

Redes Sem Fio e Redes Móveis

Prof. Rone Ilídio

Baseado no Capítulo VI do livro Redes de Computadores e a Internet - Kurose

Tópicos

- 6.1 Introdução
- 6.2 Características de enlaces e redes sem fio
 - 6.2.1 CDMA
- 6.3 Wifi: LANs sem fio 802.11
 - 6.3.1 A arquitetura 802.11
 - 6.3.2 O protocolo MAC 802.11
 - 6.3.3 O quadro 802.11
 - 6.3.6 Mais além de 802.11: Bluetooth e WiMAX



Introdução

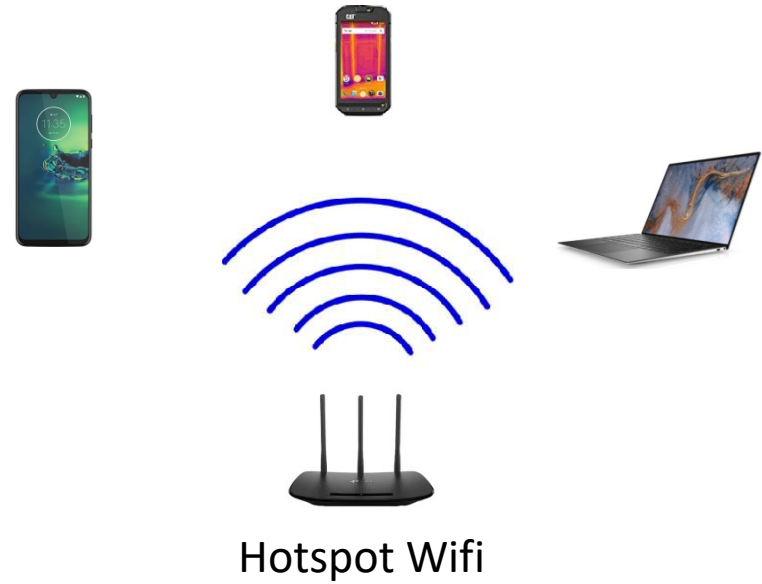
- Tipos de redes sem fio
 - Infraestruturada: possui um infra estrutura fixa para comunicação
 - Sem infraestrutura: não possui pontos fixos, chamada de rede ad hoc
- Tópicos importantes a serem estudados (redes infraestruturadas)
 - **PAN** (*Personal Area Network*): Bluetooth
 - **LAN** (*Local Area Network*): Wifi
 - **WAN** (*Wide Area Network*): Wimax



Introdução

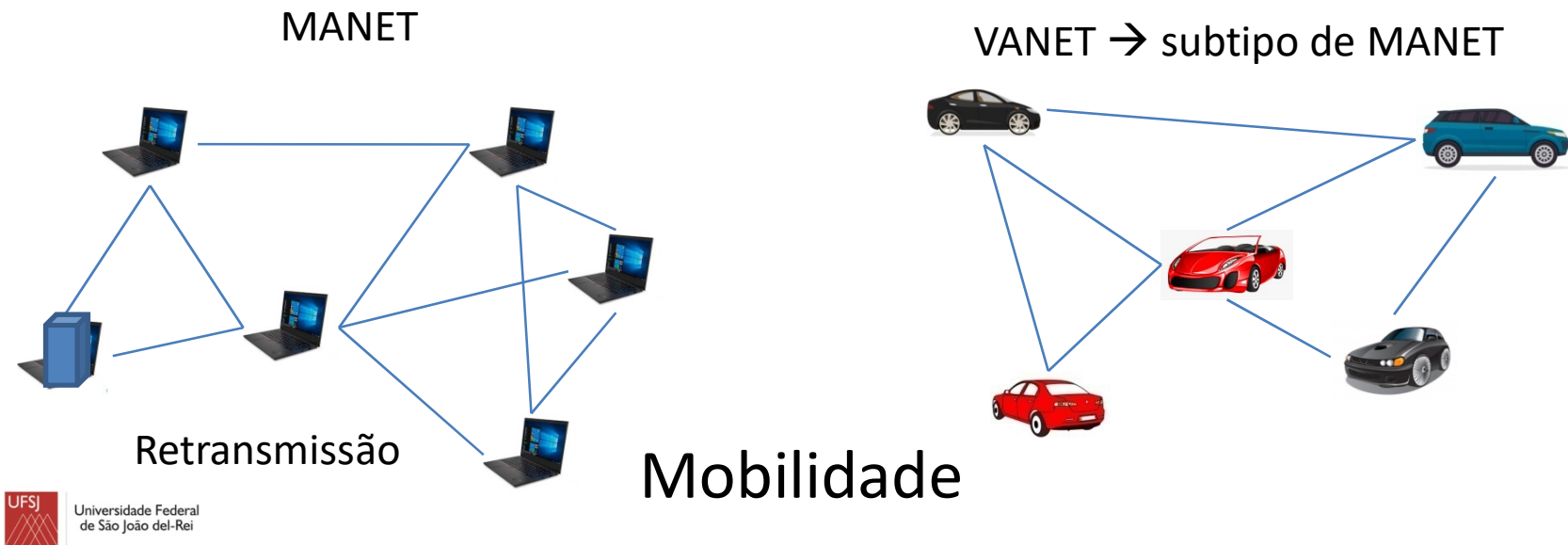
- Rede infraestruturadas

Estação Radio Base - ERB



Introdução

- Sem infraestrutura: redes Ad Hoc ou MANET (*Mobile Adhoc Network*)



Introdução

- **PAN - *Personal Area Network***
- LAN – *Local Area Network*
- WAN – *Wide Area Network*



Introdução

- PAN - *Personal Area Network*
- **LAN** – *Local Area Network*
- WAN – *Wide Area Network*



Introdução

- PAN – *Personal Area Network*
- LAN – *Local Area Network*
- **WAN – *Wide Area Network***

