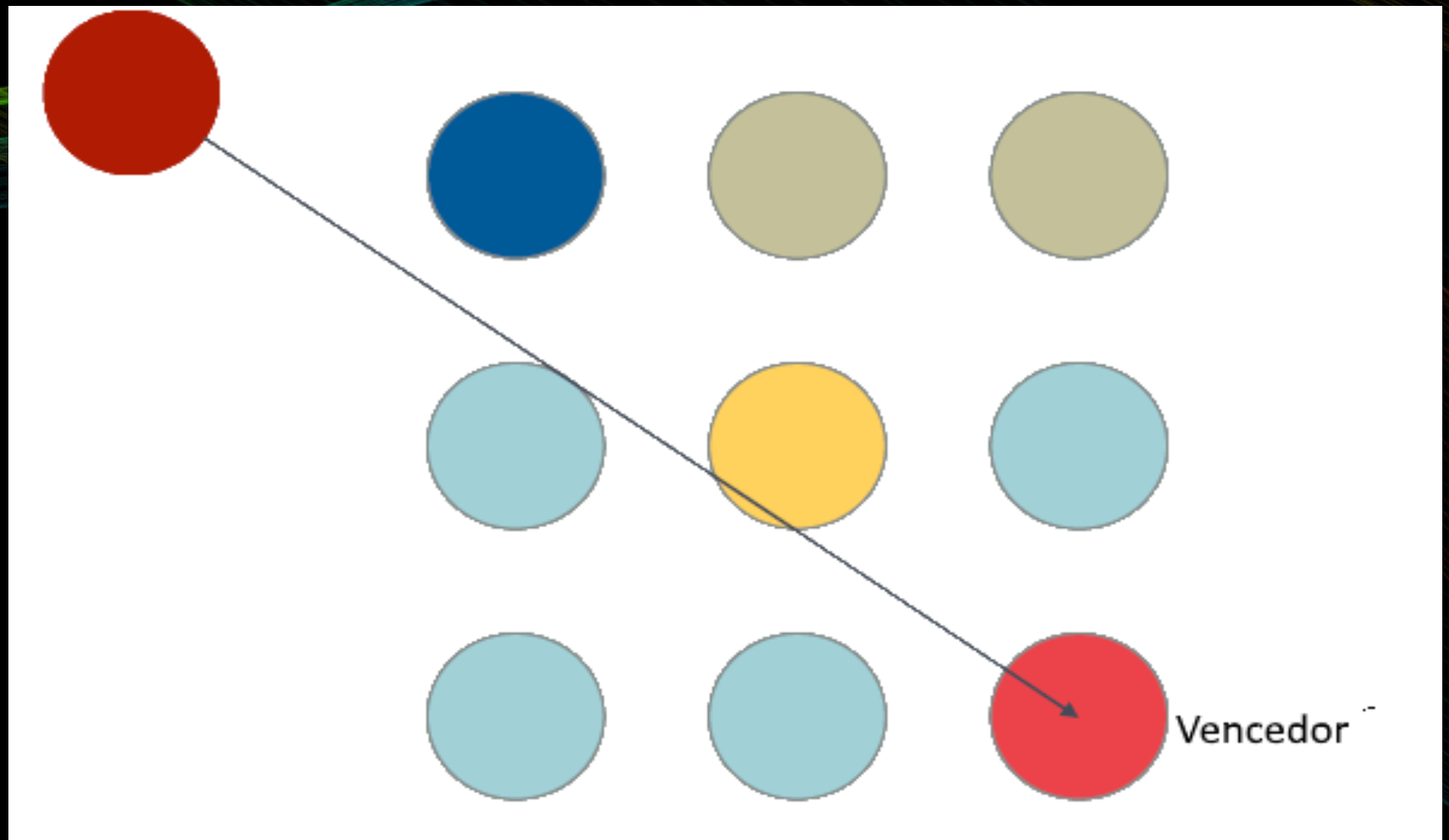
- Novo dado para treinamento comparado;





# Exemplo

- O neurônio mais semelhante é o vencedor;



# Exemplo

- O aprendizado competitivo convencional elege o vencedor e este será atualizado;
- No SOM, os vizinhos têm pesos recalculados;
- Aplicação de uma função de suavização de distância;





