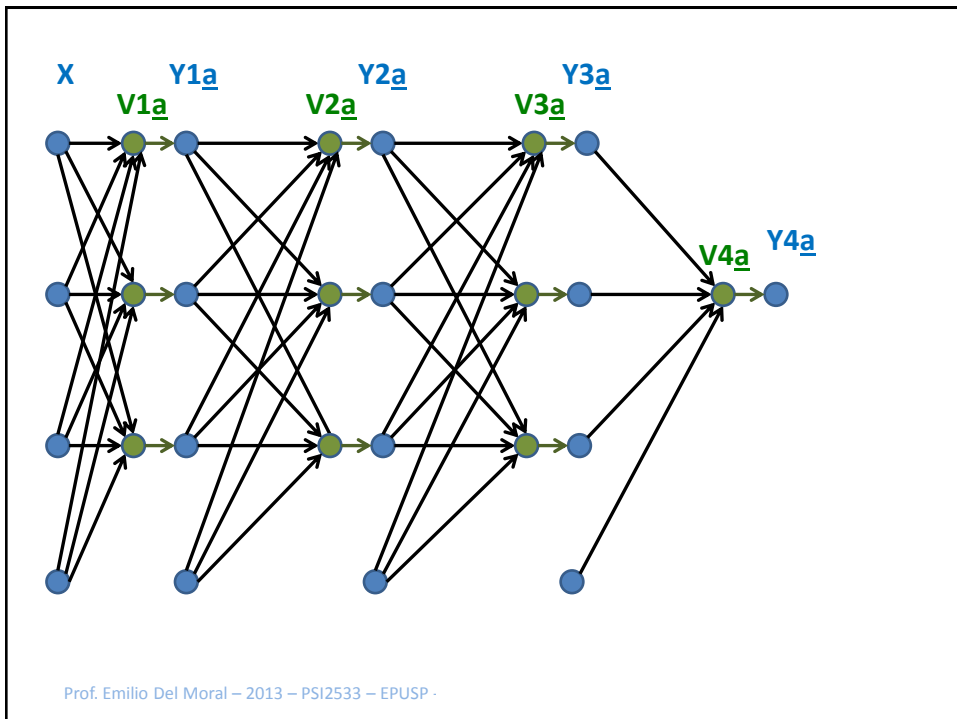


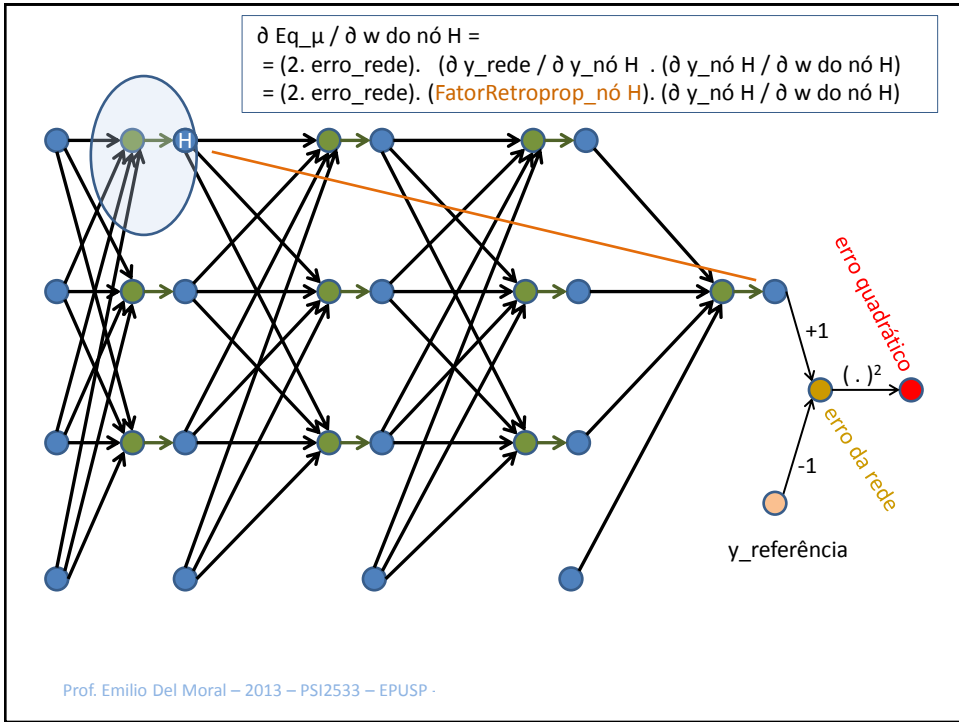
## EBP – Error Back Propagation / Processo de aproximações sucessivas ao Eqm mínimo:

- Chute um vetor  $W$  inicial, e chame-o de “ $W_{\text{corrente}}$ ”, ou “ $W$  melhor até agora”
- Em loop EXTERNO, repita 1, 2 e 3 a seguir, até obter Eqm zero, ou Eqm baixo o suficiente, ou Eqm estável, ou estourar um número limite de iterações (de adaptações em  $\Delta W$ ):
  - 1) Determine o vetor gradiente do Eqm, nesse espaço de  $W$ s. Essa determinação é feita através de um loop varrendo todos os  $M$  exemplos  $(X^{\mu}; y^{\mu})$ . Cada passo desse loop INTERNO envolve 1.1, 1.2 e 1.3 como segue:
    - 1.1) Calcule o gradiente de  $Eq^{\mu}$  associado a apenas um exemplo  $\mu$ :
    - 1.2) Cada cálculo desses, associado a um  $\mu$  apenas, envolve calcular tantas derivadas parciais de  $Eq^{\mu}$  quantos pesos existam na rede. Isso exige primeiro calcular o valor do argumento de cada tangente hiperbólica e depois usar esses valores dos argumentos nas derivadas da regra da cadeia, necessárias ao cálculo das derivadas parciais de  $Eq^{\mu}$  com relação aos vários pesos da rede;
    - 1.3) Vá varrendo  $\mu$  (lembre que  $\mu$  vai de 1 até  $M$ ), e somando os gradientes obtidos para cada  $Eq^{\mu}$ , para ir compondo o vetor gradiente de Eqm, que na verdade é a soma de todos os gradientes coletados para os diversos  $\mu$ ; saia deste loop INTERNO somente quando passar por todos os  $\mu$ .
  - 2) Ao sair do Loop INTERNO acima, estamos prontos para dar um pequeno passo vetorial  $\Delta W$  no espaço de pesos, com a direção e magnitude dados por  $-\eta \cdot$  vetor gradiente de Eqm. Com isso, atualizamos / melhoramos o vetor  $W_{\text{corrente}}$
  - 3) Em seguida a dar tal passo  $\Delta W$ , avalie se Eqm é zero / ou pequeno / ou estável / etc, e se não decidir parar o processo, prepare-se para um novo pequeno passo  $\Delta W$  (volte ao passo do cálculo do gradiente – passo 1)

Prof. Emilio Del Moral – 2013 – PSI2533 – EPUSP ·



Prof. Emilio Del Moral – 2013 – PSI2533 – EPUSP ·



**... Rel\u00e7\u00e3o entre gradiente descendente do erro e as derivadas parciais de  $y_{\text{rede}}$  com rela\u00e7\u00e3o aos pesos sin\u00e1pticos e com rela\u00e7\u00e3o aos  $y_{\text{n\u00f3}}$**

$$\Delta \vec{W} = -\eta \cdot \vec{\nabla} Eqm = -\eta \cdot \left( \frac{\partial Eqm}{\partial w_1}, \frac{\partial Eqm}{\partial w_2}, \frac{\partial Eqm}{\partial w_3} \dots \right)$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial Eqm}{\partial w_{\text{espec\u00edfico}}} &= \\
 &= \frac{1}{M} \sum_{\mu=1}^M \frac{\partial Eq^{\mu}}{\partial w_{\text{espec\u00edfico}}} = \frac{1}{M} \sum_{\mu=1}^M \left[ \frac{\partial Eq^{\mu}}{\partial y_{\text{rede}}(\vec{X}^{\mu}, W)} \cdot \left[ \frac{\partial y_{\text{rede}}(\vec{X}^{\mu}, W)}{\partial w_{\text{espec\u00edfico}}} \right] \right] \\
 &= \frac{1}{M} \sum_{\mu=1}^M \left[ 2 \cdot (y_{\text{rede}}(\vec{X}^{\mu}, W) - y^{\mu}) \cdot \left[ \frac{\partial y_{\text{rede}}(\vec{X}^{\mu}, W)}{\partial w_{\text{espec\u00edfico}}} \right] \right] \\
 &= \frac{1}{M} \sum_{\mu=1}^M \left[ 2 \cdot (y_{\text{rede}}(\vec{X}^{\mu}, W) - y^{\mu}) \cdot \left[ \frac{\partial y_{\text{rede}}(\vec{X}^{\mu}, W)}{\partial y_{\text{n\u00f3}}} \cdot \left[ \frac{\partial y_{\text{n\u00f3}}(\vec{X}^{\mu}, W)}{\partial w_{\text{espec\u00edfico}}} \right] \right] \right]
 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{M} \sum_{\mu=1}^M \left[ 2 \cdot (y_{\text{rede}}(\vec{X}^{\mu}, W) - y^{\mu}) \cdot \left[ \frac{\partial y_{\text{rede}}(\vec{X}^{\mu}, W)}{\partial y_{\text{n\u00f3}}} \cdot \left[ \frac{\partial y_{\text{n\u00f3}}(\vec{X}^{\mu}, W)}{\partial w_{\text{espec\u00edfico}}} \right] \right] \right]$$

