



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ
Departamento de Engenharia de Biosistemas – LEB
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Engenharia da Irrigação – INCT-INI

USO DE SENSORES EM AGRICULTURA IRRIGADA

Patricia Angélica Alves Marques

paamarques@usp.br

O QUE SÃO SENSORES?

- Sensor

- um dispositivo que faz a detecção e responde com eficiência a algumas entradas provenientes de um ambiente físico.
- deve emitir um sinal que seja capaz de ser convertido e interpretado pelos outros dispositivos.

luz, o calor, um movimento, umidade, pressão ou qualquer variável detectável em um ambiente são exemplos de entradas..

O QUE SÃO SENSORES?



- **Saída:**

sinal capaz de ser convertido e interpretado por outros dispositivos que poderia ser um CLP ou uma IHM.

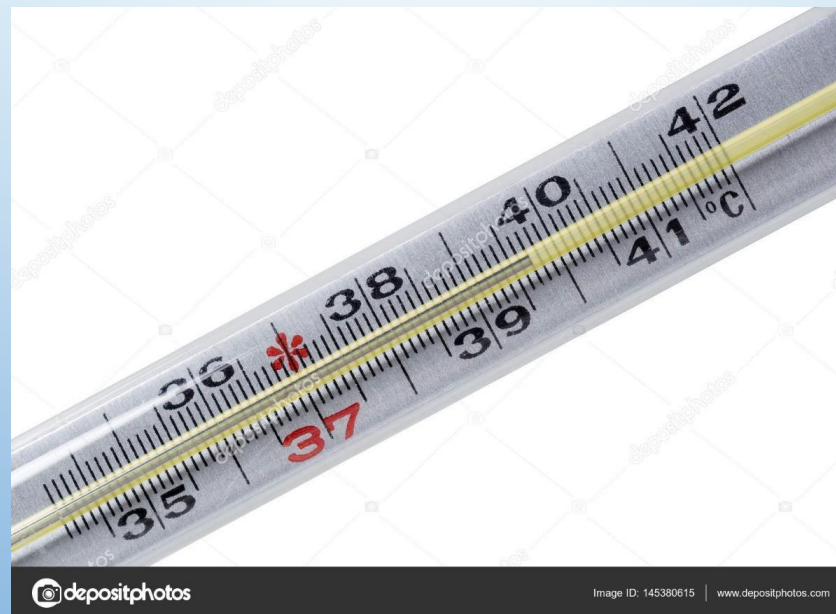
Sistemas elétricos, ao ser convertido, o sinal pode ser lido por um processador ou ser transmitido eletronicamente por uma rede de dados.

O QUE SÃO SENSORES?

- EX: Termômetro a base de mercúrio:

entrada → temperatura

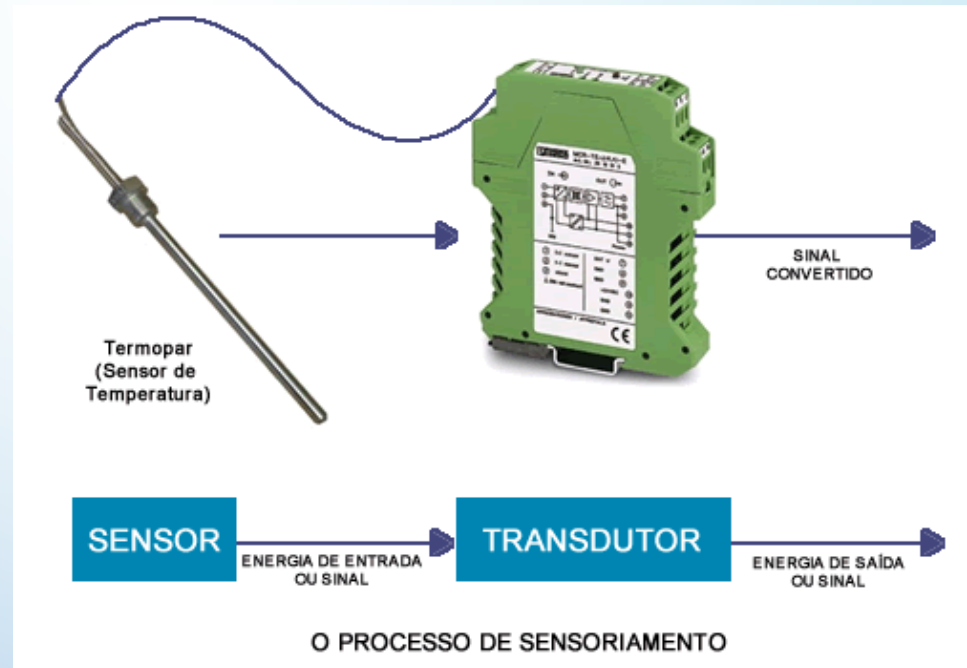
Expansão ou contração do mercúrio → saída leitura



SENSORES E TRANSDUTORES

Transdutor:

“levar a frente” → transfere a energia de um sistema para outro que pode ser da mesma forma ou de forma convertida (diferente da original).



<https://www.citissystems.com.br/sensor-voce-sabe-que-quais-tipos/#post/0>

AGRICULTURA IRRIGADA

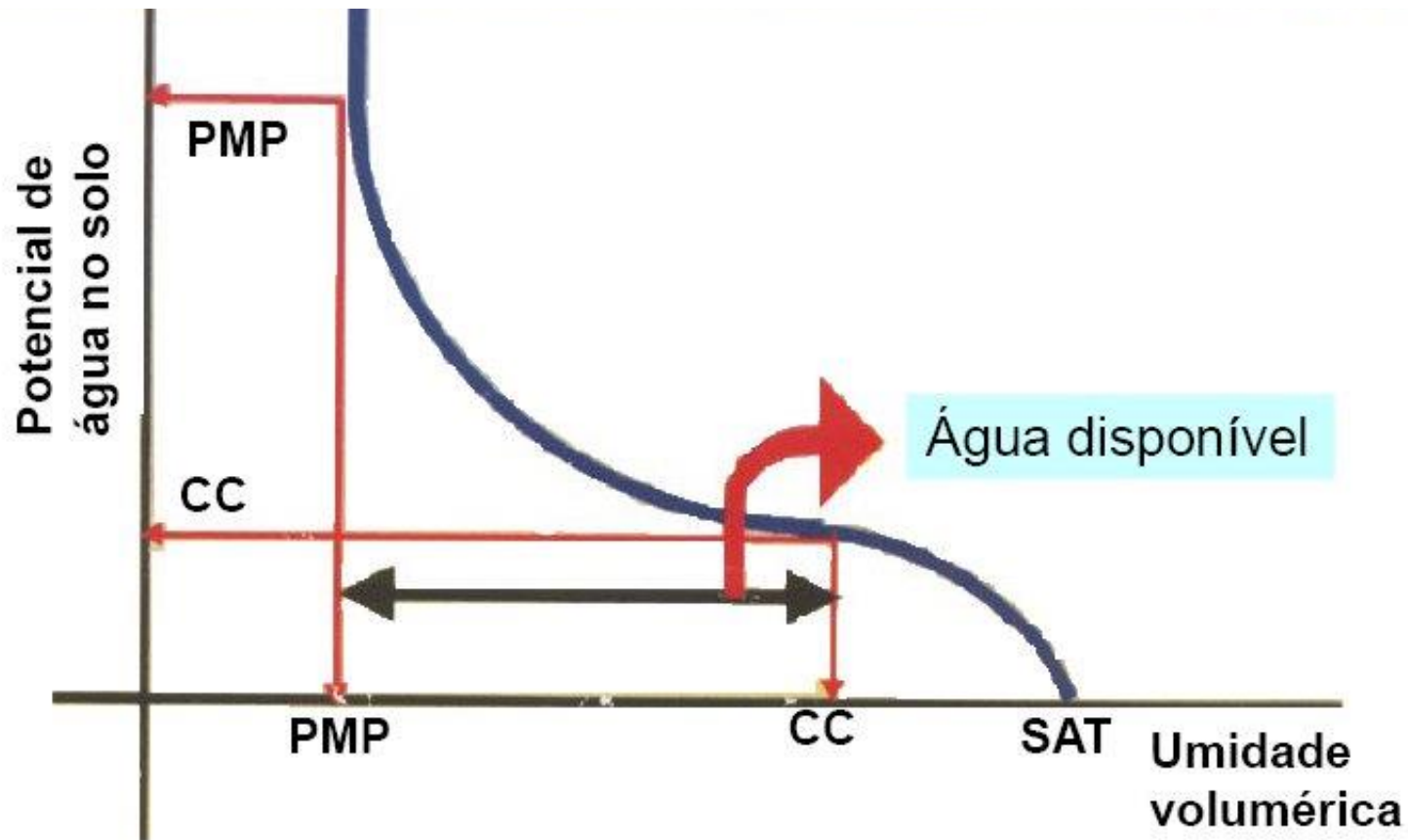
A agricultura irrigada consiste em um conjunto de técnicas e equipamentos, programados e operados de maneira racional. Buscando máxima eficiência com maior produtividade e menor uso de água, energia, mão-de-obra, combustível, transporte, etc

