

2. Componentes básicos (Hardware)

Ementa

- 1. Introdução a Tecnologias Sem Fio – WLAN**
- 2. Componentes básicos (Hardware)**
- 3. Conceitos de espectro de Frequência e tecnologia de sinais**
- 4. Topologias**
- 5. Noções de sistemas de comunicação celular**
- 6. Nível Físico**
- 7. Padrões**
- 8. Protocolos de acesso ao meio**
- 9. Conceitos Sobre segurança em redes sem fio**
- 10. Projetar estruturas de rede WLAN**

Redes Wireless

Componentes de Hardware

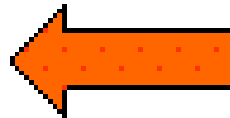
- Estações (Stations – STA):
 - são as estações de trabalho que comunicam-se entre si dentro de uma célula (BSS) por intermédio de placas ou adaptadores de rede, implementadas como cartões PCI, PCMCIA, USB ou adaptadores para portas ethernet.



Redes Wireless

Componentes de Hardware

- Cartões de interface de rede NICs (Network Interface Cards)

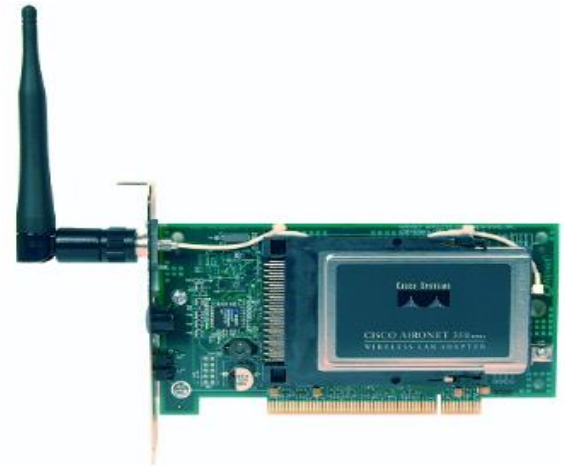
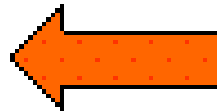


Notebook com placa PCMCIA wireless

Redes Wireless

Componentes de Hardware

- Cartões de interface de rede NICs (Network Interface Cards)



PC com placa PCI wireless

Redes Wireless

Componentes de Hardware

- Placa de rede wireless padrão USB



Redes Wireless

Componentes de Hardware

- Dispositivo transceptor (transmissor/receptor) ou ponto de acesso (Access Point - AP):
 - É conectado a uma rede local Ethernet convencional (cabada) e funciona como uma ponte entre a rede wireless e a rede tradicional.



Redes Wireless

Componentes de Hardware

- **Wireless Network Bridging:**
 - Permite a conexão ponto a ponto outdoor de links WLAN ou WMAN.



Redes Wireless

Componentes de Hardware

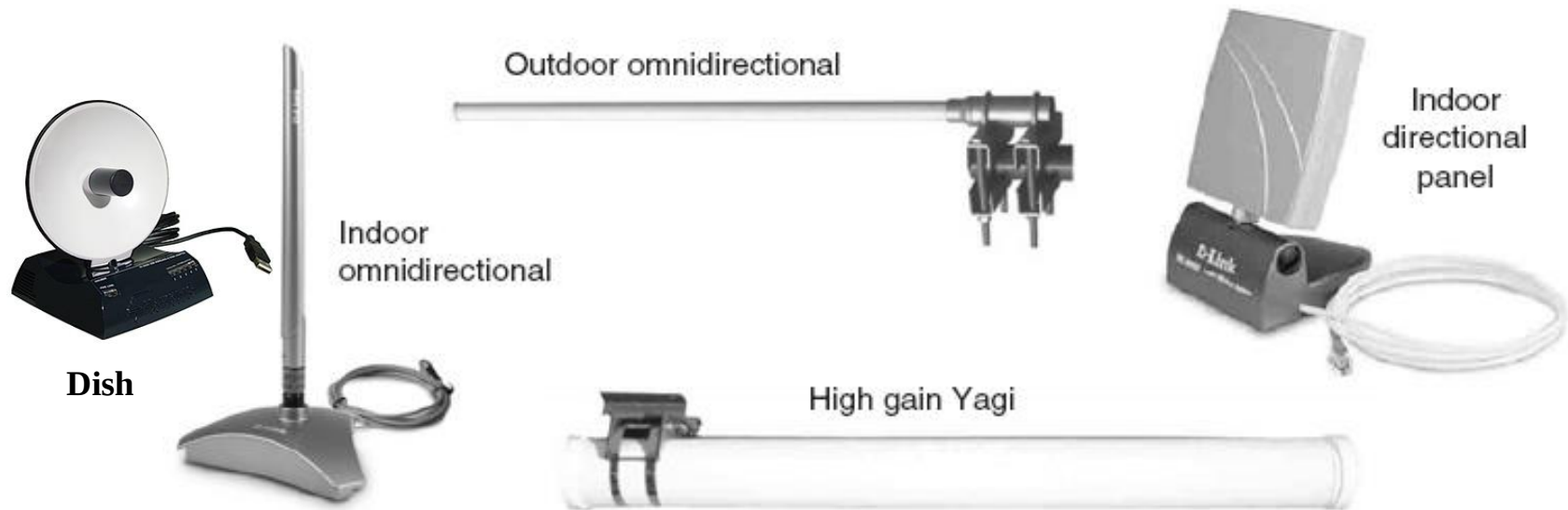
- Servidores de impressão wireless:
 - Permite a conexão de dispositivos de impressão na rede através de uma bridge wireless (“adaptador”) com vários tipos de conexões para impressoras como por exemplo: USB ou porta paralela.



Redes Wireless

Componentes de Hardware

- Antenas:
 - Permite a transmissão e recepção de sinais de RF com aumento de ganho em dBi.



3. Conceitos de Espectro de Frequência e tecnologia de sinais

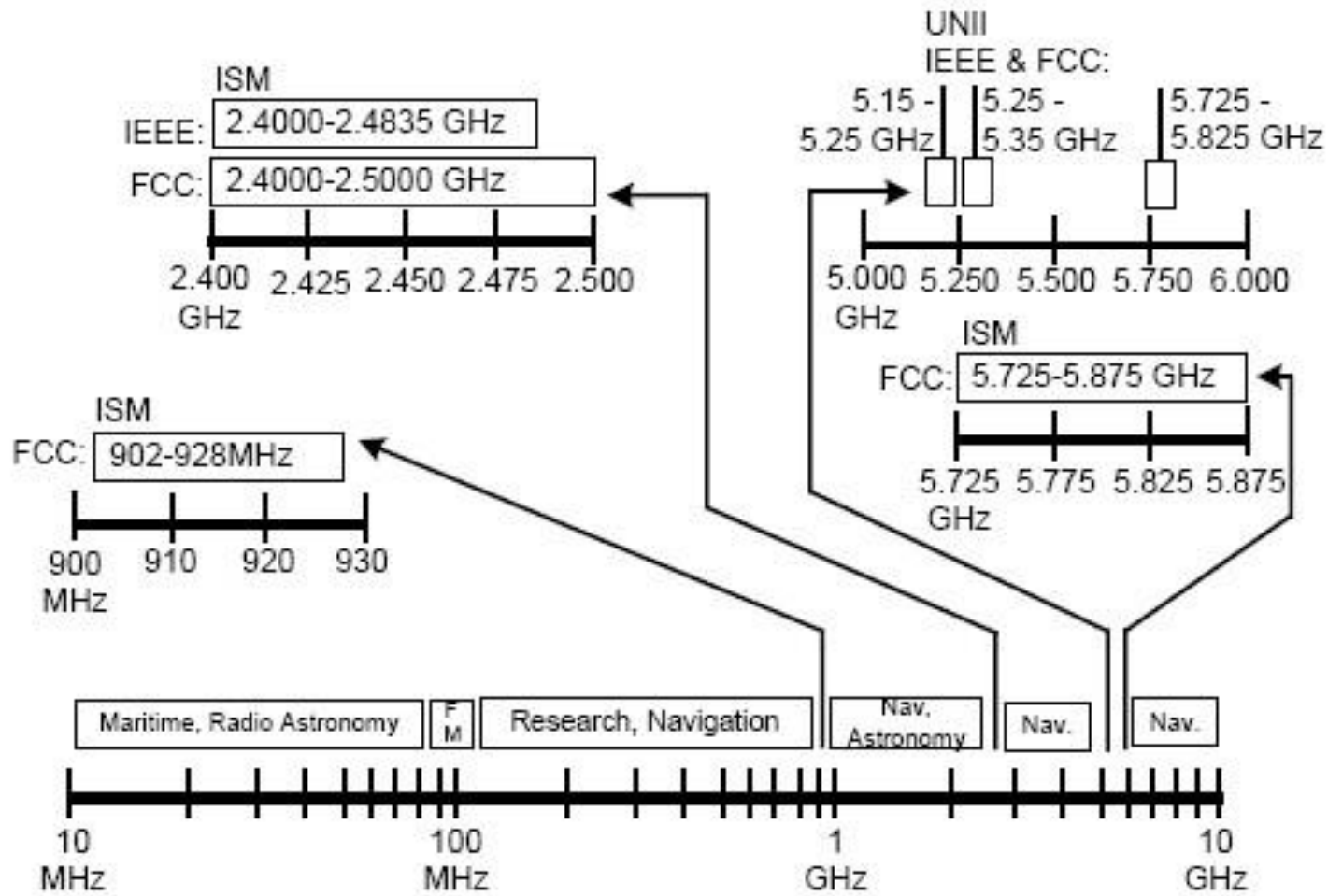
Redes Wireless

Espectro de Frequências

<i>Transmission type</i>	<i>Frequency</i>	<i>Wavelength</i>
Very low frequency (VLF)	9–30 kHz	33–10 km
Low frequency (LF)	30–300 kHz	10–1 km
Medium frequency (MF)	300–3000 kHz	1000–100 m
High frequency (HF)	3–30 MHz	100–10 m
Very high frequency (VHF)	30–300 MHz	10–1 m
Ultra high frequency (UHF)	300–3000 MHz	1000–100 mm
Super high frequency (SHF)	3–30 GHz	100–10 mm
Extremely high frequency (EHF)	30–300 GHz	10–1 mm

Redes Wireless

Espectro de Frequências



Redes Wireless

Espectro de Frequências

- “As transmissões podem ser realizadas em duas categorias de bandas de frequências : ISM e U-NII.”

Redes Wireless

Espectro de Frequências

- Banda ISM (Instrumentation, Scientific & Medical)
 - Reservada para uso sem licença;
 - Compreende 3 segmentos de frequências:
 - 902 a 928 Mhz
 - 2.400 a 2483,5 Mhz
 - 5.725 a 5.850 Mhz
- Banda U-NII (Unlicensed National Information Infrastructure)
 - Usada para acesso à Internet – sem licença;
 - Segmentos de frequência de 5.150 a 5.825 Mhz

Redes Wireless

Padrões – Esquemas de Modulação

- IEEE 802.11
- Técnicas de espalhamento espectral :
 - Frequency Hopping (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum)
 - Direct Sequence (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum)
- Faixa de frequência de 2,4 GHz (chamada de ISM – Industrial Scientific and Medical)

Redes Wireless

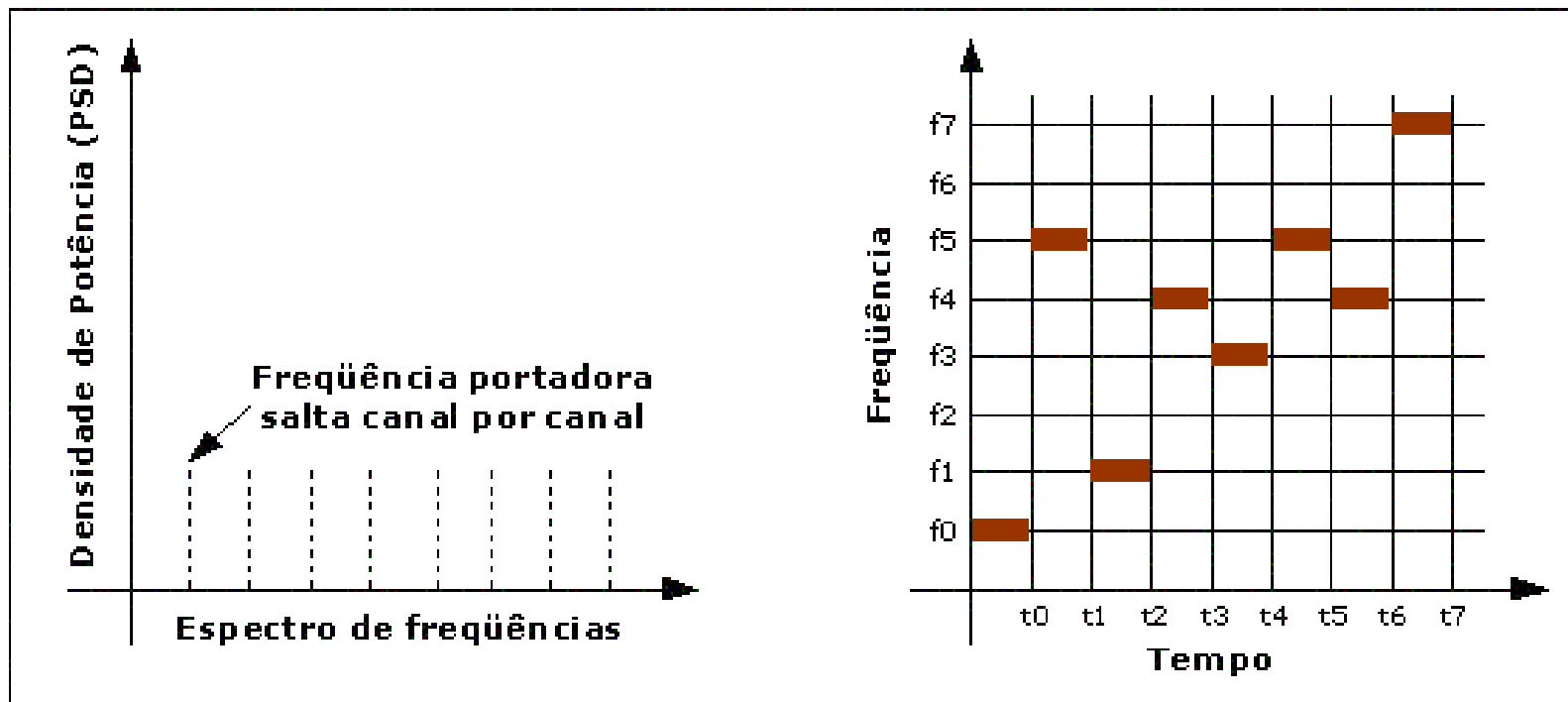
IEEE 802.11 – Esquemas de Modulação

- Frequency Hopping (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum):
 - utiliza saltos pseudoaleatórios nas frequências utilizadas em uma modulação do tipo FSK (Frequency Shift Keying). Ou seja, ao invés de utilizar frequências f_1 e f_2 pré-definidas, as frequências utilizadas para se transmitir 0 ou 1 são alterados de acordo com uma sequência pseudoaleatória gerada (código PN)

