

# Ch. 06 – Wireless and Mobile Network

## 6.1 – Introdução as Redes Móveis e Wireless

## 6.2 – Característica de Enlaces e Rede sem Fio

### 6.2.1 – Code Division Multiple Access (CDMA)

## 6.3 – Redes WiFi 802.11

### 6.3.1 – Arquitetura 802.11

### 6.3.2 – Protocolo MAC 802.11

### 6.3.3 – Quadro MAC 802.11

### 6.3.4 – Mobilidade na Sub-rede IP

### 6.3.5 – Recursos Avançados no 802.11

### 6.3.6 – Redes Pessoais BlueTooth e ZigBee

# ... Ch. 06 – Wireless and Mobile Network

## 6.4 – Acesso Celular à Internet

### 6.4.1 – Visão Geral de Rede Celular

### 6.4.2 – Rede de Celular 3G

### 6.4.3 – Redes Celular 4G (LTE)

## 6.5 – Princípios do Gerenciamento de Mobilidade

### 6.5.1 – Endereçamento

### 6.5.2 – Roteamento

**Itens 6.4 e 6.5 .. LEITURA COMPLEMENTAR**

# ... Ch. 06 – Wireless and Mobile Network

6.6. - IP Móvel

6.7 – Mobilidade na Rede Celular

6.7.1 – Roteamento de Chamada para Usuário

6.7.2 – Transferência de Chamada na Rede GSM

6.8 – Impacto da Mobilidade nos Protocolos

**Itens 6.6, 6.7 e 6.8 .. LEITURA COMPLEMENTAR**

# Referências Bibliográficas

- James F. Kurose; Keith W. Ross – Redes de Computadores e a Internet: Uma Abordagem Top-Down – Pearson São Paulo; 6th; 2014; ISBN: 978-85-430-1443-2
- ... Lectures dos autores James F. Kurose; Keith W. Ross “[https://gaia.cs.umass.edu/kurose\\_ross/eighth.htm](https://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/eighth.htm)”
- Notas de Aula do Prof. Maurício Magalhães e Eleri Cardozo da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da UNICAMP “[www.dca.feec.unicamp.br/~mauricio/~elerj](http://www.dca.feec.unicamp.br/~mauricio/~elerj)”.

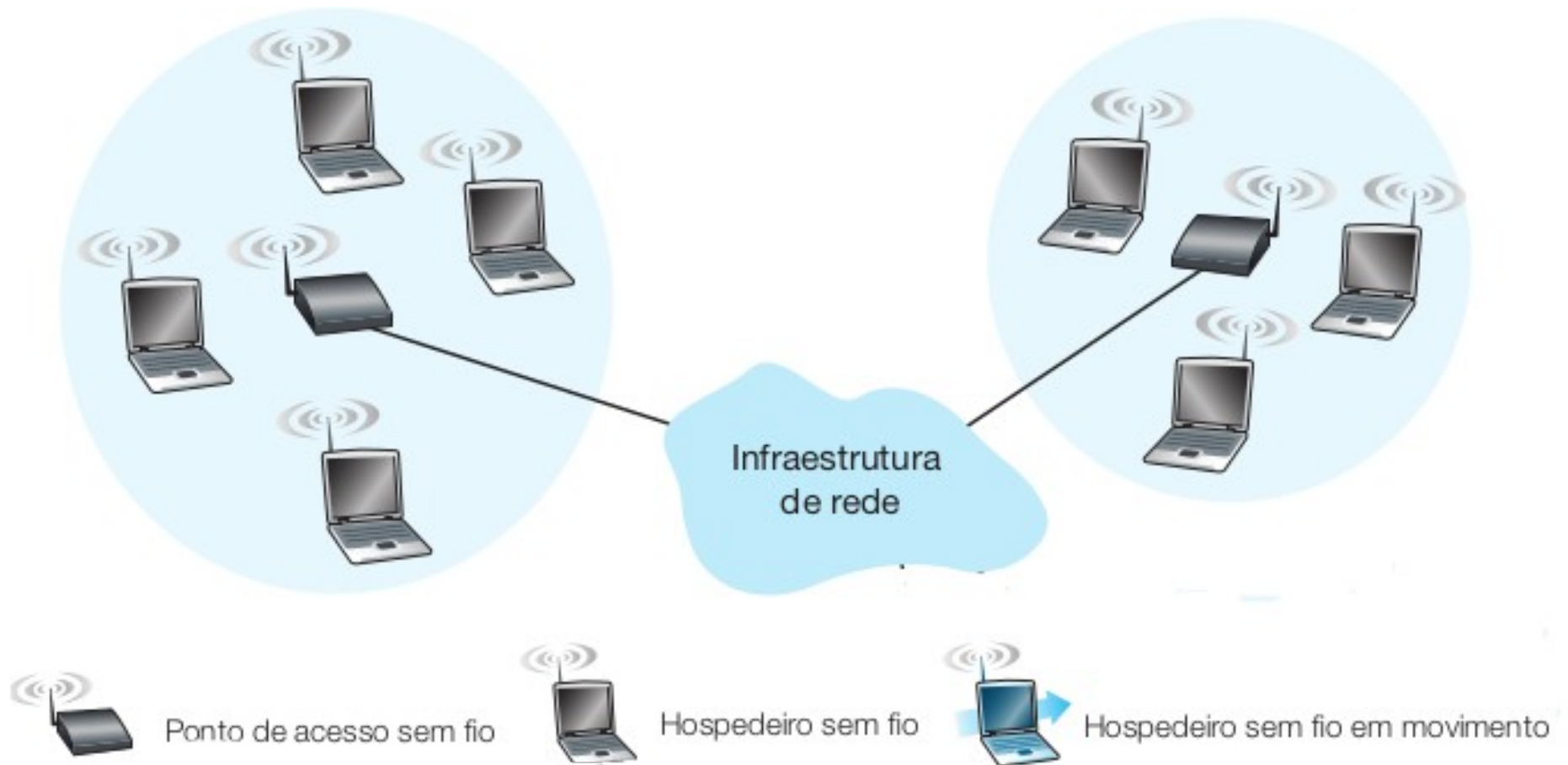
## 6 – Wireless and Mobile Network (overview)

- “**constatação**” .. nro. de assinantes de telefonia móvel (sem fio) já ultrapassa o número de assinantes de telefone com fio !!
- ... além disso, redes de computadores com laptops, notebooks, PDAs (Personal Digital Assistance), telefone móvel e dispositivos móveis possibilitam acesso livre à Internet a qualquer hora e lugar.
- “**desafios**” .. são dois os principais desafios.
- .. “comunicação” por enlace sem fio (meio não guiado);
- .. “mobilidade física” do usuário bem como dos dispositivos.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.1 - Introdução

### 6.1 – Introdução

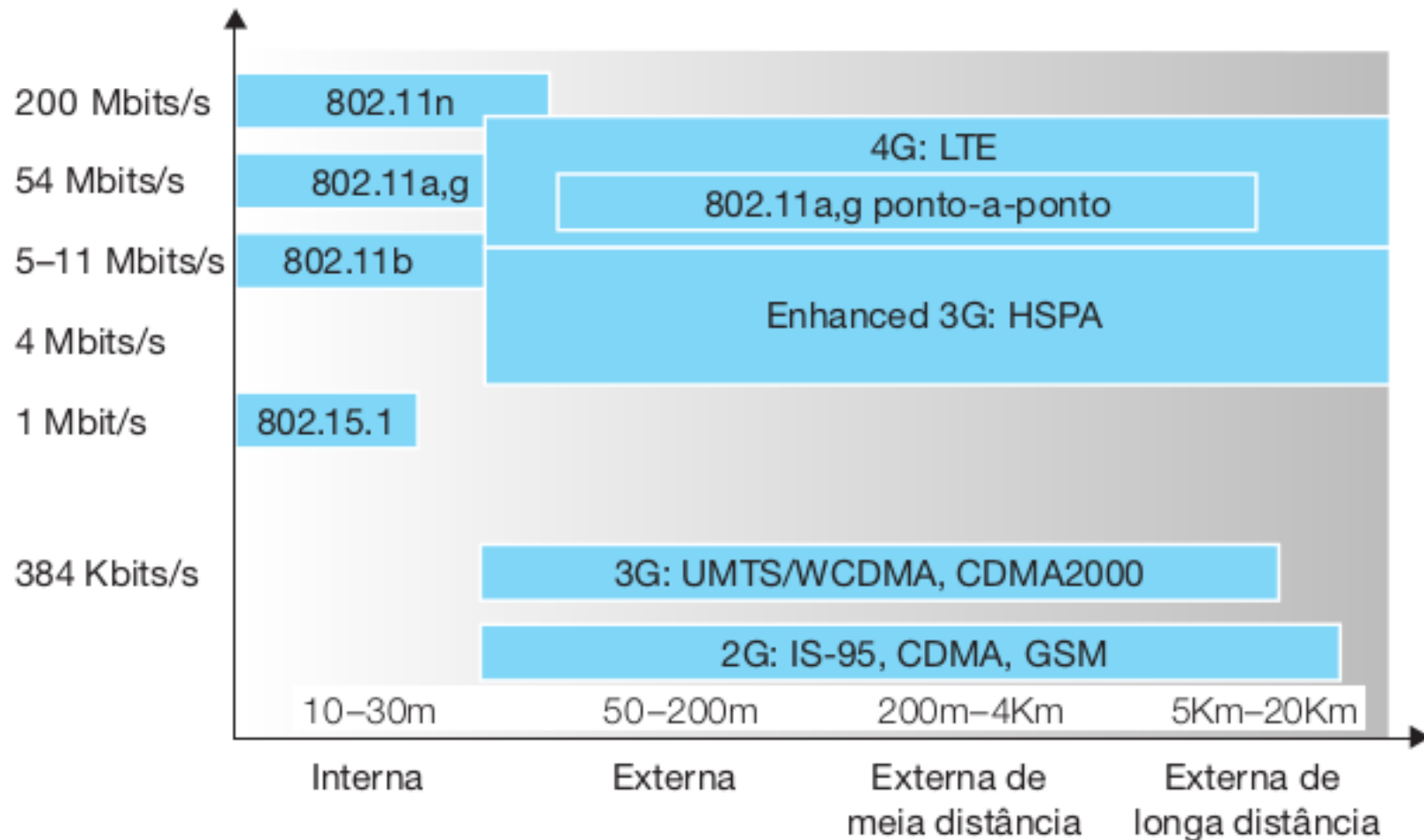
- “**contexto**” .. abrange uma ampla faixa de redes, entre LANs sem Fio (p.ex., IEEE 802.11) e Redes Celulares (p.ex., Rede 3G).



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.1 - Introdução

### 6.1 – Introdução

- “**contexto**” .. abrange uma ampla faixa de redes, entre LANs sem Fio (p.ex., IEEE 802.11) e Redes Celulares (p.ex., Rede 3G).



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.1 - Introdução

### ... 6.1 – Introdução

- “**contexto**” .. abrange uma ampla faixa de redes, entre LANs sem Fio (p.ex., IEEE 802.11) e Redes Celulares (p.ex., Rede 3G).
- “**hosts sem fio**” .. assim como em redes cabeadas (meio guiado), “hosts” são os sistemas finais que executam as aplicações.
- “**enlaces sem fio**” .. “host” se conecta a uma estação-base ou a outro “host” sem fio por meio de um enlace de comunicação sem fio.
- “**estação-base**” .. parte fundamental da infraestrutura de rede sem fio, mas diferentemente dos “hosts” e enlaces sem fio, uma estação-base não tem nenhuma contrapartida óbvia em uma rede cabeada.
- ... responsável pelo envio e recepção de dados (p.ex., pacotes) de / para um hospedeiro sem fio que está associado a ela.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.1 - Introdução

### ... 6.1 – Introdução

- “**contexto**” .. abrange uma ampla faixa de redes, entre LANs sem Fio (p.ex., IEEE 802.11) e Redes Celulares (p.ex., Rede 3G).
- “**estação-base**” .. quando um “host” sem fio se “associa” a uma estação-base, isso quer dizer que:
  - (1) o “host” está dentro do alcance de comunicação sem fio da estação-base e (2) o “host” usa a estação-base para retransmitir dados entre ele (o hospedeiro) e a rede maior.
- ... torres celulares em redes celulares e pontos de acesso em LANs sem fio 802.11 são exemplos de “**estações-base**”.
- “**infraestrutura de rede**” .. trata-se da infraestrutura de nós e enlaces com a qual um “host” sem fio pode se comunicar.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.1 - Introdução

### ... 6.1 – Introdução

- “**componentes da rede sem fio**” .. partes podem ser combinadas de diferentes maneiras para formar diferentes tipos de redes.
- “**classificação das redes sem fio**” .. se dá por 02 critérios:
- “**único salto**” .. pacote na rede sem fio atravessa exatamente um único salto sem fio, podendo ser, com ou sem infraestrutura.
- “**vários saltos**” .. infraestrutura na rede com uma estação-base, ou seja, trata-se da infraestrutura de nós e enlaces com a qual um “host” sem fio pode se comunicar.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.1 - Introdução

### ... 6.1 – Introdução

- **“salto único com infraestrutura”** .. redes com uma estação-base conectada a uma rede cabeada maior (p.ex., Rede Internet).
- ... toda a comunicação é feita entre a “estação-base” e o “host” sem fio através de um único salto (meio não guiado = sem fio).
- p.ex. Redes 802.11 e Redes de Dados por Celular 3G.
- **“salto único sem infraestrutura”** .. não existe estação-base conectada na rede sem fio, entretanto, um dos nós nessa rede de salto único pode coordenar as transmissões dos outros nós.
- p.ex., Redes Bluetooth e Redes 802.11 no modo “ad hoc”.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.1 - Introdução

### ... 6.1 – Introdução

- **“múltiplos saltos com infraestrutura”** .. contempla uma estação-base cabeada para as redes maiores.
- ... entretanto, alguns nós sem fio podem ter que restabelecer sua comunicação através de outros nós sem fio, de modo que possam se comunicar por meio de uma estação-base.
- ... algumas redes de sensores sem fio e as chamadas redes em malha sem fio se encaixam nesta categoria.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.1 - Introdução

### ... 6.1 – Introdução

- **“múltiplos saltos sem infraestrutura”** .. não existe estação-base nessas redes, e os nós podem ter de restabelecer mensagens entre diversos outros nós para chegar a um destino.
- ... nós podem se mover bem como ocasionar mudança de conectividade entre os mesmos e, por isso, são conhecidos como Redes Móveis “ad hoc” (MANETs - Mobile Ad Hoc Network).
- p.ex., .. Vehicular Ad Hoc Network (VANETs) .. nós são os veículos.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- e.g., considere uma rede simples cabeada (rede residencial) com “hosts” interconectados por um Computador Ethernet cabeado.
- .. como mudar a estrutura física para uma de rede sem fio, ou seja, como substituir a Ethernet Cabeada por uma Rede 802.11 ??
- “**solução**” ... basta substituir a Interface de Rede Ethernet em cada “host” por 01 Interface de Rede sem Fio, assim como o Computador Ethernet por um Ponto de Acesso sem Fio 802.11.
- “**vantagem**” .. nenhuma modificação se faz necessária nas camadas superiores, ou seja, camada de rede ou acima dela.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- Mas que “**diferenças**” há entre Rede Ethernet e Rede sem Fio ??
- “**redução da força do sinal**” .. radiações eletromagnéticas são atenuadas quando atravessam algum tipo de matéria (p.ex., um sinal de rádio ao atravessar uma parede).
- ... sinal se dispersa mesmo ao ar livre, reduzindo sua força (às vezes denominada “**atenuação**” de “**percurso**”) à medida que aumenta a distância entre emissor e receptor.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- Mas que “**diferenças**” há entre Rede Ethernet e Rede sem Fio ??
- “**interferência de outras fontes**” .. várias fontes de rádio na mesma banda de frequência causam interferência umas nas outras.
- p.ex., telefones sem fio de 2,4 GHz e LANs sem fio 802.11b utilizam a mesma banda de frequência, logo, interferem entre si.
- “**resultado**” .. utilização de uma LAN sem Fio 802.11b no mesmo ambiente ou proximidade de um Telefone sem Fio de 2,4 GHz gera interferência de tal sorte que nem um ou outro funcione bem.
- ... além da interferência de fontes transmissoras, o ruído eletromagnético presente no ambiente (p.ex., um motor ou equipamento de micro-ondas) pode causar interferência.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- Mas que “**diferenças**” há entre Rede Ethernet e Rede sem Fio ??
- “**propagação multivias**” .. propagação multicaminhos se dá quando parte das ondas eletromagnéticas refletem em objetos e tomam caminhos diferentes entre o emissor e o receptor.
- ... objetos que se movimentam entre o emissor e o receptor podem fazer com que a propagação multivias mude ao longo do tempo.
- “**resultado**” .. embaralhamento do sinal recebido no destinatário.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- “**diante de tais problemas**” .. é possível afirmar que erros de bit são mais comuns em enlaces sem fio do que em enlaces com fio.
- “**conclusão**” .. protocolos de enlace sem fio devem contemplar detecção de erros, além de protocolos de transferência confiável de dados na camada de enlace (retransmissão de quadros corrompidos).