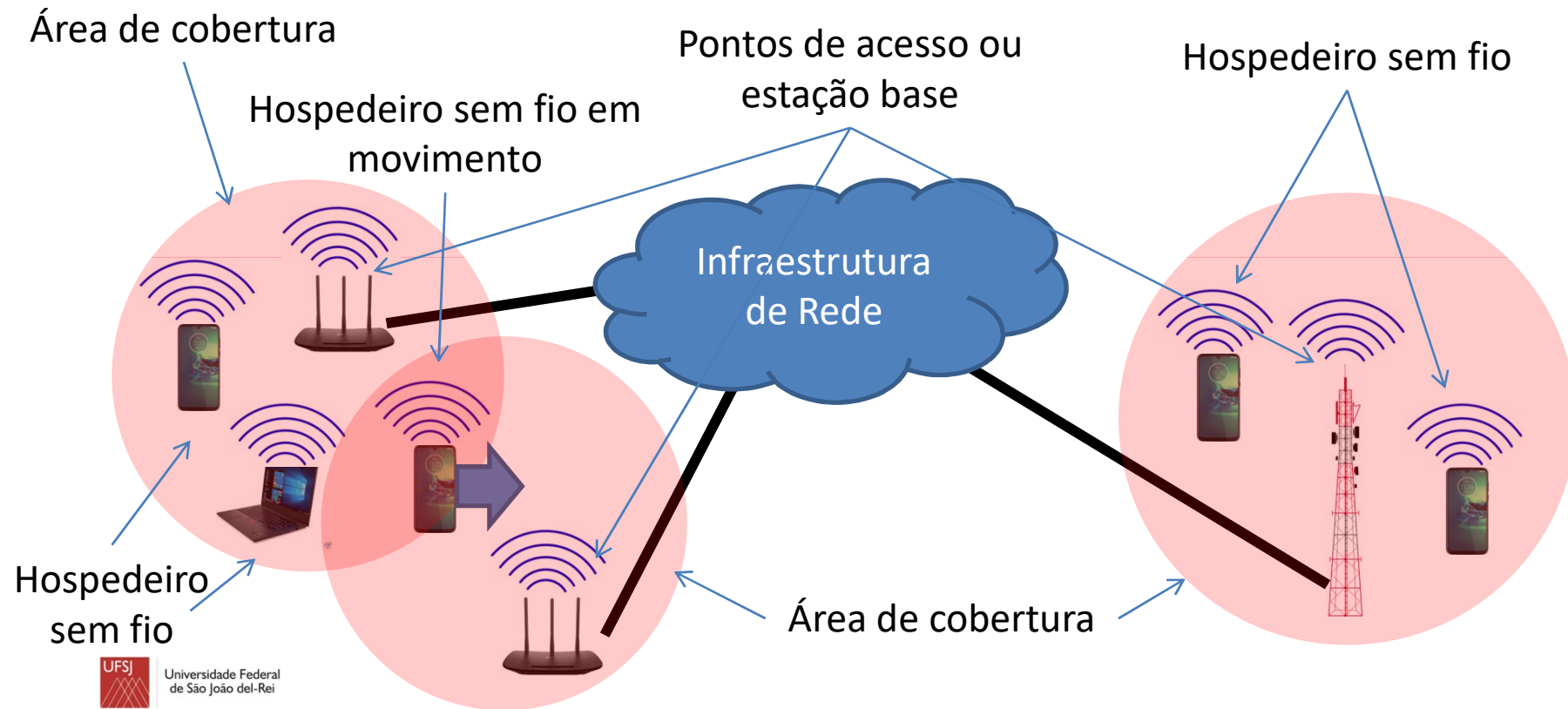


Nomeclatura

- **Hospedeiro sem fio:** nó final de uma comunicação se se conecta à rede por um enlace sem fio (ex: smartphone, laptop)
- **Estação base:** equipamento que dá acesso sem fio a uma rede(ex: roteador Wifi)
- **Enlace sem fio:** link de comunicação entre o hospedeiro e a estação base



Nomenclatura



Características de Enlaces Sem Fio



Universidade Federal
de São João del-Rei

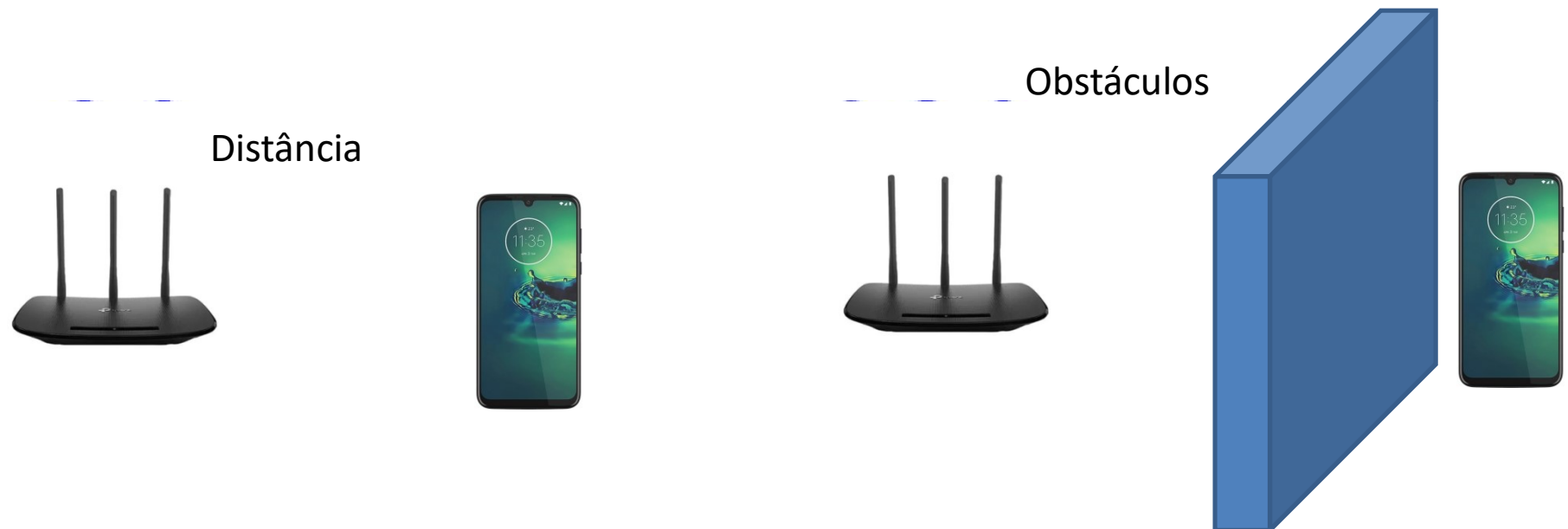
Características de Enlaces Sem Fio

- Redução da força do sinal: distância ou obstáculo
- Interferência de outras fontes: equipamentos na mesma frequência e equipamentos que emitem ondas eletromagnéticas (motores)
- Propagação multivias: ou multicaminhos, ocorre com a reflexão do sinal



Características de Enlaces Sem Fio

- Redução da força do sinal



Características de Enlaces Sem Fio

- Interferência de outras fontes

Telefones sem fio → 2.4 GHz



Motores elétricos



Universidade Federal
de São João del-Rei

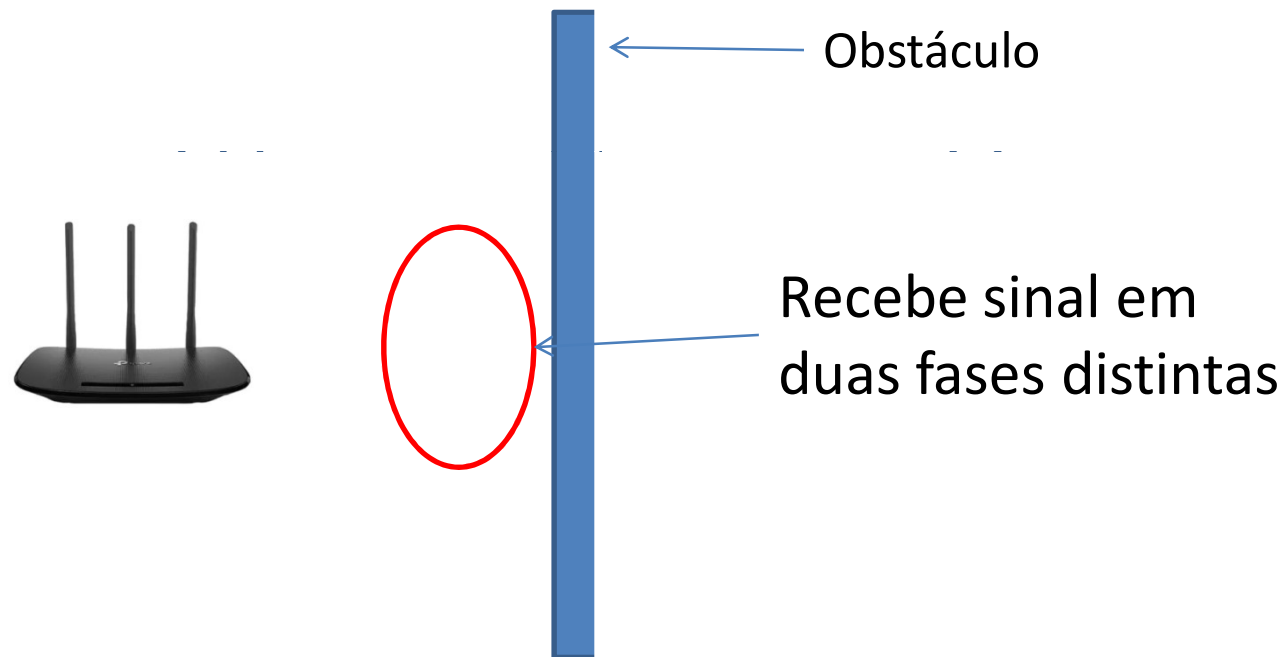


Bluetooth e Wifi → 2.4GHz



Características de Enlaces Sem Fio

- Propagação multivias



Características de Enlaces Sem Fio

- SNR – relação sinal ruído
 - Medido em decibéis (dB)
 - Quanto maior melhor
- BER – taxa de erro de bit (probabilidade de um bit transmitido ser recebido sem erro)

