

# Redes de Sensores Sem Fio



Antônio Alfredo Ferreira Loureiro  
[loureiro@dcc.ufmg.br](mailto:loureiro@dcc.ufmg.br)  
Depto. Ciência da Computação UFMG



Linnyer Beatrys Ruiz  
[linnyer@dcc.ufmg.br](mailto:linnyer@dcc.ufmg.br)  
Depto. Engenharia Elétrica UFMG

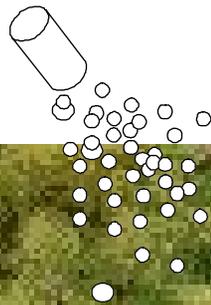


# Redes de Sensores Sem Fio

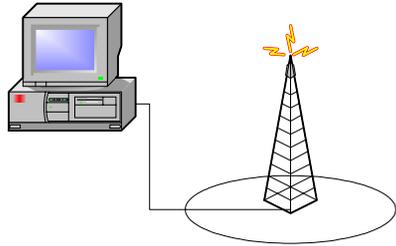
## Aplicações

# Aplicações para RSSFs

Dúzias de nós sensores presos a galhos formando um novo tipo de instrumento científico: macroscópio.

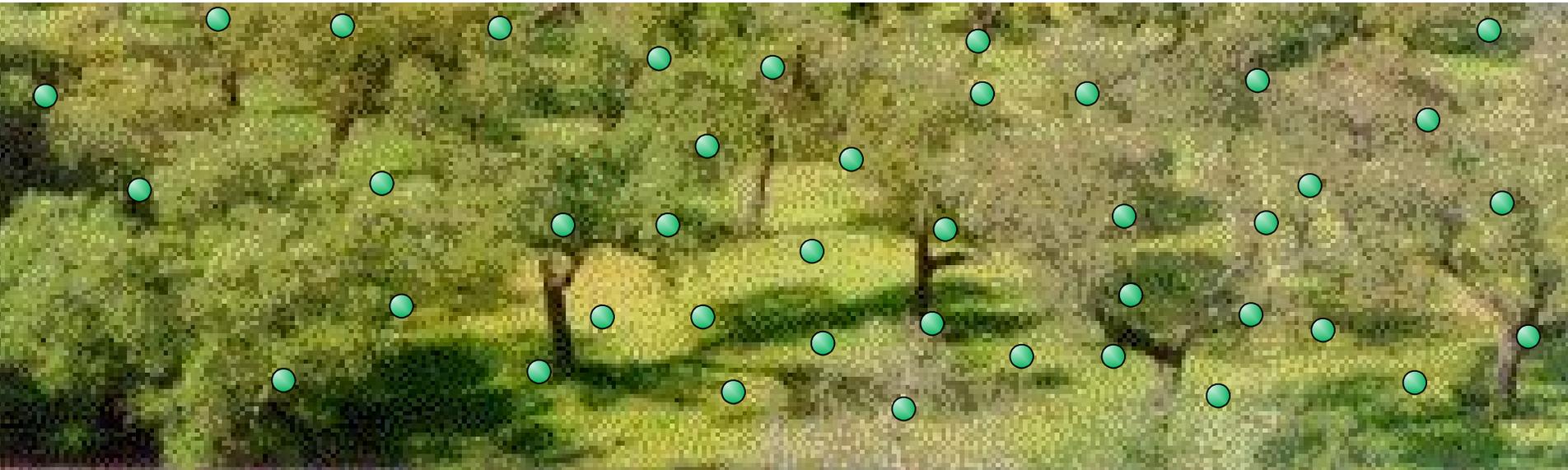


# Aplicações para RSSFs



Capaz de registrar o microclima ao redor de determinadas áreas.

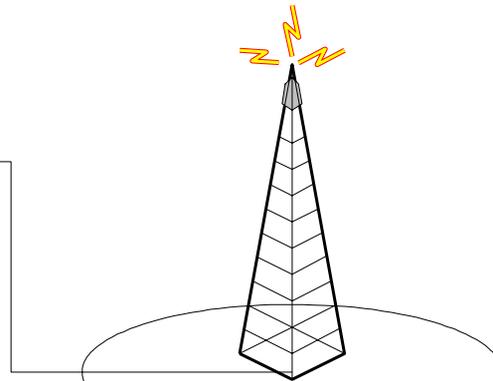
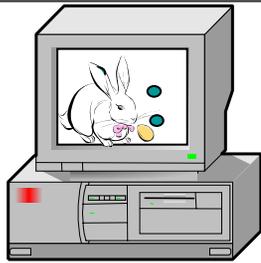
Computar a vida selvagem.



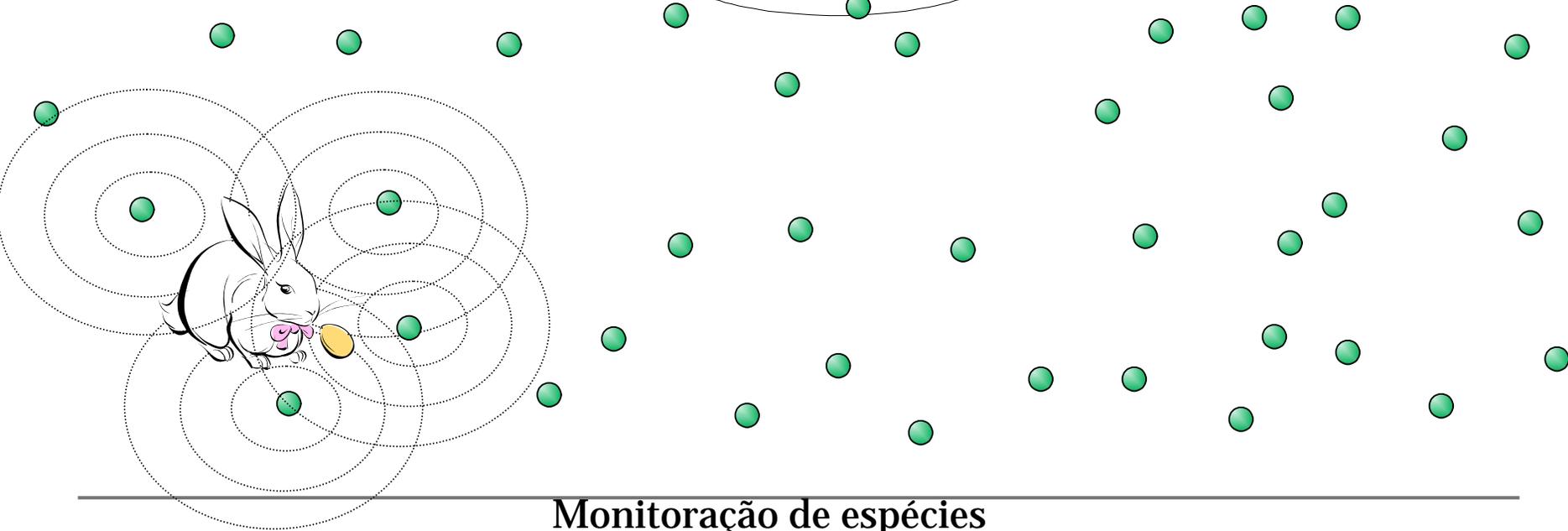
Coleta: temperatura, radiação, CO, umidade, atividade eólica...