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

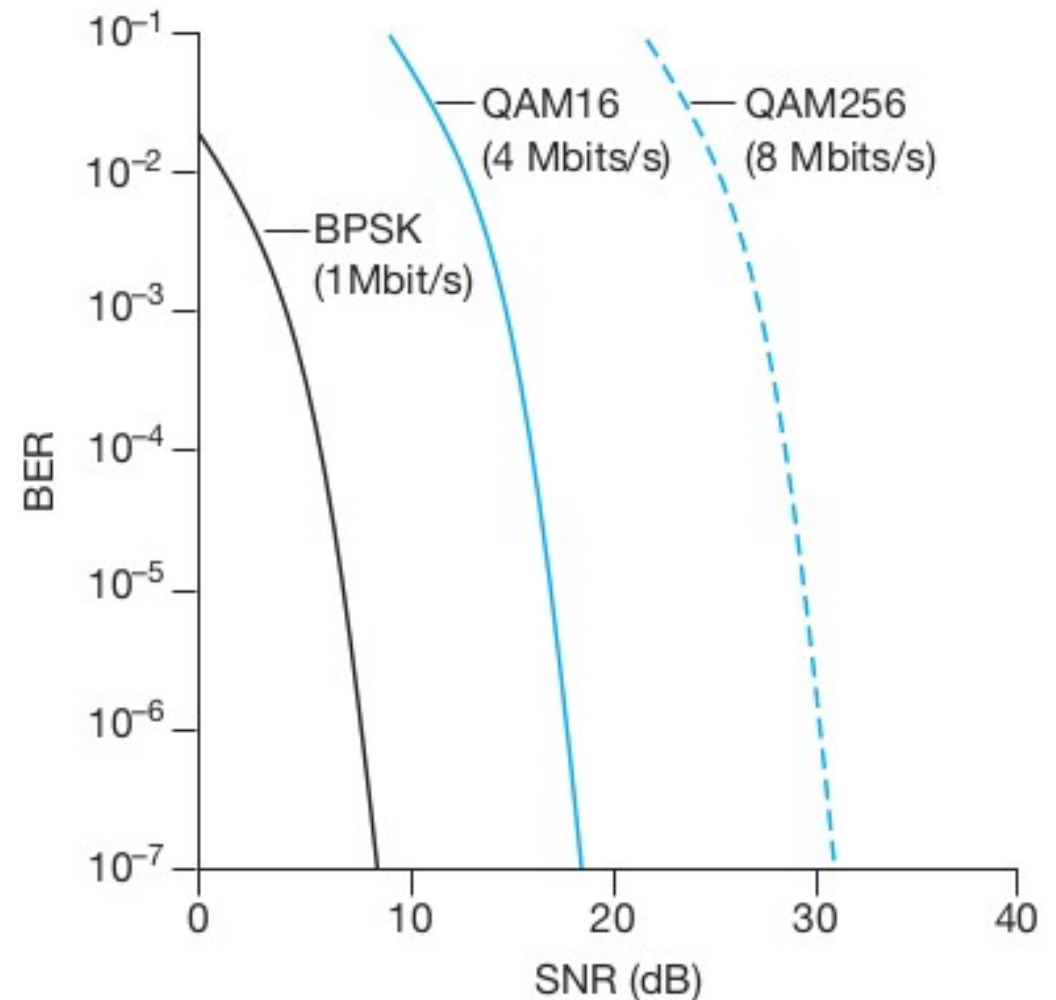
### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- “**cenário**” .. “host” recebe um sinal eletromagnético resultado da combinação do sinal original e interferências resultando um sinal degradado pelos efeitos da atenuação e da propagação multivias.
- .. tal degradação pode ser medida pela relação sinal-ruído ou “Signal-to-Noise Ratio” (SNR) que quantifica a relação entre a potência do sinal recebido e do sinal de ruído.
- SNR é medida em unidades de decibéis (dB), ou seja, “ $10 * \log_{10} (S/R)$  na base 10”, p.ex., 10 dB significa que a relação  $S/R = 10$ .
- $S/R = 2 \gg “10 * \log_{10} (S/R)” = 10 * 0.3010 = 3.01 \text{ dB}$
- $S/R = 5 \gg “10 * \log_{10} (S/R)” = 10 * 0.6989 = 6.989 \text{ dB}$
- $S/R = 100 \gg “10 * \log_{10} (S/R)” = 10 * 2 = 20 \text{ dB}$
- $S/R = 1000 \gg “10 * \log_{10} (S/R)” = 10 * 3 = 30 \text{ dB}$

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- e.g., Considere a Taxa de Erro de Bits (Bit Error Rate - BER) versus a SNR para três técnicas de modulação diferentes.
- .. cujo propósito seja o de codificar informações para a transmissão em um canal sem fio idealizado.
- .. várias são as características da camada física que são necessárias para entender os protocolos de comunicação sem fio da camada superior.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

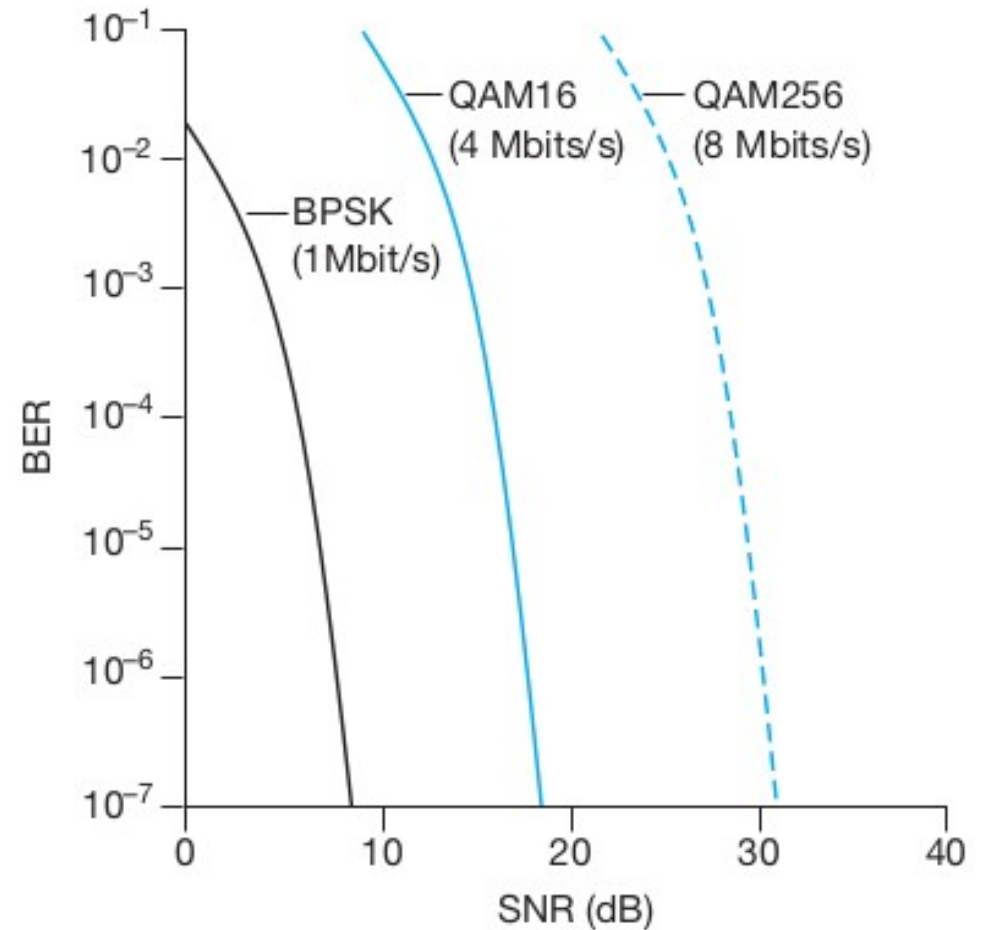
### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- “**mesma técnica de modulação**” .. quanto mais alta for a SNR, mais baixa será a BER, pois um remetente pode aumentar a SNR elevando a potência do sinal de transmissão.
- ... por outro lado, o aumento do SNR pelo aumento da potência do sinal pode reduzir a probabilidade de um quadro ser recebido com erro diminuindo tal potência .. ??!!
- e.g., há um pequeno ganho prático no aumento da potência além de certo patamar, digamos que para diminuir a BER de  $10^{-2}$  para  $10^{-3}$  no caso do BPSK com taxa de transferência de 1 Mbps.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

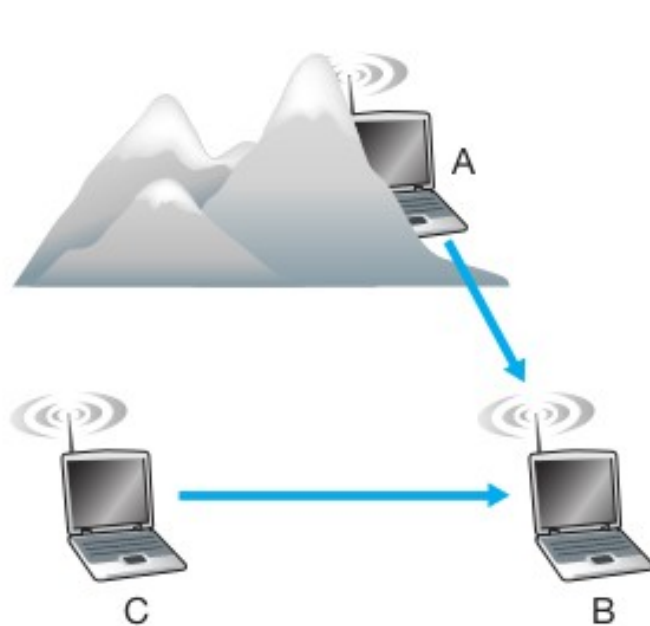
- e.g., há um pequeno ganho prático no aumento da potência além de certo patamar, digamos que para diminuir a BER de  $10^{-2}$  para  $10^{-3}$  no caso do BPSK com taxa de transferência de 1 Mbps.



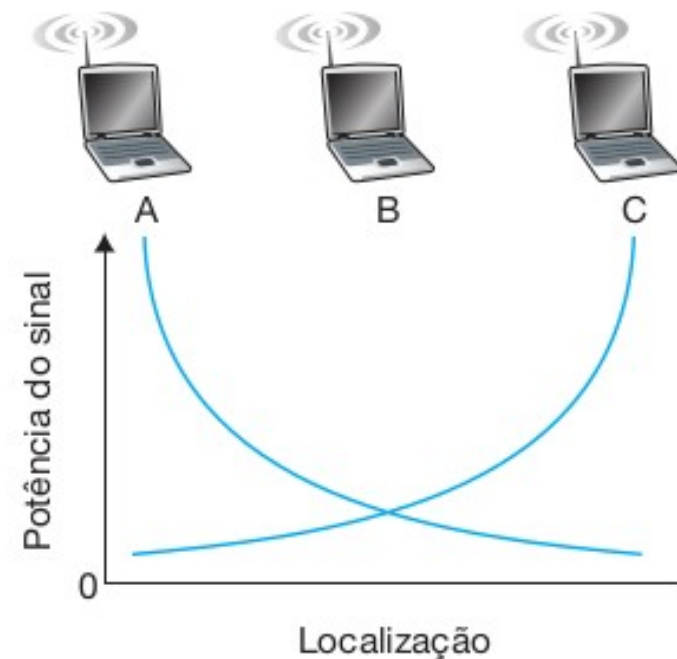
## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- “**desvantagens associadas com o aumento da potência**” .. mais energia deve ser gasta pelo remetente (uma consideração importante para usuários móveis, que utilizam bateria).
- ... transmissões do remetente têm maior probabilidade de interferir nas transmissões de outro remetente (interferência entre fontes).



a.



b.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

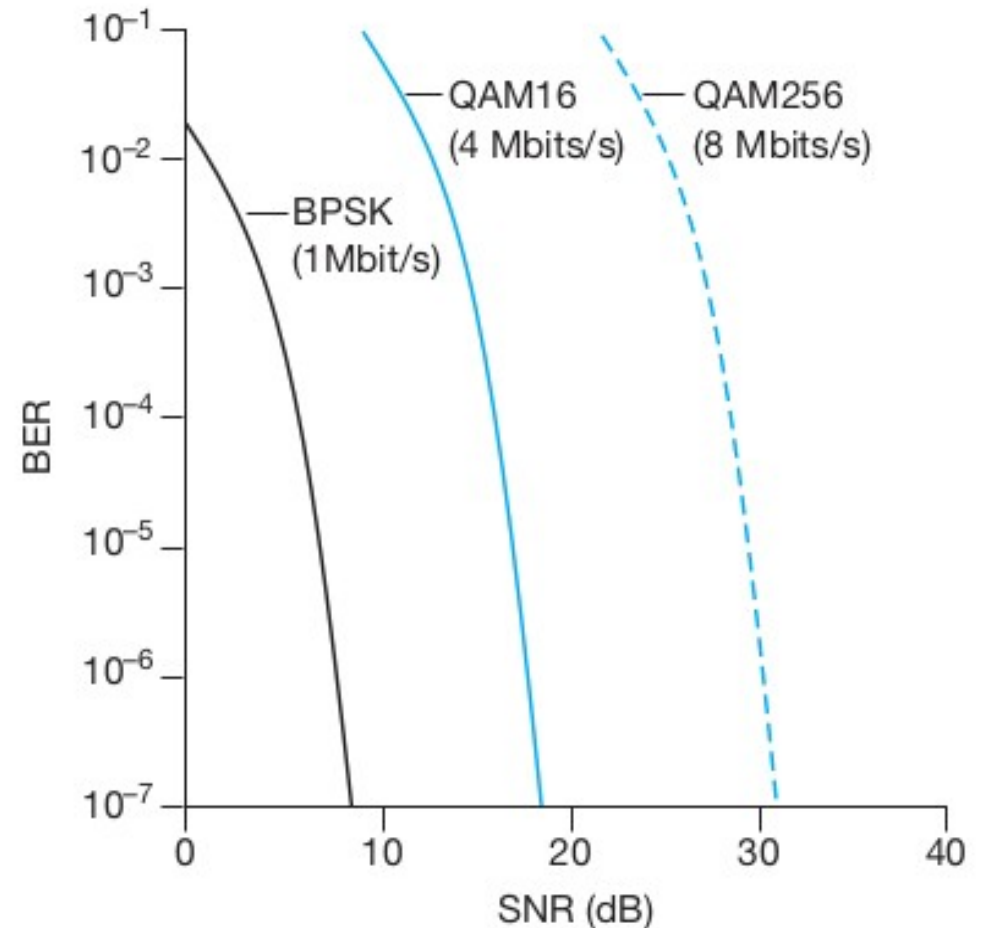
- “**SNR fixo**” .. para mesmos valores de SNR, uma técnica de modulação com uma taxa maior de transmissão de bit (com erro ou não) tem-se uma maior Taxa de Erros de Bits (BER).
- e.g., Com SNR de 10 dB e modulação BPSK com uma taxa de transmissão de 1 Mbit/s tem-se BER menor do que  $10^{-7}$ .
- .. já com a modulação QAM16 com uma taxa de transmissão de 4 Mbps, tem-se BER próximo de  $10^{-1}$ , longe de ser útil na prática.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- ... por outro lado, com uma SNR de 20 dB, a modulação QAM16 possui uma taxa de transmissão de 4 Mbps e uma BER de  $10^{-7}$ .
- ... enquanto a modulação BPSK possui uma taxa de apenas 1 Mbps e uma BER tão baixa como estar (literalmente) “fora da parada”.
- ... se é possível suportar uma BER de  $10^{-7}$ , a taxa de transmissão mais alta apresentada pela modulação QAM16 faz desta a técnica de modulação com melhor resultado.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

- “**seleção dinâmica da técnica de modulação**” .. pode ser usada para adaptar a técnica de modulação para condições do canal.
- A relação SNR e, portanto, a BER pode mudar, como resultado da mobilidade ou em razão das mudanças no ambiente.
- ... modulação adaptativa e codificação podem ser usadas nas Redes de Dados Wi-Fi 802.11 e de Celular 3G / 4G.
- ... isso permite a seleção de uma técnica de modulação que ofereça a mais alta taxa de transmissão possível sujeita a uma limitação na BER, para as características de determinado canal.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### 6.2.1 – Protocolo CDMA

- **“Code Division Multiple Access” (CDMA)** .. protocolo de acesso usado em meio compartilhado e também em várias tecnologias como celulares e redes locais “wireless”.
- ... cada “bit” enviado é codificado pela multiplicação do “bit” por um código que muda a uma velocidade muito maior que a sequência original de “bits” dos dados.
- ... “código” exclusivo é atribuído a cada usuário, ou seja, há o particionamento do conjunto de código entre os usuários.
- ... todos usuários compartilham mesma frequência, mas cada usuário tem a própria sequência ou velocidade de “chipping” (ou seja, código) para codificar os seus dados.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

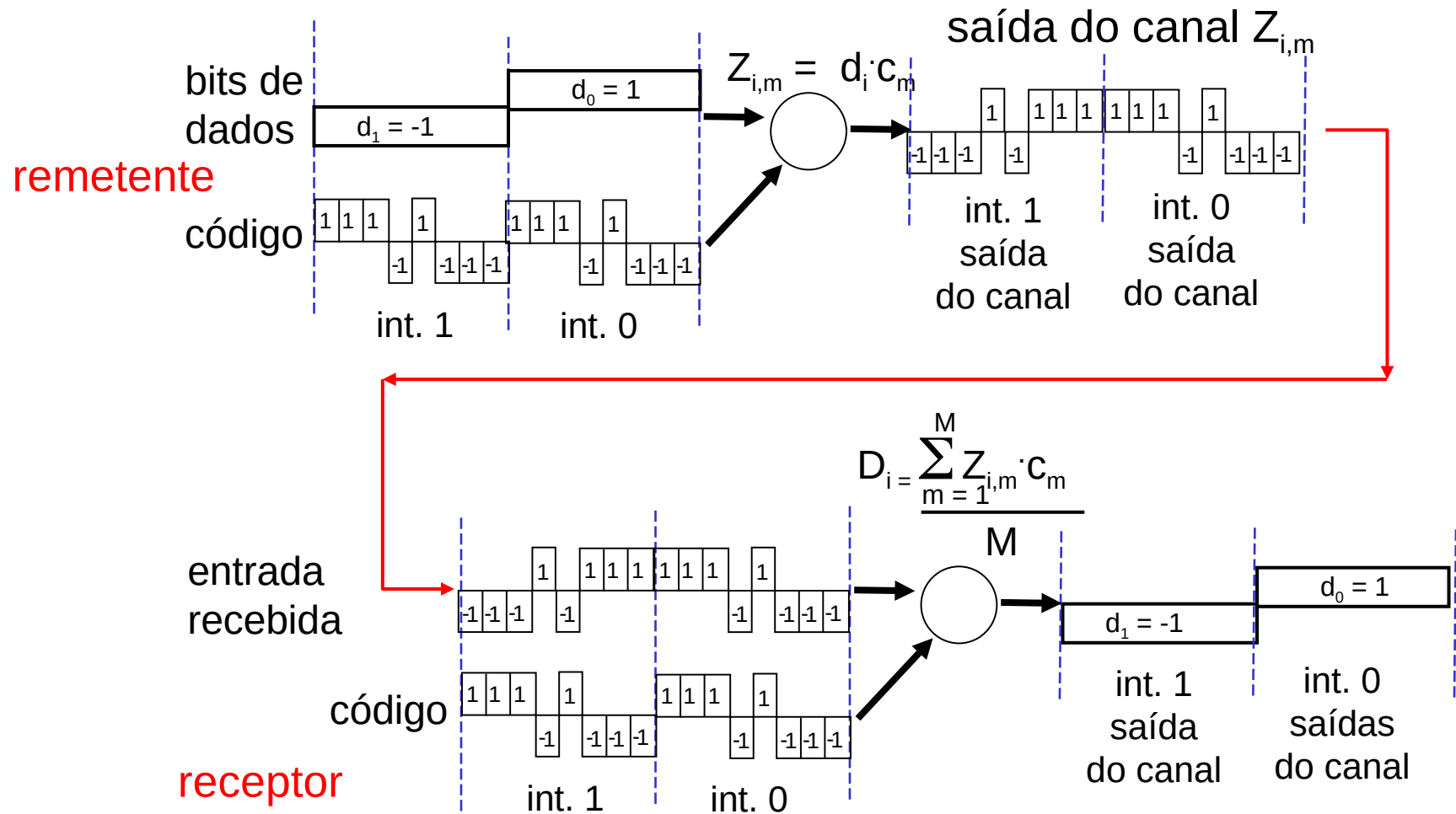
### ... 6.2.1 – Protocolo CDMA

- “**sinal codificado**” = (dados originais) x (sequência de chipping)
- ... para a decodificação, multiplica-se novamente o sinal codificado pela sequência de “chipping”, obtendo-se assim a sequência de “bits” do sinal original.
- “**vantagem**” .. permite que múltiplos usuários “coexistam” e transmitam simultaneamente com o mínimo de interferência entre eles, considerando que os códigos sejam “ortogonais”.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2.1 – Protocolo CDMA

- CDMA .. codificação no remetente e decodificação no receptor.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