MANEJO DA IRRIGAÇÃO

“Manejo pode ser definido como o uso criterioso dos recursos disponíveis para se atingir um determinado objetivo. No caso da irrigação, as práticas de manejo têm por objetivo maximizar a produção vegetal com o menor consumo de água. Em outras palavras, a água aplicada deve ser efetivamente utilizada para a produção, com o mínimo de perdas. “

MANEJO TRADICIONAL

- Gravimétrico
- Curva de retenção de água no solo
- Tensiômetros





$$\text{CAD (mm)} = (U_{cc} - U_{pmp}) * d_s * Z$$

CONTROLE DA IRRIGAÇÃO POR MEDIDAS DO POTENCIAL MÁTRICO DO SOLO

USO DE TENSÍMETROS



Tensiômetros digitais ou tensímetros



MANEJO ATUAL EM PESQUISA

- Lisímetros
- Estações meteorológicas
- Fluxo de seiva



-
- TDR (Reflectometria no Domínio do Tempo)
 - Diviner
 - Sensores em Rede em tempo real
 - Inteligência Artificial



LISÍMETRO DE PESAGEM



- 3,91 m de diâmetro → 12 m²
- 1,3 m profundidade
- 3 células de carga de 10.000 kg cada



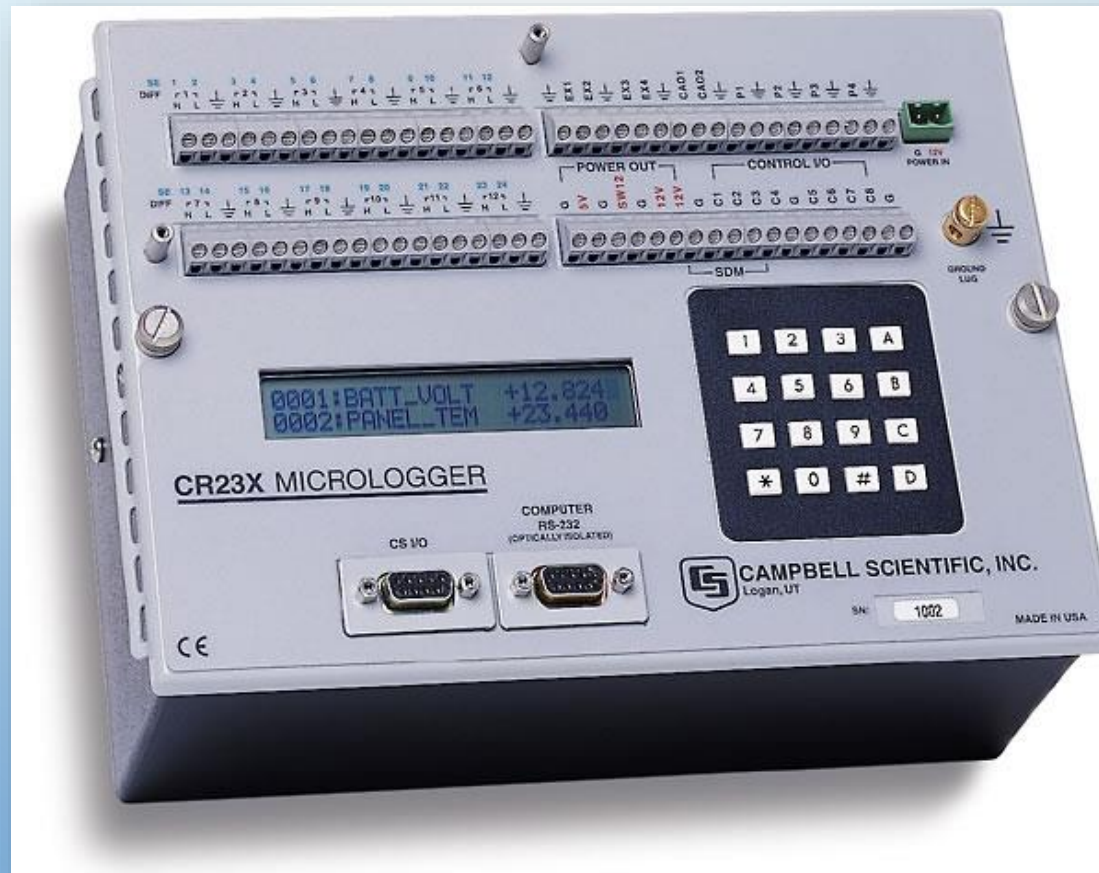
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