Prof. Emilio Del Moral – 2013 – PSI2533 – EPUSP

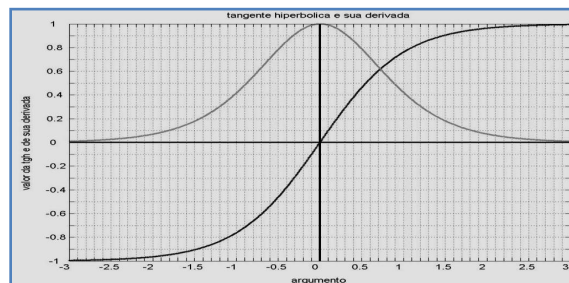
## Exercícios sugeridos

- Deduções de equações ... Treino para a prova
- Exercícios numéricos sobre as equações: para treinar para a prova ...
- Exercícios com o MBP para ver o uso da teoria em casos práticos ....

Prof. Emilio Del Moral – 2013 – PSI2533 – EPUSP ·

## Tangente Hiperbólica e sua Derivada

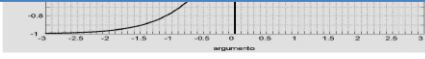
- Estes gráficos serão fornecidos e usados em prova na questão de exercício numérico



Prof. Emilio Del Moral – 2013 – PSI2533 – EPUSP ·

# Tabela de registro de cálculos

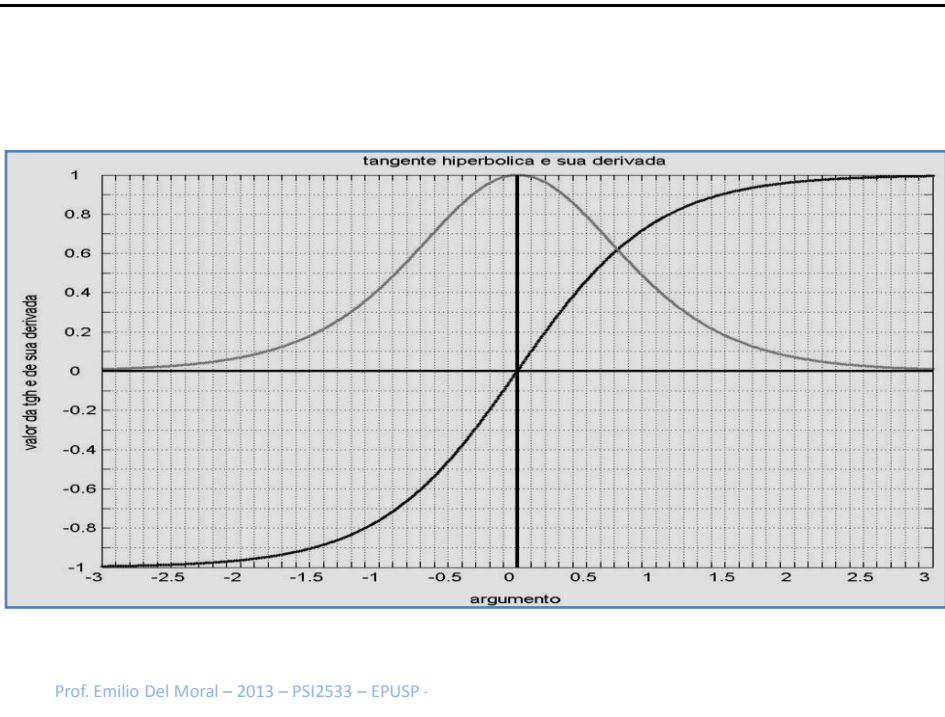
- Esta tabela (ou similar) será fornecida e usada em prova na questão de exercício numérico



**REGISTROS DE USOS DOS GRÁFICOS:**

Argumento (eixo x do gráfico, seja para a tgh ou para sua derivada), com expressão algébrica para seu cálculo seguida do cálculo numérico em si	gráfico usado ... da tgh ou da derivada?	valor obtido do gráfico
ex: $w_j, x_j+1 = 3,2+1 = 7$	ex: usei tgh	ex: aprox. +1
ex: -1 - erro algébrico = -1 - 0,5 = -1,5	ex: usei derivada	ex: 0,2
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Prof. Emilio Del Moral – 2013 – PSI2533 – EPUSP



Prof. Emilio Del Moral – 2013 – PSI2533 – EPUSP