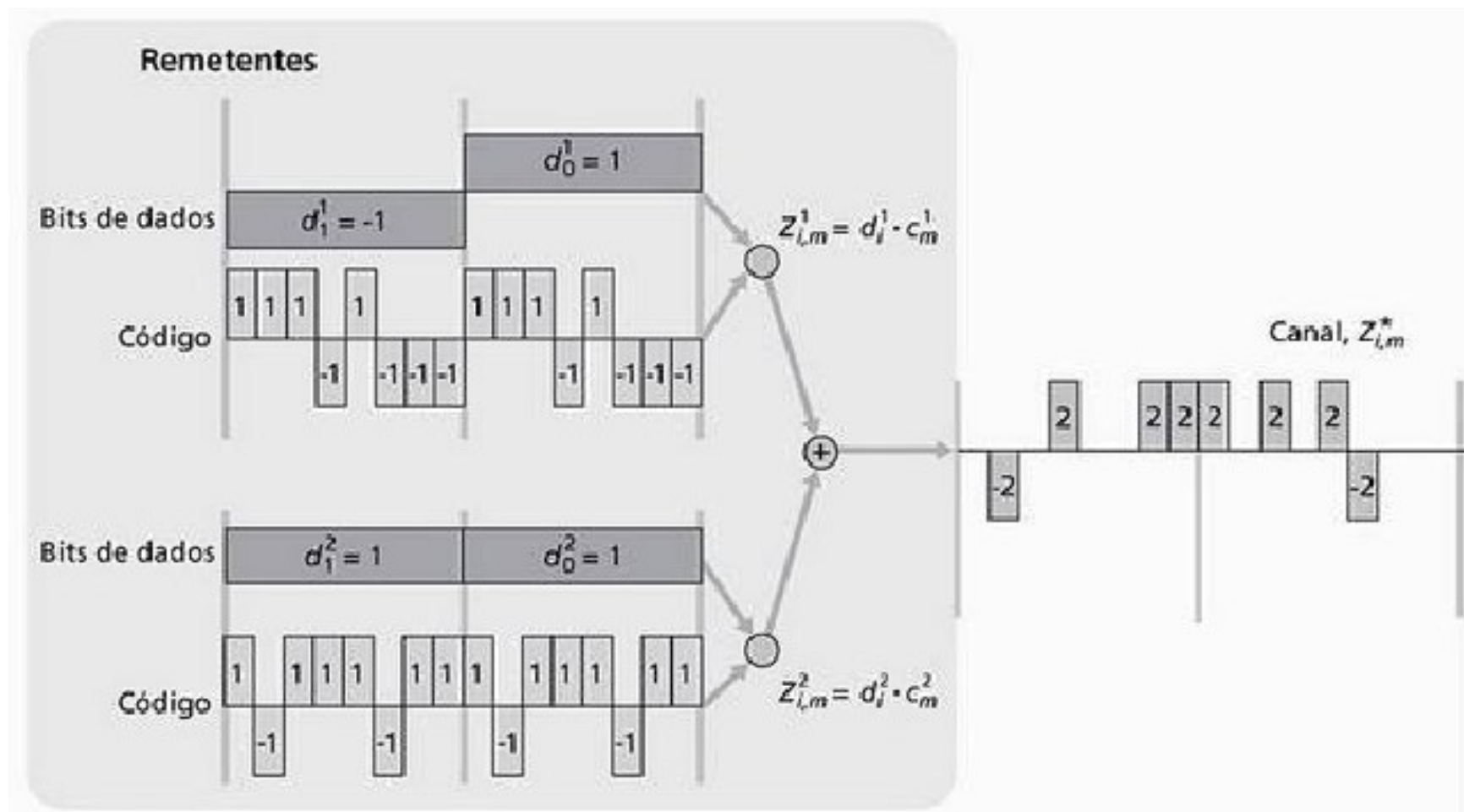
### ... 6.2.1 – Protocolo CDMA

- “**contexto de operação do CDMA**” .. deve funcionar na presença de remetentes que interferem e que estão codificando e transmitindo seus dados usando códigos designados.
- “**dúvida**” .. como um receptor pode recuperar “bits” de dados originais de um remetente quando esses bits são embaralhados com bits que estão sendo transmitidos por outros remetentes ?!
- ... surpreendentemente, se os códigos dos remetentes forem escolhidos com cuidado, cada receptor poderá recuperar os dados enviados por um dado receptor a partir do sinal agregado.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2.1 – Protocolo CDMA

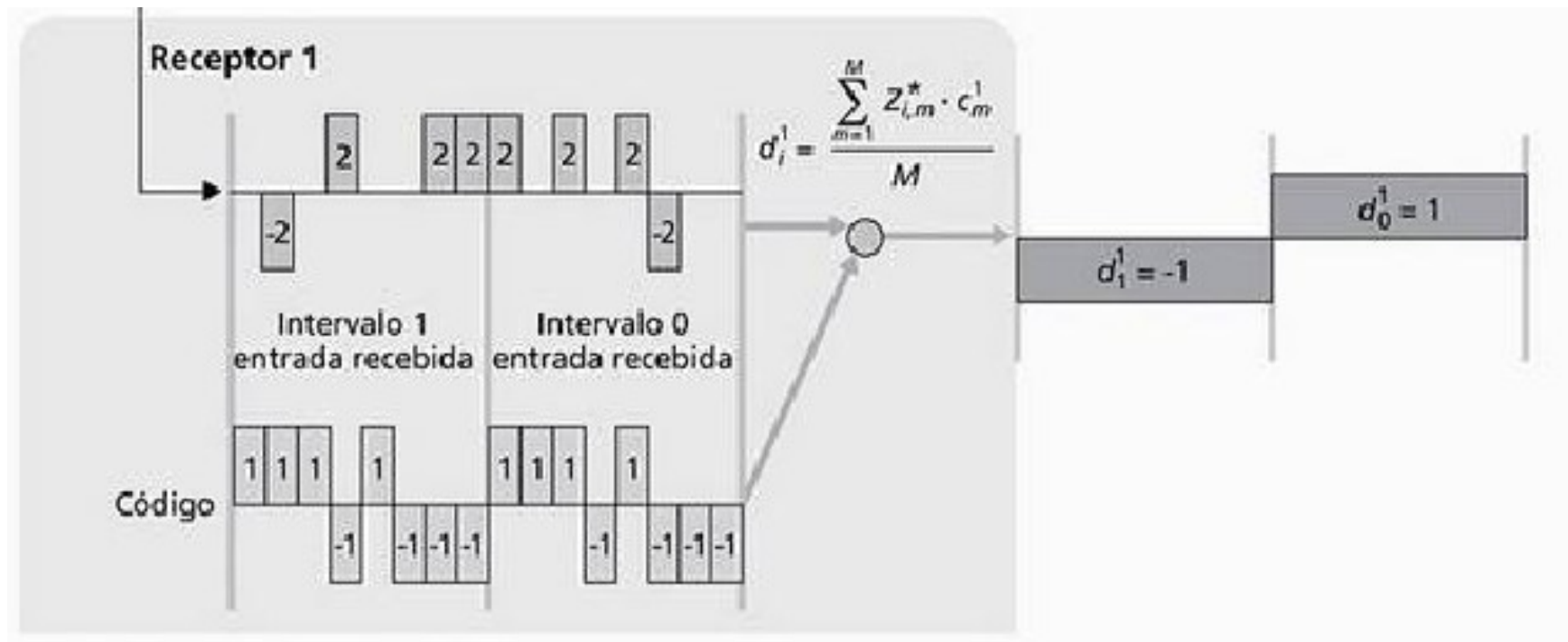
- e.g., considere o CDMA com 02 remetentes .. sinais codificados por cada remetente se somam, gerando o sinal transmitido pelo canal.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.2 – Enlaces de Redes sem Fio

### ... 6.2.1 – Protocolo CDMA

- e.g., considere o CDMA com 02 remetentes .. sinais codificados por cada remetente se somam, gerando o sinal transmitido pelo canal.





### 6.3 – LANs sem Fio 802.11

- “**variedade de tecnologias e padrões**” .. uma classe particular de padrões desenvolvida na década de 1990 se destacou, ou seja, a LAN sem Fio IEEE 802.11 ou Wi-Fi.
- p.ex., tabela abaixo apresenta um resumo das principais características desses padrões. 802.11g é, de longe, a tecnologia mais popular.
- ... estão também disponíveis algumas combinações desses padrões como 802.11a/g e triplo 802.11a/b/g.

Padrão	Faixa de frequências (EUA)	Taxa de dados
802.11b	2,4–2,485 GHz	até 11 Mbits/s
802.11a	5,1–5,8 GHz	até 54 Mbits/s
802.11g	2,4–2,485 GHz	até 54 Mbits/s

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

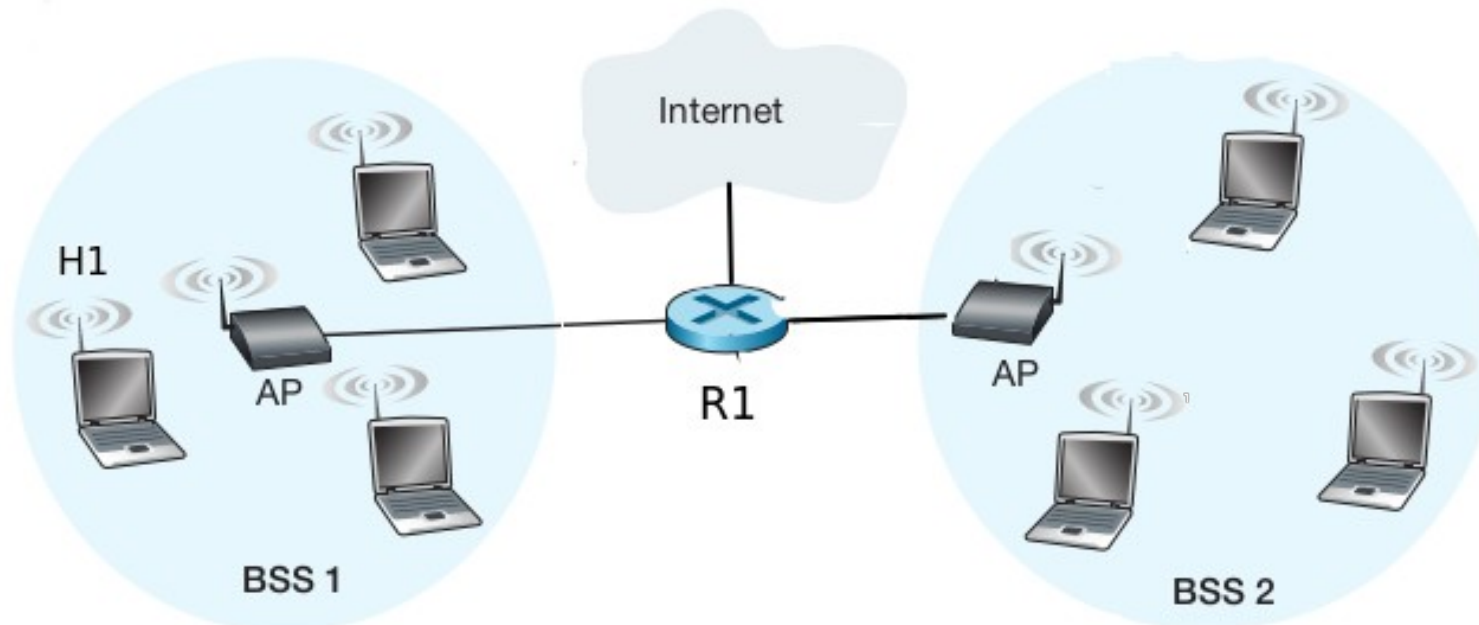
### ... 6.3 – LANs sem Fio 802.11

- **LAN sem Fio 802.11b** ... taxa de dados de 11 Mbps e faixa de frequência não licenciada de 2,4 a 2,485 GHz, competindo por espectro de frequência com telefones e micro-ondas de 2,4 GHz.
- **LANs sem Fio 802.11a** ... como operam a uma frequências mais alta, a distância de transmissão dessas LANs é mais curta para determinado nível de potência e sofrem mais com a propagação multivias.
- **LANs sem Fio 802.11g** ... operam em frequências mais baixas do que LANs 802.11b, porém com taxas de transmissão mais altas do que 802.11a, oferecendo aos usuários o melhor dos dois mundos.
- **LAN sem Fio 802.11n** .. utiliza antenas de entrada múltipla e saída múltipla (MIMO), ou seja, duas ou mais antenas no lado remetente e duas ou mais antenas no lado destinatário.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### 6.3.1 – Arquitetura 802.11

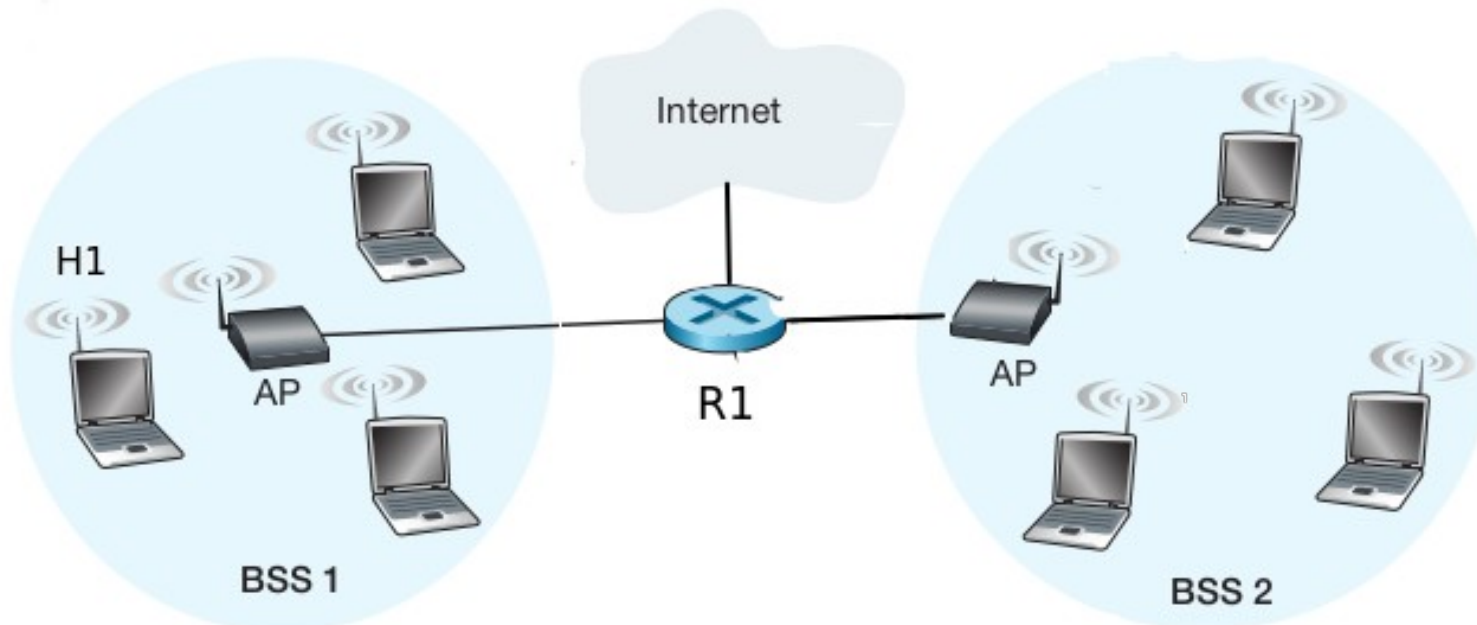
- “**bloco fundamental**” .. conjunto básico de serviço ou Basic Service Set (BSS) que contém uma ou mais estações sem fio e uma estação-base central (Access Point — AP).



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

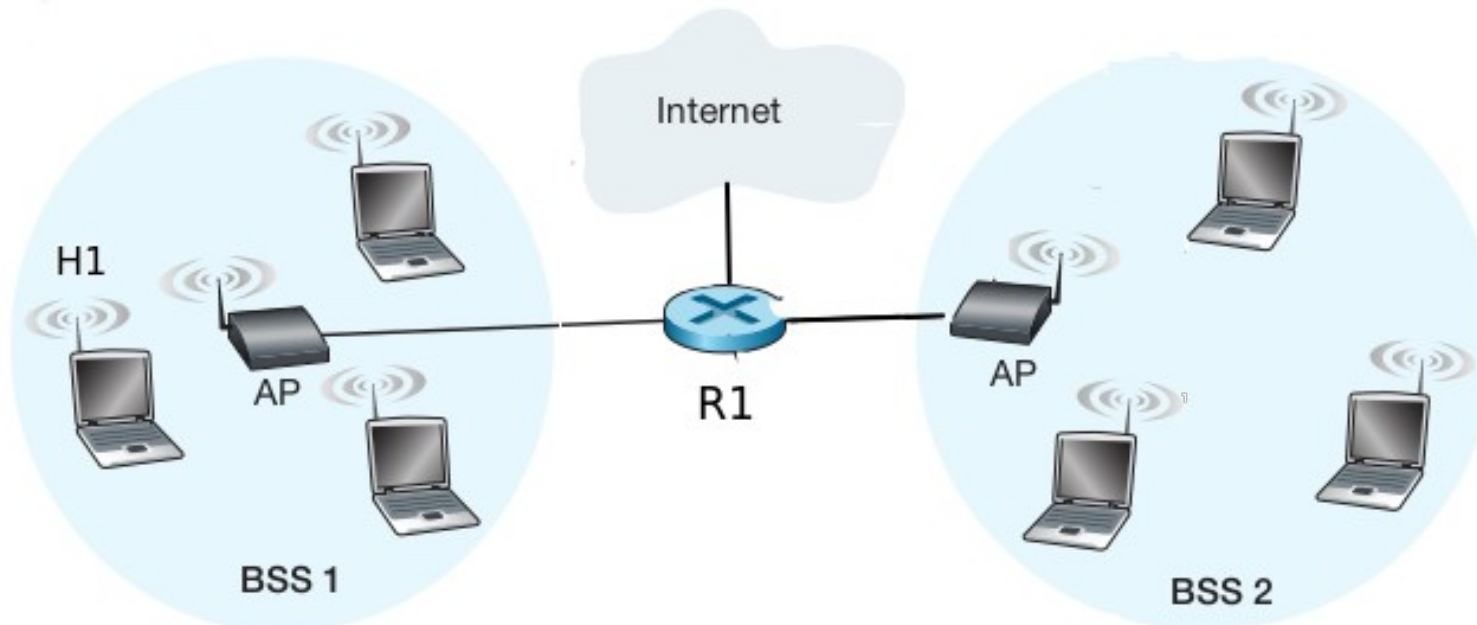
- ... cada estação sem fio 802.11 tem um endereço MAC de 6 bytes que é armazenado no “firmware” do adaptador da estação (isto é, na placa de interface de rede 802.11).
- ... cada “access point” tem um endereço MAC para sua interface sem fio e, como na Ethernet, esses endereços MAC são administrados pelo IEEE e são (em teoria) globalmente exclusivos.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

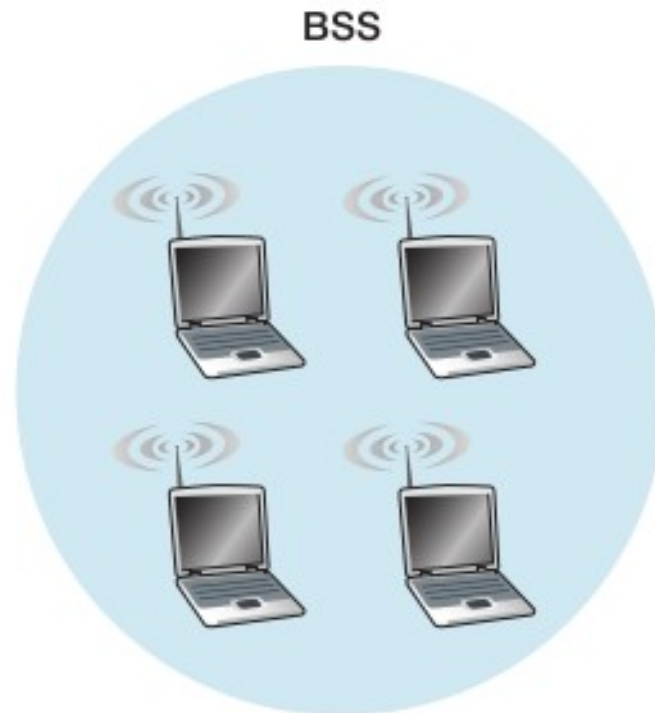
- **LANs sem Fio com APs** ... LANs sem Fio de Infraestrutura e, nesse contexto, “infraestrutura” significa os APs junto com a infraestrutura de Ethernet cabeada que interconecta os APs e um roteador.
- ... figura abaixo mostra que estações IEEE 802.11 podem se agrupar e formar uma rede sem fio de infraestrutura – rede com um controle central e com conexão com o “mundo exterior”.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

- “**Rede Ad Hoc**” .. rede sem nenhum controle central e sem nenhuma conexão com o “mundo exterior”.
- ... rede é concebida por dispositivos móveis que, por acaso, estão próximos uns dos outros, têm necessidade de se comunicar e não dispõem de infraestrutura de rede no lugar em que se encontram.



## ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

- “**canais e associação**” .. ao instalar um AP, um administrador de rede designa ao ponto de acesso um SSID (Service Set Identifier) que por sua vez é composto de uma ou duas palavras.
- ... também deve ser designado um número de canal de operação ao “access point”, ou seja, canal associado a faixa de frequência para operação das redes 802.11b .. 2,4 GHz a 2,485 GHz.
- ... dentro dessa faixa de frequência de 85 MHz, o padrão 802.11 define 11 canais que se sobrepõem em parte, dentro do qual o conjunto dos 03 canais 1, 6 e 11 constituem canais não sobrepostos.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

- “**conclusão**” .. um administrador poderia criar uma LAN sem Fio com uma taxa máxima de transmissão agregada de 33 Mbps instalando 03 (três) APs 802.11b na mesma localização física.
- ... para isto, é necessário designar os canais 1, 6 e 11 aos APs e interconectar cada um desses APs com um comutador.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

- **“Selva de WiFis”** .. qualquer localização física na qual uma estação sem fio recebe um sinal suficientemente forte de dois ou mais APs.
- e.g., considere o cliente de cafés de uma cidade com disponibilidade de WiFi e no qual uma estação sem fio pode captar um sinal de diversos “access points” próximos aos cafés.
- ... um deles pode ser o AP gerenciado pelo café, enquanto os outros podem estar localizados em locais na vizinhança.
- ... cada ponto de acesso provavelmente está localizado em uma sub-rede IP diferente e tem um canal de comunicação designado.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

- e.g., suponha que você entre nessa selva de Wi-Fis com um notebook e inicie uma busca por acesso à Internet sem fio e admita que encontre 05 “access points” na selva de Wi-Fis.
- ... para conseguir acesso à Internet, seu notebook tem que se juntar a exatamente uma das sub-redes e, portanto, precisa se associar com exatamente um dos “access points”.
- “**associação**” .. significa que a estação sem fio (notebook) cria um enlace virtual entre ela mesma e o “access point”.
- .. assim, somente o “access point” associado envia quadros de dados a seu notebook e este envia quadros de dados à Internet apenas por meio do “access point” associado.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

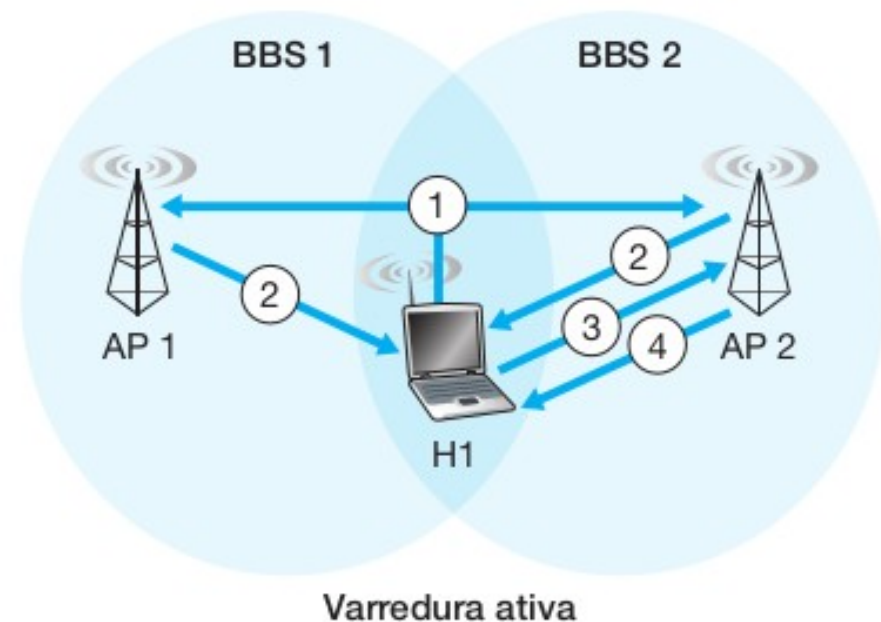
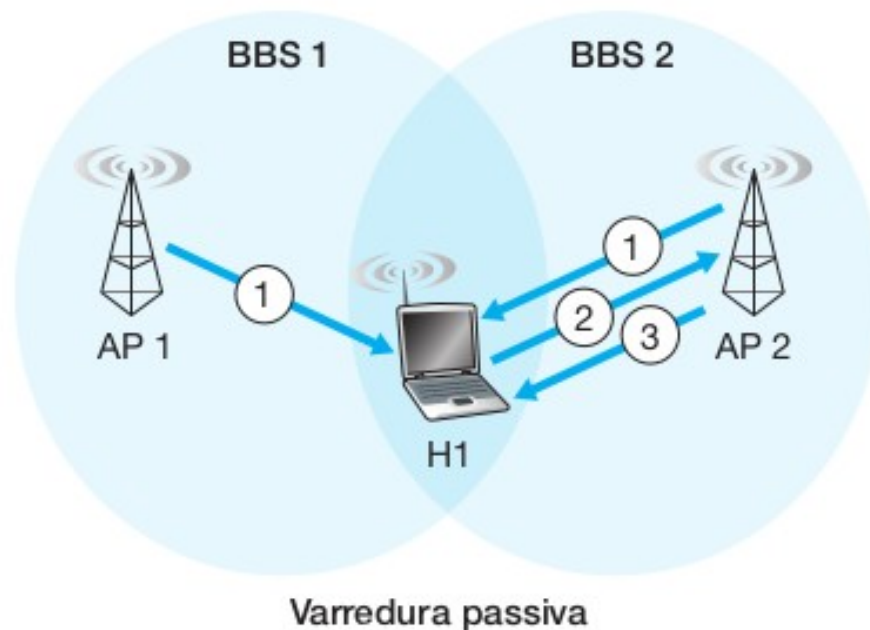
### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

- “**dúvidas**” .. como uma estação sem fio se associa a um determinado “access point” ?? .. como uma estação sem fio sabe quais “access points” estão dentro da selva, se é que há algum ??
- No Padrão 802.11b um AP envia periodicamente quadros de sinalização, cada qual incluindo o SSID e o endereço MAC do AP.
- ... estação sem fio, sabendo que os APs enviam quadros de sinalização, faz uma varredura dos 11 canais em busca de quadros de sinalização de quaisquer APs que possam estar disponíveis.
- ... ao tomar conhecimento dos “access points” disponíveis por meio dos quadros de sinalização, o usuário seleciona um desses pontos de acesso para se associar.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

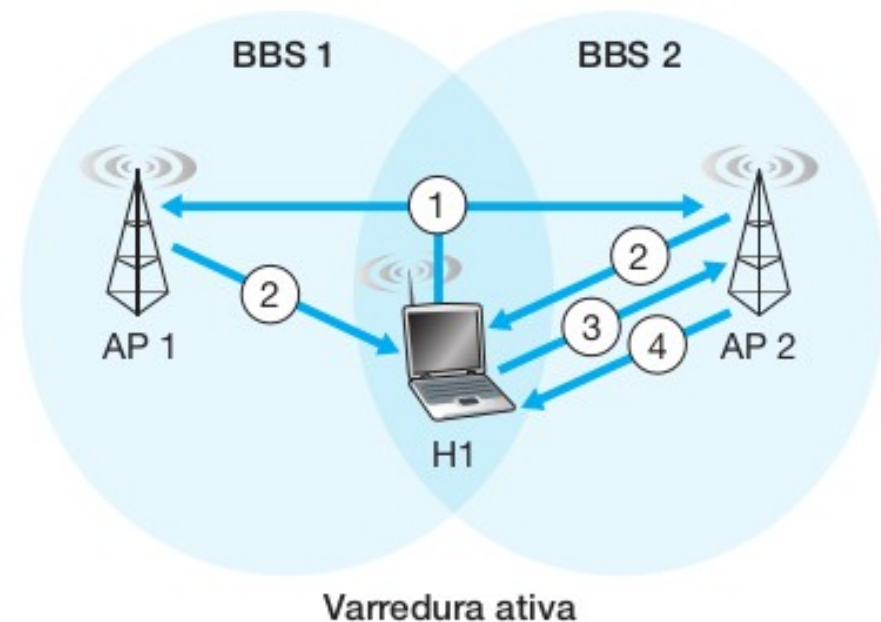
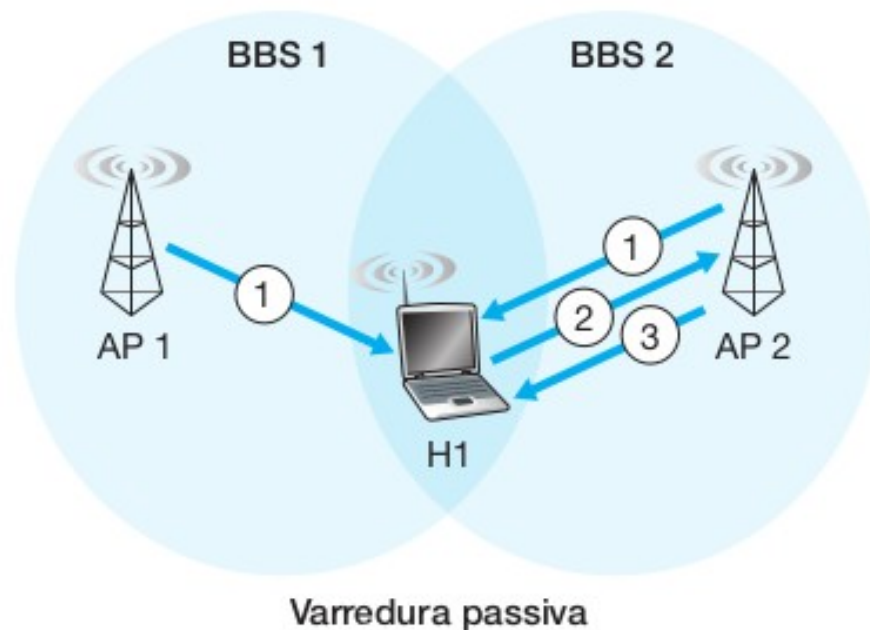
- **“varredura dos canais”** .. processo no qual a estação ou “host” escuta e processa quadros de sinalização - “varredura passiva”.
- .. “host” pode realizar uma “varredura ativa”, transmitindo um quadro de investigação (1) que será recebido por todos os “access points” dentro de uma faixa do “host” sem fio.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

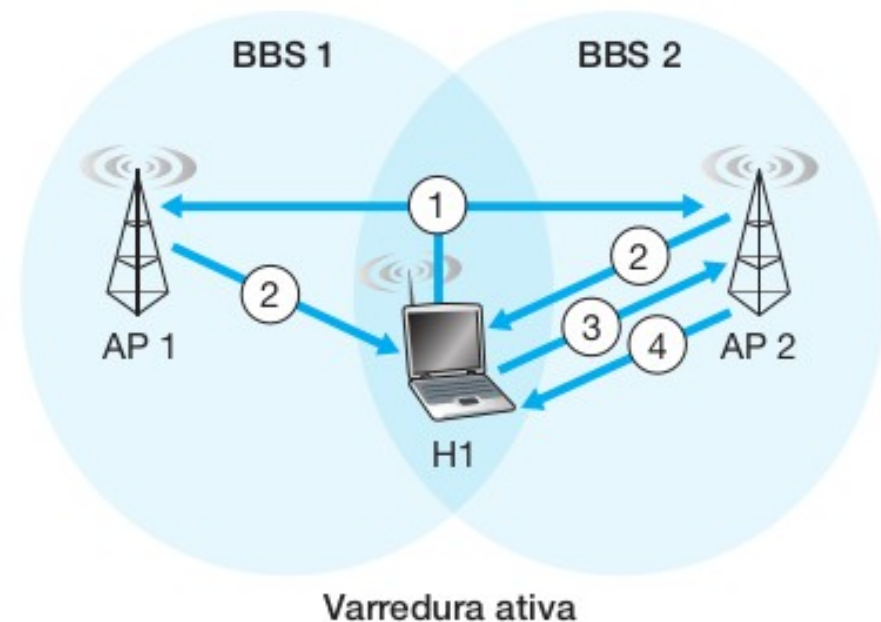
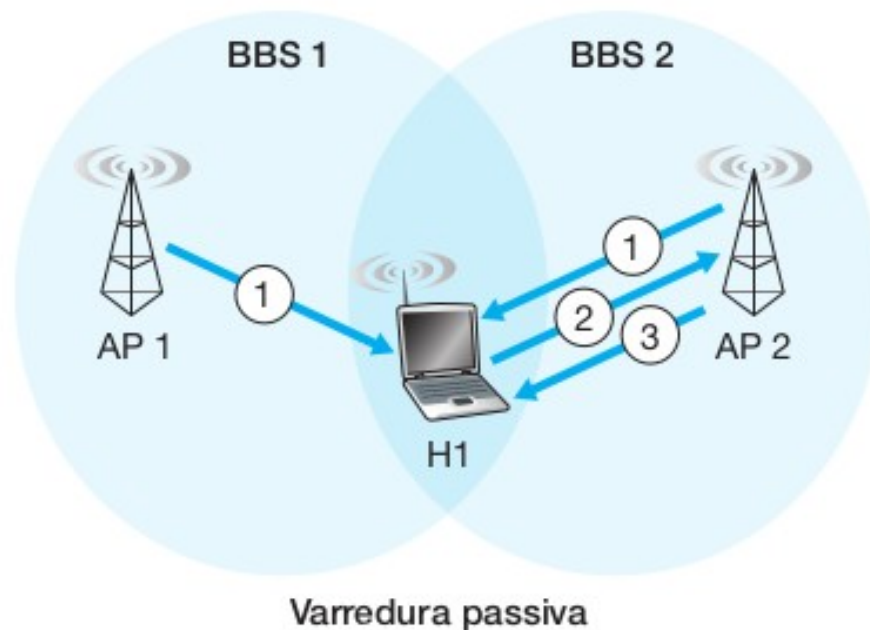
- .. “access points” (AP1 e AP2) respondem (2) ao quadro de requisição de investigação com um quadro de resposta de investigação.
- ... “host” sem fio pode, então, escolher o “access point” com o qual irá se associar dentre os “access points” que estão disponíveis, ou seja, passo (3) na “varredura ativa” ou (2) na “varredura passiva”.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

- ... após selecionar o AP ao qual se associará, o “host” sem fio envia um quadro de solicitação de associação ao “access point”, e este responde com um quadro de resposta de associação.
- ... observe que essa segunda apresentação de solicitação / resposta é necessária com a “varredura ativa”, visto que um “access point” de resposta não sabe quais dos “access points” será escolhido.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

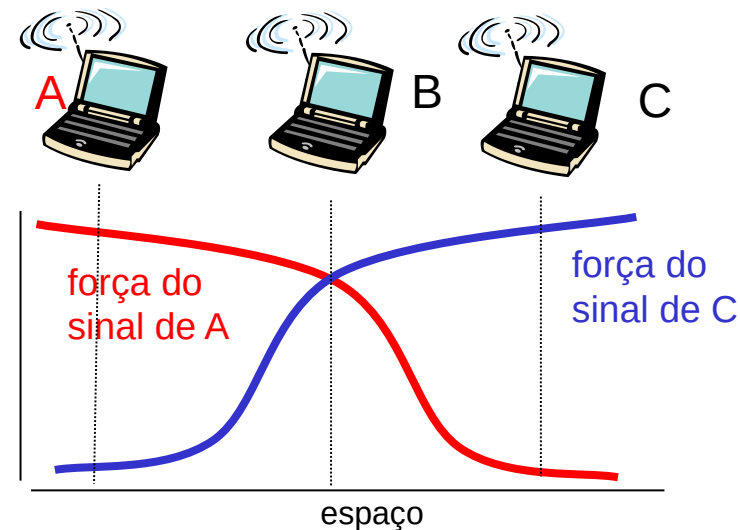
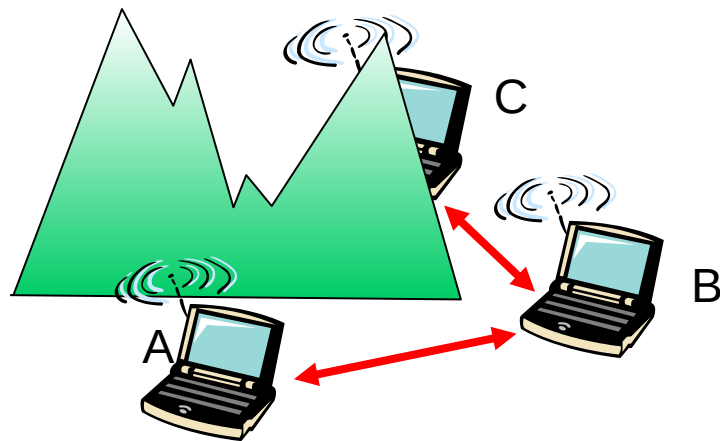
### ... 6.3.1 – Arquitetura 802.11

- ... após selecionar o AP ao qual se associará, o “host” sem fio envia um quadro de solicitação de associação ao “access point”, e este responde com um quadro de resposta de associação.
- ... observe que essa segunda apresentação de solicitação / resposta é necessária com a “varredura ativa”, visto que um “access point” de resposta não sabe quais dos “access points” será escolhido.
- “**outros casos**” .. mesmo se aplica para um Cliente DHCP quando da escolha do Servidor DHCP ( Dynamic Host Configuration Protocol) para obtenção do IP (cenário com Múltiplos DHCPs).

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

- “**evitando colisões**” .. dois ou + nós transmitindo ao mesmo tempo utilizam o CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance) - técnica de prevenção de colisão.
- “**fato**” .. difícil de receber ou sentir colisões na transmissão face aos sinais fracos que podem ser recebidos (desvanecimento).
- ... não se pode perceber todas as colisões em qualquer caso, por razões como terminal oculto e/ou desvanecimento.