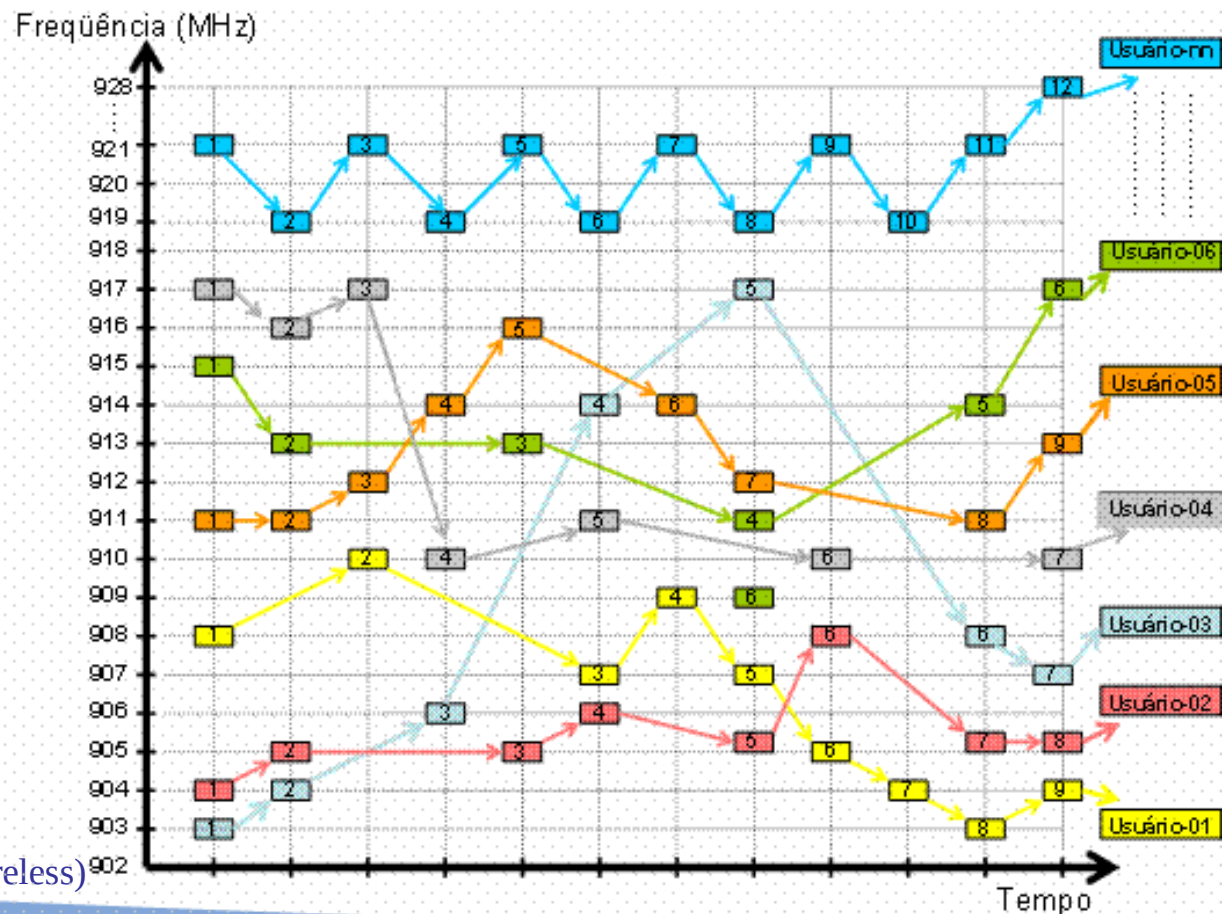
Redes Wireless

IEEE 802.11 – Esquemas de Modulação

- Frequency Hopping (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum)



- Frequency Hopping (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum)



- Frequency Hopping (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum):
 - Tecnologia de saltos de frequência;
 - Os canais não precisam ser sequenciais;
 - EUA e Europa (exceto Espanha e França):
 - 79 canais
 - Probabilidade pequena de usuários diferentes usarem a mesma sequência de canais;
 - Maior imunidade a interferências e maior segurança;

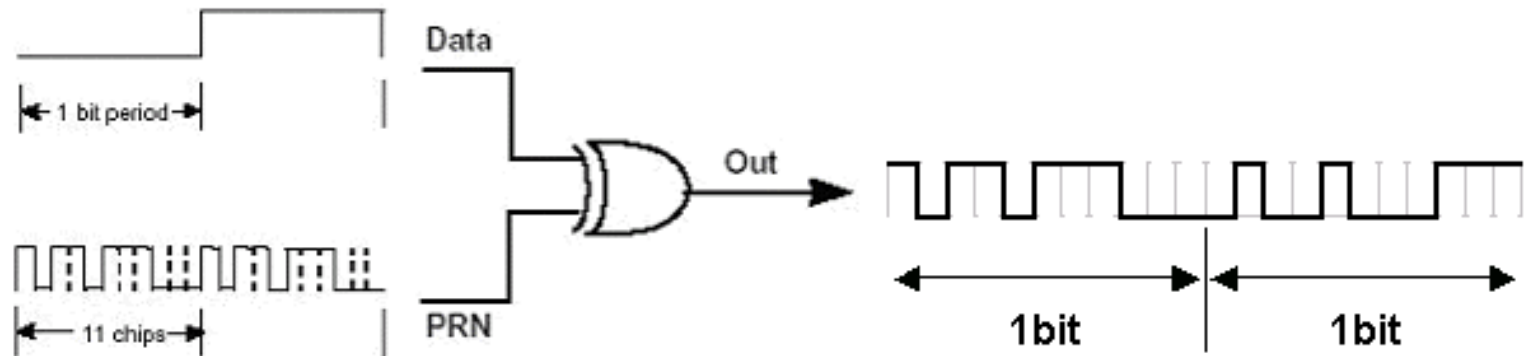
- Frequency Hopping (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum):
 - GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*):
 - Similar ao FSK, utiliza pulsos gaussianos, ao invés de pulsos senoidais, para obter uma melhor eficiência espectral.
 - 2-GFSK: utiliza 2 frequências possíveis, transmitindo 1 bit por símbolo.
 - 4-GFSK: utiliza 4 frequências possíveis, transmitindo então 2 bits por símbolo.

- Frequency Hopping (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum):
 - Modulações:
 - 2-GFSK: 1 Mbps
 - 4-GFSK: 2 Mbps

- Frequency Hopping (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum):
 - Menos eficiente que a técnica de espalhamento espectral DSSS, com isso o uso da camada física Frequency Hopping foi praticamente descontinuada com a introdução do padrão 802.11b, que se manteve compatível apenas com a técnica de DSSS.

- Direct Sequence (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum)
 - Consiste na utilização de sequências de pseudo-ruído, em conjunto com uma modulação M-PSK, de modo que a fase do sinal modulado varie aleatoriamente de acordo com esse código PN (pseudo-noise). O código PN consiste em sequências de 1's e 0's, à uma taxa maior que a taxa dos bits de transmissão

- Direct Sequence (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum)

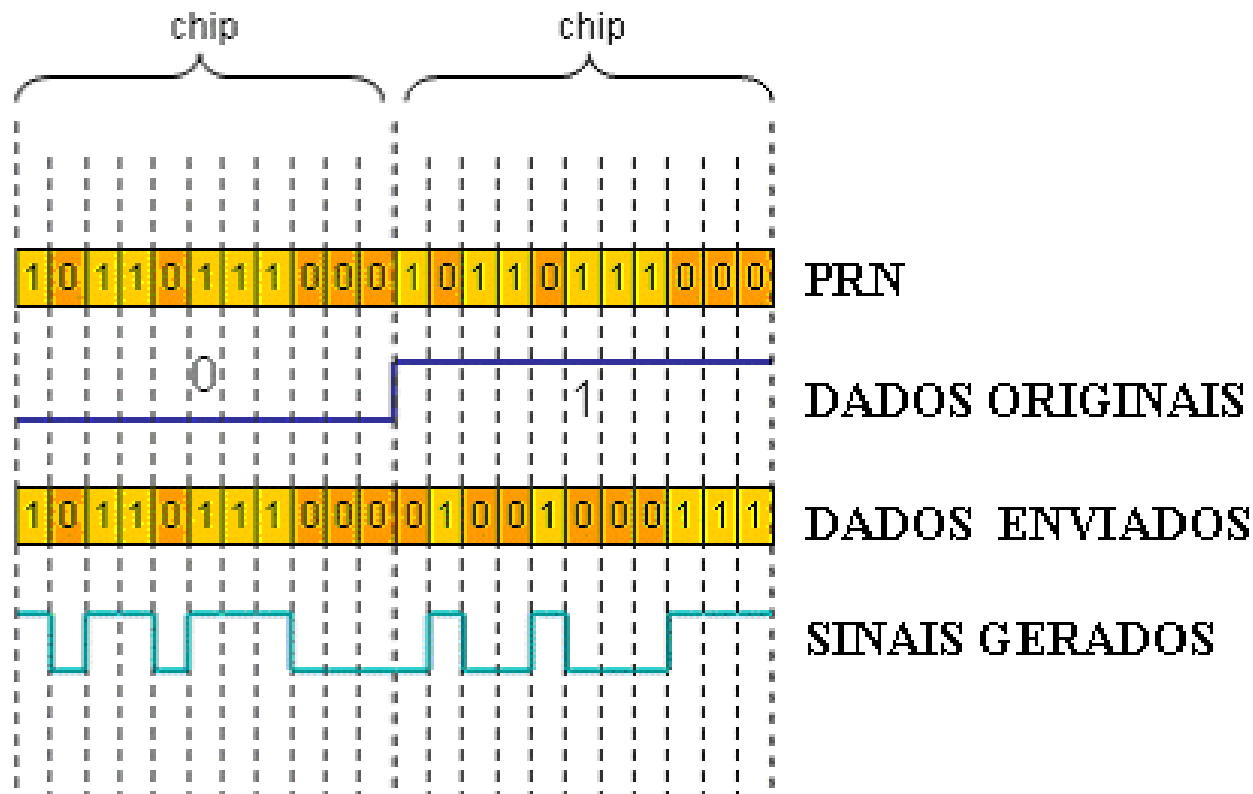


11 Bit Barker Code (PRN):
10110111000

Entrada		Saída
A	B	$A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Obs.: PRN → Pseudo
Random Number

- Direct Sequence (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum)



- Direct Sequence (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum)
 - Modulações:
 - DBPSK (ou simplesmente DPSK):
 - 1 bit por símbolo alcançando 1 Mbps
 - DQPSK (*D Quadrature* PSK):
 - 2 bits por símbolo alcançando 2 Mbps

- Manteve a compatibilidade com o padrão anterior:
 - Operando também na faixa de 2,4 GHz;
 - Mantendo os modos de operação de 1 Mbps e 2 Mbps, apesar do upgrade para até 11Mbps;
 - Utilizando DSSS (FHSS foi descartado) com o código Barker

- Mudanças:
 - Dois novos modos, com uma técnica nova de codificação podendo alcançar taxas de 5,5 Mbps e 11 Mbps;
 - Para alcançar essas taxas de transmissão passou a utilizar a codificação CCK (*Complementary Code Keying*), que consiste em um conjunto de 64 palavras de 8 bits.

- Modulações:
 - DQPSK, para os dois modos, que já faz o mapeamento de 2 bits por símbolo.
 - A diferença agora estará no código CCK, que ao invés de mapear um código para um bit como fazia o código de *Barker*, irá mapear cada palavra do código em 2 ou 6 bits, de acordo com a taxa utilizada, resultando em um total de 4 bits por símbolo para 5,5 Mbps, e 8 bits por símbolo para 11 Mbps.

