



Universidade Federal do ABC

**INF-111**

# **Redes Sem Fio**

**Aula 08**

**Redes de Sensores Sem Fio**

**Prof. João Henrique Kleinschmidt**

Santo André, março de 2016

# Roteiro

- **Introdução**
- **Aplicações**
- **Características**
- **Nó sensor**
- **Protocolos**

# Introdução

- Redes de Sensores Sem Fio (RSSF)
- Têm sido viabilizadas pela rápida convergência
  - Microeletrônica
  - Comunicação sem fio
  - Micro sistemas eletro-mecânicos(MEMS)
- Considerada como uma vertente da computação ubíqua. Um tipo especial de rede ad hoc que impõe novos desafios e oportunidades de pesquisa
- O objetivo de uma RSSF é monitorar e eventualmente controlar um ambiente

# Introdução

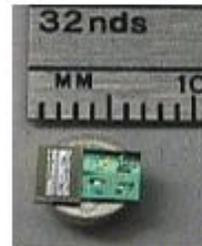
- Formada por elementos computacionais de pequenas dimensões, dotados de sensores, processadores e dispositivos de comunicação sem fio



UC Berkeley: COTS Dust



UC Berkeley: COTS Dust



UC Berkeley: Smart Dust



UCLA: WINS



UC Berkeley: DOT



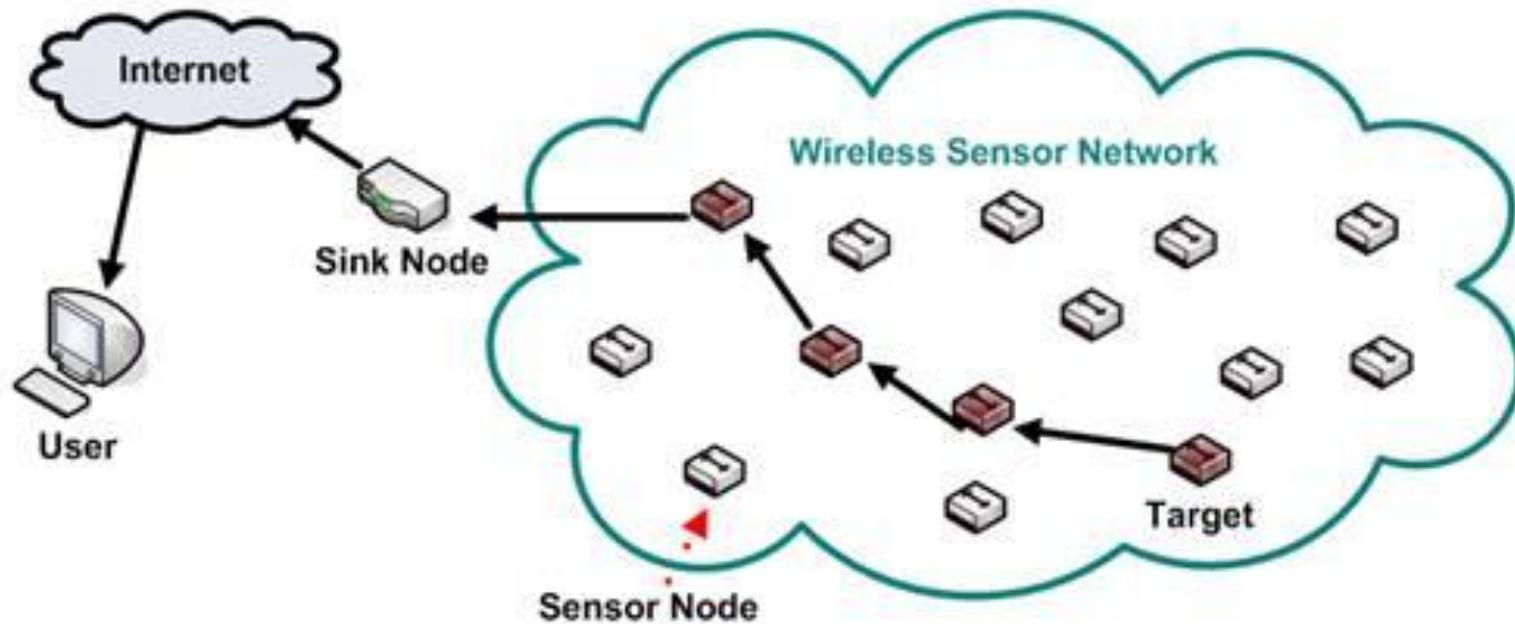
JPL: Sensor Webs



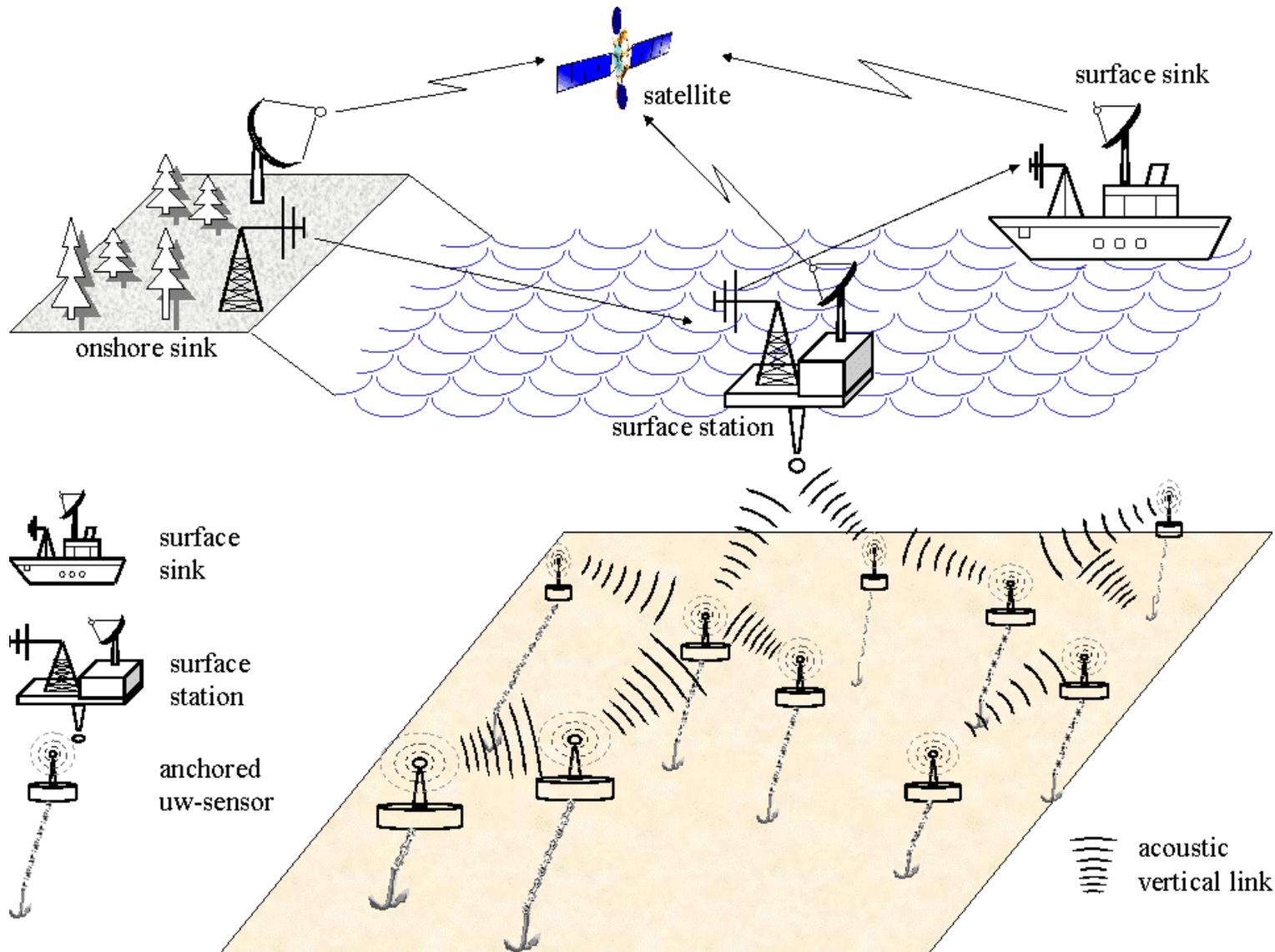
Mica2 Mote

# Arquitetura - Redes de sensores

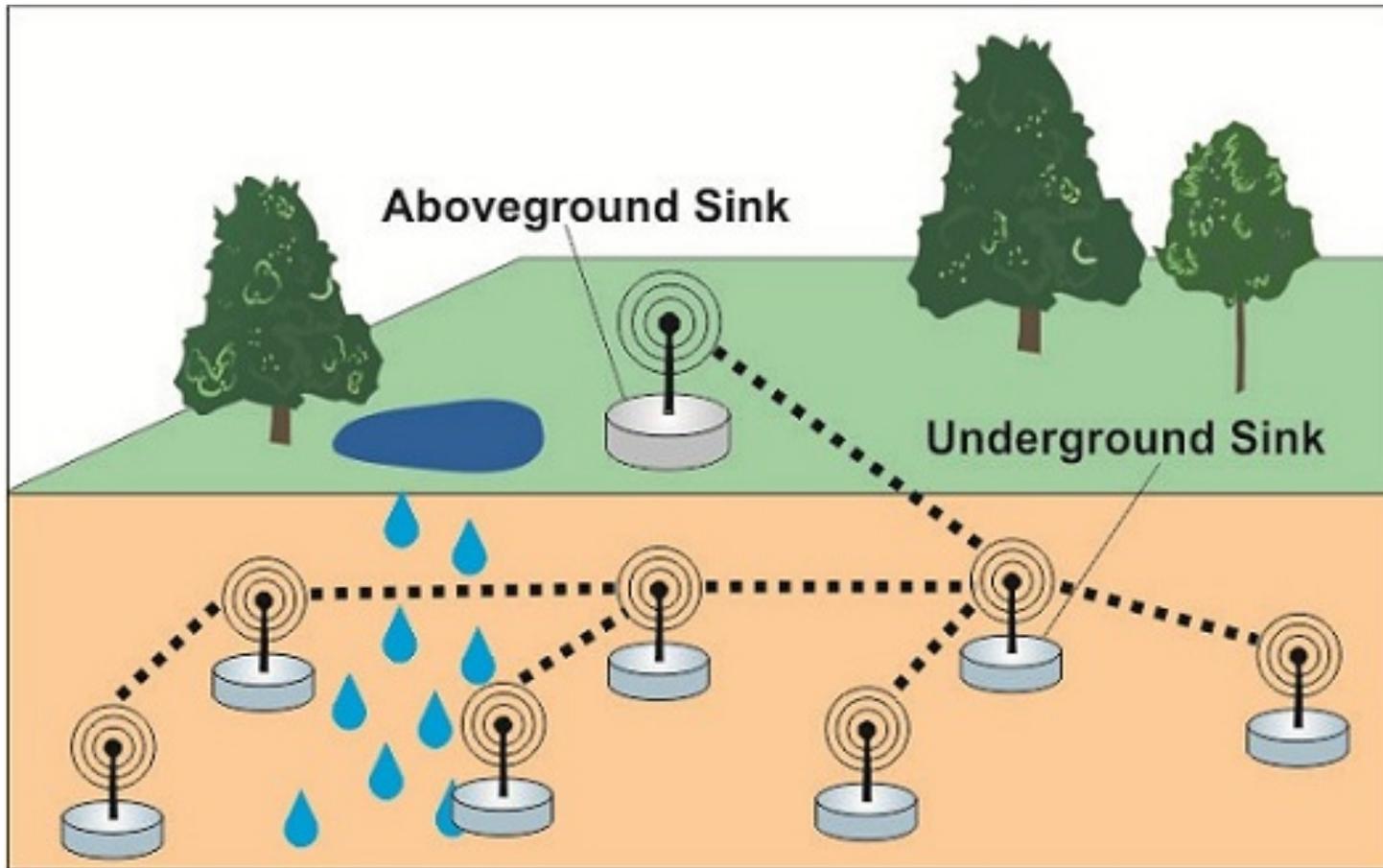
- Nós sensores
- Estação base (sorvedouro, coletor, ponto de acesso...)



