



# **Implementação de um pHmetro através de Redes Neurais Artificiais e Algoritmos Genéticos**

Alexandre Kimiyaki Ligo

César Augusto Mayor Herrera

Massaki de Oliveira Igarashi

Tiago Oliveira Weber

# APRESENTAÇÃO



1

- **OBJETIVO**

2

- **Medição de pH**
- **Redes Neurais Artificiais**
- **Algoritmos Genéticos**

3

- **Entradas - Sensores**
- **Aquisição**
- **Processamento**

4

- **RESULTADOS**

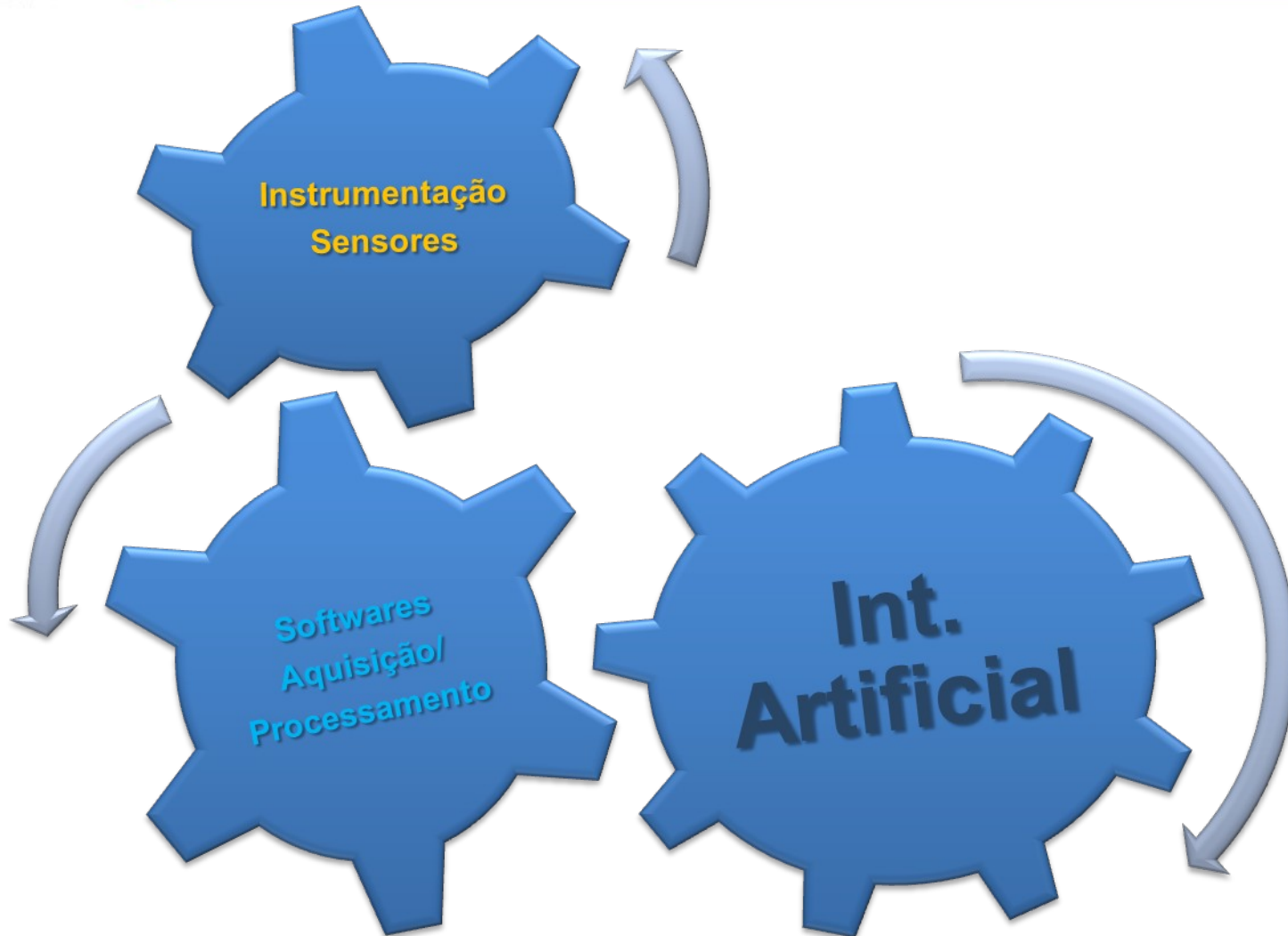
5

- **CONCLUSÕES**

6

- **Perspectivas Futuras**

# 1 - OBJETIVO



# 2 – Medição de pH



Definição usual:

$$pH = -\log[H^+]$$



**Definição ATUAL [IUPAC]**

$$pH = -\log a_H = \log(m_H y_H / m^o)$$



Atividade (Concentração Efetiva)  
Força iônica do meio

## Soluções Tampão (“Buffers”)

***Tendem a resistir a variações de pH*** como resultado de diluição ou adição de pequenas quantidades de ácidos ou bases.