➤ Célula de carga Eletrônica

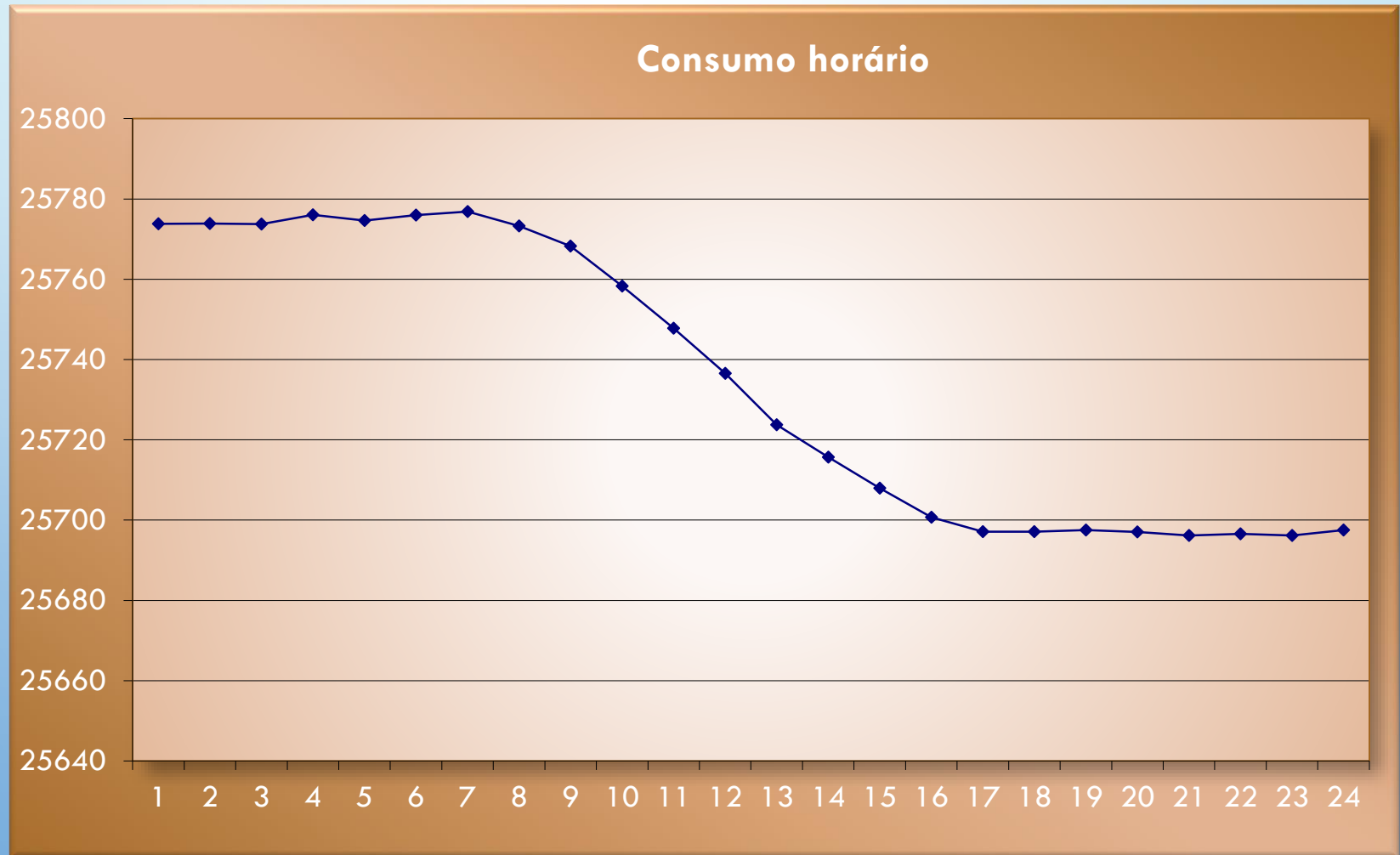


COLETA DE DADOS

► Datalogger



EXEMPLOS DE MEDIDAS



**Velocidade e
direção do vento**

Antena

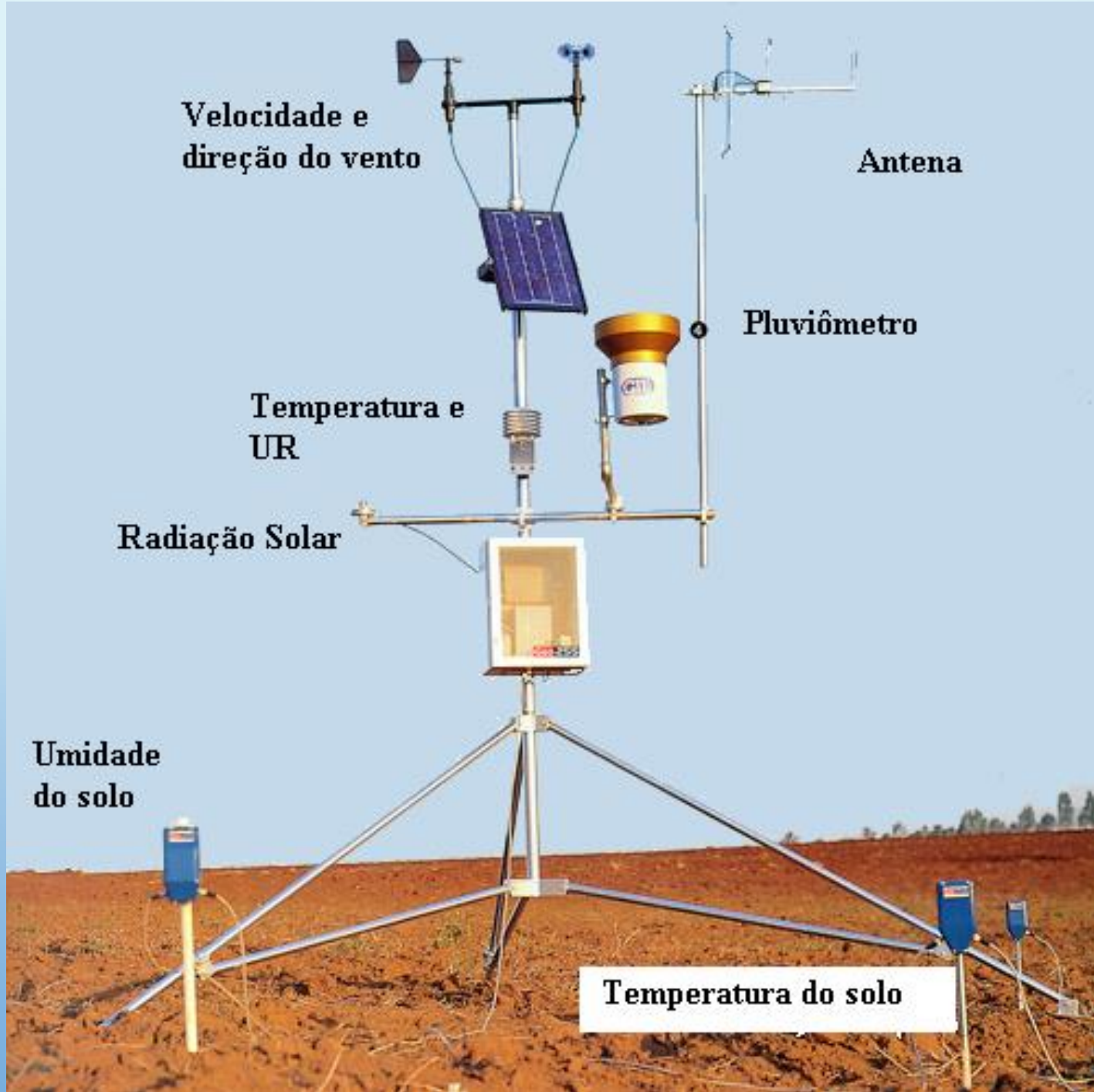
Pluviômetro

**Temperatura e
UR**

Radiação Solar

**Umidade
do solo**

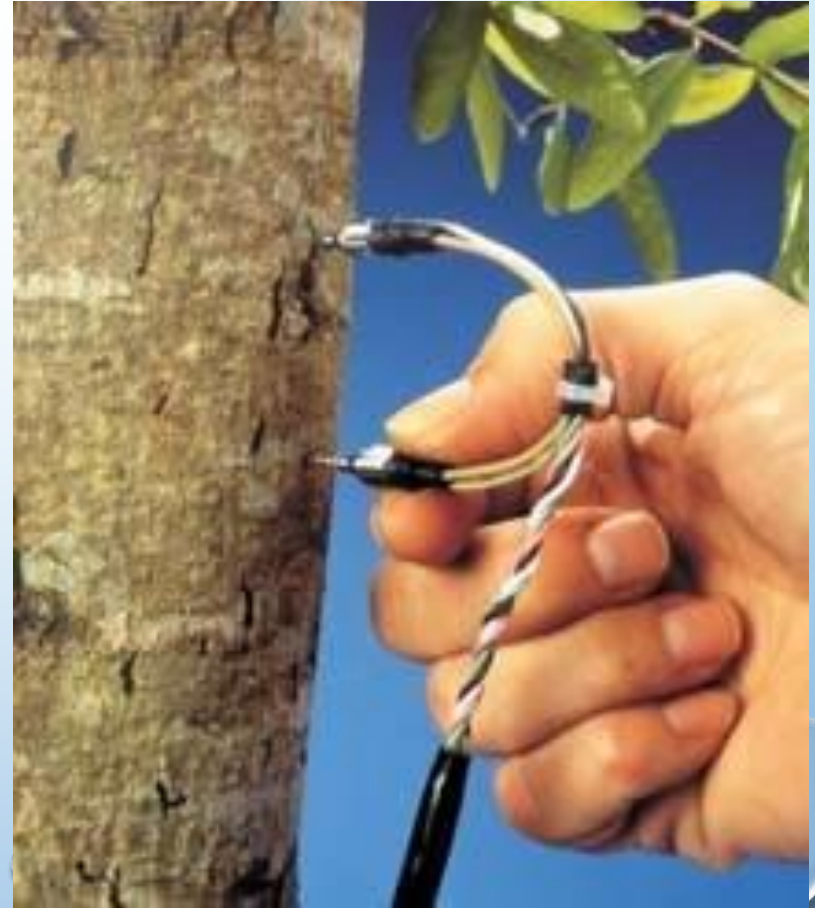
Temperatura do solo



FLUXO DE SEIVA

•SENSORES DE DISSIPACÃO TÉRMICA

- medidas confiáveis
- boa resolução temporal
- coleta e armazenamento dos dados
- Composição básica do sistema
 - sonda de aquecimento
 - sondas com termopares
 - instrumentação eletrônica associada data logger