CDMA

Code Division Multiple Access



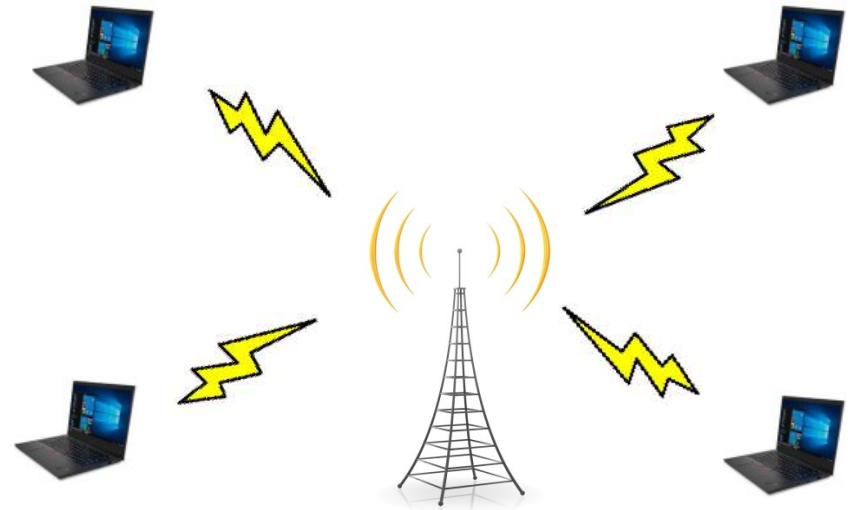
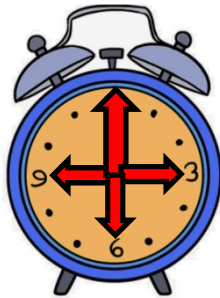
CDMA

- Protocolo de acesso ao meio compartilhado
- Protocolos semelhantes
 - TDM: *Time Division Multiplexing*
 - FDM: *Frequency Division Multiplexing*
- CDMA
 - Todos transmitem ao mesmo tempo
 - Cada nó possui um código
 - Sabendo os códigos, o receptor separa cada comunicação



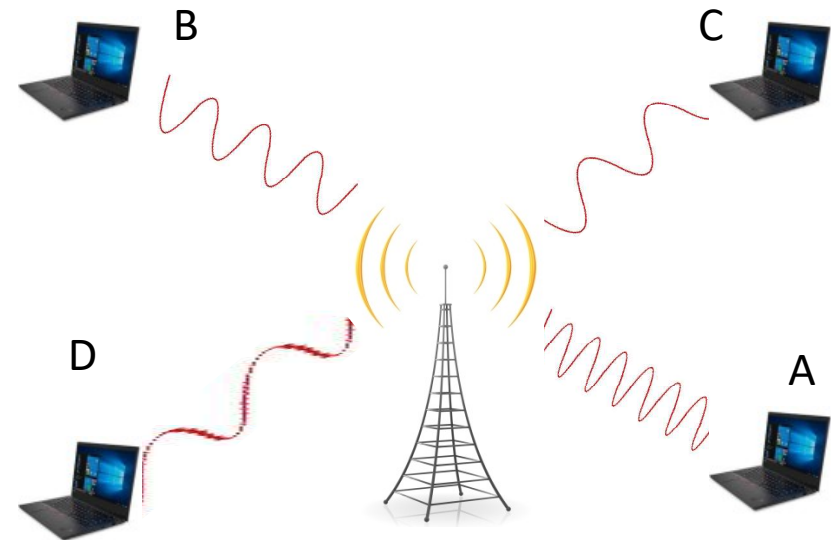
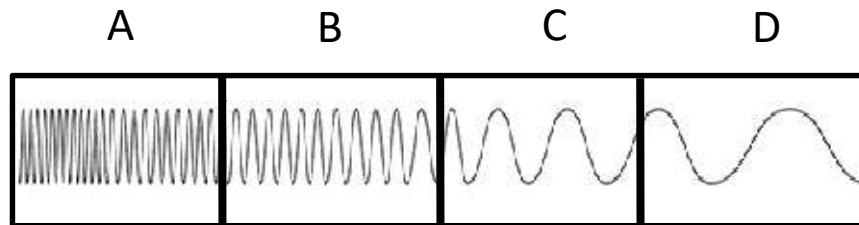
TDM – *Time Division Multiplexing*

- O tempo é dividido em N slots
- Em cada slot um nó transmite
- Cada nó tem banda de $1/N$



FDM – *Frequency Division Multiplexing*

- O espectro de frequência é dividido em N canais
- Cada nó utiliza um canal
- Cada nó tem banda de $1/N$



CDMA – *Code Division Multiplexing Access*

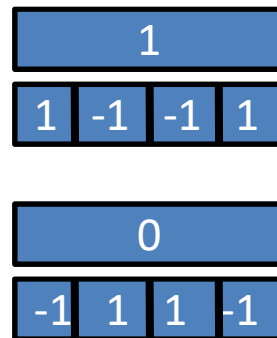
- Todos os nós podem transmitir ao mesmo tempo utilizando toda a banda disponível
- O receptor é capaz de decodificar cada transmissão
- Cada nó possui um código único



Universidade Federal
de São João del-Rei

CDMA – *Code Division Multiplexing Access*

- Cada bit é dividido em chips (4 chips no exemplo abaixo)
- Cada nó recebe um código em chips para 1 e o inverso para 0
- Cada chip recebe o os valores
 - Bit 0 $\rightarrow$ -1
 - Bit 1 $\rightarrow$ 1



CDMA – *Code Division Multiplexing Access*

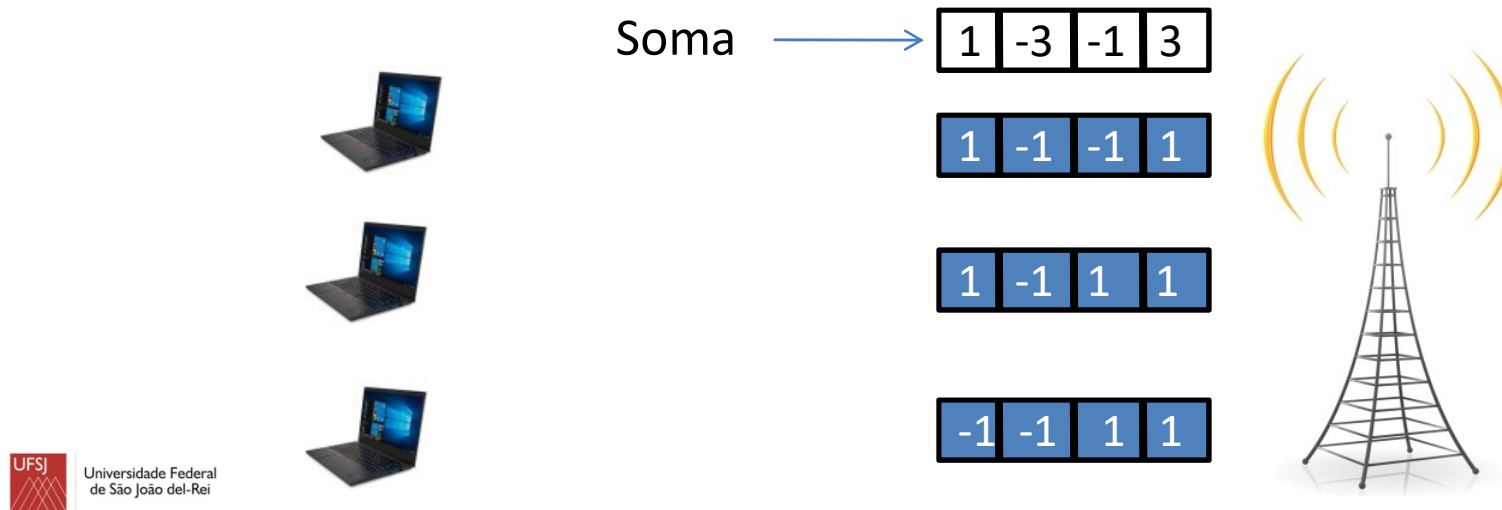
- Os chips são somados no receptor
- Após receber todos os chips de um bit o receptor consegue distinguir os bits de cada emissor

Valor recebido: 1 → soma dos chips



CDMA – *Code Division Multiplexing Access*

- Os chips são somados no receptor
- Após receber todos os chips de um bit o receptor consegue distinguir os bits de cada emissor