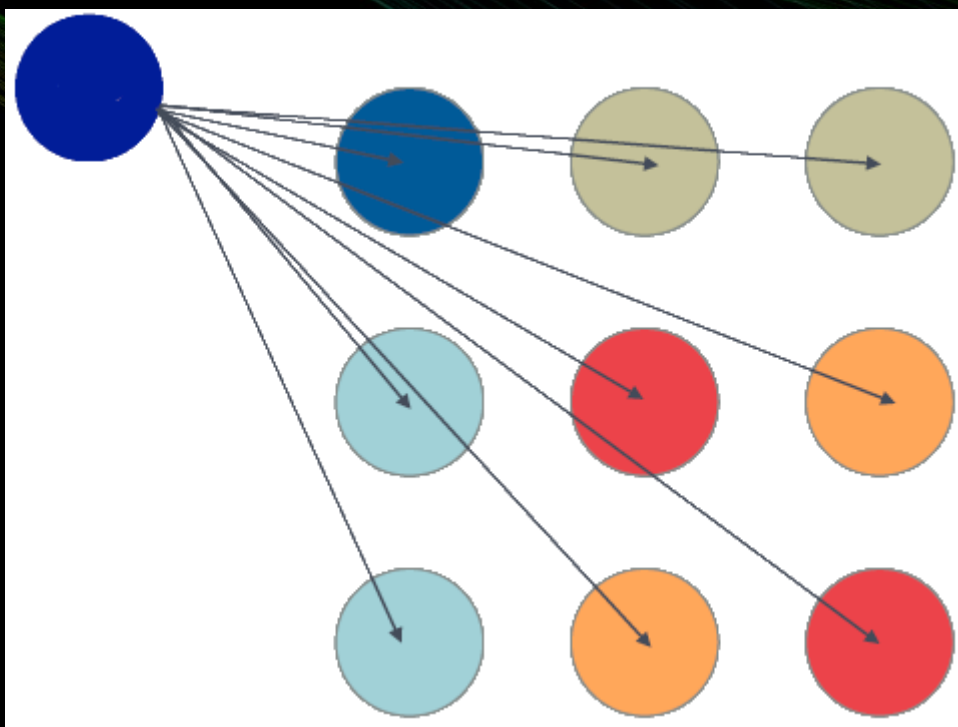
# Exemplo

- O aprendizado competitivo convencional elege o vencedor e este será atualizado;
- No SOM, os vizinhos têm pesos recalculados;
- Aplicação de uma função de suavização de distância;



# Exemplo

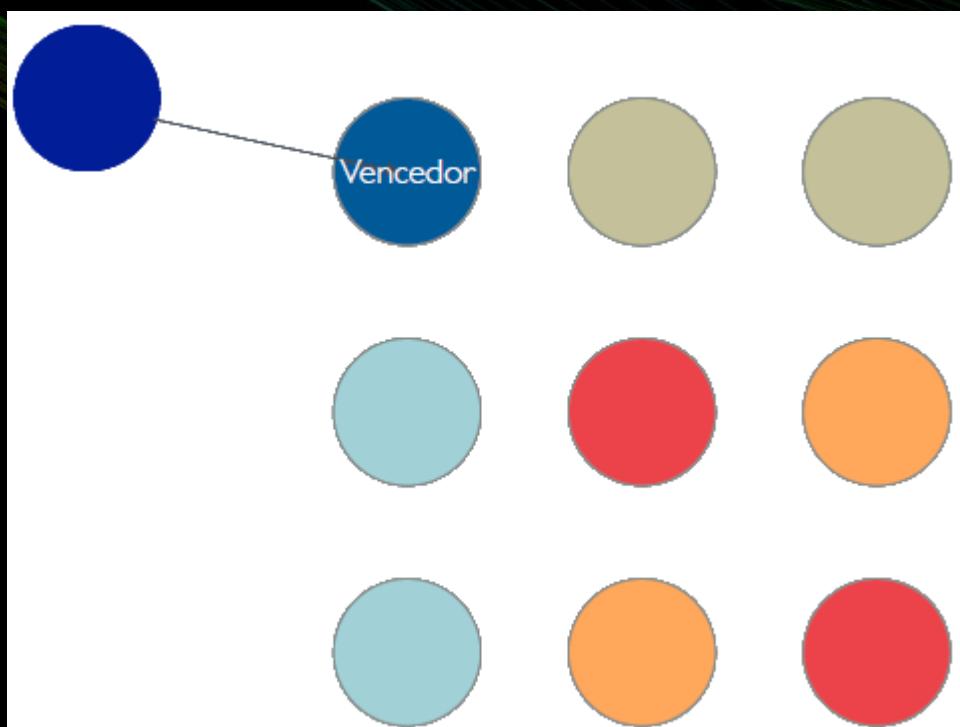
- O processo é repetido para todos os  $k$  dados;
- Resultado é a grade (mapa) treinado;





# Exemplo

- O processo é repetido para todos os  $k$  dados;
- Resultado é a grade (mapa) treinado;



# Exemplo

- O processo é repetido para todos os  $k$  dados;
- Resultado é a grade (mapa) treinado;