# Aplicações para RSSFs



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



Monitoração de espécies

Coleta: áudio, movimento, rastreamento

# Aplicações para RSSFs



- Monitoração em áreas de difícil acesso

---

# Aplicações para RSSFs



Monitoração Ruído e Tráfego



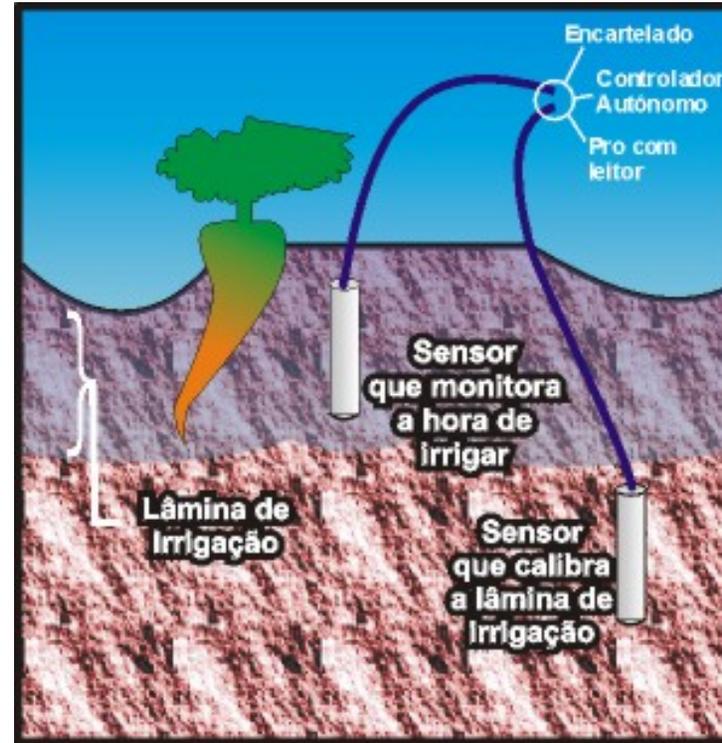
Monitorando a Qualidade do Ar em área urbanas