Wifi: LAN sem fio 802.11



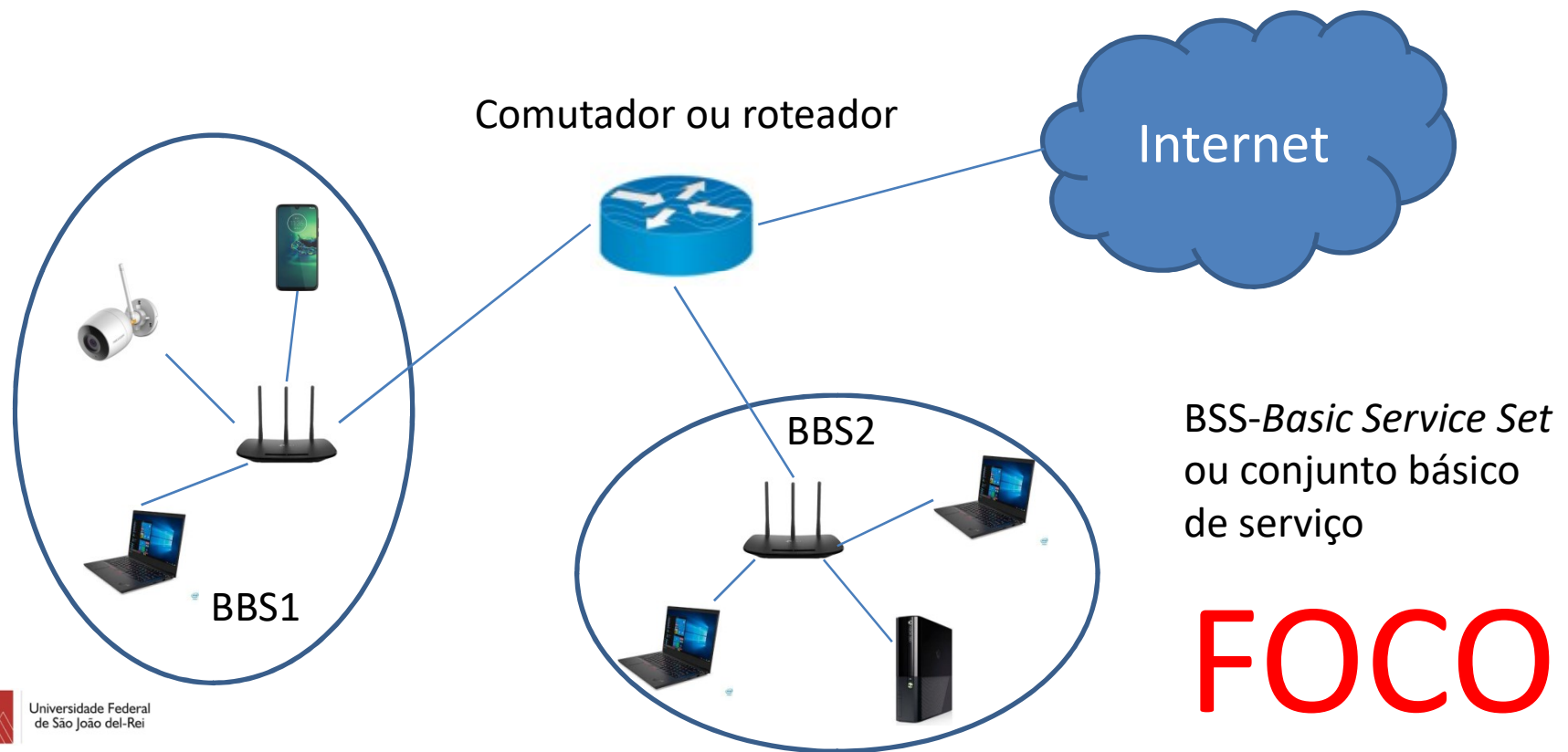
Universidade Federal
de São João del-Rei

Wifi: LAN sem fio 802.11

- Padrão para redes locais (LAN)
- Definido pelo protocolo IEEE 802.11
- Faixa de frequência 2.4 Ghz ou 5.0 Ghz → faixa livre
- Utiliza CSMA/CA para acesso ao meio

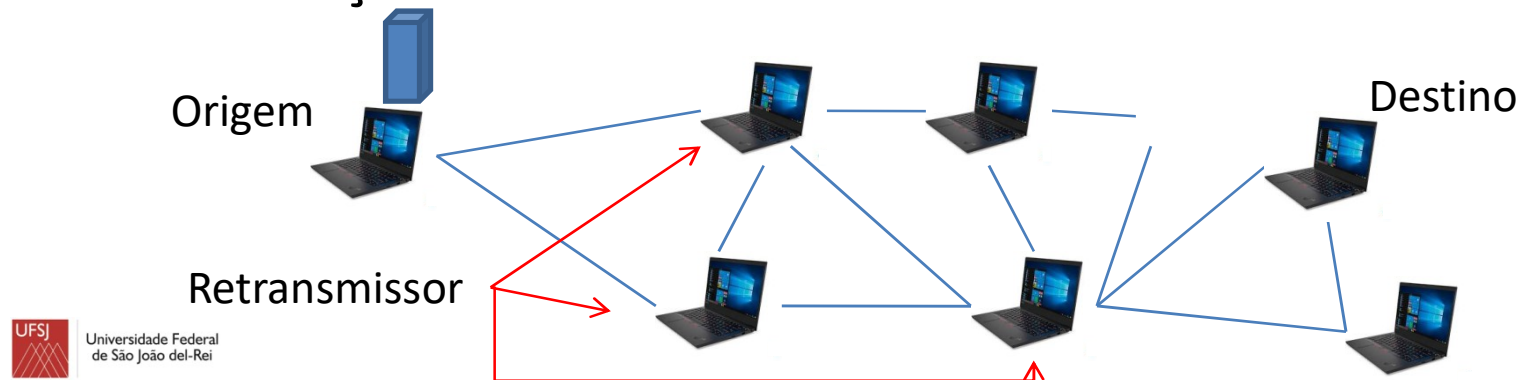


A Arquitetura 802.11 - Estruturada



A Arquitetura 802.11 - Redes Sem Infraestrutura ou Ad Hoc

- Não possui um AP para centralizar a comunicação
- Topologia variada podendo ser móvel
- Os dispositivos conversam entre si
- Retransmissão de pacotes para aumentar o alcance da comunicação



Wifi: LAN sem fio 802.11

- Variações mais comuns
 - **IEEE 802.11**: 2.4 GHz capacidade teórica de 2 Mbps.
 - **IEEE 802.11a**: 5 GHz capacidade teórica de 54 Mbps.
 - **IEEE 802.11b**: 2,4 GHz capacidade teórica de 11 Mbps.
 - **IEEE 802.11g**: 2,4 GHz capacidade teórica de 54 Mbps.
 - **IEEE 802.11n**: 2,4 GHz e/ou 5 GHz capacidade teórica de 150 a 600 Mbps.
 - **IEEE 802.11ac**: 5 GHz capacidade teórica de 1300 Mbps.



