

# Medição Móvel de Conforto Térmico para Rede de Automação Predial *Wireless* 1º / 2008

Faculdade de Tecnologia  
Universidade de Brasília – UnB  
Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

---

Luis Felipe da C. Figueredo  
Fillipe Lopes do Couto



# Roteiro

- ▮ Introdução
- ▮ O Protocolo ZigBee
- ▮ Rede de Sensores Implementada
- ▮ Triangulação Hiperbólica
- ▮ Redes Neurais Artificiais
- ▮ Conclusões e Perspectivas



# Introdução

➤ O Paradigma *Ambient Intelligence*:

“Rede de sensores e atuadores que provê diversos serviços de forma praticamente invisível aos usuários”

- Foco centrado no usuário;
- Rede de sensores e atuadores;
- Exemplos de Serviços:
  - Conforto Térmico;
  - Economia de energia;
  - Segurança;
  - *Assisted Living*.



# Introdução

- O PMV (*Predicted Mean Vote*):
  - ▢ Norma de Conforto Térmico ISO7730
    - Condição que expressa satisfação média com relação ao conforto térmico;
  - ▢ Calculado com o uso de informações do ambiente para fornecer uma medida de conforto térmico.



# Introdução

- O PMV (*Predicted Mean Vote*):

-3	Frio
-2	Fresco
-1	Levemente fresco
0	Neutro
+1	Levemente morno
+2	Morno
+3	Quente

## VARIÁVEIS DO PMV:

Temperatura do ar

Temperatura radiante média

Velocidade do ar

Umidade relativa do ar

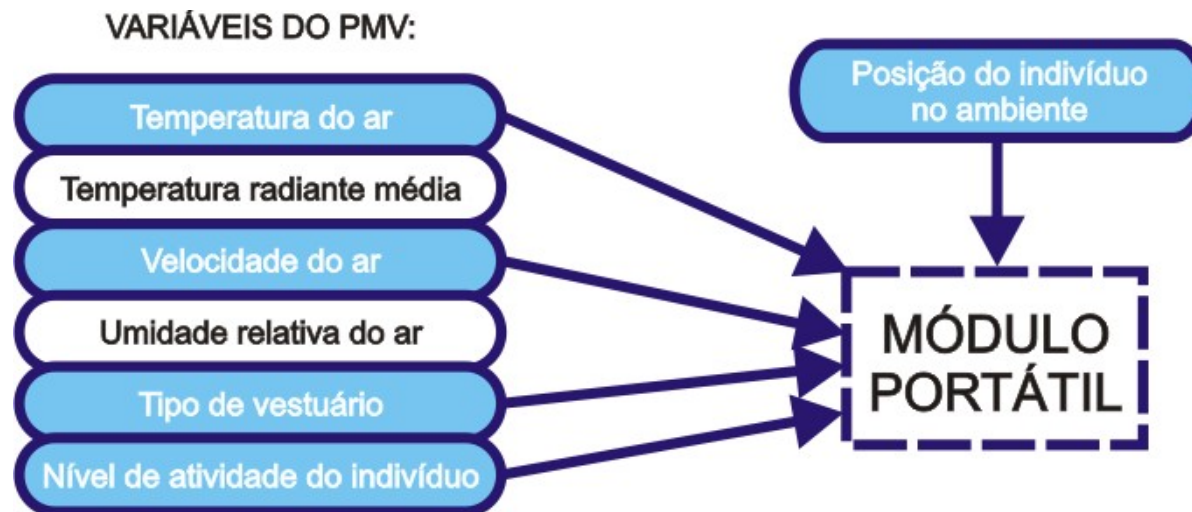
Tipo de vestuário

Nível de atividade do indivíduo



# Introdução

- Motivação para o projeto:





# Introdução

- Objetivos do projeto:
  - ▢ Desenvolver sensores portáteis que ofereçam conforto térmico individualizado;
  - ▢ Desenvolver um sistema de localização utilizando uma rede de sensores *wireless*;
  - ▢ Investigar e comparar sistemas de localização usando o parâmetro *Received Strength Signal Indicator* – RSSI.



# Roteiro

- ▮ Introdução
- ▮ O Protocolo ZigBee
- ▮ Rede de Sensores Implementada
- ▮ Triangulação Hiperbólica
- ▮ Redes Neurais Artificiais
- ▮ Conclusões e Perspectivas





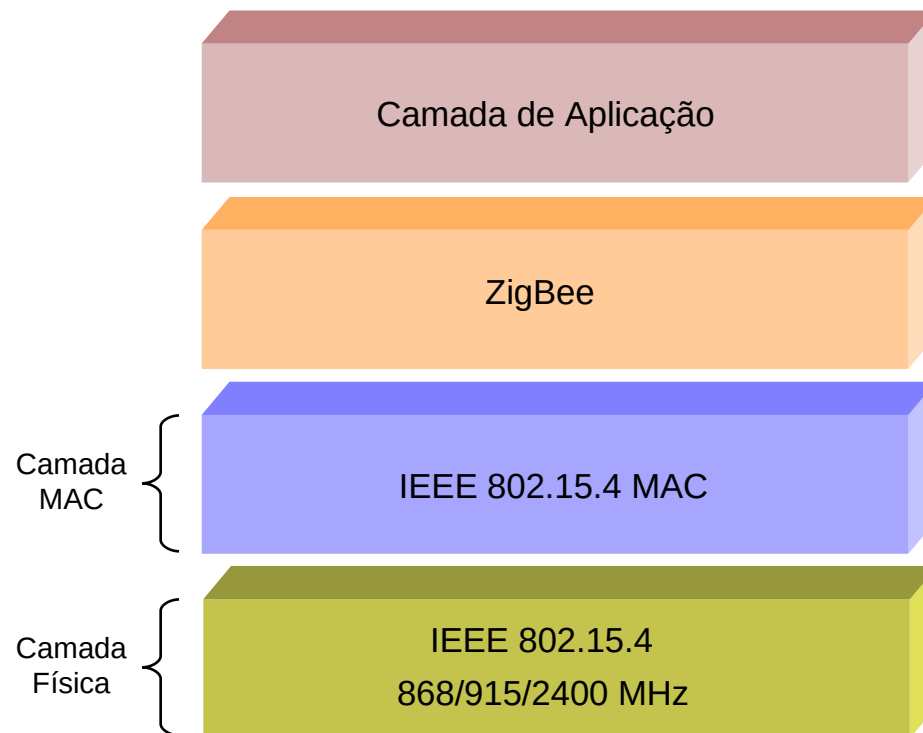
# O Protocolo ZigBee

- Desenvolvido por um consórcio de empresas (*ZigBee Alliance*) em conjunto com o IEEE, gerando o protocolo IEEE 802.15.4;
- Projetado especialmente para ser utilizado em aplicações de sensoriamento, controle e acionamento de dispositivos;
- Topologias:  
ponto-a-ponto, ponto-a-multiponto e malha.



# O Protocolo ZigBee

- Camadas do protocolo ZigBee:





# O Protocolo ZigBee

- Comparação entre o ZigBee e outros protocolos *wireless*:

Padrão	Taxa de Transmissão	Consumo de Energia	Tamanho da pilha	Vantagens	Aplicações
Bluetooth	1 Mbps	50 mA TX e 0.2 mA em standby.	100KB	Interoperabilidade, baixo consumo.	USB wireless
Wi-Fi	54 Mbps (802.11g)	Mais de 400 mA TX e 20 mA em standby.	Mais de 100KB	Alta taxa de transmissão e flexibilidade.	Internet, rede de computadores.
ZigBee	250 Kbps	50 mA TX e menos de 50 $\mu$ A em standby.	34KB / 14KB	Baixo consumo, baixo custo.	Controle remoto, sensores



# O Protocolo ZigBee

## ➤ Características do módulo XBee:

Especificações de Performance	XBee
<b>Alcance <i>Indoor</i>/Urbano</b>	Até 30m
<b>Alcance <i>Outdoor</i> em linha visível</b>	Até 100m
<b>Potência máxima de transmissão</b>	1mW (0 dBm)
<b>Taxa de dados interface serial</b>	Até 115,2 Kbps
<b>Taxa de dados de RF</b>	250 Kbps
<b>Sensibilidade do Receptor</b>	-92 dBm