# Aplicações para RSSFs



Áreas de escombros

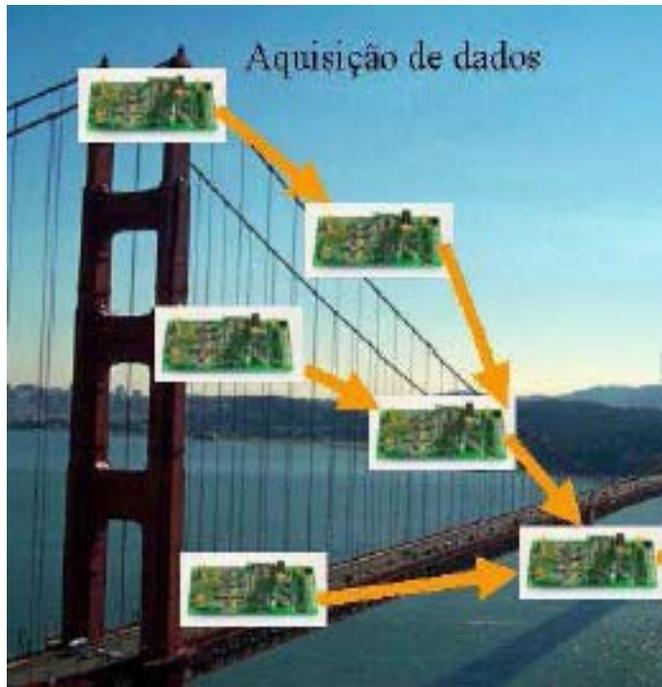
# Aplicações para RSSFs



Projeto Irrigás - Embrapa

# Aplicações para RSSFs

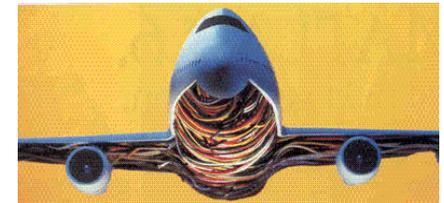
## Monitoração de infra-estrutura



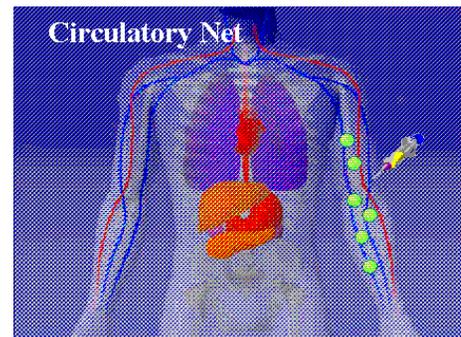
## Plataformas de Petróleo



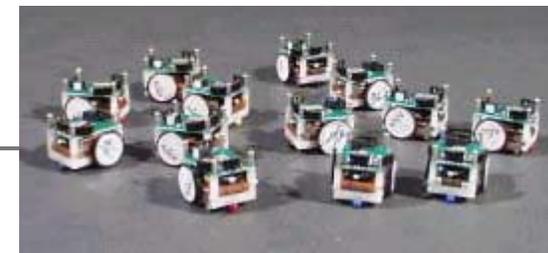
## Substituição de cabos



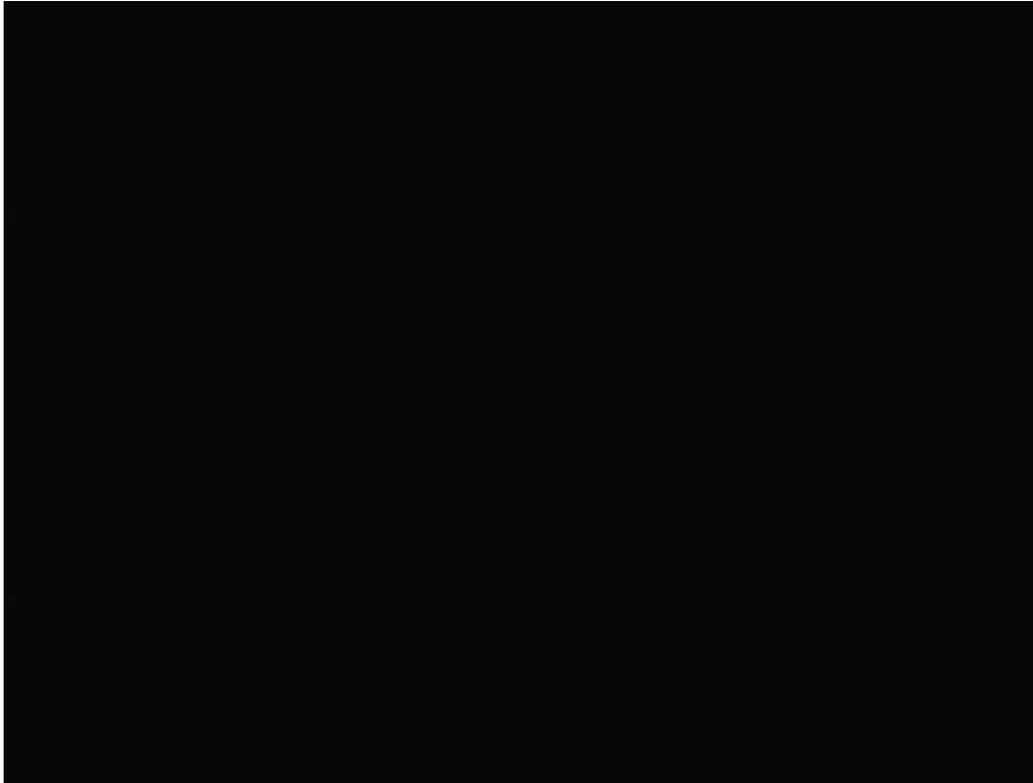
## Medicina



## Robótica



# Aplicações para RSSFs



Interplanetárias

# Protótipo: Bosques de Sonoma

- ❑ 120 nós colocados em troncos de sequóias no Bosque próximo a Sonoma (norte da Califórnia)
  - Sensores: temperatura, umidade, luz, pressão atmosférica
- ❑ Objetivo: obter uma imagem detalhada das variações do microclima e entender como essas árvores influenciam o ambiente com sua sombra, respiração e transporte de água
- ❑ Problemas a serem investigados: atenuação de sinal, reprogramação dos nós
- ❑ Interesse dos biólogos: frentes de temperatura e umidade que se movem para cima e para baixo na árvore todos os dias, criando gradientes capazes de impulsionar o fluxo de nutrientes.



# Protótipo: Great Duck Island

- ❑ Estudos de bandos de cerca de 18 mil préteais (aves que vivem no mar mas voam para o continente no verão para botar ovos e criar seus filhotes)
- ❑ Pássaros constroem seus ninhos em tocas subterrâneas, agrupadas em pontos da ilha
  - ❑ O que leva o pássaro a escolher o local?
  - ❑ Quão quente e quanto de vento passa pelo local
  - ❑ Níveis e quantidade de luz

Sensores: temperatura, pressão atmosférica e umidade e infra-vermelho para detectar a presença de pássaros



# Outros Protótipos

- ❑ Monitoração da ponte Golden Gate
  - 30 sensores: vibração, aceleração
- ❑ Registro de microclima dentro da Reserva de James, Califórnia
  - 45 sensores: temperatura, umidade, índice pluviométrico, luz e vento
- ❑ Monitoração de ruídos de tiros e triangulação da posição do atirador
  - 45 sensores: som, onda de choque e localização
- ❑ Mapeamento de crescimento e infecções em Vinhedo - 65 sensores: temperatura



