

Topological neighborhoods at different times as feature maps are formed. $NE_j(t)$ is the set of nodes considered to be in the neighborhood of node j at time t . The neighborhood starts large and slowly decreases in size over time. In this example, $0 < t_1 < t_2$.

18

Box 7. An Algorithm to Produce Self-Organizing Feature Maps

Step 1. Initialize Weights

Initialize weights from N inputs to the M output nodes shown in Fig. 17 to small random values. Set the initial radius of the neighborhood shown in Fig. 18.

Step 2. Present New Input

Step 3. Compute Distance to All Nodes

Compute distances d_j between the input and each output node j using

$$d_j = \sum_{i=0}^{N-1} (x_i(t) - w_{ij}(t))^2$$

where $x_i(t)$ is the input to node i at time t and $w_{ij}(t)$ is the weight from input node i to output node j at time t .

Step 4. Select Output Node with Minimum Distance

Select node j^* as that output node with minimum d_j .

Step 5. Update Weights to Node j^* and Neighbors

Weights are updated for node j^* and all nodes in the neighborhood defined by $NE_{j^*}(t)$ as shown in Fig. 18. New weights are

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta(t)(x_i(t) - w_{ij}(t))$$

For $j \in NE_{j^*}(t) \quad 0 \leq i \leq N-1$

The term $\eta(t)$ is a gain term ($0 < \eta(t) < 1$) that decreases in time.

Step 6. Repeat by Going to Step 2

Exemplo de utilização da Rede de Kohonen

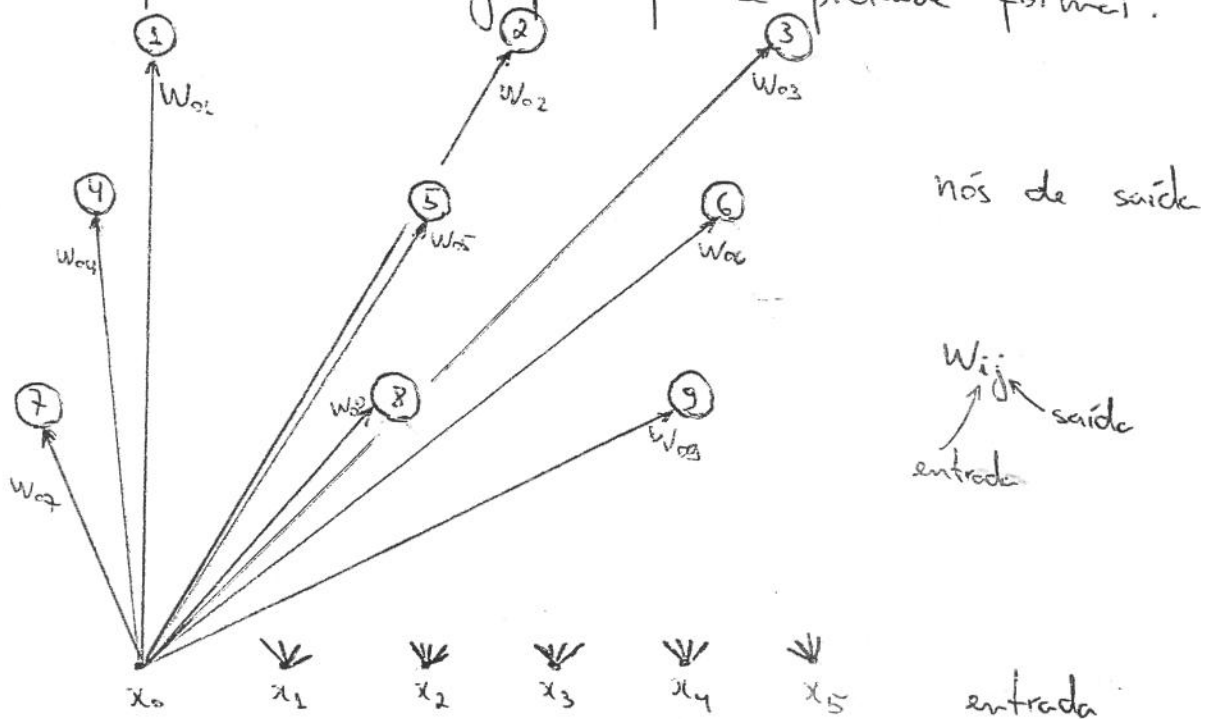
Matriz A com dimensão 5×6 de valores gerados aleatoriamente no intervalo $[0,1]$.

5 padrões de treinamento com 6 características distintas. ↑ entradas

Objetivo: Separar padrões com mesmas características considerando o critério de parada 2 épocas.

$$A = \begin{bmatrix} 0,43 & 0,18 & 0,58 & 0,09 & 0,69 & 0,39 \\ 0,66 & 0,03 & 0,18 & 0,83 & 0,85 & 0,69 \\ 0,28 & 0,17 & 0,11 & 0,33 & 0,59 & 0,71 \\ 0,12 & 0,32 & 0,13 & 0,29 & 0,25 & 0,81 \\ 0,19 & 0,72 & 0,05 & 0,62 & 0,57 & 0,67 \end{bmatrix}$$

Mapa de saída bidimensional com 9 neurônios. Quantidade de neurônios \geq quantidade de grupos que se pretende formar.



~~Para~~ Cada neurônio do mapa de saída estão relacionadas com um vetor de pesos 6×1

Definimos uma matriz $P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}$.

sendo P_{11} formada pelo vetor de pesos $[w_{01} w_{11} w_{21} w_{31} w_{41} w_{51}]^T$

P_{12} formada por $[w_{02} w_{12} w_{22} w_{32} w_{42} w_{52}]^T$ e assim por diante.

Supondo a matriz de pesos P gerada aleatoriamente por valores normalizados no intervalo $[0,1]$ para convergência mais rápida, tem-se:

$$P = \begin{bmatrix} 0,19 & 0,05 & 0,17 \\ 0,20 & 0,41 & 0,05 \\ 0,01 & 0,80 & 0,01 \\ 0,15 & 0,52 & 0,61 \\ 0,60 & 0,21 & 0,50 \\ 0,25 & 0,92 & 0,69 \\ \\ 0,59 & 0,00 & 0,73 \\ 0,64 & 0,31 & 0,58 \\ 0,38 & 0,09 & 0,04 \\ 0,01 & 0,87 & 0,68 \\ 0,03 & 0,43 & 0,57 \\ 0,49 & 0,89 & 0,26 \\ \\ 0,38 & 0,44 & 0,78 \\ 0,29 & 0,35 & 0,56 \\ 0,47 & 0,62 & 0,82 \\ 0,23 & 0,79 & 0,27 \\ 0,11 & 0,94 & 0,18 \\ 0,31 & 0,99 & 0,02 \end{bmatrix}$$

Considerações iniciais: ① Topologia retangular com grade de vizinhança retangular.