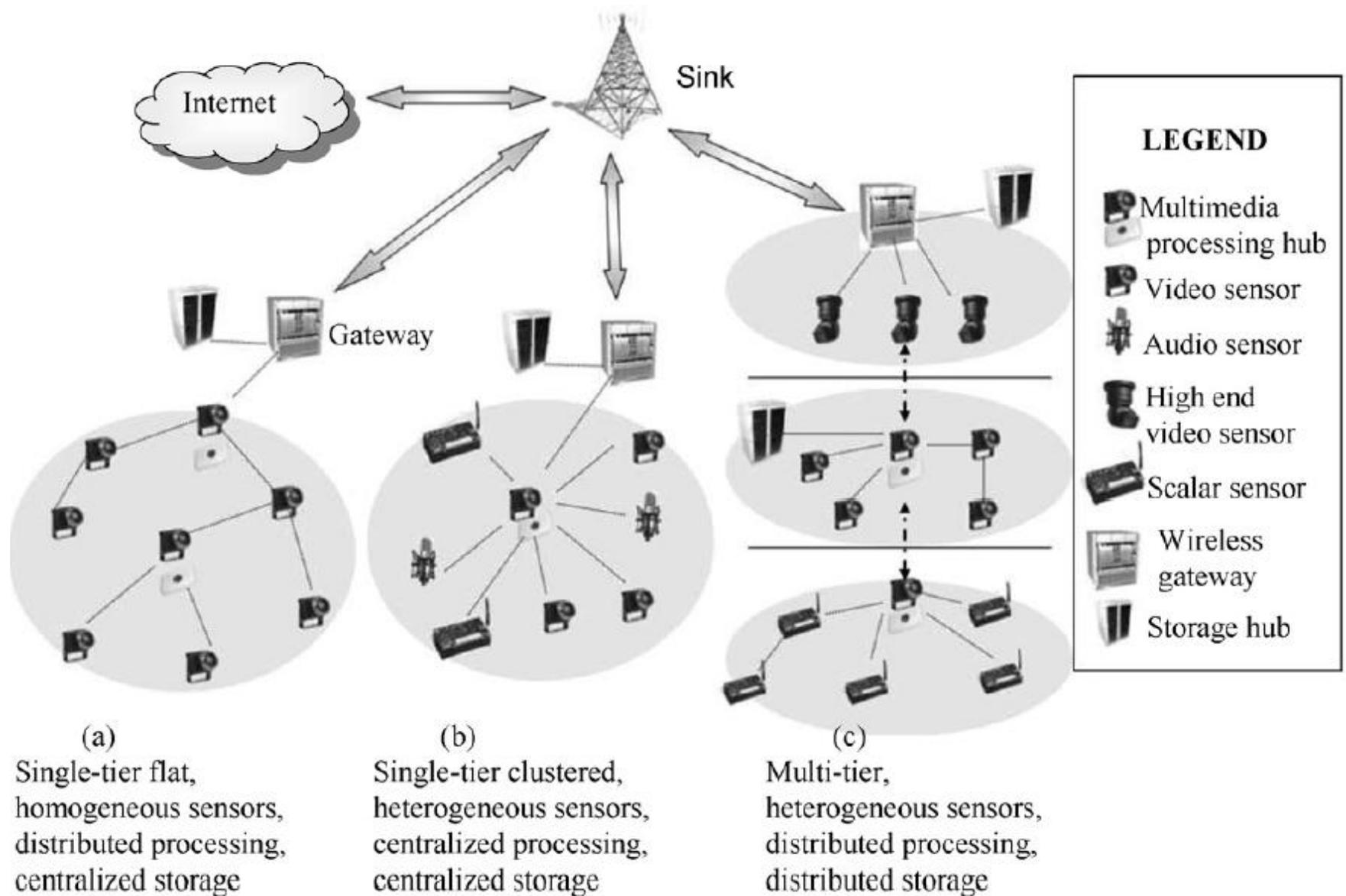
# Redes de sensores subacuáticas



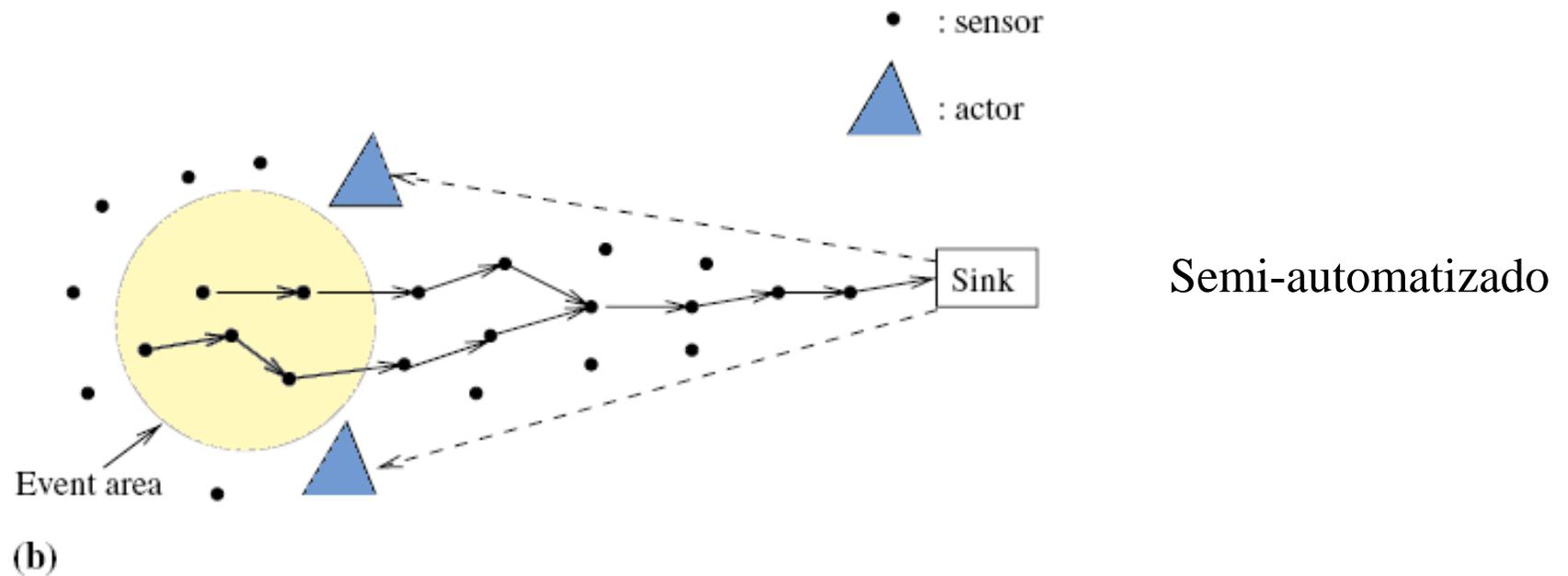
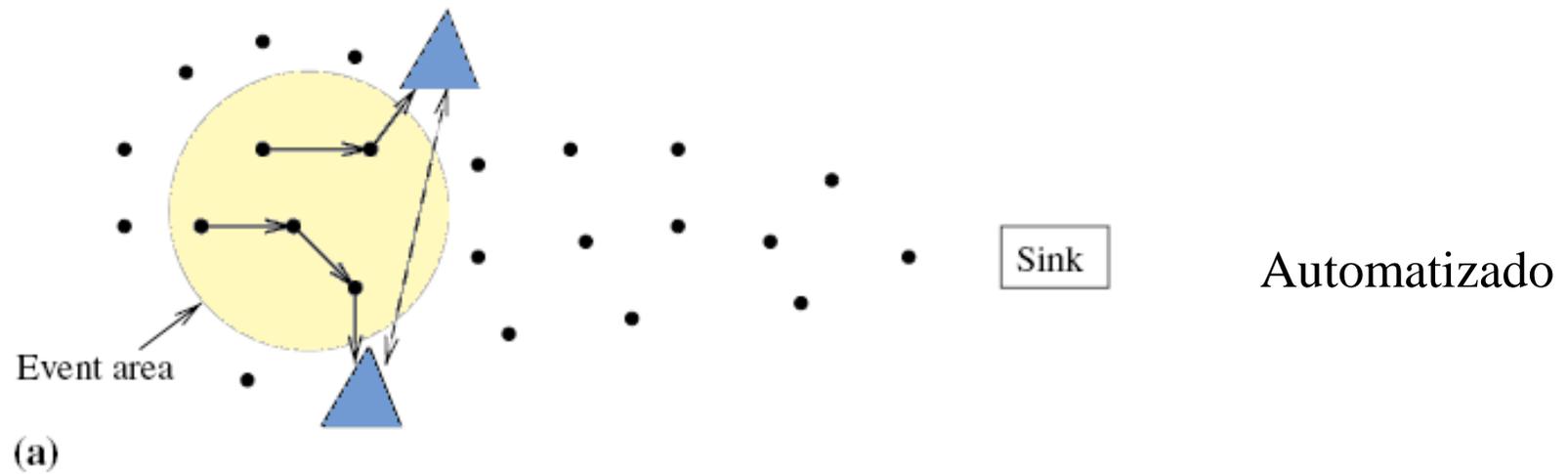
# Redes de sensores subterrâneas



# Redes de sensores multimídia



# Redes de sensores e atuadores



# Características

RSSF com nós sensores



RSSF com nós sensores e atuadores



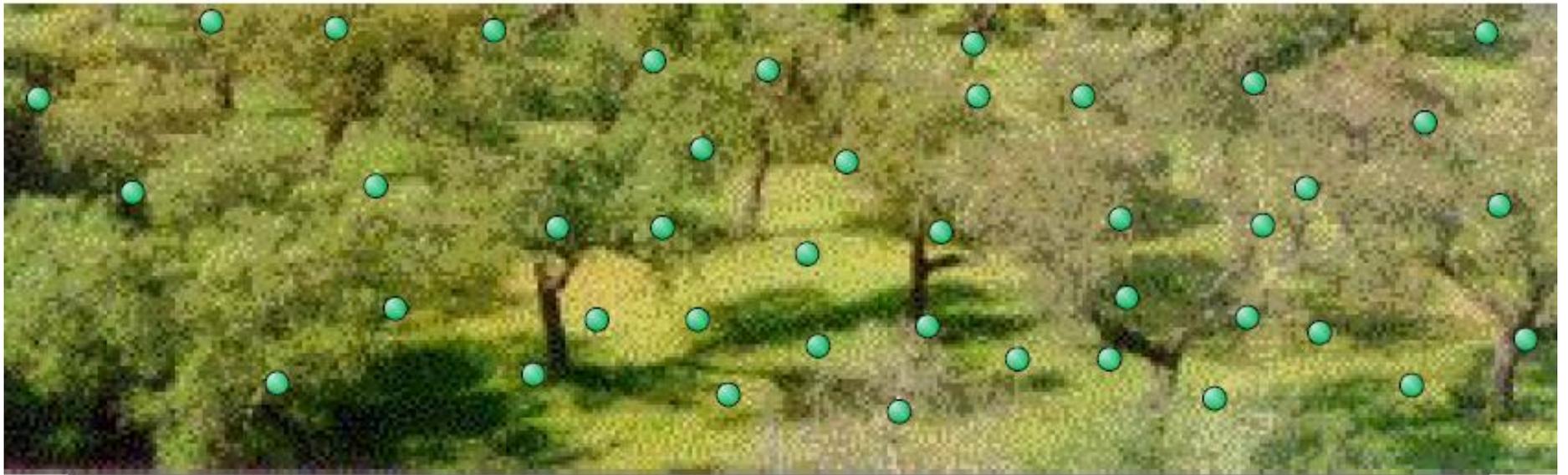
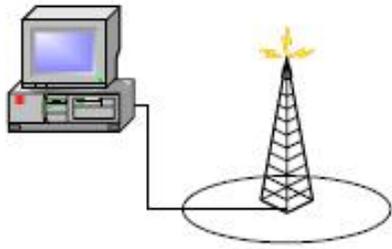
RSSF pode responder a consultas do observador



# Aplicações

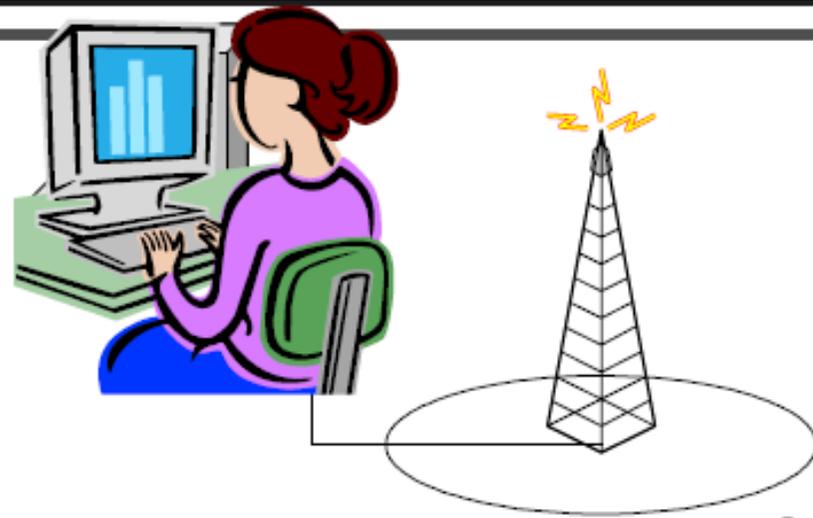
Capaz de registrar o microclima ao  
redor de determinadas áreas.

Computar a vida selvagem.

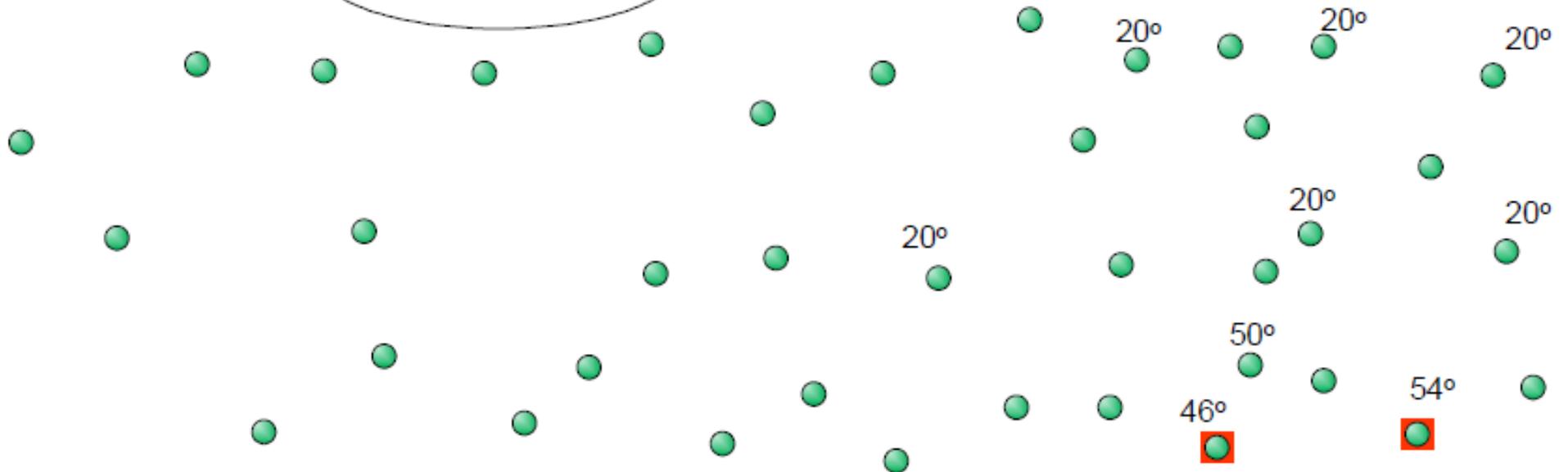


Coleta: temperatura, radiação, CO, umidade,  
atividade eólica...

