

# Redes de Sensores Sem Fio



Linnyer Beatrys Ruiz

[linnyer@dcc.ufmg.br](mailto:linnyer@dcc.ufmg.br)

Depto. Engenharia Elétrica UFMG

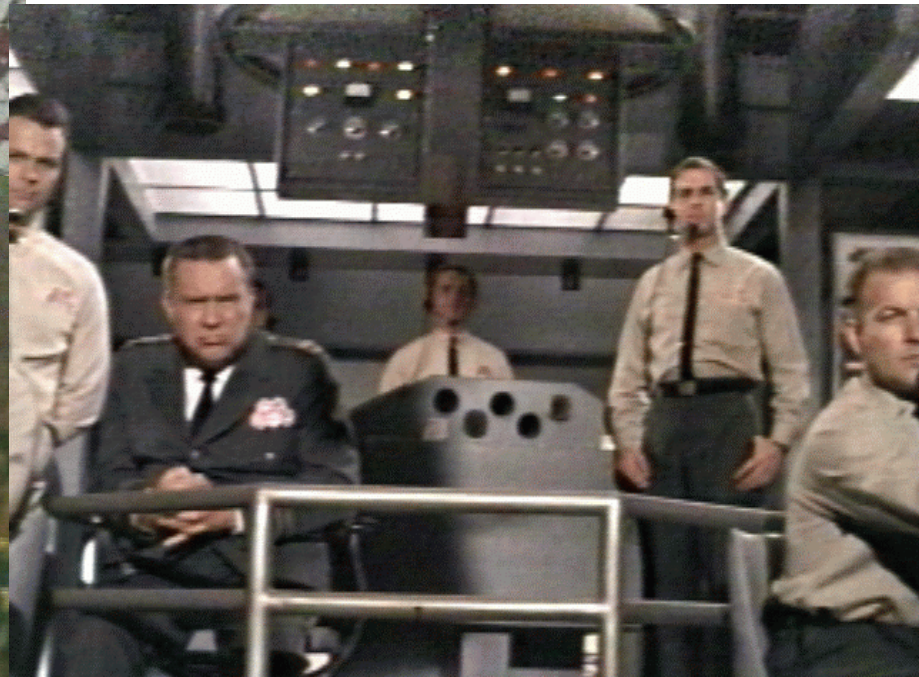
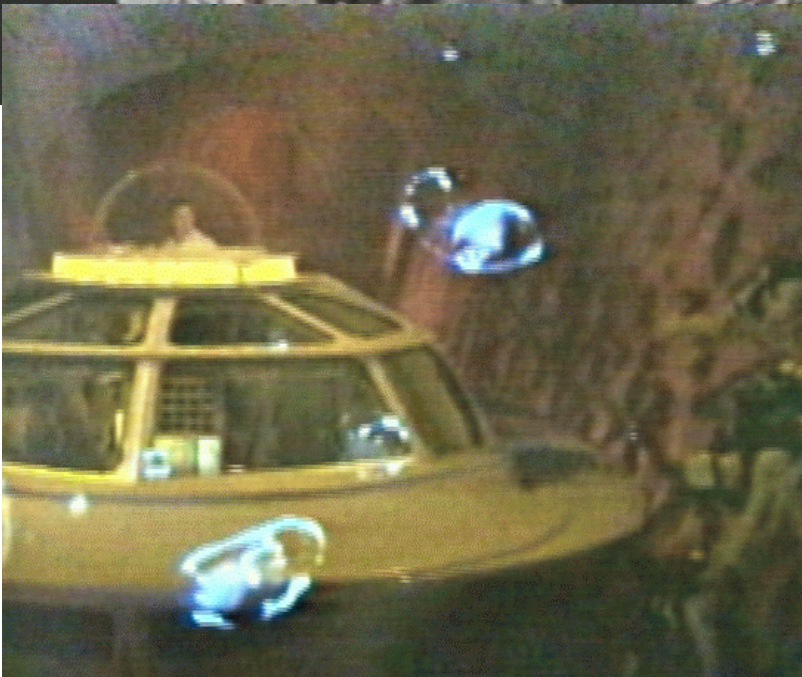
# Futuro?

On September 23, 1962, ABC premiered an all-new prime time series - The Jetsons. After 16 months in development Hanna-Barbera showed America their vision of our country in 2062