② Taxa de aprendizagem inicial = 0,5 com variação de acordo com o número de épocas dado por

$$\eta_{nova} = \eta_{1.} \times 0,5.$$

③ Raio topológico = 1 inicialmente e reduzido a 0 para épocas seguintes (atualização só do neurônio vencedor). ②

Após essas considerações iniciais, o primeiro padrão de treinamento é apresentado à rede.

[0,43 0,18 0,58 0,09 0,69 0,39]

→ Determinação do "neurônio vencedor" → neurônio que apresentar a menor [distância euclidiana]² para este primeiro padrão de entrada.

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,43-0,19)^2 + (0,18-0,20)^2 + (0,58-0,01)^2 + (0,09-0,15)^2 + (0,69-0,60)^2 + (0,39-0,25)^2 = 0,4142$
P12	$(0,43-0,05)^2 + (0,18-0,41)^2 + (0,58-0,80)^2 + (0,09-0,52)^2 + (0,69-0,21)^2 + (0,39-0,92)^2 = 0,9419$
P13	$(0,43-0,17)^2 + (0,18-0,05)^2 + (0,58-0,01)^2 + (0,09-0,61)^2 + (0,69-0,50)^2 + (0,39-0,69)^2 = 0,8059$
P21	$(0,43-0,59)^2 + (0,18-0,64)^2 + (0,58-0,38)^2 + (0,09-0,01)^2 + (0,69-0,03)^2 + (0,39-0,49)^2 = 0,7292$
P22	$(0,43-0,00)^2 + (0,18-0,31)^2 + (0,58-0,09)^2 + (0,09-0,87)^2 + (0,69-0,43)^2 + (0,39-0,89)^2 = 1,3679$
P23	$(0,43-0,73)^2 + (0,18-0,58)^2 + (0,58-0,04)^2 + (0,09-0,68)^2 + (0,69-0,57)^2 + (0,39-0,26)^2 = 0,9210$
P31	$(0,43-0,38)^2 + (0,18-0,29)^2 + (0,58-0,47)^2 + (0,09-0,23)^2 + (0,69-0,11)^2 + (0,39-0,31)^2 = 0,3891$
P32	$(0,43-0,44)^2 + (0,18-0,35)^2 + (0,58-0,62)^2 + (0,09-0,79)^2 + (0,69-0,94)^2 + (0,39-0,99)^2 = 0,9431$
P33	$(0,43-0,78)^2 + (0,18-0,56)^2 + (0,58-0,82)^2 + (0,09-0,27)^2 + (0,69-0,18)^2 + (0,39-0,02)^2 = 0,7539$

neurônio →
vencedor

Neurônios cujos pesos serão atualizados devem pertencer à vizinhança de P31 num raio topológico de uma unidade. Portanto os neurônios P31, P32, P21 e P22 serão atualizados (pesos serão atualizados).

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}$$

Para esses neurônios, os pesos novos serão dados por:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta(t) \cdot [x_i(t) - w_{ij}(t)]$$

Neurônio:	Cálculos
P21	$0,59+0,5*(0,43-0,59) = 0,51$ $0,64+0,5*(0,18-0,64) = 0,41$ $0,38+0,5*(0,58-0,38) = 0,48$ $0,01+0,5*(0,09-0,01) = 0,05$ $0,03+0,5*(0,69-0,03) = 0,36$ $0,49+0,5*(0,39-0,49) = 0,44$
P22	$0,00+0,5*(0,43-0,00) = 0,215$ $0,31+0,5*(0,18-0,31) = 0,245$ $0,09+0,5*(0,58-0,09) = 0,335$ $0,87+0,5*(0,09-0,87) = 0,48$ $0,43+0,5*(0,69-0,43) = 0,56$ $0,89+0,5*(0,39-0,89) = 0,64$

Neurônio:	Cálculos
P31	$0,38+0,5*(0,43-0,38) = 0,405$ $0,29+0,5*(0,18-0,29) = 0,235$ $0,47+0,5*(0,58-0,47) = 0,525$ $0,23+0,5*(0,09-0,23) = 0,16$ $0,11+0,5*(0,69-0,11) = 0,4$ $0,31+0,5*(0,39-0,31) = 0,35$
P32	$0,44+0,5*(0,43-0,44) = 0,435$ $0,35+0,5*(0,18-0,35) = 0,265$ $0,62+0,5*(0,58-0,62) = 0,6$ $0,79+0,5*(0,09-0,79) = 0,44$ $0,94+0,5*(0,69-0,94) = 0,815$ $0,99+0,5*(0,39-0,99) = 0,69$

Matriz P de pesos atualizada:

P =	0,19	0,05	0,17
	0,20	0,41	0,05
	0,01	0,80	0,01
	0,15	0,52	0,61
	0,60	0,21	0,50
	0,25	0,92	0,69
	0,51	0,215	0,73
	0,41	0,245	0,58
	0,48	0,335	0,04
	0,05	0,48	0,68
	0,36	0,56	0,57
	0,44	0,64	0,26
	0,405	0,435	0,78
	0,235	0,265	0,56
	0,525	0,6	0,82
	0,16	0,44	0,27
	0,4	0,815	0,18
	0,35	0,69	0,02

Apresentação da nova entrada [0,66 0,03 0,18 0,83 0,85 0,1

Determinar-se o "neurônio vencedor" utilizando a matriz de pesos P já atualizada:

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,66-0,19)^2 + (0,03-0,20)^2 + (0,18-0,01)^2 + (0,83-0,15)^2 + (0,85-0,60)^2 + (0,69-0,25)^2 = 0,9972$
P12	$(0,66-0,05)^2 + (0,03-0,41)^2 + (0,18-0,80)^2 + (0,83-0,52)^2 + (0,85-0,21)^2 + (0,69-0,92)^2 = 1,4595$
P13	$(0,66-0,17)^2 + (0,03-0,05)^2 + (0,18-0,01)^2 + (0,83-0,61)^2 + (0,85-0,50)^2 + (0,69-0,69)^2 = 0,4403$
P21	$(0,66-0,51)^2 + (0,03-0,41)^2 + (0,18-0,48)^2 + (0,83-0,05)^2 + (0,85-0,36)^2 + (0,69-0,44)^2 = 1,1679$
P22	$(0,66-0,215)^2 + (0,03-0,245)^2 + (0,18-0,335)^2 + (0,83-0,48)^2 + (0,85-0,56)^2 + (0,69-0,64)^2 = 0,4773$
P23	$(0,66-0,73)^2 + (0,03-0,58)^2 + (0,18-0,04)^2 + (0,83-0,68)^2 + (0,85-0,57)^2 + (0,69-0,26)^2 = 0,6128$
P31	$(0,66-0,405)^2 + (0,03-0,235)^2 + (0,18-0,525)^2 + (0,83-0,16)^2 + (0,85-0,4)^2 + (0,69-0,35)^2 = 0,9930$
P32	$(0,66-0,435)^2 + (0,03-0,265)^2 + (0,18-0,6)^2 + (0,83-0,44)^2 + (0,85-0,815)^2 + (0,69-0,69)^2 = 0,4355$
P33	$(0,66-0,78)^2 + (0,03-0,56)^2 + (0,18-0,82)^2 + (0,83-0,27)^2 + (0,85-0,18)^2 + (0,69-0,02)^2 = 1,9163$

neurônio →
lencador

Neurônios que terão seus pesos atualizados: P21, P22, P23, P31, P32 e P33.

Atualização dos pesos:

Neurônio:	Cálculos
P21	$0,51+0,5*(0,66-0,51)=0,585$ $0,41+0,5*(0,03-0,41)=0,22$ $0,48+0,5*(0,18-0,48)=0,33$ $0,05+0,5*(0,83-0,05)=0,44$ $0,36+0,5*(0,85-0,36)=0,605$ $0,44+0,5*(0,69-0,44)=0,565$
P22	$0,215+0,5*(0,66-0,215)=0,4375$ $0,245+0,5*(0,03-0,245)=0,1375$ $0,335+0,5*(0,18-0,335)=0,2575$ $0,48+0,5*(0,83-0,48)=0,655$ $0,56+0,5*(0,85-0,56)=0,705$ $0,64+0,5*(0,69-0,64)=0,665$
P23	$0,73+0,5*(0,66-0,73)=0,695$ $0,58+0,5*(0,03-0,58)=0,305$ $0,04+0,5*(0,18-0,04)=0,11$ $0,68+0,5*(0,83-0,68)=0,755$ $0,57+0,5*(0,85-0,57)=0,71$ $0,26+0,5*(0,69-0,26)=0,475$

Neurônio:	Cálculos
P31	$0,405+0,5*(0,66-0,405)=0,5325$ $0,235+0,5*(0,03-0,235)=0,1325$ $0,525+0,5*(0,18-0,525)=0,3525$ $0,16+0,5*(0,83-0,16)=0,495$ $0,4+0,5*(0,85-0,4)=0,625$ $0,35+0,5*(0,69-0,35)=0,52$
P32	$0,435+0,5*(0,66-0,435)=0,5475$ $0,265+0,5*(0,03-0,265)=0,1475$ $0,6+0,5*(0,18-0,6)=0,39$ $0,44+0,5*(0,83-0,44)=0,635$ $0,815+0,5*(0,85-0,815)=0,8325$ $0,69+0,5*(0,69-0,69)=0,69$
P33	$0,78+0,5*(0,66-0,78)=0,72$ $0,56+0,5*(0,03-0,56)=0,295$ $0,82+0,5*(0,18-0,82)=0,5$ $0,27+0,5*(0,83-0,27)=0,55$ $0,18+0,5*(0,85-0,18)=0,515$ $0,02+0,5*(0,69-0,02)=0,355$

Matriz P atualizada:

	0,19	0,05	0,17
	0,20	0,41	0,05
	0,01	0,8	0,01
	0,15	0,52	0,61
	0,60	0,21	0,5
	0,25	0,92	0,69
P =	0,585	0,4375	0,695
	0,22	0,1375	0,305
	0,33	0,2575	0,11
	0,44	0,655	0,755
	0,605	0,705	0,71
	0,565	0,665	0,475
	0,5325	0,5475	0,72
	0,1325	0,1475	0,295
	0,3525	0,39	0,5
	0,495	0,635	0,55
	0,625	0,8325	0,515

Apresentação do terceiro padrão [0,28 0,17 0,11 0,33 0,59 0,71]

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,28-0,19)^2 + (0,17-0,20)^2 + (0,11-0,01)^2 + (0,33-0,15)^2 + (0,59-0,60)^2 + (0,71-0,25)^2 = 0,2631$
P12	$(0,28-0,05)^2 + (0,17-0,41)^2 + (0,11-0,8)^2 + (0,33-0,52)^2 + (0,59-0,21)^2 + (0,71-0,92)^2 = 0,8112$
P13	$(0,28-0,17)^2 + (0,17-0,05)^2 + (0,11-0,01)^2 + (0,33-0,61)^2 + (0,59-0,5)^2 + (0,71-0,69)^2 = 0,1234$
P21	$(0,28-0,585)^2 + (0,17-0,22)^2 + (0,11-0,33)^2 + (0,33-0,44)^2 + (0,59-0,605)^2 + (0,71-0,565)^2 = 0,1772$
P22	$(0,28-0,4375)^2 + (0,17-0,1375)^2 + (0,11-0,2575)^2 + (0,33-0,655)^2 + (0,59-0,705)^2 + (0,71-0,665)^2 = 0,1684$
P23	$(0,28-0,695)^2 + (0,17-0,305)^2 + (0,11-0,11)^2 + (0,33-0,755)^2 + (0,59-0,71)^2 + (0,71-0,475)^2 = 0,4407$
P31	$(0,28-0,5325)^2 + (0,17-0,1325)^2 + (0,11-0,3525)^2 + (0,33-0,495)^2 + (0,59-0,625)^2 + (0,71-0,52)^2 = 0,1885$
P32	$(0,28-0,5475)^2 + (0,17-0,1475)^2 + (0,11-0,39)^2 + (0,33-0,635)^2 + (0,59-0,8325)^2 + (0,71-0,69)^2 = 0,3026$
P33	$(0,28-0,72)^2 + (0,17-0,295)^2 + (0,11-0,5)^2 + (0,33-0,55)^2 + (0,59-0,515)^2 + (0,71-0,355)^2 = 0,5413$

Neurônios atualizados \rightarrow P12, P13, P22 e P23.