Redes Wireless

IEEE 802.11b – Esquemas de Modulação

- Modulações:
- Antes utilizava-se códigos de 11 bits, com taxa de 1 MSps, resultando em uma taxa de sinalização de 11 Mbps. Essa taxa de sinalização é mantida no novo padrão, mas com um novo código de 8 bits, teremos uma nova taxa de símbolos de 1,375 MSps. Multiplicando-se a taxa de símbolos pelo número de bits por símbolo, chegamos nas taxas nominais de 5,5 Mbps ($1,375 \times 4$) e 11 Mbps ($1,375 \times 8$)

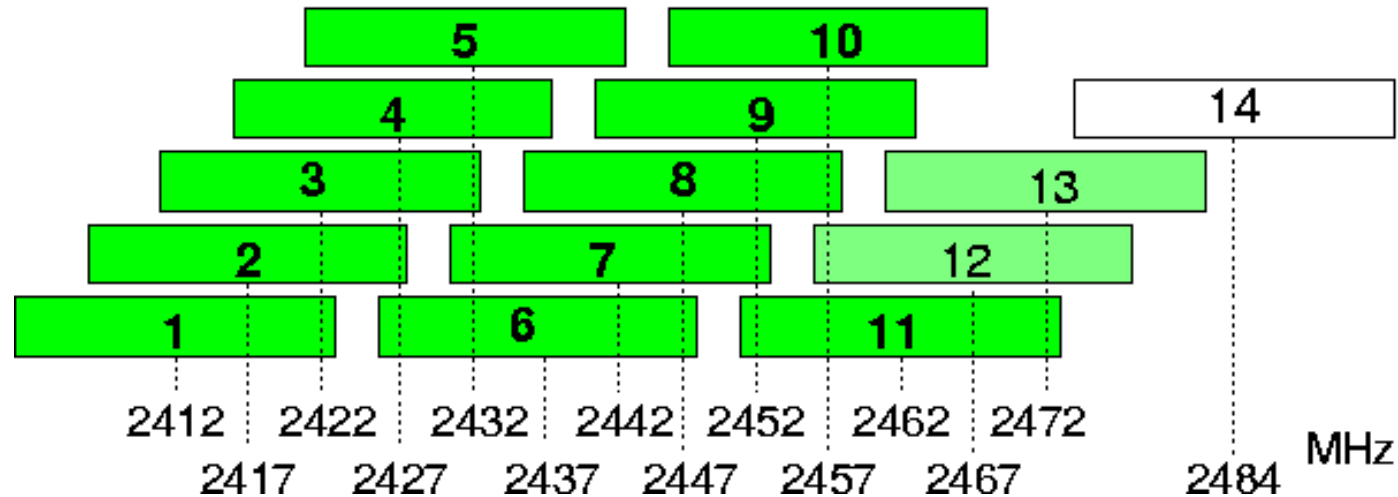
Data rate	Code length	Modulation	Symbol rate	Bits/ Symbol
1 Mbps	11 (Barker sequence)	BPSK	1 MSps	1
2 Mbps	11 (Barker sequence)	QPSK	1 MSps	2
5.5 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	4
11 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	8

- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
 - A largura de cada canal é de 22 MHz operando com 11 MHz de largura de banda a partir da frequência central, ou seja, os valores que aparecem são referentes a frequência central de cada canal.
 - O afastamento entre canais é de 5 MHz entre frequências centrais.
 - A alocação de Access Points deve ter o afastamento de pelo menos 5 canais.

Redes Wireless

IEEE 802.11b – Esquemas de Modulação

- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)



CH-ID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
f [MHz]	2412	2417	2422	2427	2432	2437	2442	2447	2452	2457	2462	2467	2472
USA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Europa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Redes Wireless

IEEE 802.11b – Esquemas de Modulação

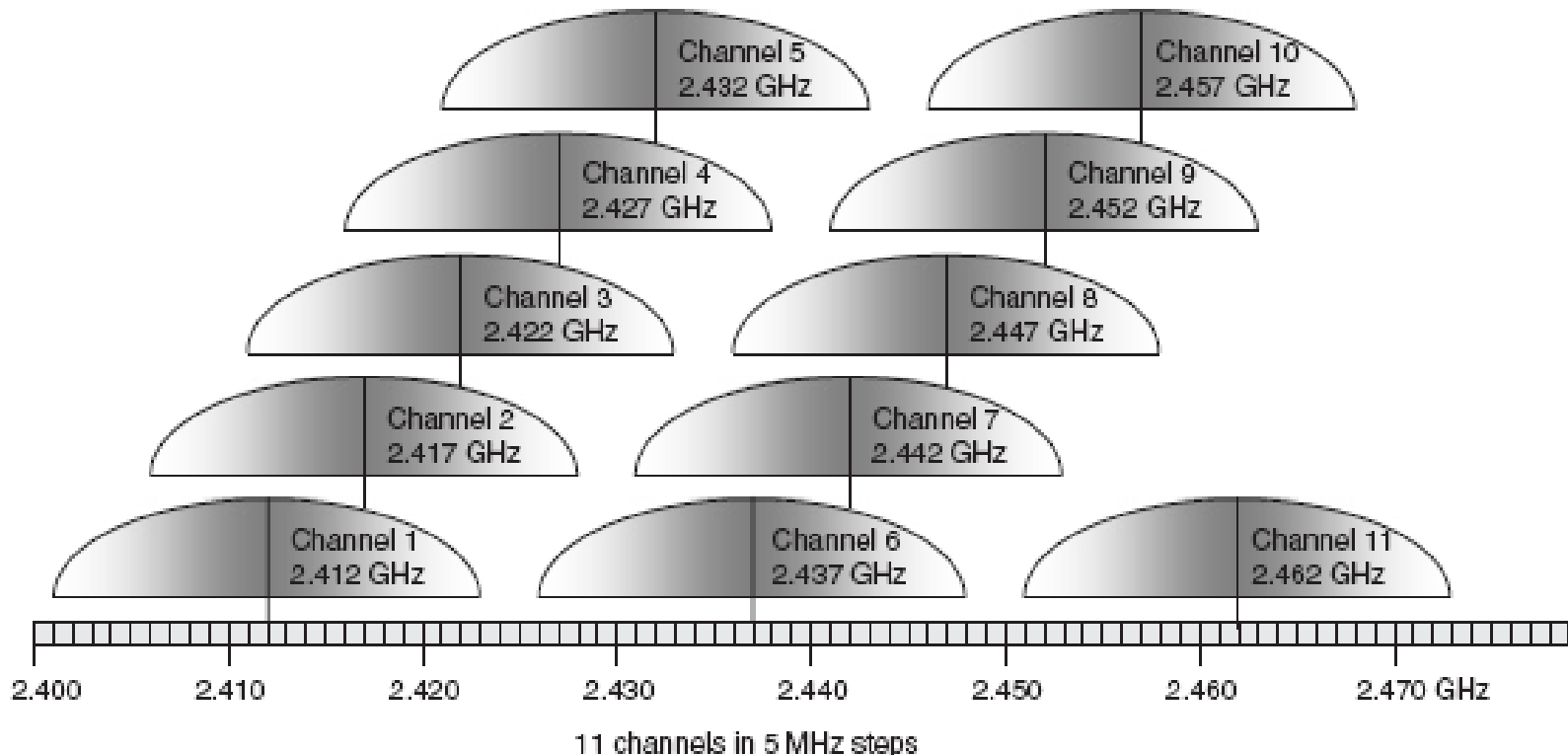
- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
 - USA

Canal	freq. Inicial (MHz)	freq.central (MHz)	freq. Final (MHz)
1	2401	2412	2423
2	2406	2417	2428
3	2411	2422	2433
4	2416	2427	2438
5	2421	2432	2443
6	2426	2437	2448
7	2431	2442	2453
8	2436	2447	2458
9	2441	2452	2463
10	2446	2457	2468
11	2451	2462	2473

Redes Wireless

IEEE 802.11b – Esquemas de Modulação

- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)
 - USA – grupo de canais sem sobreposição



- Necessidade de obter taxas de transmissão mais elevadas:
 - Utiliza a faixa de frequência de 5 GHz na banda UNII;
 - Vantagem de sofrer menor nível de interferência em relação a outra faixa de 2,4 GHz;
 - Desvantagem devido ao maior custo para ter o mesmo alcance que 2,4GHz

- Modulações:
 - Utiliza como modulação o OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*):
 - O OFDM utiliza várias sub-portadoras, moduladas em BPSK, QPSK, 16-QAM ou 64-QAM.
 - Também utiliza um código convolucional corretor de erros (FEC), com taxas de $1/2$, $2/3$ ou $3/4$.

Redes Wireless

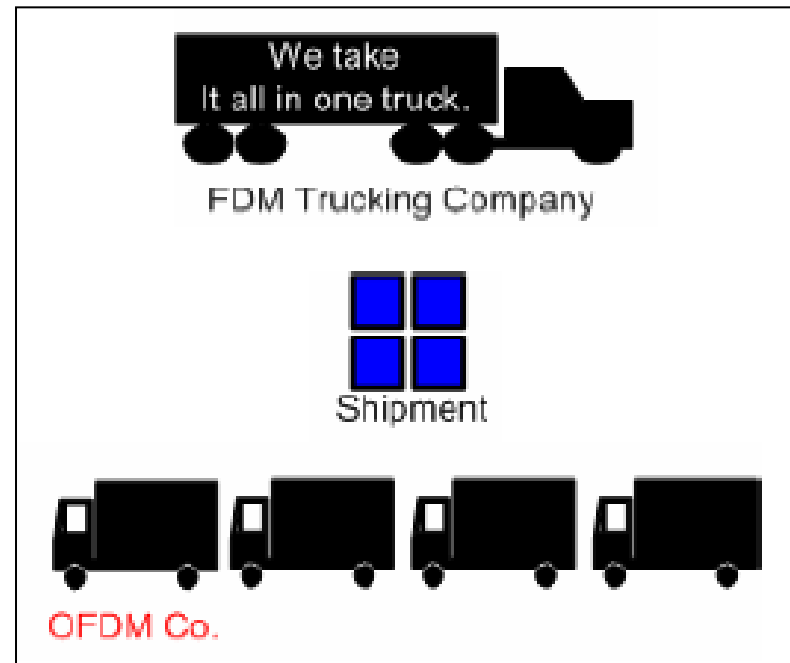
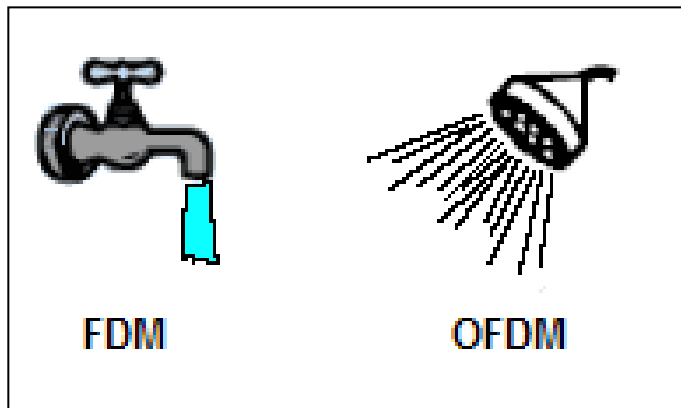
IEEE 802.11a – Esquemas de Modulação

- Modulações:

Modulation	Coding rate (R)	Coded bits per subcarrier (N_{BPSK})	Coded bits per OFDM symbol (N_{CBPS})	Data bits per OFDM symbol (N_{DBPS})	Data rate (Mb/s) (20 MHz channel spacing)	Data rate (Mb/s) (10 MHz channel spacing)	Data rate (Mb/s) (5 MHz channel spacing)
BPSK	1/2	1	48	24	6	3	1.5
BPSK	3/4	1	48	36	9	4.5	2.25
QPSK	1/2	2	96	48	12	6	3
QPSK	3/4	2	96	72	18	9	4.5
16-QAM	1/2	4	192	96	24	12	6
16-QAM	3/4	4	192	144	36	18	9
64-QAM	2/3	6	288	192	48	24	12
64-QAM	3/4	6	288	216	54	27	13.5

- Modulações:
 - Utiliza como modulação o OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*):
 - Tecnologia de multiplexação ortogonal;
 - É uma variação da Multiplexação por Divisão de Frequência (FDM);
 - Resulta em um ganho espectral de até 50%;
 - É possível organizar as portadoras com sobreposição sem causar interferências.
 - Maior capacidade de transmissão 54Mbits/s