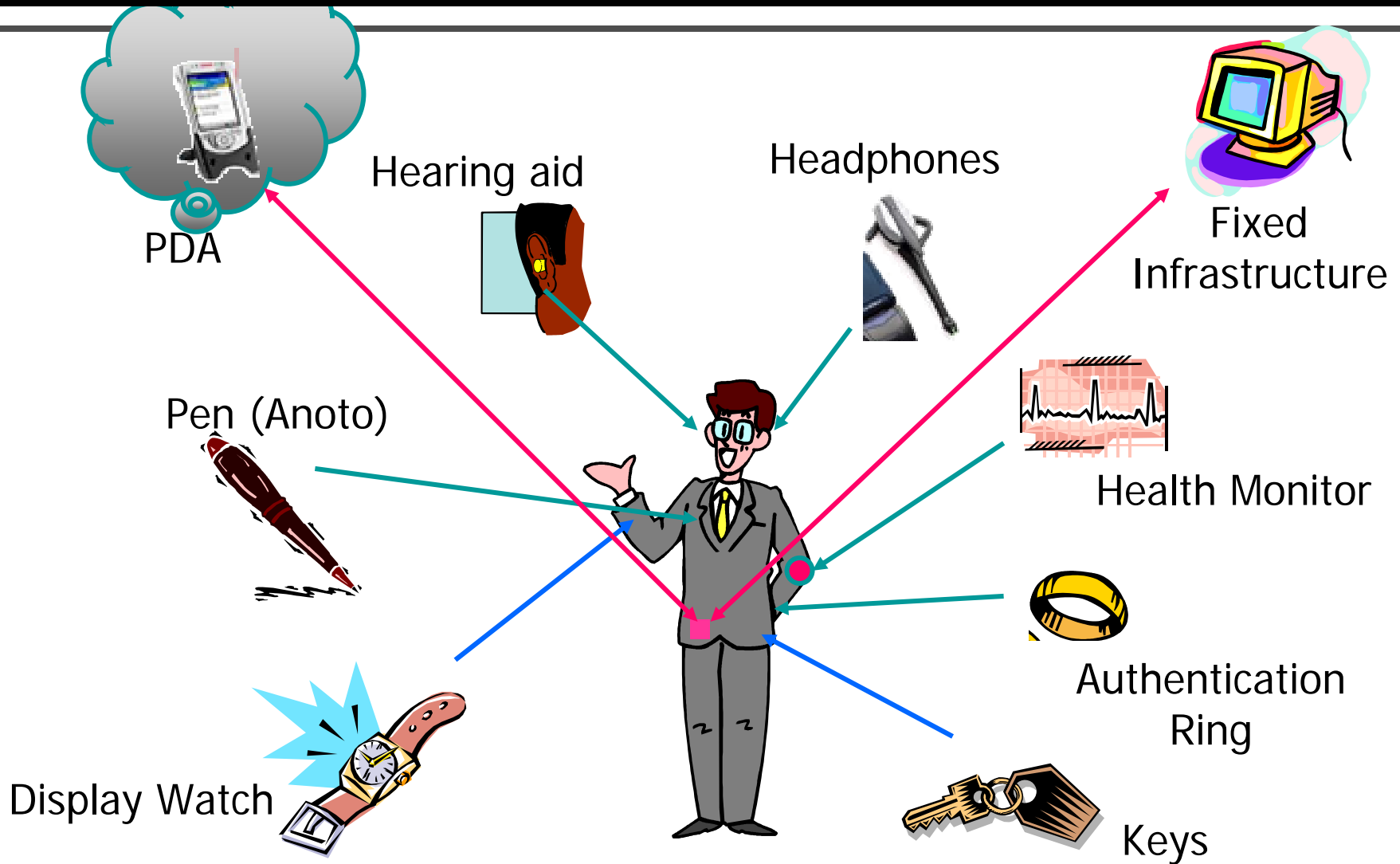


# RSSF Intrusivas



Visão de algumas década atrás  
se "tornando" realidade

# RSSF



Estender nossa capacidade de percepção do ambiente

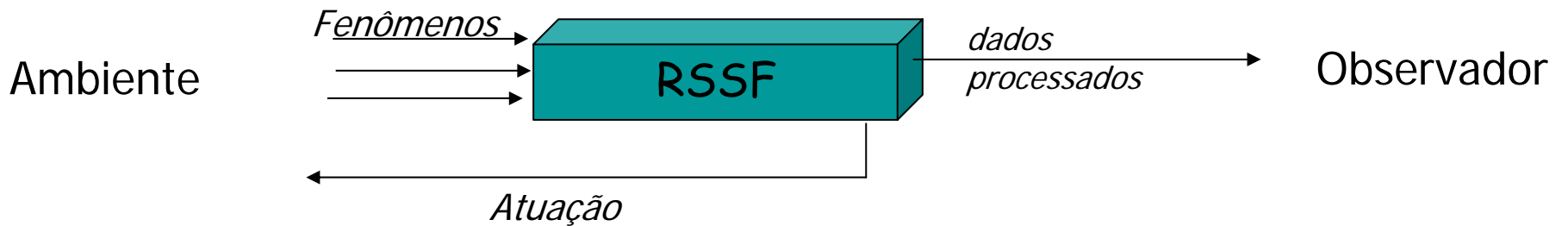
# Rede de Sensores sem Fio

- Uma RSSF pode ser composta apenas nós sensores



# Rede de Sensores sem Fio

- nodos sensores + atuadores



# Rede de Sensores sem Fio

- ❑ Uma RSSF pode responder a consultas do observador.



- ❑ A saída de uma RSSF pode ser avaliada por uma métrica de “precisão”
- ❑ A entrada pode utilizar parâmetros de fidelidade

# Rede de Sensores sem Fio

- Consulta pode ser endereçada para:
  - nó individual
  - grupo de nós
  
- Questões:
  - Endereçamento do nó
  - Quem responde (grupo de nós)
  - Definição de nós sorvedouros

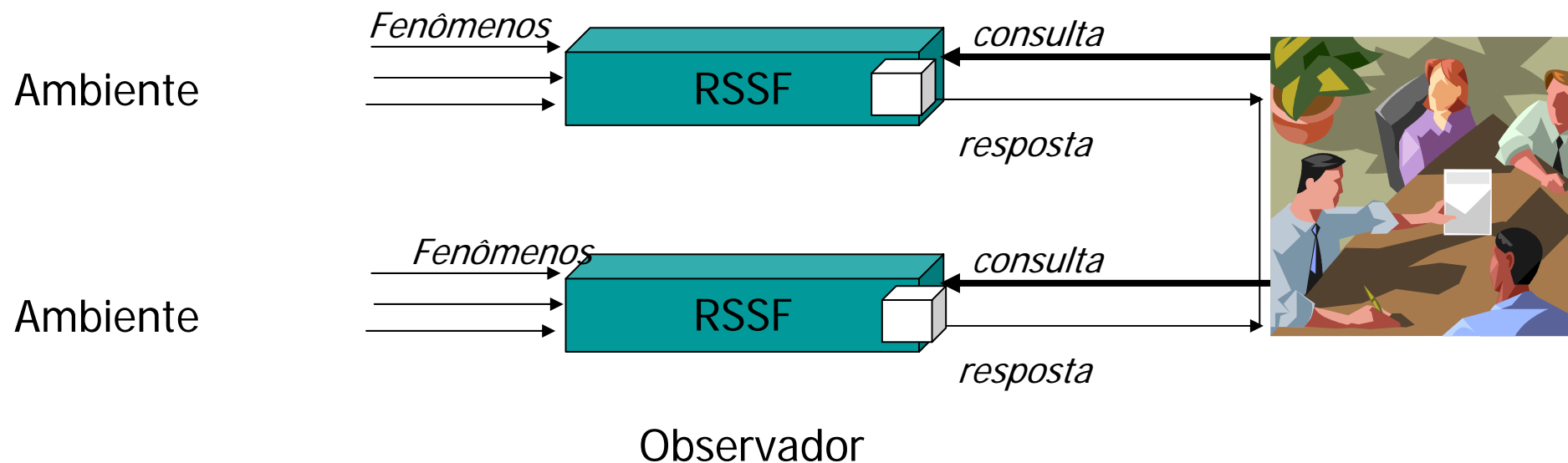


# Características: endereçamento

- ❑ Dependendo da aplicação cada nós sensor pode ser endereçado individualmente
  - Por exemplo, sensores embutidos em peças numa linha de montagem, sensores colocados no corpo humano
- ❑ Em geral, as RSSFs são ditas serem *data-specific*, ou seja, são dependentes dos dados
  - Neste caso, o endereçamento individual dos nós pode não ser preciso