Neurônio:	Cálculos
P12	$0,05+0,5*(0,28-0,05)=0,165$ $0,41+0,5*(0,17-0,41)=0,29$ $0,8+0,5*(0,11-0,8)=0,455$ $0,52+0,5*(0,33-0,52)=0,425$ $0,21+0,5*(0,59-0,21)=0,4$ $0,92+0,5*(0,71-0,92)=0,815$
P13	$0,17+0,5*(0,28-0,17)=0,225$ $0,05+0,5*(0,17-0,05)=0,11$ $0,01+0,5*(0,11-0,01)=0,06$ $0,61+0,5*(0,33-0,61)=0,47$ $0,5+0,5*(0,59-0,5)=0,545$ $0,69+0,5*(0,71-0,69)=0,7$
P22	$0,4375+0,5*(0,28-0,4375)=0,3587$ $0,1375+0,5*(0,17-0,1375)=0,1537$ $0,2575+0,5*(0,11-0,2575)=0,1837$ $0,655+0,5*(0,33-0,655)=0,4925$ $0,705+0,5*(0,59-0,705)=0,6475$ $0,665+0,5*(0,71-0,665)=0,6875$
P23	$0,695+0,5*(0,28-0,695)=0,4875$ $0,305+0,5*(0,17-0,305)=0,2375$ $0,11+0,5*(0,11-0,11)=0,11$ $0,755+0,5*(0,33-0,755)=0,5425$ $0,71+0,5*(0,59-0,71)=0,65$ $0,475+0,5*(0,71-0,475)=0,5925$

Matriz P atualizada:

	0,19	0,165	0,225
	0,2	0,29	0,11
	0,01	0,455	0,06
	0,15	0,425	0,47
	0,6	0,4	0,545
	0,25	0,815	0,7
P =	0,585	0,3587	0,4875
	0,22	0,1537	0,2375
	0,33	0,1837	0,11
	0,44	0,4925	0,5425
	0,605	0,6475	0,65
	0,565	0,6875	0,5925
	0,5325	0,5475	0,72
	0,1325	0,1475	0,295
	0,3525	0,39	0,5
	0,495	0,635	0,55

Apresentação do quarto padrão [0,12 0,32 0,13 0,29 0,25 0,81] (4)

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,12-0,19)^2 + (0,32-0,2)^2 + (0,13-0,01)^2 + (0,29-0,15)^2 + (0,25-0,6)^2 + (0,81-0,25)^2 = 0,4894$
P12	$(0,12-0,165)^2 + (0,32-0,29)^2 + (0,13-0,455)^2 + (0,29-0,425)^2 + (0,25-0,4)^2 + (0,81-0,815)^2 = 0,1493$
P13	$(0,12-0,225)^2 + (0,32-0,11)^2 + (0,13-0,06)^2 + (0,29-0,47)^2 + (0,25-0,545)^2 + (0,81-0,7)^2 = 0,1915$
P21	$(0,12-0,585)^2 + (0,32-0,22)^2 + (0,13-0,33)^2 + (0,29-0,44)^2 + (0,25-0,605)^2 + (0,81-0,565)^2 = 0,4747$
P22	$(0,12-0,3587)^2 + (0,32-0,1537)^2 + (0,13-0,1837)^2 + (0,29-0,4925)^2 + (0,25-0,6475)^2 + (0,81-0,6875)^2 = 0,3015$
P23	$(0,12-0,4875)^2 + (0,32-0,2375)^2 + (0,13-0,11)^2 + (0,29-0,5425)^2 + (0,25-0,65)^2 + (0,81-0,5925)^2 = 0,4133$
P31	$(0,12-0,5325)^2 + (0,32-0,1325)^2 + (0,13-0,3525)^2 + (0,29-0,495)^2 + (0,25-0,625)^2 + (0,81-0,52)^2 = 0,5215$
P32	$(0,12-0,5475)^2 + (0,32-0,1475)^2 + (0,13-0,39)^2 + (0,29-0,635)^2 + (0,25-0,8325)^2 + (0,81-0,69)^2 = 0,7528$
P33	$(0,12-0,72)^2 + (0,32-0,295)^2 + (0,13-0,5)^2 + (0,29-0,55)^2 + (0,25-0,515)^2 + (0,81-0,355)^2 = 0,8423$

Atualização dos neurônios P11, P12, P13, P21, P22 e P23

Neurônio:	Cálculos
P11	$0,19+0,5*(0,12-0,19)=0,155$ $0,2+0,5*(0,32-0,2)=0,26$ $0,01+0,5*(0,13-0,01)=0,07$ $0,15+0,5*(0,29-0,15)=0,22$ $0,6+0,5*(0,25-0,6)=0,425$ $0,25+0,5*(0,81-0,25)=0,53$
P12	$0,165+0,5*(0,12-0,165)=0,1425$ $0,29+0,5*(0,32-0,29)=0,305$ $0,455+0,5*(0,13-0,455)=0,2925$ $0,425+0,5*(0,29-0,425)=0,3575$ $0,4+0,5*(0,25-0,4)=0,325$ $0,815+0,5*(0,81-0,815)=0,8125$
P13	$0,225+0,5*(0,12-0,225)=0,1725$ $0,11+0,5*(0,32-0,11)=0,215$ $0,06+0,5*(0,13-0,06)=0,095$ $0,47+0,5*(0,29-0,47)=0,38$ $0,545+0,5*(0,25-0,545)=0,3975$ $0,7+0,5*(0,81-0,7)=0,755$

Neurônio:	Cálculos
P21	$0,585+0,5*(0,12-0,585)=0,3525$ $0,22+0,5*(0,32-0,22)=0,27$ $0,33+0,5*(0,13-0,33)=0,23$ $0,44+0,5*(0,29-0,44)=0,365$ $0,605+0,5*(0,25-0,605)=0,4275$ $0,565+0,5*(0,81-0,565)=0,6875$
P22	$0,3587+0,5*(0,12-0,3587)=0,2393$ $0,1537+0,5*(0,32-0,1537)=0,2368$ $0,1837+0,5*(0,13-0,1837)=0,1568$ $0,4925+0,5*(0,29-0,4925)=0,3912$ $0,6475+0,5*(0,25-0,6475)=0,4487$ $0,6875+0,5*(0,81-0,6875)=0,7487$
P23	$0,4875+0,5*(0,12-0,4875)=0,3037$ $0,2375+0,5*(0,32-0,2375)=0,2787$ $0,11+0,5*(0,13-0,11)=0,12$ $0,5425+0,5*(0,29-0,5425)=0,4162$ $0,65+0,5*(0,25-0,45)=0,45$ $0,5925+0,5*(0,81-0,5925)=0,7012$