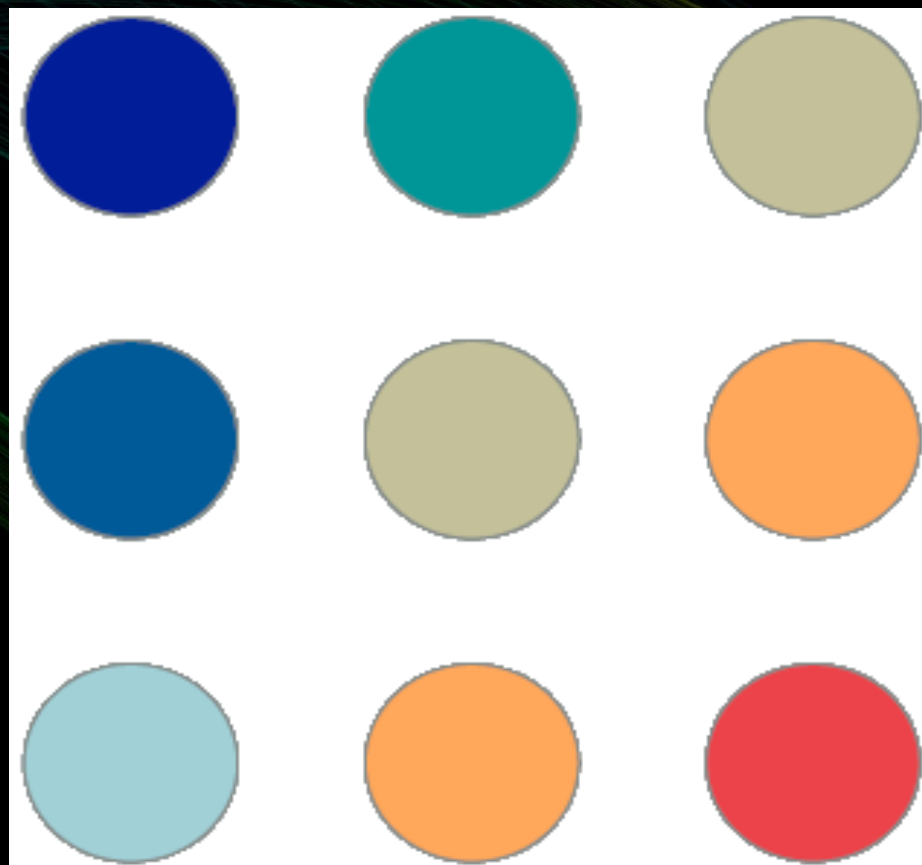




# Exemplo

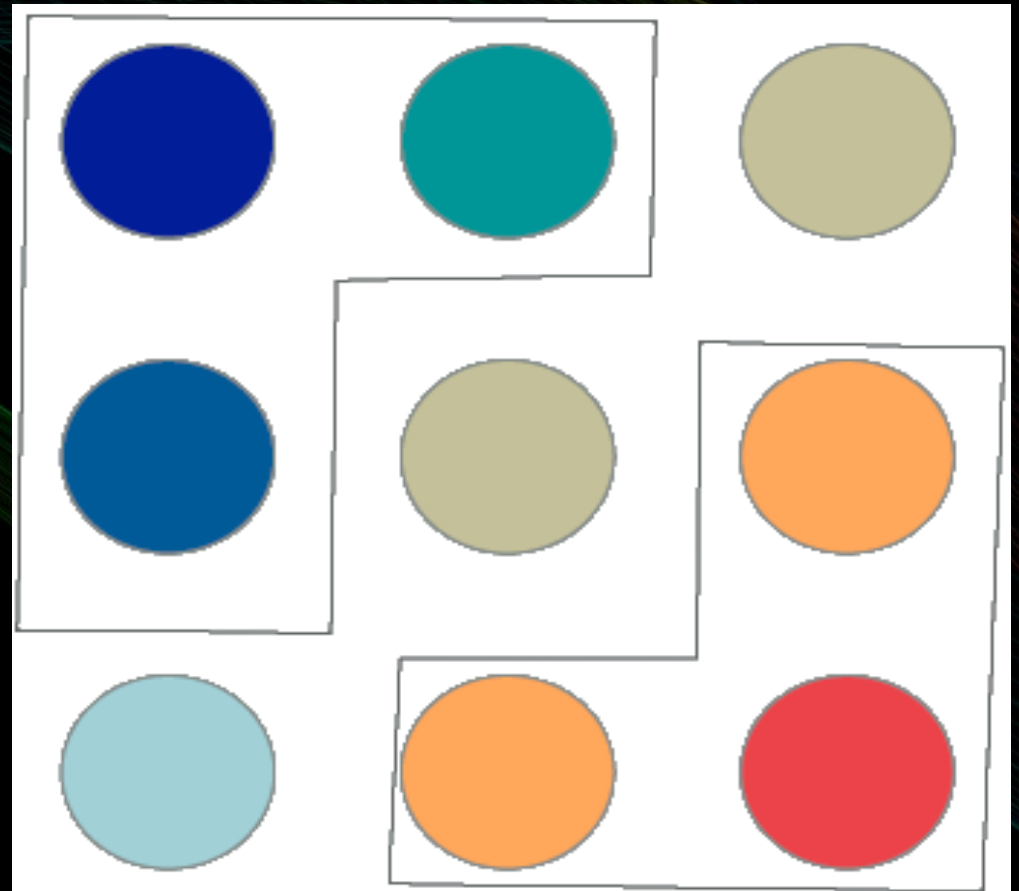
- O processo é repetido para todos os  $k$  dados;
- Resultado é a grade (mapa) treinado;

• TREINADO!



# Exemplo

- O processo é repetido para todos os  $k$  dados;
- Resultado é a grade (mapa) treinado;
- Agrupamentos separáveis:

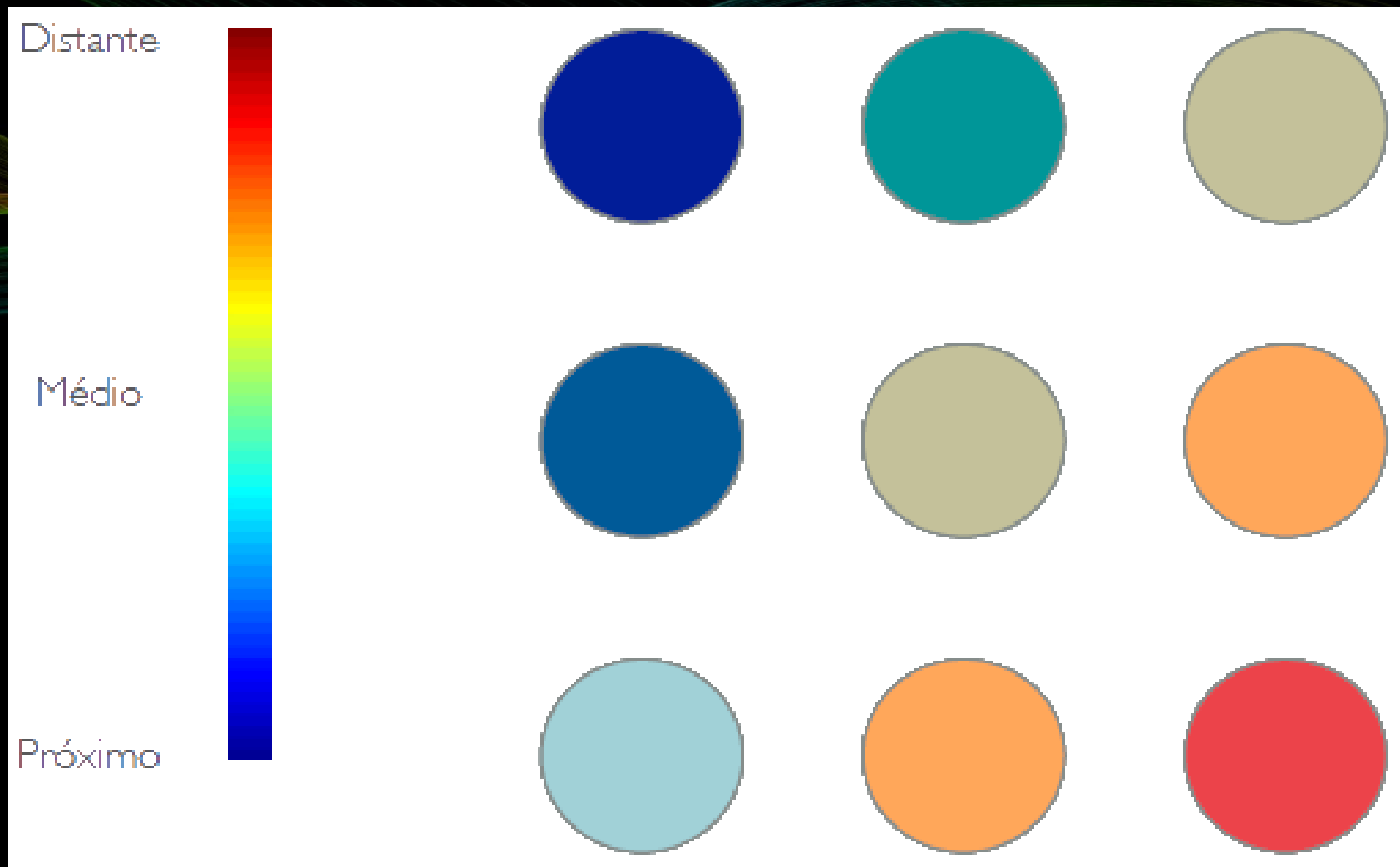




# Matriz-U

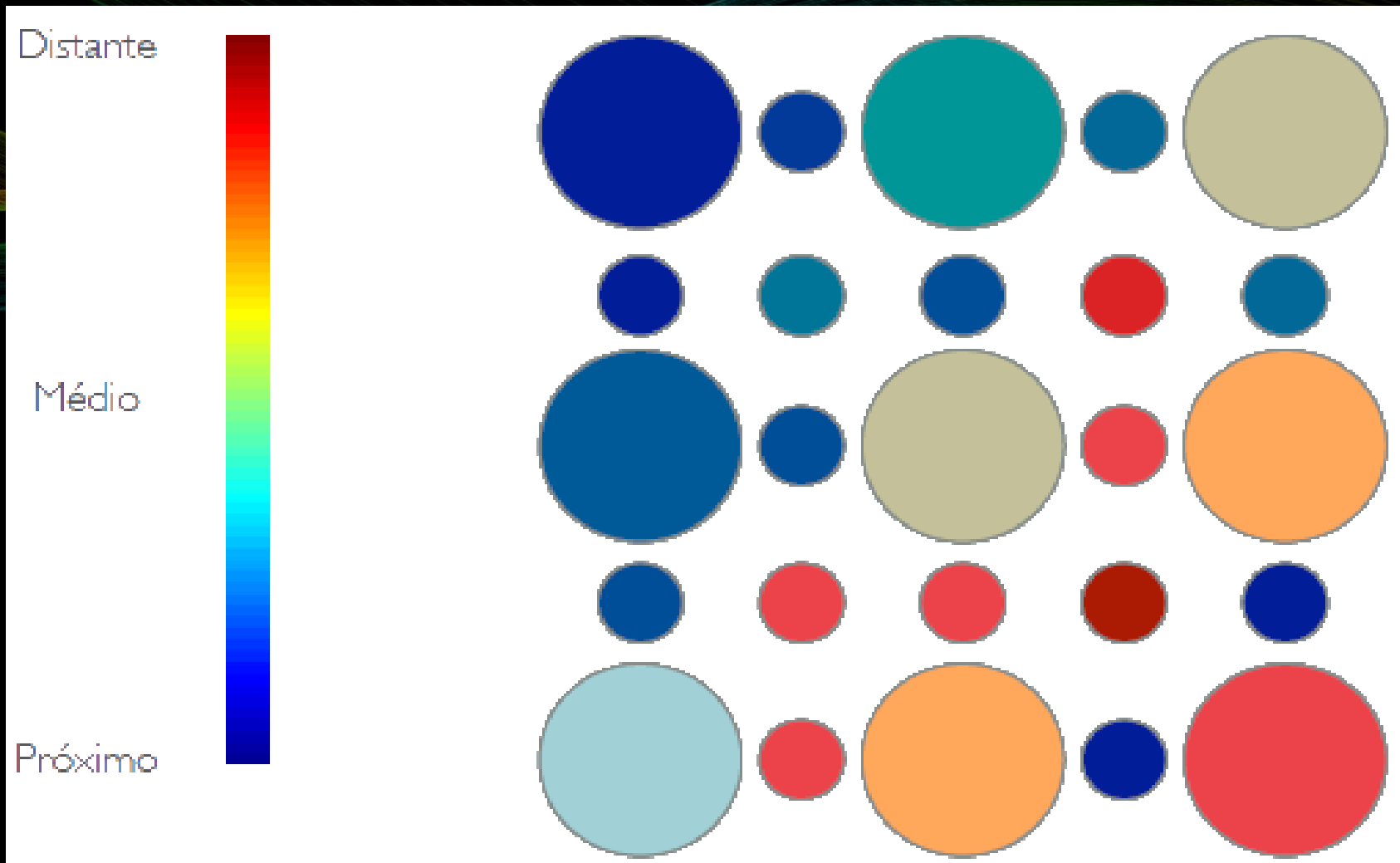
- Fácil perceber uma separação com um única característica (cor);
- Difícil com muitas características e classes;
- A separabilidade é demonstrada com demonstração de proximidade;