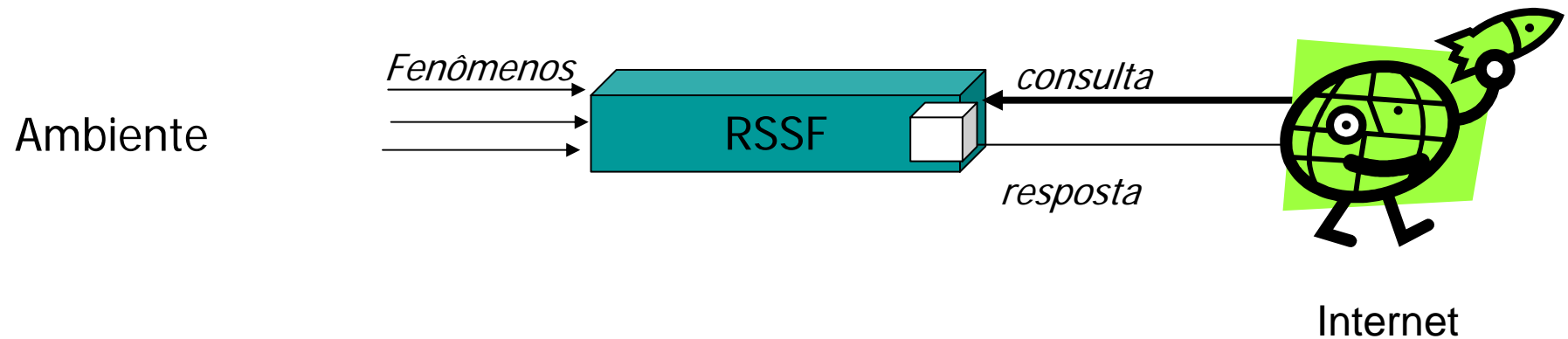
# Rede de Sensores sem Fio

- Uma RSSF trocar dados/informações com outras RSSFs



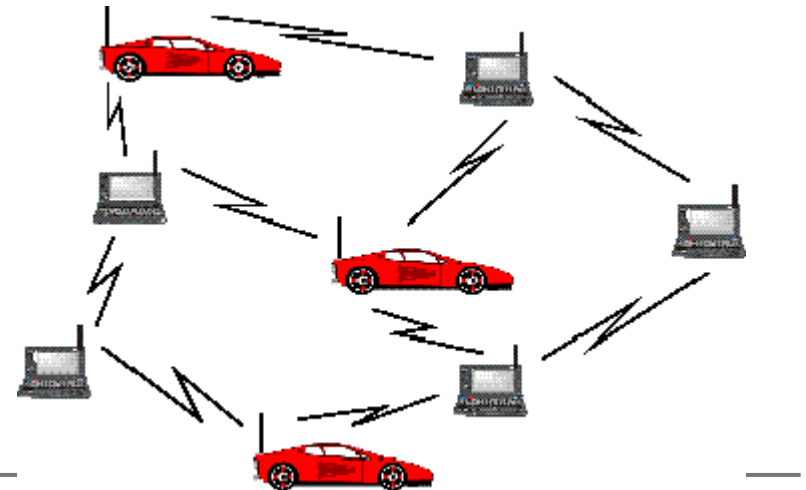
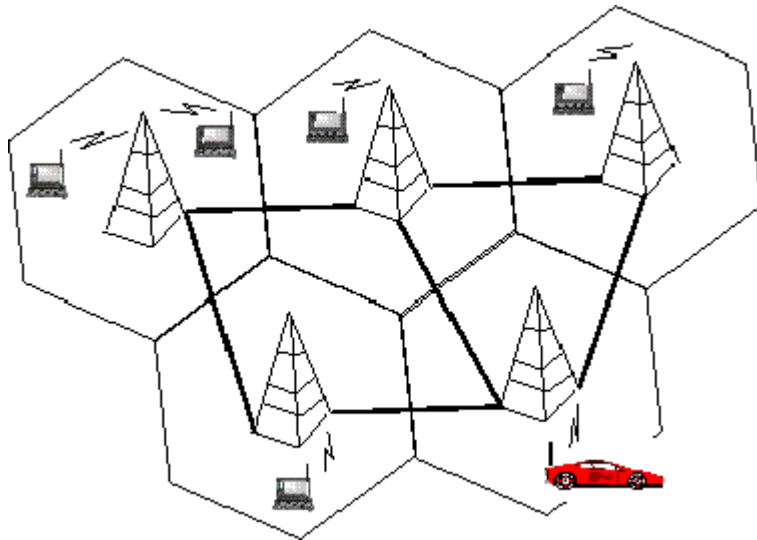
# Rede de Sensores sem Fio

- Uma RSSF trocar dados/informações com outras redes



# Características

- ❑ Representam uma ligação entre o mundo físico e a Internet
- ❑ Tipo especial de MANET (Mobile Ad hoc Network)



# Características: comuns

- ❑ Compartilham muitos dos desafios encontrados em redes sem fio tradicionais, entre eles:
  - limitação de energia
  - restrição de largura de banda
  - utilização de canais, que geralmente, apresentam uma elevada taxa de erros.