### Métodos:

*Eletrodo de Vidro  
/ Potenciométrico*

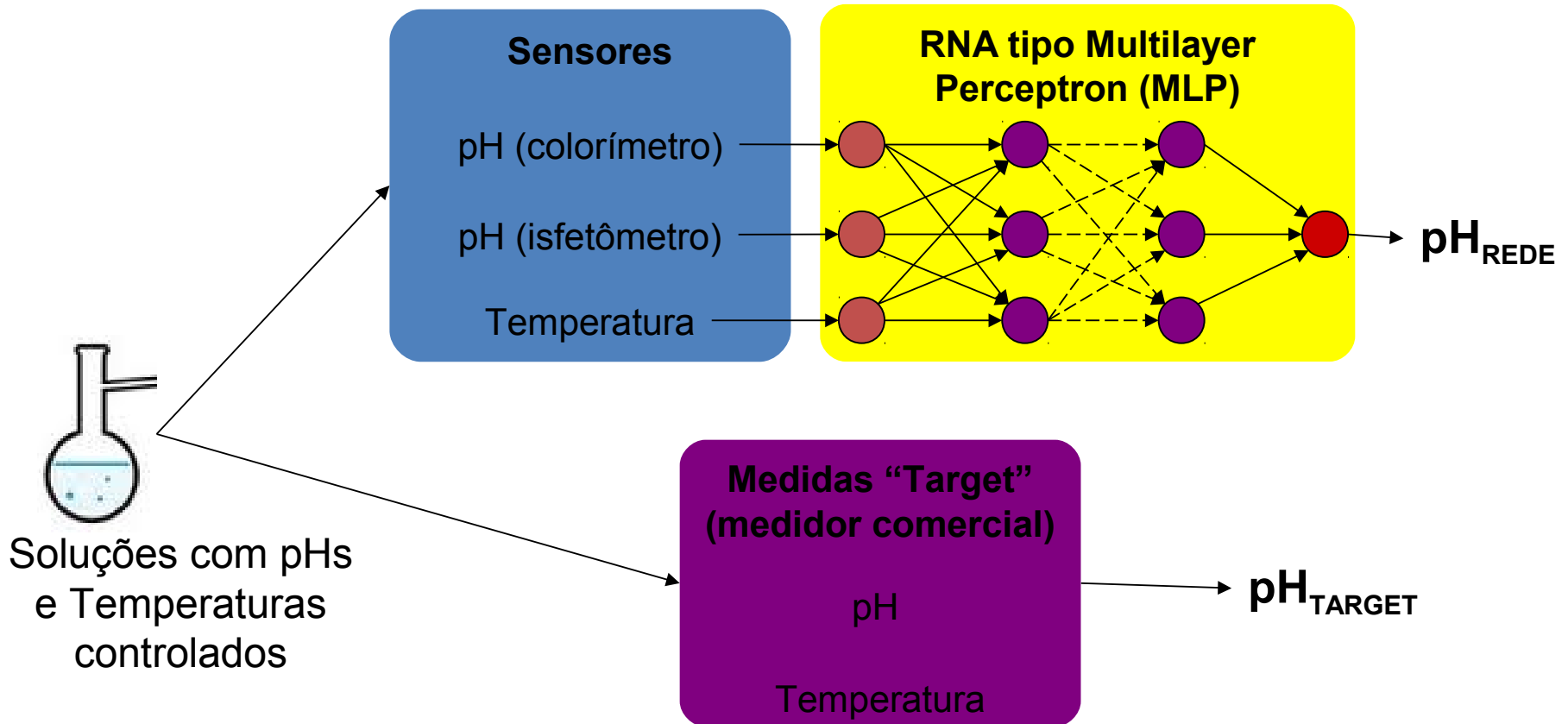


*Método Colorimétrico  
/ Indicadores de pH*



*ISFET  
 (“ISFETÔMETRO”)*

# 2 – Redes Neurais Artificiais



- A rede MLP será treinada de forma a minimizar o erro entre  $pH_{REDE}$  e  $pH_{TARGET}$
- Para o treino será utilizado o algoritmo de Error Back Propagation

# 2 – Algoritmos Genéticos

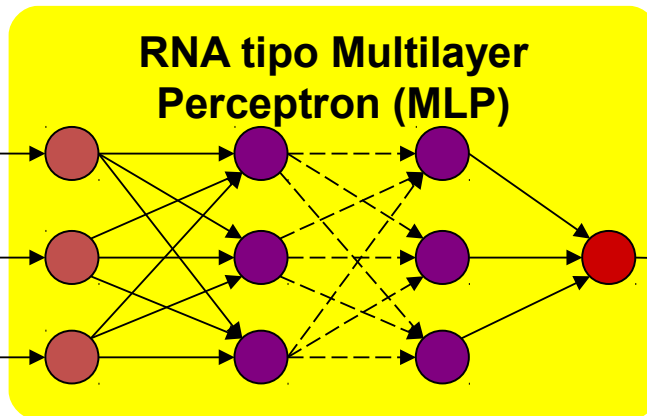


## SENSORES

pH (colorímetro)

pH (isfetômetro)

Temperatura



pH<sub>REDE</sub>

## Um Algoritmo Genético de Mutação e Crossover (Escolha das características da RNA)

- Número de camadas escondidas
- Função de Treinamento da Rede
- Função de Aprendizado de Pesos
- Função de Transferência
- Número de nós em cada camada
- Entradas a serem consideradas

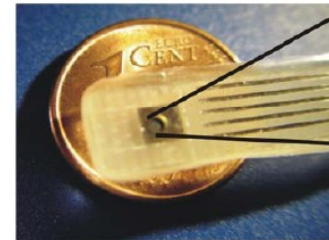
# 3 - Entradas - Sensores



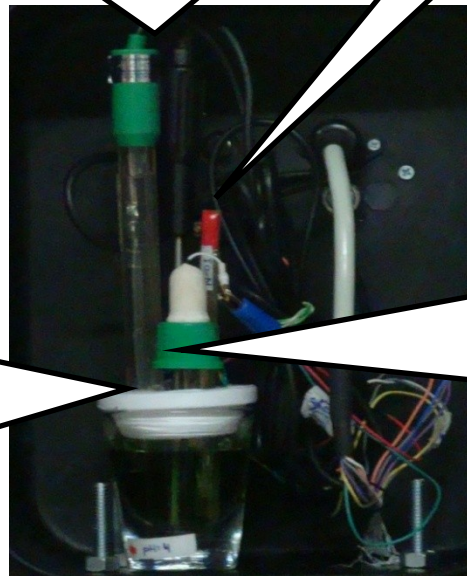
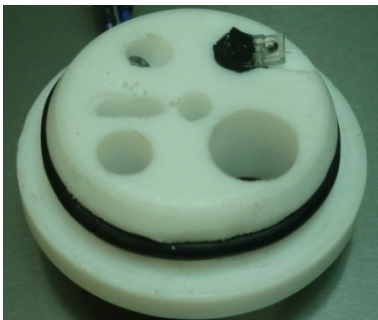
**Eletrodo de Vidro & Sensor Temperatura  
(pH) (PTC ou Termopar)**



