

Aula 10



Escola
Politécnica

Fundamentos de Computação

1
28



Prof. Gian Carlo Brustolin

- Fundamentos da computação
- Prática de inteligência artificial & *machine learning*

Fundamentos da computação: IA & MI

- O objetivo desta aula é apresentar os fundamentos de treinamento neural
 - Aula prática – treinamento de RNA

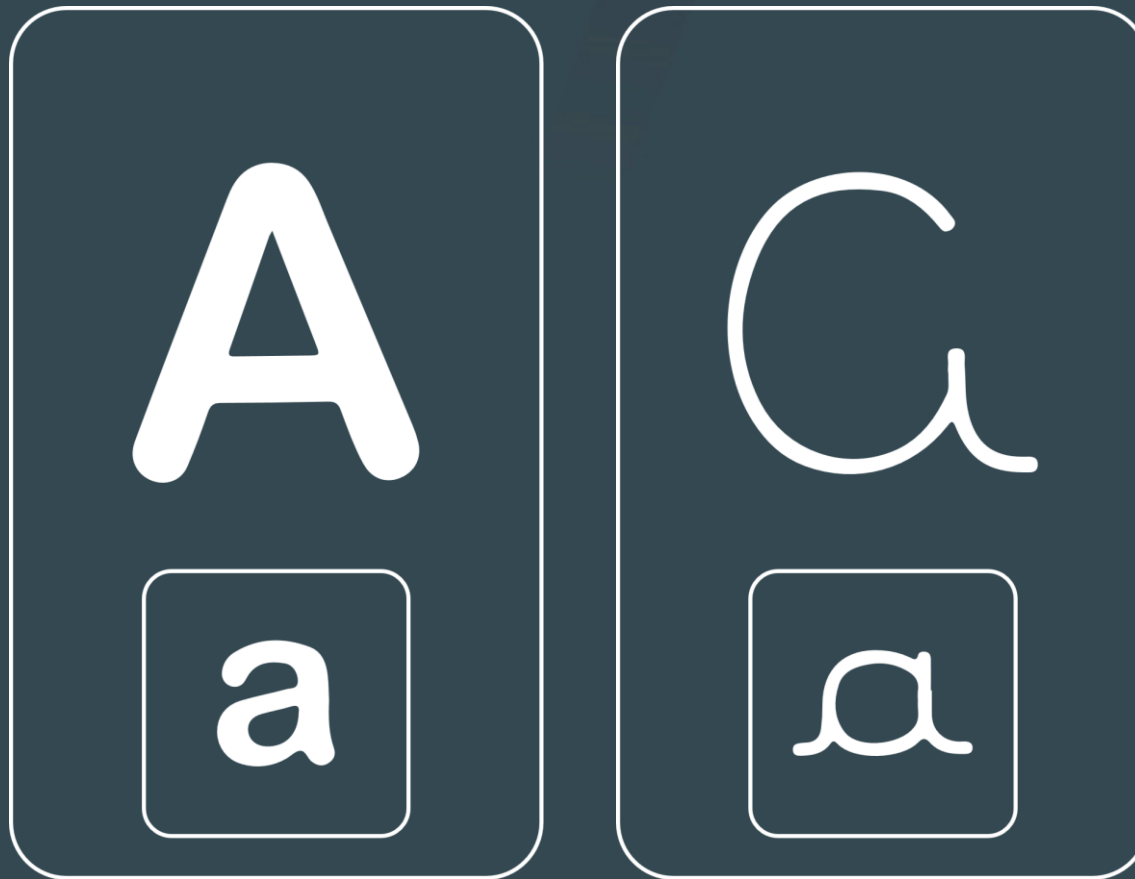


3
28



Generalização

A RN humana é capaz de generalizar



A
a

G
g

A A A A

A A A A