Especificações Elétricas	XBee
<b>Tensão de Alimentação</b>	2.8 - 3.4 V
<b>Corrente de Transmissão</b>	45mA (@ 3.3 V)
<b>Corrente de Recepção</b>	50mA (@ 3.3 V)
<b>Corrente em modo <i>Sleep</i></b>	< 10 $\mu$ A





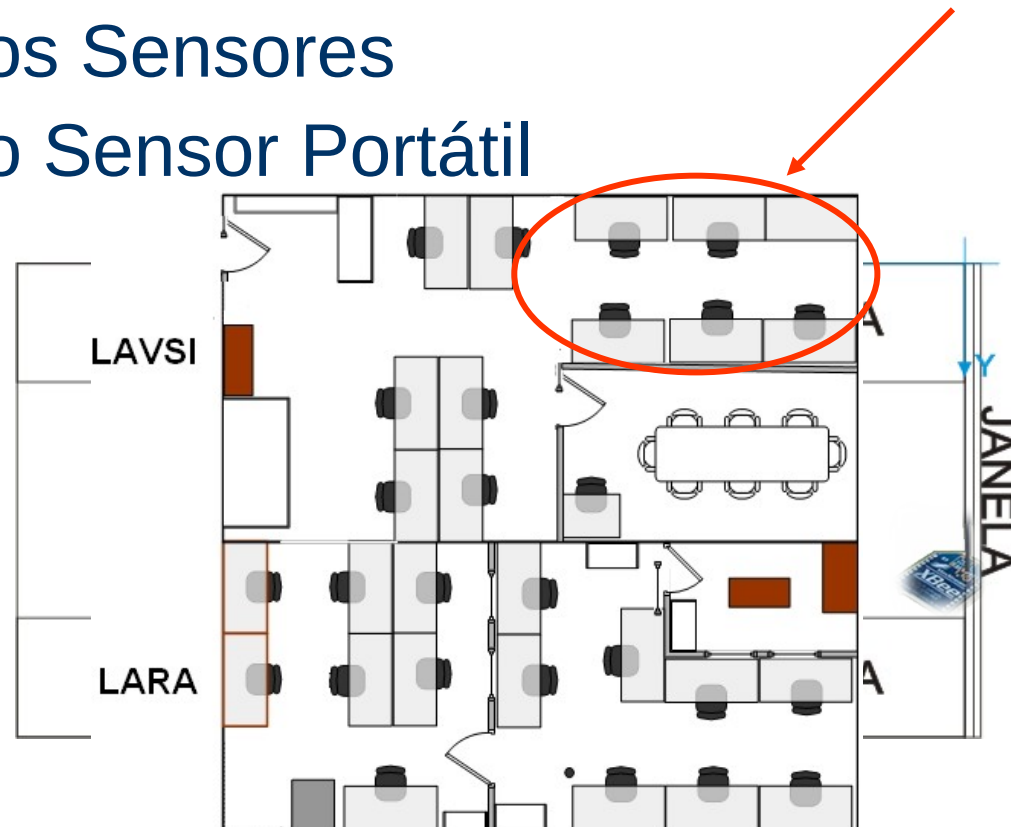
# Roteiro

- ▮ Introdução
- ▮ O Protocolo ZigBee
- ▮ Rede de Sensores Implementada
- ▮ Triangulação Hiperbólica
- ▮ Redes Neurais Artificiais
- ▮ Conclusões e Perspectivas



# Rede de Sensores Implementada

- Módulos Sensores
- Módulo Sensor Portátil

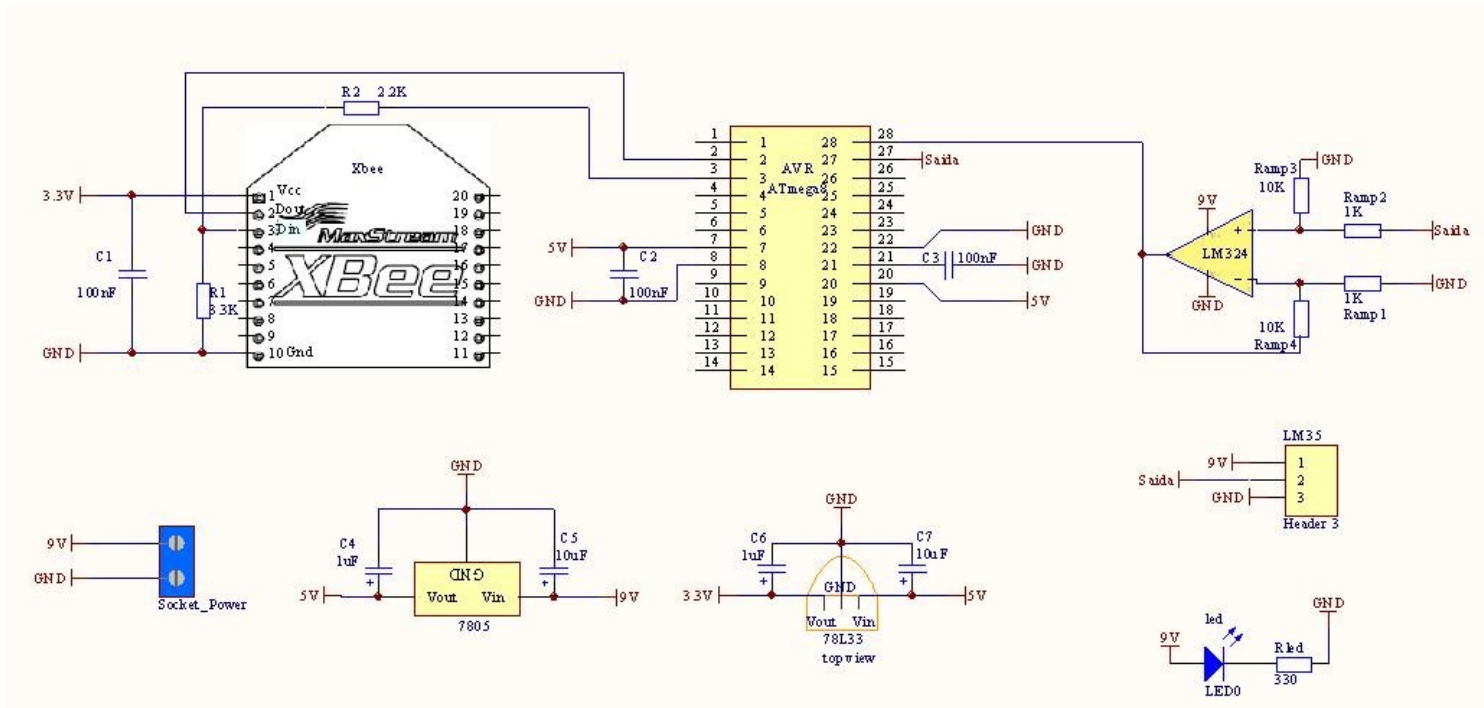




# Rede de Sensores Implementada



## ➤ Módulo Remoto:







# Rede de Sensores Implementada

## ➤ Módulo Remoto:

Funcionalidades:

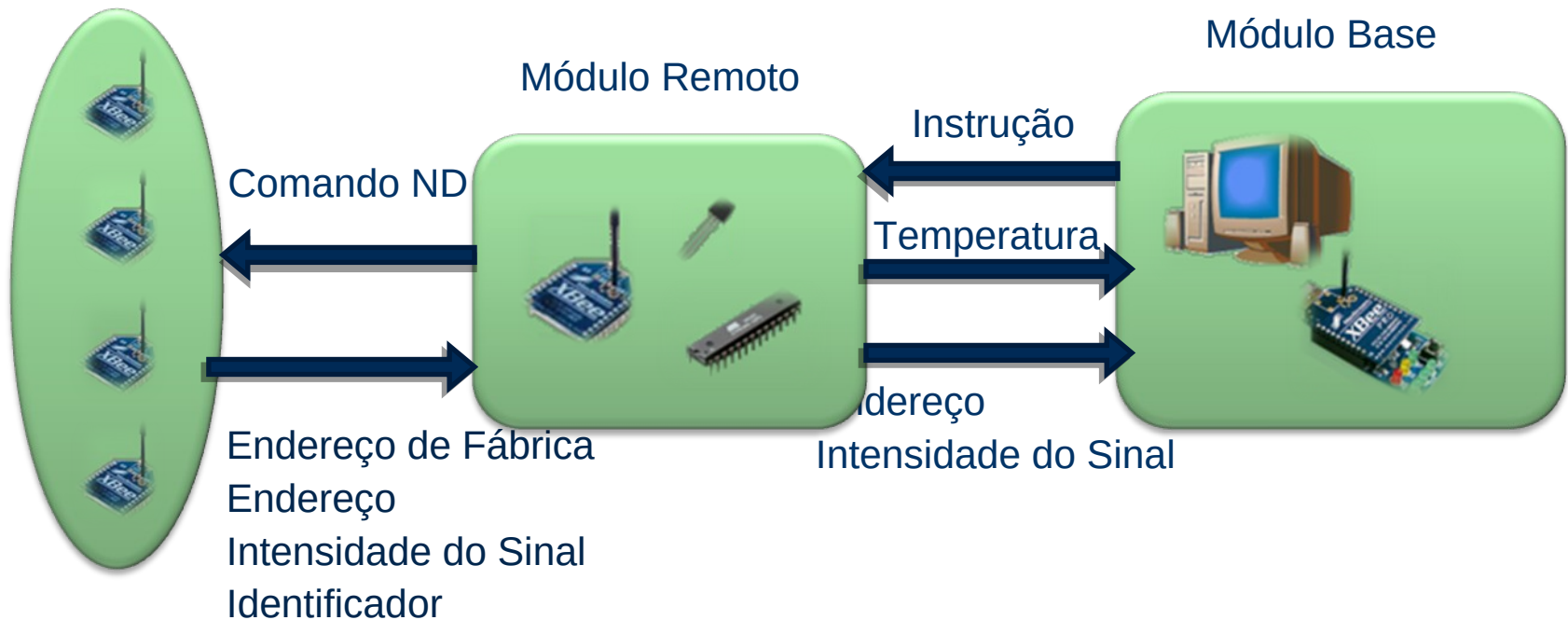
- ✓ Processar informações de temperatura (LM35);
- ✓ Obter o nível do sinal (RSSI) de cada módulo;
- ✓ Responder requisições do módulo base.



# Implementação da Rede

## ➤ Fluxo de Dados:

Módulos Sensores





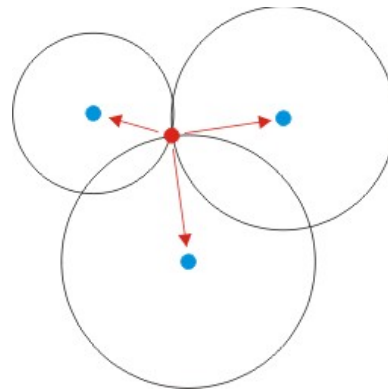
# Roteiro

- ▮ Introdução
- ▮ O Protocolo ZigBee
- ▮ Rede de Sensores Implementada
- ▮ Triangulação Hiperbólica
- ▮ Redes Neurais Artificiais
- ▮ Conclusões e Perspectivas



# Triangulação Hiperbólica

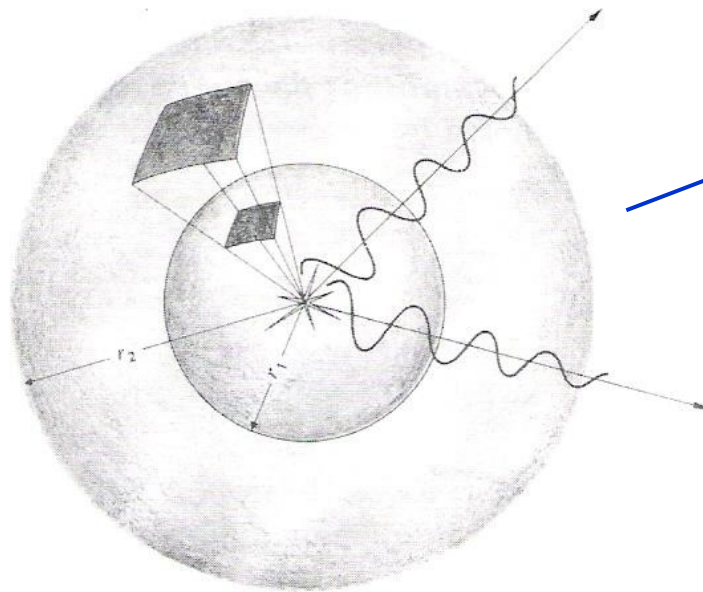
- Uso da teoria de propagação de ondas eletromagnéticas para relacionar o nível de sinal com a distância;
- Utilização de três ou mais módulos para localizar o módulo móvel;





# Triangulação Hiperbólica

- Distribuição da energia das ondas eletromagnéticas e sua relação com a distância:



$$P = \frac{K}{D^2}$$

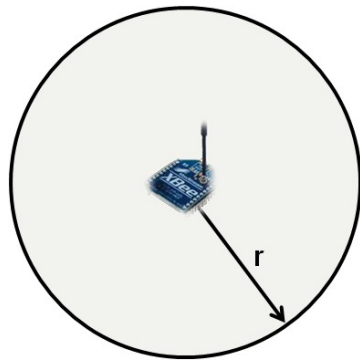
$$dBm = 10 \log_{10} \left( \frac{K}{D^2} \right)$$

$$D = \sqrt{\frac{K}{10^{\left(\frac{dBm}{10}\right)}}$$

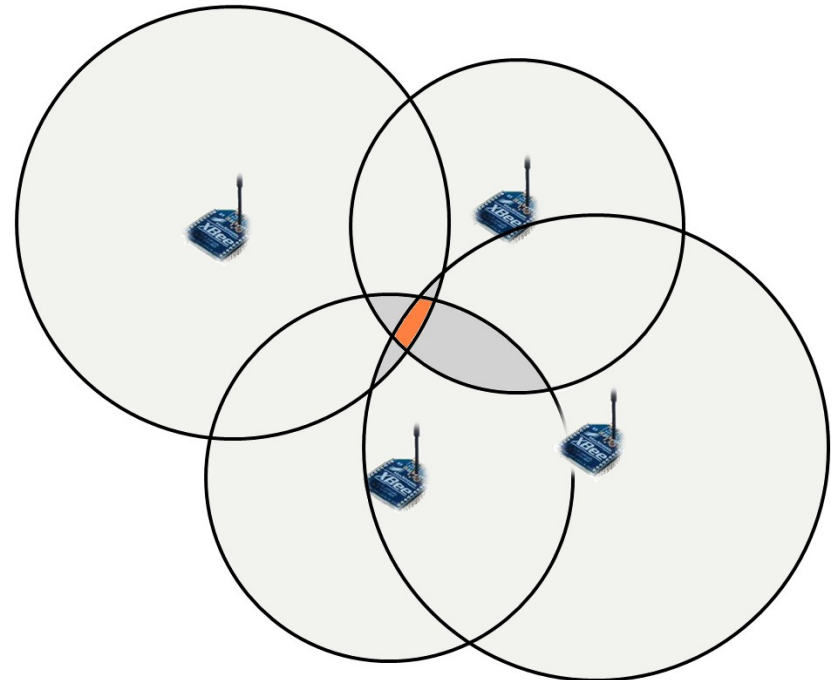


# Triangulação Hiperbólica

- Estimativa da provável área de localização:



$$dBm = 10 \log_{10} \left( \frac{K}{D^2} \right)$$

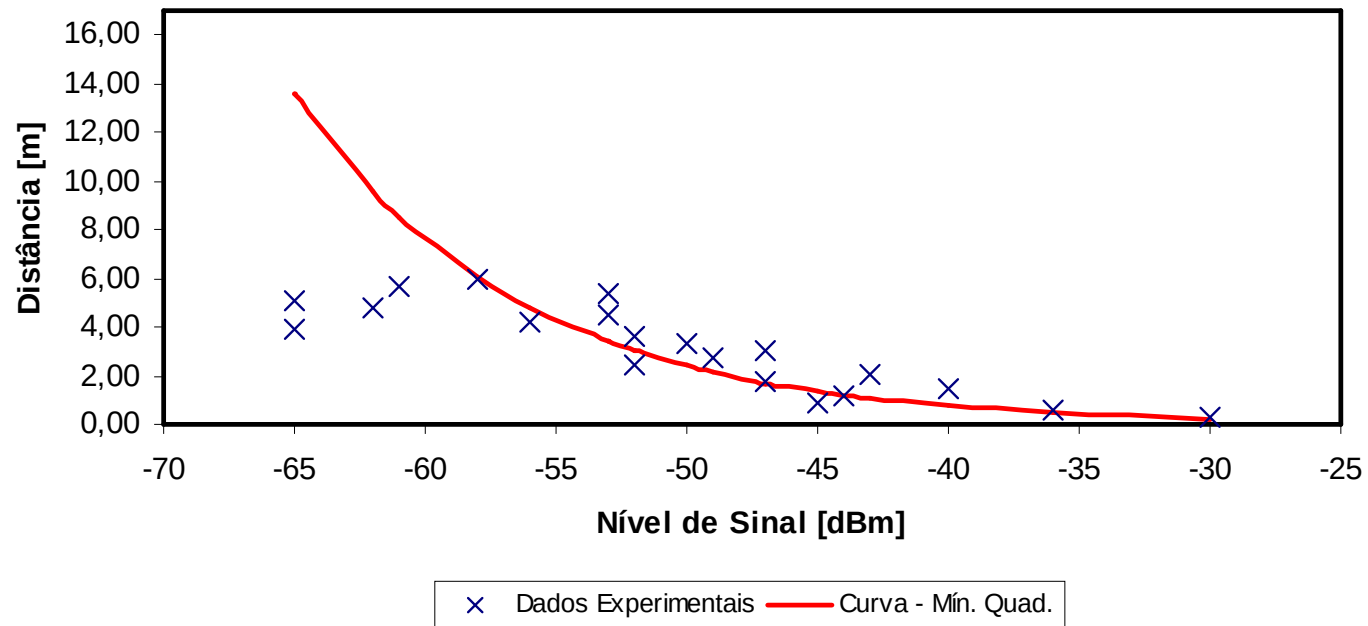




# Triangulação Hiperbólica

- Cálculo da constante  $K$ :

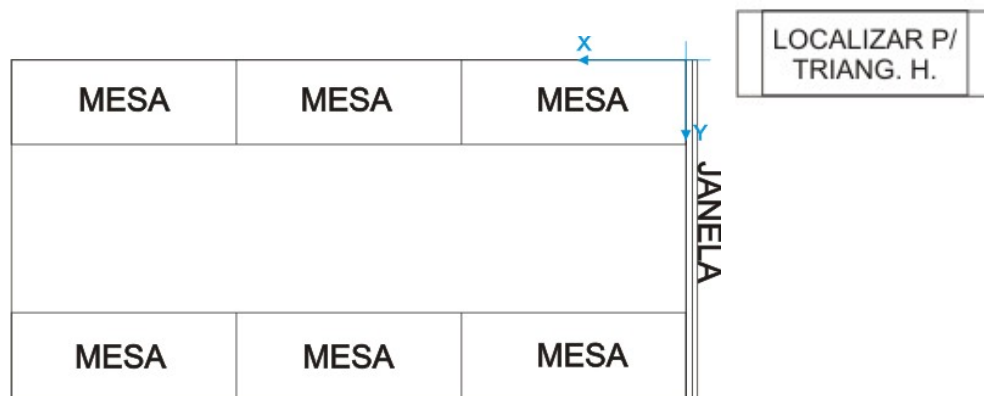
Dados Experimentais X Mín. Quadrados



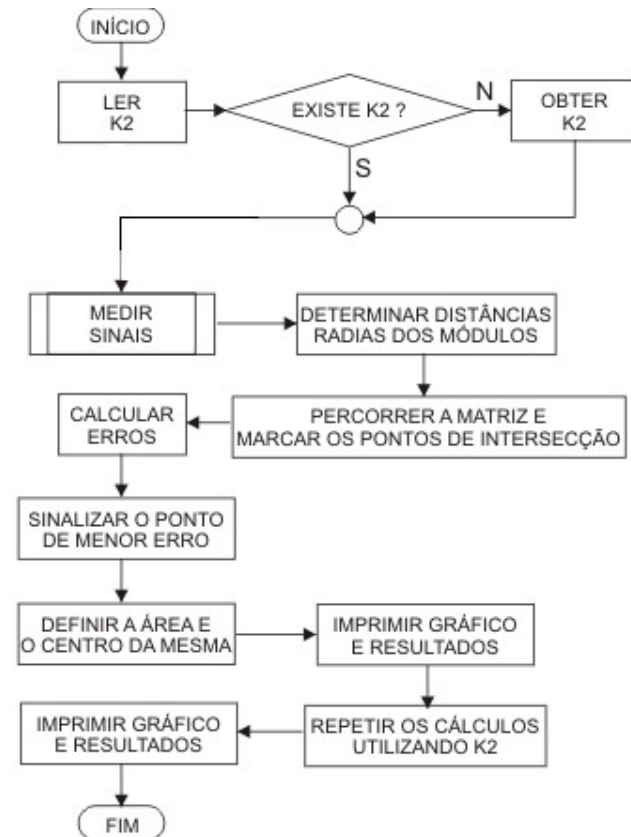


# Triangulação Hiperbólica

- Algoritmo de localização por Triangulação Hiperbólica:



Divisão do ambiente de localização em uma matriz 30 x 70

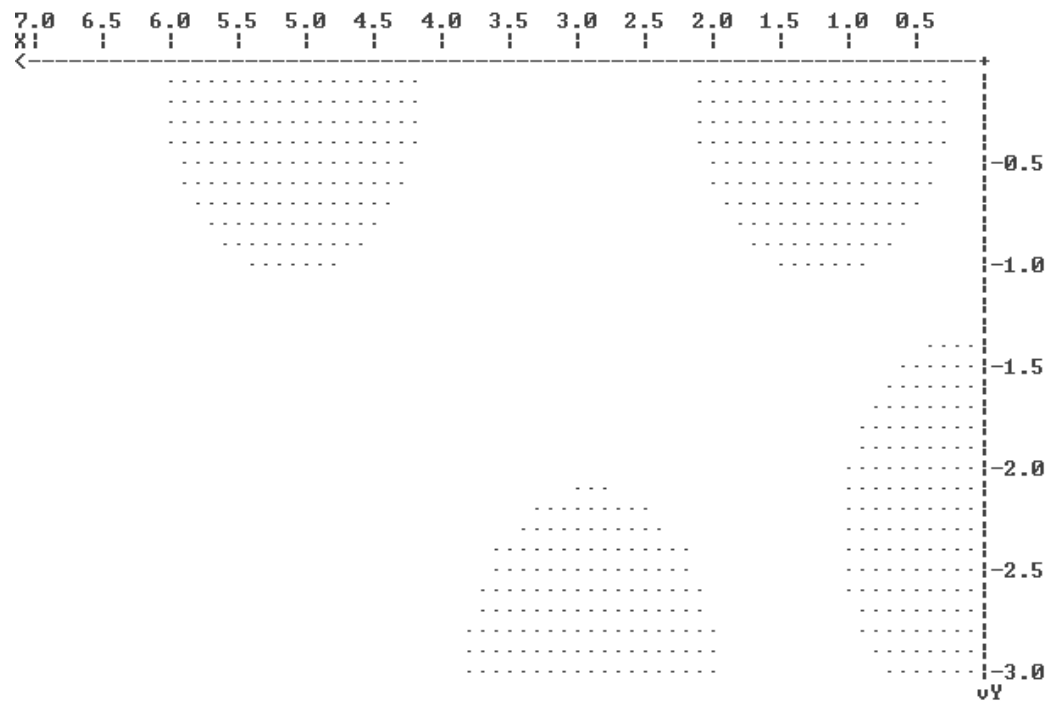






# Triangulação Hiperbólica

- 1º exemplo do algoritmo:



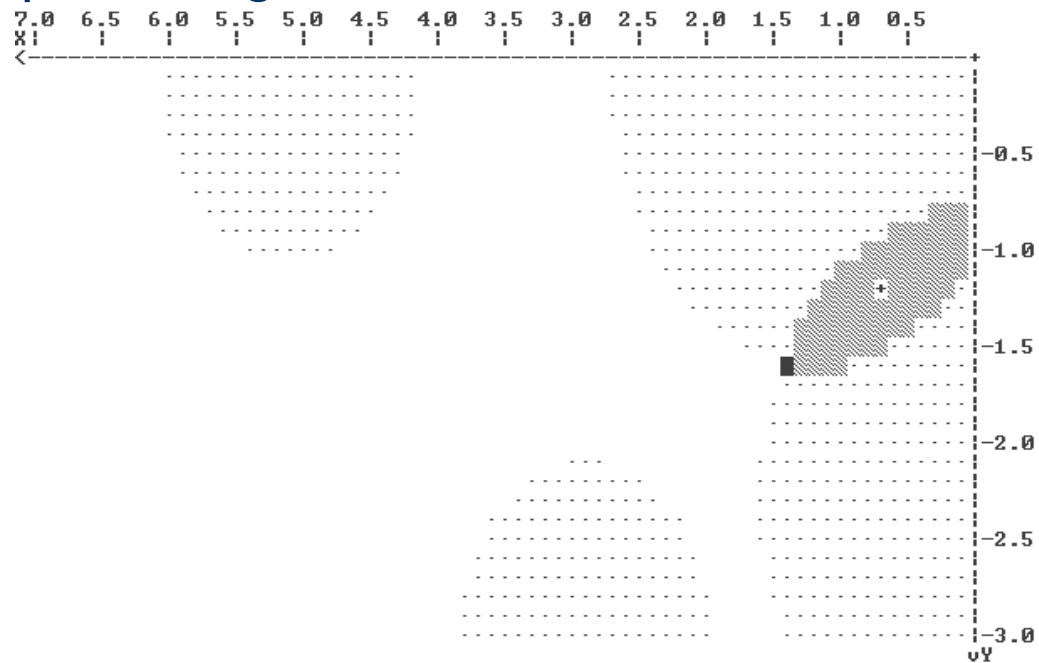
--> Posicao estimada: [Dados inconsistentes para se estimar uma posicao]

Pressione qualquer tecla para continuar. . .



# Triangulação Hiperbólica

- 2º exemplo do algoritmo:



--> Posicao estimada: 1.4 metros em X, 1.6 metros em Y.

--> Centro da area de provavel localizacao: 0.7 metros em X, 1.2 metros em Y.  
Tamanho da area de provavel localizacao: 0.65 m<sup>2</sup>

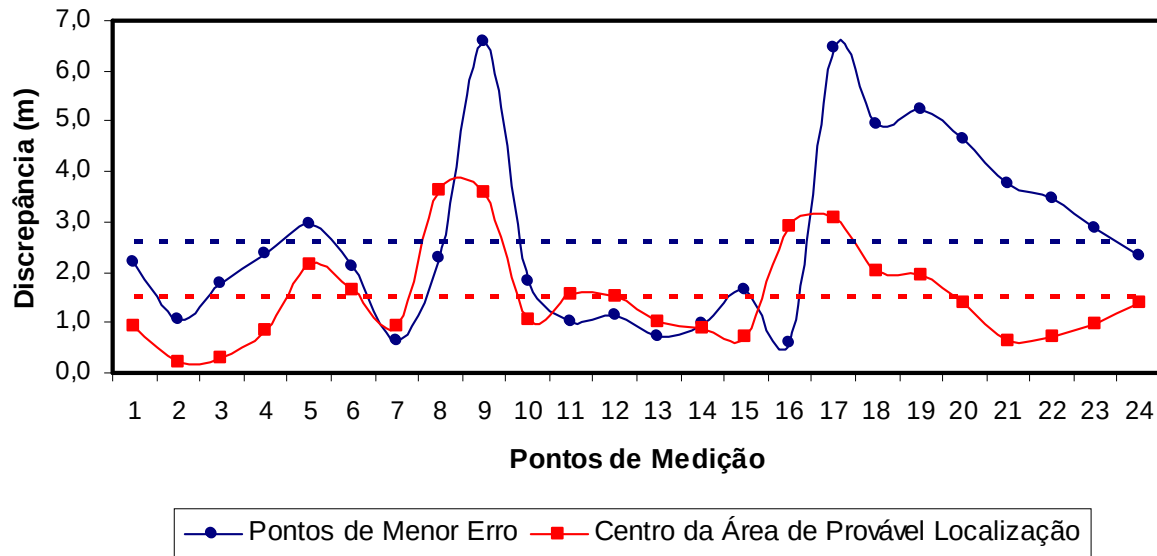
Pressione qualquer tecla para continuar. . .



# Triangulação Hiperbólica

- Resultados obtidos para  $K$  padrão:

Discrepância entre Posições Calculadas e Posição Real

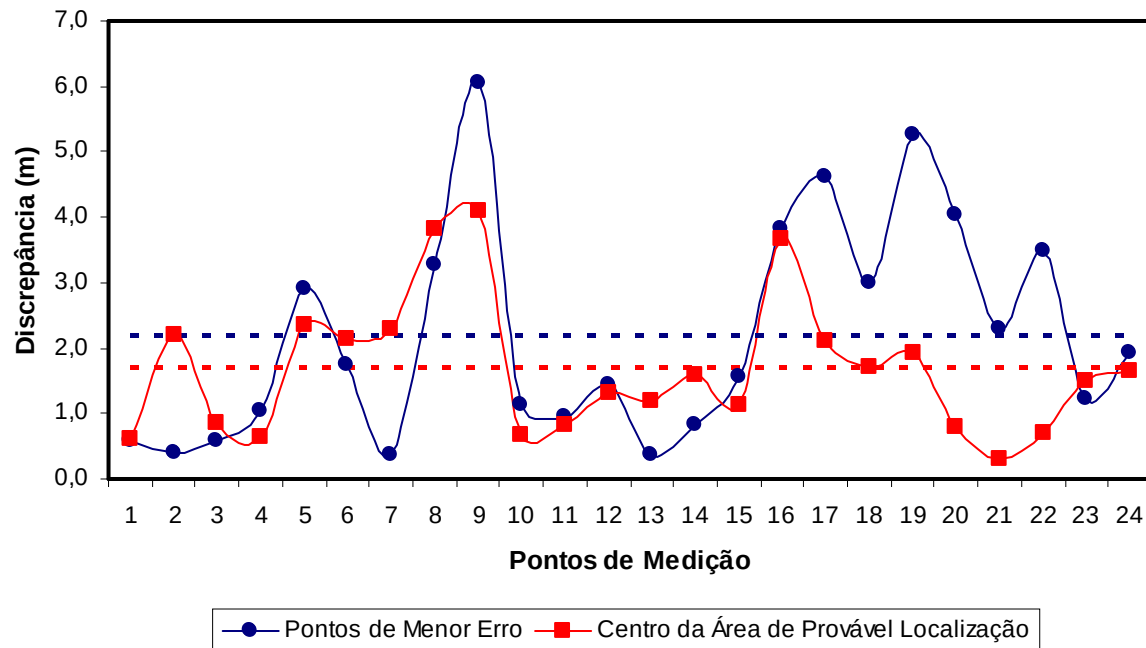




# Triangulação Hiperbólica

## ➤ Resultados obtidos para $K_2$ (alternativo):

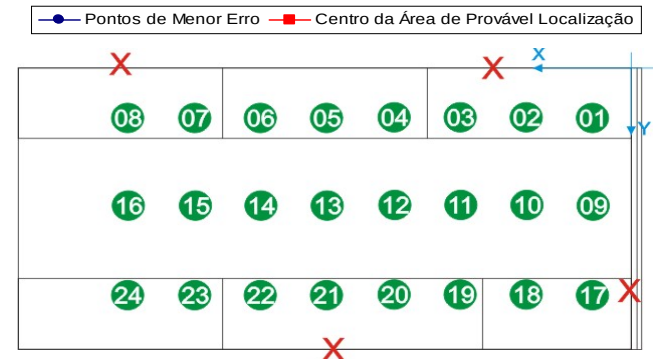
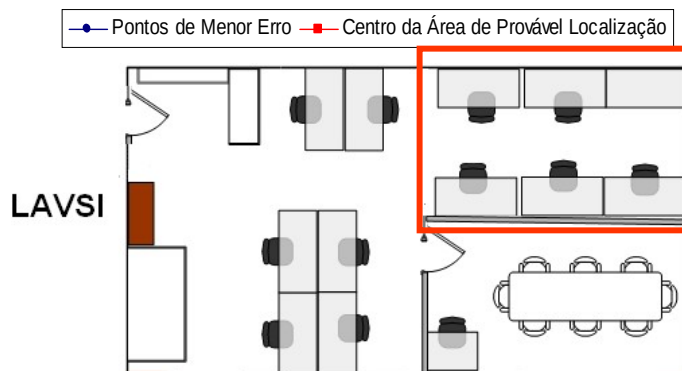
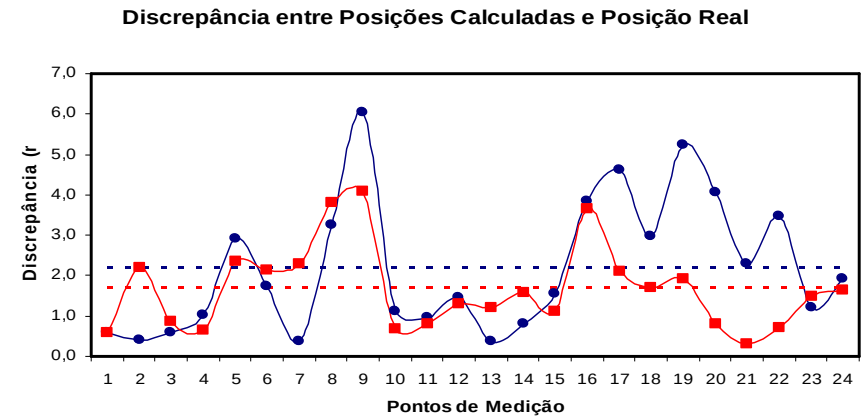
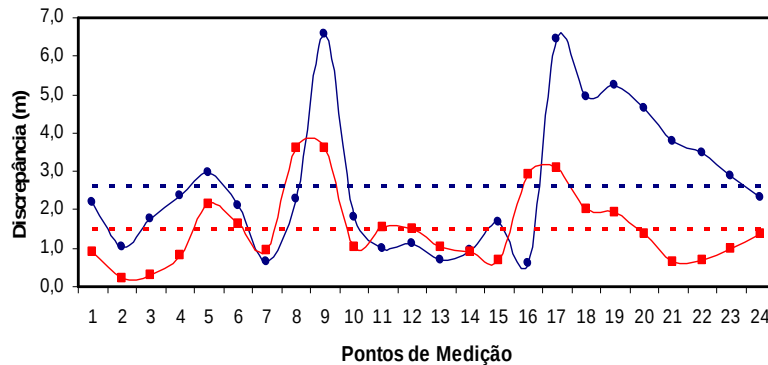
Discrepância entre Posições Calculadas e Posição Real





# Triangulação Hiperbólica

## ➤ Comparação dos resultados: Discrepância entre Posições Calculadas e Posição Real





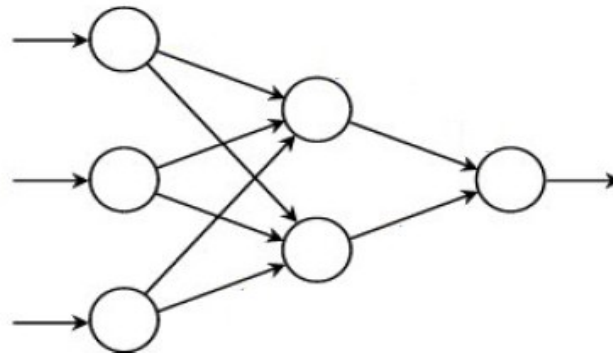
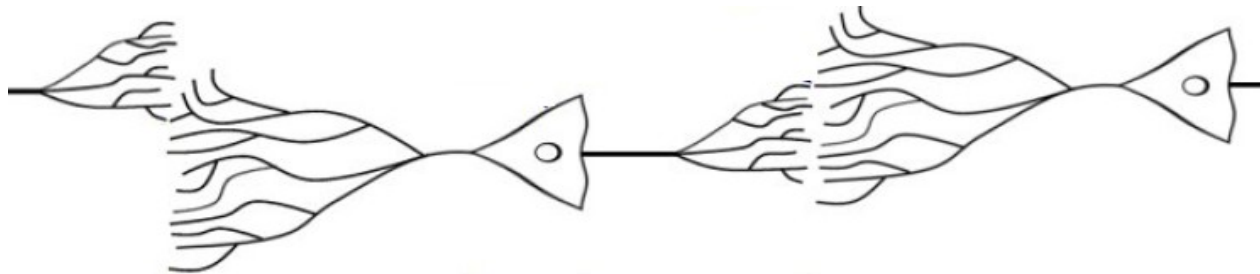
# Roteiro

- ▮ Introdução
- ▮ O Protocolo ZigBee
- ▮ Rede de Sensores Implementada
- ▮ Triangulação Hiperbólica
- ▮ Redes Neurais Artificiais
- ▮ Conclusões e Perspectivas



# Redes Neurais Artificiais

➤ **Redes Neurais:** Ramo da Inteligência Artificial, onde o paradigma de processamento das informações é inspirado nos sistemas nervosos biológicos.





# Redes Neurais Artificiais

## ➤ Vantagens:

- Habilidade de simular funções não-lineares complexas sem a necessidade de modelamento do sistema;
- Filtragem das medidas pela interpolação neural.

## ➤ Desvantagens:

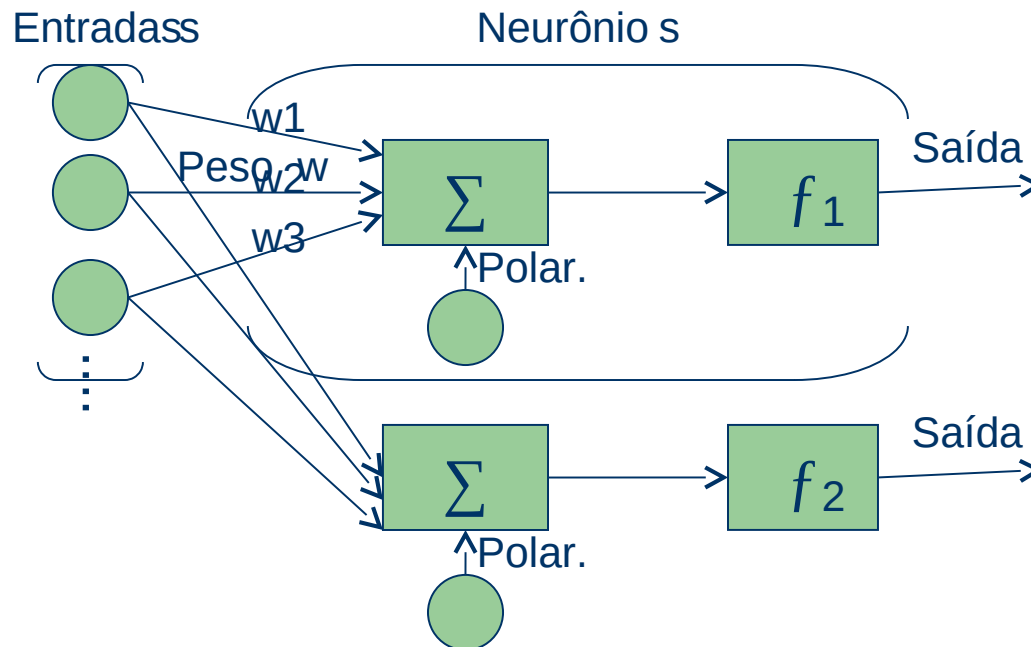
- Treinamento específico para cada ambiente;
- Treinamento requer uma grande quantidade de dados.