AGRICULTURA IRRIGADA DE PRECISÃO

Irrigação de Precisão → aplicação com uniformidade variável e controlada na área irrigada → **SUORTE À TOMADA DE DECISÃO**

variabilidade espacial:

precipitações naturais

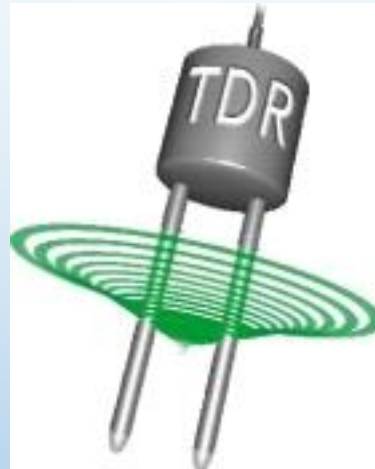
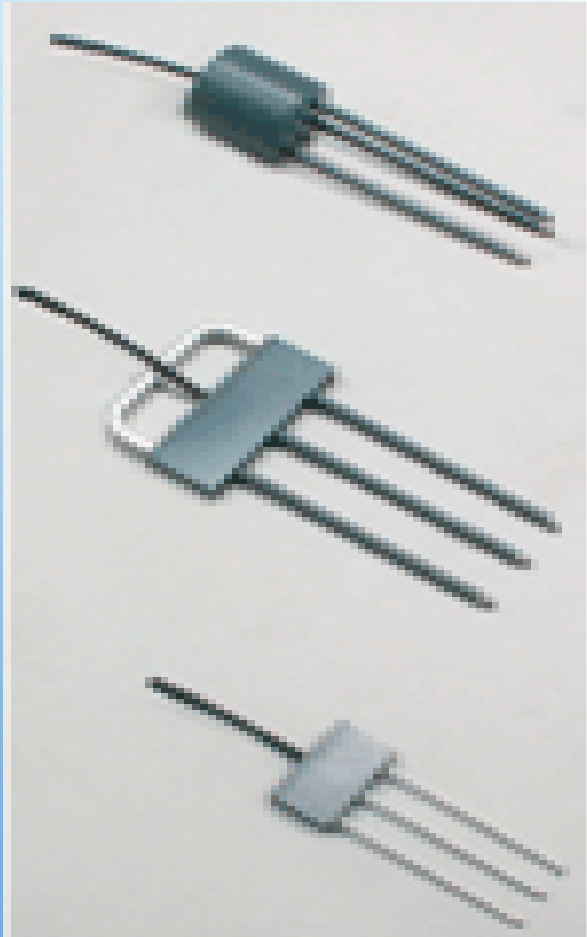
disponibilidade hídrica de água no solo

consumo hídrico das plantas (diferenciação de área foliar)

AGRICULTURA IRRIGADA DE PRECISÃO



TDR (REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO)



TDR: A CONSTANTE DIELÉTRICA DO SOLO É COMPOSTA POR TRÊS COMPONENTES:

$$ka_{(S)} \Rightarrow ka_{(ar)} + ka_{(água)} + ka_{(matriz\cdot do\cdot solo)}$$

- Ar \rightarrow ka = 1
 - Água \rightarrow ka = 81
 - Solo \rightarrow ka = 3 a 5
-
- Valores de umidade volumétrica será associado aos valores da constante dielétrica (ka).

VANTAGENS

- É UMA TÉCNICA NÃO DESTRUTIVA;
- NÃO UTILIZA RADIAÇÃO IONIZANTE;
- ALTA EXATIDÃO NA MEDIDA DE CONTEÚDO DE ÁGUA;
- PODE-SE FAZER MEDIDAS, TANTO NO PERFIL HORIZONTAL COMO NO PERFIL VERTICAL DO SOLO;
- PORTÁTIL OU FIXO;
- PERMITE O MONITORAMENTO CONTÍNUO E SIMULTÂNEO EM VÁRIOS LOCAIS.

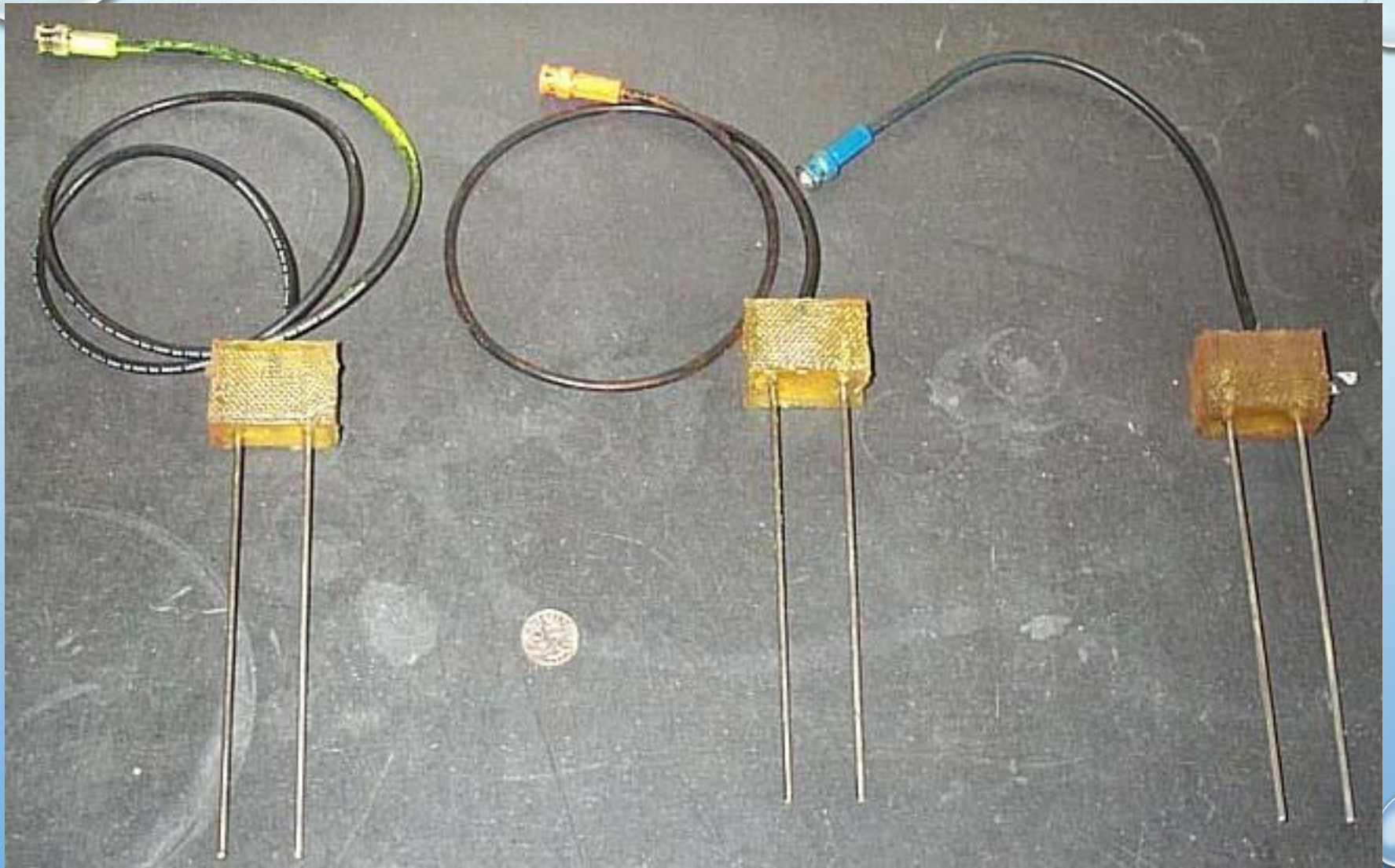
DESVANTAGENS

- CUSTO ELEVADO;
- SOFRE INFLUÊNCIA DO MEIO (SALINIDADE, ÓXIDOS DE FERRO, TIPO E TEMPERATURA DO SOLO);
- NECESSIDADE DE CALIBRAÇÃO.