Atualizada:

	0,155	0,1425	0,1725
	0,26	0,305	0,215
	0,07	0,2925	0,095
	0,22	0,3675	0,38
	0,425	0,325	0,3975
	0,53	0,8125	0,755
	0,3525	0,2393	0,3037
	0,27	0,2368	0,2787
	0,23	0,1568	0,12
P =	0,365	0,3912	0,4162
	0,4275	0,4487	0,45
	0,6875	0,7487	0,7012
	0,5325	0,5475	0,72
	0,1325	0,1475	0,295
	0,3525	0,39	0,5
	0,495	0,635	0,55
	0,625	0,8325	0,515
	0,52	0,69	0,355

Apresentação do último padrão → fechamento da 1ª época.
 5º padrão de entrada [0,19 0,72 0,05 0,62 0,57 0,67].

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,19-0,155)^2 + (0,72-0,26)^2 + (0,05-0,07)^2 + (0,62-0,22)^2 + (0,57-0,425)^2 + (0,67-0,53)^2 = 0,4138$
P12	$(0,19-0,1425)^2 + (0,72-0,305)^2 + (0,05-0,2925)^2 + (0,62-0,3575)^2 + (0,57-0,325)^2 + (0,67-0,8125)^2 = 0,3825$
P13	$(0,19-0,1725)^2 + (0,72-0,215)^2 + (0,05-0,095)^2 + (0,62-0,38)^2 + (0,57-0,3975)^2 + (0,67-0,755)^2 = 0,3519$
P21	$(0,19-0,3525)^2 + (0,72-0,27)^2 + (0,05-0,23)^2 + (0,62-0,365)^2 + (0,57-0,4275)^2 + (0,67-0,6875)^2 = 0,3469$
P22	$(0,19-0,2393)^2 + (0,72-0,2368)^2 + (0,05-0,1568)^2 + (0,62-0,3912)^2 + (0,57-0,4487)^2 + (0,67-0,7487)^2 = 0,3204$
P23	$(0,19-0,3037)^2 + (0,72-0,2787)^2 + (0,05-0,12)^2 + (0,62-0,4162)^2 + (0,57-0,45)^2 + (0,67-0,7012)^2 = 0,2694$
P31	$(0,19-0,5325)^2 + (0,72-0,1325)^2 + (0,05-0,3525)^2 + (0,62-0,495)^2 + (0,57-0,625)^2 + (0,67-0,52)^2 = 0,5951$
P32	$(0,19-0,5475)^2 + (0,72-0,1475)^2 + (0,05-0,39)^2 + (0,62-0,635)^2 + (0,57-0,8325)^2 + (0,67-0,69)^2 = 0,6406$
P33	$(0,19-0,72)^2 + (0,72-0,295)^2 + (0,05-0,5)^2 + (0,62-0,55)^2 + (0,57-0,515)^2 + (0,67-0,355)^2 = 0,7711$

Neurônio →
Vencedor

Neurônios que devem ser atualizados: P12, P13, P22, P23, P32 e P33.

Neurônio:	Cálculos
P12	$0,1425+0,5*(0,19-0,1425)=0,1662$ $0,305+0,5*(0,72-0,305)=0,5125$ $0,2925+0,5*(0,05-0,2925)=0,1712$ $0,3575+0,5*(0,62-0,3575)=0,4887$ $0,325+0,5*(0,57-0,325)=0,4475$ $0,8125+0,5*(0,67-0,8125)=0,7412$
P13	$0,1725+0,5*(0,19-0,1725)=0,1812$ $0,215+0,5*(0,72-0,215)=0,4675$ $0,095+0,5*(0,05-0,095)=0,0725$ $0,38+0,5*(0,62-0,38)=0,5$ $0,3975+0,5*(0,57-0,3975)=0,48375$ $0,755+0,5*(0,67-0,755)=0,7125$
P22	$0,2393+0,5*(0,19-0,2393)=0,2146$ $0,2368+0,5*(0,72-0,2368)=0,4784$ $0,1568+0,5*(0,05-0,1568)=0,1034$ $0,3912+0,5*(0,62-0,3912)=0,5056$ $0,4487+0,5*(0,57-0,4487)=0,5093$ $0,7487+0,5*(0,67-0,7487)=0,7093$

Neurônio:	Cálculos
P23	$0,3037+0,5*(0,19-0,3037)=0,2468$ $0,2787+0,5*(0,72-0,2787)=0,4993$ $0,12+0,5*(0,05-0,12)=0,085$ $0,4162+0,5*(0,62-0,4162)=0,5181$ $0,45+0,5*(0,57-0,45)=0,51$ $0,7012+0,5*(0,67-0,7012)=0,6856$
P32	$0,5475+0,5*(0,19-0,5475)=0,36875$ $0,1475+0,5*(0,72-0,1475)=0,4337$ $0,39+0,5*(0,05-0,39)=0,22$ $0,635+0,5*(0,62-0,635)=0,6275$ $0,8325+0,5*(0,57-0,8325)=0,7012$ $0,69+0,5*(0,67-0,69)=0,68$
P33	$0,72+0,5*(0,19-0,72)=0,455$ $0,295+0,5*(0,72-0,295)=0,5075$ $0,5+0,5*(0,05-0,5)=0,275$ $0,55+0,5*(0,62-0,55)=0,585$ $0,515+0,5*(0,57-0,515)=0,5425$ $0,355+0,5*(0,67-0,355)=0,5125$

Atualizada:

	0,155	0,1662	0,1812
	0,26	0,5125	0,4675
	0,07	0,1712	0,0725
	0,22	0,4887	0,5
	0,425	0,4475	0,4837
	0,53	0,7412	0,7125
	0,3525	0,2146	0,2468
	0,27	0,4784	0,4993
	0,23	0,1034	0,085
P =	0,365	0,5056	0,5181
	0,4275	0,5093	0,51
	0,6875	0,7093	0,6856
	0,5325	0,3687	0,455
	0,1325	0,4337	0,5075
	0,3525	0,22	0,275
	0,495	0,6275	0,585
	0,625	0,7012	0,5425
	0,52	0,68	0,5125

fim da 1ª época.