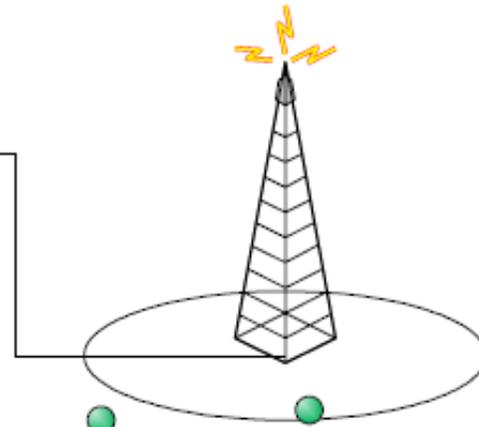
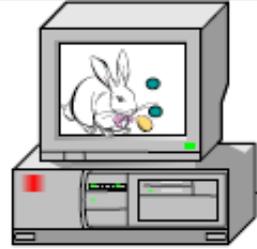
# Aplicações



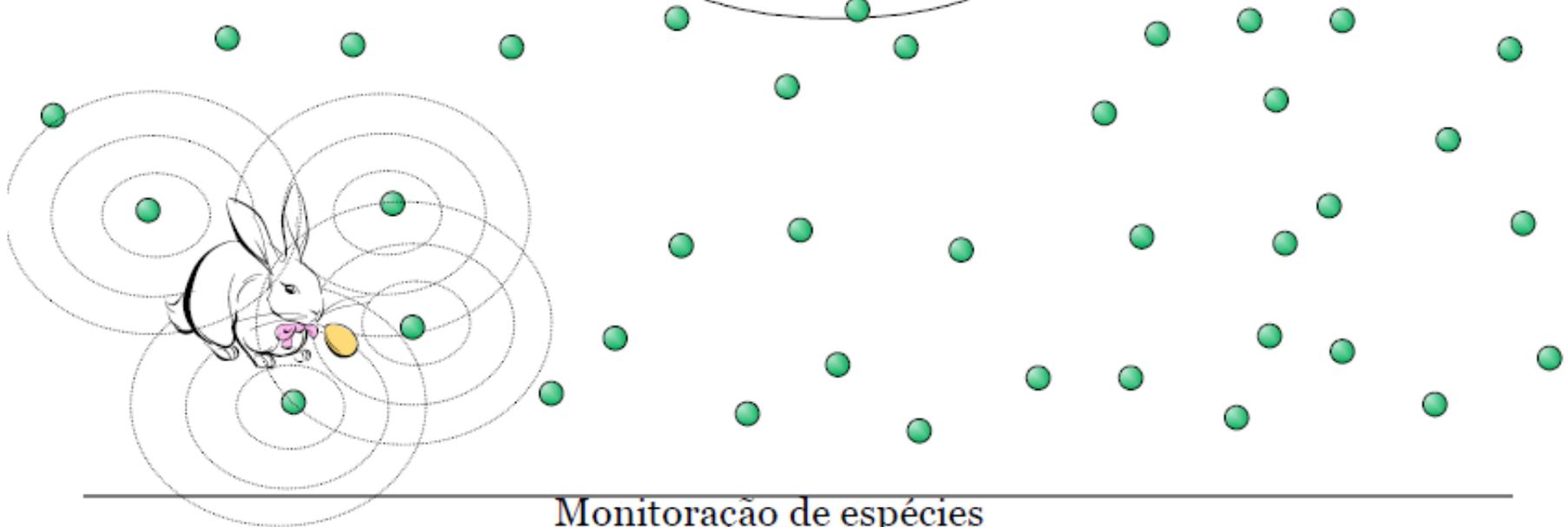
Detecção e prevenção de incêndio.  
Prevenção à desmatamento e invasões.



# Aplicações



Auxiliar biólogos e ecólogos a entender o comportamento da fauna e flora de determinada região.



Monitoração de espécies

Coleta: áudio, movimento, rastreamento

# Exemplo real

## Great Duck Island



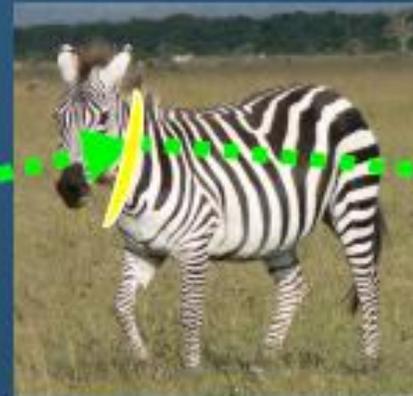
UC Berkeley/College  
of the Atlantic



- 150 sensing nodes deployed throughout the island relay data (temperature, pressure, humidity, ...) to a central device.
- Data are made available on the Internet through a satellite link.

# Exemplo real

*Zebranet*: a WSN to study the behavior of zebras

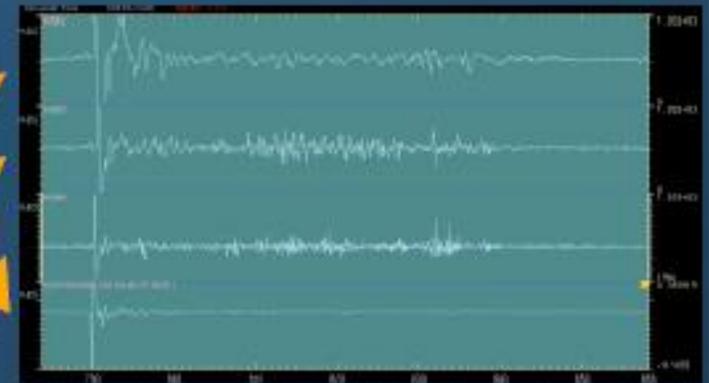
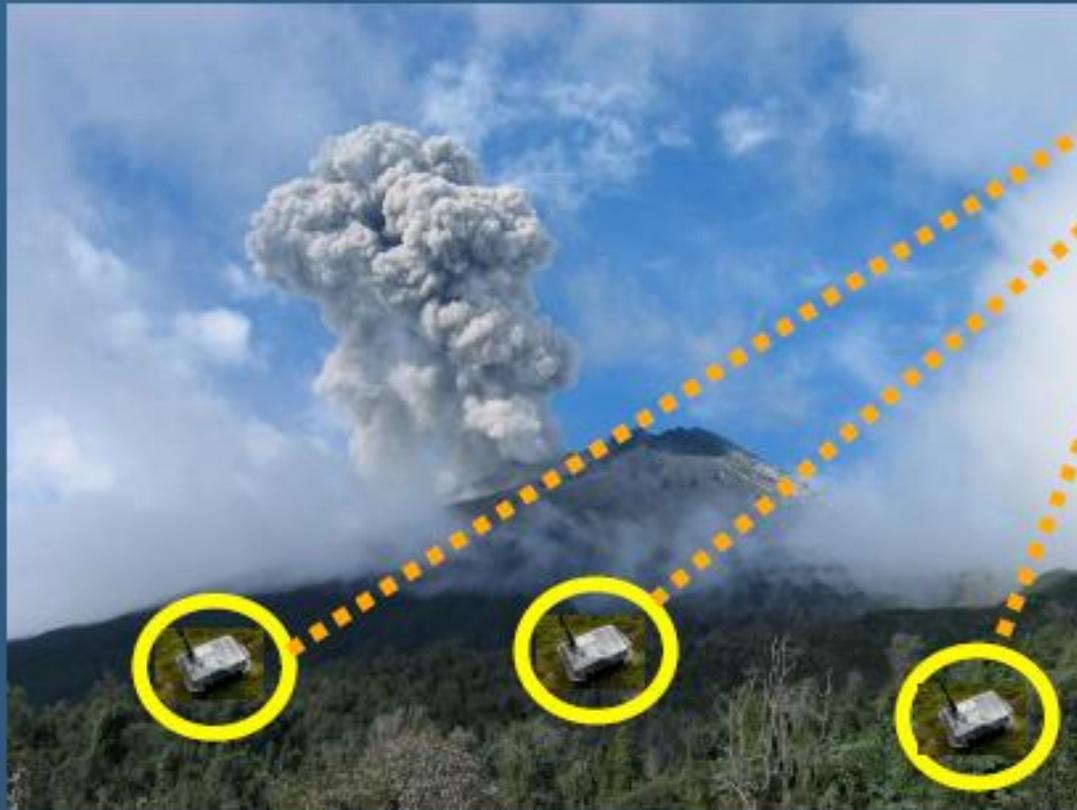


Princeton University

- Special GPS-equipped collars are attached to zebras
- Data exchanged with peer-to-peer info swaps
- Coming across a few zebras gives access to the data

# Exemplo real

## Volcano Monitoring in Ecuador



Phenomena whose monitoring discourages human presence are best observed with WSNs.

Harvard, Univ. of New Hampshire, Univ. of NC

# Exemplos



- Fábrica de semicondutores da Intel



- Resposta ao vento da Ponte Golden Gate, São Francisco, EUA

# Aplicações



Monitoração Ruído e Tráfego



Monitorando a Qualidade do Ar em área urbanas

# Aplicações

- Agricultura de precisão
- Monitoração de infraestrutura (pontes, plataformas de petróleo, etc)
- Militares
- Medicina
- Robótica
- Interplanetárias
- Cidades Inteligentes
- Outras

# Nó Estação base

- Em RSSFs é geralmente chamado de coletor ou sorvedouro (ponto de acesso, gateway, etc)
- Em comparação com um nó sensor:
  - Maior tamanho, capacidade de processamento e armazenamento
  - Maior alcance de transmissão
  - Energia fornecida por bateria de maior capacidade ou rede elétrica
  - Geralmente estacionária
  - Às vezes móveis (ex: drones)

# Dispositivos de Sensoriamento

Poucos, grandes, caros

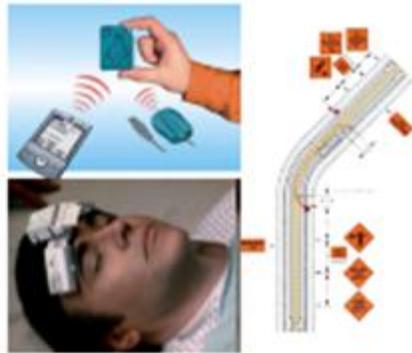
Poderosos em sensoriamento e interfaces de comunicação