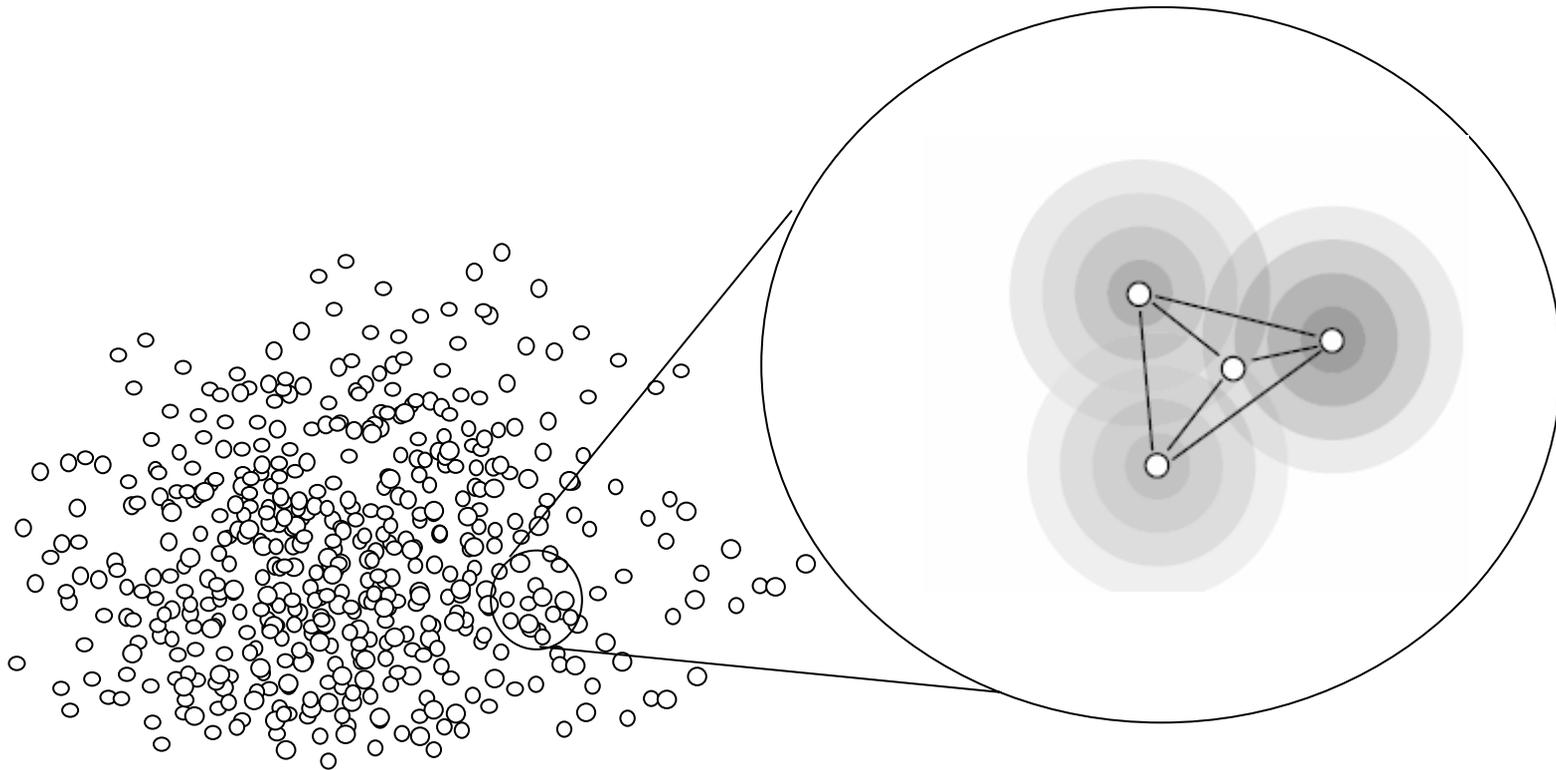
# Outros Protótipos

- ❑ 130 nós analisam atividades de residentes em asilo em Portland e Las Vegas
  - 130 sensores: pressão, movimento e infravermelho
- ❑ Minas antitanque comunicam-se e se re-posicionam, fechando espaços vazios em campos de minas
  - 96 sensores: localização, orientação e aceleração
- ❑ Monitoração de desempenho de motores de lavadores e bombas em fábrica de microchips
  - 70 sensores: vibração e RPM



# Redes de Sensores Sem Fio

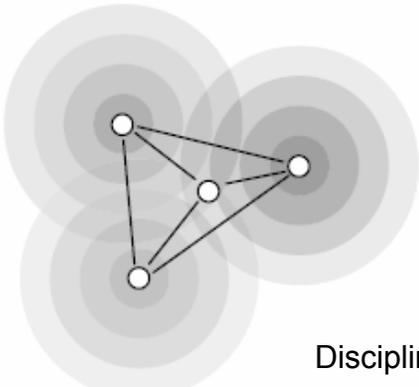
Topologia e conectividade



### □ Representando a rede

- Conjunto de vértices  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  e arestas  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  de um grafo  $G(V, E)$ . O alcance de comunicação é representado pelo peso  $w(e)$  da aresta  $e = (v_p, v_q)$  conectando os vértices  $v_p$  e  $v_q$ .
- Pontos podem ser representados em três dimensões  $(x, y, z)$  em uma referência ao sistema Cartesiano. No sistema tri-dimensional, a distância Euclidiana entre os pontos  $v_p$  e  $v_q$  é definida como

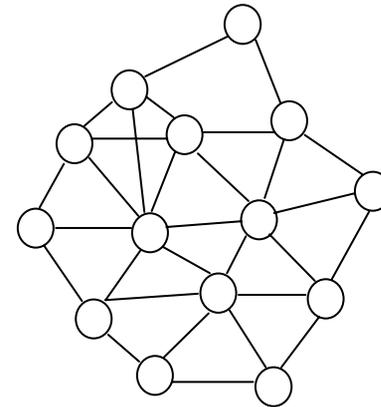
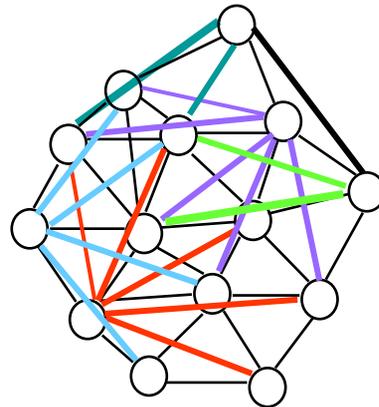
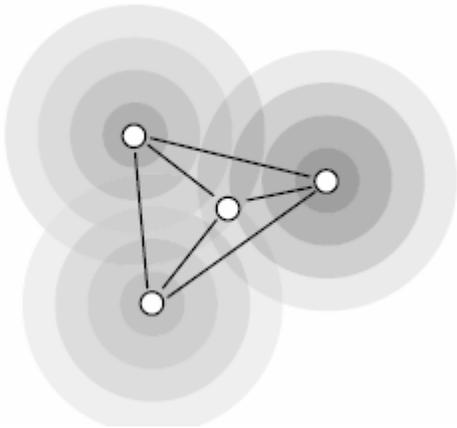
$$\text{dist}_G(v_p, v_q) = \sqrt{(x_p - x_q)^2 + (y_p - y_q)^2 + (z_p - z_q)^2}$$



# Redes de Sensores Sem Fio

Topologia e conectividade

## □ Variando o alcance de comunicação



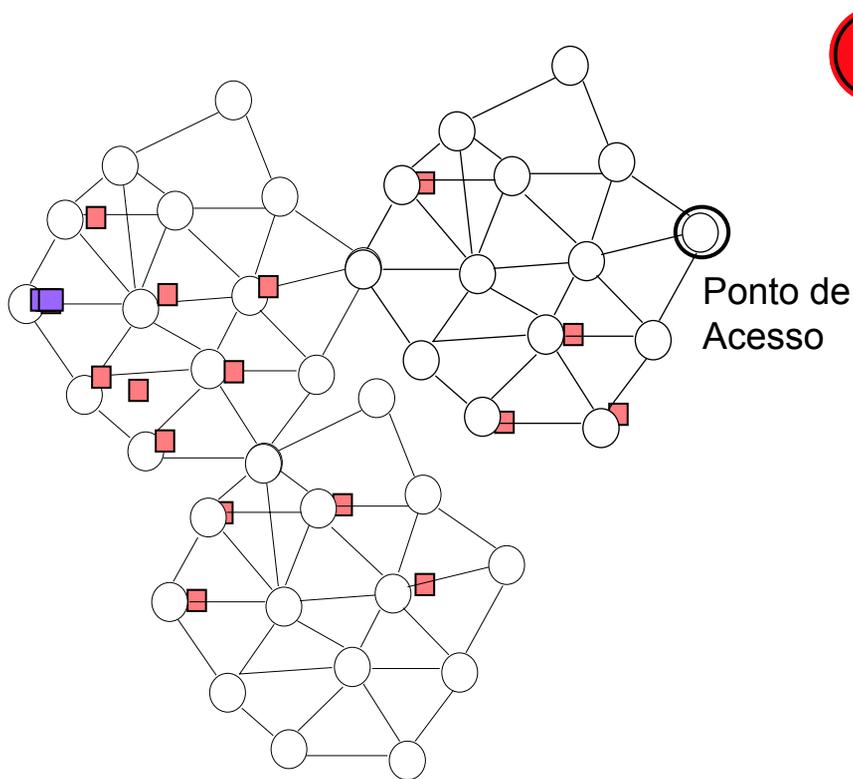
## □ Energia necessária para transmitir entre $v_p$ e $v_q$ é $\|v_p v_q\|^\beta$