**ISFET**



**Sensor de COR  
(TSL250)**

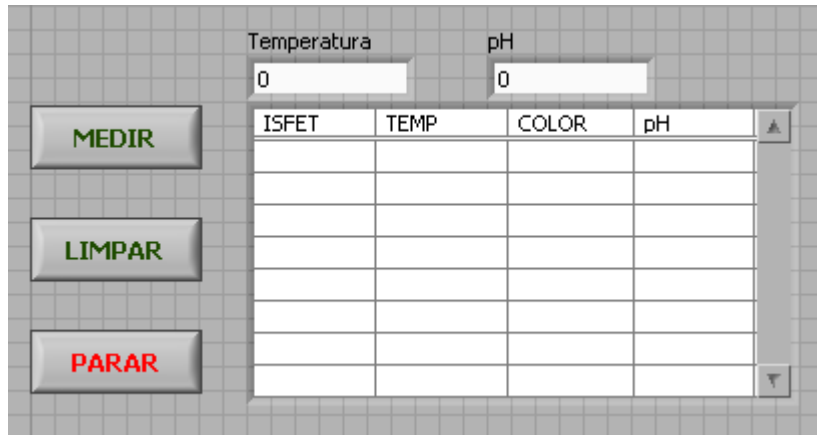


**Eletrodo de Referência**



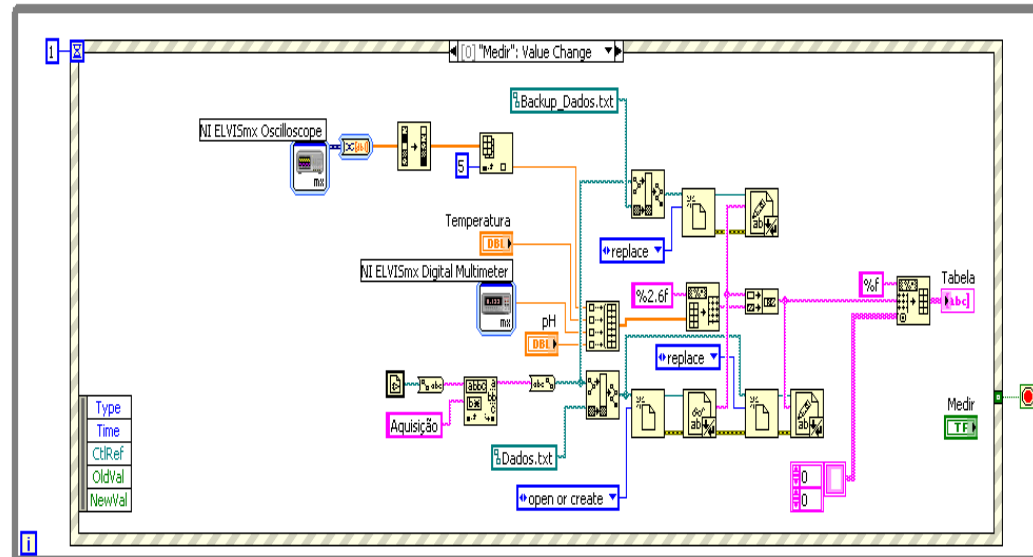
MF-2078

# 3 - Aquisição



Procedimento de medição:

1. Colocar uma solução tampão no sistema de medição.
2. Estabilizar a câmara climática a 50°C.
3. Degraus negativos de temperatura.
4. Medir cada vez que a solução varia a temperatura em 2.5°C até um mínimo de 15°C.