Muitos, pequenos, baratos

Pouca capacidade de sensoriamento e interfaces de comunicação limitadas



Satélites



*Data loggers,*  
Controladores de tráfego,  
Sensores médicos

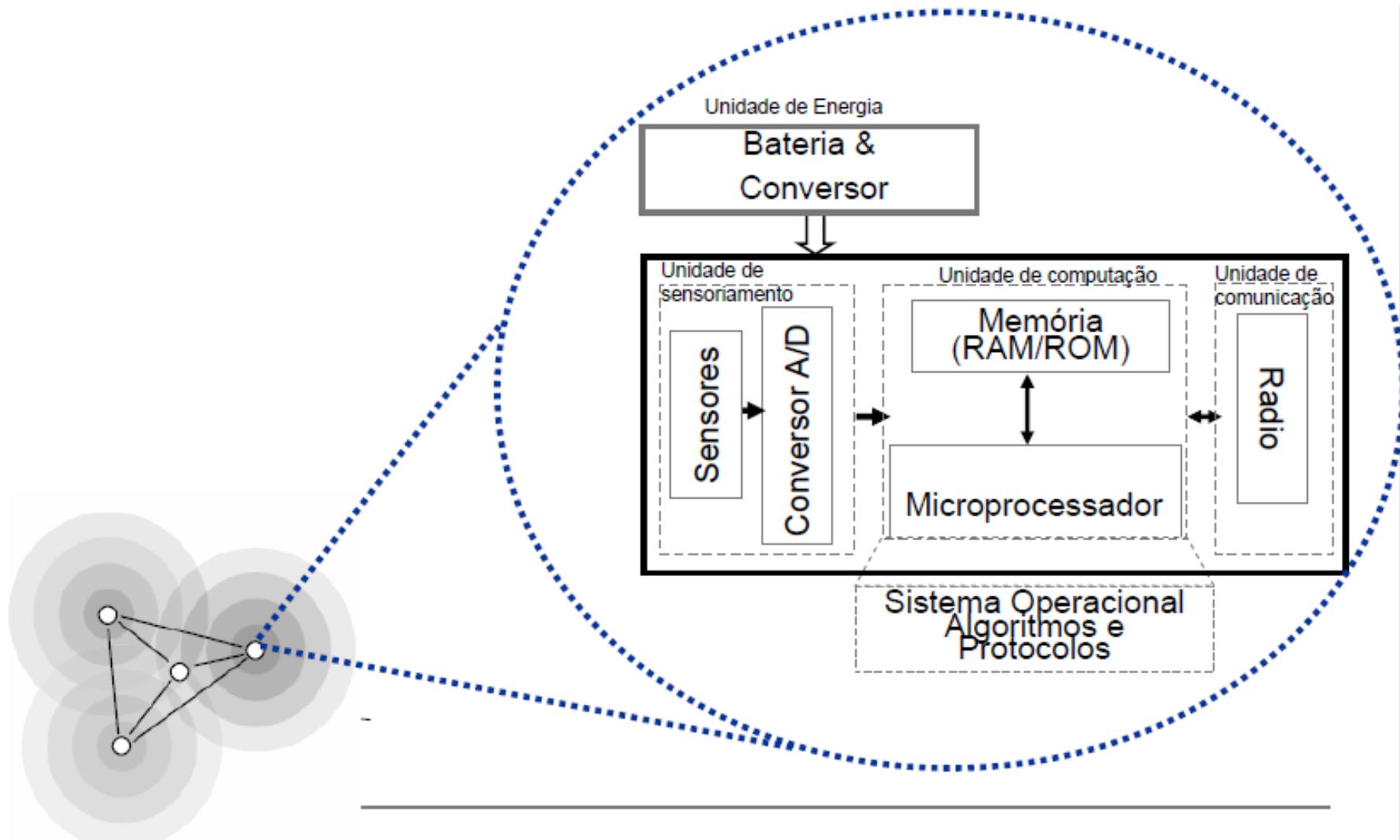


RSSFs

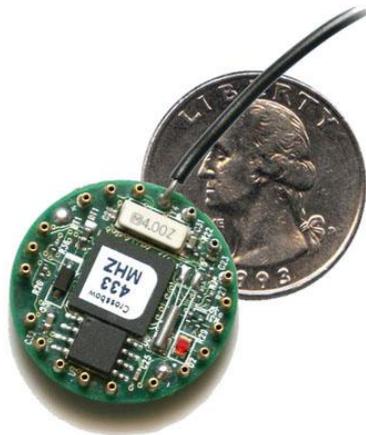
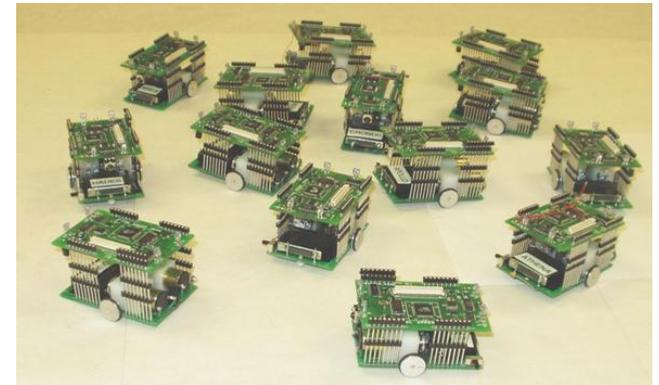
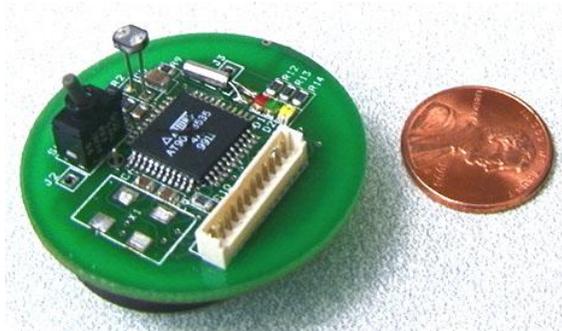


Etiquetas RFID

# Arquitetura de um Nó Sensor (mote)



# Nós sensores (motes) – estáticos ou móveis



# Hardware

 <p>A small green microchip is shown next to a ruler for scale. The ruler has markings for millimeters and centimeters. The text "32 nds" is visible at the top of the ruler.</p>	 <p>Two images: on the left, a hand holds a small, round, metallic object; on the right, an open blue case reveals internal electronic components and a small antenna.</p>	 <p>Three circular green printed circuit boards (PCBs) are shown, each with various electronic components.</p>
<p><b>Smart Dust</b> (Universidade de Berkeley)</p>	<p><b>WINS</b> (UCLA)</p>	<p><b>Mica2Dot</b> (Universidade de Berkeley)</p>
 <p>A green printed circuit board (PCB) with various electronic components, including a microcontroller, capacitors, and connectors.</p>	 <p>A hand holds a green PCB with a microcontroller and other components, showing its compact size.</p>	 <p>A green PCB with several yellow capacitors and other components, mounted on a black base.</p>
<p><b>BEAN</b> (Universidade Federal de Minas Gerais)</p>	<p><b>EYES</b> (Universidade de Twente)</p>	<p><b>uAMPS</b> (MIT)</p>
 <p>A green PCB with a microcontroller and other components, shown in a perspective view.</p>	 <p>A hand holds a green PCB with a microcontroller and other components, showing its compact size.</p>	 <p>A green PCB with a microcontroller and other components, shown in a perspective view.</p>
<p><b>Mica Z</b> (Universidade de Berkeley)</p>	<p><b>PicoRadio</b> (Universidade de Berkeley)</p>	<p><b>CodeBlue (TelosB)</b> (Harvard Sensor Network Lab)</p>

- E vários outros fabricantes comerciais (alguns baseados nestes projetos)

# Hardware

- Dispositivos variam:
  - Microcontrolador
  - Frequência de operação do rádio
  - Taxa de transmissão
  - Consumo na transmissão e recepção
  - Consumo por instrução do processador
  - Memória
  - Tipos de sensores
  - Sistema operacional
  - etc

<b>Nó Sensor</b>	<b>Ano</b>	<b>Rádio</b>	<b>Microcontrolador</b>	<b>Memória de programa</b>
<b>Mica</b> [MIC13a]	2001	TR1000	ATmega 103L	512 kB
<b>WINS</b> [WIN01]	2001	Connexant RDSSS9M	StrongARM (SA-1100)	4 MB
<b>Mica2Dot</b> [MIC13b]	2003	CC1000	ATmega128L	128 kB
<b>μAMPS</b> [UAM13]	2004	LMX3162	StrongARM (SA-1100)	512 kB
<b>TelosB</b> [TEL04]	2004	CC2420 (ZigBee)	MSP430F1611	48 kB
<b>IMote1</b> [IMO08]	2005	TC2001 (Bluetooth)	ARM7 TDMI	512 kB
<b>EYES</b> [GEO11]	2005	TR1001	MSP430F149	8 MBit
<b>Tmote Sky</b> [TMO13]	2006	CC2420	MSP430 F1611	1 MB
<b>BTnode3</b> [BTN07]	2006	CC1000	ATMEGA 128L	256 kB
<b>IMote2</b> [NAC08]	2007	CC2420 (ZigBee)	PXA271 XScale	32 MB
<b>Cookies</b> [COO13]	2008	ETRX2 TELEGESIS	MPS430	4kB
<b>Egs</b> [KO_10]	2010	CC2520 (Bluetooth)	ARM Cortex M3	128 kB

# Comparação – Sistemas operacionais para RSSFs

	<b>TinyOS</b> [TIN06]	<b>SOS</b> [HAN05]	<b>MANTIS</b> [BHA05]	<b>Contiki</b> [DUN04]	<b>YATOS</b> [ALM04]	<b>Nano-QPlus</b> [PAR06]	<b>EYES</b> [DUL02]
Programação dinâmica	✓	✓	✓	✓			✓
Escalonamento/ agendamento com prioridades			✓	✓		✓	✓
Módulo de gerenciamento de energia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Multithread</i>			✓	✓		✓	
TCP/IP				✓			
Linguagem de programação	nesC	C	C	C	C	C	C
Modelo de execução	Eventos e Tarefas	Módulos	Tarefas	Tarefas	Eventos e Tarefas	Tarefas	Eventos

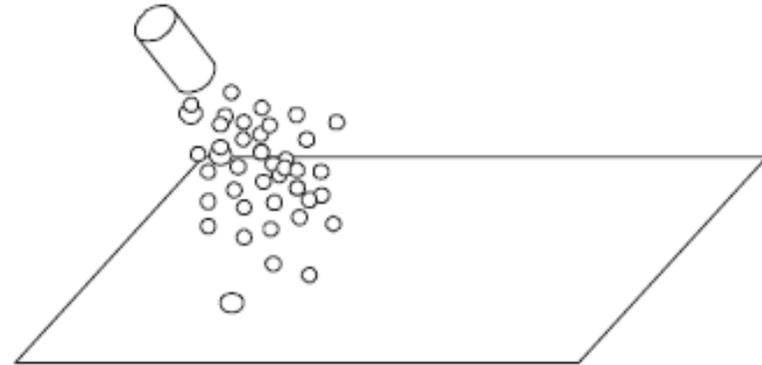
# Sensor - parâmetros

- Na prática o que se espera de um sensor é que sua sensibilidade seja somente devido à grandeza de interesse.
- Porém, nenhuma medição é obtida em circunstâncias ideais e qualquer sensor sofre algum tipo de interferência e perturbação internas, por exemplo, efeitos de temperatura, pressão, interferência eletromagnética.
- Com o avanço tecnológico, várias técnicas de compensação foram desenvolvidas, minimizando estes efeitos.