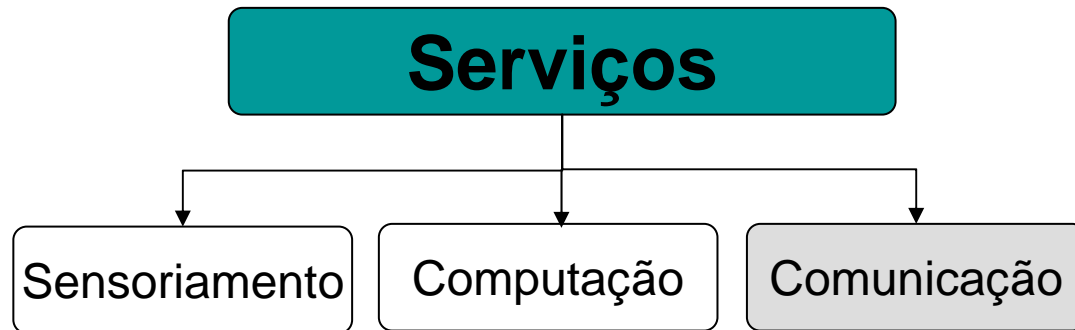
# Tarefas Típicas de uma RSSF

- ❑ Determinar o valor de algum parâmetro num dado local
- ❑ Detectar a ocorrência de eventos de interesse
- ❑ Estimar valores de parâmetros em função do evento detectado
- ❑ Classificar um objeto detectado
- ❑ Rastrear um objeto