# Redes Neurais Artificiais

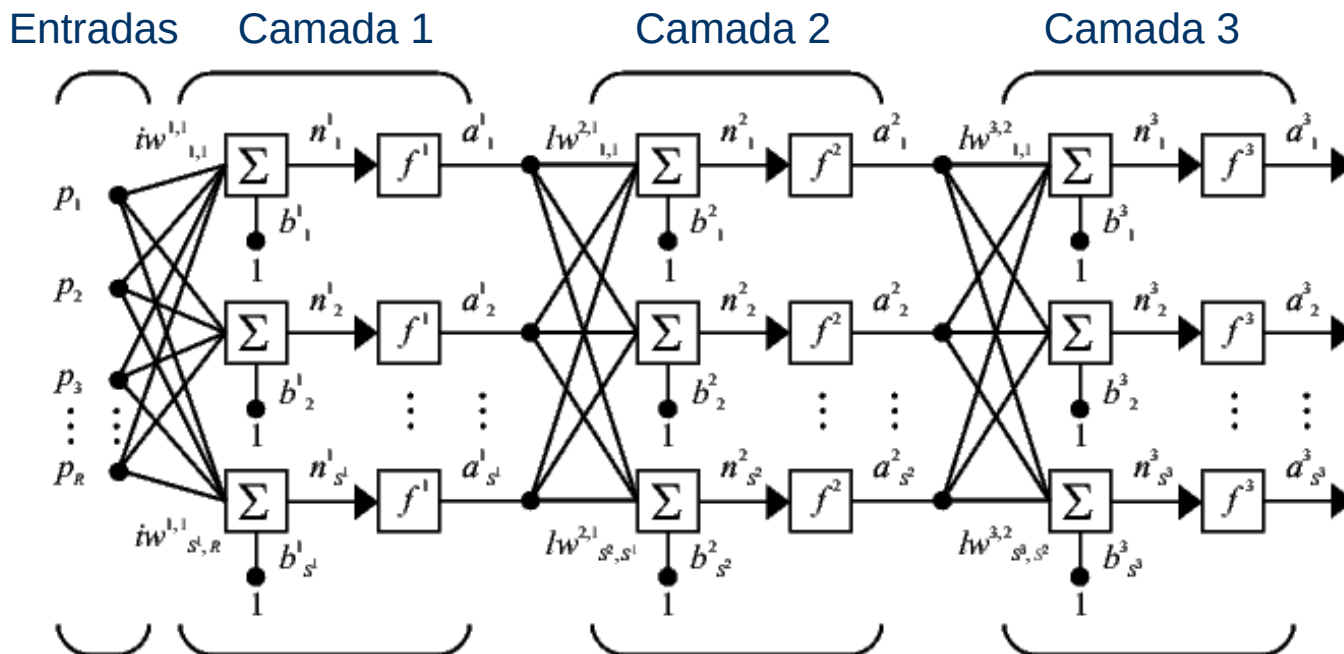
## ➤ Representação dos neurônios:





# Redes Neurais Artificiais

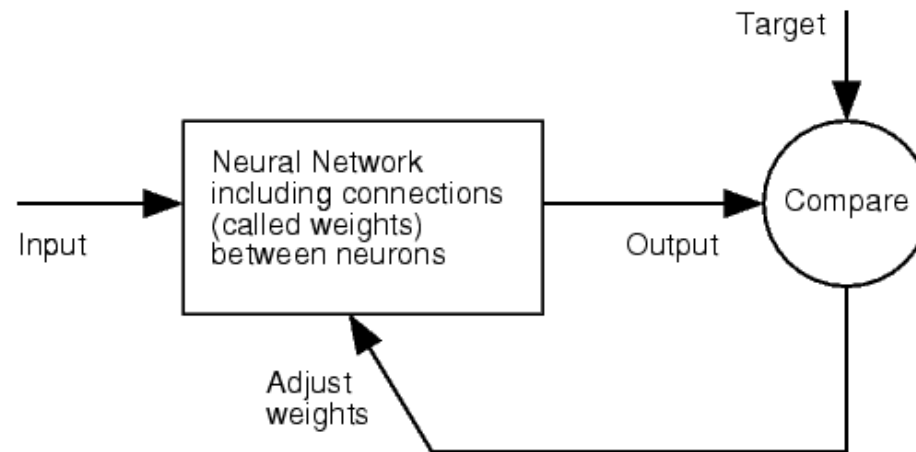
➤ Representação de uma rede multi-camadas:





# Redes Neurais Artificiais

➤ **Treinamento:** As redes neurais são treinadas para realizar uma determinada função, onde entradas conhecidas gerem saídas esperadas.



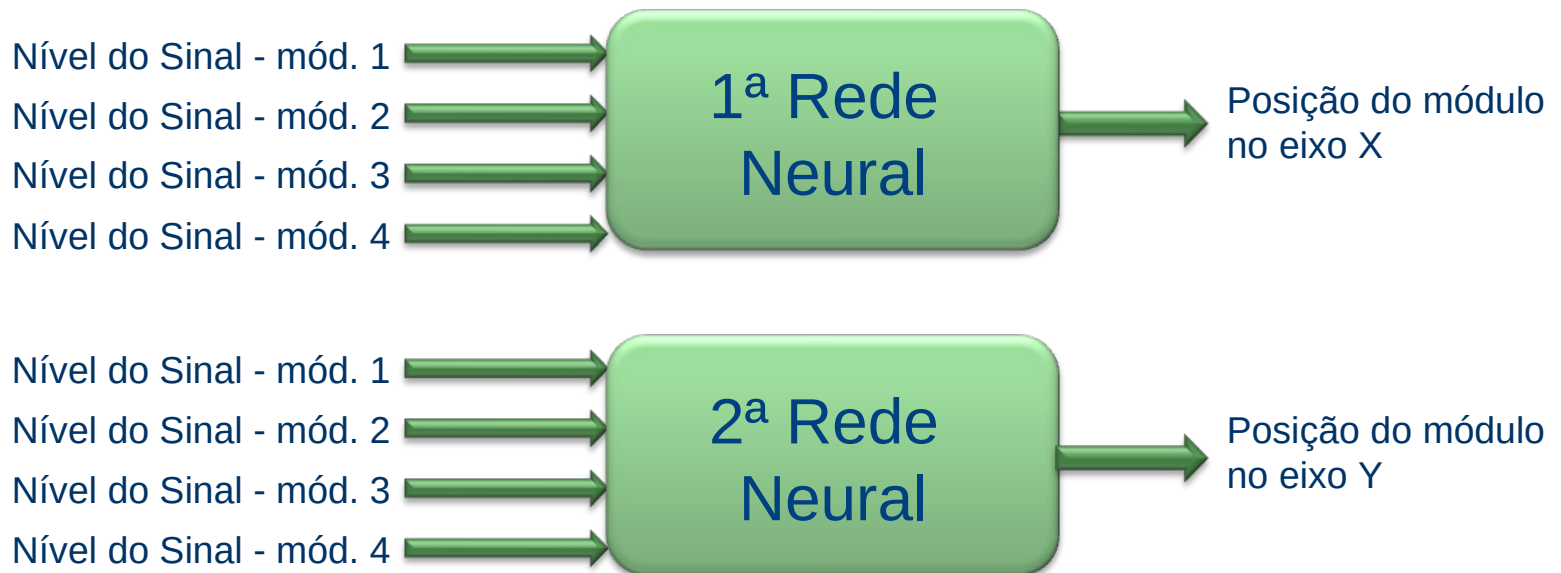


# Redes Neurais Artificiais

## ➤ Configuração da Rede

➤ Feed-Forward Backpropagation

➤ Estrutura da Rede: 4 entradas e 2 saídas.