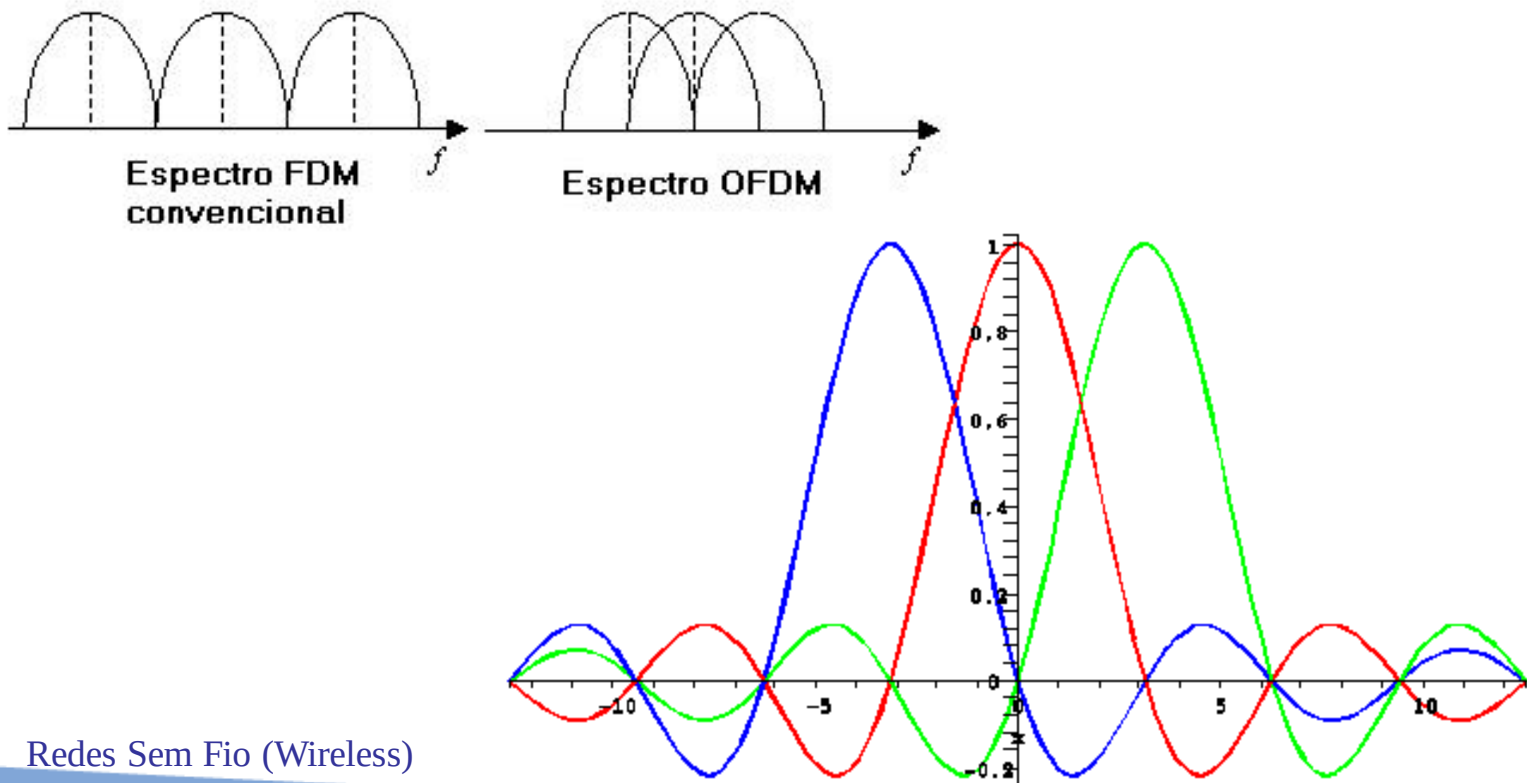
- Modulações:
 - Utiliza como modulação o OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*):



Redes Wireless

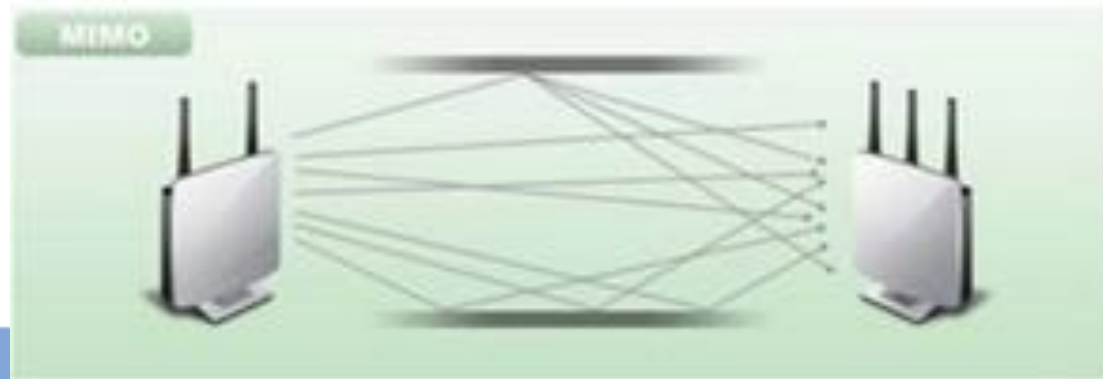
IEEE 802.11a – Esquemas de Modulação

- Modulações:
 - Utiliza como modulação o OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*):

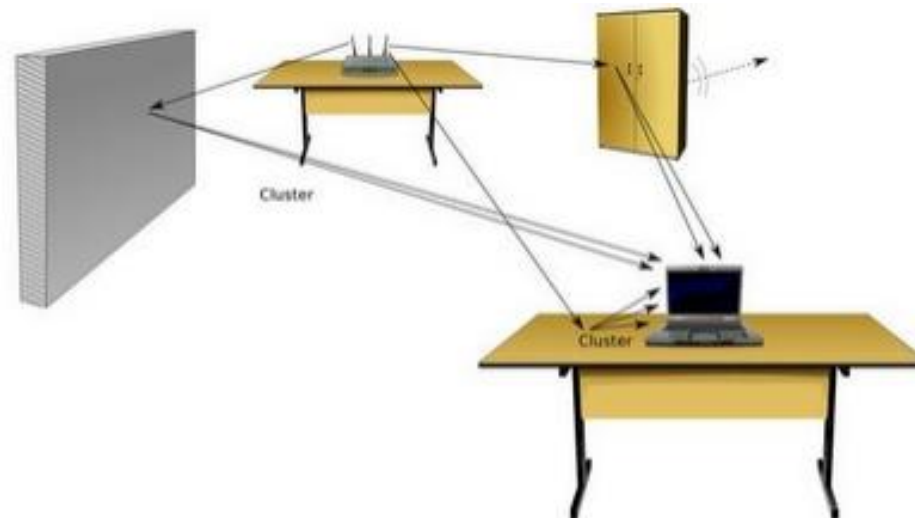


- Extensão do padrão IEEE 802.11b utilizando o que tem de melhor dos padrões IEEE 802.11b e IEEE 802.11a
- Opera na mesma frequência do IEEE 802.11b (ISM - 2,4 GHz);
- Consegue as mesmas taxas do IEEE 802.11a (54 Mbps), utilizando também a modulação OFDM;

1. Consiste em dotar equipamentos com múltiplas antenas para transmissão e recepção de dados, resultando assim em um aumento significativo do throughput.
2. O padrão 802.11n define as configurações de múltiplas antenas como “M x N” e pode variar de “1 x 1” a “4 x 4”, onde M representa o número de antenas no transmissor e N o número de antenas no receptor. A figura a seguir demonstra uma configuração de “2 x 3” MIMO.



1. Essa técnica se utiliza de algoritmos sofisticados para captar os sinais que chegam ao receptor após terem sofrido desvios ao se refletirem em obstáculos presentes no ambiente. Sinais que em outros momentos poderiam ser considerados ruído agora são reaproveitados para garantir um aumento significativo de desempenho.
2. Esta é a técnica para a implementação de MIMO utilizada amplamente no padrão 802.11n



Redes Wireless

SPACE TIME TRANSMIT DIVERSITY (TRANSMISSÃO POR DIVERSIDADE DE TEMPO-ESPAÇO)

1. A técnica de Transmissão por Diversidade de Tempo-Espaço consiste em codificar uma certa quantidade de dados e enviá-los por várias antenas simultaneamente, aumentando assim a força total do sinal enviado.
2. Essa técnica pode ser aliada à Multiplexação Espacial, mas somente quando o número de antenas no transmissor for maior que o número de antenas no receptor.

Redes Wireless

IEEE 802.11n

- Prevê que possam ser usadas duas larguras de banda para transmissão: 20 (compatível com sistemas anteriores) e 40MHz.
- O sistema pode operar com diversidade espacial
- variando de 1 a 4 streams (enlaces).
 - Taxa com 4 streams é 4 x a mesma com 1 stream.
- Taxa máxima de transmissão com 4 streams em 20MHz : 288,90 Mbps
- Taxa máxima de transmissão com 4 streams em 40MHz : 600 Mbps

Redes Wireless

IEEE 802.11n

MCS Index	Type	Coding Rate	Spatial Streams	Data Rate (Mbps) with 20 MHz CH		Data Rate (Mbps) with 40 MHz CH	
				800 ns	400 ns (SGI)	800 ns	400 ns (SGI)
0	BPSK	1 / 2	1	6.50	7.20	13.50	15.00
1	QPSK	1 / 2	1	13.00	14.40	27.00	30.00
2	QPSK	3 / 4	1	19.50	21.70	40.50	45.00
3	16-QAM	1 / 2	1	26.00	28.90	54.00	60.00
4	16-QAM	3 / 4	1	39.00	43.30	81.00	90.00
5	64-QAM	2 / 3	1	52.00	57.80	108.00	120.00
6	64-QAM	3 / 4	1	58.50	65.00	121.50	135.00
7	64-QAM	5 / 6	1	65.00	72.20	135.00	150.00
8	BPSK	1 / 2	2	13.00	14.40	27.00	30.00
9	QPSK	1 / 2	2	26.00	28.90	54.00	60.00
10	QPSK	3 / 4	2	39.00	43.30	81.00	90.00
11	16-QAM	1 / 2	2	52.00	57.80	108.00	120.00
12	16-QAM	3 / 4	2	78.00	86.70	162.00	180.00
13	64-QAM	2 / 3	2	104.00	115.60	216.00	240.00
14	64-QAM	3 / 4	2	117.00	130.00	243.00	270.00
15	64-QAM	5 / 6	2	130.00	144.40	270.00	300.00
16	BPSK	1 / 2	3	19.50	21.70	40.50	45.00
...	...	...	...	...	...	...	...
31	64-QAM	5 / 6	4	260.00	288.90	540.00	600.00

Redes Wireless

Topologias

- IBSS (*Independent Basic Service Set*)
 - Rede par-a-par;
 - Estações trocam mensagens entre si diretamente;
 - Não é conectada a uma rede maior
 - Não utiliza *Access Point* (AP)



Redes Wireless

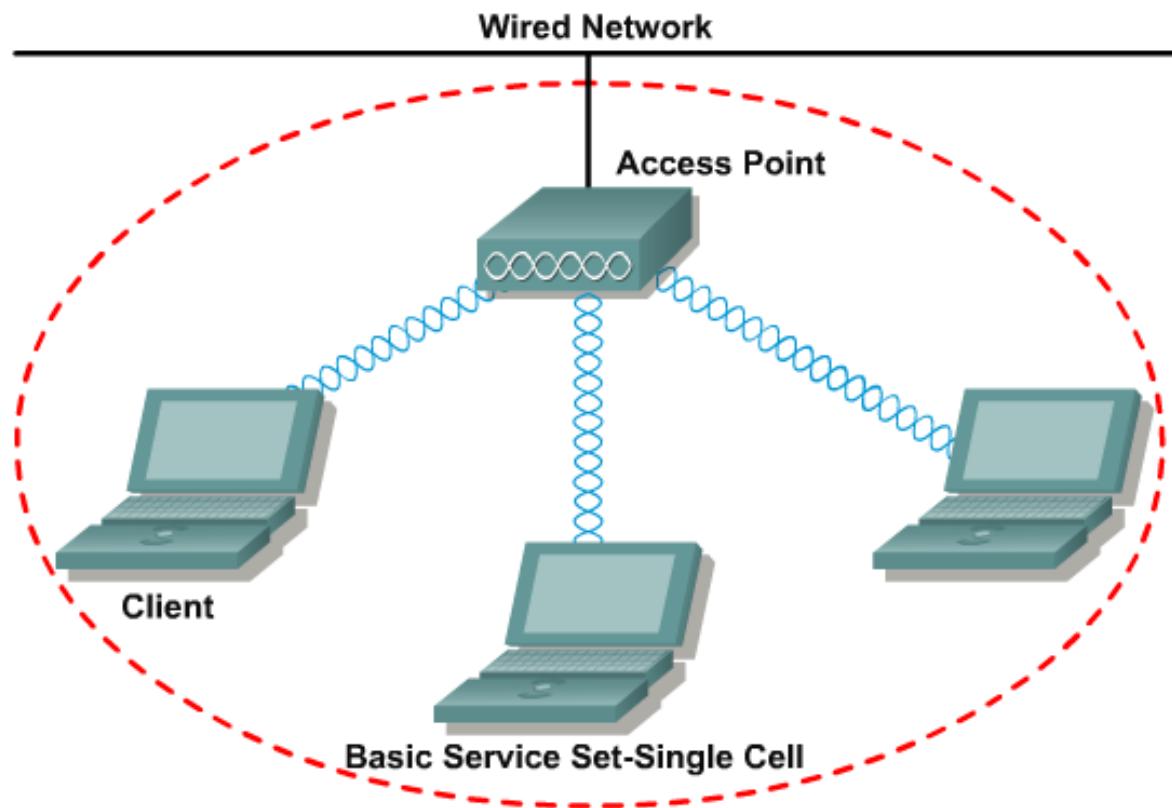
Topologias

- **BSS (*Basic Service Set*)**
 - Utilizado como infraestrutura básica;
 - Os clientes se comunicam através do Access Point.
 - Possui um BSS-ID

Redes Wireless

Topologias

➤ BSS (*Basic Service Set*)