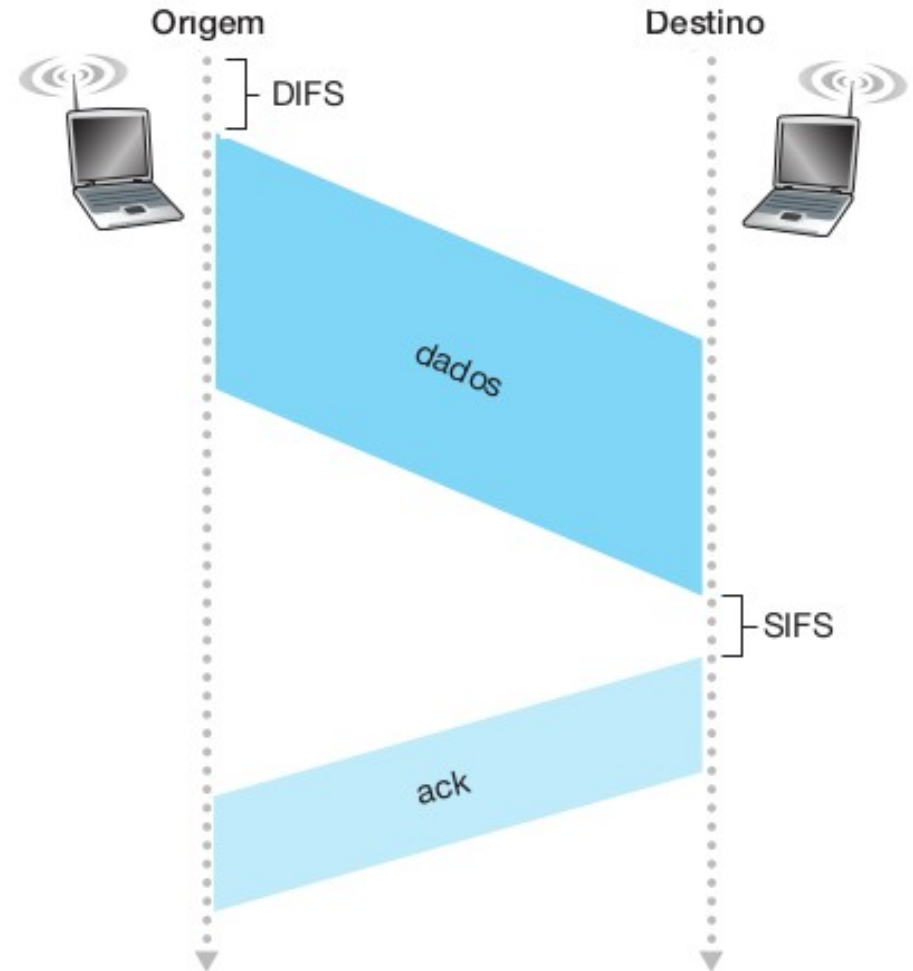




## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

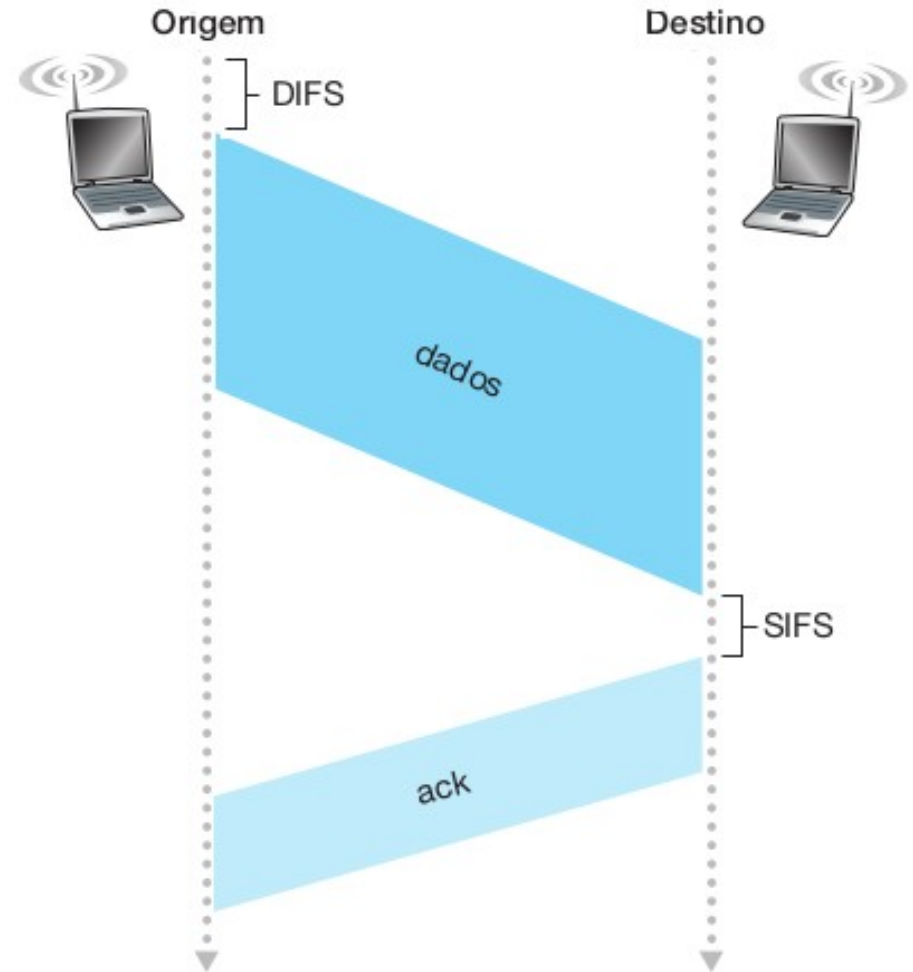
- “CSMA/CA” .. suponha que um nó sem fio (p.ex., uma estação sem fio ou um “access point”) tenha um quadro para transmitir.
- 1) se a estação percebe que o canal está ocioso, a estação transmite seu quadro após um curto período de tempo conhecido como “Distributed Inter-Frame Space” (DIFS)
- DIFS .. “Distributed Inter-Frame Space” curto período de tempo antes de iniciar a transmissão.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

- 2) caso contrário, a estação escolhe um valor aleatório de recuo usando o recuo exponencial binário e procede com uma contagem regressiva a partir desse valor quando perceber que o canal está ocioso.  
... se a estação perceber que o canal está ocupado, o valor do contador permanece congelado.
- 3) quando o contador chegar a zero, a estação transmite o quadro inteiro e então aguarda um reconhecimento.



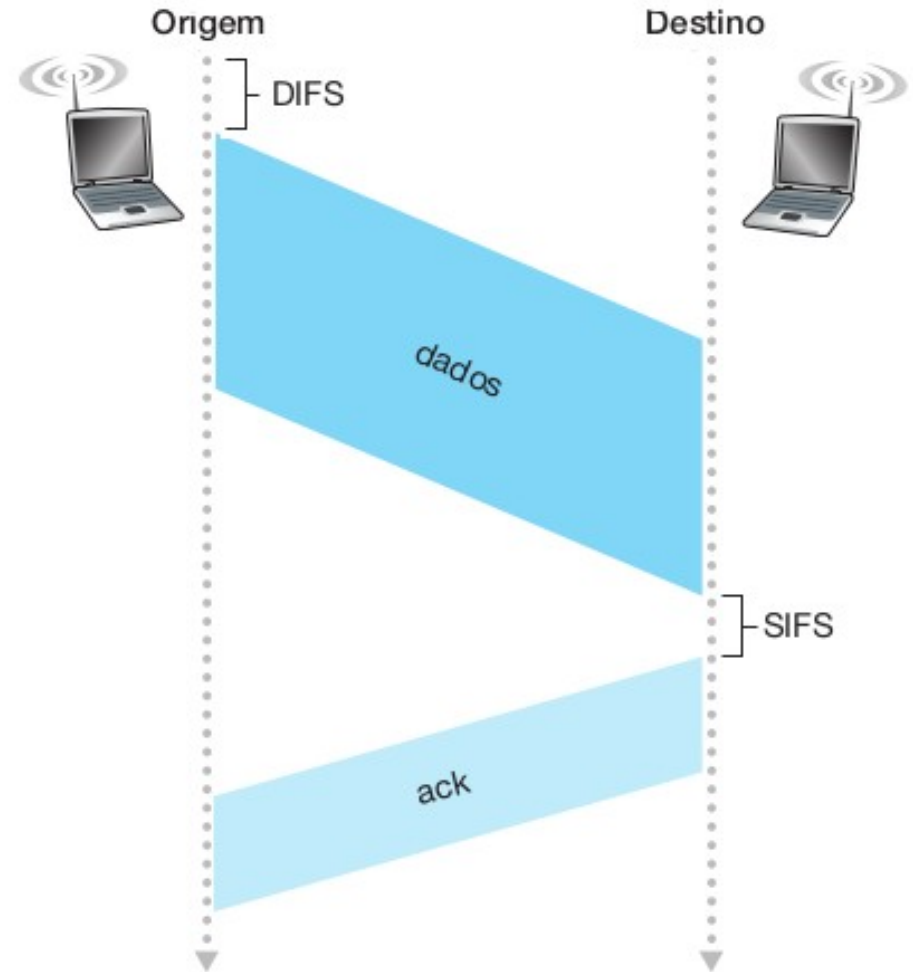
## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

4) se receber um reconhecimento, a estação transmissora sabe que o quadro foi corretamente recebido na estação de destino.

... se a estação tiver outro quadro para transmitir, iniciará novamente o protocolo CSMA/CA na etapa 2.

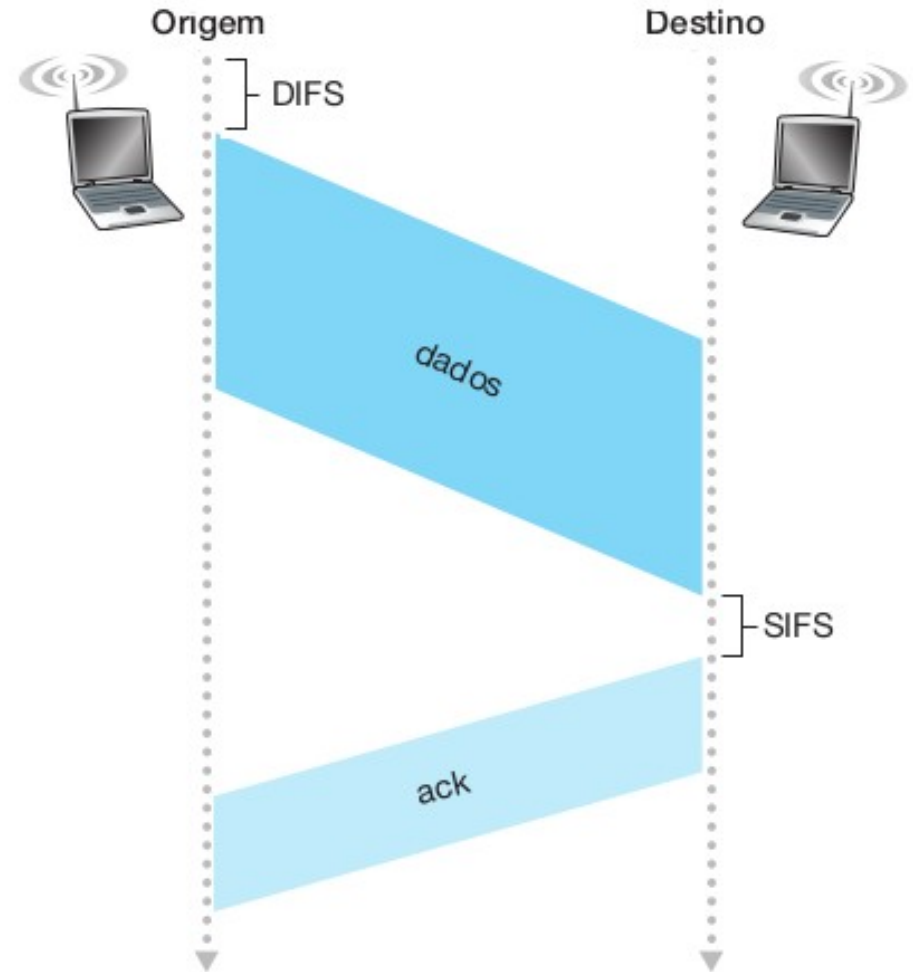
... se não receber um ACK, a estação entra de novo na fase de recuo na etapa 2 e escolhe um valor aleatório em um intervalo maior, na tentativa de aumentar a probabilidade de sucesso.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

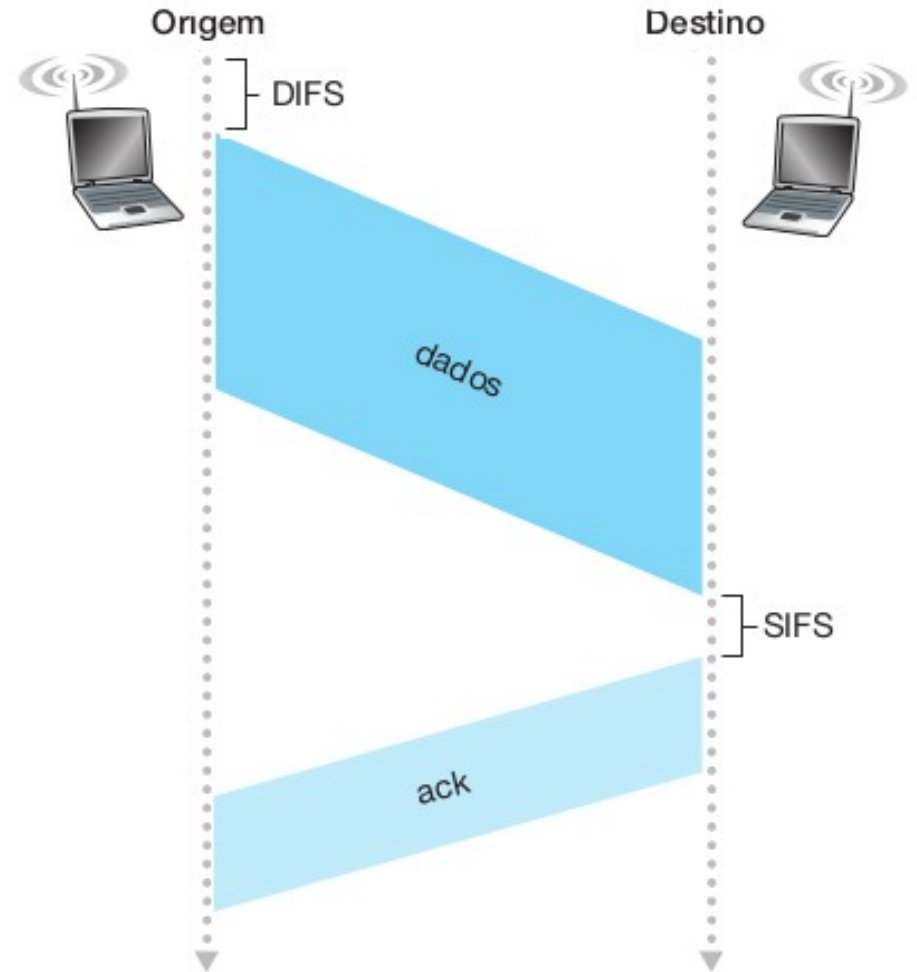
- DIFS .. “Distributed Inter-Frame Space” curto período de tempo antes de iniciar a transmissão.
- SIFS ... quando a estação de destino recebe um quadro sem erros, ela espera um curto período de tempo, conhecido como “Short Inter-Frame Spacing” para devolver um reconhecimento.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

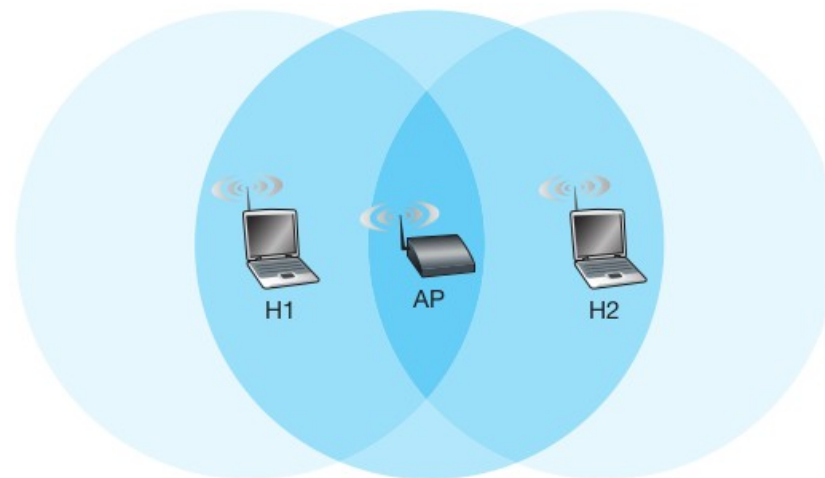
- ... se a estação transmissora não receber um ACK em dado período de tempo, ela admitirá que ocorreu um erro e retransmitirá o quadro usando de novo o protocolo CSMA/CA para acessar o canal.
- ... se a estação transmissora não receber um reconhecimento após certo número fixo de retransmissões, desistirá e descartará o quadro.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

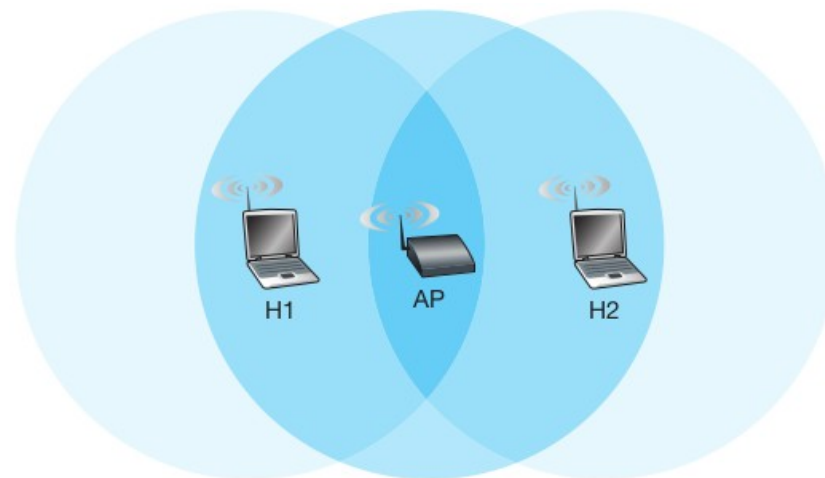
### ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

- **“tratando terminais ocultos”** .. este protocolo também contempla um esquema de reserva inteligente (mas opcional) que ajuda a evitar colisões mesmo na presença de terminais ocultos.
- e.g., considere 02 estações dentro da faixa do “access point” e ambas se associando com o mesmo “access point”.
- ... pelo desvanecimento, as faixas de sinal de estações sem fio estão limitadas ao interior dos círculos sombreados, assim, cada uma das estações está oculta da outra, embora nenhuma esteja oculta do AP.



## ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

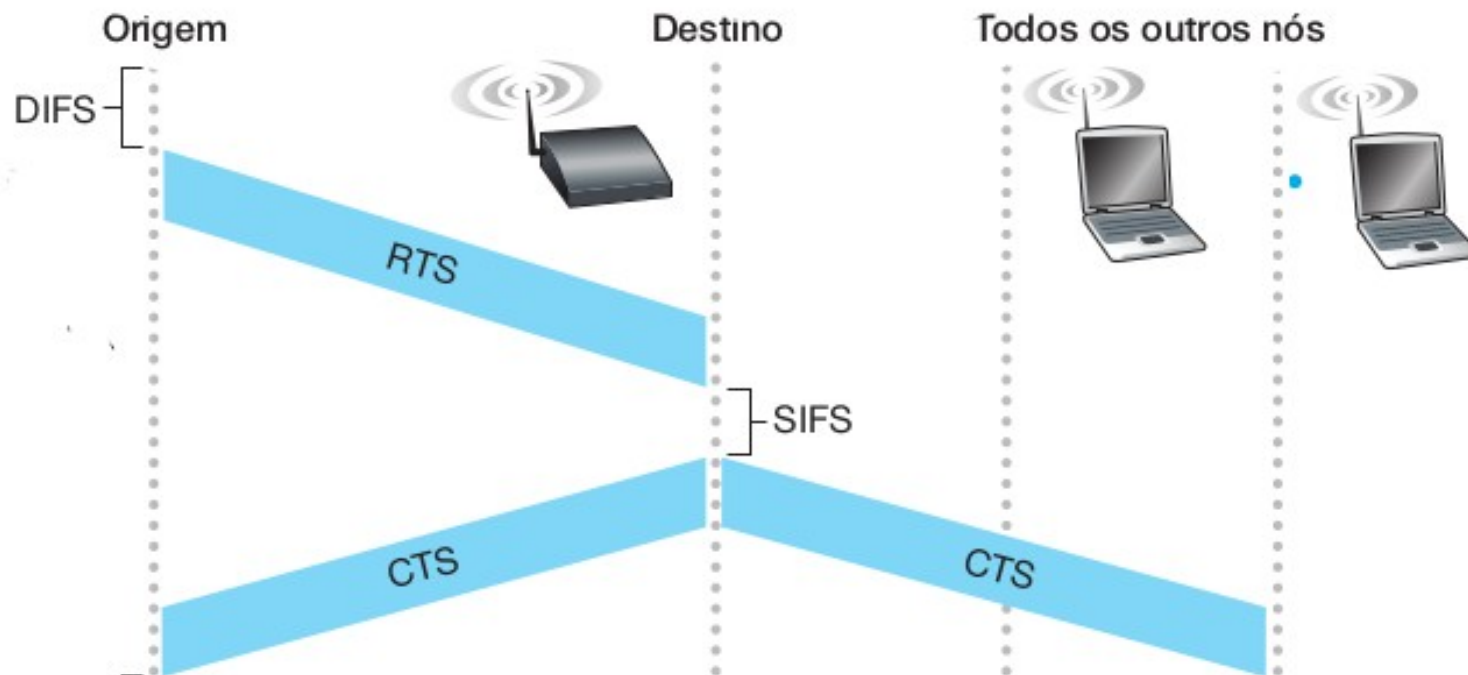
- “**terminais ocultos**” .. suponha que o “host” H1 esteja transmitindo um quadro e, a meio caminho da transmissão, a estação H2 queira enviar um quadro para o “access point”.
- ... H2, que não está ouvindo a transmissão de H1, espera um intervalo DIFS para, então, transmitir o quadro, resultando em uma colisão.
- ... como resultado, o canal é desperdiçado durante todo o período da transmissão de H1, bem como durante a transmissão de H2.





## ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

- “**solução**” .. IEEE 802.11 permite que uma estação utilize um quadro de controle RTS (Request to Send) curto e um quadro de controle CTS (Clear to Send) curto para reservar acesso ao canal.
- ... quando um remetente quer enviar um quadro DATA, primeiro se envia o RTS ao AP indicando o tempo total requerido para transmitir o quadro DATA e receber o reconhecimento (ACK).

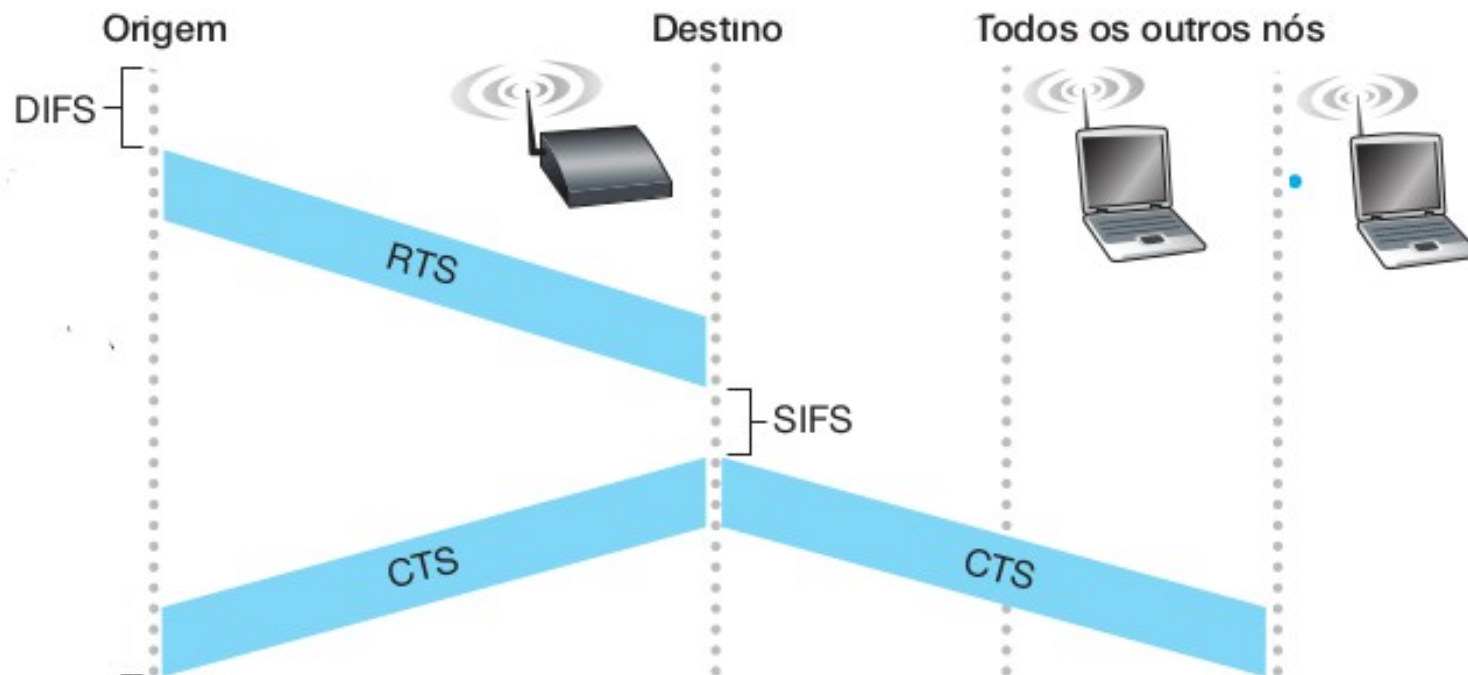




## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

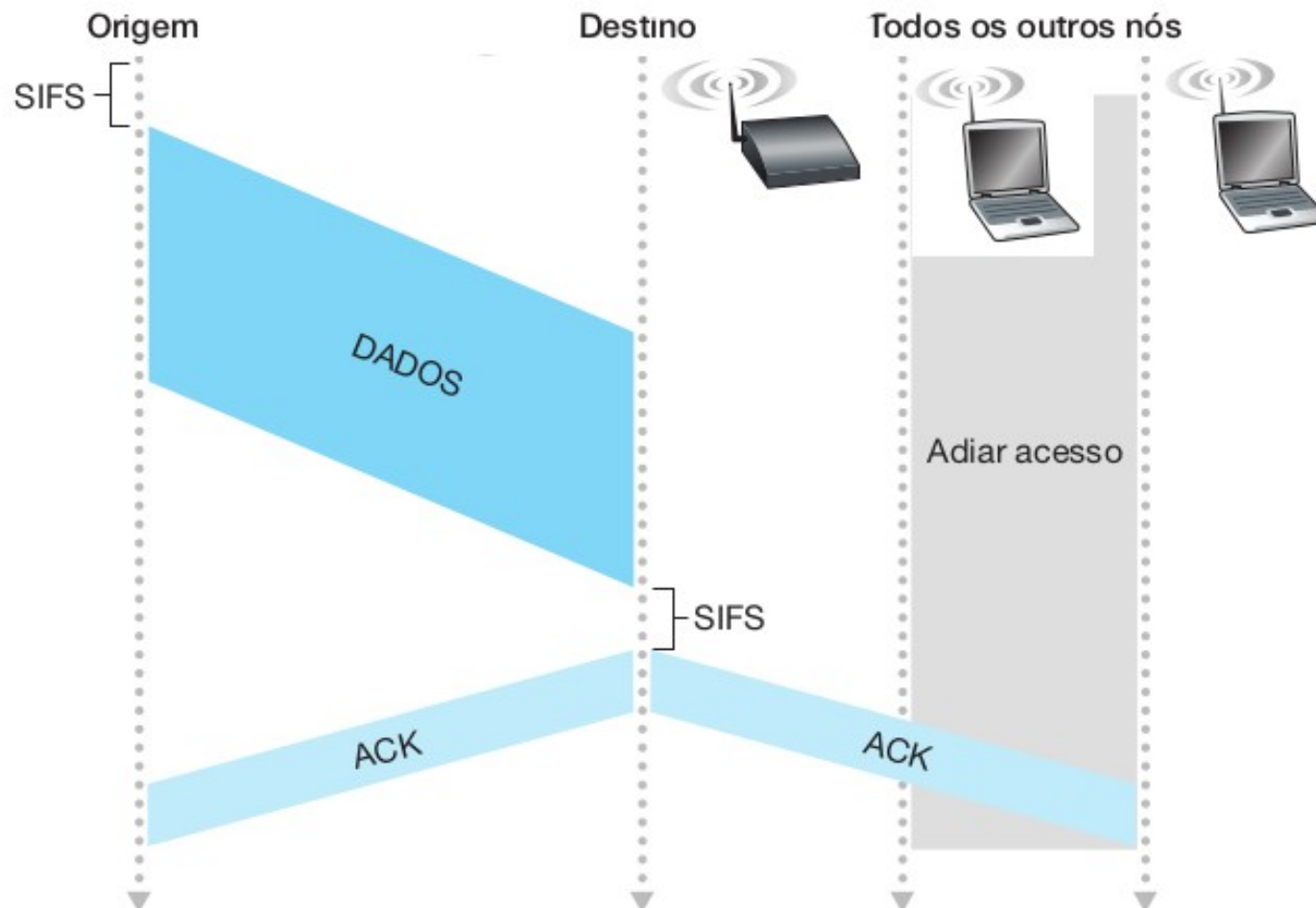
- ... quando o AP recebe o quadro RTS, responde através de difusão ou “broadcast” com um quadro CTS (Clear to Send).
- ... quadro CTS tem duas finalidades, uma de conceder ao remetente a permissão para enviar e outra para instruir as outras estações para não enviar durante o tempo reservado.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

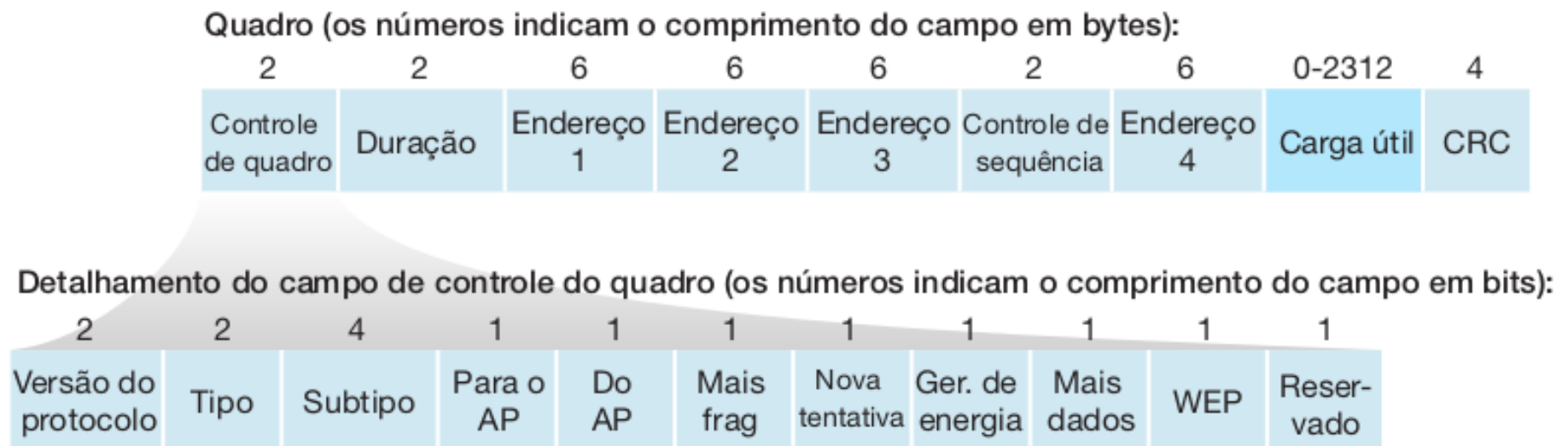
### ... 6.3.2 – Protocolo MAC IEEE 802.11

- Short Inter Frame Space (SIFS) .. usado para transmissão de quadros carregando respostas imediatas (curtas), como ACK que possui a mais alta prioridade dentre os quadros.



### 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

- “**Quadro IEEE 802.11**” .. tem semelhanças com um quadro Ethernet, mas também contempla vários campos que são específicos para sua utilização em enlaces sem fio.
- ... nros. acima de cada campo no quadro representam os comprimentos dos campos em bytes (parte superior da figura).
- ... os nros. acima de cada subcampo no campo de controle do quadro representam os comprimentos dos subcampos em bits.

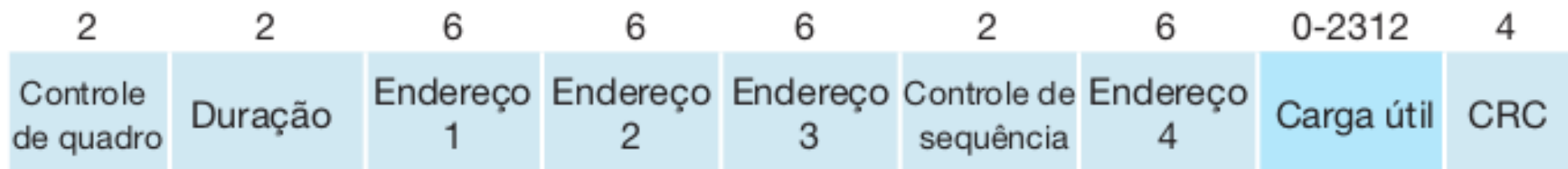


## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

- “**carga útil**” .. consiste, tipicamente, de um datagrama IP ou de um pacote ARP (Address Resolution Protocol).
- .. embora o comprimento permitido do campo seja 2.312 bytes, a carga é menor do que 1.500 bytes (datagrama IP ou um pacote ARP).
- .. assim como um quadro Ethernet, um quadro 802.11 inclui uma verificação de redundância cíclica (CRC), de modo que o receptor possa detectar erros de bits no quadro recebido.
- .. erros de bits são muito mais comuns em LANs sem fio do que em LANs cabeadas, portanto, o CRC é ainda mais útil.

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

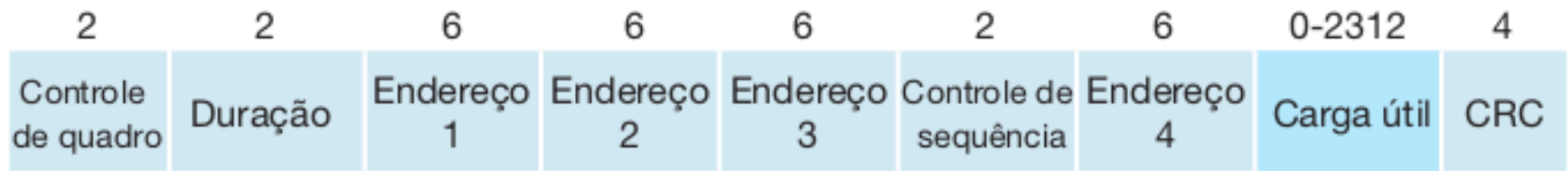


## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

- “**endereço #01**” .. endereço MAC da estação sem fio que deve receber o quadro, assim, se uma estação móvel sem fio transmitir o quadro, o “endereço #01” contempla o endereço MAC do AP de destino.
- ... de modo semelhante, se um AP transmitir o quadro, o “endereço #01” conterá o endereço MAC da estação sem fio de destino.

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

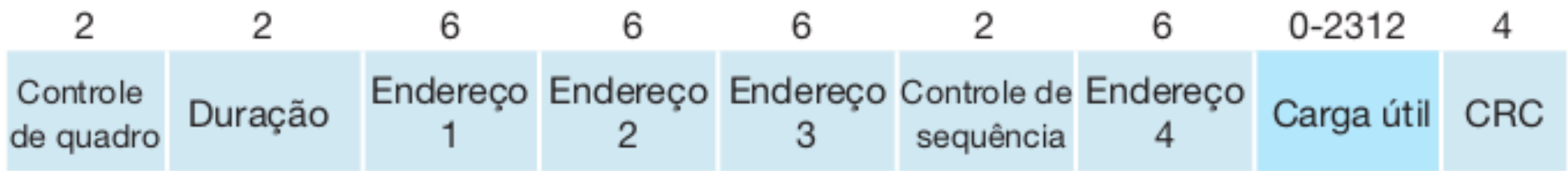


## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

- “**endereço #02**” .. endereço MAC da estação que transmite o quadro.
- ... se uma estação sem fio transmitir o quadro, o endereço MAC daquela estação será inserido no campo de “endereço #02”.
- ... de modo semelhante, se um AP transmitir o quadro, o endereço MAC do AP será inserido no campo de “endereço #02”.

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

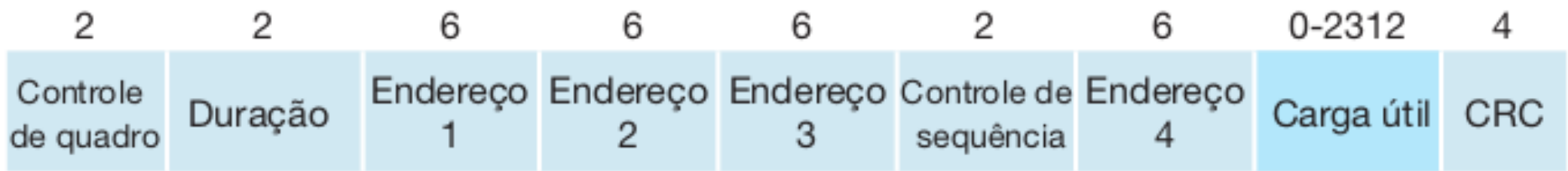


## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

- “**endereço #03**” .. lembre-se de que o BSS (que consiste no AP e estações sem fio) faz parte de uma sub-rede e que se conecta com outras sub-redes, por meio de alguma interface de roteador.
- ... “endereço #03” contém o endereço MAC da interface do roteador.

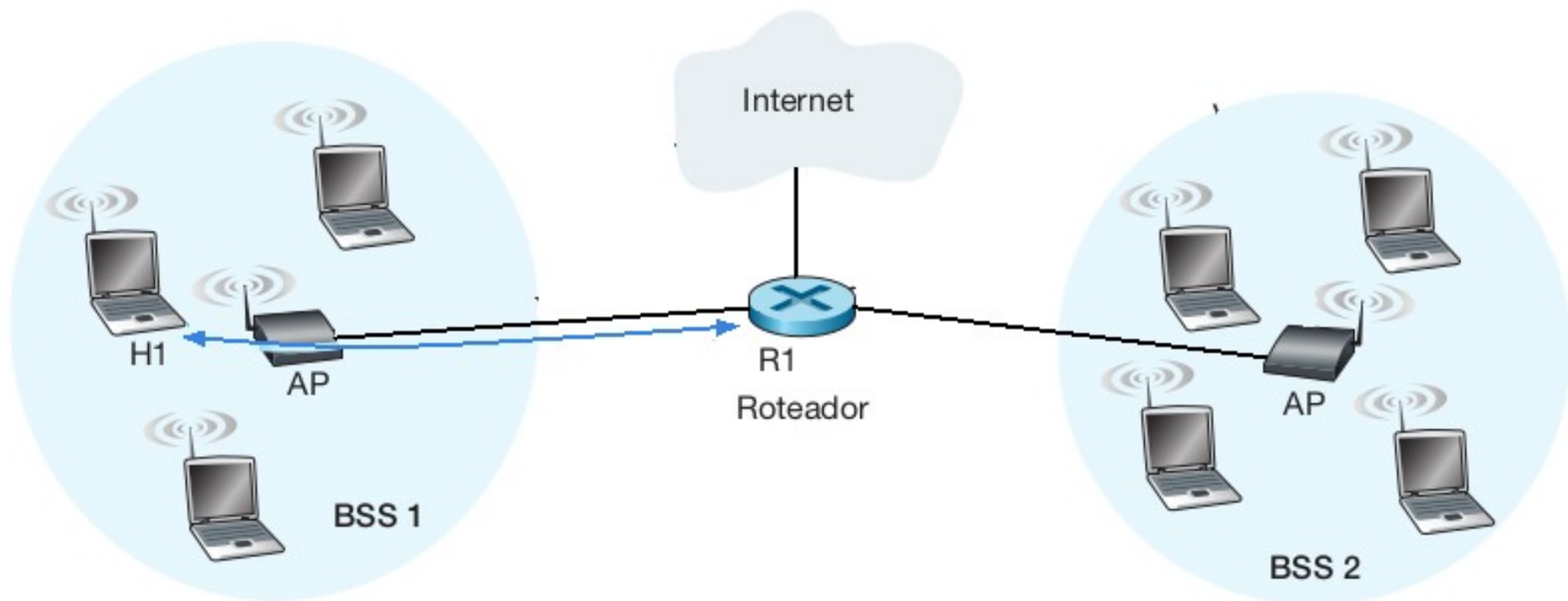
Quadro (os números indicam o comprimento do campo em bytes):



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

- e.g., considere 02 “access points”, cada um responsável por certo número de estações sem fio e cada “access point” com uma conexão direta com um roteador que, por sua vez, se liga a Rede Internet.