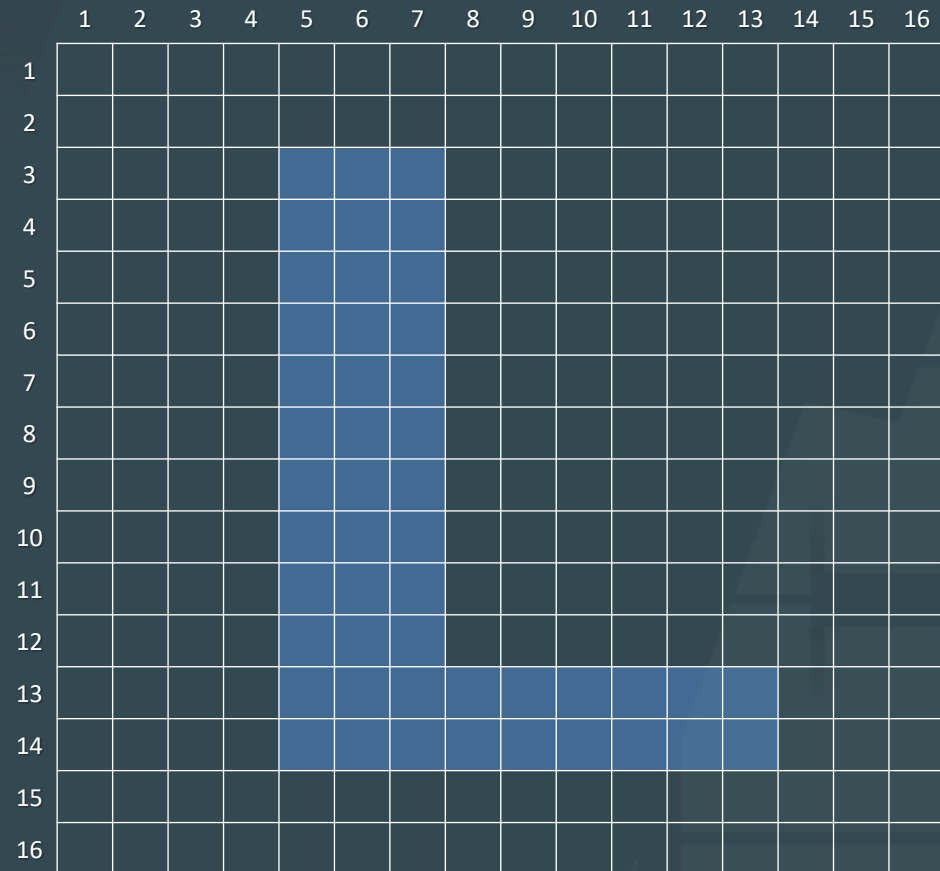


7
28



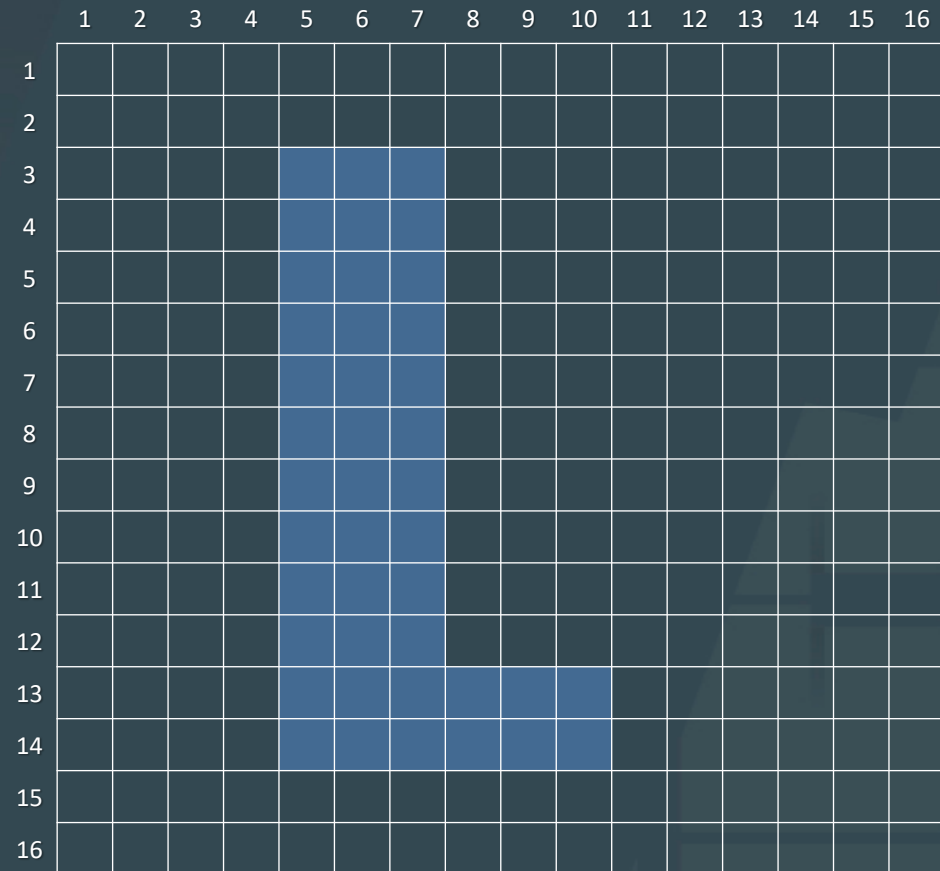
Computação tradicional

- Se $A(i,j)=1$ AND
 $A(k,l)=1$ AND
 $A(m,n)=1$ AND ...
- Then "L"



Fonte: Brustolin

- **IF $A(i,j)=1$
AND $A(k,l)=1$
AND $A(m,n)=1$
AND ...**
- **Then "L"**
- **OR IF $A(i,j)=1$
AND ...**



Fonte: Brustolin

Aproximação estocástica

- Se ao menos $n\%$ dos elementos de $A = 1$ identificamos o “L”
- E para outros “tipos” de L... mais IFs...

Pode haver aprendizagem de máquina?