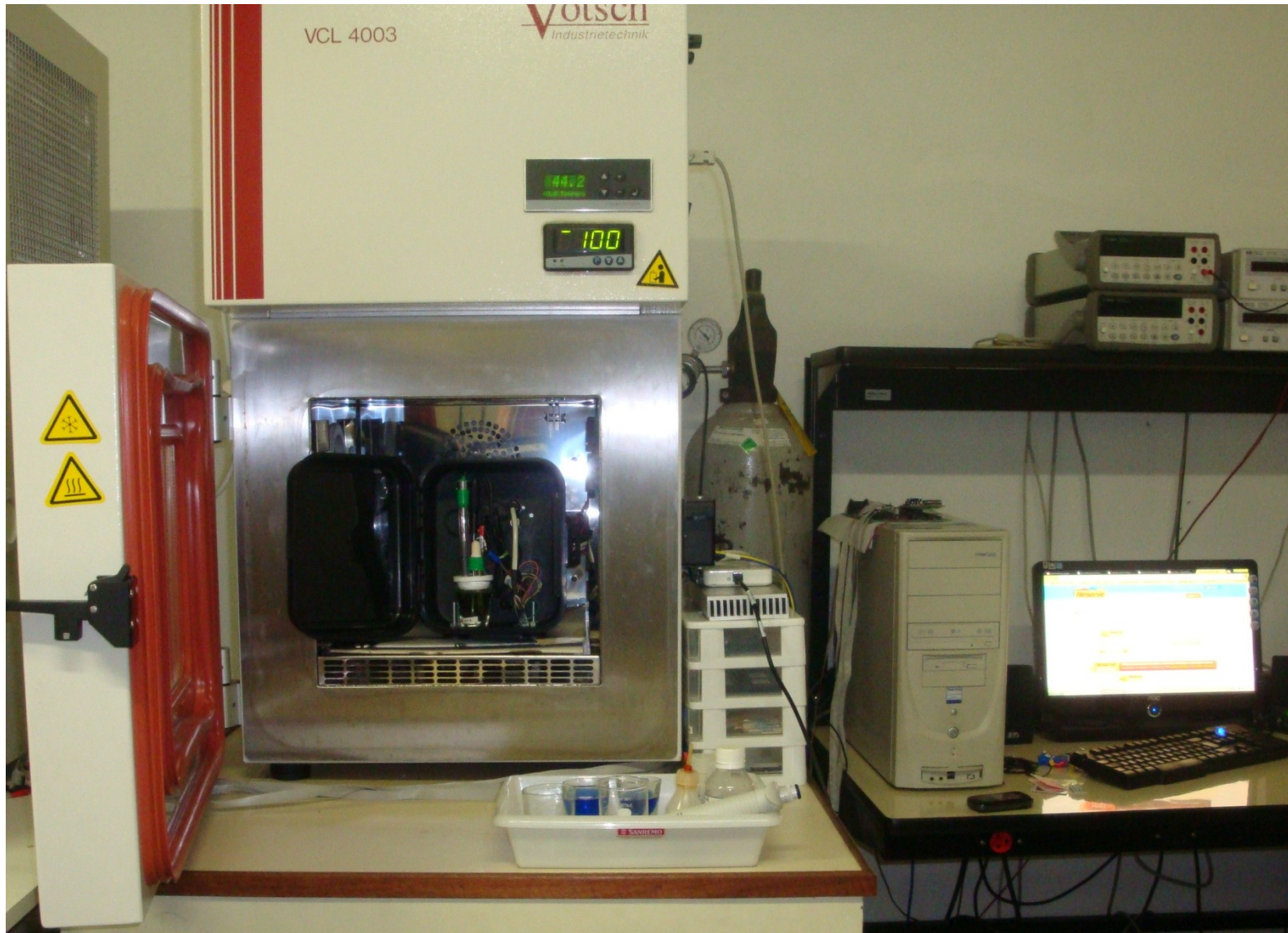
# 3 - Aquisição



Universidade de São Paulo

BRASIL

PSI5880 - Aplicação de Int. Comp. e Técns de Proc. de Sinais a Sistemas Sensores e Biossensores

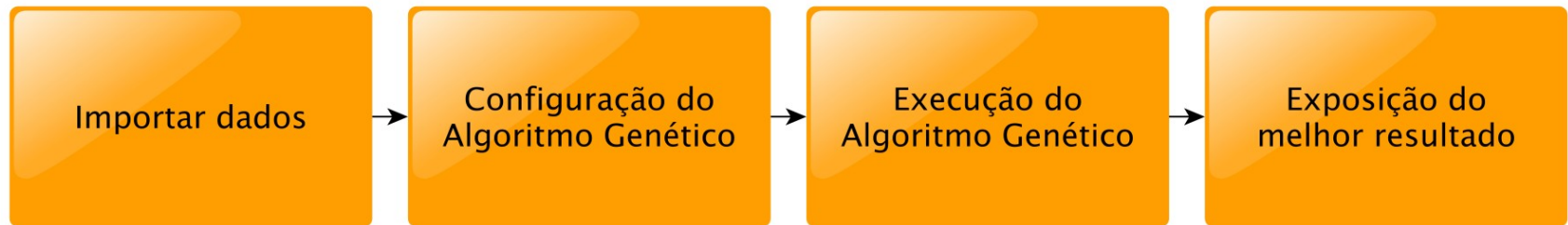


# 3 - Processamento

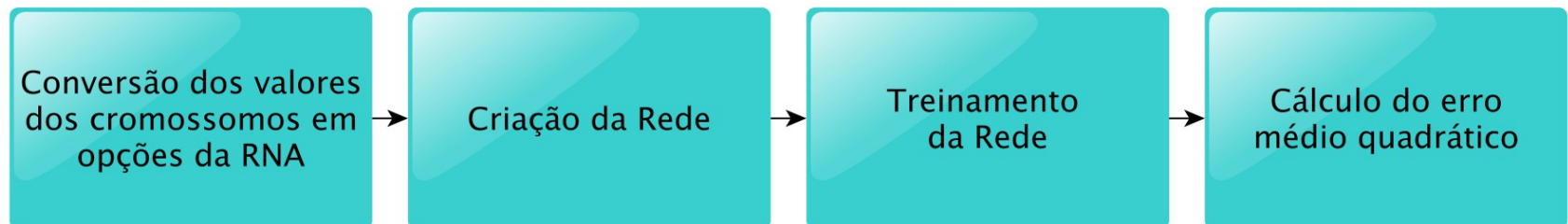


- *Software* utilizado: *Matlab*
- Integração AG e RNA:

## Algoritmo Principal



## Função de Avaliação do Algoritmo Genético



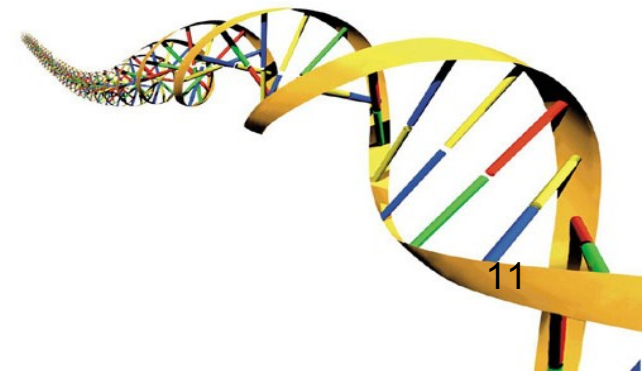
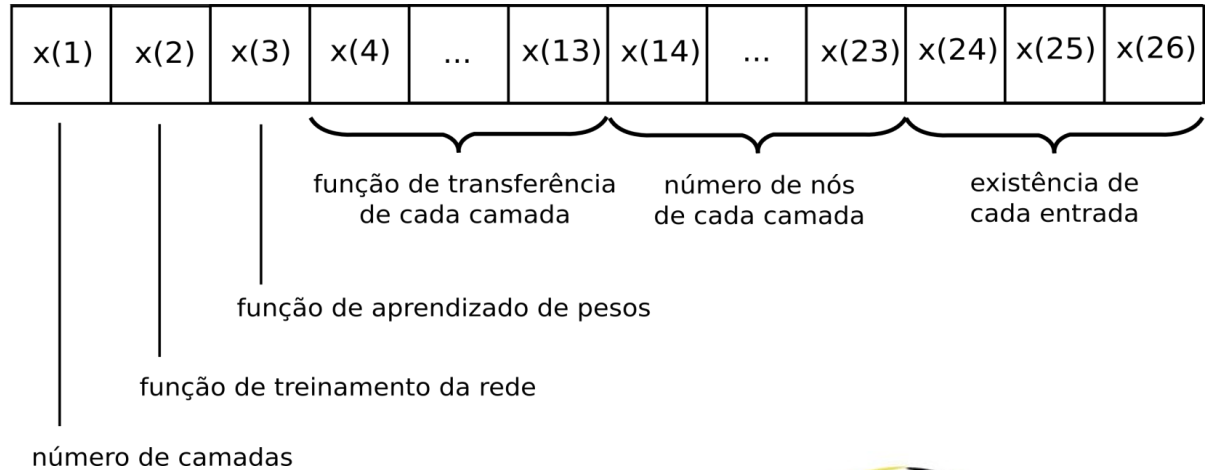
# 3 - Processamento