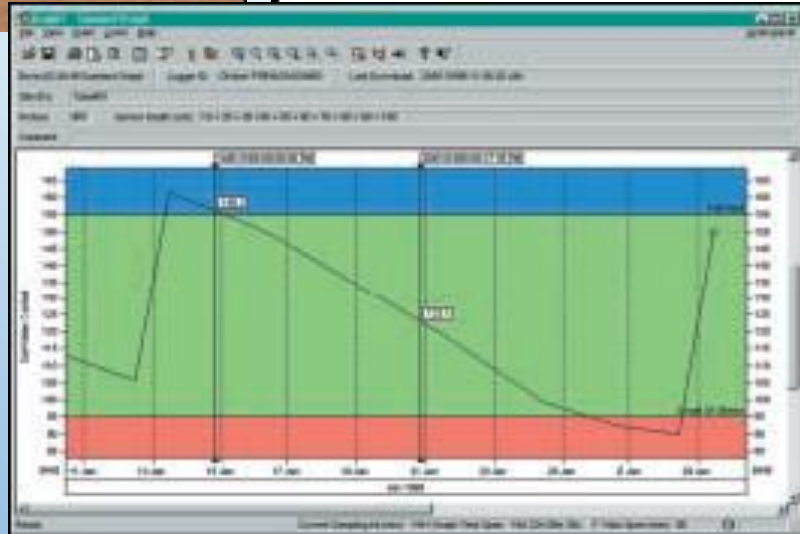
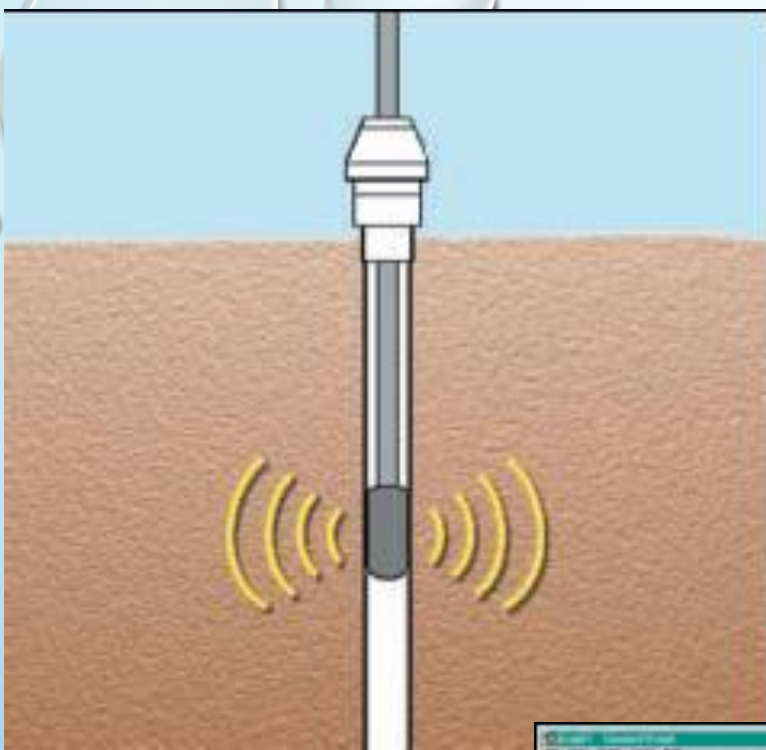
INSTALAÇÃO DA SONDA TDR



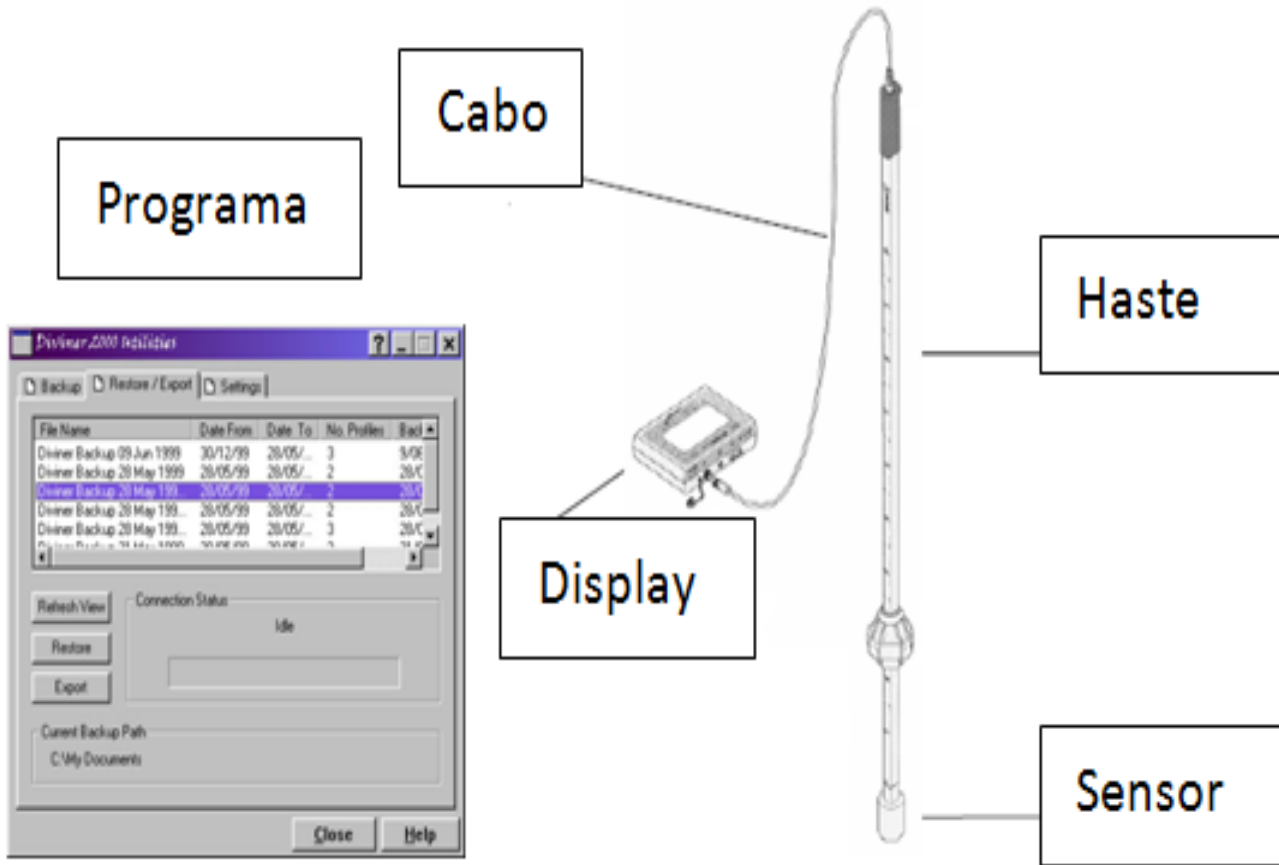


REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA (FDR) DIVINER 2000





COMPONENTES SONDA DIVINER 2000



- ✓ Sonda tamanho - 0,7, 1 e 1,6 m;
- ✓ Requer uma fonte de energia - 13,8V, 800 mA;
- ✓ Utilizada a temperaturas - 0 °C – 72 °C;
- ✓ Intervalo de medição solo (seco a saturado) e leituras em intervalos de 10 cm;
- ✓ Precisão de cerca de 1% de percentagem de água volumétrica no solo.
- ✓ Custo de aquisição \approx U\$ 3.000.