- **Supervisionada sim!**
- **Após a negativa (não é “L”), pede-se devolutiva do usuário**
- **Memoriza-se nova matriz**

Limite do processo

- Associação de avaliação estocástica + ML
 - Muitos ciclos de aprendizagem = ignorância
- Apenas ML
 - Muitos ciclos de aprendizagem = baixo desempenho
 - ✓ Processamento lento
 - ✓ Erros sobem



IA conexionista e o treinamento neural

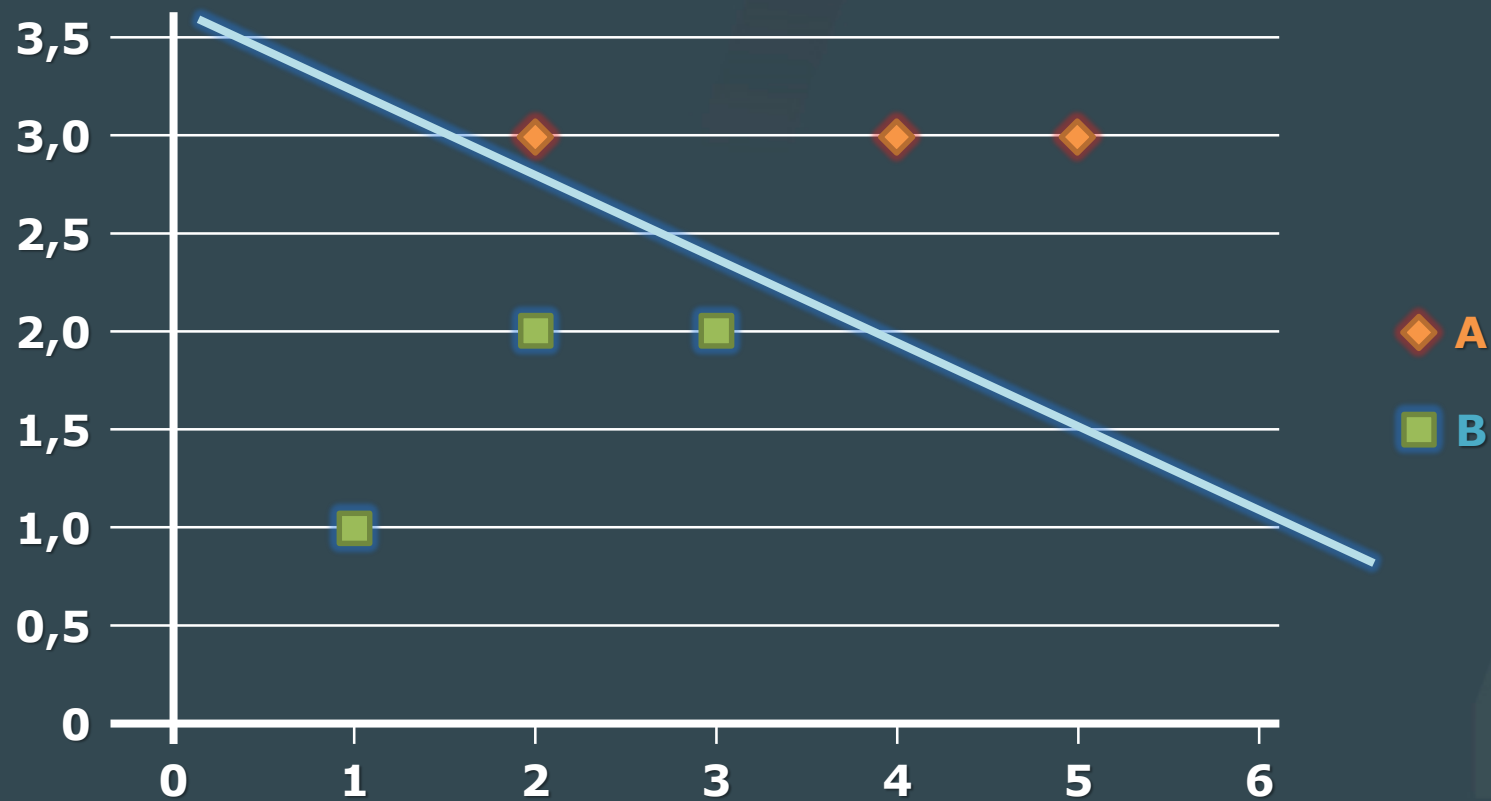
13
28



Problema:

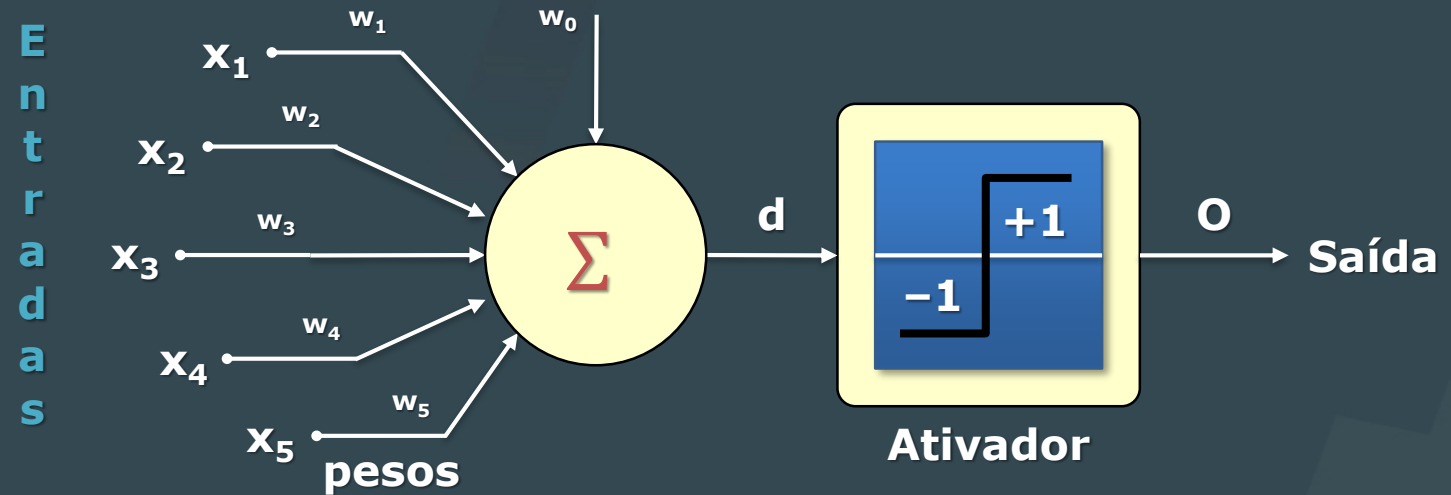
- Suponha uma instalação industrial com “ n ” sensores associados à linha de produção que fornecem níveis de medição entre 0 e 9. Determinadas combinações entre estas medidas identificam bons produtos, as demais indicam defeitos. Pequenas variações de medida em um sensor são desprezíveis desde que outro sensor apresente medida com variação oposta

Problema – representação bidimensional



Fonte: Brustolin

Perceptron como classificador

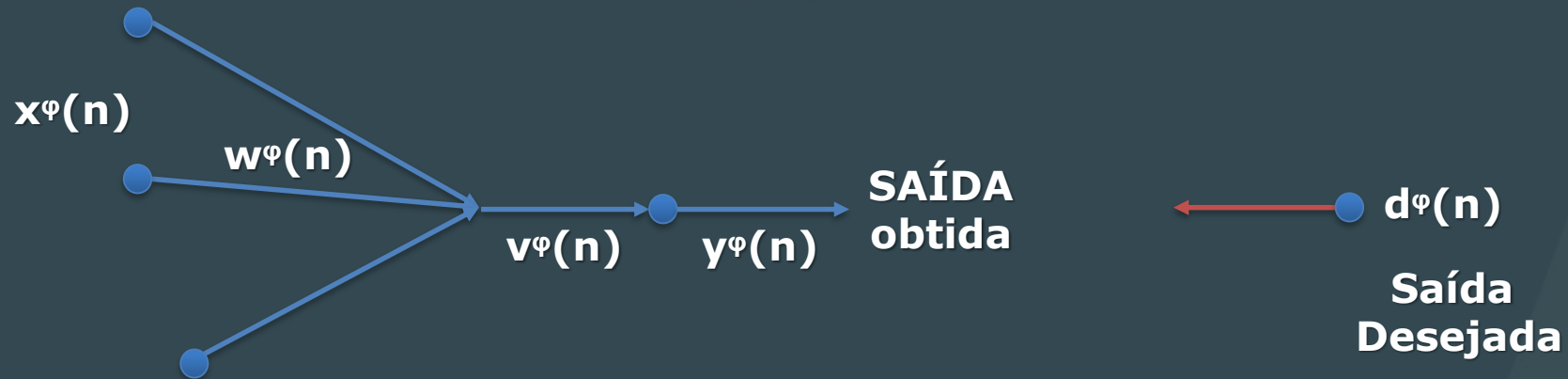


Equações:

- ✓ Campo induzido = $\Sigma (x_i \cdot w_{ji}) + \theta_j$
- ✓ Função de ativação degrau:
 - ▶ Saída = $+1$ se $d \geq 0$
 - -1 se $d < 0$