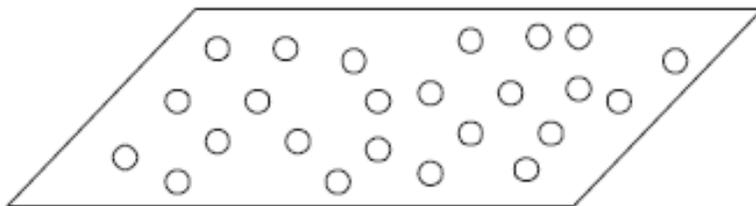
# Estabelecimento da rede



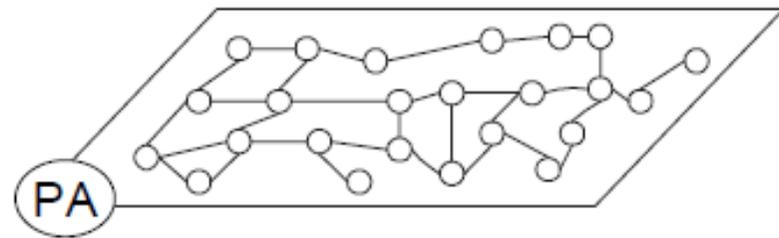
Região de interesse



Deposição dos nós



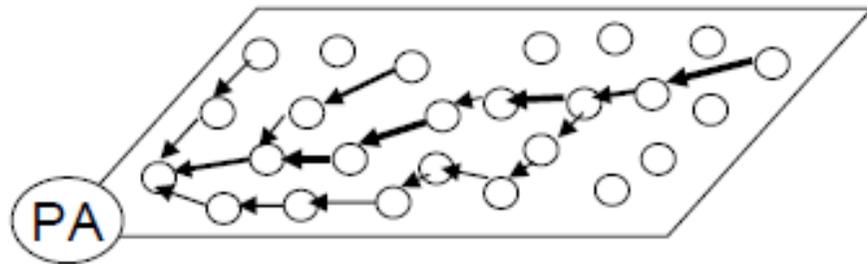
Descoberta de localização geográfica



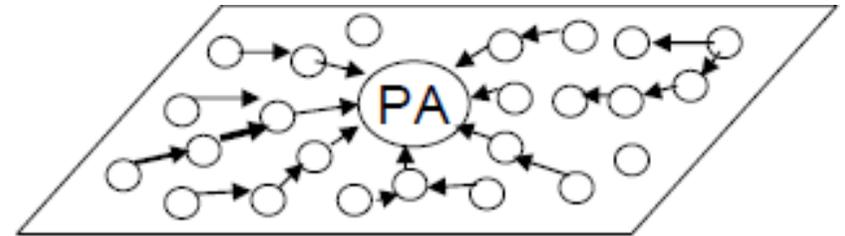
Auto-organização

PA-Ponto de acesso

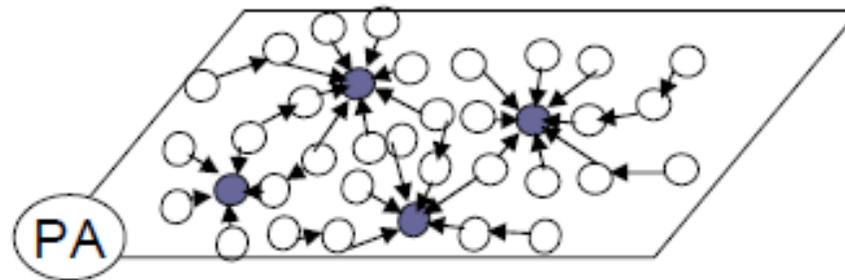
# Comunicação múltiplos saltos



RSSF plana



RSSF plana



RSSF hierárquica

# Características

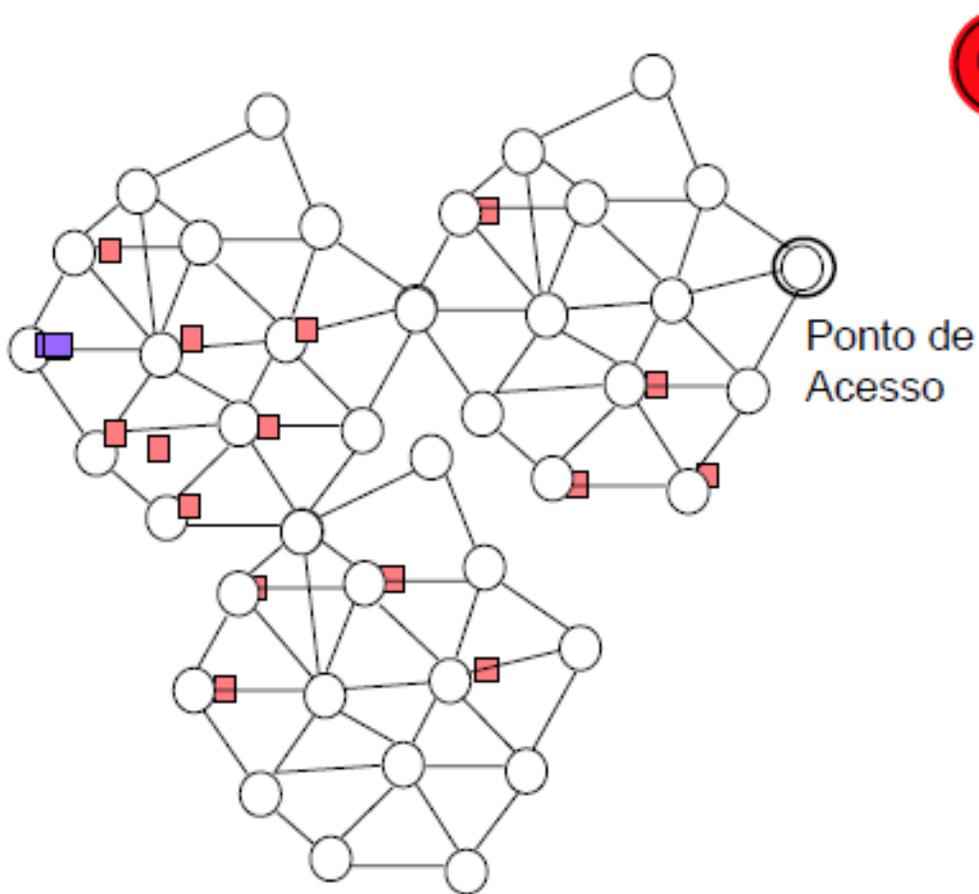
- Sérias restrições de hardware e software
- Falhas não são exceções
- Topologia dinâmica
- Alta densidade de nós
- Tolerância a falhas
- Nós descartáveis
- Nós realizam tarefas colaborativas
- Fluxo de dados é predominantemente unidirecional
  - Nó sensor ->Nó de monitoração
- Tempo de vida (deve ser alto)

# Comparação

<b>Característica</b>	<b>WSN</b>	<b><i>Ad hoc</i> sem fio</b>
Número de nós	Grande (centenas a milhares)	Pequeno a médio
Densidade dos nós	Alta	Relativamente baixa
Redundância de dados	Alta	Baixa
Suprimento de energia	Baterias insubstituíveis	Baterias recarregáveis
Taxa de dados	Baixas (1 a 100 Kps)	Alta
Mobilidade dos nós	Baixa	Pode ser muito alta
Direção de fluxos	Predominantemente unidirecional	Bidirecional
Encaminhamento de pacotes	Muitos para um (centrado em dados)	Fim-a-fim (centrado em endereços)
Natureza de consultas	Baseada em atributos	Baseada em nós
Disseminação de consultas	<i>Broadcast</i>	Nó a nó ou <i>broadcast</i>
Endereçamento	Ausência de ID global único	ID global único
Ciclo de atividade ( <i>duty cycle</i> )	Pode ser tão baixo quanto 1%	Alto

# Características

- ❑ RSSF planas, homogêneas e estacionárias (distribuição uniforme)



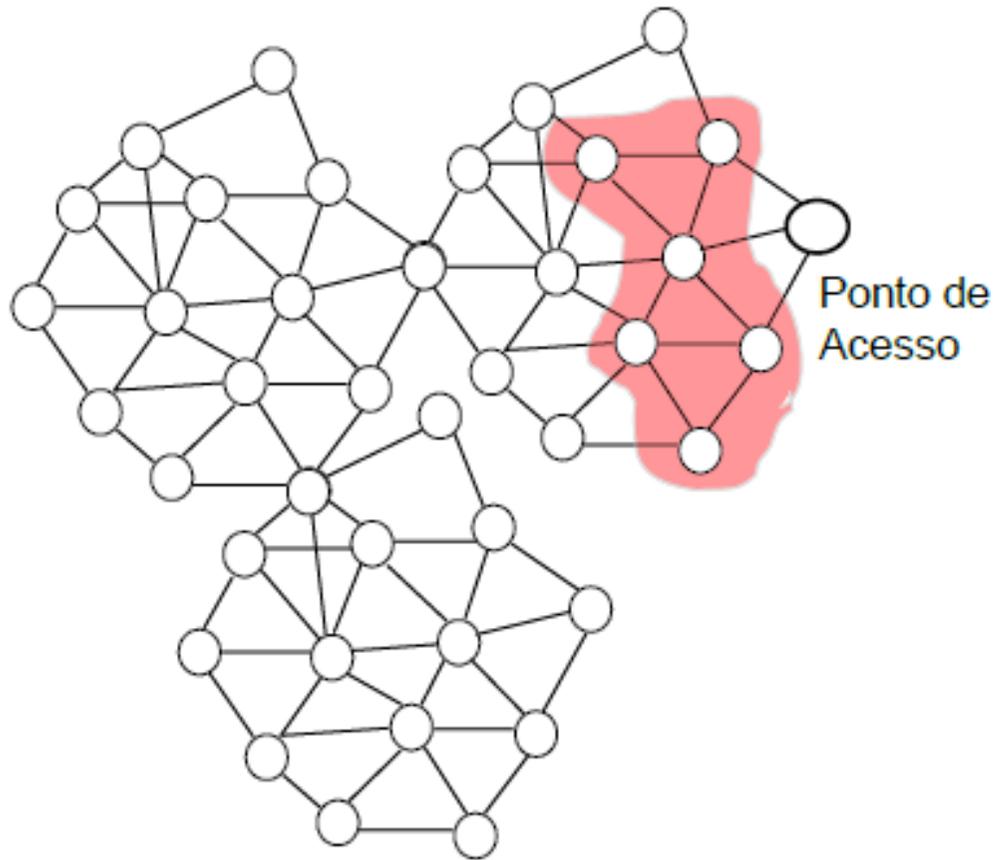
Esquema multi-saltos

Fluxo unidirecional

Flooding (tolerância a falhas)

# Características

- ❑ RSSF planas, homogêneas e estacionárias (distribuição uniforme)