Silva, 2005

TRACON - WATERMARK



WATERMARK Sensors



TRACON

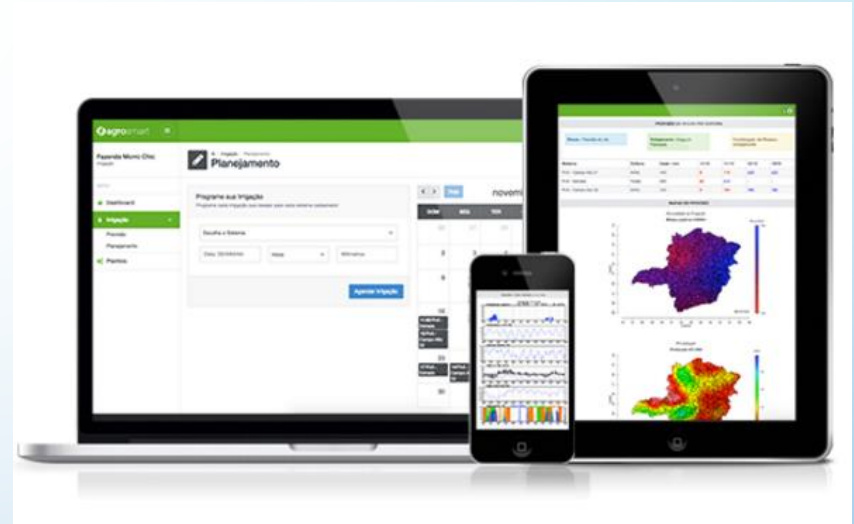


Sensor 3 em 1 para vasos, estufas ou campo.

umidade de 0% até 50% VWC;
EC entre 0 a 10mS/cm
temperatura faixa de -18°C a +50°C;

SENSORES EM REDE EM TEMPO REAL: CULTIVO INTELIGENTE

- AGROSMART
- Conjunto de sensores, dados meteorológicos, processamento de imagens e uma aplicação baseada em Cloud Computing
- monitoramento de diversas de variáveis em tempo real para a agricultura de precisão.



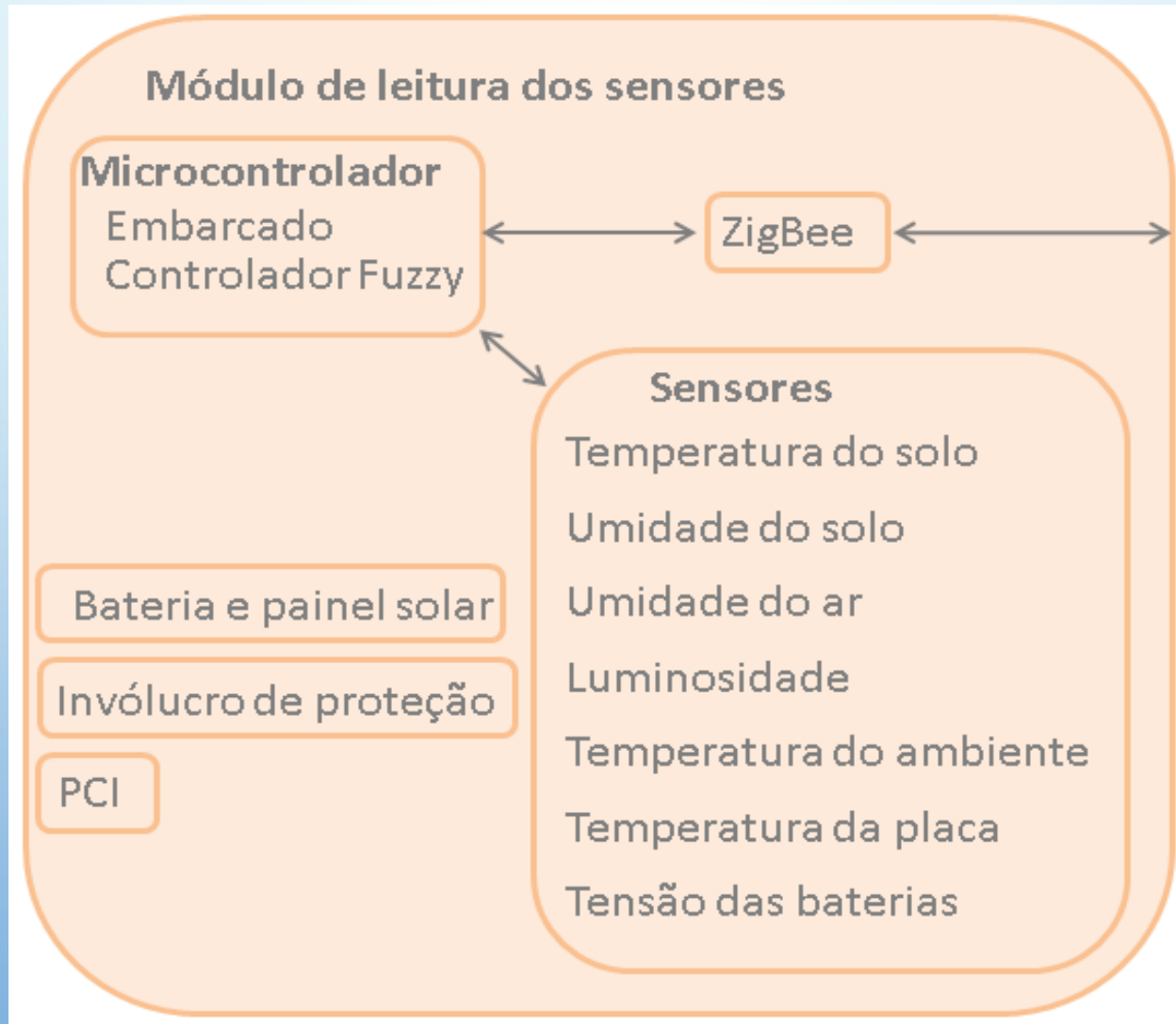
- Startup premiada pela Nasa e Google

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

- microcontroladores de baixo consumo energético
- baterias e painéis solares
- algoritmos de inferência das variáveis de medida, de calibração e correção de tais medidas
- Lógica Fuzzy → inteligência artificial
- aprender e estimar parâmetros a partir de sua base de conhecimento e das condições que o cercam.
- comunicação sem fio



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Tabela – Exemplo de uma base de conhecimento de um sistema Fuzzy

Se	Então
UMIDADE é BAIXA	IRRIGAR BASTANTE
UMIDADE é MÉDIA	IRRIGAR MÉDIO
UMIDADE é ALTA	IRRIGAR POUCO
RADIAÇÃO é BAIXA	IRRIGAR POUCO
RADIAÇÃO é MÉDIA	IRRIGAR MÉDIO
RADIAÇÃO é ALTA	IRRIGAR BASTANTE