Aprendizado neural

– correção de erro pela regra Delta

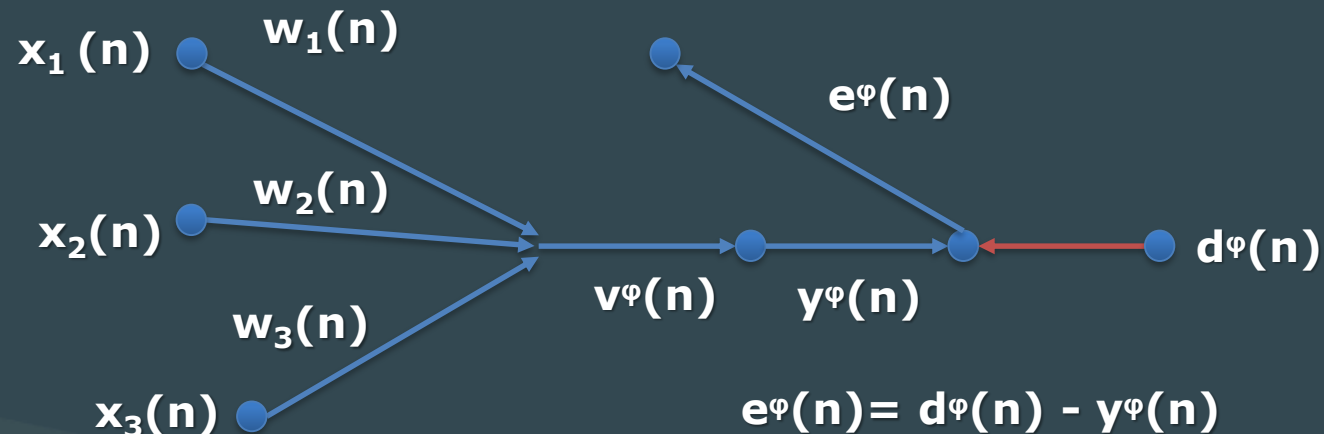


- ERRO será: $e^\varphi(n) = \text{desejada} - \text{obtida}$
 $e^\varphi(n) = d^\varphi(n) - y^\varphi(n)$

Regra de Widrow-Hoff ou delta

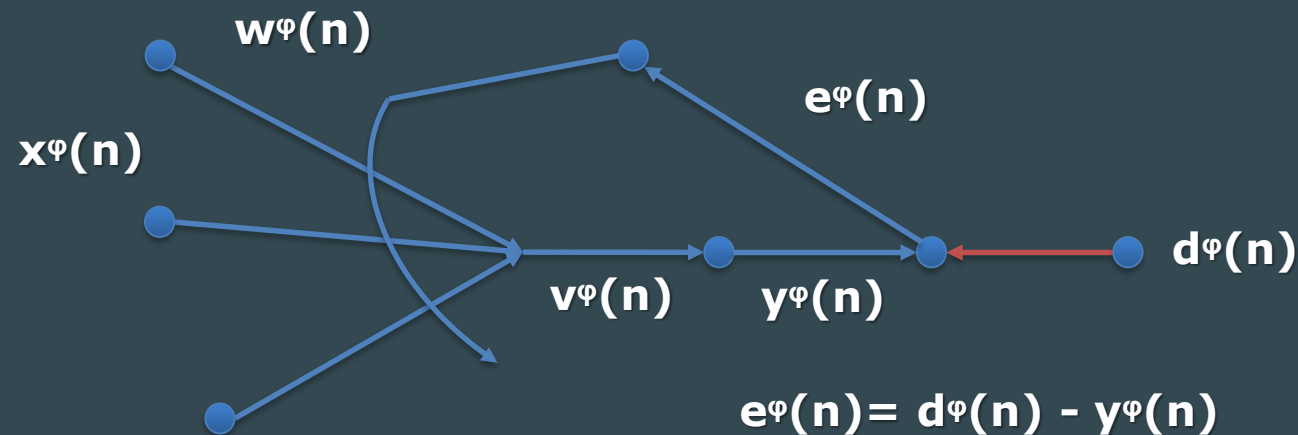
- $w^\varphi(n+1) = w^\varphi(n) + \Delta w^\varphi(n)$
- por ex.: $w_1(n+1) = w_1(n) + \Delta w_1(n)$
- Ou seja se $w_1(1) = 1, \Delta = 2$ então

$$w_1(2) = 3$$



Regra de Widrow-Hoff ou delta

- $\Delta w^\varphi(n) = k e^\varphi(n) x^\varphi(n)$
- onde k parâmetro de aprendizagem
- ✓ $0,01 < k < 0,2$



Aprendizado neural – regra Delta

Exemplo: Suponha $w_1 = 0,5$; $w_2 = -0,1$; $w_3 = 1$; bias = 0.