Parâmetros do Algoritmo Genético	Valores
Fração de Crossover	0,8
Gerações	10
Tamanho População	50
Nº de Indivíduos Elite	0
Função de criação	<i>Criationuniform</i>

## Cromossomo:

- todos os genes são valores inteiros;
- nem todos os genes são utilizados em todas as redes;



# 3 - Processamento



- **Número de camadas escondidas:**
  - pode variar de 1 até 10;
- **Função de Treinamento da Rede:** pode ser
  - *Levenberg-Marquardt backpropagation;*
  - *BFGS quasi-Newton backpropagation;*
  - *Resilient backpropagation (Rprop);*
  - *Gradiente descendente;*
- **Função de Aprendizado de Pesos:** pode ser
  - Gradiente descendente;
  - Gradiente descendente com momento;
- **Função de Transferência de cada camada:** →
- **Número de nós em cada camada:** pode variar de 1 até 50;
- **Entradas que vai levar em conta:** varia de 0 até 1 para cada entrada;



Hyperbolic tangent sigmoid transfer function



Log-sigmoid transfer function



Linear transfer function



Competitive transfer function



Inverse transfer function



Radial basis transfer function



Hard-limit transfer function

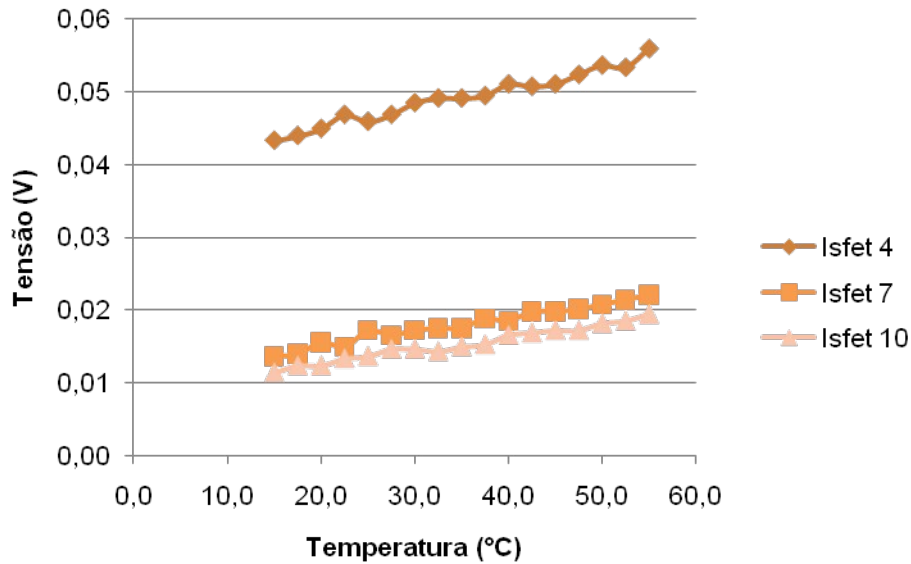


Softmax transfer function

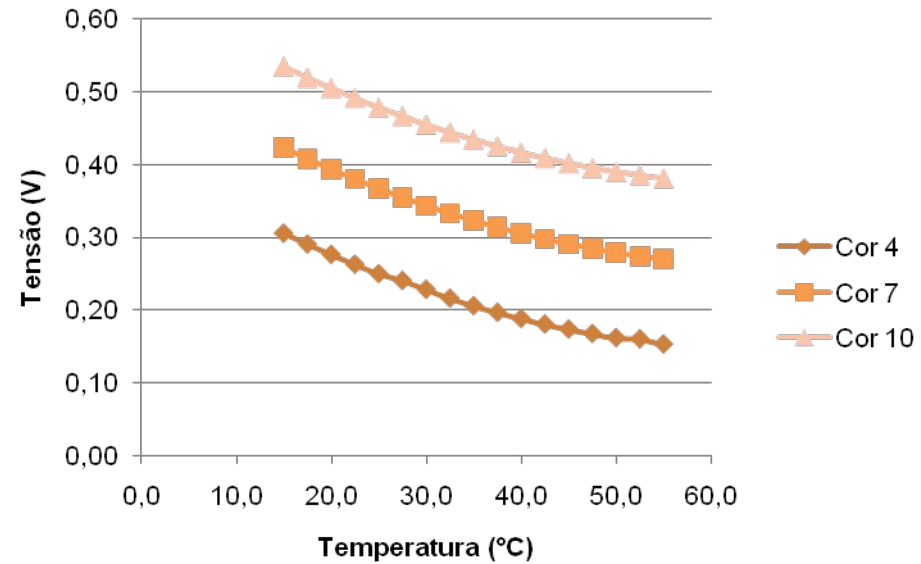