- onde  $\|v_p v_q\|$  é a distância Euclidiana entre  $v_p$  e  $v_q$  e
- $\beta$  é um constante entre 2 e 5 dependendo do meio de transmissão

# Redes de Sensores Sem Fio

## Caracterização

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



Esquema multi-saltos

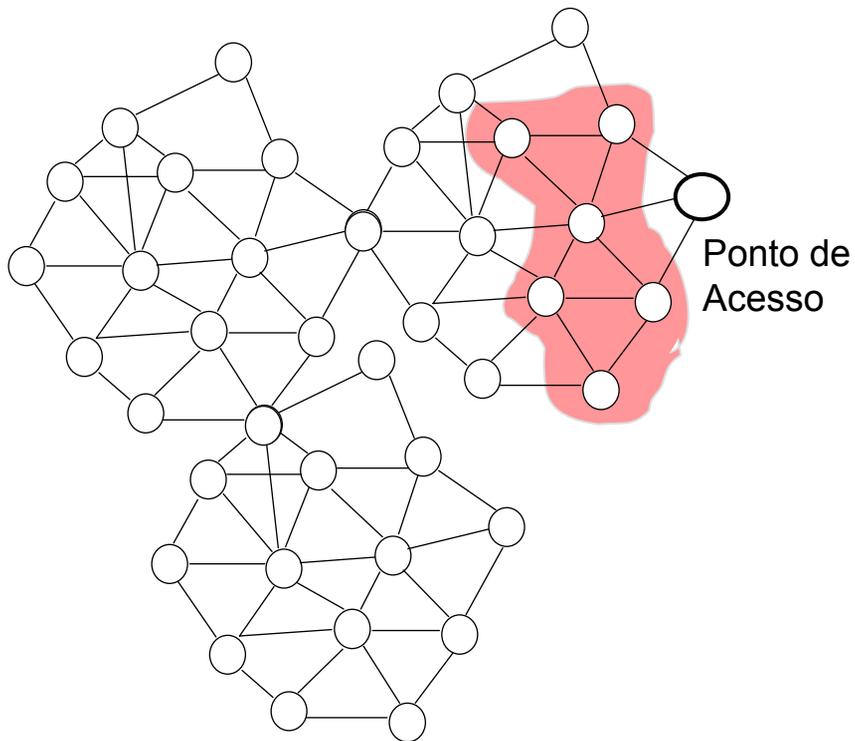
Fluxo unidirecional

Flooding (tolerância a falhas)

# Redes de Sensores Sem Fio

## Caracterização

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



Problema da onda de energia

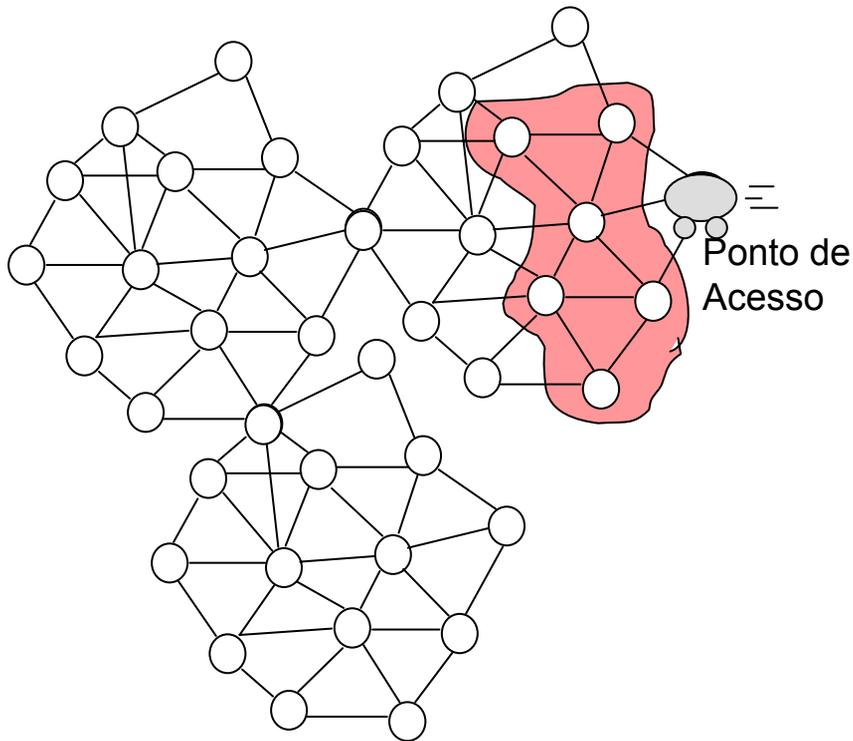
Desconexão do Ponto de acesso

Topologia Dinâmica

# Redes de Sensores Sem Fio

## Caracterização

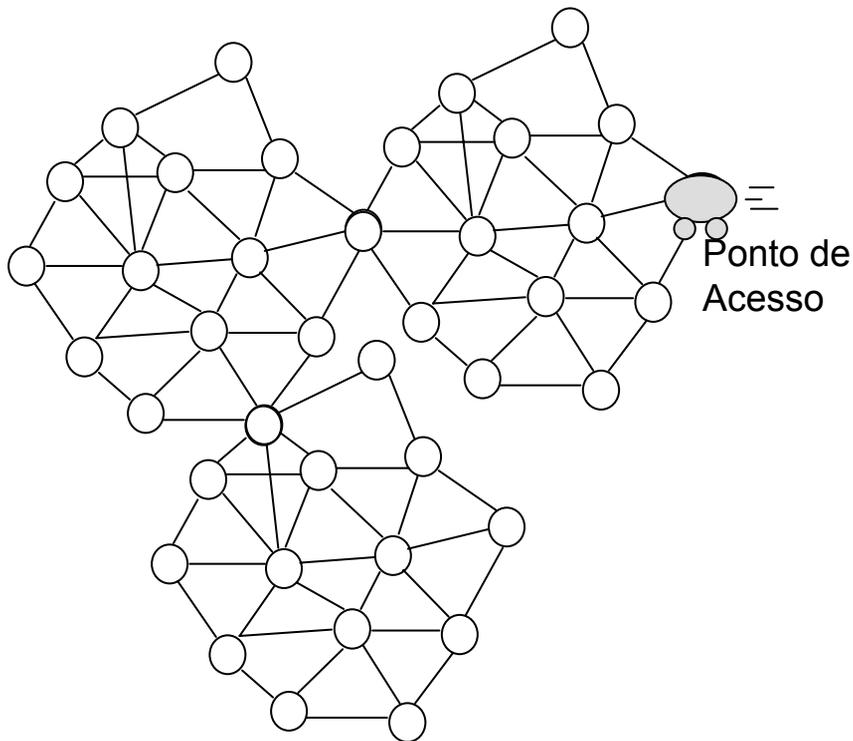
- ❑ RSSF planas, homogêneas e estacionárias (distribuição uniforme)