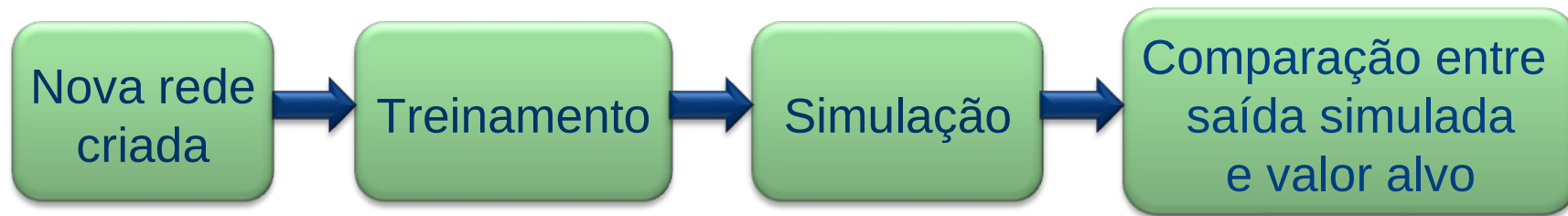
# Redes Neurais Artificiais

## ➤ Treinamento da Rede

### ➤ Obtenção dos dados:

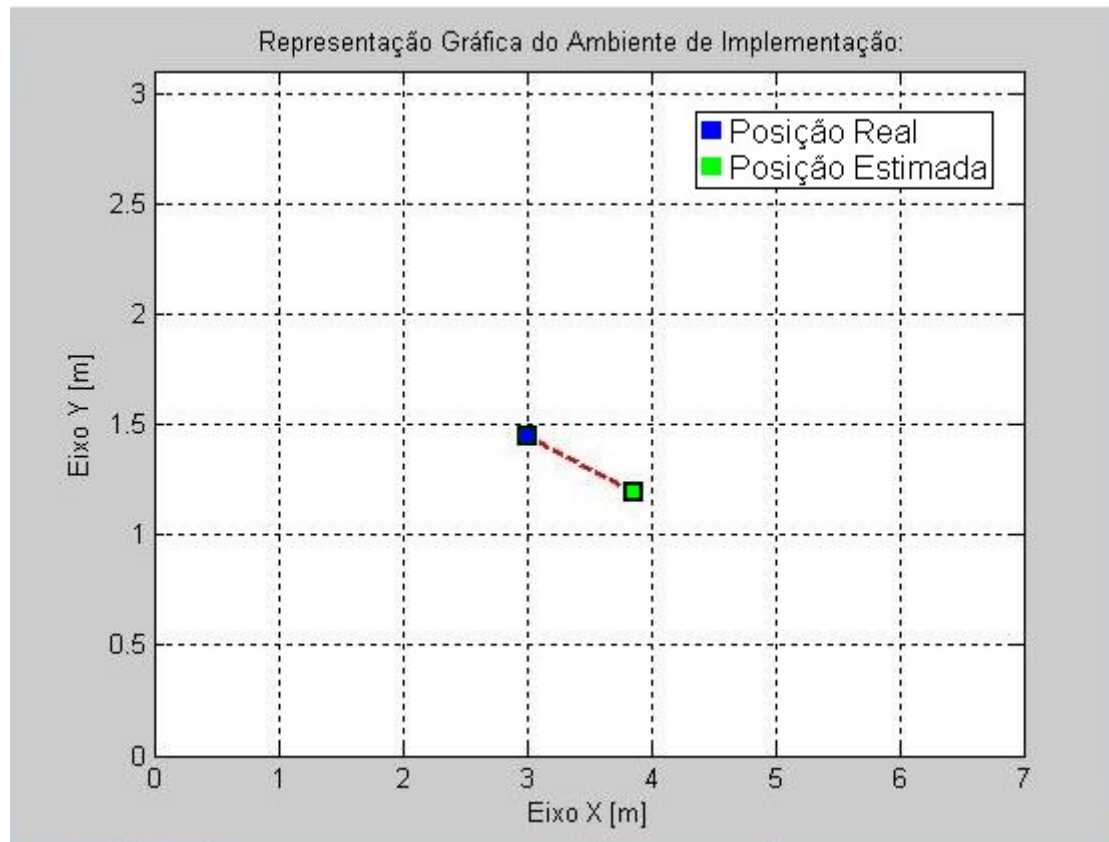
120 elementos  $\left\{ \begin{array}{l} 96 \text{ elementos} \\ 24 \text{ elementos} \end{array} \right.$  Conjunto de treinamento  
Conjunto de teste (validação)

### ➤ Treinamento:





# Redes Neurais Artificiais

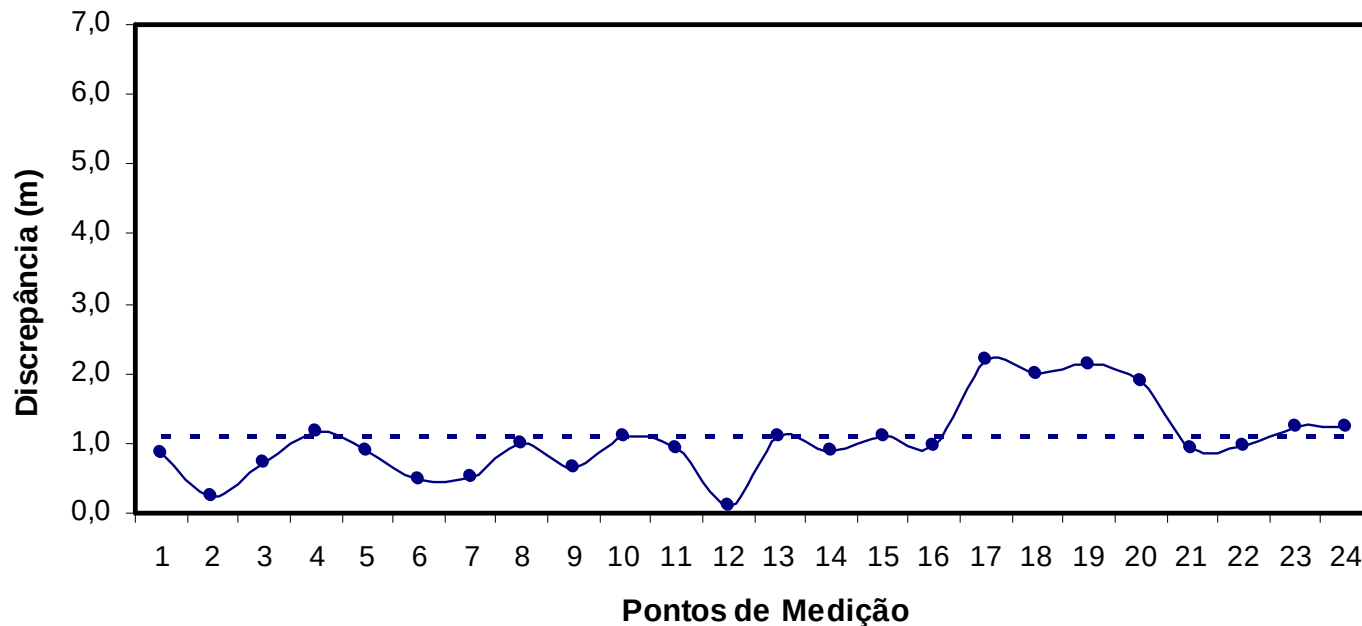




# Redes Neurais Artificiais

## ➤ Resultados:

### Discrepância entre a Posição Real e a Posição Calculada





# Roteiro

- ▮ Introdução
- ▮ O Protocolo ZigBee
- ▮ Rede de Sensores Implementada
- ▮ Triangulação Hiperbólica
- ▮ Redes Neurais Artificiais
- ▮ Conclusões e Perspectivas





# Conclusões e Perspectivas

- ▮ Métodos de localização baseados no parâmetro RSSI;
- ▮ Sistema de localização por triangulação hiperbólica utilizando a teoria de propagação de ondas de rádio;
- ▮ Sistema de localização utilizando redes neurais;
- ▮ Imprecisões na leitura do parâmetro RSSI.



# Conclusões e Perspectivas

- ▮ Substituição do módulo por dispositivos com transmissores de rádio de melhor qualidade e maior potência poderia incrementar a precisão dos resultados;
- ▮ Combinação das técnicas de localização utilizadas;
- ▮ Utilização de métodos de filtragem estocástica

**OBRIGADO A  
TODOS!**

**Medição Móvel de Conforto Térmico para  
Rede de Automação Predial *Wireless***

---

Luis Felipe da C. Figueredo  
Fillipe Lopes do Couto