DIAGRAMA DE FUZZIFICAÇÃO

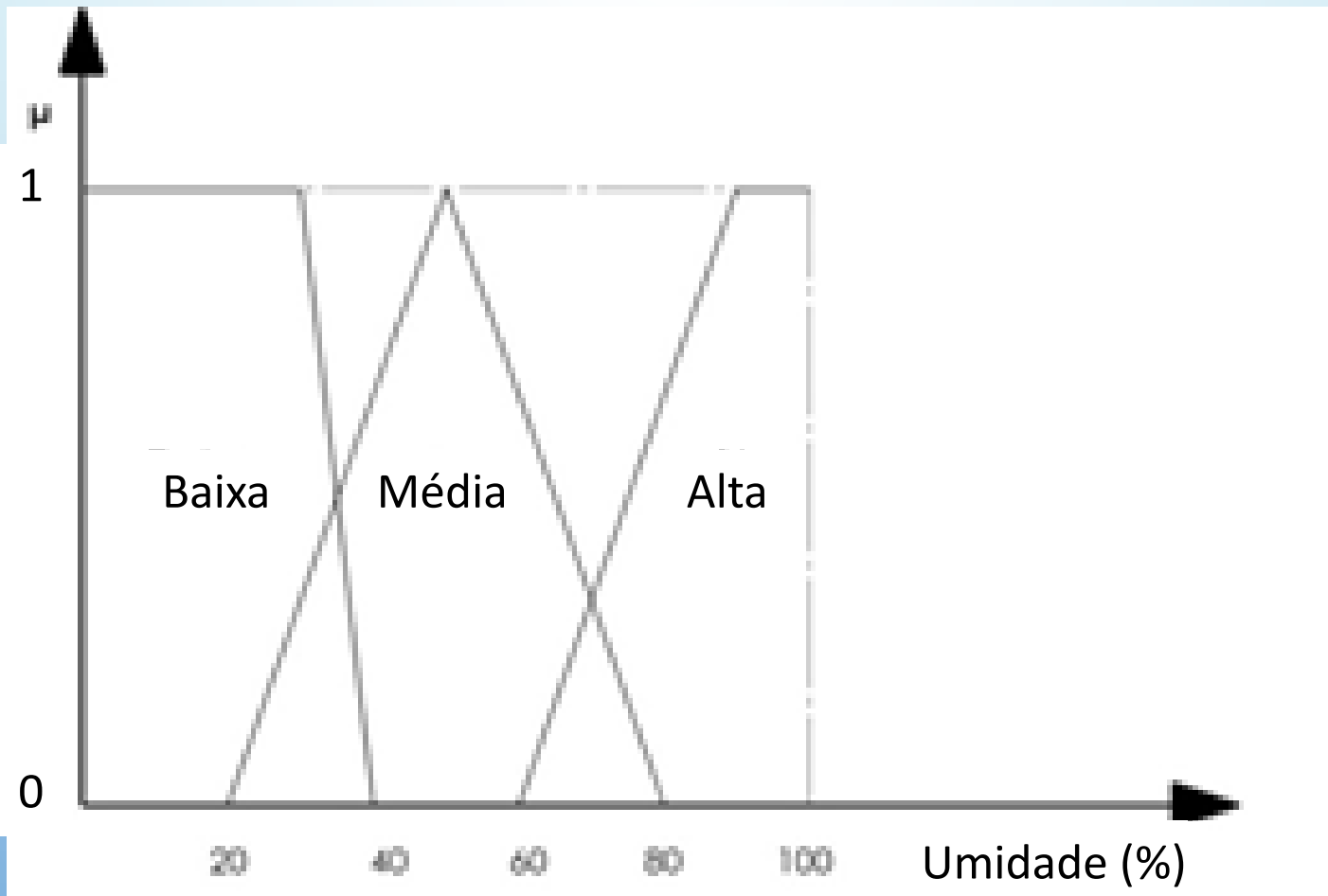


DIAGRAMA DE FUZZIFICAÇÃO

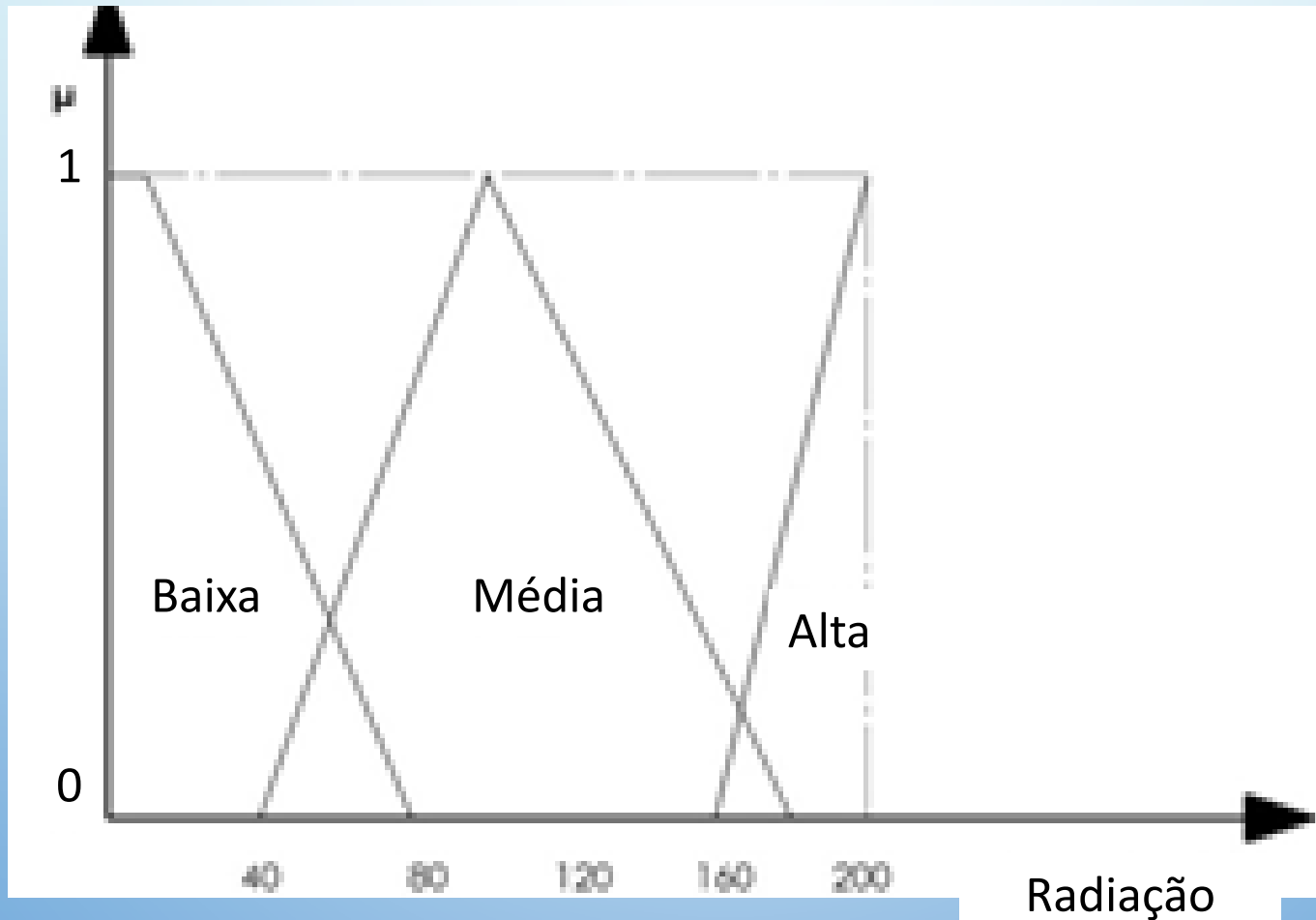
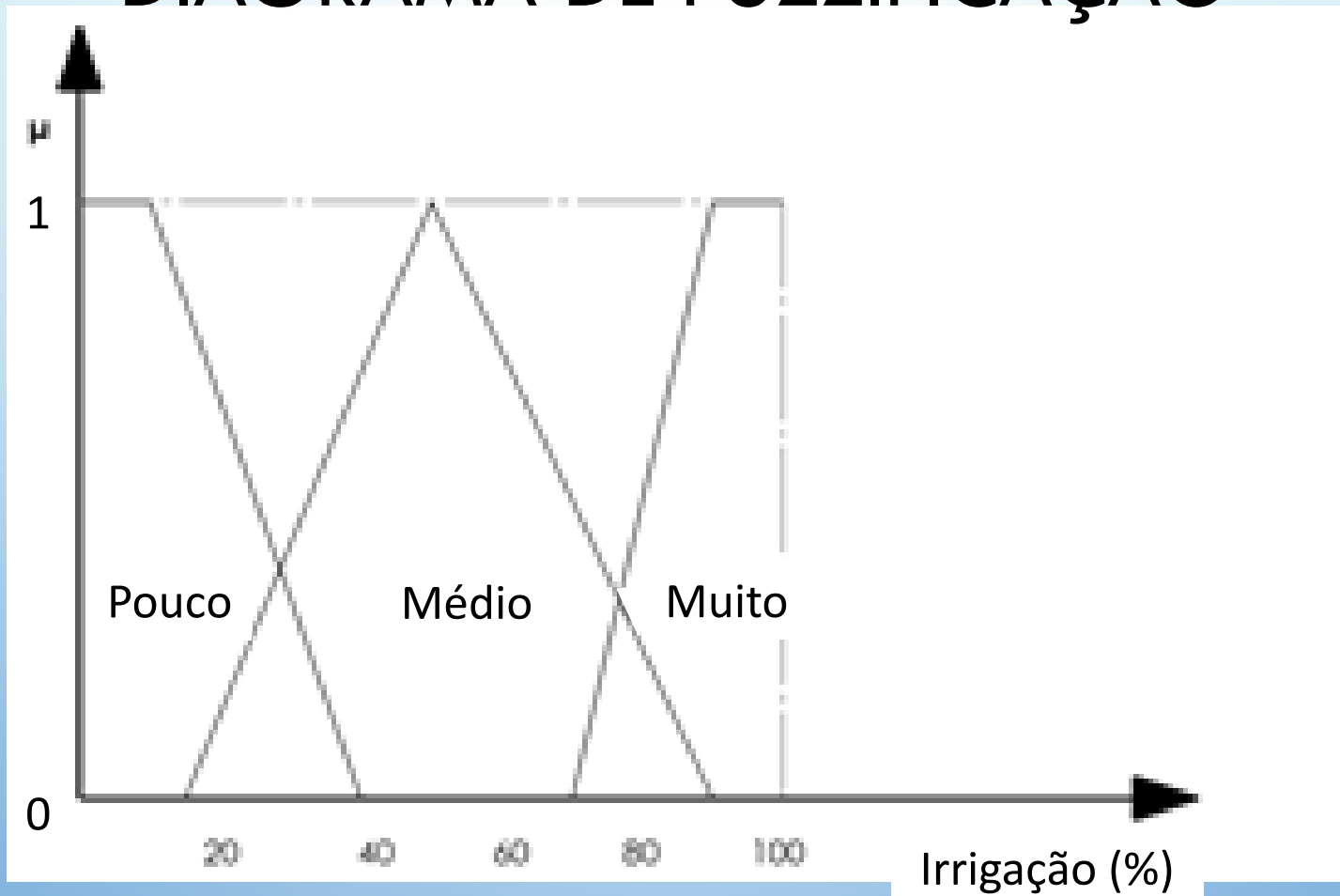
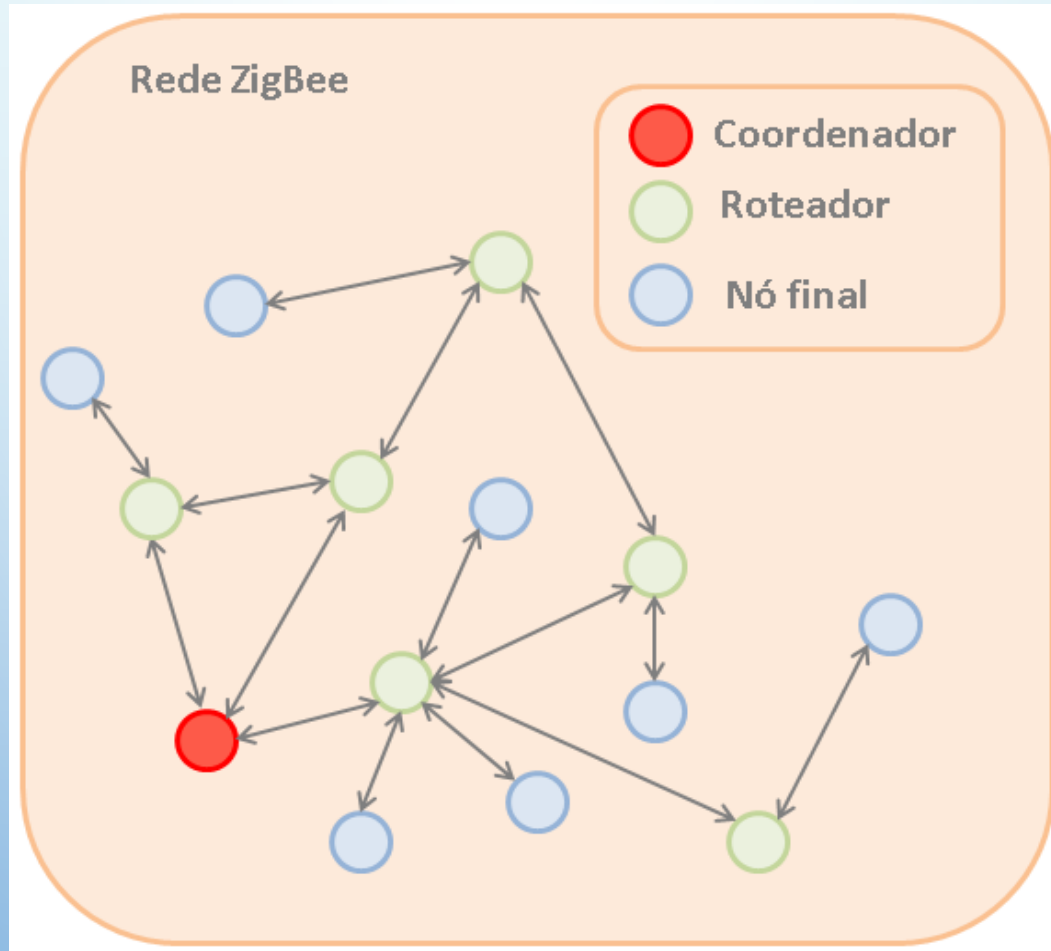