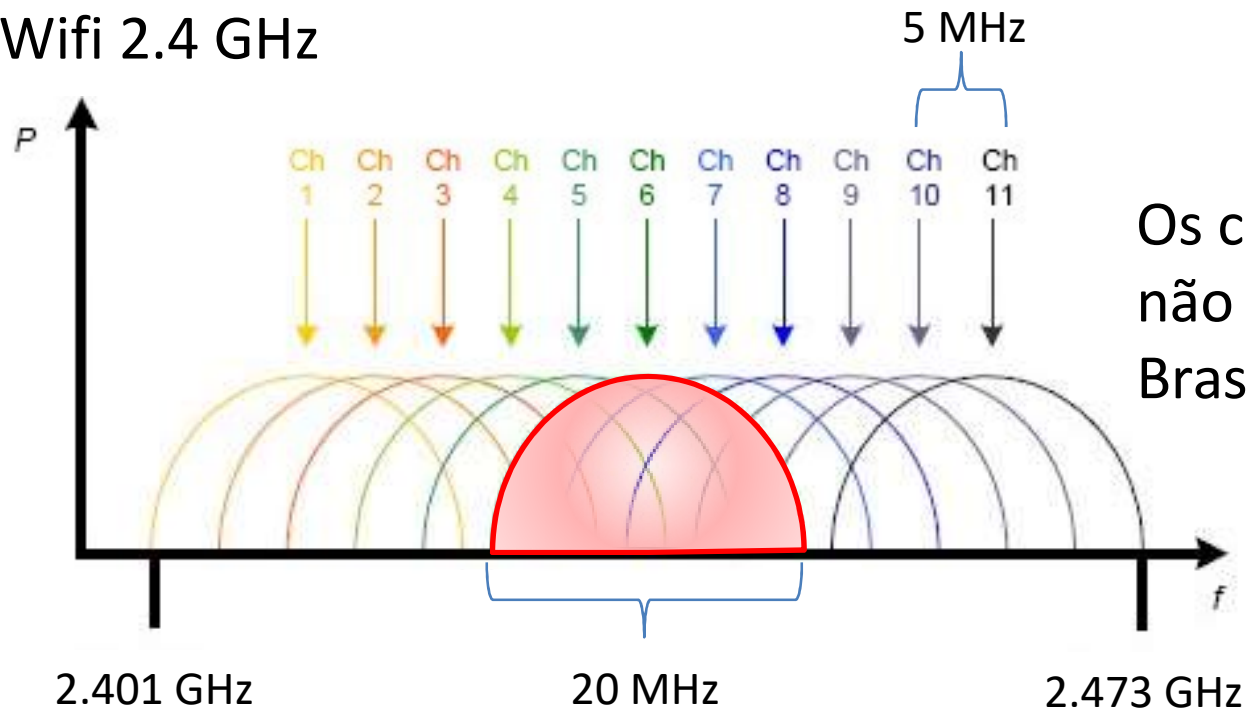
Canais e Associação

- Cada ponto de acesso define um *Service Set Identifier* – SSID
- VLANs diferentes possuem SSID diferentes
- Wifi 2.4: faixa de frequência de 2.4 GHz a 2.485 GHz
 - 11 canais que se sobrepõem (diferença de 5 MHz)
 - Cada canal ocupa 20 MHz
 - Ocorre sobreposição de canais
- Wifi 5.0: faixa de frequência de 5.150 GHz a 5.725 GHz
 - Até 24 canais sem sobreposição
 - Cada canal ocupa de 20 MHz a 160 MHz



Canais e Associação

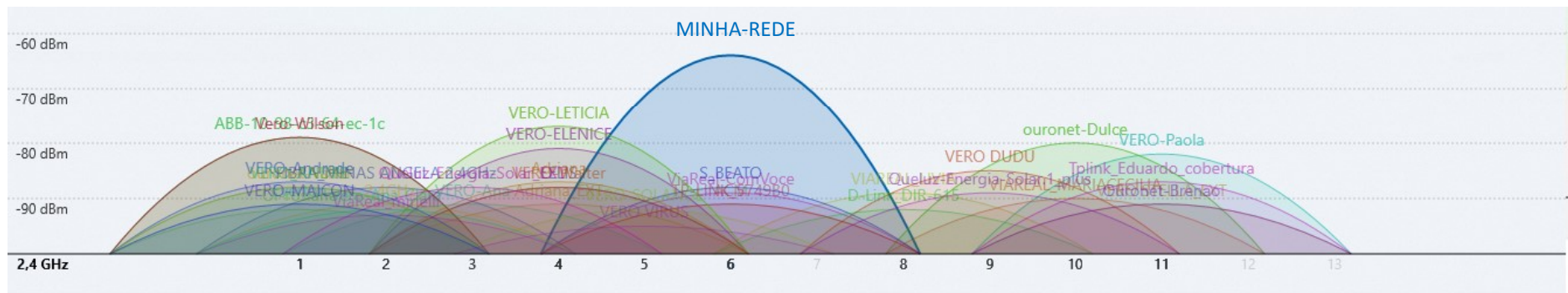
- Wifi 2.4 GHz



Os canais 12, 13 e 14 não são utilizados no Brasil

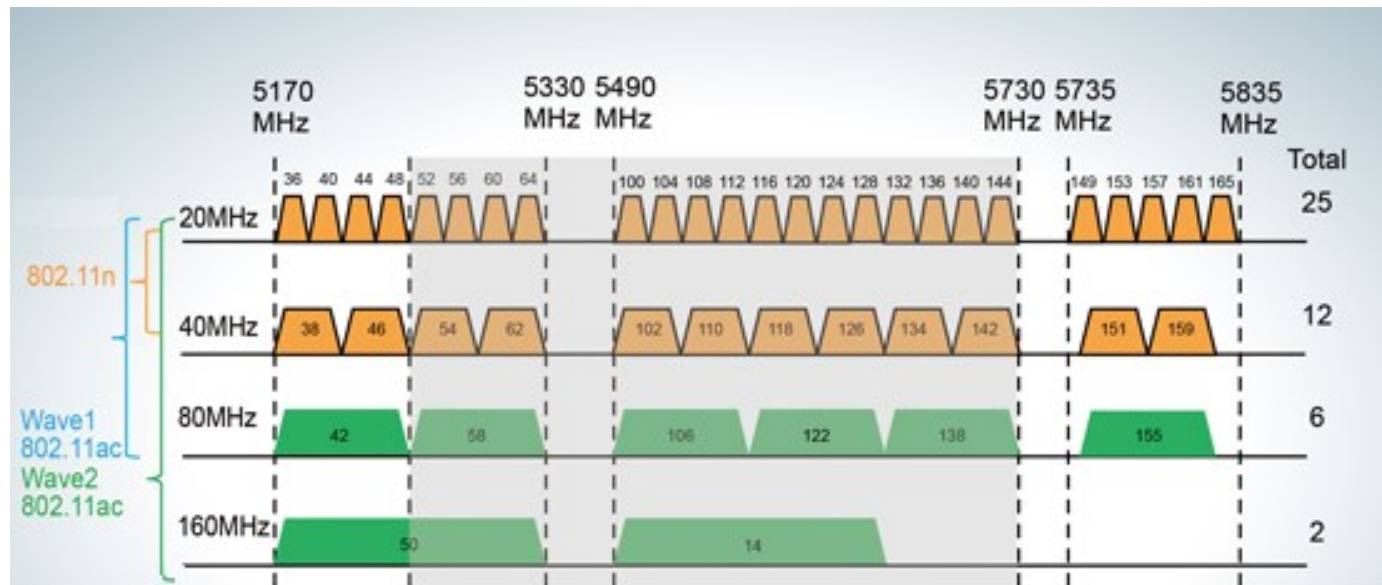
Canais e Associação

- Gráfico gerado pelo Wifi Analyzer para Windows



Canais e Associação

- Wifi 5.0



Canais e Associação

- Gráfico gerado pelo Wifi Analyzer para Windows



Canais e Associação

- Wifi 2.4 vs 5.0



Canais e Associação

- Modos de associação a um canal
 - **Varredura passiva:** o host escuta dos quadros de sinalização periodicamente enviados pelos Aps
 - **Varredura ativa:** o host envia um quadro de investigação e recebe um quadro de resposta do AP
- Após a associação, o host envia uma mensagem de descoberta DHCP

Canais e Associação

- Varredura passiva – Quadros de sinalização periódicos



Cada quadro possui:

- SSID
- Canal utilizado

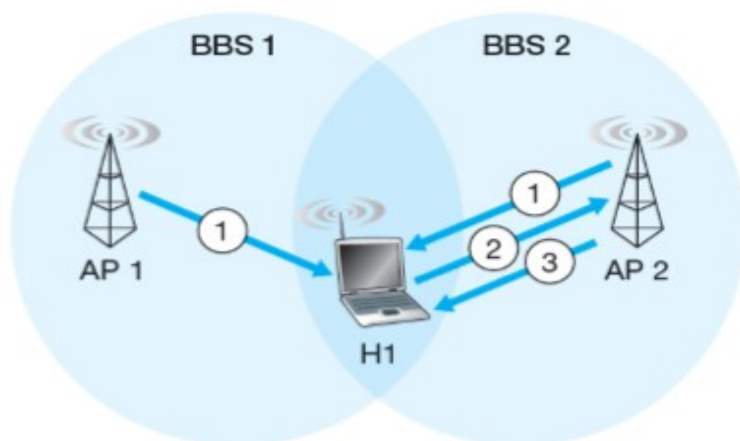


Canais e Associação

- Varredura ativa– Quadros de sinalização periódicos

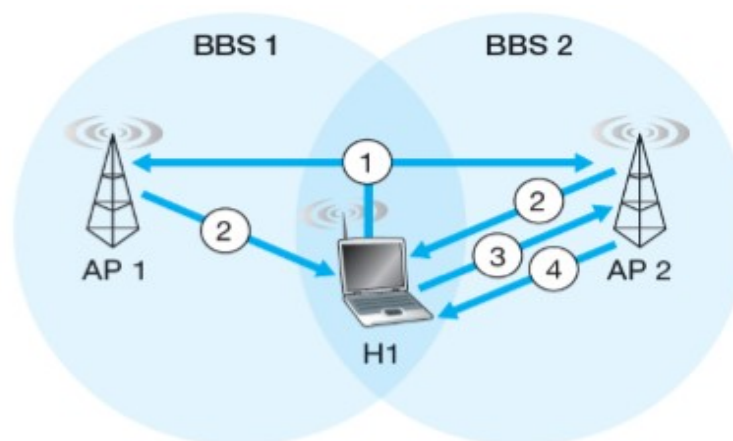


Canais e Associação



a. Varredura passiva

1. Quadros de sinalização enviados dos Aplicações
2. Quadro de Solicitação de Associação enviado: H1 para AP selecionado
3. Quadro de Resposta de Associação enviado: AP selecionado para H1