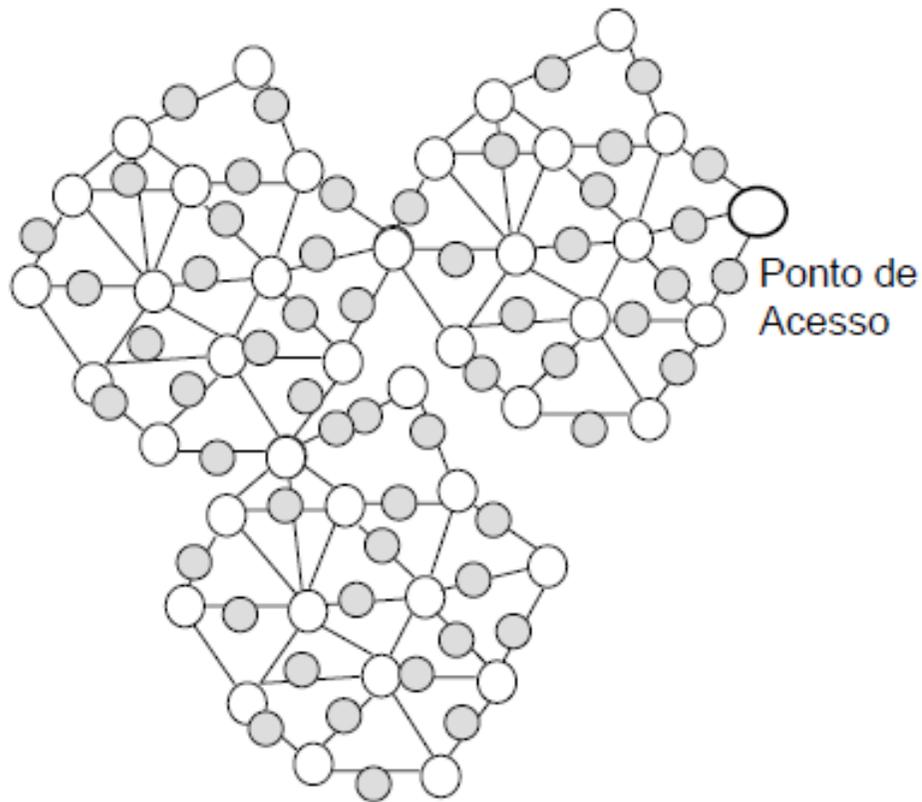
Problema da onda de energia

Desconexão do Ponto de acesso

Topologia Dinâmica

# Características

## ❑ RSSF densas



👍 Maior resolução

👍 Tolerância a falhas

👎 Maior no. de nós disputando o meio

👎 Congestionamento

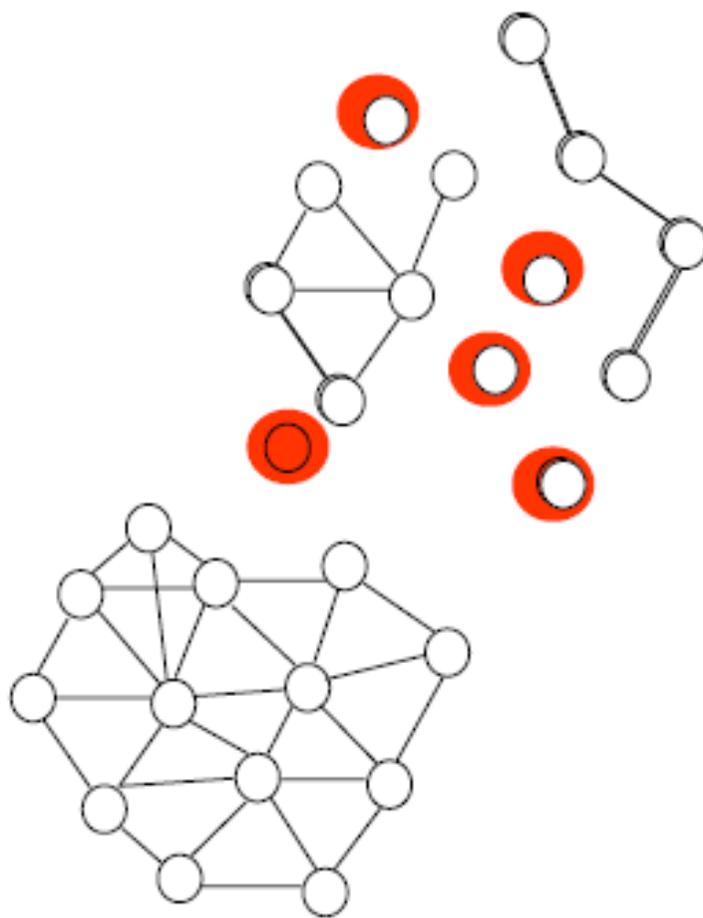
👎 Colisão

👎 Atraso da informação

👎 Perda da informação

# Características

□ RSSF esparsas

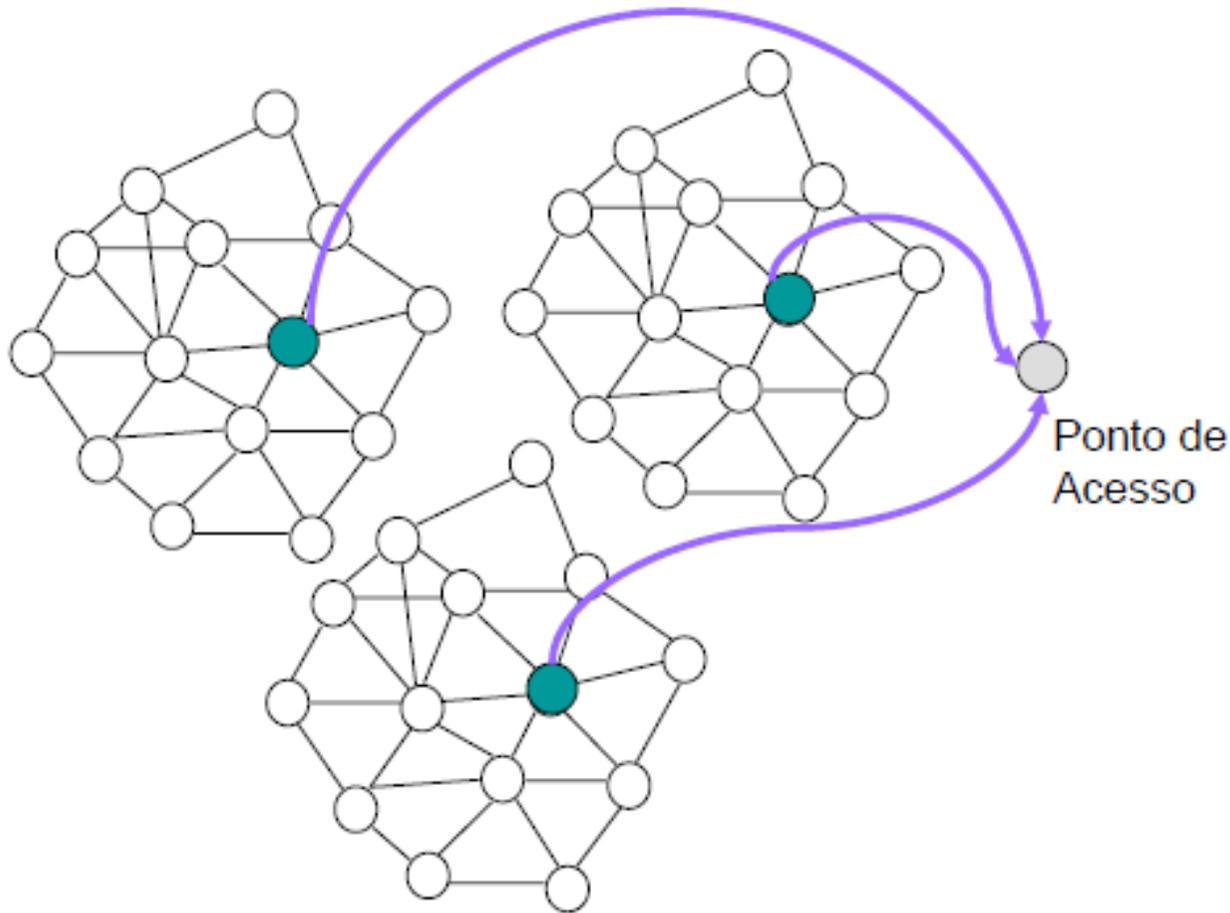


□ Topologia Dinâmica

□ Reconfigurar Alcance

# Características

- ❑ RSSF Hierárquicas, homogêneas/heterogêneas



- ❑ Eleição dos líderes
- ❑ Formação do grupo
- ❑ Manutenção do grupo
- ❑ Esquema de Comunicação

# 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

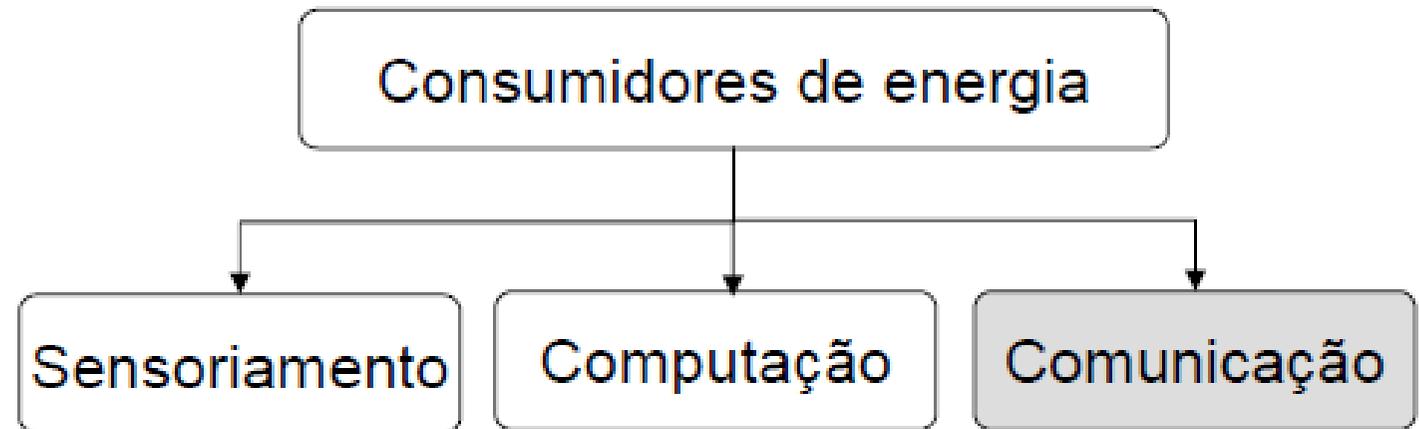
Em geral, as RSSFs são ditas serem *data-specific*, ou seja, são *dependentes dos dados*

- Neste caso, o endereçamento individual dos nós pode não ser preciso

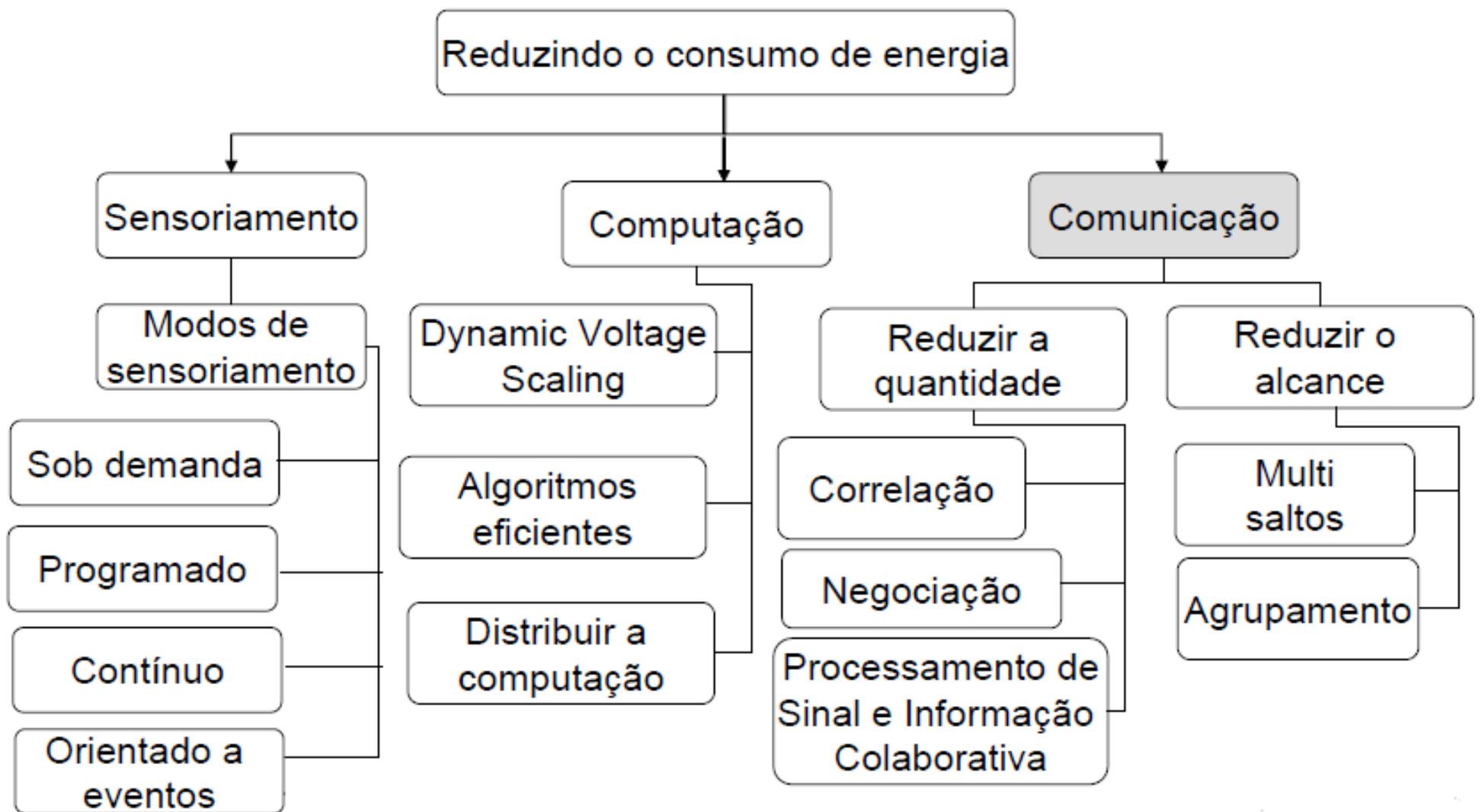
Uma RSSF trocar dados/informações com outras RSSFs ou com outras redes (ex: Internet)

# Consumo de energia

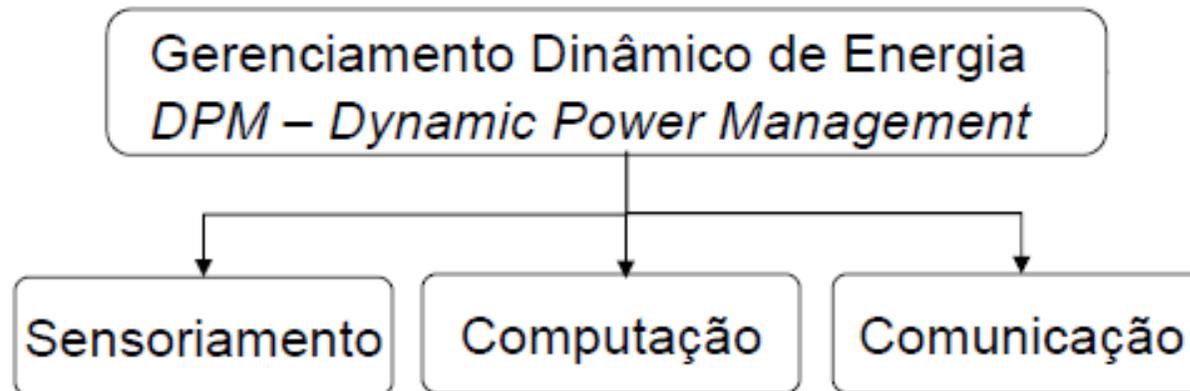
As RSSFs apresentam restrições severas de energia



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



# Consumo de energia



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

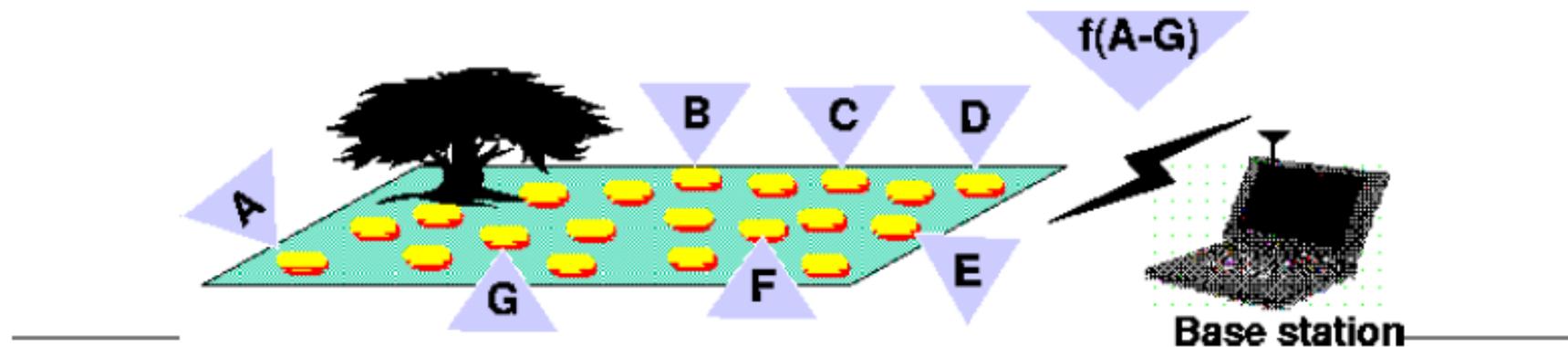
# Métricas importantes

Exemplos:

- Tempo de vida
- Consumo de Energia
- Precisão
- Latência
- Prazo de validade da informação
- Tolerância a Falhas
  - A falha não é exceção mas ocorrência normal na rede
- Escalabilidade
- Perda de nós (nós órfãos)

# 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.

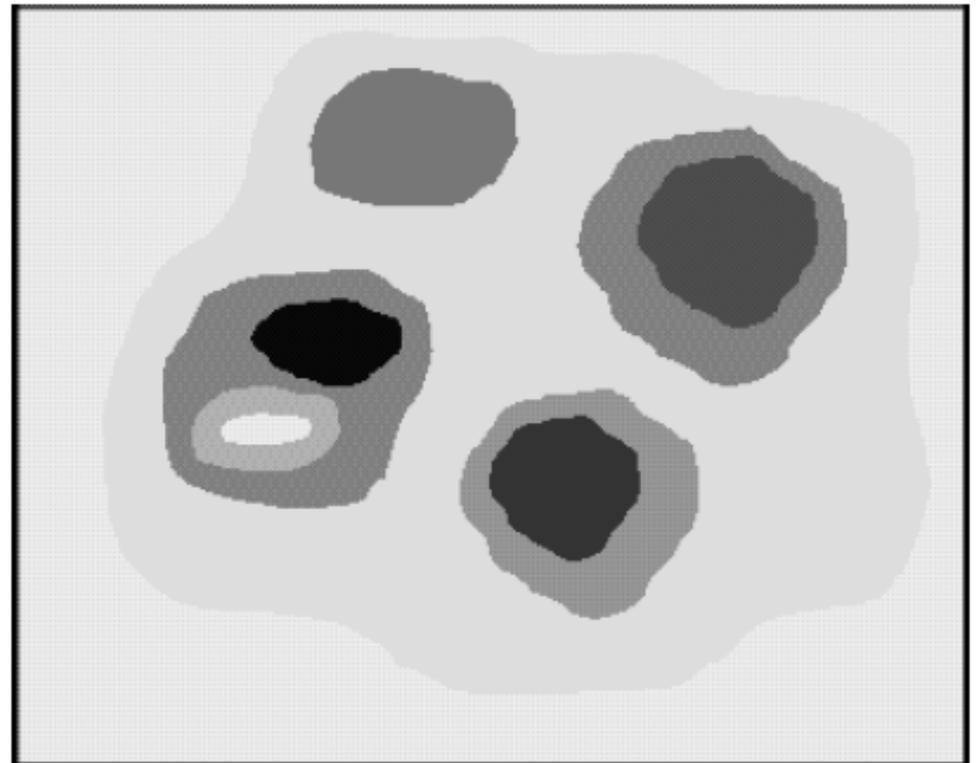


# Manutenção

- 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

# Mapa de Energia

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



# 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.

# Configuração

<b>Composição</b>	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.
<b>Organização</b>	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
<b>Mobilidade</b>	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.
<b>Densidade</b>	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.
<b>Distribuição</b>	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