Redes Wireless

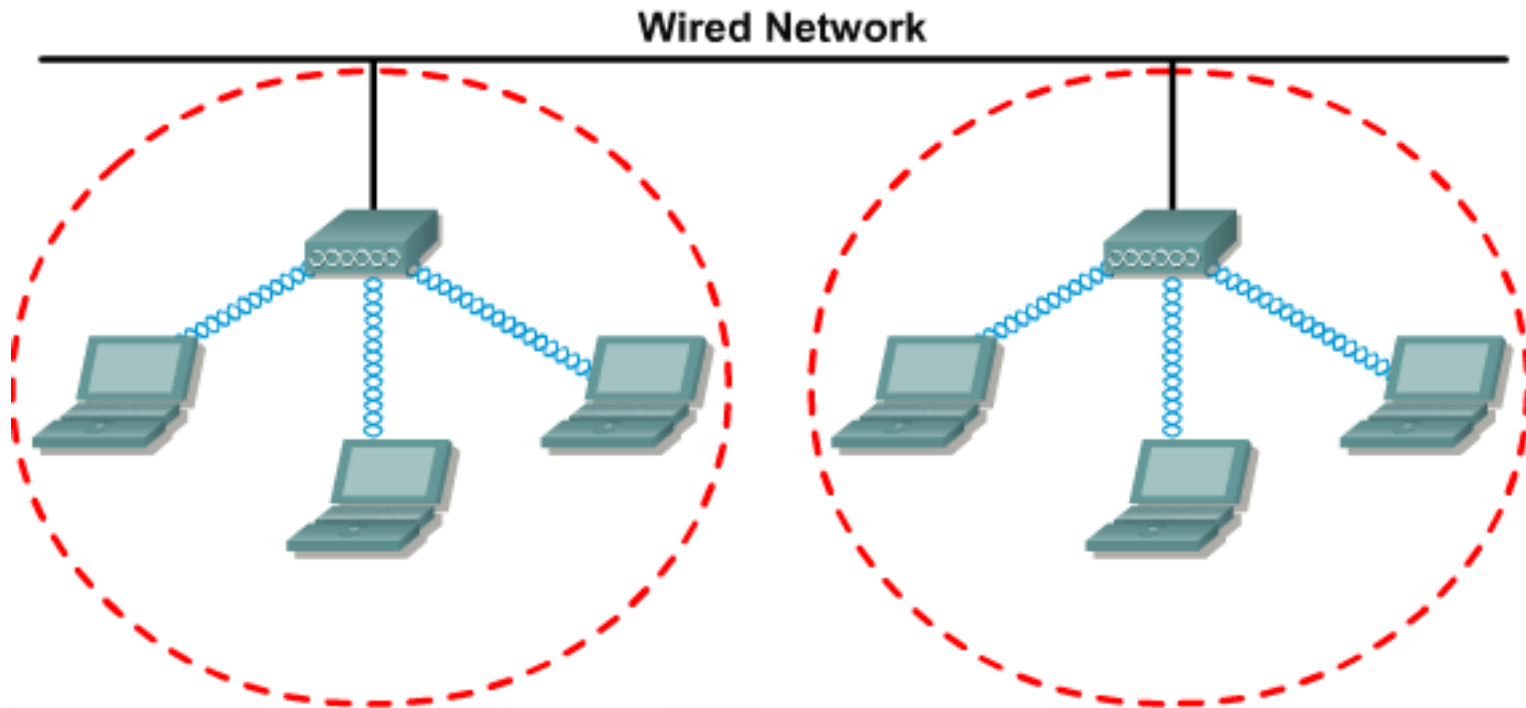
Topologias

- ESS (*Extended Service Set*) e DS (Distribution System)
 - Os APs conectam os clientes a uma rede cabeada;
 - Área de cobertura dos APs pode ser sobreposta;
 - APs devem estar em canais diferentes;
 - Permite o Roaming.

Redes Wireless

Topologias

➤ ESS (*Extended Service Set*) e DS (*Distribution System*)



Coverage may overlap to provide roaming capabilities

Redes Wireless

Modos de operação

➤ Modo Ad-hoc

- Comunicação direta entre usuários;
- Não necessita de APs;
- Usa a topologia IBSS.

➤ Modo Infra-estrutura

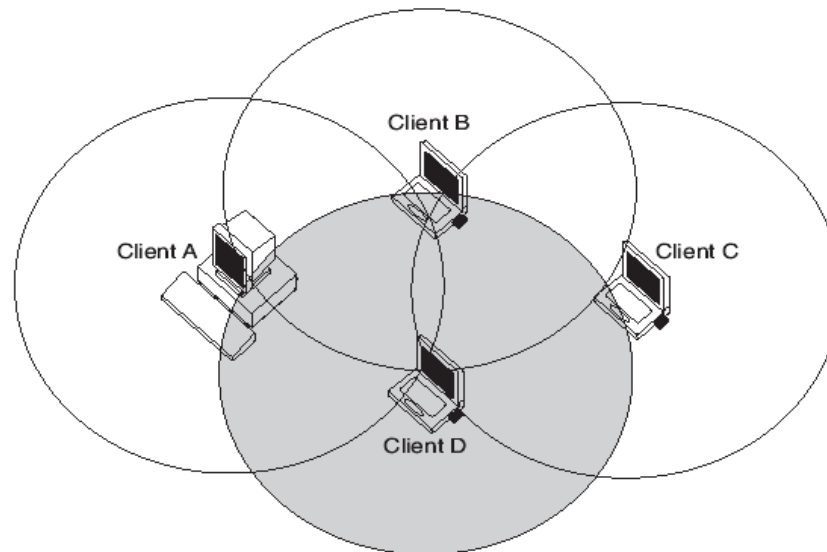
- Usuários se comunicam através de APs;
- Uso de APs para conexão com redes fixas;
- Usa as topologias BSS e ESS.

Redes Wireless

Modos de operação

➤ Modo Ad-hoc

- Comunicam através das interfaces *wireless*;
- Mesmo tipo de interface (802.11a, 11b, 11g ou 11n);
- Também conhecida como rede Peer-to-Peer;
- Limite de clientes definido pelo tipo de aplicação.

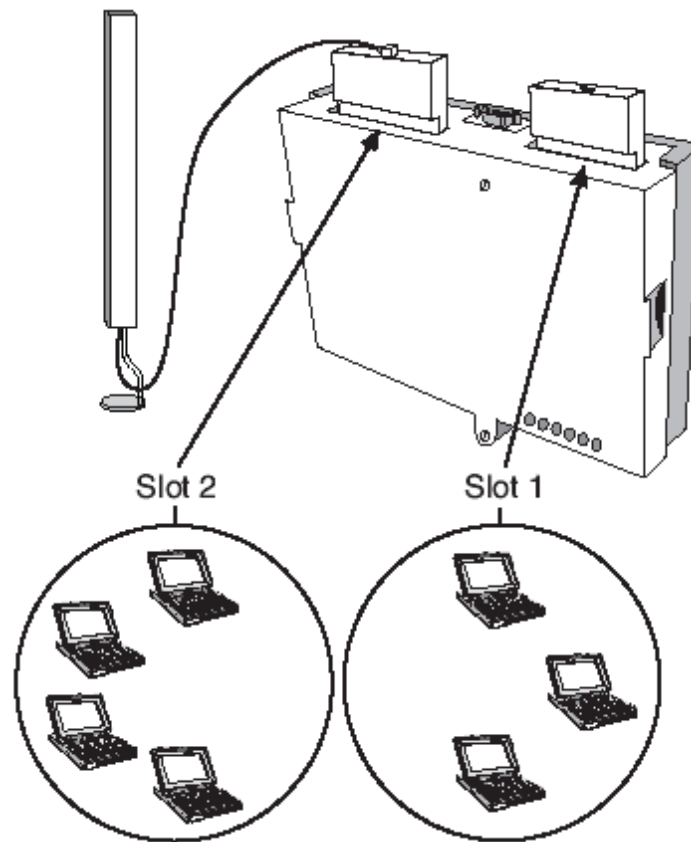


Redes Wireless

Modos de operação

➤ Modo Infraestrutura

➤ Single AP:

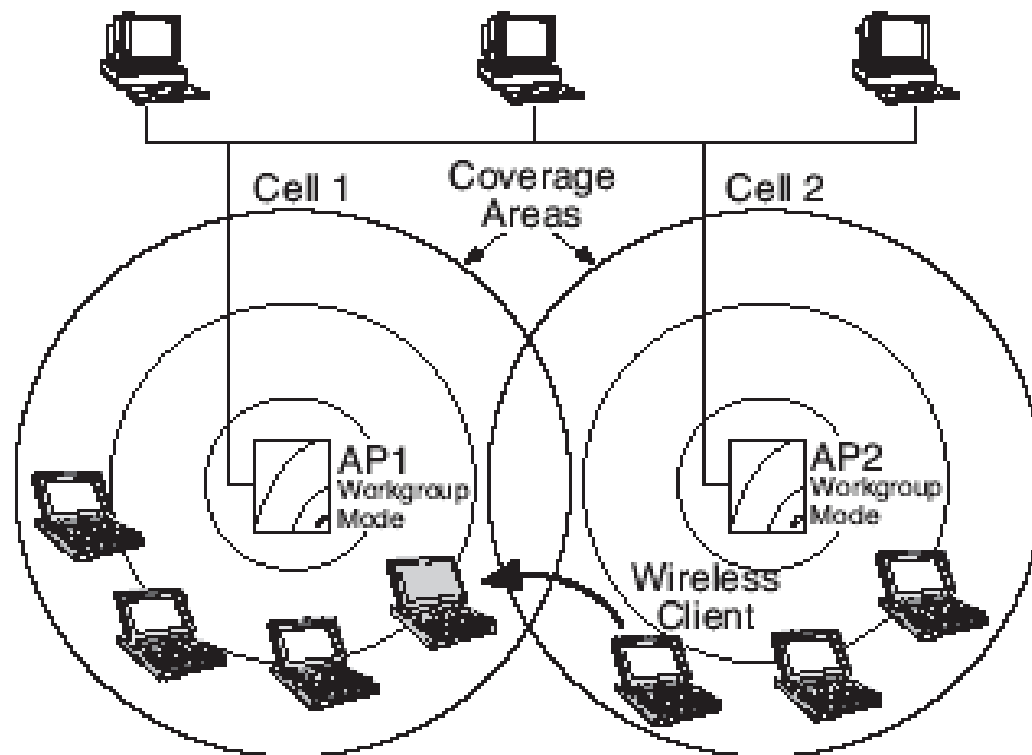


Redes Wireless

Modos de operação

➤ Modo Infraestrutura

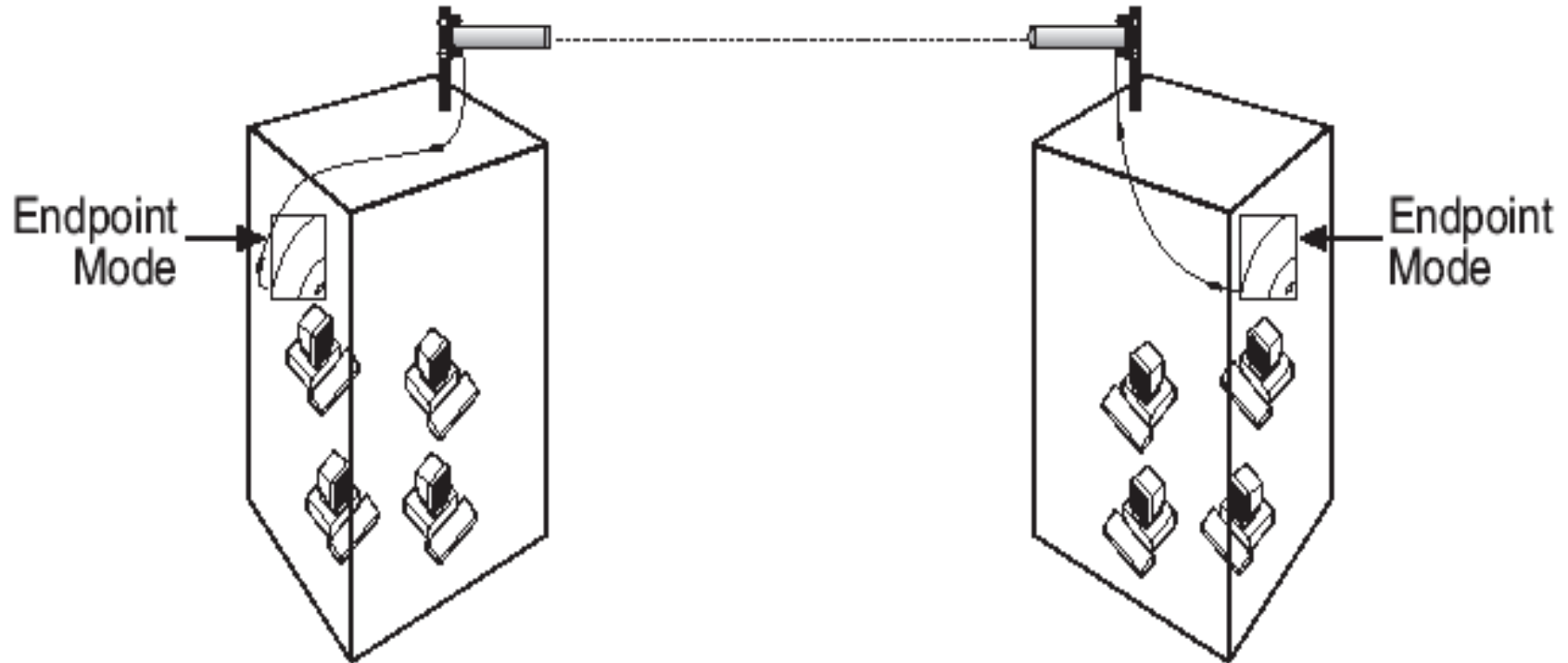
➤ Multiple APs:



Redes Wireless

Modos de operação

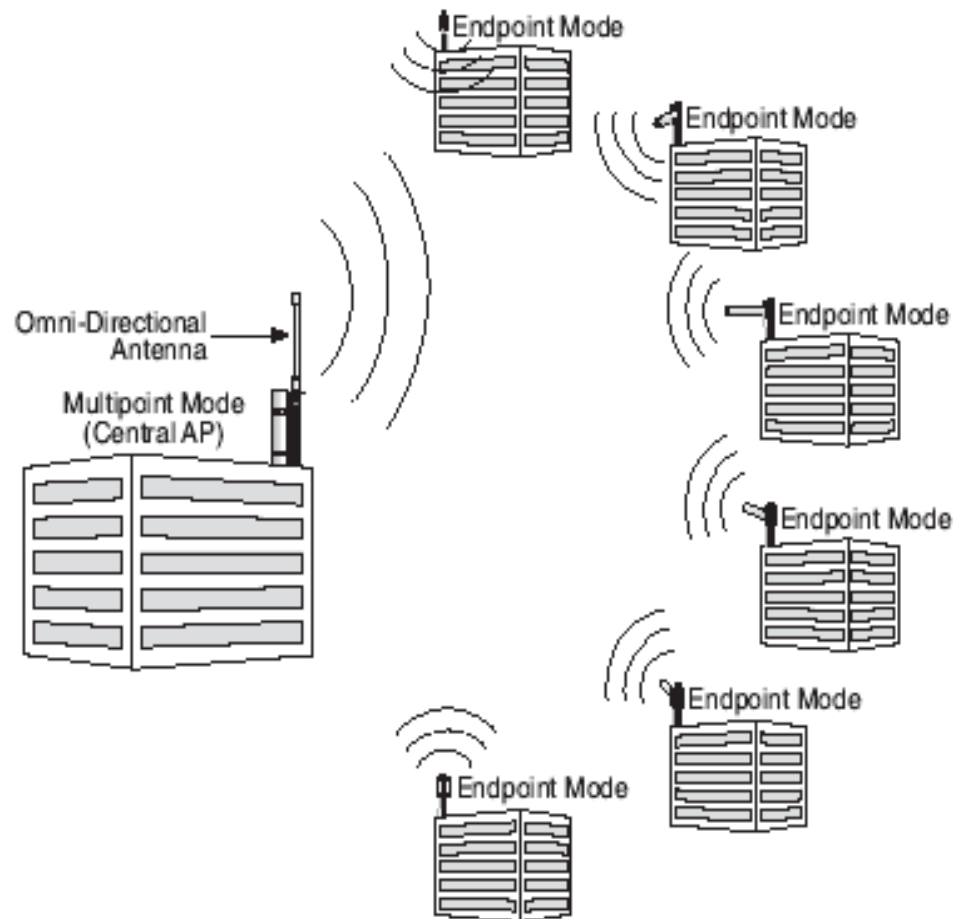
➤ Point-to-Point



Redes Wireless

Modos de operação

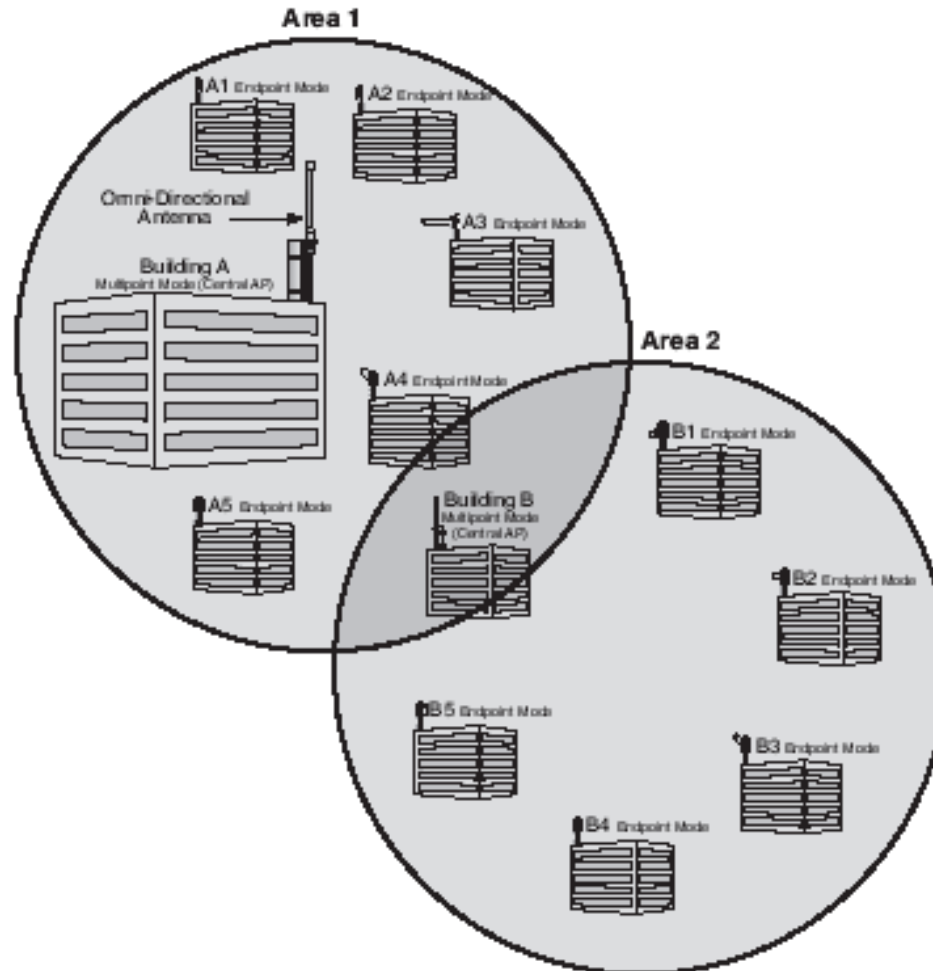
➤ Point-to-Multipoint



Redes Wireless

Modos de operação

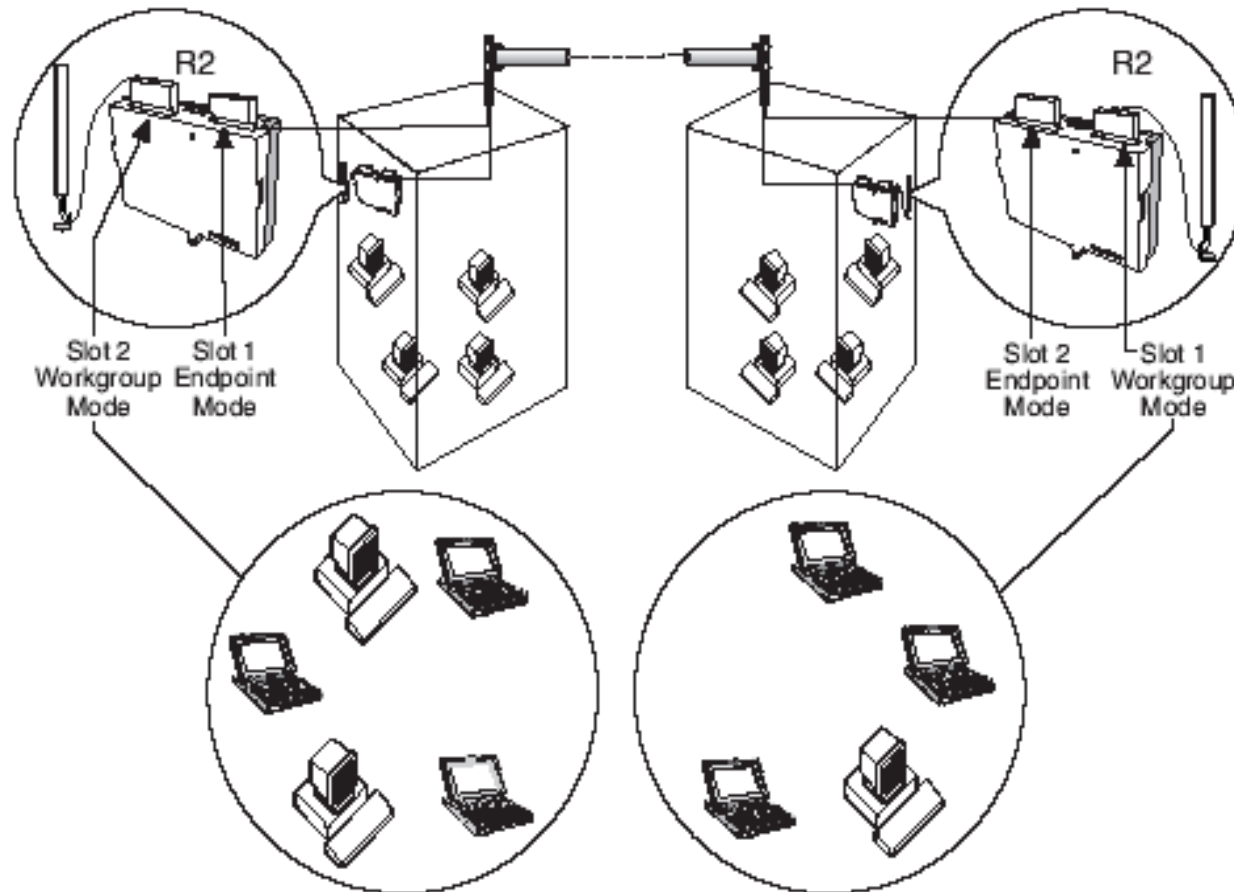
➤ Point-to-Multipoint-to-Multipoint



Redes Wireless

Modos de operação

➤ Infra-estrutura e LAN-to-LAN



Redes Wireless

Padronização

➤ WLAN (*Wireless Local Area Network*)



➤ Wi-Fi (*Wireless Fidelity - Alliance*)



➤ WECA (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*)

Redes Wireless

Padronização

- Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA)
- Características:
 - ✓ Foi criada em 1999.
 - ✓ Produtos para 802.11 de todos fabricantes devem ser capazes de funcionarem juntos (interoperabilidade).
 - ✓ Lançou em 2000 o selo WI-FI Alliance
- Em 2002 passou a se chamar WI-FI Alliance e lançou o protocolo Wi-Fi Protected Access (WPA) em substituição ao protocolo WEP

Redes Wireless

Padronização

➤ WI-FI Alliance

➤ Objetivos:

- ✓ Assegurar a interoperabilidade a nível de usuário.
- ✓ Produtos para 802.11 de todos fabricantes devem ser capazes de funcionarem juntos (interoperabilidade).
- ✓ Produtos testados e aprovados recebem o selo de aprovação: produto certificado por WI-FI Alliance

➤ Site:

- ✓ <http://www.wi-fi.org>

Redes Wireless - Padronização

- Padrões
- IEEE 802.11 [1G]
 - Taxa de Transmissão de 1 ou 2Mbps
- IEEE 802.11 A [1G]
 - Taxa de Transmissão de até 54Mbps
- IEEE 802.11b [2G]
 - Taxa de Transmissão de até 11Mbps
- IEEE 802.11g [3G]
 - Taxa de Transmissão de até 54Mbps
- IEEE 802.11n [4G]
 - Taxa de Transmissão de até 600Mbps
- IEEE 802.11ac [5G]
 - Taxa de Transmissão de até 1Gbps

1st Generation

- IEEE 802.11
- Data Rate: 2 Mbps
- Use Case: Internet

1997

1998

1999

2000

2001

2002

2003

2004

2005

2006

2007

2008

2009

2010

2011

2012

2nd Generation

- IEEE 802.11b
- Data Rate: 11 Mbps
- Use Case: E-mail

3rd Generation

- IEEE 802.11g/a - Wi-Fi starts to become ubiquitous
- Data Rate: 54 Mbps
- Use Case: Rich-data Web experience

4th Generation

- IEEE 802.11n
- Data Rate: Up to 600 Mbps. Most common is 150 Mbps
- Enhanced range due to use of MIMO
- Use Case: Medium-resolution video streaming