# Redes de Sensores Sem Fio

## Caracterização

- ❑ RSSF planas, homogêneas (distribuição uniforme)

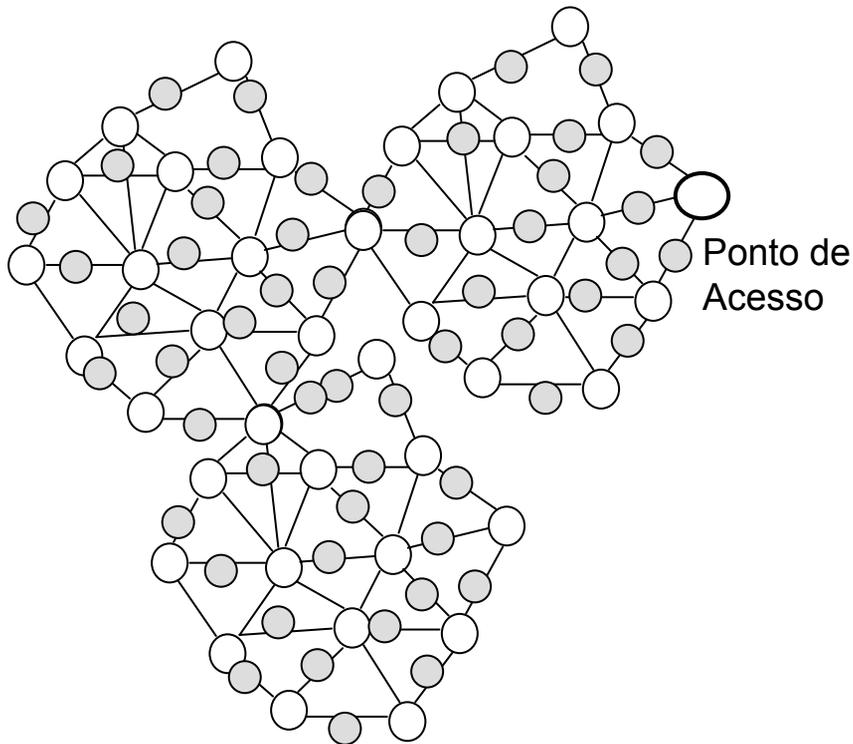


Esquemas de navegação

Erro temporal

Erro Espacial

### □ RSSF densas

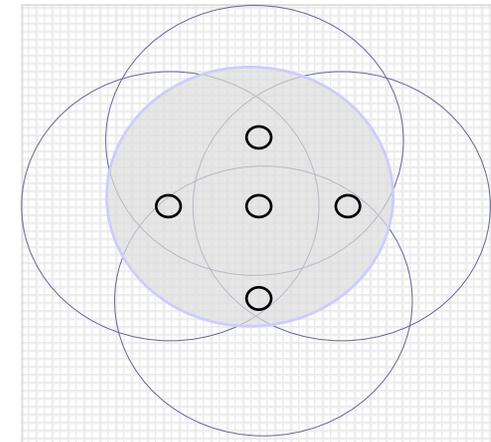
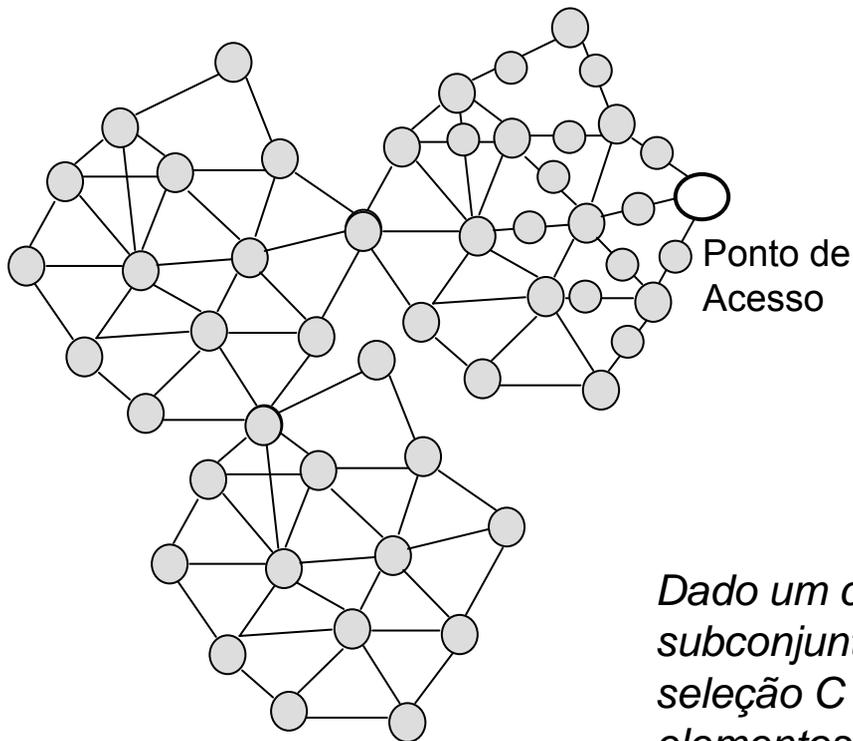


- 👍 Maior resolução
- 👍 Tolerância a falhas
- 👎 Maior no. de nós disputando o meio
- 👎 Congestionamento
- 👎 Colisão
- 👎 Atraso da informação
- 👎 Perda da informação