# 4 - Resultados



## Isfet vs Temperatura



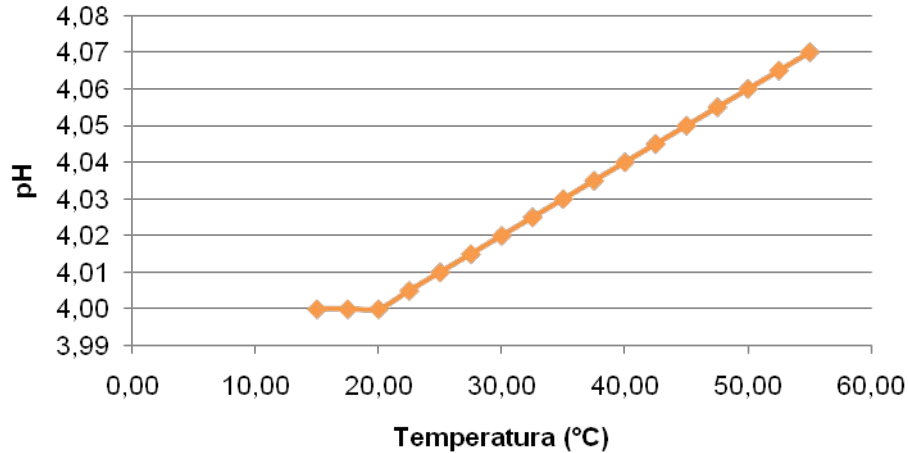
## Cor vs Temperatura



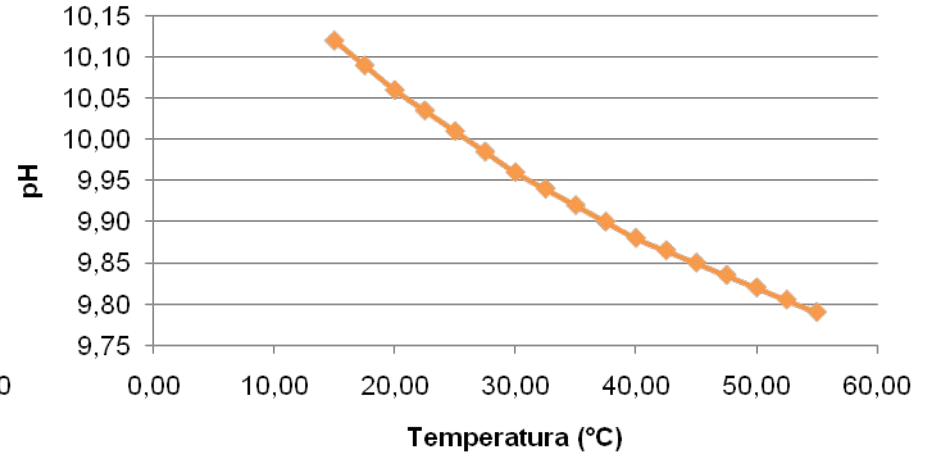
# 4 - Resultados



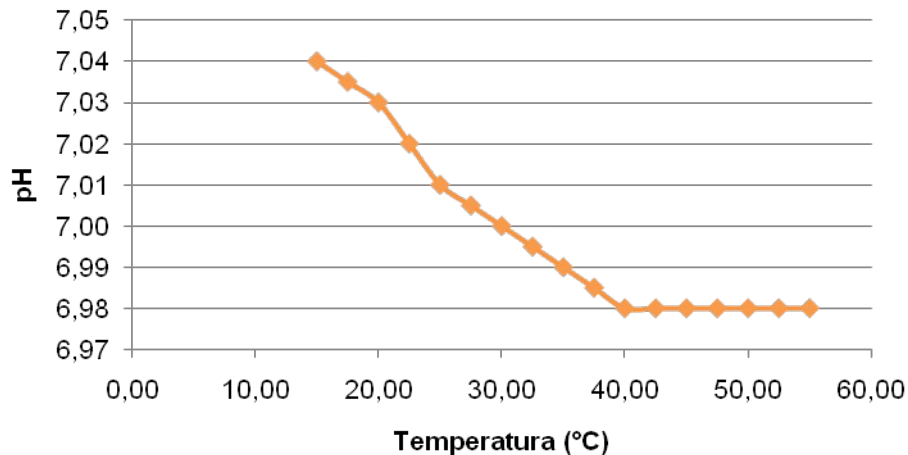
## pH (4) vs Temperatura



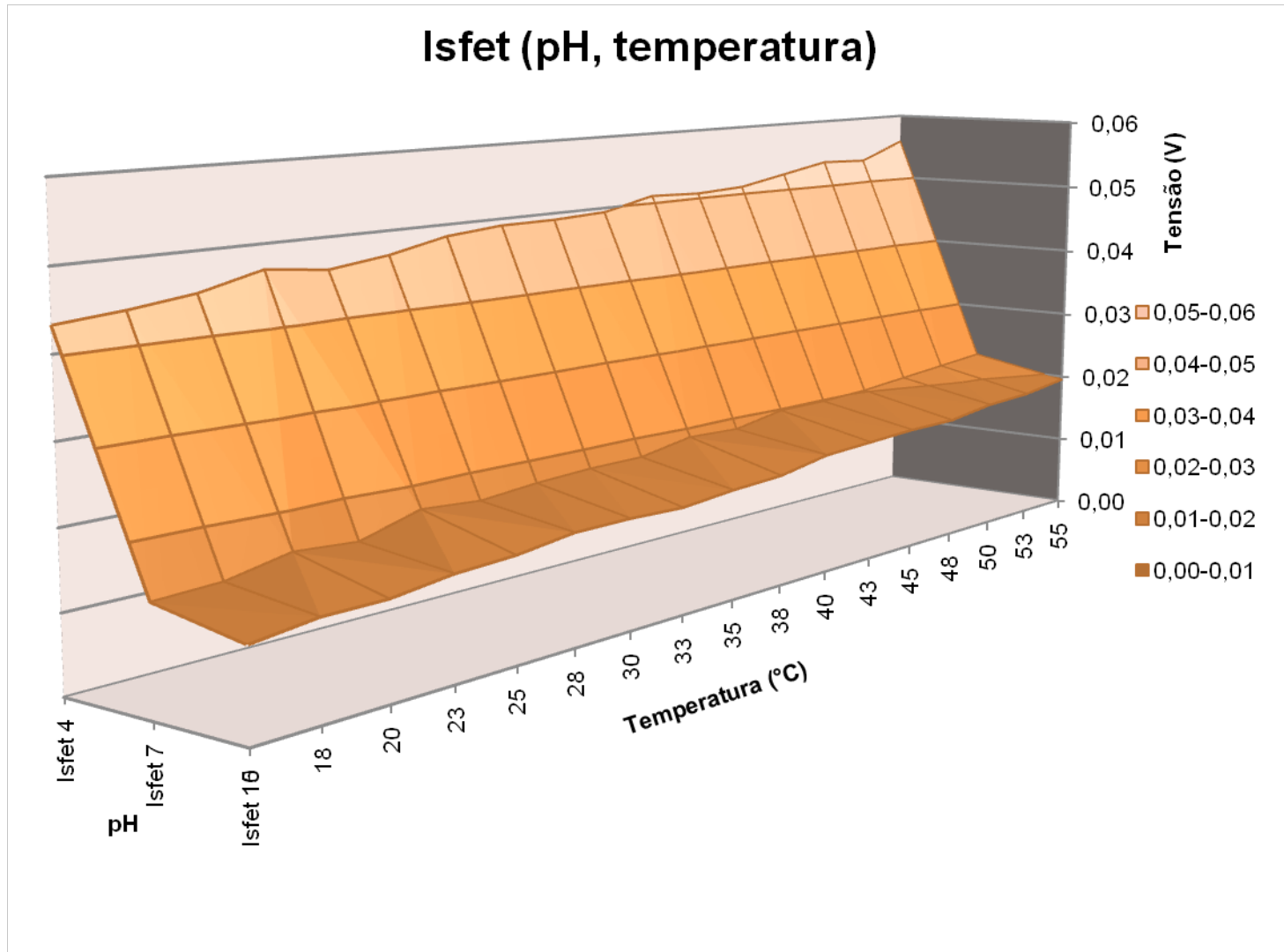
## pH (10) vs Temperatura



## pH (7) vs Temperatura



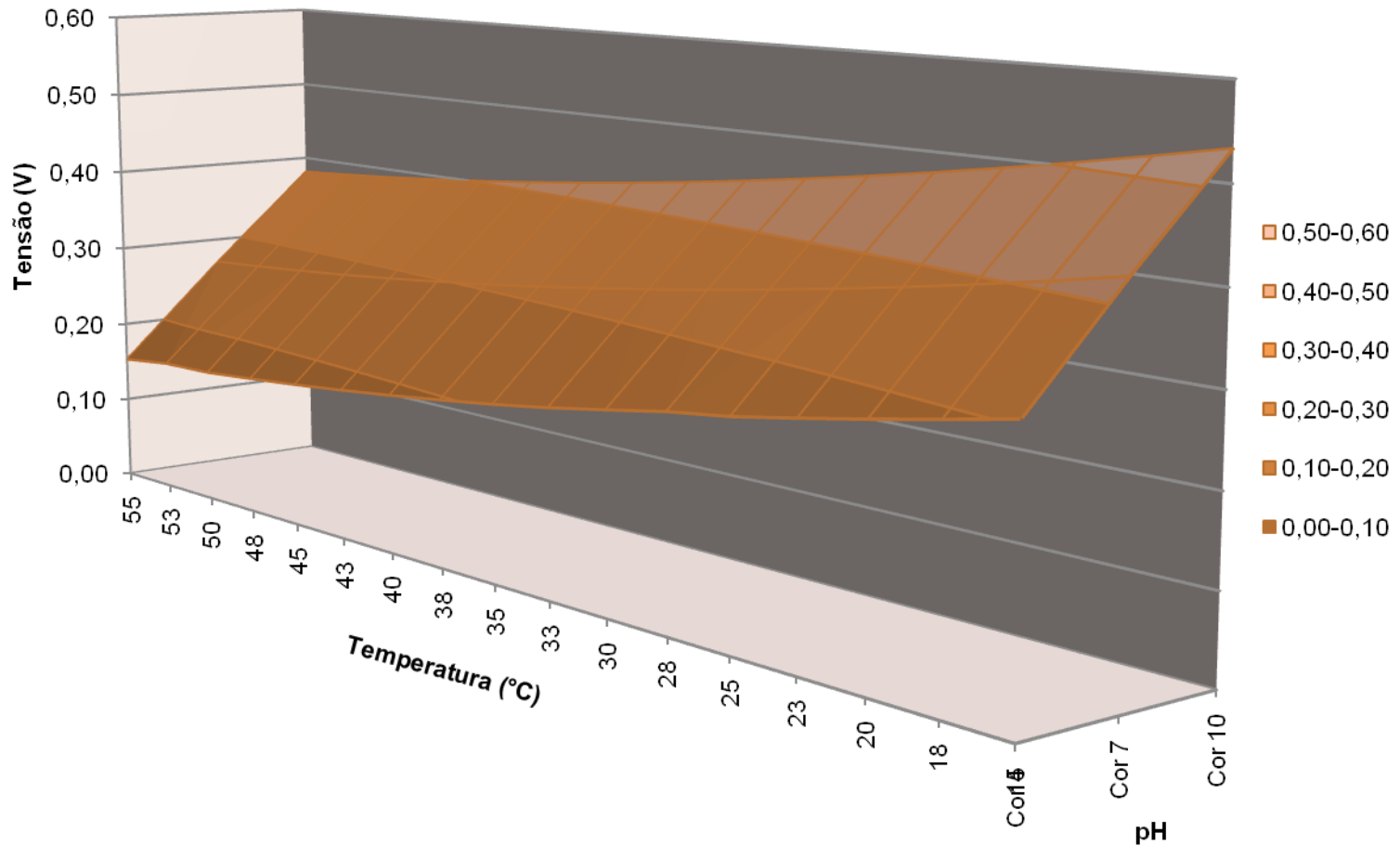
# 4 - Resultados



# 4 - Resultados



## Cor (pH, temperatura)





# 4 - Resultados



## Melhor RNA encontrada:

2	0	0	8	6	6	5	4	1	5	4	2	6	21	11	29	5	6	21	25	32	26	24	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	---	---	---