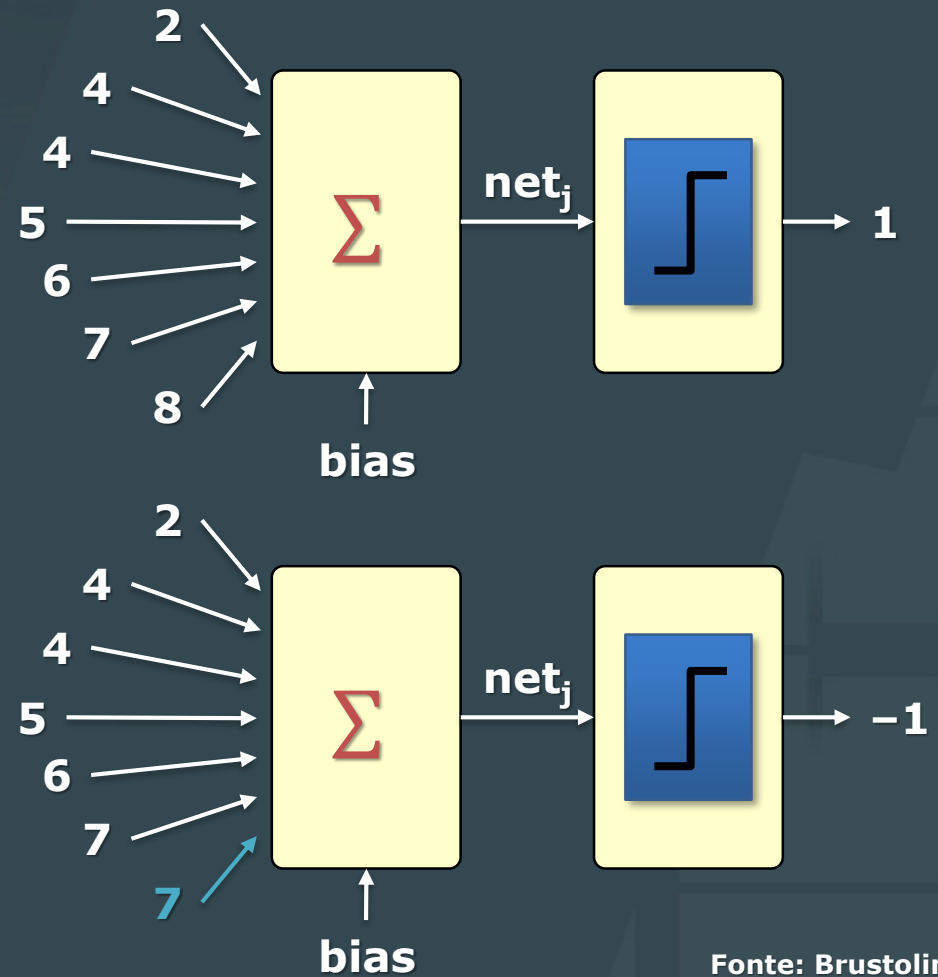
- Sabemos que se $x_1 = 1$; $x_2 = 2$ e $x_3 = 0,5$ então $d_1 = -1$.
- Calculando: $\text{net} = 1*0,5 + 2*(-0,1) + 0,5 * 1 + 0 = 0,8$
 - $y = +1$
- Ocorreu ERRO! Supondo $k = 0,1$:
- $e = (-1) - (+1) = -2$ então $\Delta w_1 = k (-2) * (1) = -0,2$
 - $\Delta w_2 = k (-2) * (2) = -0,4$ e $\Delta w_3 = -0,1$
- Novos w serão $w_1 = 0,5 + (-0,2) = 0,3$
 - $w_2 = -0,5$ $w_3 = 0,9$

- **Exemplo:**
- **Agora $w_1 = 0,3$; $w_2 = -0,5$; $w_3 = 0,9$; bias = 0**
- **Sabemos que se $x_1 = 2$; $x_2 = 2$ e $x_3 = 5$ então $d_1 = +1$**
- **Calculando: net = ...**
- **Novos w serão $w_1 =$**
- **Assim se prossegue por toda o conjunto de amostras completando uma ÉPOCA**

Voltando ao problema

- SAÍDA:

- +1 se entrada $\geq 2,3,4,5,6,7,8$
- 1 se entrada menor



Fonte: Brustolin

Voltando ao problema

- Escolha das amostras:
 - Tomar o espaço amostral para saída +1 (ou zero)
 - ✓ Escolher amostras de boa significância
 - Escolher amostras da saída -1
 - ✓ Escolher amostras de boa variância em relação ao espaço amostral de +1
 - Escolha uma estratégia de amostragem
 - ✓ Por exemplo, média em torno do ponto de inflexão...

A	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	D	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	u	Y	Erro	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8
1	0	2	3	4	5	6	7	8	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	35,000	1	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	1	3	2	5	7	8	0	2	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	28,000	1	-1	0,950	0,850	0,900	0,750	0,650	0,600	1,000	0,900
3	2	4	3	6	8	9	1	3	0	0,950	0,850	0,900	0,750	0,650	0,600	1,000	0,900	26,800	1	-1	0,850	0,650	0,750	0,450	0,250	0,150	0,950	0,750
4	3	5	4	7	9	0	2	4	0	0,850	0,650	0,750	0,450	0,250	0,150	0,950	0,750	19,100	1	-1	0,700	0,400	0,550	0,100	-0,200	0,150	0,850	0,550
5	4	6	5	8	0	1	3	5	0	0,700	0,400	0,550	0,100	-0,200	0,150	0,850	0,550	14,200	1	-1	0,500	0,100	0,300	-0,300	-0,200	0,100	0,700	0,300
6	5	7	6	9	1	2	4	6	0	0,500	0,100	0,300	-0,300	-0,200	0,100	0,700	0,300	6,900	1	-1	0,250	-0,250	0,000	-0,750	-0,250	0,000	0,500	0,000
7	6	8	7	0	2	3	5	7	0	0,250	-0,250	0,000	-0,750	-0,250	0,000	0,500	0,000	1,500	1	-1	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
8	7	9	8	1	3	4	6	8	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-12,700	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
9	8	0	9	2	4	5	7	9	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-8,600	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
10	9	1	0	3	5	6	8	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-4,000	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
11	0	9	0	1	2	3	4	5	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-8,500	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
12	0	6	9	7	8	9	0	1	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-16,800	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
14	0	2	3	9	4	5	6	7	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-12,200	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
15	0	8	9	0	9	1	2	3	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-12,200	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
16	0	4	5	6	7	9	0	1	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-13,000	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
17	0	2	3	4	5	6	9	7	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-8,200	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
18	0	8	9	0	1	2	3	9	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-11,400	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
19	0	4	5	6	7	8	9	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-10,250	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350
20	0	2	1	3	6	7	9	1	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-5,150	0	0	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350