Início da 2ª época → η (taxa de aprendizagem) = 0,25

(5)

raio topológico = 0 (atualização só do neurônio vencedor)

Apresentação do primeiro padrão [0,43 0,18 0,58 0,09 0,69 0,39].

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,43-0,155)^2 + (0,18-0,26)^2 + (0,58-0,07)^2 + (0,09-0,22)^2 + (0,69-0,425)^2 + (0,39-0,53)^2 = 0,4488$
P12	$(0,43-0,1662)^2 + (0,18-0,5125)^2 + (0,58-0,1712)^2 + (0,09-0,4887)^2 + (0,69-0,4475)^2 + (0,39-0,7412)^2 = 0,6883$
P13	$(0,43-0,1812)^2 + (0,18-0,4675)^2 + (0,58-0,0725)^2 + (0,09-0,5)^2 + (0,69-0,4837)^2 + (0,39-0,7125)^2 = 0,7167$
P21	$(0,43-0,3525)^2 + (0,18-0,27)^2 + (0,58-0,23)^2 + (0,09-0,365)^2 + (0,69-0,4275)^2 + (0,39-0,6875)^2 = 0,3696$
P22	$(0,43-0,2146)^2 + (0,18-0,4784)^2 + (0,58-0,1034)^2 + (0,09-0,5056)^2 + (0,69-0,5093)^2 + (0,39-0,7093)^2 = 0,6699$
P23	$(0,43-0,2468)^2 + (0,18-0,4993)^2 + (0,58-0,085)^2 + (0,09-0,5181)^2 + (0,69-0,51)^2 + (0,39-0,6856)^2 = 0,6836$
P31	$(0,43-0,5325)^2 + (0,18-0,1325)^2 + (0,58-0,3525)^2 + (0,09-0,495)^2 + (0,69-0,625)^2 + (0,39-0,52)^2 = 0,2496$
P32	$(0,43-0,3687)^2 + (0,18-0,4337)^2 + (0,58-0,22)^2 + (0,09-0,6275)^2 + (0,69-0,7012)^2 + (0,39-0,68)^2 = 0,5708$
P33	$(0,43-0,455)^2 + (0,18-0,5075)^2 + (0,58-0,275)^2 + (0,09-0,585)^2 + (0,69-0,5425)^2 + (0,39-0,5125)^2 = 0,4826$

neurônio vencedor →

única a ser atualizada

Neurônio:	Cálculos
P31	$0,5325 + 0,25 * (0,43 - 0,5325) = 0,5068$ $0,1325 + 0,25 * (0,18 - 0,1325) = 0,1443$ $0,3525 + 0,25 * (0,58 - 0,3525) = 0,4093$ $0,495 + 0,25 * (0,09 - 0,495) = 0,3937$ $0,625 + 0,25 * (0,69 - 0,625) = 0,6412$ $0,52 + 0,25 * (0,39 - 0,52) = 0,4875$

P atualizada:

P =	0,155	0,1662	0,1812
	0,26	0,5125	0,4675
	0,07	0,1712	0,0725
	0,22	0,4887	0,5
	0,425	0,4475	0,4837
	0,53	0,7412	0,7125
	0,3525	0,2146	0,2468
	0,27	0,4784	0,4993
	0,23	0,1034	0,085
	0,365	0,5056	0,5181
	0,4275	0,5093	0,51
	0,6875	0,7093	0,6856
	0,5068	0,3687	0,455
	0,1443	0,4337	0,5075
	0,4093	0,22	0,275
	0,3937	0,6275	0,585
	0,6412	0,7012	0,5425
	0,4875	0,68	0,5125

Apresentação do 2º padrão de treinamento [0,66 0,03 0,18 0,83 0,85 0,69].

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,66-0,155)^2 + (0,03-0,26)^2 + (0,18-0,07)^2 + (0,83-0,22)^2 + (0,85-0,425)^2 + (0,69-0,53)^2 = 0,8983$
P12	$(0,66-0,1662)^2 + (0,03-0,5125)^2 + (0,18-0,1712)^2 + (0,83-0,4887)^2 + (0,85-0,4475)^2 + (0,69-0,7412)^2 = 0,7577$
P13	$(0,66-0,1812)^2 + (0,03-0,4675)^2 + (0,18-0,0725)^2 + (0,83-0,5)^2 + (0,85-0,4837)^2 + (0,69-0,7125)^2 = 0,6757$
P21	$(0,66-0,3525)^2 + (0,03-0,27)^2 + (0,18-0,23)^2 + (0,83-0,365)^2 + (0,85-0,4275)^2 + (0,69-0,6875)^2 = 0,5493$
P22	$(0,66-0,2146)^2 + (0,03-0,4784)^2 + (0,18-0,1034)^2 + (0,83-0,5056)^2 + (0,85-0,5093)^2 + (0,69-0,7093)^2 = 0,6268$
P23	$(0,66-0,2468)^2 + (0,03-0,4993)^2 + (0,18-0,085)^2 + (0,83-0,5181)^2 + (0,85-0,51)^2 + (0,69-0,6856)^2 = 0,6128$
P31	$(0,66-0,5068)^2 + (0,03-0,1443)^2 + (0,18-0,4093)^2 + (0,83-0,3937)^2 + (0,85-0,6412)^2 + (0,69-0,4875)^2 = 0,3640$
P32	$(0,66-0,3687)^2 + (0,03-0,4337)^2 + (0,18-0,22)^2 + (0,83-0,6275)^2 + (0,85-0,7012)^2 + (0,69-0,68)^2 = 0,3126$
P33	$(0,66-0,455)^2 + (0,03-0,5075)^2 + (0,18-0,275)^2 + (0,83-0,585)^2 + (0,85-0,5425)^2 + (0,69-0,5125)^2 = 0,4651$

neurônio →

vencedor

↪ único a ser atualizado

Neurônio:	Cálculos
P32	$0,3687+0,25*(0,66-0,3687) = 0,4415$ $0,4337+0,25*(0,03-0,4337) = 0,3328$ $0,22+0,25*(0,18-0,22) = 0,21$ $0,6275+0,25*(0,83-0,6275) = 0,6781$ $0,7012+0,25*(0,85-0,7012) = 0,7384$ $0,68+0,25*(0,69-0,68) = 0,6825$

