

### 3.8.1 Conceitos Básicos

Consiste numa rede que tem o objetivo de conectar equipamentos e aparelhos sem fio. Apesar de ser mais fácil de instalar, as redes sem fio apresentam alguns aspectos relevantes que devem ser considerados quando comparada às redes com fio, como por exemplo:

- **Atenuação do sinal no espaço livre:** as ondas eletromagnéticas são atenuadas quando atravessam algum tipo de matéria (ex: o ar, uma parede, uma árvore), o que faz com que a potência do sinal seja diminuída ao longo do percurso até alcançar o receptor. Numa rede cabeada também haverá atenuação do sinal, porém esta atenuação será devido à perda de energia no condutor e nos conectores ao longo do trajeto do sinal.

- **Interferência:** várias fontes de sinais de radiofrequência transmitidos na mesma faixa de frequência podem interferir no sinal que está sendo enviado. Por exemplo, telefones sem fio, forno de micro-ondas, ruído eletromagnético podem interferir num sinal WLAN.

- **Propagação Multipercurso:** também chamada de propagação multicaminhos ou multivias, ocorre quando parte da onda eletromagnética se reflete em objetos ou no solo, perfazendo um caminho diferente da onda incidente, causando defasagem entre essas ondas entre o transmissor e o receptor. Dependendo da defasagem entre essas ondas, o sinal resultante no receptor pode ser extremamente fraco ou até nulo.

Para que possamos entender melhor o funcionamento das redes WLAN, vamos lançar mão do gráfico a seguir, que apresenta as relações entre a Taxa de Erros de Bits (BER- Bits Error Ratio), a Relação Sinal Ruído (SNR-Signal Noise Ratio), o Esquema de Modulação utilizado (ex: BPSK, 16-QAM, 64-QAM) e a velocidade ou Taxa de Transmissão (ex: 4 Mbps, 8 Mbps).

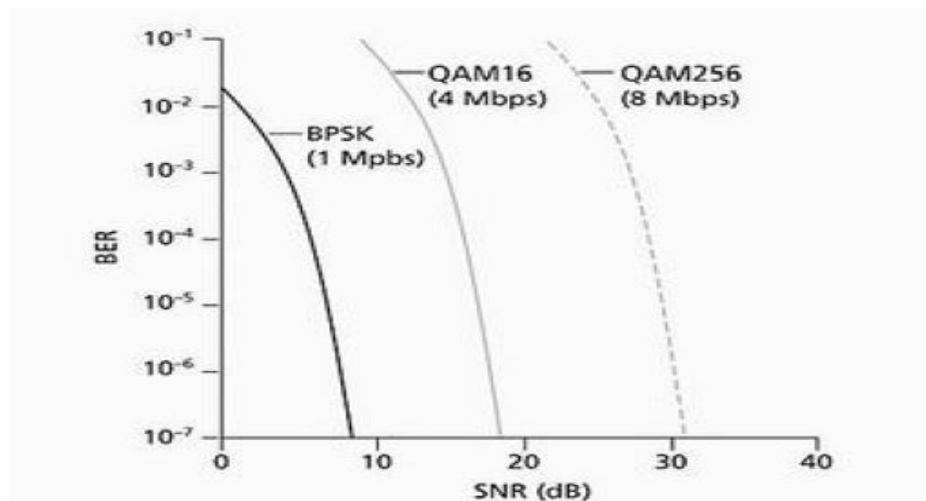


Figura 3.8 – Gráfico BER x SNR x Modulação

Com o passar do tempo, as redes sem fio tem evoluído bastante, principalmente no que diz respeito à velocidade ou taxa de transmissão, em bits por segundo (bps). Algumas técnicas são usadas para que seja obtido o aumento dessa velocidade. De um modo geral, consegue-se esse aumento através do uso de uma ou mais técnicas listadas a seguir:

- Esquema de modulação mais complexo (ex: 64 QAM).
- Maior largura de banda do canal (ex: 40 Mhz).
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex).
- MIMO (Multiple Input Multiple Output).
- Beamforming.

Aspectos técnicos importantes:

- De acordo com o estudo das técnicas de modulação digital, é sabido que quanto mais complexo for o *esquema de modulação*, maior será a taxa de transmissão obtida.
- De acordo com a Lei de Shannon -  $C=Bw.\log_2(1+S/N)$ , a capacidade de um canal em bps é diretamente proporcional à sua *largura de banda* (Bw).
- OFDM é uma técnica de multiplexação de sinais que consiste na divisão do espectro de frequência disponível, para transmissão de multiportadoras

com menor largura de banda. Cada portadora é então modulada e emprega baixa taxa de transmissão. Esse processo diminui a Interferência Intersimbólica (ISI). Todas as multiportadoras são então somadas para uma transmissão simultânea, obtendo-se assim uma alta taxa de transmissão. Na recepção, as subportadoras são separadas e demoduladas em fluxos de dados paralelos e independentes. No processo de demodulação, as portadoras não interferirão entre si devido a ortogonalidade, que permite a sobreposição de frequência das subportadoras, o que permite a essa técnica uma alta eficiência espectral (bits/s/Hz).

As figuras a seguir ilustram o acima exposto sobre OFDM.