1	0	2	1	4	6	7	9	1	1	-0,050	-0,650	-0,350	-0,750	-0,350	-0,150	0,250	-0,350	-5,900	0	1	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300
2	1	3	2	5	7	8	0	2	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300	-4,400	0	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300
3	2	4	3	6	8	9	1	3	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300	-5,300	0	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300
4	3	5	4	7	9	0	2	4	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300	-8,200	0	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300
5	4	6	5	8	0	1	3	5	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300	-8,600	0	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300
6	5	7	6	9	1	2	4	6	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300	-9,500	0	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300
7	6	8	7	0	2	3	5	7	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300	-4,900	0	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300
8	7	9	8	1	3	4	6	8	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300	-5,800	0	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300
9	8	0	9	2	4	5	7	9	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300	-1,200	0	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300
10	9	1	0	3	5	6	8	0	0	-0,050	-0,550	-0,300	-0,550	-0,050	0,200	0,700	-0,300	3,900	1	-1	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300
11	0	9	0	1	2	3	4	5	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300	-7,300	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300
12	0	6	9	7	8	9	0	1	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300	-14,800	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300
14	0	2	3	9	4	5	6	7	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300	-10,400	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300
15	0	8	9	0	9	1	2	3	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300	-10,600	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300
16	0	4	5	6	7	9	0	1	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300	-11,400	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300
17	0	2	3	4	5	6	9	7	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300	-6,400	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300
18	0	8	9	0	1	2	3	9	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300	-9,800	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300
19	0	4	5	6	7	8	9	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300	-8,300	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300
20	0	2	1	3	6	7	9	1	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300	-3,700	0	0	-0,500	-0,600	-0,300	-0,700	-0,300	-0,100	0,300	-0,300

Fonte: Brustolin

■ ... 6 épocas depois

1	0	2	1	4	6	7	9	1	1	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	4,450	1	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
2	1	3	2	5	7	8	0	2	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-6,450	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
3	2	4	3	6	8	9	1	3	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-9,350	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
4	3	5	4	7	9	0	2	4	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-15,750	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
5	4	6	5	8	0	1	3	5	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-19,650	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
6	5	7	6	9	1	2	4	6	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-22,550	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
7	6	8	7	0	2	3	5	7	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-18,950	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
8	7	9	8	1	3	4	6	8	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-21,850	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
9	8	0	9	2	4	5	7	9	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-18,250	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
10	9	1	0	3	5	6	8	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-2,150	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
11	0	9	0	1	2	3	4	5	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-7,050	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
12	0	6	9	7	8	9	0	1	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-13,600	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
14	0	2	3	9	4	5	6	7	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-9,900	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
15	0	8	9	0	9	1	2	3	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-13,450	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
16	0	4	5	6	7	9	0	1	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-8,150	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
17	0	2	3	4	5	6	9	7	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-3,800	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
18	0	8	9	0	1	2	3	9	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-19,100	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
19	0	4	5	6	7	8	9	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	-0,300	0	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000
20	0	2	1	3	6	7	9	1	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000	5,100	1	0	-0,950	-0,650	-0,900	-0,650	0,100	0,350	0,800	-1,000