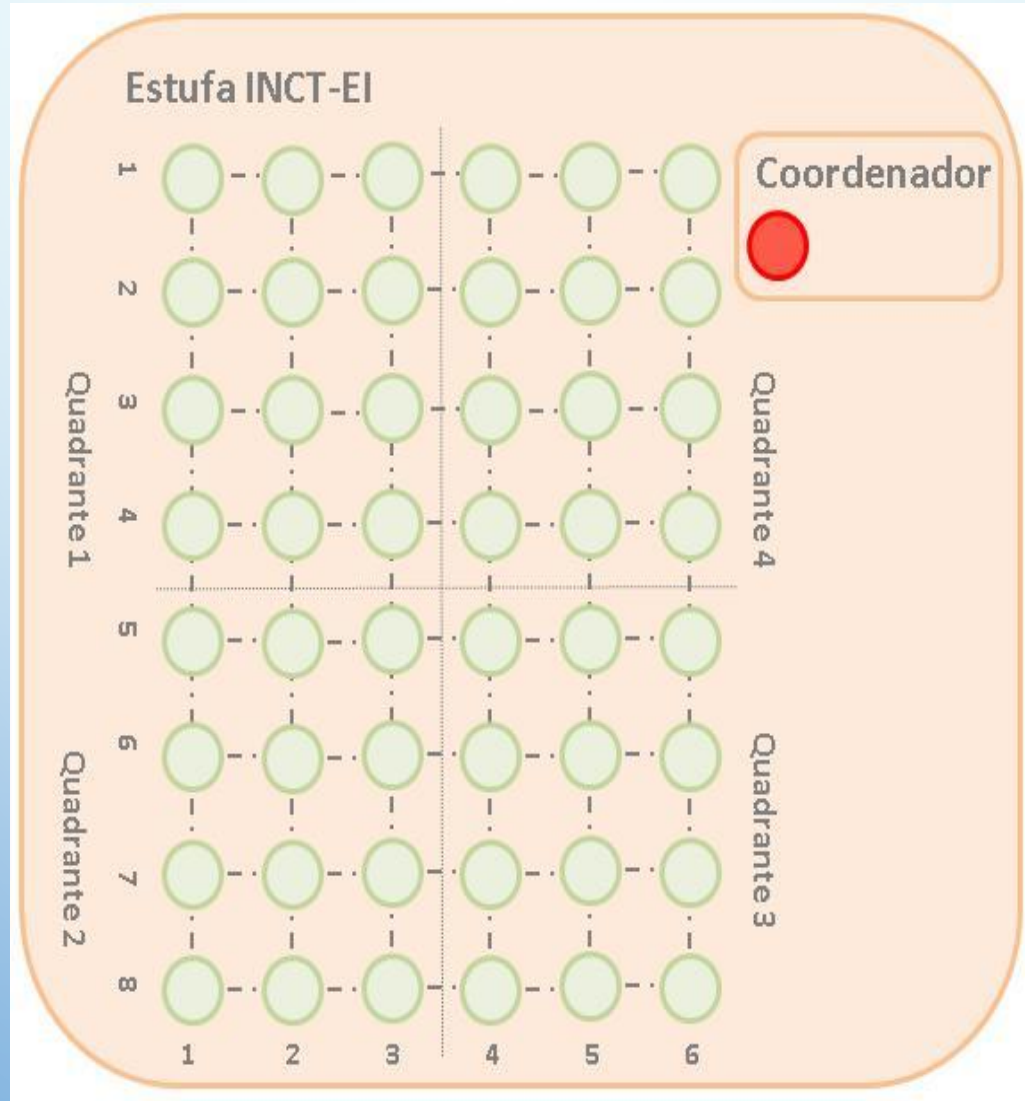
DIAGRAMA DE FUZZIFICAÇÃO



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL





OBRIQADA!!!

paamarques@usp.br