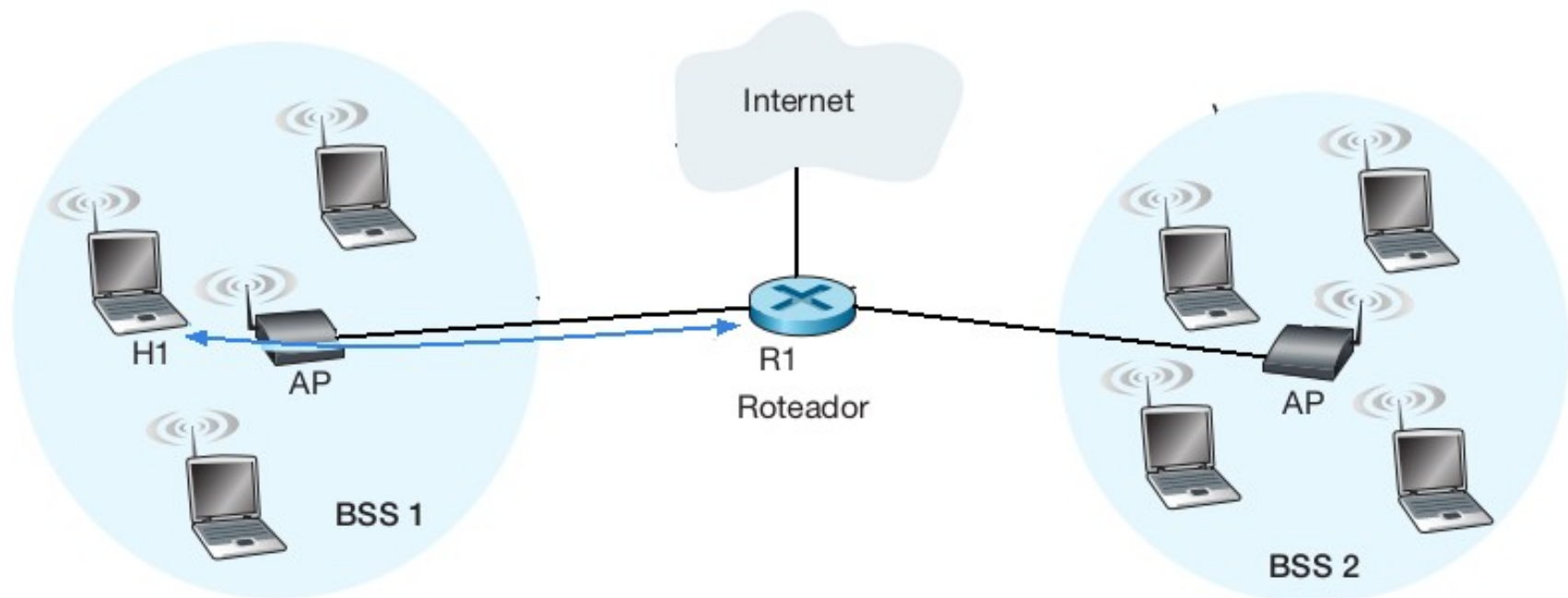




## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

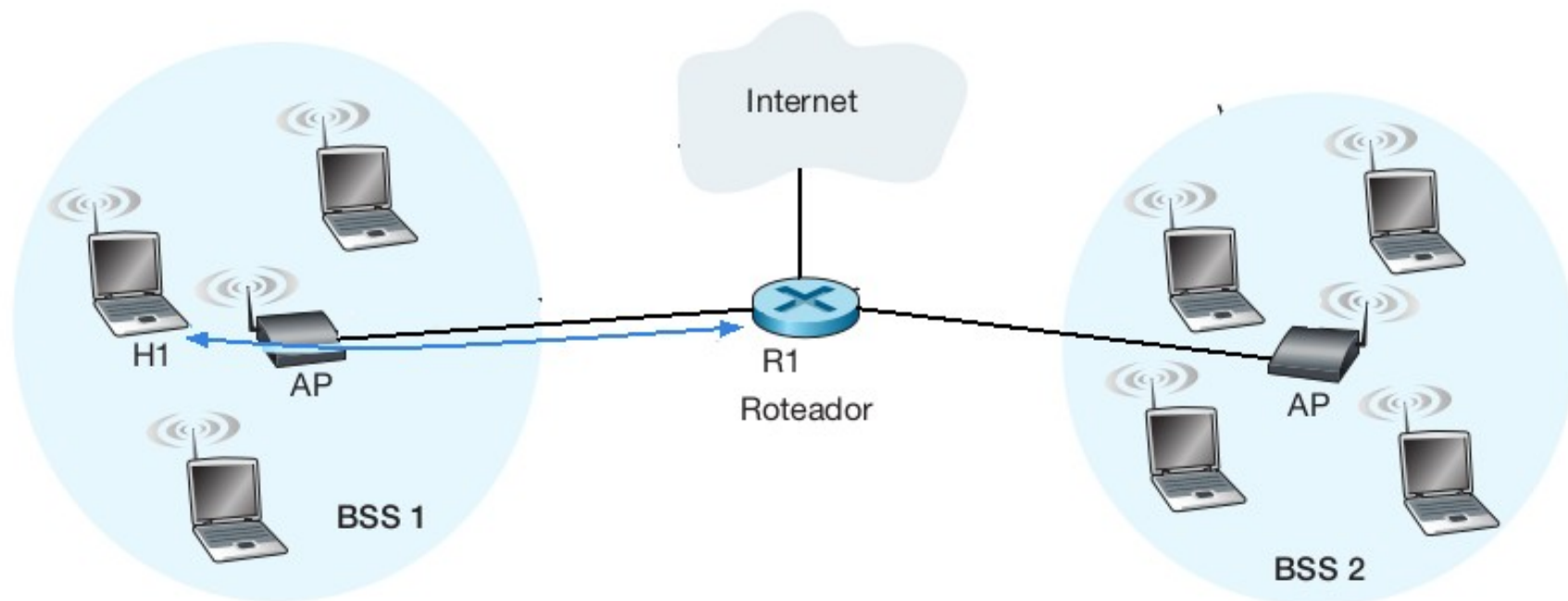
- “**access point**” .. trata-se de dispositivo da camada de enlace e, portanto, não “fala” o Protocolo IP nem entende endereços IP.
- e.g., considere 02 “access points”, cada um responsável por certo número de estações sem fio e cada “access point” tem uma conexão direta com um roteador que, por sua vez, se liga com a Internet global.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

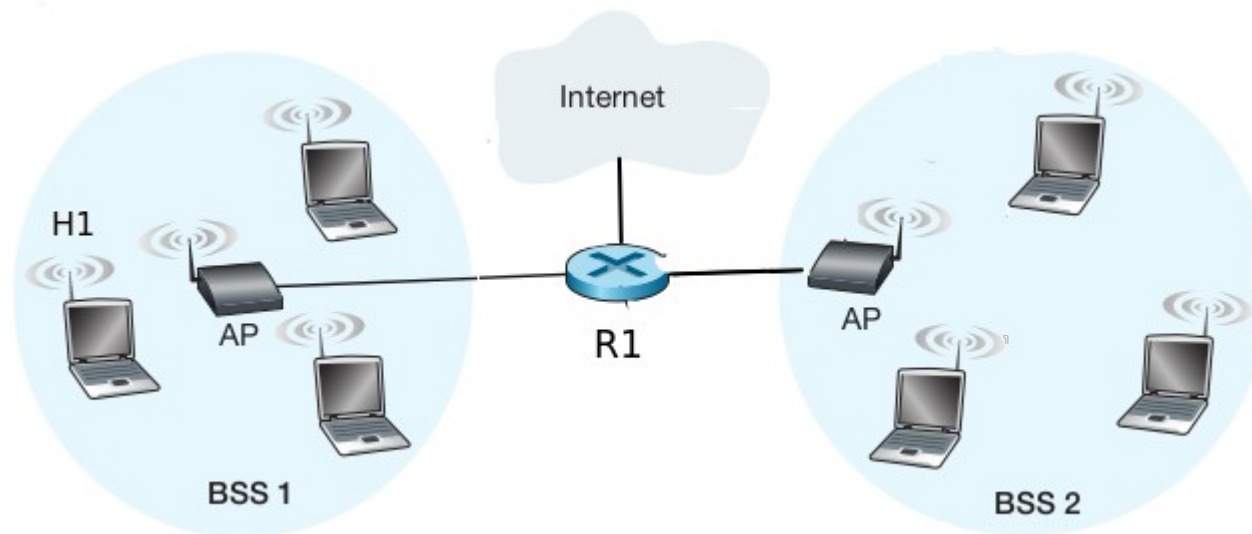
- “**problema**” .. como mover um datagrama de R1 até H1 ??
- .. do ponto de vista do roteador, H1 é apenas um “host” em uma das sub-redes às quais ele (roteador) está conectado e, portanto, não está ciente de que há um AP entre ele e H1.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

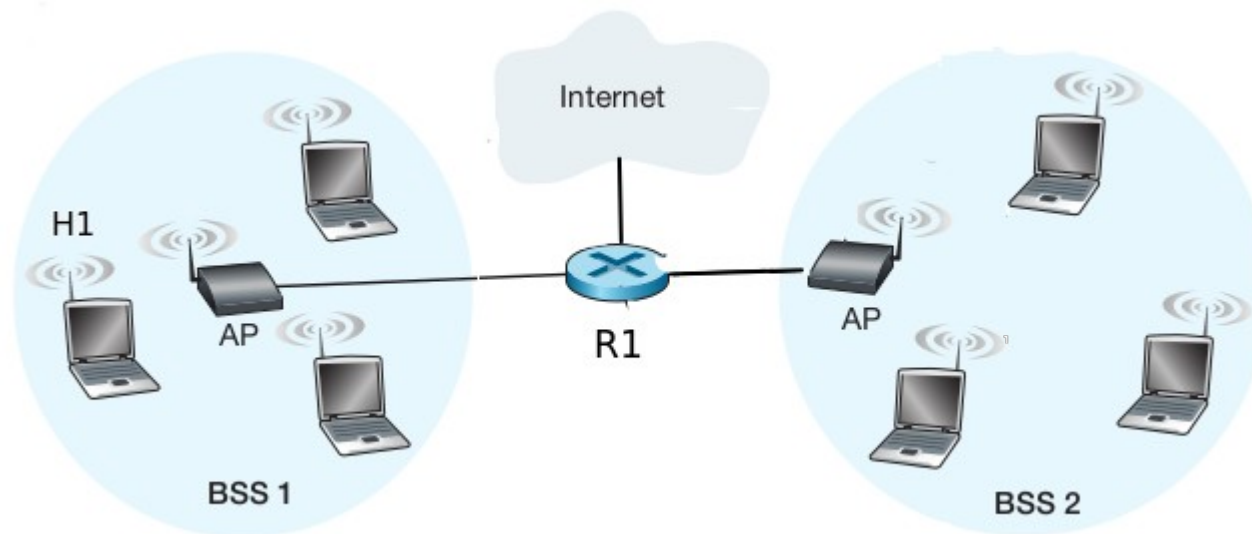
- O roteador, que conhece o endereço IP de H1 (IP de destino do datagrama) utiliza ARP para determinar o endereço MAC de H1, exatamente como aconteceria em uma LAN Ethernet comum.
- ... após obter o endereço MAC de H1, a interface do roteador R1 encapsula o datagrama em um quadro Ethernet.
- ... campo de endereço de origem desse quadro contém o endereço MAC de R1 e o campo de destino contém o endereço MAC de H1.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

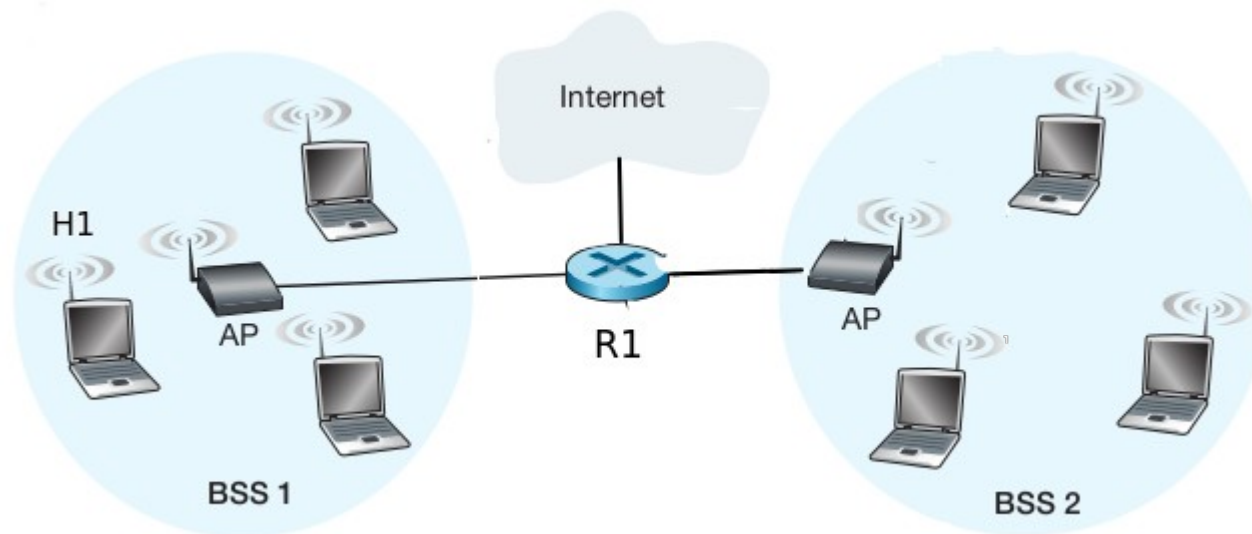
- ... quando o quadro Ethernet chega ao “access point”, o mesmo é convertido em um quadro 802.11 antes de seguir caminho.
- ... “access point” preenche o “endereço #1” e o “endereço #2” com o endereço MAC de H1 e seu próprio endereço MAC, e o “endereço 3”, com o endereço MAC de R1 (roteador).
- ... dessa maneira, H1 pode determinar a partir do “endereço #3” o MAC do roteador que enviou o datagrama para a sub-rede.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

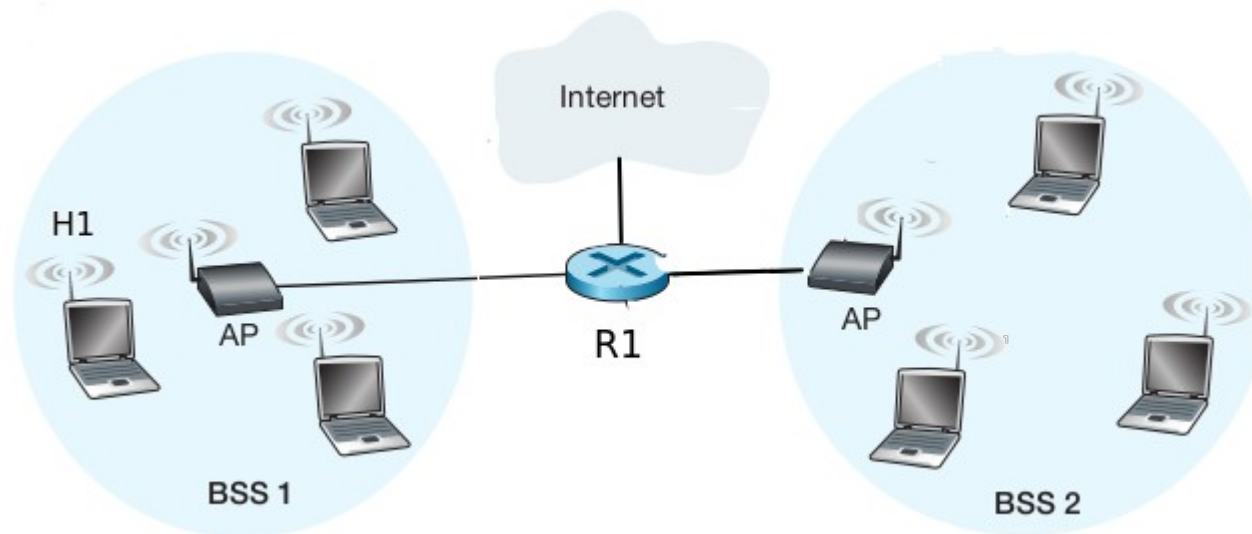
- ... para o processo de volta, H1 cria um quadro 802.11, preenchendo os campos de “endereço #1” e “#2” com o endereço MAC do “access point” e o endereço MAC de H1, respectivamente, como descrito.
- ... para o “endereço #3”, H1 insere o endereço MAC de R1.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.3 – Quadro IEEE 802.11

- ... quando o “access point” receber o quadro 802.11, realiza-se a converção para um quadro Ethernet.
- ... campo de endereço de origem para esse quadro é o MAC de H1 e o campo de endereço de destino é o endereço MAC de R1.
- Assim, o “endereço #3” permite que o “access point” determine o endereço de destino MAC apropriado ao construir o quadro Ethernet.



## 6.3.4 – Mobilidade na Sub-Rede

- “**objetivo**” - para ampliar faixa física de uma rede local sem fio é comum distribuir várias BSSs na mesma Sub-Rede IP.
- “**problema**” - mobilidade entre os BSSs, ou seja, como estações sem fio passam imperceptivelmente de uma BSS para outra enquanto mantém sessões TCP em curso ?





## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.4 – Mobilidade na Sub-Rede

- H1 permanece na mesma Sub-Rede IP, assim, H1 pode manter seu endereço IP e todas as conexões TCP em curso.
- ... se o dispositivo de interconexão fosse um roteador, então H1 teria que obter um novo endereço IP na sub-rede para a qual se deslocou.





## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.4 – Mobilidade na Sub-Rede

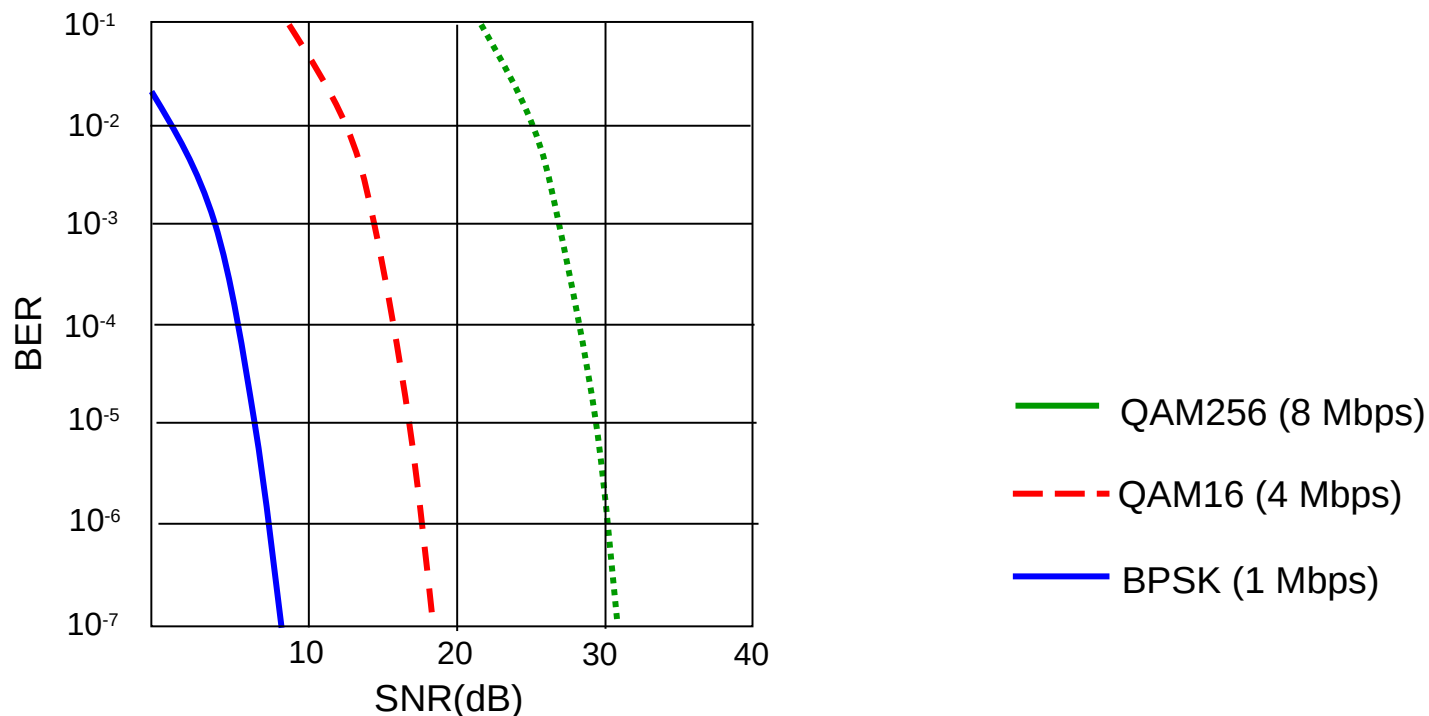
- ... esta mudança de endereço interromperia qualquer conexão TCP em curso em H1, na verdade, finalizaria a conexão.
- H1 passa de BSS1 para BSS2 .. medida que se afasta, H1 detecta enfraquecimento do sinal de AP1 e varre em busca de sinal mais forte.
- ... ao receber sinalização de AP2, H1 se dessassocia de AP1 e se associa a AP2, mantendo seu endereço IP e sessões TCP.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### 6.3.5 – Recursos Avançadas em 802.11

- **“adaptação da taxa de transmissão”**
- estação base ou dispositivo móvel muda a taxa de transmissão dinamicamente (técnica de modulação da camada física).
- SNR diminui – BER aumenta quando se afasta da estação base.
- BER muito alto >> diminui a taxa de transmissão >> BER mais baixo.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.5 – Recursos Avançadas em 802.11

- “**gerenciamento de energia**” .. permite que os nós minimizem suas funções de percepção, transmissão e recebimento:
- “**modo dormência**” .. nó sinaliza ao AP que “entrará em dormência”, assim, AP sabe que não deve transmitir quadros para esse nó.
- .. temporizador localizado no nó é ajustado para acordar o nó antes do AP ser programado para enviar seus quadros de sinalização (100 ms).
- .. quadros de sinalização enviados pelo AP contém uma relação de nós cujos quadros foram armazenados no AP, assim, o nó pode solicitar o envio das msgs. do AP enviando uma mensagem de “polling” ao AP.
- .. se não houver quadros para serem enviados o nó entra em dormência novamente até o temporizador do nó acordá-lo novamente.

## 6.3.6 – Bluetooth e WiMax

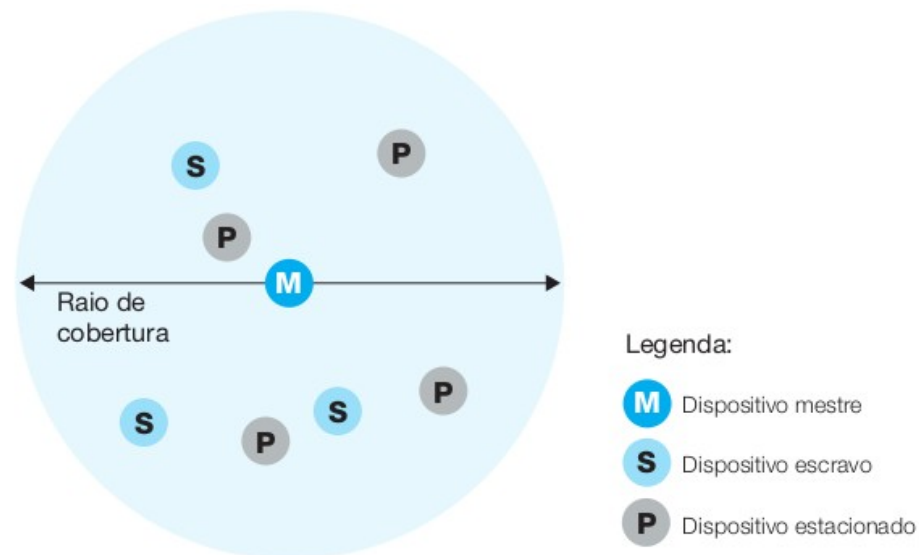
- WiFi IEEE 802.11 é voltado para comunicação entre aparelhos distanciados em até 100m (exceto 802.11 configurado ponto a ponto entre antenas direcionais)
- IEEE 802.15.1 ou Bluetooth é um padrão que permite a comunicação em distâncias menores do que 802.11.
- .. rede de área pessoal com menos de 10 m de diâmetro, normalmente permite a substituição de cabos para mouse, teclado e fone.
- modo de operação “ad hoc” - sem infraestrutura ou modo de operação “mestre/escravo” onde escravos solicitam permissão para enviar, sendo que o nó mestre concede a solicitação para envio.

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11 ... 6.3.6 – Bluetooth e WiMax

- WiFi IEEE 802.11 é voltado para comunicação entre aparelhos distanciados em até 100m (exceto 802.11 configurado ponto a ponto entre antenas direcionais)
- IEEE 802.15.1 ou Bluetooth é um padrão que permite a comunicação em distâncias menores do que 802.11.
- 802.15 opera entre 2,4 a 2,5 GHz (não licenciada) em modo TDM (Time Division Multiplexer) com intervalo de tempo de 625 micro segundos.
- 802.15.1 pode prover taxa de transmissão de até 4 Mbps.

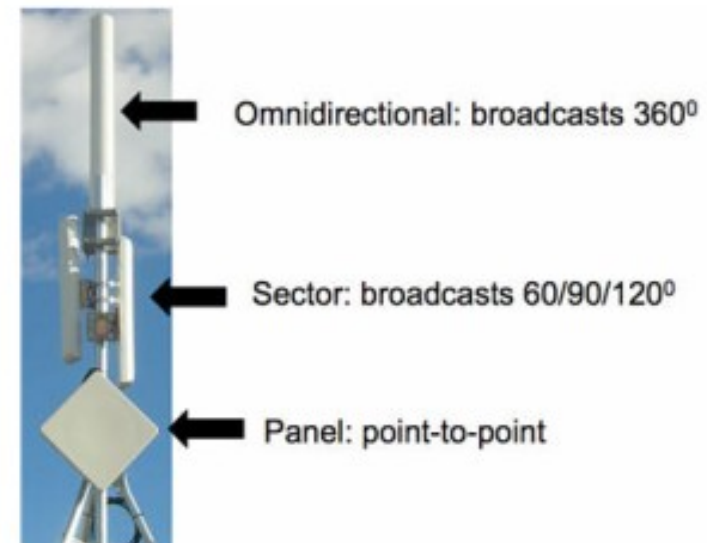
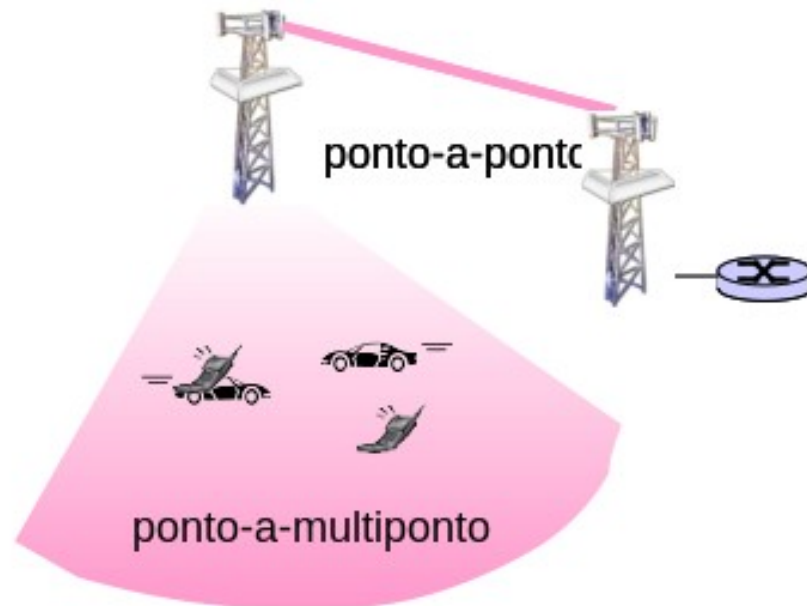
## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11 ... 6.3.6 – Bluetooth e WiMax

- IEEE 802.15.1 ou Bluetooth é um padrão que permite a comunicação em distâncias menores do que 802.11.
- rede de área pessoal com menos de 10 m de diâmetro, normalmente permite a substituição de cabos para mouse, teclado e fone.
- modo de operação “ad hoc” - sem infraestrutura ou modo de operação “mestre/escravo” onde escravos solicitam permissão para enviar, sendo que o nó mestre concede a solicitação para envio.



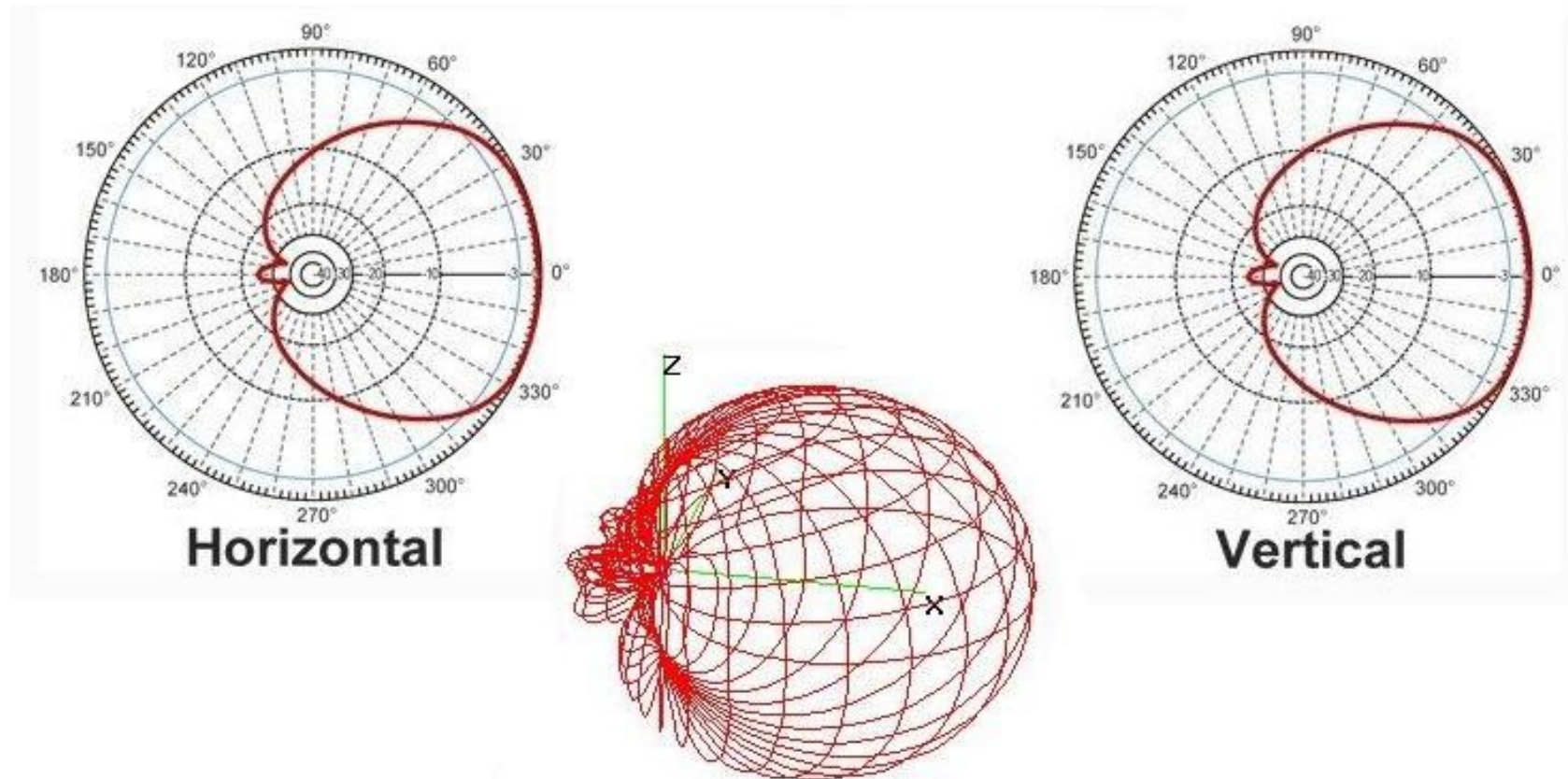
## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11 ... 6.3.6 – Bluetooth e WiMax

- IEEE 802.16d e IEEE802.16e são padrões para permitir a comunicação em distâncias maiores do que 802.11 – interoperabilidade mundial para acesso em microondas.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11 ... 6.3.6 – Bluetooth e WiMax

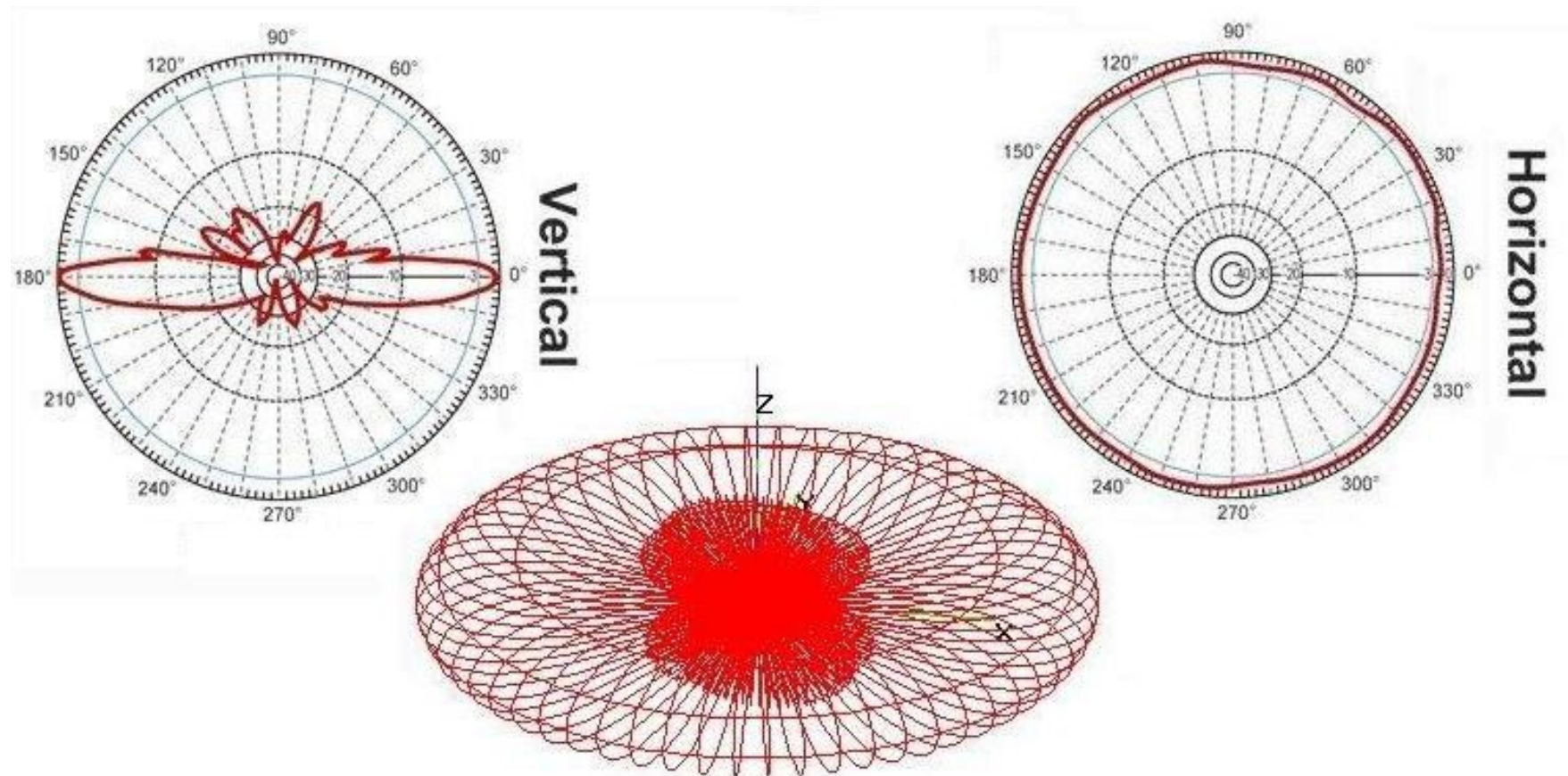
- “**antena setorial**” .. apresentam um ângulo vertical condizente com os sistemas ponto-área “outdoor” podendo alcançar grandes distâncias com um ângulo de abertura de 90 graus na vertical.





## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11 ... 6.3.6 – Bluetooth e WiMax

- “**antena omni-direcional**” .. emitem sinais num ângulo de 360 graus na horizontal; diminuem seu ângulo de emissão na vertical conforme aumentam seu ganho.



## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.6 – Bluetooth e WiMax

- IEEE 802.16d e IEEE802.16e são padrões para permitir a comunicação em distâncias maiores do que 802.11 – interoperabilidade mundial para acesso em microondas.
- ... contempla estações base cuja comunicação com “host” se dá através de antena direcional.
- ... comunicação/transporte de estação base para estação base através de antena ponto a ponto com distância entre estações bases de até aproximadamente 6 milhas e taxa de transferência de 14 Mbps.
- 1 Milha = 1760 yards .. 1 yard = 3 feet .. 1 foot = 12 inches
- 1 Milha Terrestre = (aprox.) 1610 metros (valor exato = 1609,34 m).

## 6 – Wireless and Mobile Network / 6.3 – LANs sem Fio 802.11

### ... 6.3.6 – Bluetooth e WiMax

- estação base coordena a transmissão de pacotes da camada de enlace nas direções de “downstream” e “upstream”
- “**downstream**” .. estação base para estação do assinante.
- “**upstream**” .. estação do assinante para estação base com estrutura de quadro TDM (Time Division Multiplexer).
- .. estação base informa através do DL-MAP e UL-MAP quem receberá (downstream) e quem enviará (upstream).