# Matriz-U

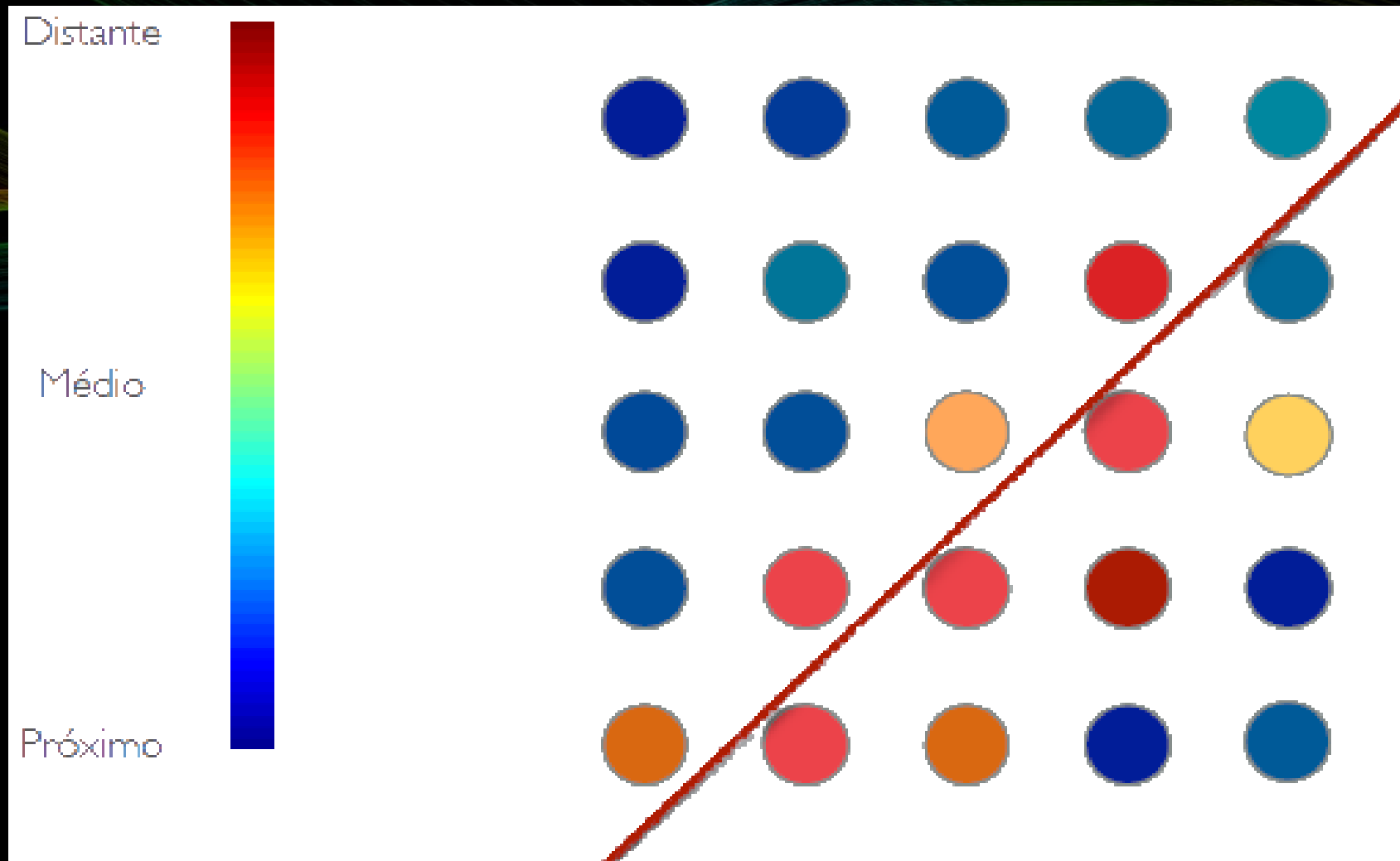




# Matriz-U

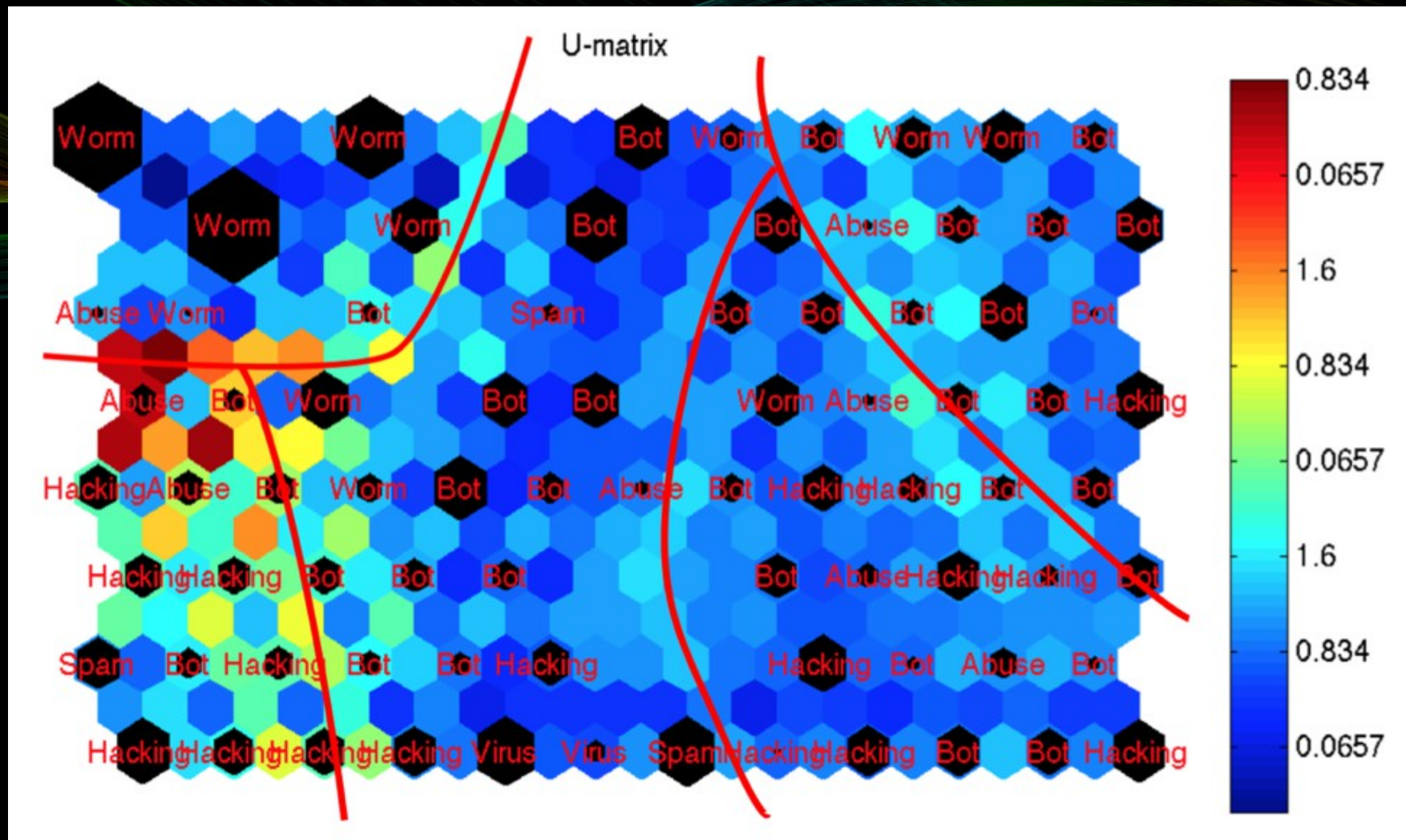


# Matriz-U





# Exemplo (Aplicação Real)

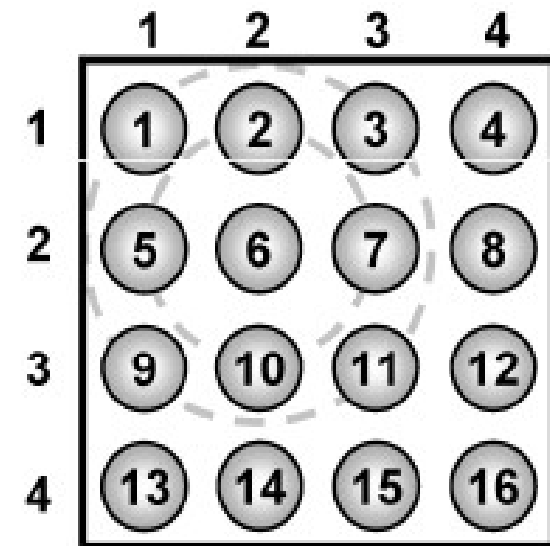
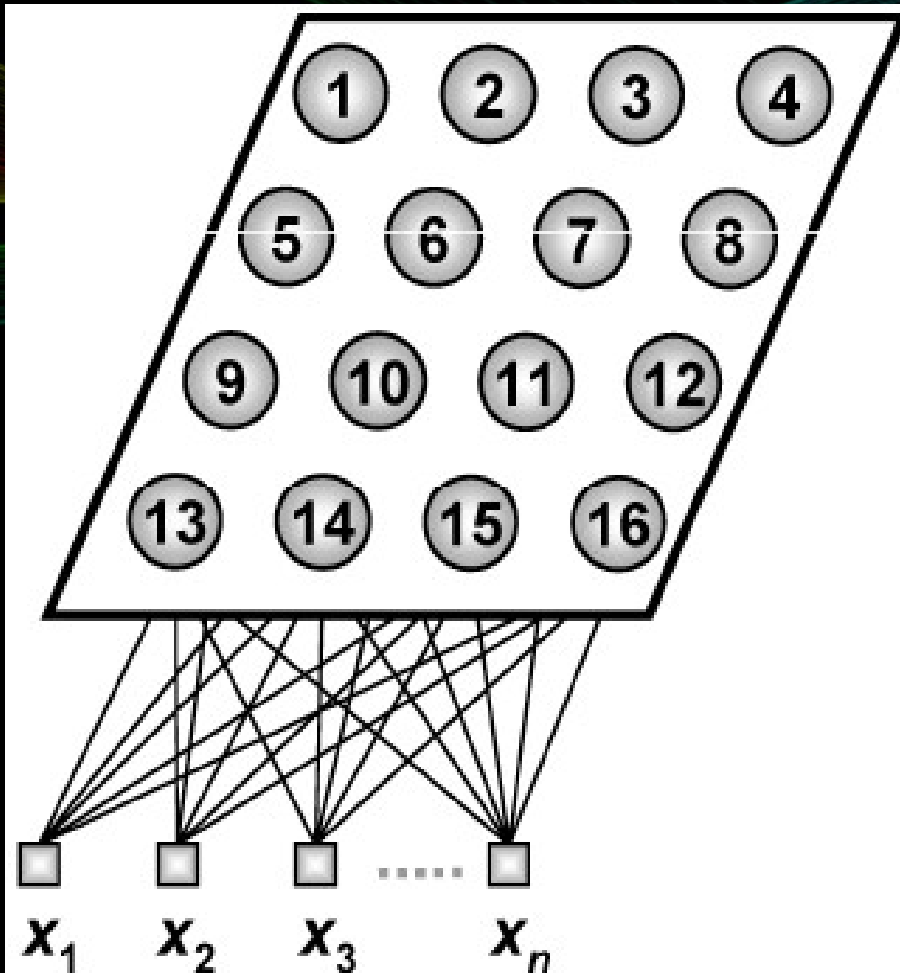


# Mapa Auto-Organizável

- SOM – Self-Organizing Map;
- Arquitetura de redes neurais artificiais articuladas;
- Aprendizado competitivo;
- Aprendizado competitivo com organização topológica entre neurônios;