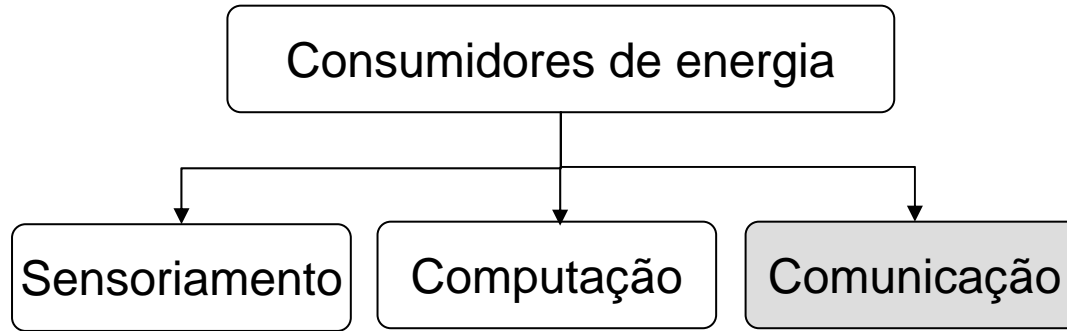
# Redes de Sensores Sem Fio

## Principais tipos de serviços



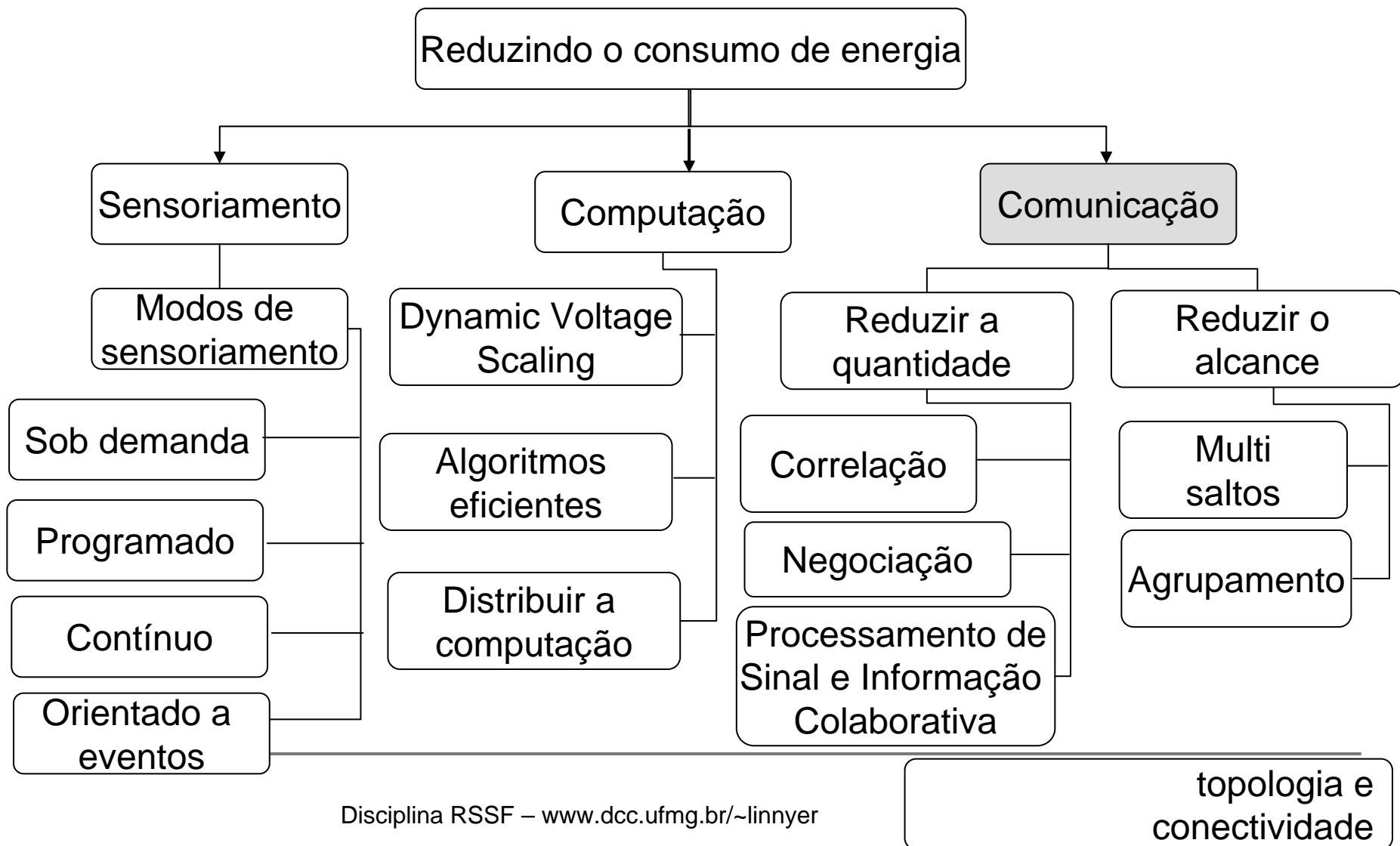
# Redes de Sensores Sem Fio

As RSSFs apresentam restrições severas de energia

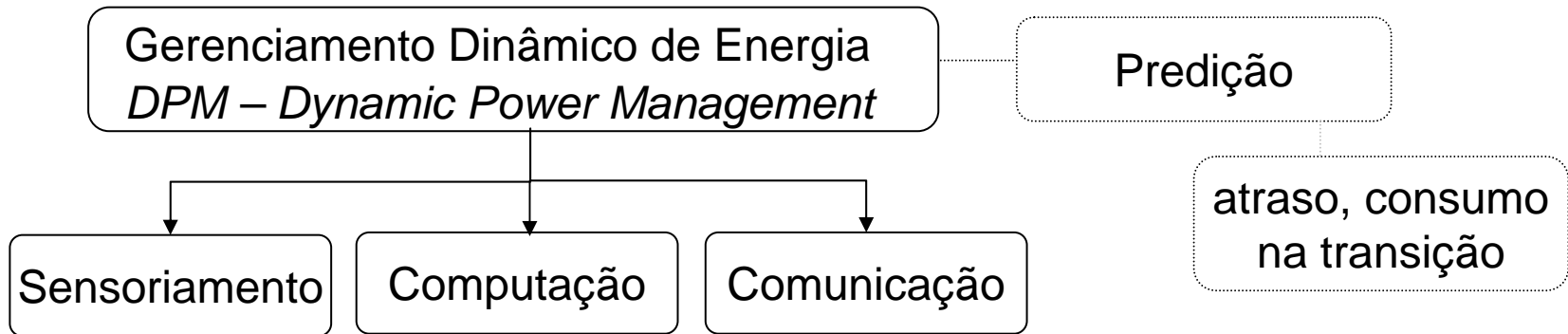


- Hardware
  - Projeto *ultra-low power*
- Software
  - Operação eficiente em energia
- **As RSSFs são dependentes da aplicação**

# Redes de Sensores Sem Fio



# Nós Sensores Sem Fio



Estado do nó	MCU	Sensor	Radio
Transmitindo	Ativo	Ligado	TX
Recebendo	Ativo	Ligado	RX
Pronto	Idle	Ligado	RX
Observando	dormindo	Ligado	Rx
Dormindo	dormindo	Ligado	Desligado
Desligado	Desligado	Desligado	Desligado

↑  
Consumo de energia

# Nós Sensores Sem Fio

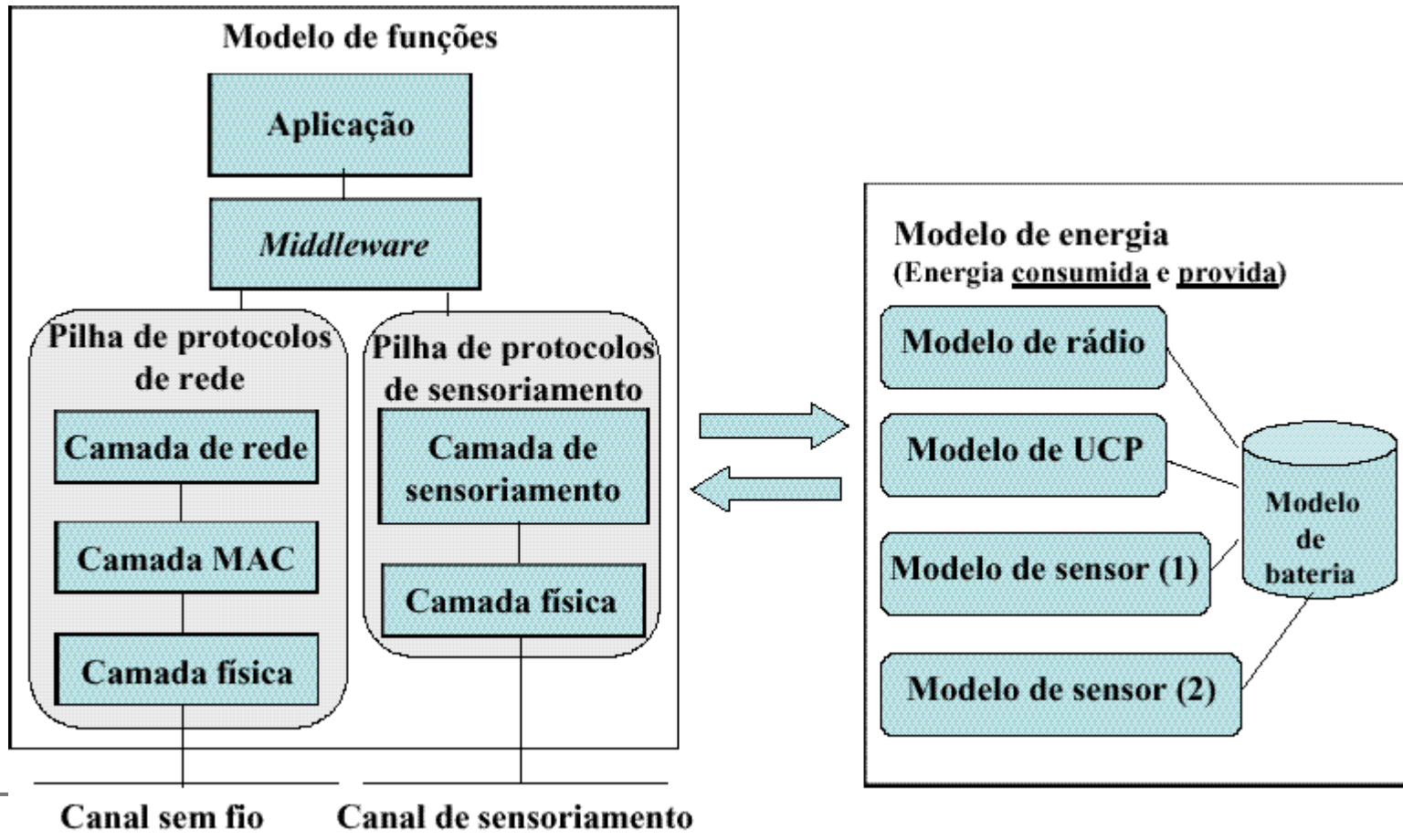
## ❑ Projeto de nós sensores *ultra-low power* e SO