3º padrão de treinamento [0,28 0,17 0,11 0,33 0,59 0,71]

P21 é o neurônio vencedor $d = 0,0577$

$$P21 = [0,3343 \ 0,245 \ 0,2 \ 0,3562 \ 0,4681 \ 0,6931]^T$$

4º padrão [0,12 0,32 0,13 0,29 0,25 0,81]

P21 é o neurônio vencedor novamente $d = 0,1221$

$$P21 \text{ atualizado} = [0,2807 \ 0,2637 \ 0,1825 \ 0,3396 \ 0,4135 \ 0,7223]^T$$

5º padrão é apresentado à rede e o neurônio vencedor é P23 $d = 0,0673$

$$P23 \text{ atualizado} = [0,2326 \ 0,5545 \ 0,0762 \ 0,5435 \ 0,525 \ 0,6817]^T$$

Atualizada:

	0,155	0,1662	0,1812
	0,26	0,5125	0,4675
	0,07	0,1712	0,0725
	0,22	0,4887	0,5
	0,425	0,4475	0,4837
	0,53	0,7412	0,7125
P =	0,2807	0,2146	0,2326
	0,2637	0,4784	0,5545
	0,1825	0,1034	0,0762
	0,3396	0,5056	0,5435
	0,4135	0,5093	0,525
	0,7223	0,7093	0,6817
	0,5068	0,4415	0,455
	0,1443	0,3328	0,5075
	0,4093	0,21	0,275
	0,3937	0,6781	0,585
	0,6412	0,7384	0,5425
	0,4875	0,6825	0,5125

6

final da 2ª época. → critério de parada

Verificação de alocação de cada padrão nos nós de saída

1º Padrão

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,43-0,155)^2 + (0,18-0,26)^2 + (0,58-0,07)^2 + (0,09-0,22)^2 + (0,69-0,425)^2 + (0,39-0,53)^2 = 0,4488$
P12	$(0,43-0,1662)^2 + (0,18-0,5125)^2 + (0,58-0,1712)^2 + (0,09-0,4887)^2 + (0,69-0,4475)^2 + (0,39-0,7412)^2 = 0,6883$
P13	$(0,43-0,1812)^2 + (0,18-0,4675)^2 + (0,58-0,0725)^2 + (0,09-0,5)^2 + (0,69-0,4837)^2 + (0,39-0,7125)^2 = 0,7167$
P21	$(0,43-0,2807)^2 + (0,18-0,2637)^2 + (0,58-0,1825)^2 + (0,09-0,3396)^2 + (0,69-0,4135)^2 + (0,39-0,7223)^2 = 0,4364$
P22	$(0,43-0,2146)^2 + (0,18-0,4784)^2 + (0,58-0,1034)^2 + (0,09-0,5056)^2 + (0,69-0,5093)^2 + (0,39-0,7093)^2 = 0,6699$
P23	$(0,43-0,2326)^2 + (0,18-0,5545)^2 + (0,58-0,0762)^2 + (0,09-0,5435)^2 + (0,69-0,525)^2 + (0,39-0,6817)^2 = 0,7510$
P31	$(0,43-0,5068)^2 + (0,18-0,1443)^2 + (0,58-0,4093)^2 + (0,09-0,3937)^2 + (0,69-0,6412)^2 + (0,39-0,4875)^2 = 0,1404$
P32	$(0,43-0,4415)^2 + (0,18-0,3328)^2 + (0,58-0,21)^2 + (0,09-0,6781)^2 + (0,69-0,7384)^2 + (0,39-0,6825)^2 = 0,5941$
P33	$(0,43-0,455)^2 + (0,18-0,5075)^2 + (0,58-0,275)^2 + (0,09-0,585)^2 + (0,69-0,5425)^2 + (0,39-0,5125)^2 = 0,4826$

2º Padrão

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,66-0,155)^2 + (0,03-0,26)^2 + (0,18-0,07)^2 + (0,83-0,22)^2 + (0,85-0,425)^2 + (0,69-0,53)^2 = 0,8983$
P12	$(0,66-0,1662)^2 + (0,03-0,5125)^2 + (0,18-0,1712)^2 + (0,83-0,4887)^2 + (0,85-0,4475)^2 + (0,69-0,7412)^2 = 0,7577$
P13	$(0,66-0,1812)^2 + (0,03-0,4675)^2 + (0,18-0,0725)^2 + (0,83-0,5)^2 + (0,85-0,4837)^2 + (0,69-0,7125)^2 = 0,6757$
P21	$(0,66-0,2807)^2 + (0,03-0,2637)^2 + (0,18-0,1825)^2 + (0,83-0,3396)^2 + (0,85-0,4135)^2 + (0,69-0,7223)^2 = 0,6303$
P22	$(0,66-0,2146)^2 + (0,03-0,4784)^2 + (0,18-0,1034)^2 + (0,83-0,5056)^2 + (0,85-0,5093)^2 + (0,69-0,7093)^2 = 0,6268$
P23	$(0,66-0,2326)^2 + (0,03-0,5545)^2 + (0,18-0,0762)^2 + (0,83-0,5435)^2 + (0,85-0,525)^2 + (0,69-0,6817)^2 = 0,6562$
P31	$(0,66-0,5068)^2 + (0,03-0,1443)^2 + (0,18-0,4093)^2 + (0,83-0,3937)^2 + (0,85-0,6412)^2 + (0,69-0,4875)^2 = 0,3640$
P32	$(0,66-0,4415)^2 + (0,03-0,3328)^2 + (0,18-0,21)^2 + (0,83-0,6781)^2 + (0,85-0,7384)^2 + (0,69-0,6825)^2 = 0,1758$
P33	$(0,66-0,455)^2 + (0,03-0,5075)^2 + (0,18-0,275)^2 + (0,83-0,585)^2 + (0,85-0,5425)^2 + (0,69-0,5125)^2 = 0,4651$

3º Padrão:

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,28-0,155)^2 + (0,17-0,26)^2 + (0,11-0,07)^2 + (0,33-0,22)^2 + (0,59-0,425)^2 + (0,71-0,53)^2 = 0,0970$
P12	$(0,28-0,1662)^2 + (0,17-0,5125)^2 + (0,11-0,1712)^2 + (0,33-0,4887)^2 + (0,59-0,4475)^2 + (0,71-0,7412)^2 = 0,1804$
P13	$(0,28-0,1812)^2 + (0,17-0,4675)^2 + (0,11-0,0725)^2 + (0,33-0,5)^2 + (0,59-0,4837)^2 + (0,71-0,7125)^2 = 0,1398$
P21	$(0,28-0,2807)^2 + (0,17-0,2637)^2 + (0,11-0,1825)^2 + (0,33-0,3396)^2 + (0,59-0,4135)^2 + (0,71-0,7223)^2 = 0,0454$
P22	$(0,28-0,2146)^2 + (0,17-0,4784)^2 + (0,11-0,1034)^2 + (0,33-0,5056)^2 + (0,59-0,5093)^2 + (0,71-0,7093)^2 = 0,1367$
P23	$(0,28-0,2326)^2 + (0,17-0,5545)^2 + (0,11-0,0762)^2 + (0,33-0,5435)^2 + (0,59-0,525)^2 + (0,71-0,6817)^2 = 0,2018$
P31	$(0,28-0,5068)^2 + (0,17-0,1443)^2 + (0,11-0,4093)^2 + (0,33-0,3937)^2 + (0,59-0,6412)^2 + (0,71-0,4875)^2 = 0,1979$
P32	$(0,28-0,4415)^2 + (0,17-0,3328)^2 + (0,11-0,21)^2 + (0,33-0,6781)^2 + (0,59-0,7384)^2 + (0,71-0,6825)^2 = 0,2065$
P33	$(0,28-0,455)^2 + (0,17-0,5075)^2 + (0,11-0,275)^2 + (0,33-0,585)^2 + (0,59-0,5425)^2 + (0,71-0,5125)^2 = 0,2780$

4º Padrão:

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,12-0,155)^2 + (0,32-0,26)^2 + (0,13-0,07)^2 + (0,29-0,22)^2 + (0,25-0,425)^2 + (0,81-0,53)^2 = 0,1223$
P12	$(0,12-0,1662)^2 + (0,32-0,5125)^2 + (0,13-0,1712)^2 + (0,29-0,4887)^2 + (0,25-0,4475)^2 + (0,81-0,7412)^2 = 0,1241$
P13	$(0,12-0,1812)^2 + (0,32-0,4675)^2 + (0,13-0,0725)^2 + (0,29-0,5)^2 + (0,25-0,4837)^2 + (0,81-0,7125)^2 = 0,1370$
P21	$(0,12-0,2807)^2 + (0,32-0,2637)^2 + (0,13-0,1825)^2 + (0,29-0,3396)^2 + (0,25-0,4135)^2 + (0,81-0,7223)^2 = 0,0686$
P22	$(0,12-0,2146)^2 + (0,32-0,4784)^2 + (0,13-0,1034)^2 + (0,29-0,5056)^2 + (0,25-0,5093)^2 + (0,81-0,7093)^2 = 0,1586$
P23	$(0,12-0,2326)^2 + (0,32-0,5545)^2 + (0,13-0,0762)^2 + (0,29-0,5435)^2 + (0,25-0,525)^2 + (0,81-0,6817)^2 = 0,2269$
P31	$(0,12-0,5068)^2 + (0,32-0,1443)^2 + (0,13-0,4093)^2 + (0,29-0,3937)^2 + (0,25-0,6412)^2 + (0,81-0,4875)^2 = 0,5264$
P32	$(0,12-0,4415)^2 + (0,32-0,3328)^2 + (0,13-0,21)^2 + (0,29-0,6781)^2 + (0,25-0,7384)^2 + (0,81-0,6825)^2 = 0,5154$
P33	$(0,12-0,455)^2 + (0,32-0,5075)^2 + (0,13-0,275)^2 + (0,29-0,585)^2 + (0,25-0,5425)^2 + (0,81-0,5125)^2 = 0,4294$

5º Padrão:

Neurônio:	Cálculos
P11	$(0,19-0,155)^2 + (0,72-0,26)^2 + (0,05-0,07)^2 + (0,62-0,22)^2 + (0,57-0,425)^2 + (0,67-0,53)^2 = 0,4138$
P12	$(0,19-0,1662)^2 + (0,72-0,5125)^2 + (0,05-0,1712)^2 + (0,62-0,4887)^2 + (0,57-0,4475)^2 + (0,67-0,7412)^2 = 0,0956$
P13	$(0,19-0,1812)^2 + (0,72-0,4675)^2 + (0,05-0,0725)^2 + (0,62-0,5)^2 + (0,57-0,4837)^2 + (0,67-0,7125)^2 = 0,0879$
P21	$(0,19-0,2807)^2 + (0,72-0,2637)^2 + (0,05-0,1825)^2 + (0,62-0,3396)^2 + (0,57-0,4135)^2 + (0,67-0,7223)^2 = 0,3397$
P22	$(0,19-0,2146)^2 + (0,72-0,4784)^2 + (0,05-0,1034)^2 + (0,62-0,5056)^2 + (0,57-0,5093)^2 + (0,67-0,7093)^2 = 0,0801$
P23	$(0,19-0,2326)^2 + (0,72-0,5545)^2 + (0,05-0,0762)^2 + (0,62-0,5435)^2 + (0,57-0,525)^2 + (0,67-0,6817)^2 = 0,0378$
P31	$(0,19-0,5068)^2 + (0,72-0,1443)^2 + (0,05-0,4093)^2 + (0,62-0,3937)^2 + (0,57-0,6412)^2 + (0,67-0,4875)^2 = 0,6504$
P32	$(0,19-0,4415)^2 + (0,72-0,3328)^2 + (0,05-0,21)^2 + (0,62-0,6781)^2 + (0,57-0,7384)^2 + (0,67-0,6825)^2 = 0,2707$
P33	$(0,19-0,455)^2 + (0,72-0,5075)^2 + (0,05-0,275)^2 + (0,62-0,585)^2 + (0,57-0,5425)^2 + (0,67-0,5125)^2 = 0,1927$

Portanto

Padrão 1 → neurônio P31

Padrão 2 → neurônio P32

Padrão 3 → neurônio P21

Padrão 4 → neurônio P22

Padrão 5 → neurônio P11

Classificação dos padrões em 4 grupos no mapa bidimensional ⑦

Padrão 3 Padrão 4	Padrão 5	
Padrão 1	Padrão 2	