5th Generation

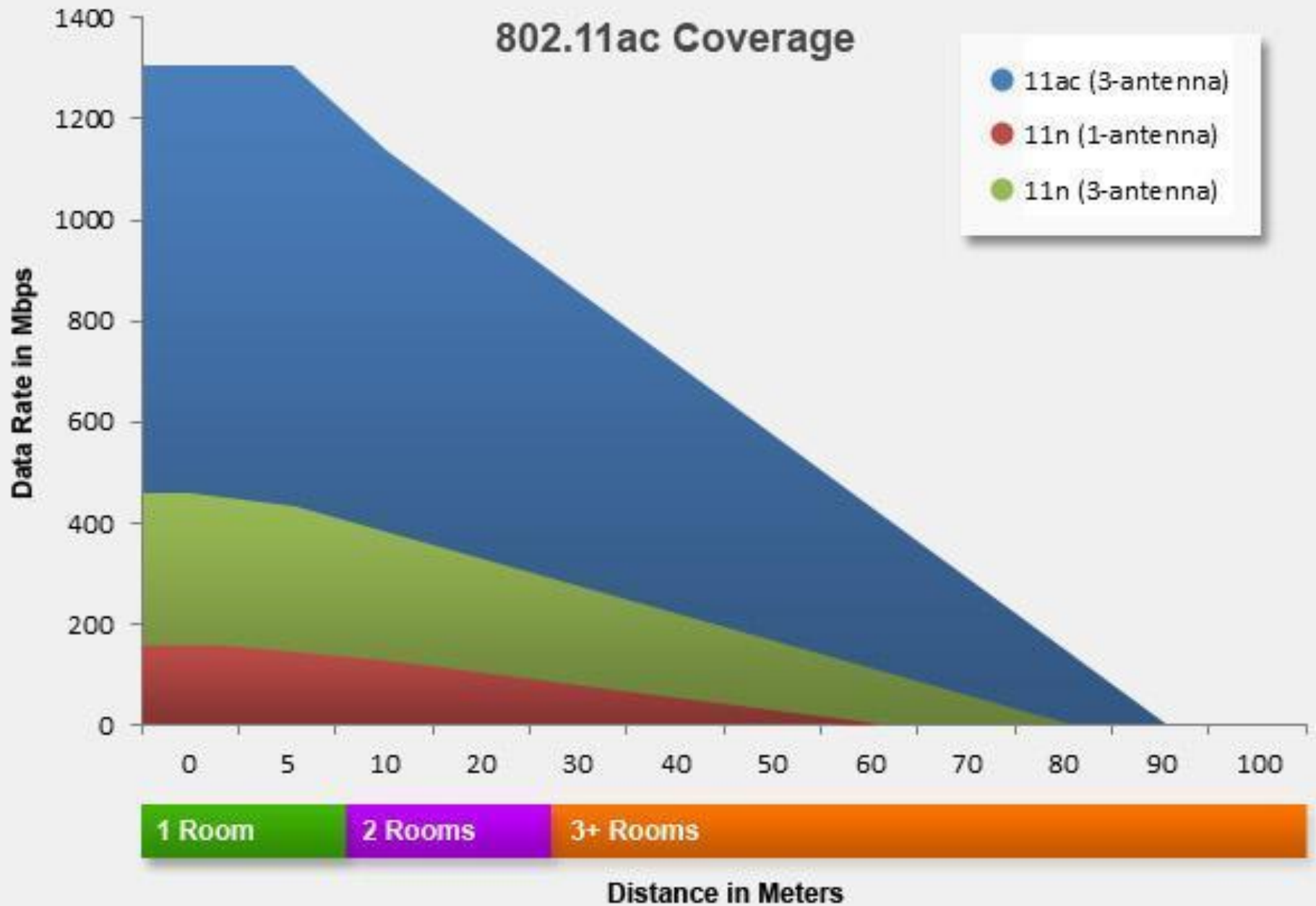
- IEEE 802.11ac
- Data Rate: Up to 3.6 Gbps. First solution is < 1.8 Gbps
- Use Case: Whole-home coverage for video-consumption age

802.11ac (5G – Wi-Fi)

THE NEXT GENERATION TECHNOLOGY

- Rede GIGABIT / Wireless (1.3Gbps)
- As redes Wi-Fi capacitadas para trabalhar com o padrão 802.11ac não operam na frequência de 2,4 GHz, e sim apenas em 5GHz.
- Contudo, os dispositivos com a nova tecnologia são compatíveis com redes 802.11n, possibilitando transferências de dados de até 450 Mbps
- Com tais melhorias, os novos aparelhos roteadores e receptores podem trocar dados para a transmissão de vídeos em Full HD e com tecnologia 3D. Segundo o site da Netgear, os primeiros aparelhos com a nova especificação podem realizar múltiplas conexões de alta velocidade para transferir esse tipo de conteúdo.

802.11ac Coverage



Tecnologia Beamforming

- Além disso, o padrão 802.11ac tem uma forma de transmissão inteligente. Em vez de propagar as ondas de modo uniforme para todas as direções, os roteadores wireless reforçam o sinal para os locais onde há computadores conectados, o que garante comunicação direta entre os dispositivos da rede.

Redes Wireless

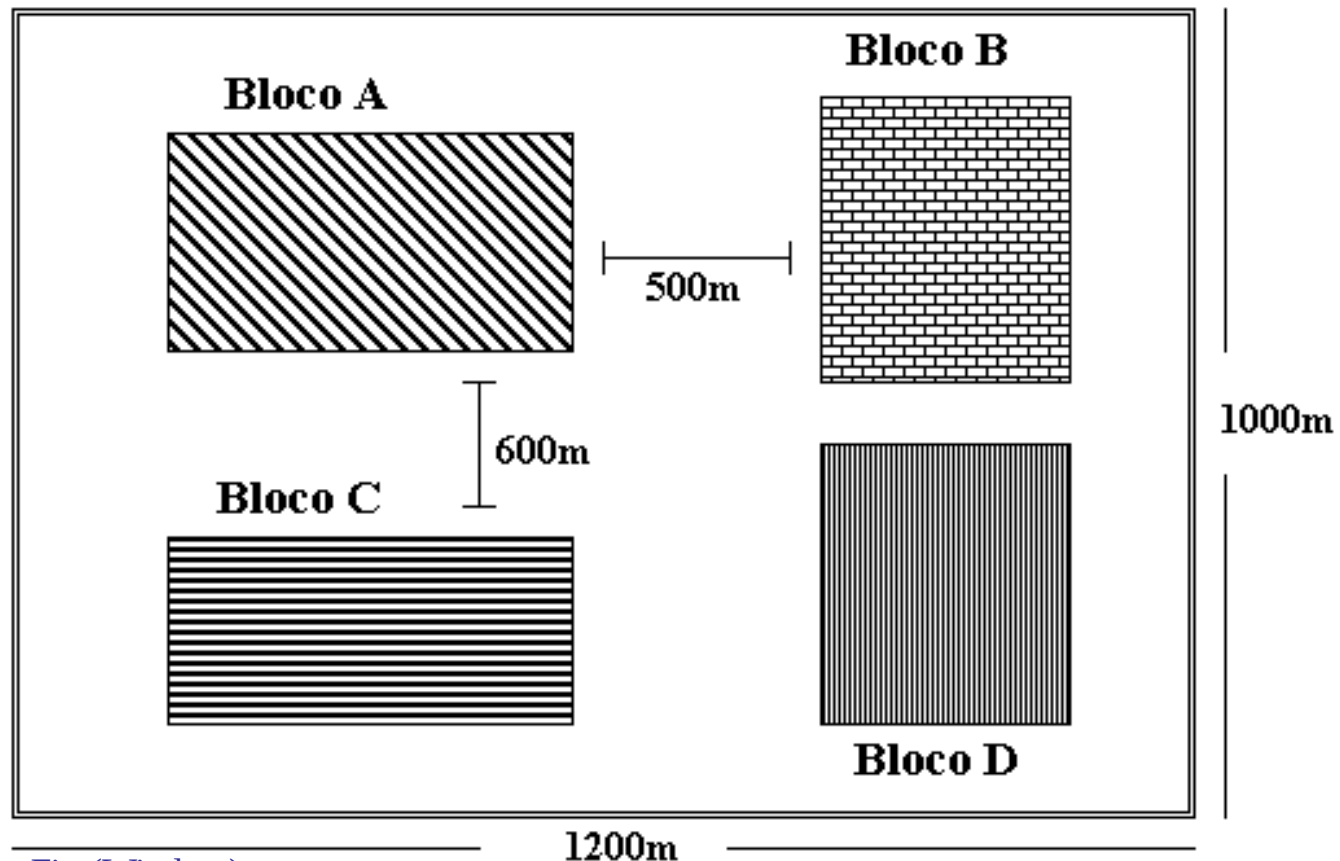
Padronização

- Outros padrões
- IEEE 802.15 (WPANS)
 - *Wireless Personal Area Network*
 - Padrão Bluetooth (802.15.1)
- IEEE 802.16 (BBWA)
 - BroadBand Wireless Access
 - Conhecido como WiMax
 - Usado em WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*)

Redes Wireless

Exemplo de solução

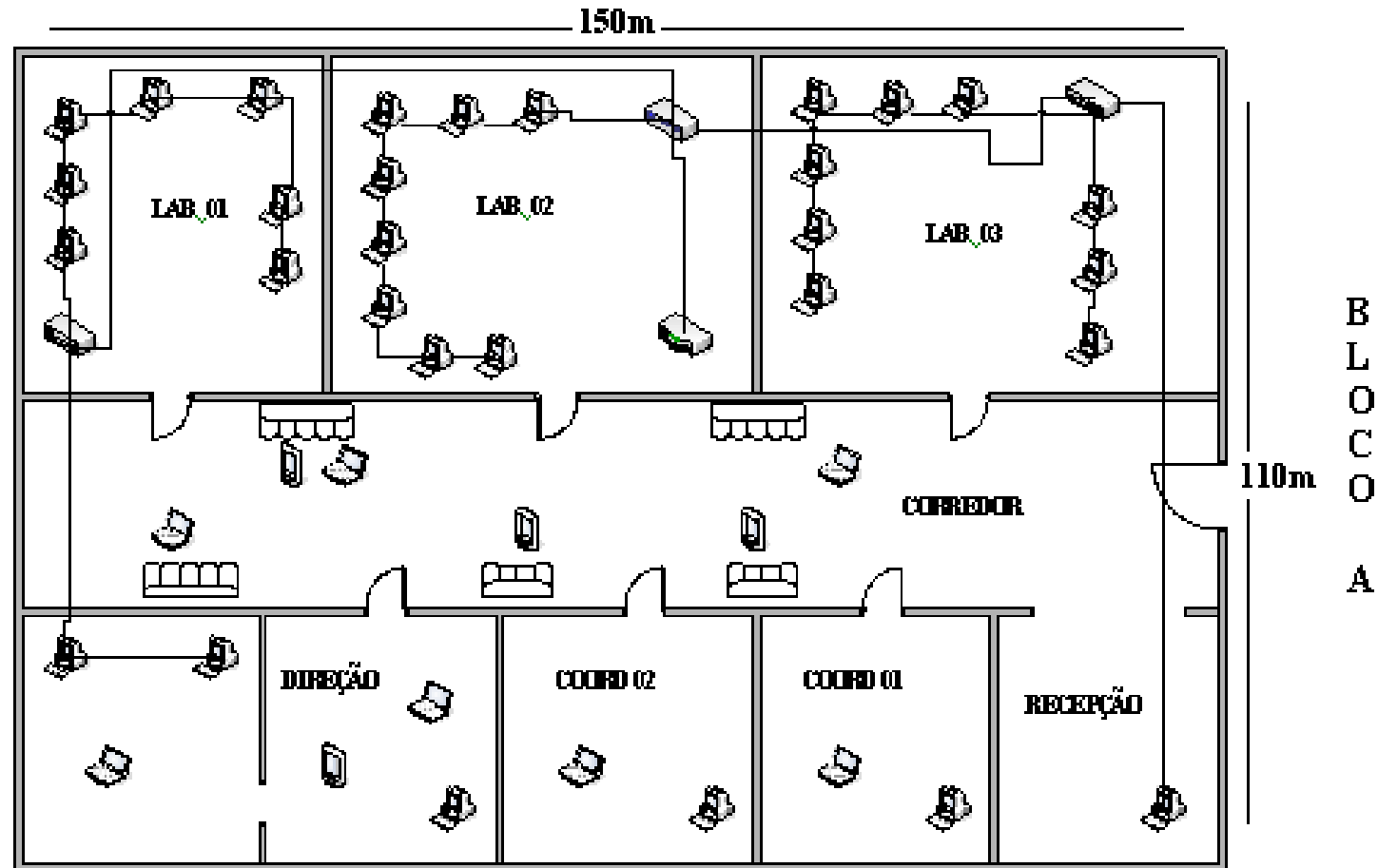
➤ Estudo de caso didático Campus Universitário