Nó	Grupo	Rádio	Microcontrolador	SO
WINS	UCLA	Connexant RDSSS9M	StrongARM SA-1100	microC/OS-II
μAMPS	MIT	LMX3162	StrongARM SA-1100	Red Hat eCos
Mica 2 Mote	Berkeley	CC1000	ATMEGA128L	TinyOs
BEAN	UFMG	CC1000	MSP430F169	YATOS

Chipcom, modulação FSK, 300m  
**Diferentes modos de operação**

16-bit, 8 MIPS, Texas Instruments  
**Diferentes modos de operação**

# Características: produtor X consumidor





# Características: métricas

- ❑ Métricas importantes:
  - Longevidade/Consumo de Energia
  - Precisão
  - Latência - prazo de validade da info
  - Tolerância a Falhas
  - Escalabilidade
  - Perda de nós (nós órfãos)

# Características: ambiente

- ❑ Operam em ambientes inóspitos
- ❑ Os nós podem ser colocados estrategicamente em um determinado local ou jogados em áreas remotas
- ❑ Tipicamente irão possuir centenas ou milhares de nós
- ❑ Tipicamente seus nós apresentam um alto grau de cooperação

# Características: topologia

---

- ❑ Nós podem ser estacionários ou não
- ❑ Alguns nós podem ficar inacessíveis por falta de energia, devido a algum evento destrutivo ou problemas ambientais
- ❑ A falha não é exceção mas ocorrência normal na rede

# Características

- ❑ Não é um rede tipicamente fim-a-fim
- ❑ A função de uma RSSF é reportar o fenômeno de interesse ao observador, sem que este precise definir ou conhecer os nós que irão participar da comunicação

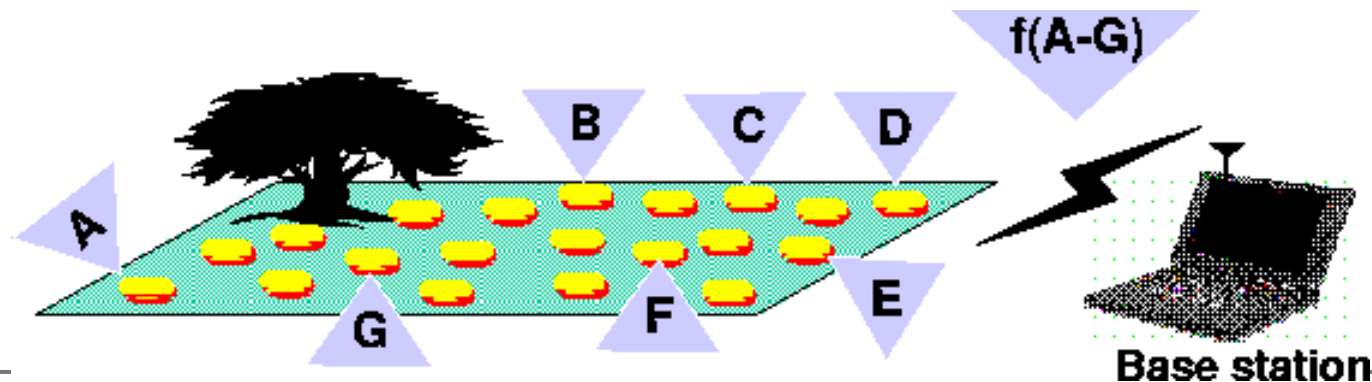
# Características: redundância

---

- ❑ A redundância de hardware é uma alternativa às características de falhas dos nós
- ❑ A redundância da informação deve ser tratada em função da alta densidade dos nós

# Características: correlação

- ❑ Capacidade de uma RSSF de agregar ou sumarizar dados coletados pelos sensores
- ❑ Objetivo é reduzir o número de msgs que precisam ser transmitidas pela rede.





# Características: mobilidade

- ❑ Indica se os sensores podem se mover ou não em relação ao sistema em que estão coletando dados
- ❑ Exemplos:
  - Sensores colocados numa floresta para coletar dados de umidade e temperatura são tipicamente estáticos
  - Sensores colocados na superfície de um oceano para medir o nível de poluição da água são móveis

# Características: validade dos dados

- ❑ Indica se os dados coletados pelos sensores têm algum tipo de restrição:
  - Intervalo de tempo máximo para disseminação de seus valores para uma dada entidade de supervisão
- ➔ Problema relacionado com a QoS

# Características: tamanho

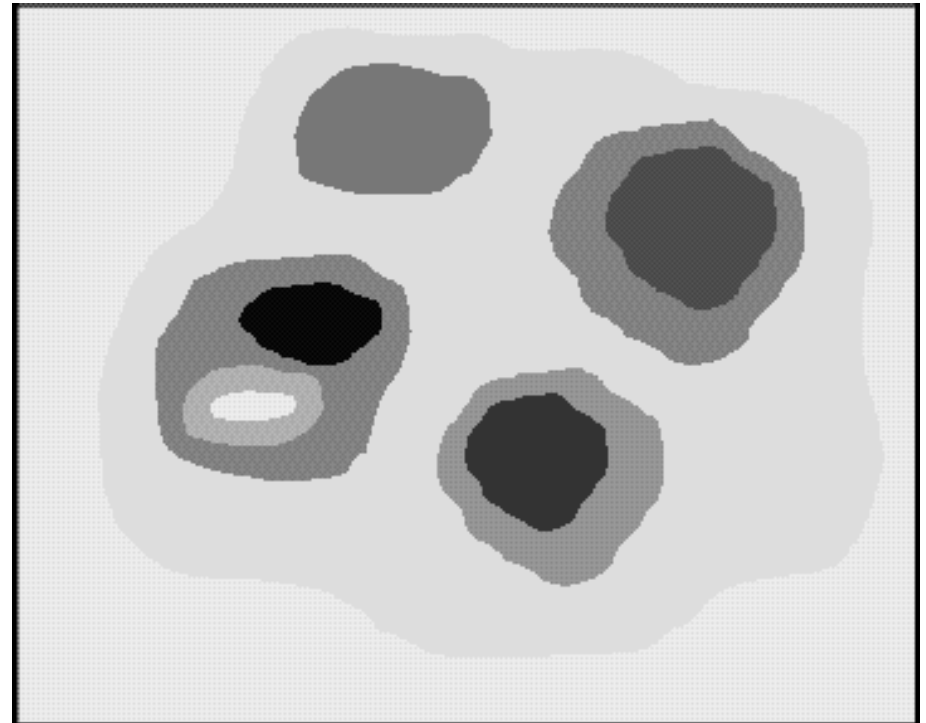
- ❑ Redes contendo de 10 a  $10^5/10^6$  sensores são previstas para aplicações ambientais como monitoramento em oceanos e florestas
- ❑ Problemas decorrentes:
  - Escalabilidade
  - Identificação dos nodos
  - Agregação dos dados