# Redes de Sensores Sem Fio

Topologia e conectividade

## □ Controle da densidade de nós sensores

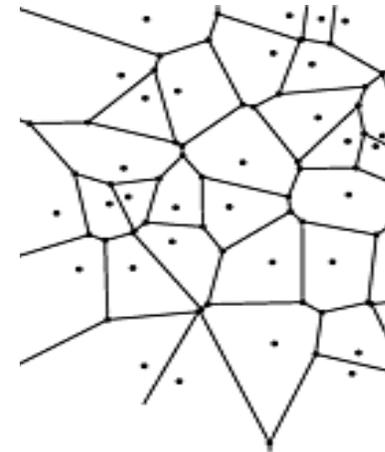
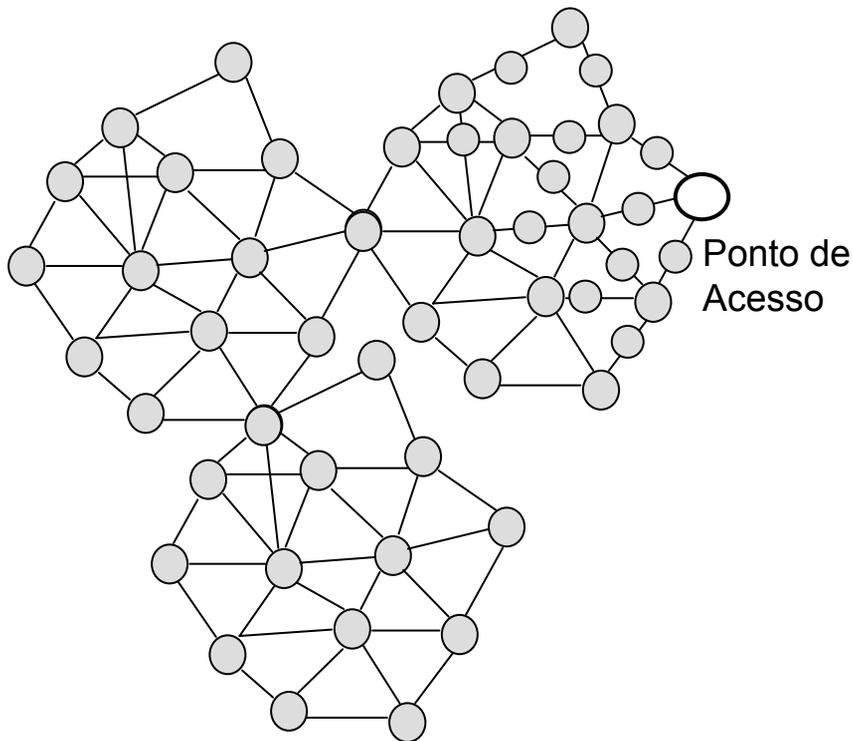


*Dado um conjunto  $U$  de elementos e uma coleção de subconjuntos de  $U$ ,  $S = \{S_1, \dots, S_n\}$ , encontre a menor seleção  $C$  de conjuntos de  $S$  que incluam todos os elementos de  $U$ , ou seja, tal que todo elemento de  $U$  faça parte de pelo menos um dos conjuntos de  $S$ .*

# Redes de Sensores Sem Fio

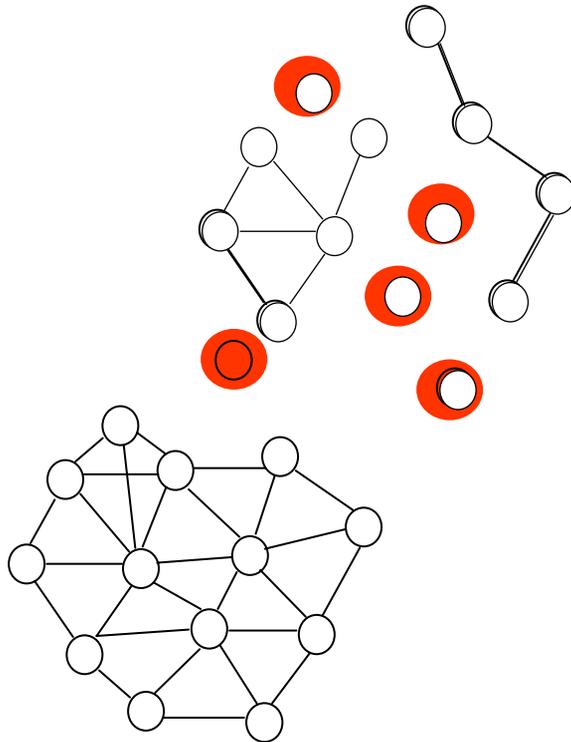
Topologia e conectividade

- Controle da densidade de nós sensores



*Dado  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  um conjunto de nós no plano. O Diagrama de Voronoi decompõe o espaço em regiões ao redor de cada nó, tal que todo ponto na região ao redor de  $v_i$  estão mais próximo de  $v_i$  do que de qualquer outro nó.*

### ❑ RSSF esparsas

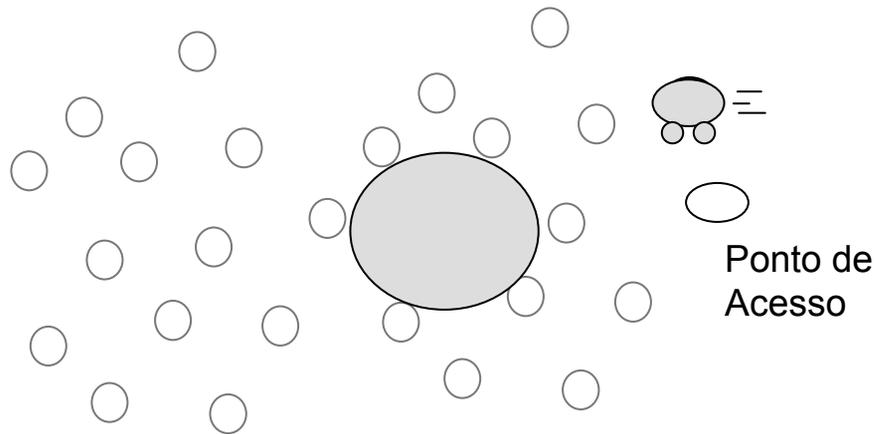


- ❑ Topologia Dinâmica
- ❑ Reconfigurar Alcance
- ❑ Ativar backups
- ❑ Deposição incremental

# Redes de Sensores Sem Fio

Topologia e conectividade

- Controle da baixa densidade de nós sensores
  - Reconfiguração do alcance
  - Algoritmo para deposição incremental



Dado o mapa de topologia e de energia:

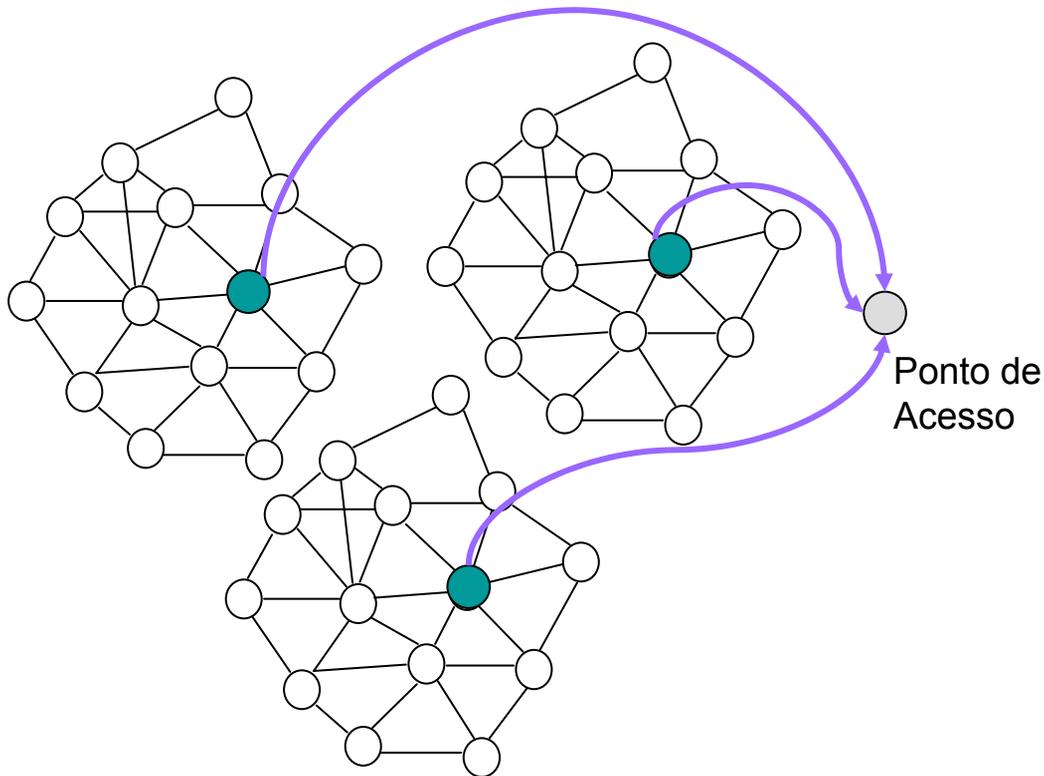
*Encontre o maior círculo vazio cujo centro está no convex hull de um conjunto de  $n$  pontos de  $S$ , que não contenha nenhum ponto de  $S$  no seu interior e maior do que qualquer outro com tal raio.*

Complexidade no pior caso:  $n \log n$

# Redes de Sensores Sem Fio

## Caracterização

- ❑ RSSF Hierárquicas, homogêneas/heterogêneas

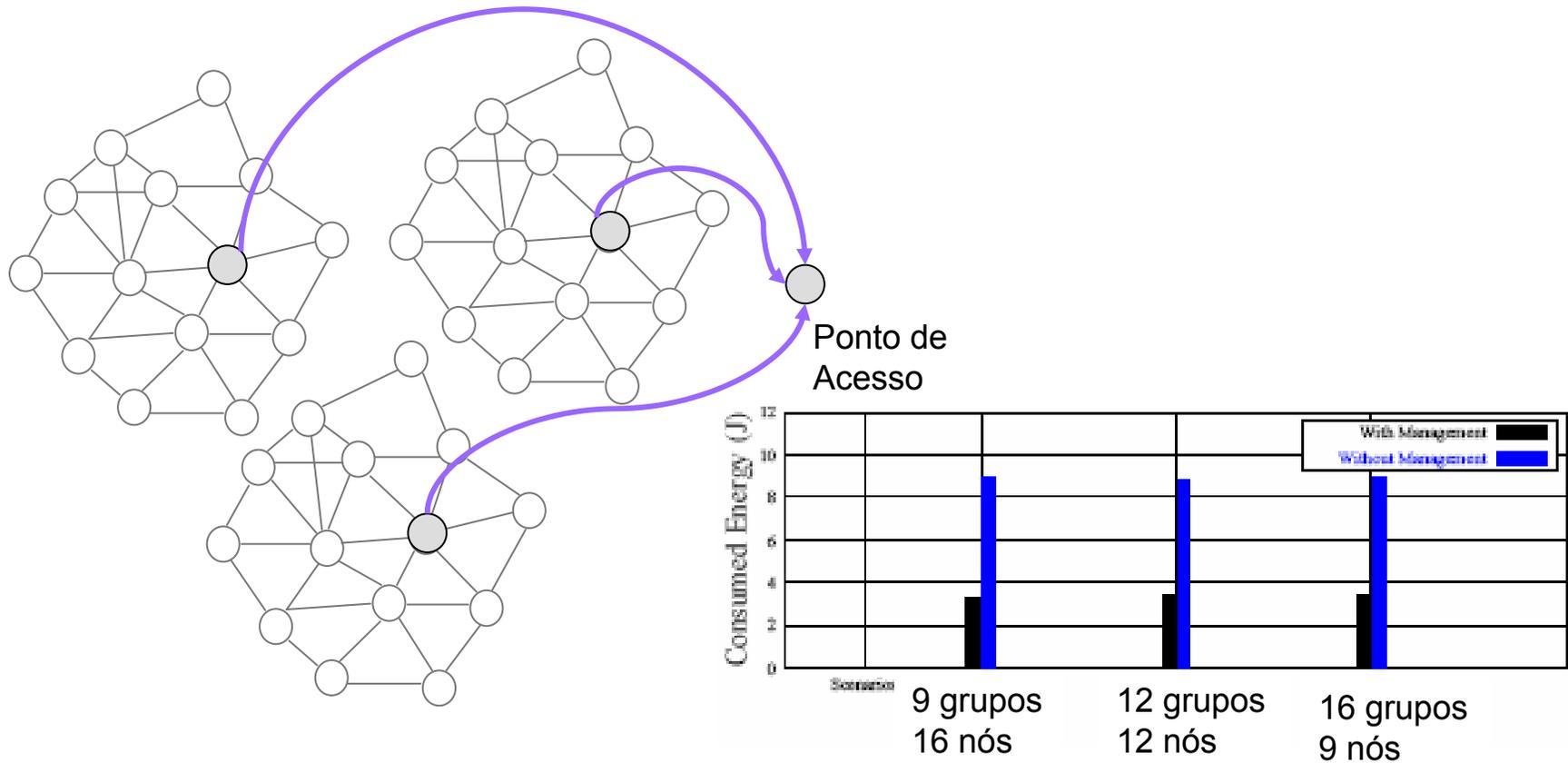


- ❑ Eleição dos líderes
- ❑ Formação do grupo
- ❑ Manutenção do grupo
- ❑ Esquema de Comunicação

# Redes de Sensores Sem Fio

Topologia, conectividade, organização

- Roteamento em redes **hierárquicas**, homogêneas/heterogêneas e estacionárias (distribuição uniforme)



---

❑ [www.dcc.ufmg.br/~linnyer/disicplina](http://www.dcc.ufmg.br/~linnyer/disicplina)

---