NÃO UTILIZADOS

NÃO UTILIZADOS

COR+

TEMP+

ISFET-

Nº Nós da 2ª Camada = 11

Nº Nós da 1ª Camada = 21

Função de Transferência  
2ª Camada = **Softmax**

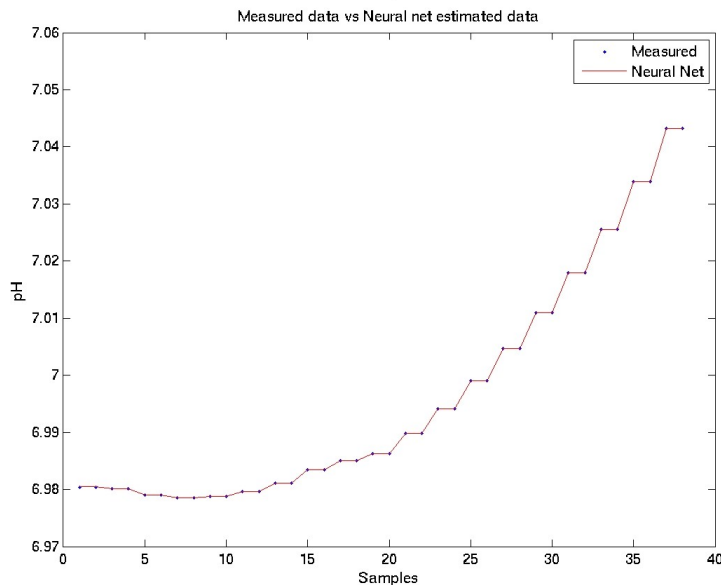
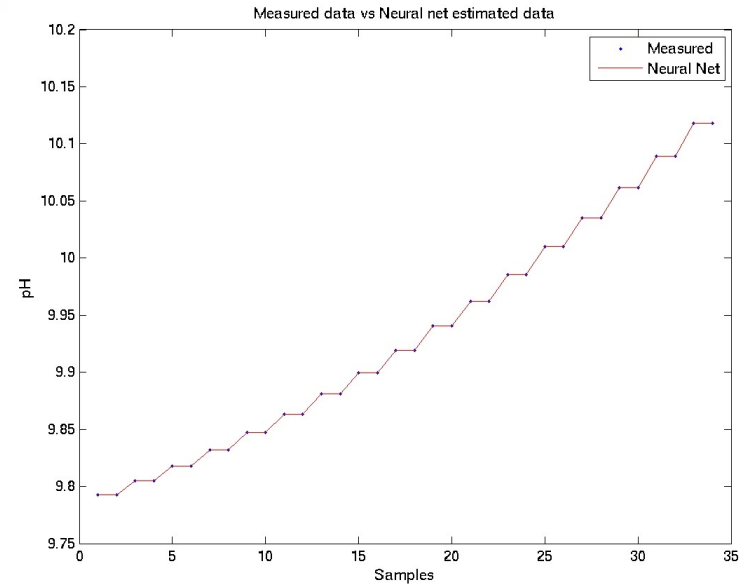
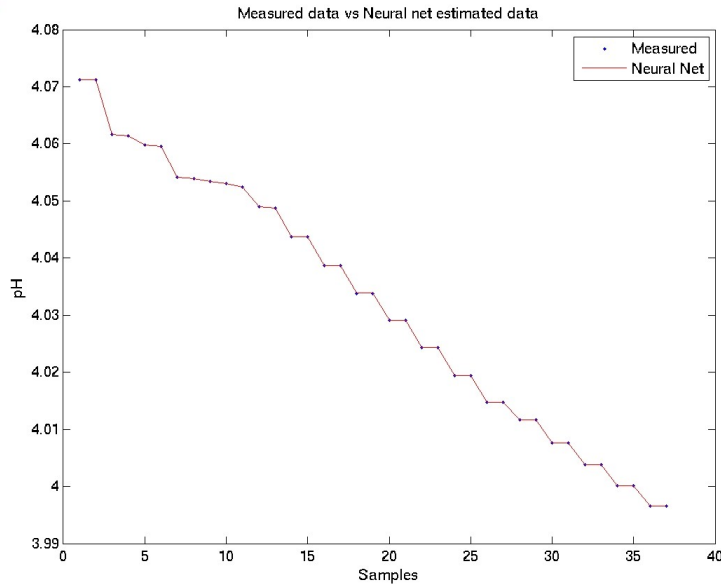
Função de Transferência  
1ª Camada = **radbas**

Função de Aprendizado: **GRADdescendente**

Função de Treinamento: **Levenberg-Marquart**

Número de Camadas Ocultas: **2**

# 4 - Resultados



Erro médio quadrático para conjunto treinamento	2.362724e-05
Máximo erro para conjunto treinamento	2.109250e-04%
Erro médio quadrático para conjunto teste	2.356416e-05
Máximo erro para conjunto teste	2.109250e-04%

# 5 - Conclusões



- Fácil implementação dos sensores/ Aquisição de dados;
- Automatização do processo de medida;
- Integração RNA + AG + Instrumentação;
- Resultados c/ baixos erros;
- Reprodutibilidade do Trabalho;

# Agradecimentos!



- *Sr. Elísio (Mecânica LSI)*
- *Ao grupo do professor Charry*
- *Ao grupo do professor A. C. Seabra*
- *A todos que contribuíram direta ou indiretamente!*

# Obrigado!