# Características: manutenção

- ❑ Manutenção de sensores não é a regra
- ❑ Tempo de vida de um sensor depende da quantidade de energia disponível
- ❑ Solução (aplicações + SW + HW) não pode ser escolhida considerando apenas “elegância” e capacidade
- ❑ Fator decisivo é a quantidade de energia consumida
- ❑ Solução deve considerar:
  - Modelo de energia
  - Mapa de energia

# Características: energia

- ❑ Modelo de energia representa:
  - Recurso físico, modelo de função
- ❑ Resultado:
  - Mapa de energia
- ❑ Conseqüência:
  - É possível “escalonar” o que pode ser feito



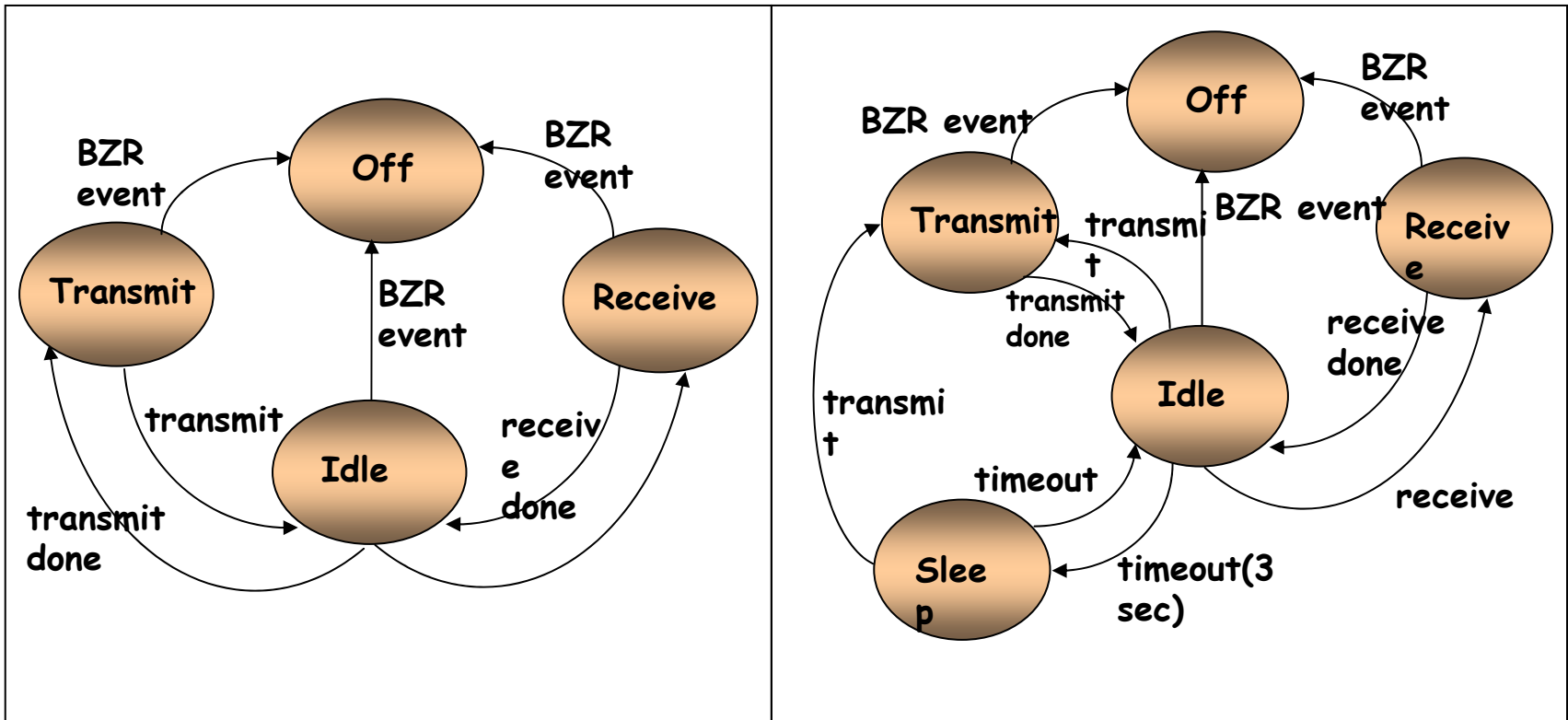
# Características: auto-organização

- ❑ Sensores podem:
  - ser perdidos (destruição física, falta de energia)
  - ficar incomunicáveis (problemas no canal, decisão de um algoritmo de gerenciamento da rede)
  - se tornar ativos ou serem incorporados à rede
- ❑ É necessário haver mecanismos de auto-organização:
  - forma automática e periódica

# Características: colaboração

- ❑ O objetivo principal de uma RSSF:
  - executar uma tarefa colaborativa que envolve detecção e/ou estimação de eventos
- ❑ A comunicação vem como necessidade para obter esses eventos
- ❑ Aspectos a considerar:
  - Endereçamento dos dados
  - Agregação dos dados
  - Mobilidade dos sensores
  - Restrições dos dados coletados
  - Energia