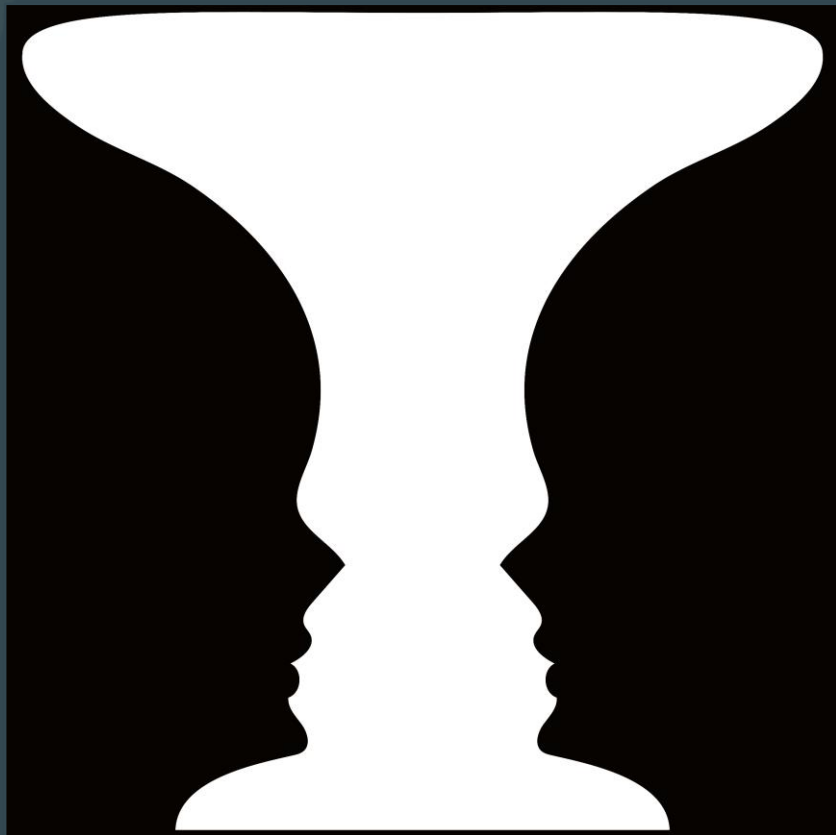
Fonte: Brustolin

Erros em RN

26
28



Erros em RN

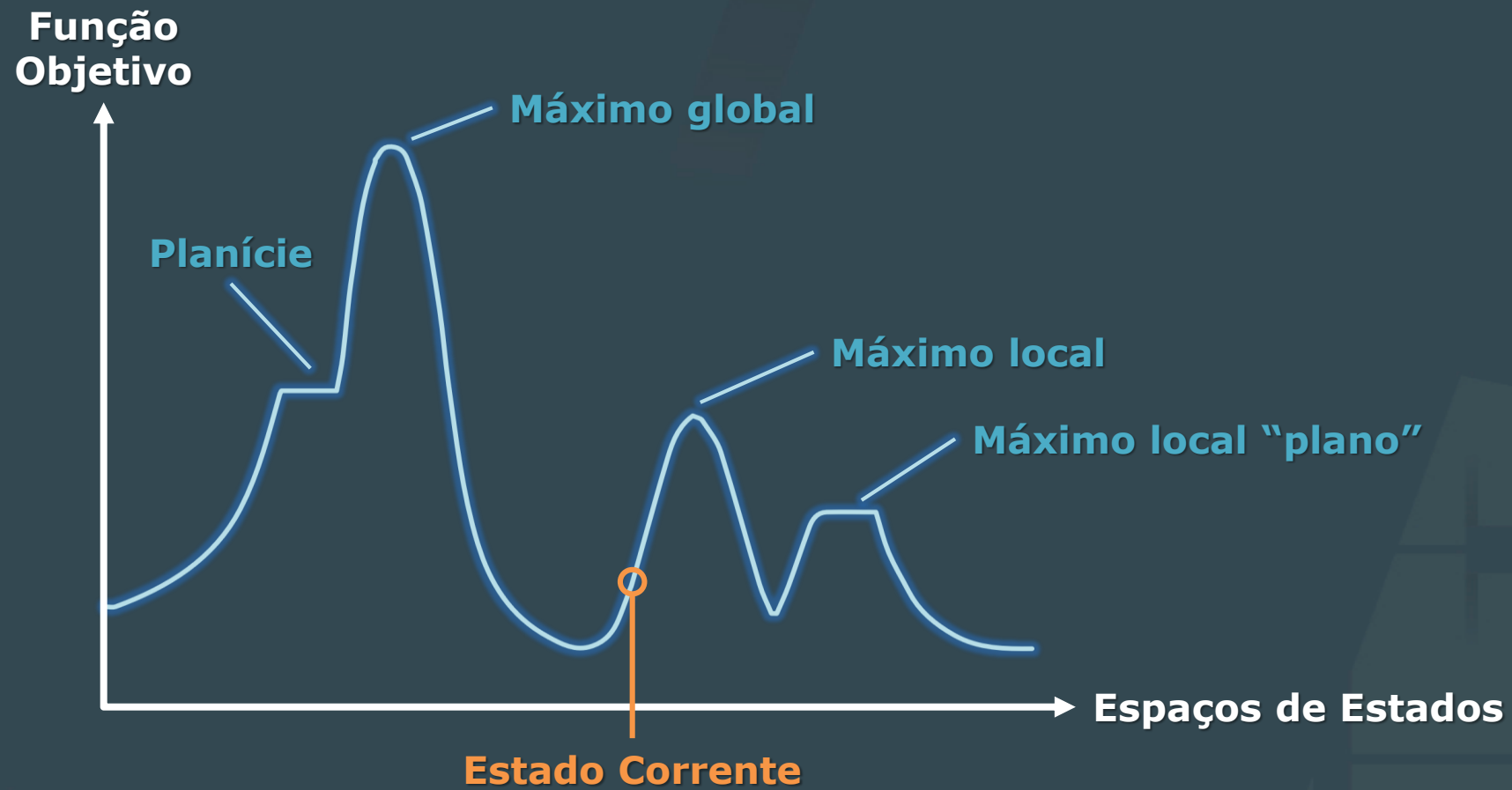


mochalu/shutterstock



Charles Allan Gilbert-CC/PD

Erros em RNA



Fonte: RUSSELL; NORVIG, 2013.



Fechar