Redes Wireless

Exemplo de solução

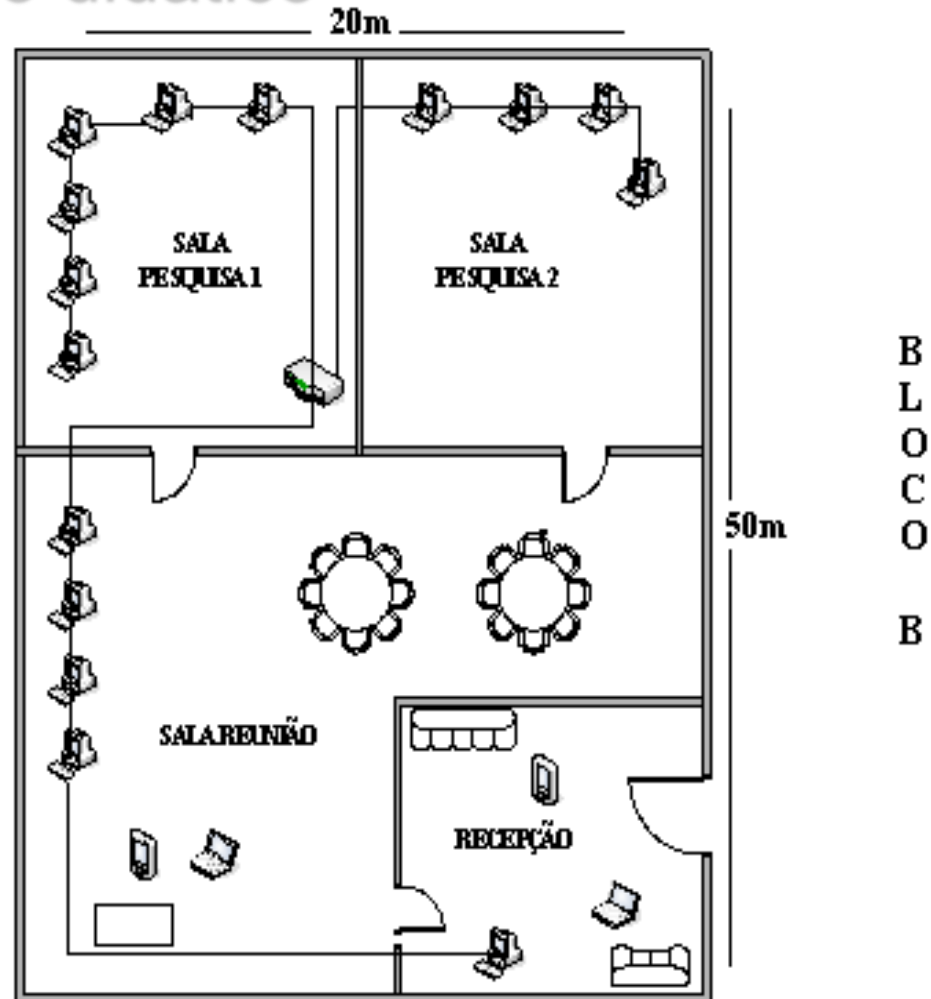
➤ Estudo de caso didático



Redes Wireless

Exemplo de solução

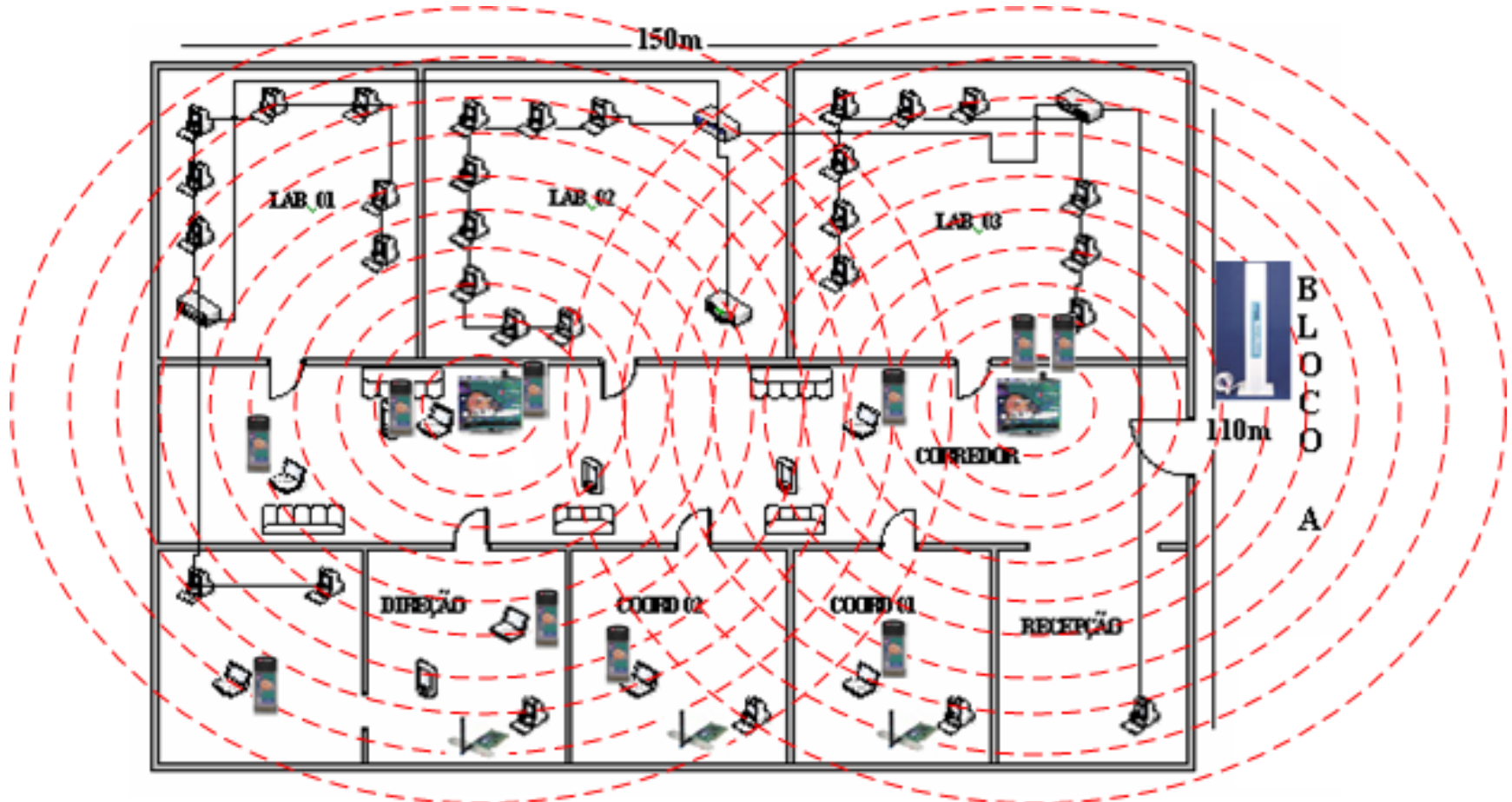
➤ Estudo de caso didático



Redes Wireless

Exemplo de solução

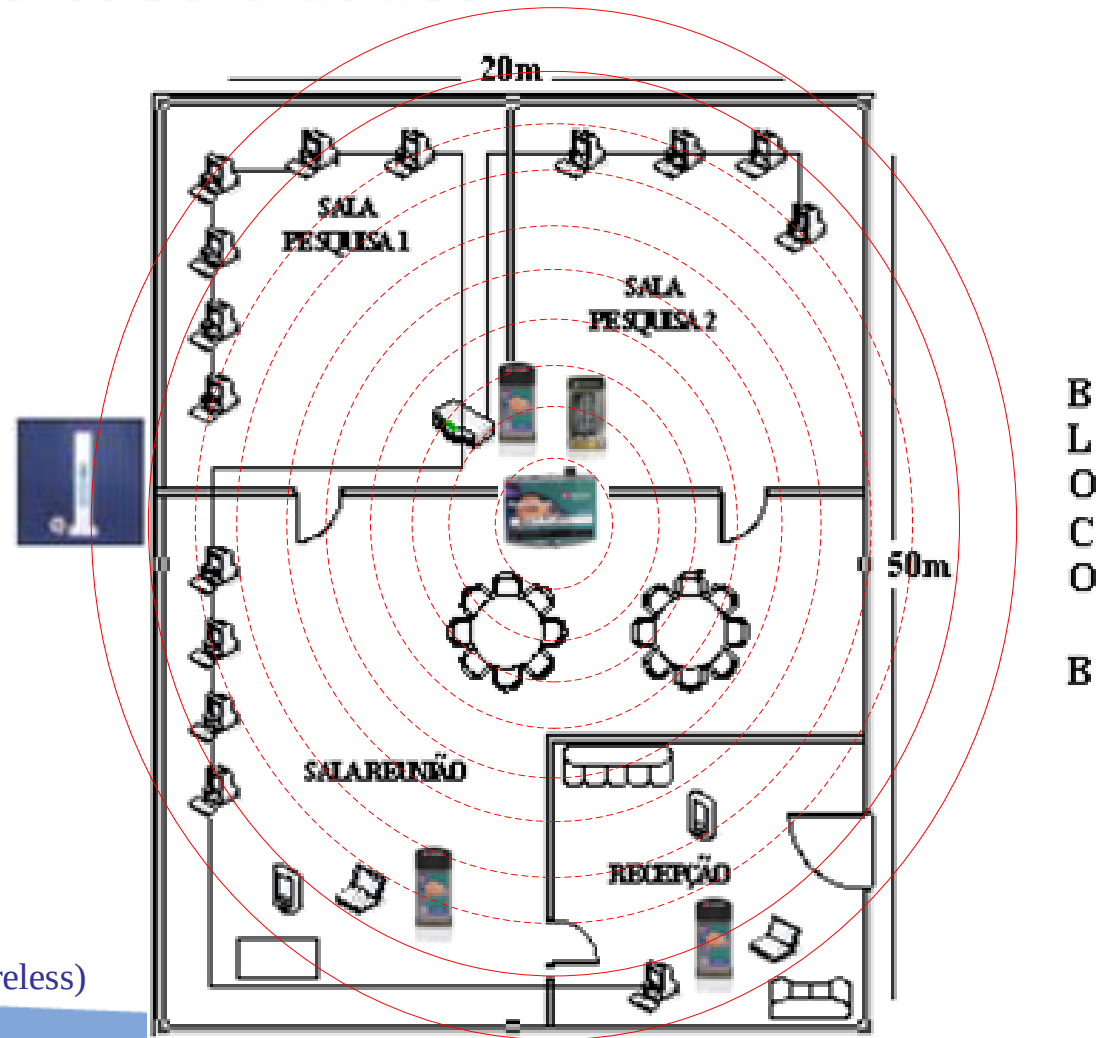
➤ Estudo de caso didático



Redes Wireless

Exemplo de solução

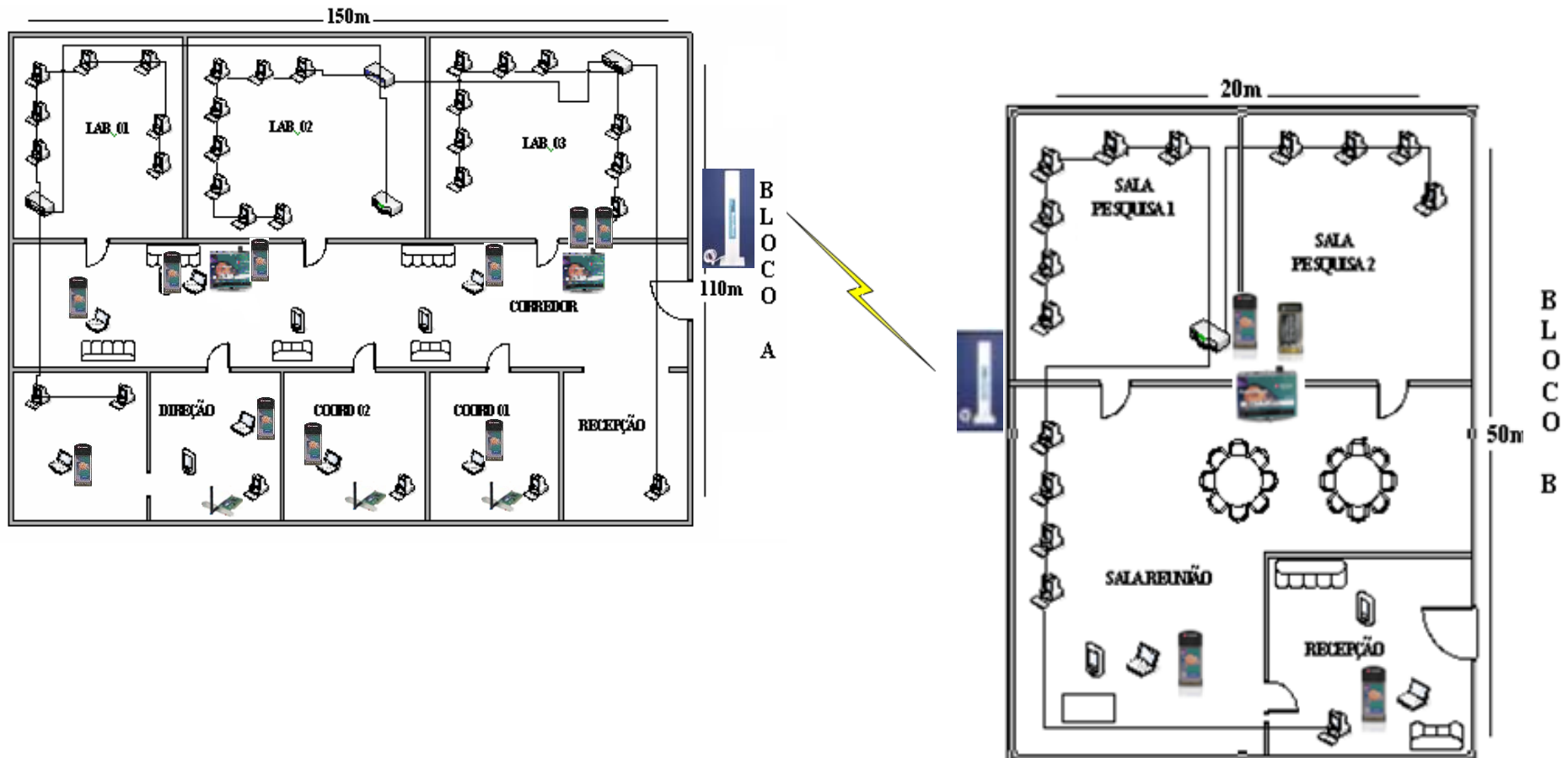
➤ Estudo de caso didático



Redes Wireless

Exemplo de solução

➤ Estudo de caso didático



➤ Resumo

PADRÕES:

- 802.11;
- 802.11a;
- 802.11b;
- 802.11g;
- 802.11n.

ARQUITETURAS:

- Ponto-a-Ponto;
- Ponto-a-Multiponto.

TOPOLOGIAS:

- IBSS;
- BSS;
- ESS.

CONFIGURAÇÕES:

- Ad-hoc;
- Infraestrutura.