# Função de gerenciamento de estados do node



**Sem gerenciamento de energia**      **Com gerenciamento de energia**



# Caracterização das RSSFs

## Sensoriamento

Sensoriamento		
Coleta	Periódica	Os nós sensores coletam dados sobre o(s) fenômeno(s) em intervalos regulares. Um exemplo são as aplicações que monitoram o canto dos pássaros. Os sensores farão a coleta durante o dia e permaneceram desligados durante a noite.
	Contínua	Os nós sensores coletam os dados continuamente. Um exemplo são as aplicações de exploração interplanetária que coletam dados continuamente para a formação de base de dados para pesquisas.
	Reativa	Os nós sensores coletam dados quando ocorrem eventos de interesse ou quando solicitado pelo observador. Um exemplo são as aplicações que detectam a presença de objetos na área monitorada.
	Tempo Real	Os nós sensores coletam a maior quantidade de dados possível no menor intervalo de tempo. Um exemplo são aplicações que envolvem risco para vidas humanas tais como aplicações em escombros ou áreas de desastres. Um outro exemplo são as aplicações militares onde o dado coletado é importante na tomada de decisão e definição de estratégias.

**Tabela 4.2: Caracterização das Redes de Sensores Sem Fio segundo o sensoriamento.**

# Caracterização das RSSFs

Configuração		
Composição	Homogênea	Rede composta de nós que apresentam a mesma capacidade de hardware. Eventualmente os nós podem executar software diferente.
	Heterogênea	Rede composta por nós com diferentes capacidades de hardware.
Organização	Hierárquica	RSSF em que os nós estão organizados em grupos ( <i>clusters</i> ). Cada grupo terá um líder ( <i>cluster-head</i> ) que poderá ser eleito pelos nós comuns. Os grupos podem organizar hierarquias entre si.
	Plana	Rede em que os nós não estão organizados em grupos
Mobilidade	Estacionária	Todos os nós sensores permanecem no local onde foram depositados durante todo o tempo de vida da rede.
	Móvel	Rede em que os nós sensores podem ser deslocados do local onde inicialmente foram depositados.
Densidade	Balanceda	Rede que apresenta uma concentração e distribuição de nós por unidade de área considerada ideal segundo a função objetivo da rede.
	Densa	Rede que apresenta uma alta concentração de nós por unidade de área.
	Esparsa	Rede que apresenta uma baixa concentração de nós por unidade de área.
Distribuição	Irregular	Rede que apresenta uma distribuição não uniforme dos nós na área monitorada.
	Regular	Rede que apresenta uma distribuição uniforme de nós sobre a área monitorada

Tabela 4.1: Caracterização das Redes de Sensores Sem Fio segundo a configuração.

# Caracterização das RSSFs

Classificação segundo a Comunicação		
<b>Disseminação</b>	Programada	Os nós disseminam em intervalos regulares.
	Contínua	Os nós disseminam os dados continuamente.
	Sob Demanda	Os nós disseminam os dados em resposta à consulta do observador e à ocorrência de eventos.
<b>Tipo Conexão</b>	Simétrica	Todas as conexões existentes entre os nós sensores, com exceção do nó sorvedouro têm o mesmo alcance.
	Assimétrica	As conexões entre os nós comuns têm alcance diferente.
<b>Transmissão</b>	Simplex	Os nós sensores possuem transceptor que permite apenas transmissão da informação.
	Half-duplex	Os nós sensores possuem transceptor que permite transmitir ou receber em um determinado instante.
	Full-duplex	Os nós sensores possuem transceptor que permite transmitir ou receber dados ao mesmo tempo.

**Tabela 4.3: Caracterização das Redes de Sensores Sem Fio segundo a comunicação (Parte A).**

# Caracterização das RSSFs

Classificação segundo a Comunicação		
Alocação de Canal	Estática	Neste tipo de rede se existirem “n” nós, a largura de banda é dividida em “n” partes iguais na frequência (FDMA – <i>Frequency Division Multiple Access</i> ), no tempo (TDMA – <i>Time Division Multiple Access</i> ), no código (CDMA – <i>Code Division Multiple Access</i> ), no espaço (SDMA – <i>Space Division Multiple Access</i> ) ou ortogonal (OFDM – <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i> ). A cada nó é atribuída uma parte privada da comunicação, minimizando interferência.
	Dinâmica	Neste tipo de rede não existe atribuição fixa de largura de banda. Os nós disputam o canal para comunicação dos dados.
Fluxo de Informação	<i>Flooding</i>	Neste tipo de rede, os nós sensores fazem <i>broadcast</i> de suas informações para seus vizinhos que fazem <i>broadcast</i> desses dados para outros até alcançar o ponto de acesso. Esta abordagem promove um alto <i>overhead</i> mas está imune às mudanças dinâmicas de topologia e a alguns ataques de impedimento de serviço (DoS – <i>Denial of Service</i> ).
	<i>Multicast</i>	Neste tipo de rede os nós formam grupos e usam o <i>multicast</i> para comunicação entre os membros do grupo.
	<i>Unicast</i>	Neste tipo de rede, os nós sensores podem se comunicar diretamente com o ponto de acesso usando protocolos de roteamento multi-saltos.
	<i>Gossiping</i>	Neste tipo de rede, os nós sensores selecionam os nós para os quais enviam os dados.
	<i>Bargaining</i>	Neste tipo de rede, os nós enviam os dados somente se o nó destino manifestar interesse, isto é, existe um processo de negociação.

Tabela 4.4: Caracterização das Redes de Sensores Sem Fio segundo a comunicação (Parte B).

# Caracterização das RSSFs

Classificação segundo o Processamento		
Cooperação	Infra-estrutura	Os nós sensores executam procedimentos relacionados à infra-estrutura da rede como por exemplo, algoritmos de controle de acesso ao meio, roteamento, eleição de líderes, descoberta de localização e criptografia.
	Localizada	Os nós sensores executam além dos procedimentos de infra-estrutura, algum tipo de processamento local básico como por exemplo, tradução dos dados coletado pelos sensores baseado na calibração.
	Correlação	Os nós estão envolvidos em procedimentos de correlação de dados como fusão, supressão seletiva, contagem, compressão, multi-resolução e agregação.

**Tabela 4.5: Caracterização das Redes de Sensores Sem Fio segundo o processamento**