# 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.

# Comunicação e Protocolos

Camada	Protocolos
Física	Transmissão por rádio frequência, ótica, infravermelho
Enlace	S-MAC, T-MAC, ARC, TRAMA
Rede	Flooding, Gossiping, Direct Difusion, Rumour Routing, SPIN, LEACH, PEGASIS, TEEN, SPEED, SAR, GEAR
Transporte	PFSQ, ESRT

\* Camada física/enlace: Padrões IEEE 802.15.x

# Camada de Enlace

- Objetivo em RSSFs: garantia de uma cobertura de sinal que abranja todos os nós sensores, além do uso reduzido da energia disponível nos nós
- Parâmetros como vazão, atraso e *fairness* são secundários
- Ponto crítico: acesso ao meio
- Impacto na energia consumida:
  - Colisão
  - *Overhearing* – (nó recebe dados destinados para outros nós)
  - Escuta ociosa (nó permanece escutando o canal que não possui tráfego)
  - Sobrecarga de pacotes de controle

# Protocolos de Acesso ao Meio

- Específicos para RSSFs:
- **S-MAC (Sensor-MAC)**
  - RTS-CTS-DADOS-ACK para evitar colisões
  - Nós entram em estado SLEEP quando recebem RTS não destinados à ele (minimiza *overhearing*)
  - *os nós permanecem mais tempo no estado SLEEP que no estado LISTENING* (minimiza escuta ociosa)
  - o esquema de cabeçalho do S-MAC é reduzido
- **T-MAC (*Time-out-MAC*)**
  - *é uma variação do protocolo S-MAC.*
  - *Altera o ciclo de trabalho (*duty cycle*) dos nós de acordo com o tráfego da rede. Com isso, ele tenta reduzir a latência e aumentar a economia de energia nos nós.*
  - T-MAC sofre do problema conhecido como “dormir cedo”, isto é, um nó pode dormir enquanto o outro ainda tenta transmitir dados para ele, uma vez que o ciclo de trabalho de cada nó é variável de acordo com a atividade da rede perceptível no nó.

# Protocolos de Acesso ao Meio

- **ARC (*Adaptive Rate Control*)**

- Realiza o ajuste na largura de banda com o objetivo de alocar as transmissões a serem realizadas pelos nós sensores.
- Ele se baseia no protocolo CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*).
- Permite que o nó entre em estado de SLEEP antes de “escutar” o meio.
- Menos complexo e sem sinais de controle

- **TRAMA (*Traffic Adaptive Multiple Access*)**

- Baseado em um algoritmo de eleição distribuído que leva em consideração o tráfego da rede para nomear o nós que tem direito de acesso ao meio.
- Ele utiliza o protocolo de alocação estática do canal TDMA (*Time Division Multiplexing Access*).
- Devido ao processo de eleição e ao protocolo TDMA, este tipo de abordagem pode gerar uma alta latência na rede.

- Alocação de canal estática: FDMA, TDMA, CDMA

- Protocolos dos padrões existentes (IEEE 802.15.x)

# Camada de Rede - Endereçamento

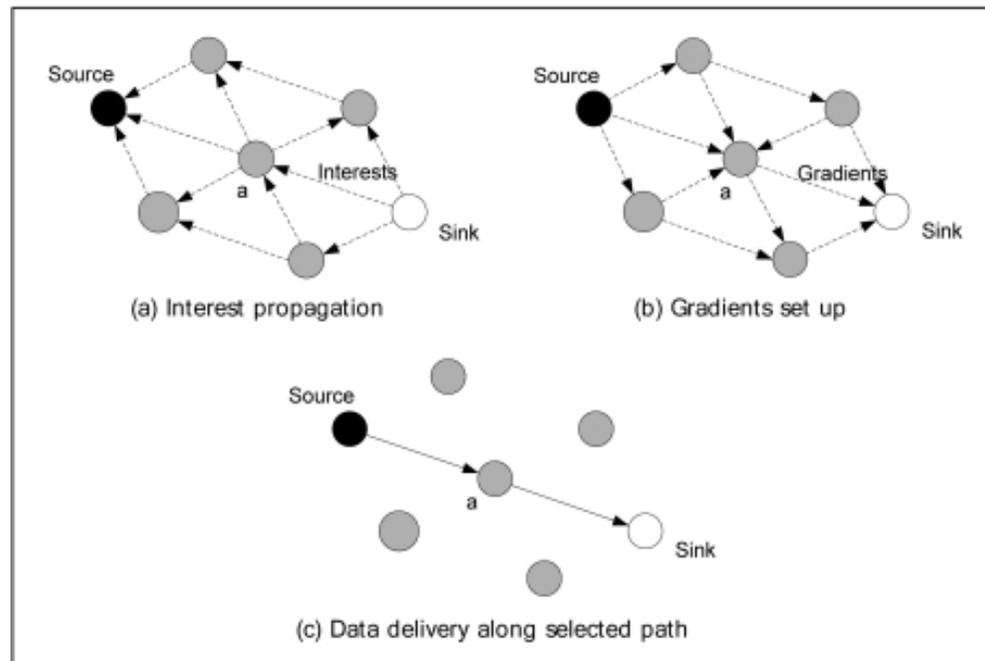
- Dependendo da aplicação cada nós sensor pode ser endereçado individualmente
  - Por exemplo, sensores embutidos em peças numa linha de montagem, sensores colocados no corpo humano
- Em geral, as RSSFs são ditas serem *data-specific, ou seja, são dependentes dos dados*
  - Neste caso, o endereçamento individual dos nós pode não ser preciso
- Uma RSSF trocar dados/informações com outras RSSFs ou com outras redes (ex: Internet)

# Camada de Rede - Roteamento

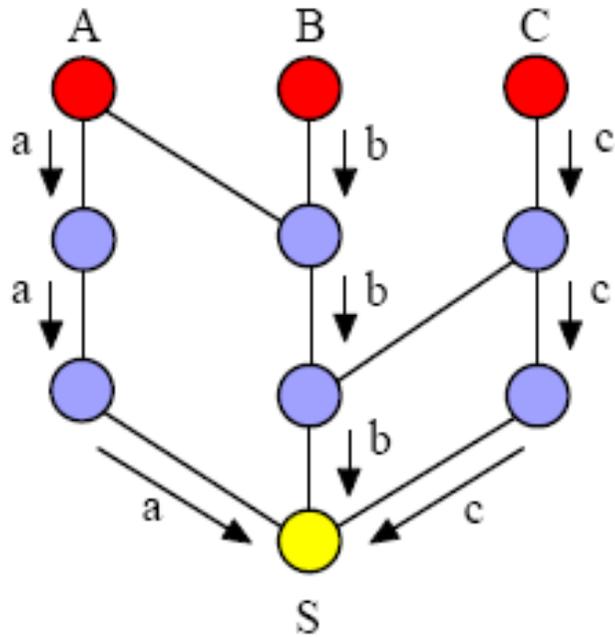
- Mesma classificação de redes ad hoc
  - Protocolos plano, hierárquico ou geográfico
  - Reativo, pró-ativo ou híbrido
- Operação do protocolo: baseado em consultas, localização, negociação, multi-rotas.
- ***Flooding*** – já visto na aula de redes ad hoc
- ***Gossiping***
  - O *Gossiping* busca economizar a energia reduzindo o número de nós que recebem as mensagens. Quando um nó recebe uma mensagem, ele a retransmite somente para alguns nós vizinhos, sendo essa escolha realizada de forma aleatória.
- ***Bargaining***
  - um nó só transmite se houver requisição dos seus dados por outro nó (requer um processo de negociação).

# ***Directed Diffusion*** – Difusão Direta

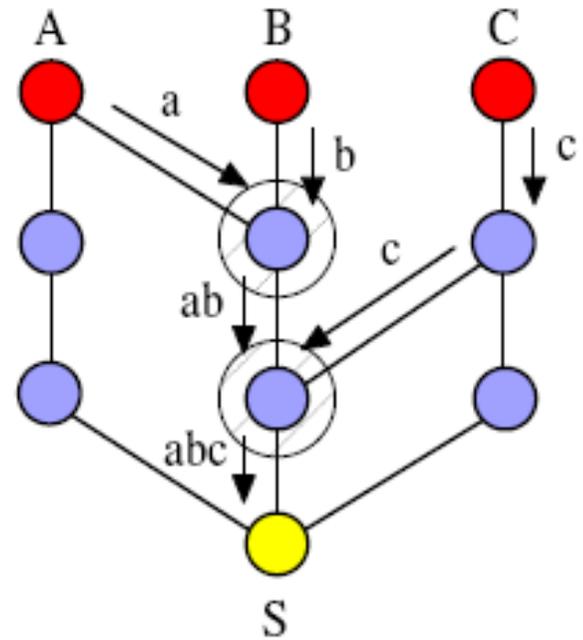
- 4 tipos de elementos: *interests*, *data messages*, *gradients* e *reinforce*.
- As ***interests*** são mensagens nas quais os usuários da rede fazem requisição de dados (*query*) aos nós sensores
- ***Data messages*** são mensagens que contém os dados dos nós.
- A trajetória das mensagens de ***interests*** criam os ***gradients*** que interligam os nós entre o nó de origem e o nó destino. A rede reforça (***reinforce***) uma ou algumas dessas trajetórias, determinando rotas mais favoráveis para o tráfego das mensagens.



# Fusão de dados



Roteamento tradicional



Roteamento centrado em dados

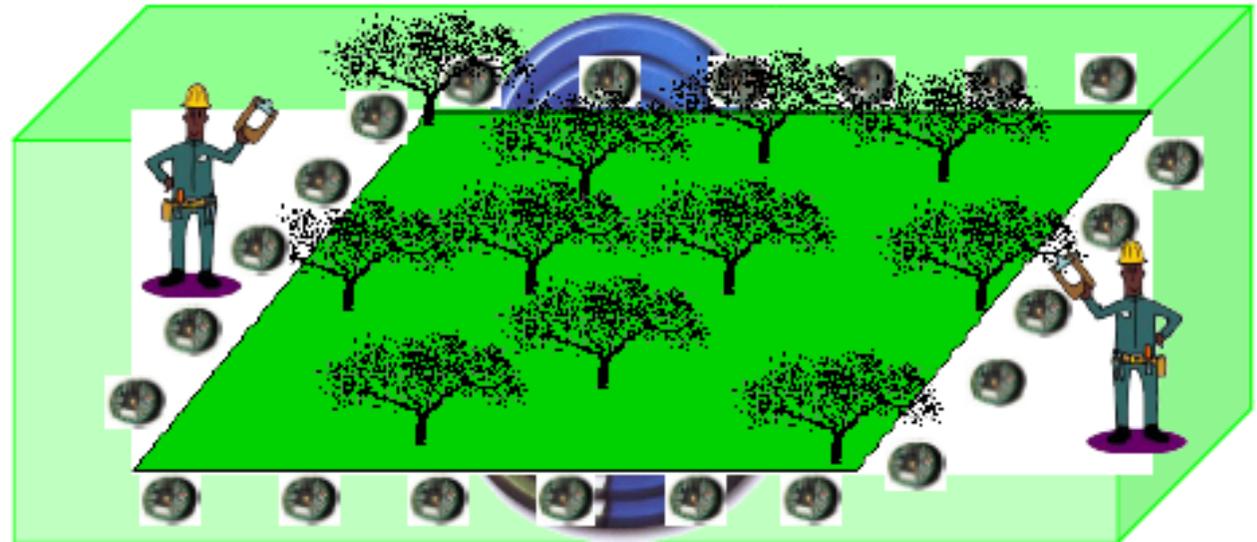
Protocolo	Proativo/ Reativo/ Híbrido	Adaptação aos recursos de energia	Hierárquico ( <i>clusters</i> )/ Plano	Baseado na localização	QoS	Agregação de dados	Rota única/ Múltiplas rotas	Balanceamento de carga
<b>Direct Diffusion</b> [INT00]	Híbrido		Plano			✓	Múltiplas	
<b>SAR</b> [SOH00]	Híbrido	✓	Plano		✓		Múltiplas	✓
<b>LEACH</b> [HEI00]	Proativo		Hierárquico			✓	Única	✓
<b>TEEN</b> [MAN01]	Proativo		Hierárquico			✓	Única	
<b>PEGASIS</b> [LIN02]	Proativo		Hierárquico			✓	Única	✓
<b>SPEED</b> [HE_03]	Reativo		Plano	✓	✓		Única	✓
<b>Flooding</b> [ZHA09]	Reativo		Plano				Múltiplas	
<b>Gossiping</b> [HED88]	Reativo		Plano				Única	
<b>Rumour Routing</b> [BRA02]	Reativo		Plano			✓	Múltiplas	
<b>SPIN</b> [HEI99]	Reativo	✓	Plano			✓	Múltiplas	✓
<b>GEAR</b> [YU_01]	Reativo	✓	Plano	✓			Única	