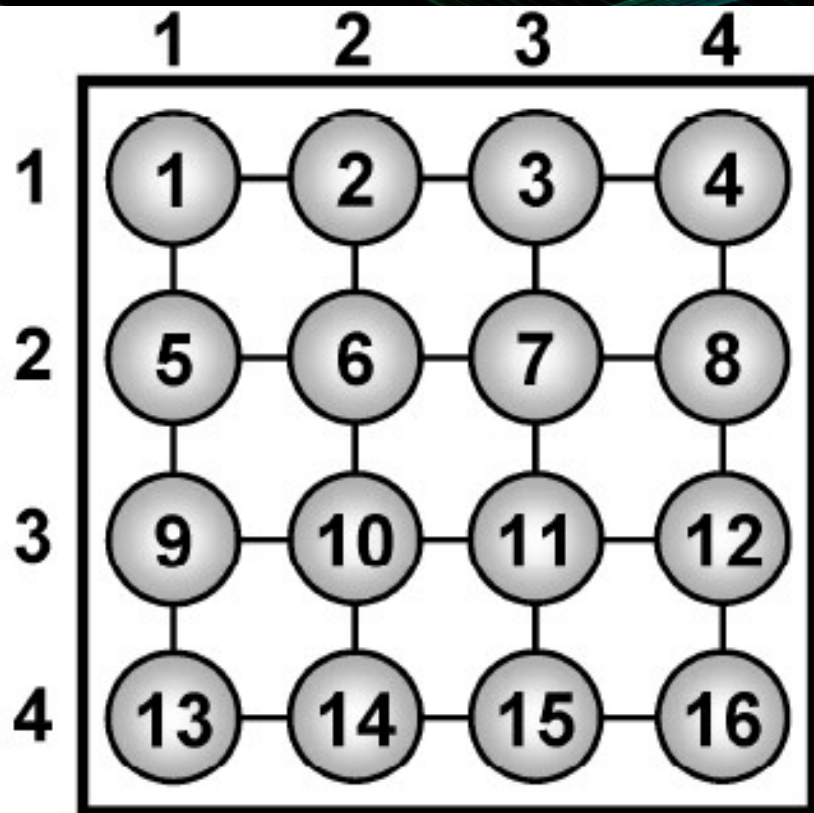


# Mapa Auto-Organizável (SOM)

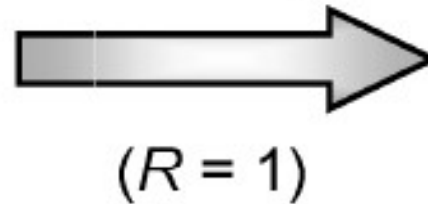


**Critério de vizinhança  
definido por um raio  $R$  de  
abrangência.**

# SOM



Conjuntos de  
vizinhança



$$\Omega_1^{(1)} = \{2, 5\}$$

$$\Omega_2^{(1)} = \{1, 3, 6\}$$

$$\Omega_3^{(1)} = \{2, 4, 7\}$$

$$\Omega_4^{(1)} = \{3, 8\}$$

$$\Omega_5^{(1)} = \{1, 6, 9\}$$

(...)



# SOM

- Atualização do neurônio vencedor:

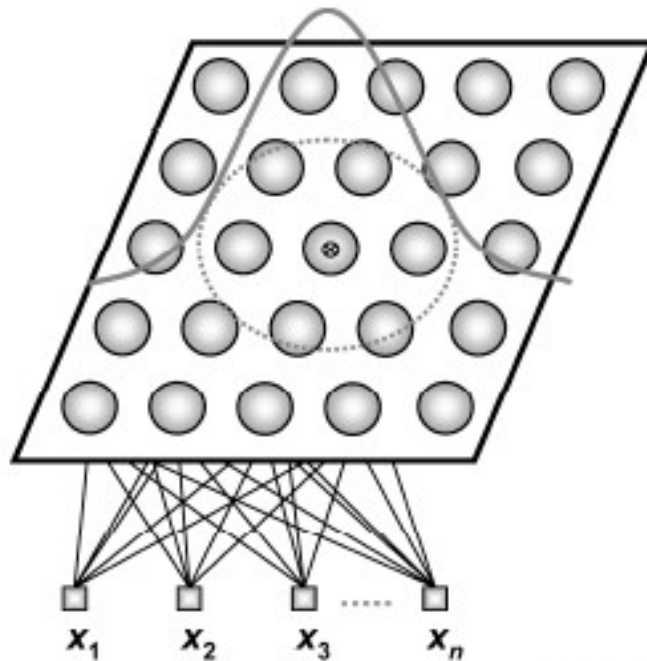
Regra para o Vencedor

$$w_{atual}^{(v)} = w_{anterior}^{(v)} + \eta(x^{(k)} - w_{anterior}^{(v)})$$

Regra para o Vizinho

$$w_{atual}^{(v)} = w_{anterior}^{(v)} + \frac{\eta}{2}(x^{(k)} - w_{anterior}^{(v)})$$

# SOM



$$\alpha^{(\Omega)} = e^{-\frac{\|w^{(v)} - w^{(\Omega)}\|^2}{2\sigma^2}}$$

**Regra para o Vencedor**

$$w_{atual}^{(v)} = w_{anterior}^{(v)} + \eta(x^{(k)} - w_{anterior}^{(v)})$$

**Regra para o Vizinho**

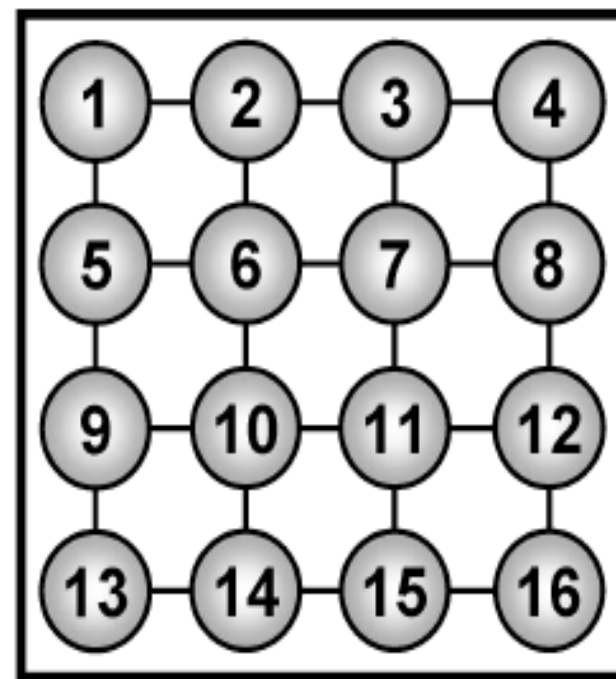
$$w_{atual}^{(v)} = w_{anterior}^{(v)} + \eta \cdot \alpha \cdot (x^{(k)} - w_{anterior}^{(v)})$$



# Atividade

- Implementar o mapa auto-organizável de Kohonen;

Amostra	$x_1$	$x_2$	$x_3$	Classe
1	0,2471	0,1778	0,2905	
2	0,8240	0,2223	0,7041	
3	0,4960	0,7231	0,5866	
4	0,2923	0,2041	0,2234	
5	0,8118	0,2668	0,7484	
6	0,4837	0,8200	0,4792	
7	0,3248	0,2629	0,2375	
8	0,7209	0,2116	0,7821	
9	0,5259	0,6522	0,5957	
10	0,2075	0,1669	0,1745	
11	0,7830	0,3171	0,7888	
12	0,5393	0,7510	0,5682	





Obrigado.

Dúvidas?