a. Varredura ativa

1. Difusão do quadro de Solicitação de Investigação de H1
2. Quadro de Resposta de Investigações enviado das Aplicações
3. Quadro de Solicitação de Associação enviado: H1 para AP selecionado
4. Quadro de Resposta de Associação enviado: AP selecionado para H1

O protocolo MAC 802.11



Wifi: LAN sem fio 802.11

- 802.11 → CSMA/CA
 - *Carrier sense multiple access with collision avoidance*
 - Não detecta colisão
 - O sinal recebido é muito mais fraco que o sinal transmitido, o hardware fica caro
 - O problema do terminal escondido impede que colisões seja detectadas
 - Prevenção por mensagens de controle: RTS (Request to Send) e CTS (Clear to Send)
- Quadros de reconhecimento
 - Altas taxas de erros no canal
 - Quadros ACK para confirmação de chegada



CSMA/CA

Sabe o tamanho dos dados → aguarda fim da transmissão

Sabe o tamanho dos dados → aguarda fim da transmissão

Aguarda SIFS (*Short Inter-Frame Space*)

~~RTS~~

~~CTS~~

B

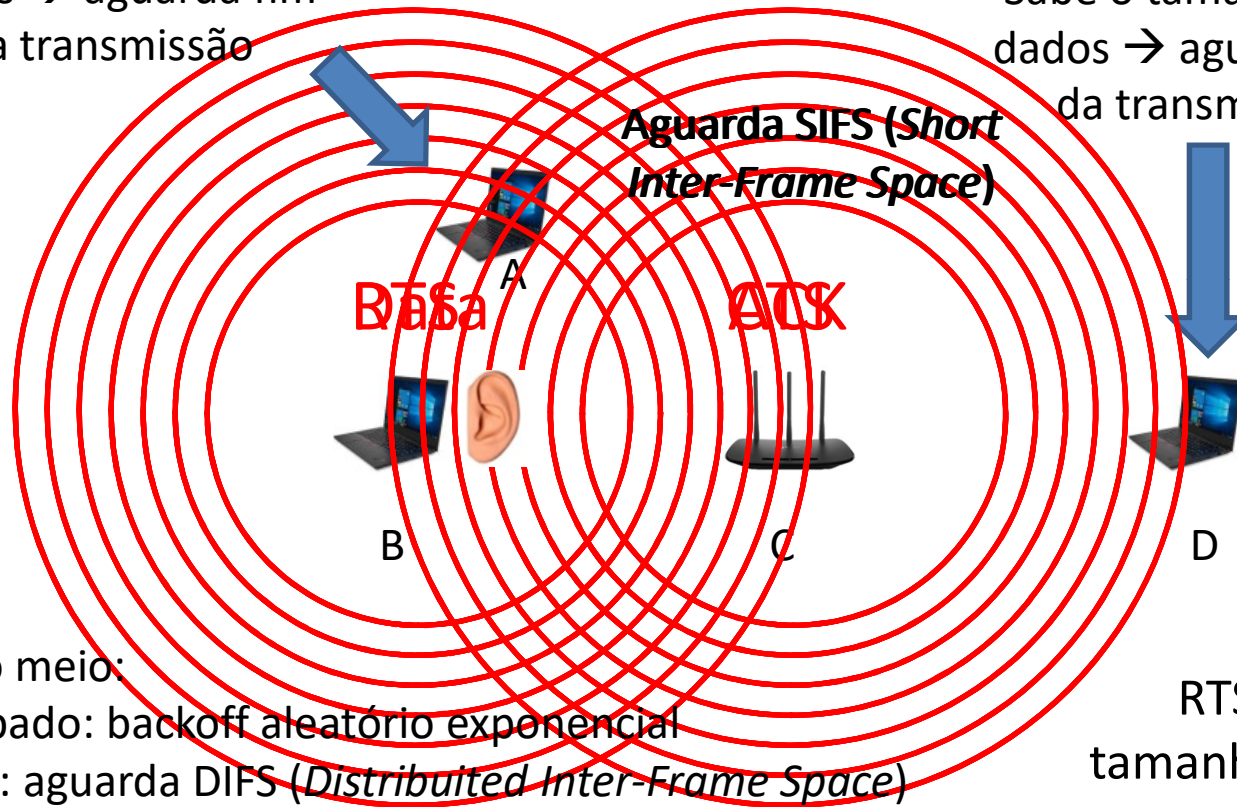
C

D

Escuta o meio:

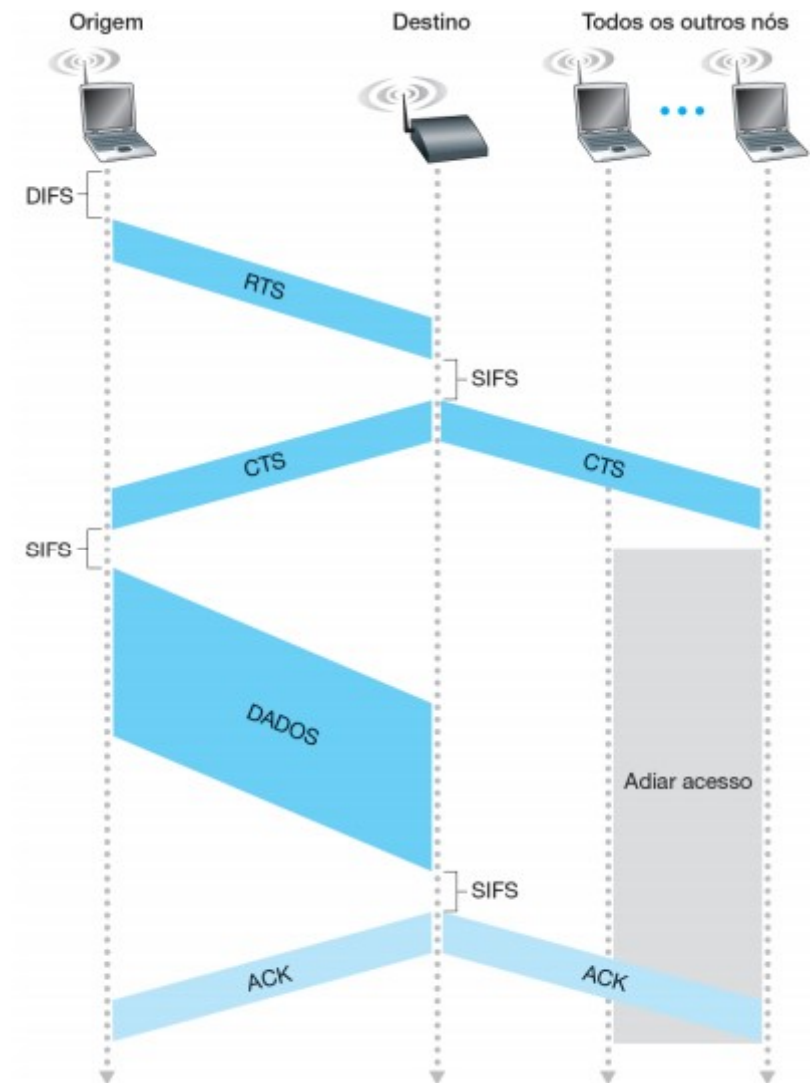
- Ocupado: backoff aleatório exponencial
- Livre: aguarda DIFS (*Distributed Inter-Frame Space*)