# Camada de Transporte

- A maioria das aplicações de RSSFs admitem perda de dados e, por isso, a maioria delas não possui essa camada na sua pilha de protocolos.
- Alguns protocolos se propõem a evitar a perda de dados:
  - PSQF (*Pump Slowly, Fetch Quickly*)
  - ESRT (*Event-to-Sink Reliable Transfer*)
- A transmissão redundante de algoritmos como o *Direct Diffusion garante de forma indireta a entrega dos dados, visto que eles trafegam por caminhos distintos na rede até a estação rádio base.*
- Para a maioria das Redes de Sensores Sem Fio, a Qualidade de Serviço (QoS) *está mais relacionada com a sobrevivência dos nós sensores (ampliando o tempo de vida da rede) do que a perda de dados.*

# Projeto de RSSFs

- Dividido em 3 partes:
- Ambiente
- Aplicação
- Rede



# Projeto de RSSFs – Ambiente

- Tipo – interno/externo
- Abrangência espacial da área a ser monitorada
- Restrição de acesso – É possível ter acesso/não é possível
- Deposição dos sensores – aleatória/determinística

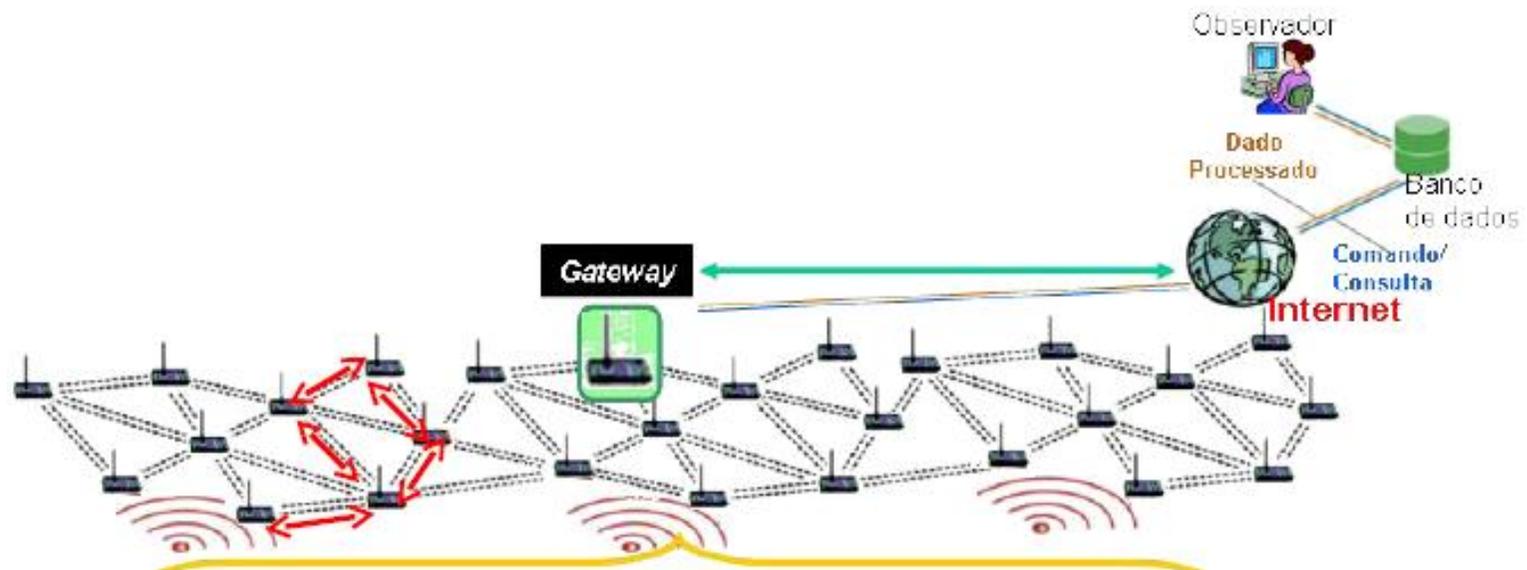


*Interno*

*Externo*

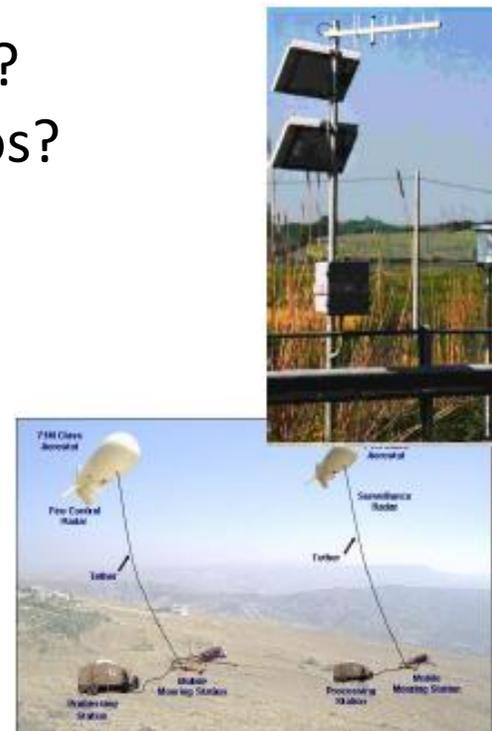
# Projeto de RSSFs – Aplicação

- Comportamento do fenômeno – pontual/móvel
- Abrangência temporal dos eventos – período do dia
- Tipo de dado a ser coletado – valores numéricos, alfanuméricos, áudio, imagem, vídeo
- Frequência de coleta de dados – periódica, dirigida a evento, sob demanda, por amostragem
- Capacidade de movimentação – estático/móvel
- Tipo de cooperação entre sensores
- Confiabilidade associada ao dado transmitido
- Tempo de vida

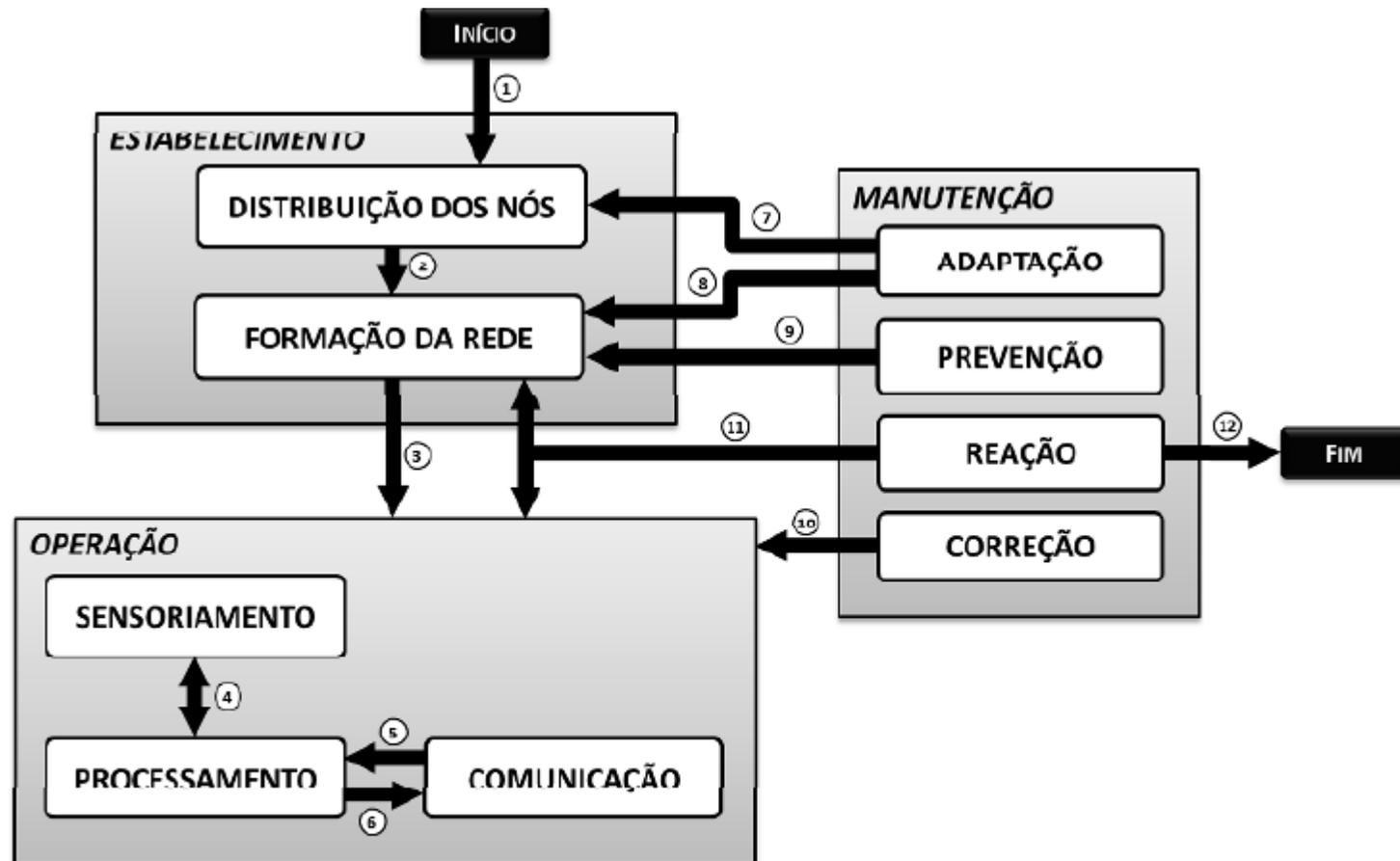


# Projeto de RSSFs – Rede

- Tipos de nós sensores
  - homogêneos/heterogêneos
- Organização
  - plana/hierárquica
- Quantos sensores devem ser usados?
- Quais algoritmos devem ser utilizados?
  - Arquitetura
  - Reconfiguração
  - Cooperação
  - Segurança
  - Tolerância a falhas
  - Sincronização
  - Localização



# Ciclo de Vida de uma RSSF



- ① Início da rede (inserção dos nós no ambiente)
- ② Nós da rede posicionados no ambiente
- ③ Rede entra em operação
- ④ Requisição e recebimento de dados dos sensores
- ⑤ Recepção de pacotes pela rede sem fio
- ⑥ Transmissão de pacotes pela rede sem fio
- ⑦ Novos nós são inseridos no ambiente

- ⑧ Nós saem da rede por falha ou falta de energia
- ⑨ Reformulação de rotas com objetivo de aumentar o tempo de vida da rede
- ⑩ Detecção de falhas na execução de tarefas
- ⑪ Não recebimento de resposta da rede
- ⑫ Fim da rede (a longevidade operacional da rede é atingida e descarta-se o seu uso)

# Tempo de Vida de uma RSSF

- Tempo de vida é quando a rede não mais satisfaz os requisitos da aplicação.
- Várias definições possíveis na literatura:

---

## Classificação

---

Quantidade de nós sensores que falham

---

Ocorrência da primeira partição na rede

---

Taxa de recebimento de pacotes

---

---

## Classificação

---

Quantidade de nós sensores operantes

---

Área de cobertura da rede

---

Conectividade da rede

---

Qualidade de Serviço (QoS)

---

# Gerenciamento de RSSFs

- Objetivos do gerenciamento:
  - Promover a produtividade dos recursos e a qualidade de serviços da rede
- Gerenciamento da camada de aplicação
- Gerenciamento de redes (tradicionais)
  - **Áreas funcionais:**
  - Configuração, falhas, segurança, desempenho e contabilização
  - **Níveis de gerenciamento**
  - Elemento de rede, gerenciamento de elemento de rede, gerenciamento de rede, gerenciamento de serviços e gerenciamento de negócios

# Gerenciamento de RSSFs

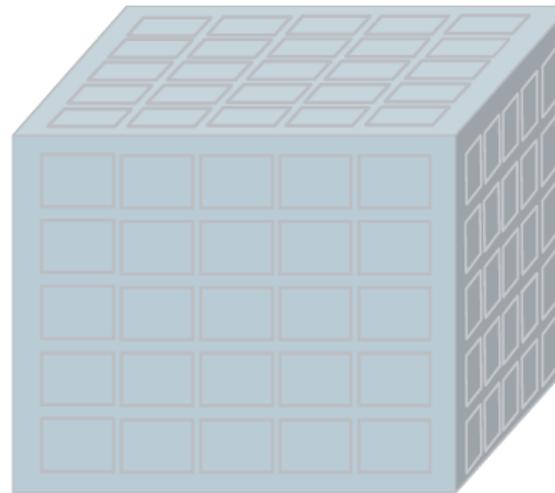
■ Funções

**Funcionalidades das RSSFs**

Configuração  
Manutenção  
Sensoriamento  
Processamento  
Comunicação

**Áreas Funcionais**

Gerenciamento de Configuração  
Gerenciamento de Falhas  
Gerenciamento de Desempenho  
Gerenciamento de Segurança  
Gerenciamento de Contabilização



**Níveis de Gerenciamento**

Gerenciamento de Negócio  
Gerenciamento de Serviços  
Gerenciamento de Rede  
Gerenciamento de Elemento de Rede  
Elemento de Rede