RTS e CTS possuem o tamanho do pacote de dados



CSMA/CA

- DIFS e SIFS: utilizados para processamento do frame
 - DIFS: *Distributed Inter-Frame Space*
 - SIFS: *Short Inter-Frame*
- RTS: *Request To Send*
- CTS: *Clear To Send*



O quadro IEEE 802.11

Quadro (os números indicam o comprimento do campo em bytes):

2	2	6	6	6	2	6	0-2312	4
Controle de quadro	Duração	Endereço 1	Endereço 2	Endereço 3	Controle de sequência	Endereço 4	Carga útil	CRC

Detalhamento do campo de controle do quadro (os números indicam o comprimento do campo em bits):

2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1
Versão do protocolo	Tipo	Subtipo	Para o AP	Do AP	Mais frag	Nova tentativa	Ger. de energia	Mais dados	WEP	Reservado

O quadro IEEE 802.11

- Controle de quadro
 - Versão: do protocolo
 - Tipo e subtipo: CTS, RTC, ACK ou DATA
- Duração: tempo de ocupação do meio
- Endereço 1: destino do quadro
- Endereço 2: origem do quadro
- Endereço 3: BSS
- Endereço 4: utilizado somente em redes sem infraestrutura
- Controle de sequência: para quadros fragmentados
- Carga útil: normalmente um datagrama IP ou um pacote ARP
- CRC: detecção de erros





Rede Sem Fio de Banda Larga Wimax



Universidade Federal
de São João del-Rei

Rede Sem Fio de Banda Larga - Wimax

- Padrão IEEE 802.16 para MAN sem fio (*Metropolitan Area Network*)
- Intuito: “entregar dados sem fio a um grande número de usuários e longas distâncias”
- O IEEE 802.11 foi projetado para ser o Ethernet sem fio, o IEEE 802.16 para ser a TV a cabo sem fio

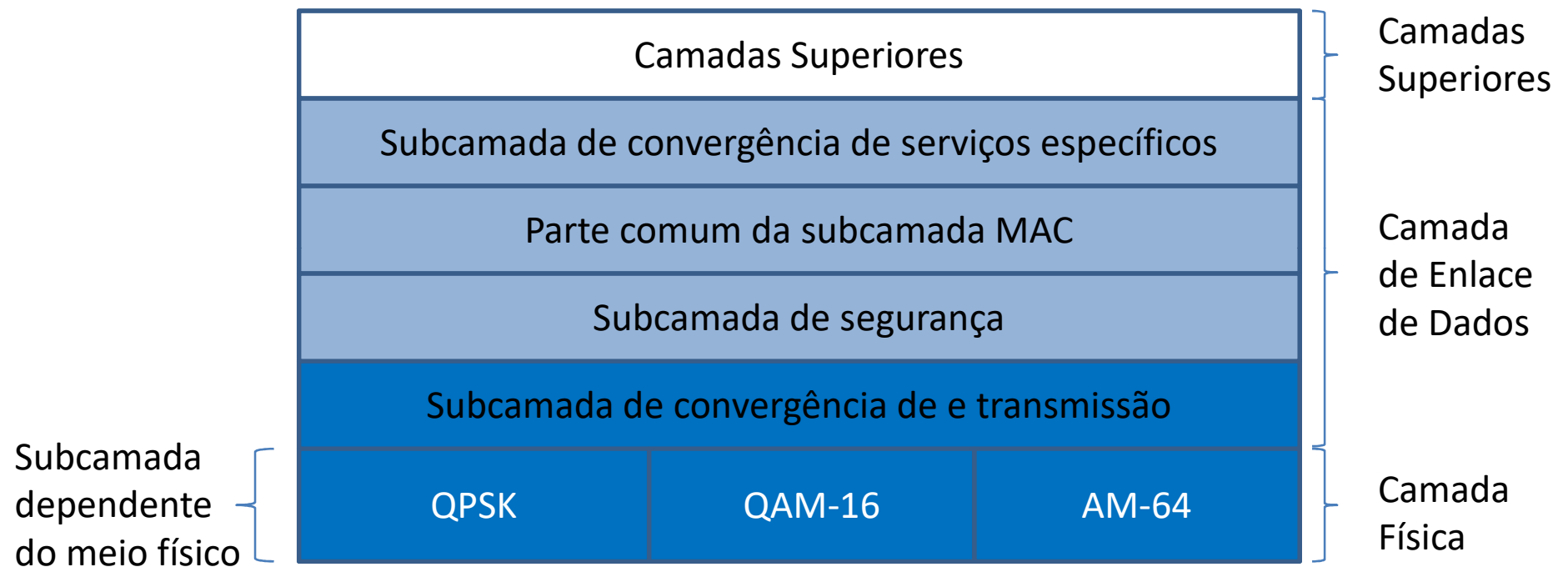


Rede Sem Fio de Banda Larga - Wimax

- 802.16 em relação ao 802.11
 - Longas distâncias (cerca de 50 Km)
 - Maior potência de transmissão
 - Maior interferência/ruído
 - Maior banda para suportar mais usuários por células
 - Frequência na faixa 10 a 66 GHz
 - Ondas pequenas: absorvidas pela água
 - Necessita de mais segurança
 - Suporte para transmissão de mídias



802.16: pilha de protocolos



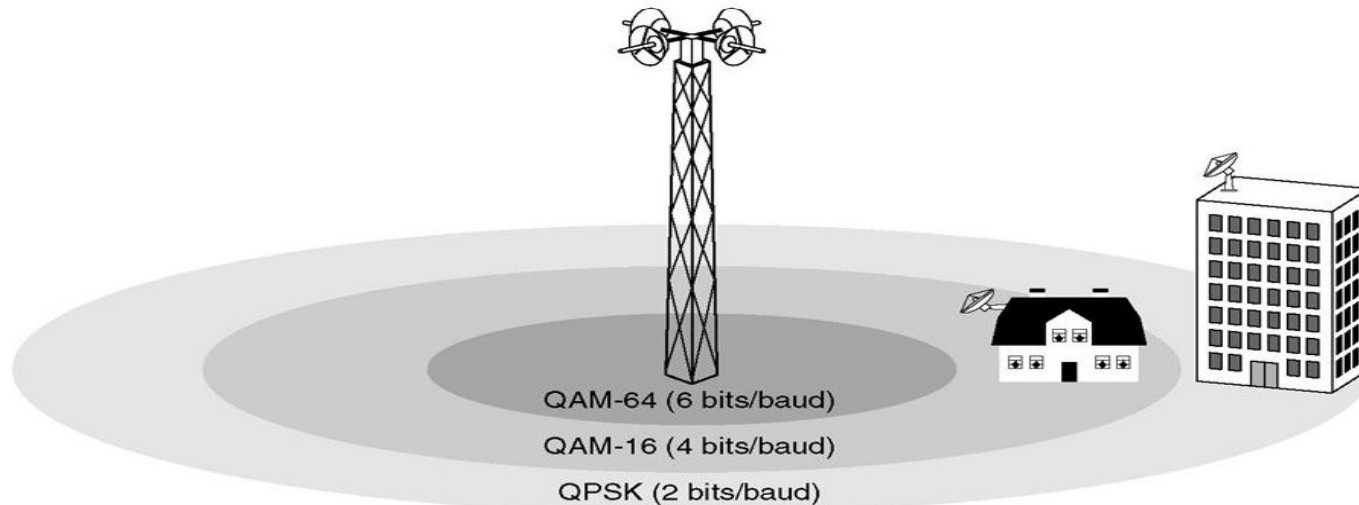
802.16: pilha de protocolos

- Camada de Enlace
 - Subcamada de convergência de serviços específicos: define a interface para a Camada de Rede
 - MAC:
 - Acesso ao meio
 - Orientada a conexão para ofertar serviço de telefonia e multimídia (diferente do 802.11)
 - Gerenciamento de canais
 - Subcamada de segurança: criptografia e gerenciamento de chaves



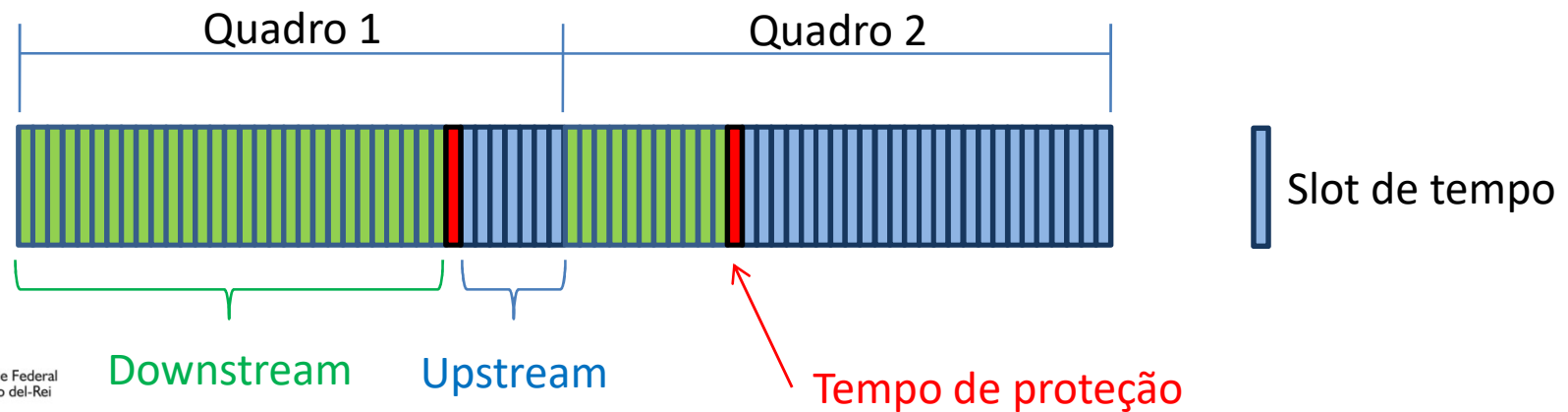
802.16: pilha de protocolos

- Camada Física
 - Três esquemas de modulação do sinal dependente da distância: QAM-64, QAM-16 e QPSK



802.16: a camada física

- Correção de erros (meio com muita interferência)
- Alocação da banda por:
 - FDD (Frequency Division Duplexing)
 - TDD (Time Division Duplexing)
- Flexibiliza a banda entre tráfego downstream e upstream (TDD)





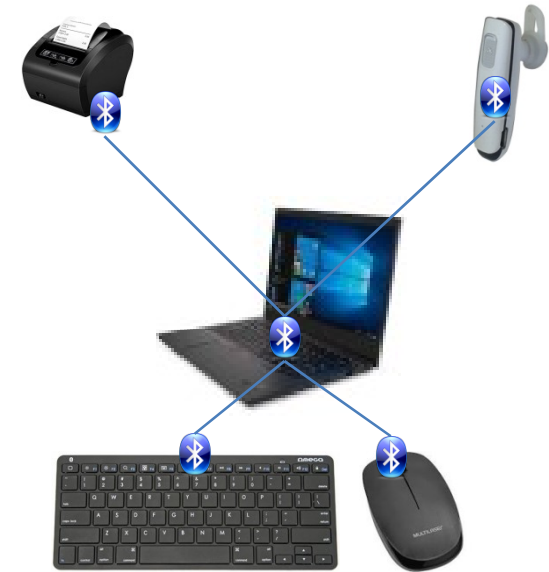
Bluetooth



Universidade Federal
de São João del-Rei

Bluetooth

- Padrão IEEE 802.15.1
- Conexão de dispositivos
 - Sem fio
 - Curto alcance
 - Baixa potência
 - Baixo custo
- Define o conceito de PAN – *Personal Area Network*



Bluetooth

- Frequência 2.4 Ghz (interferência com Wifi)
- 79 canais de 1 MHz
- TDM – *Time Division Multiplexing*
- A cada slot o emissor utiliza um canal
 - Escolha pseudoaleatoria – mesma semente no emissor e no receptor
 - FSSS - *Frequency-hopping spread spectrum*



Bluetooth

- FSSS - *Frequency-hopping spread spectrum*



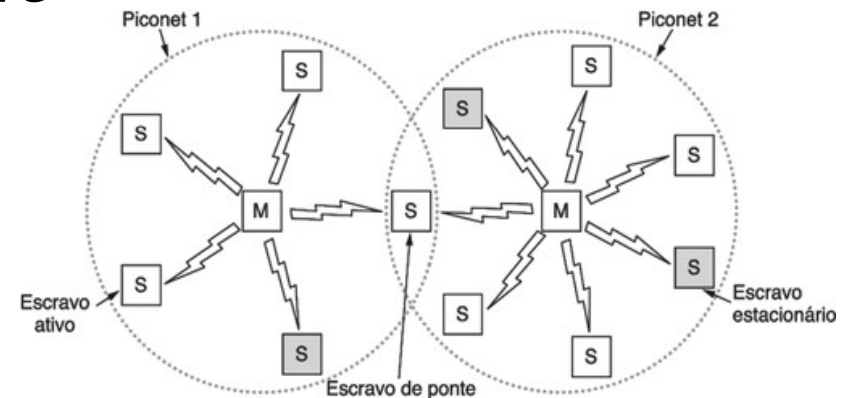
Canal 1
Canal 2
Canal 3
Canal 4
Canal 5
Canal 6
Canal 7
Canal 8



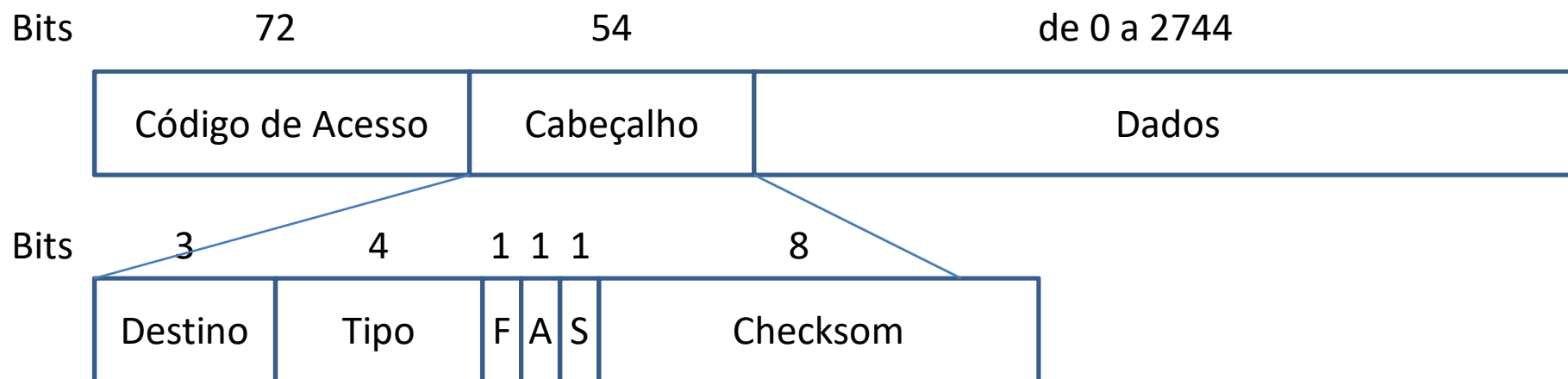
Busca a média de interferência entre os canais
Obs: Bluetooth possui 79 canais

Arquitetura Bluetooth

- O mestre controla todas as comunicações
- Comunicações somente com o mestre
- Estrutura básica: piconet
 - Um nó mestre
 - Até 7 escravos
- União de duas piconets: scatternet
 - Um dos escravo é utilizado como ponte



A estrutura do quadro Bluetooth



O cabeçalho é repetido 3 vez, o que totaliza 54 bits de dados

A estrutura do quadro Bluetooth

- Código de acesso (identifica o mestre); também utilizado para sincronizar
- Cabeçalho: dados da camada MAC
 - Endereço: destino do quadro
 - Tipo
 - F – Fluxo: 0 indica escravo com buffer cheio (não pode receber mais pacotes)
 - A – ACK
 - S – alterna entre pacotes para identificar erros
 - Total Verificação
- O cabeçalho é repetido 3 vezes ($18 * 3 = 54$ bits)
- Dados – até 2744 bits