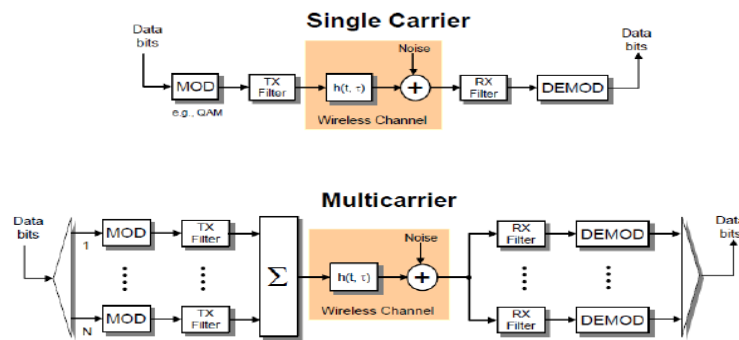


Figura 3.9 - Diagramas de sistema de transmissão com portadora única e de multiportadoras

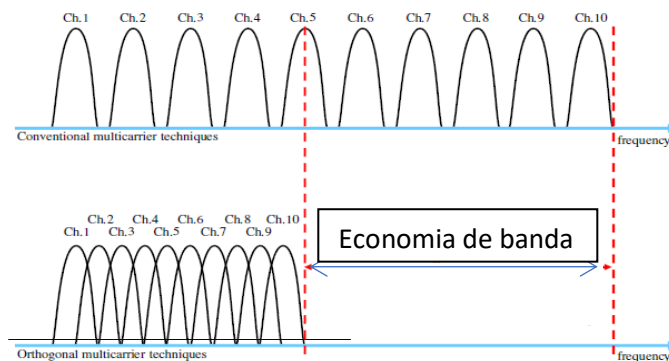


Figura 3.10 - Portadoras sem sobreposição e com sobreposição

- MIMO é uma técnica que faz uso da propagação multipercurso e que utiliza vários rádios. Consiste basicamente na transmissão de um sinal que é dividido em vários fluxos, onde cada fluxo é transmitido por uma antena diferente. Cada um desses fluxos chega ao receptor com uma amplitude e fase diferentes.

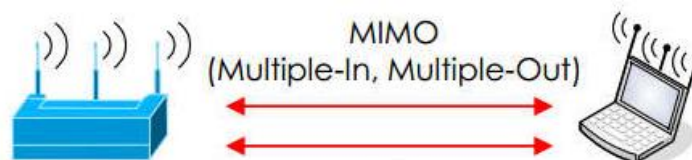


Figura 3.11 – Rádio e laptop utilizando MIMO

- Beamforming é uma técnica que concentra o sinal numa determinada região, de modo a aumentar a potência do sinal recebido. Desse modo, consegue-se aumentar a taxa de transmissão.



Figura 3.12 - Beamforming

#### ✓ Padrões IEEE 802.11

- 802.11 - DSSS
  - Lançada em 1997
  - Taxa de transmissão: 1 a 2 Mbps
  - Faixa de frequência: 2,4 Ghz e 900 Mhz
  - Largura de banda: 22 Mhz
  
- 802.11b – DSSS (**Wi-Fi 1**)
  - Lançada em 1999
  - Taxa de transmissão: 1 a 11Mbps
  - Faixa de frequência: 2,4 Ghz
  - Largura de banda: 22 Mhz
  
- 802.11a – OFDM (**Wi-Fi 2**)
  - Lançada em 1999
  - Taxa de transmissão: 6 a 54 Mbps
  - Faixa de frequência: 5 Ghz
    - Vantagem: menos interferência
    - Desvantagem: menor alcance
  - Largura de banda: 20 Mhz
  
- 802.11g – OFDM (**Wi-Fi 3**)
  - Lançada em 2003
  - Taxa de transmissão: 6 a 54 Mbps
  - Faixa de frequência: 2,4 Ghz
    - Compatível com o padrão 802.11b, porém, a taxa de transmissão será reduzida para até 11 Mbps
  - Largura de banda: 20 Mhz
  
- 802.11n – OFDM e MIMO (**Wi-Fi 4**)
  - Lançada em 2009
  - Taxa de transmissão: 54 a 600 Mbps
  - Faixa de frequência: 2,4 Ghz e 5 Ghz
  - Largura de banda: 20 Mhz e 40 Mhz
  - Esquema de modulação: até 64 QAM
  
- 802.11ac – OFDM e MU-MIMO (**Wi-Fi 5**)
  - Lançada em 2013
  - Taxa de transmissão: até 1,3 Gbps (onda 1) e 3 Gbps (onda 2)
  - Faixa de frequência: 5 Ghz
    - Canais de 80 e 160 Mhz, ao invés de 40 Mhz
    - Esquema de modulação: até 256 QAM
    - Largura de banda: 20 Mhz, 40 Mhz, 80 Mhz e 160 Mhz

- 802.11ax – OFDMA, MU-MIMO (**Wi-Fi 6**)
  - Lançada em 2019
  - Taxa de transmissão: até 10 Gbps
  - Faixa de frequência: 2,4 Ghz, e 5 Ghz
    - Esquema de modulação: suporta até 1024 QAM
    - Largura de banda: 20 Mhz, 40 Mhz, 80 Mhz e 160 Mhz

STANDARD		DATE	FREQUENCY (GHZ)	MAXIMUM DATA RATE
WiFi 1	802.11b	1999	2.4	11 Mbps
WiFi 2	802.11a	1999	5.0	54 Mbps
WiFi 3	802.11g	2003	2.4	54 Mbps
WiFi 4	802.11n	2009	2.4 / 5.0	600 Mbps
WiFi 5	802.11ac (Wave 1)	2013	5.0	1.73 Gbps
	802.11ac (Wave 2)	2015	5.0	3.46 Gbps
WiFi 6	802.11ax	2020	2.4 / 5.0 / 6.0	9.60 Gbps

Quadro Resumo dos padrões IEEE 801.11

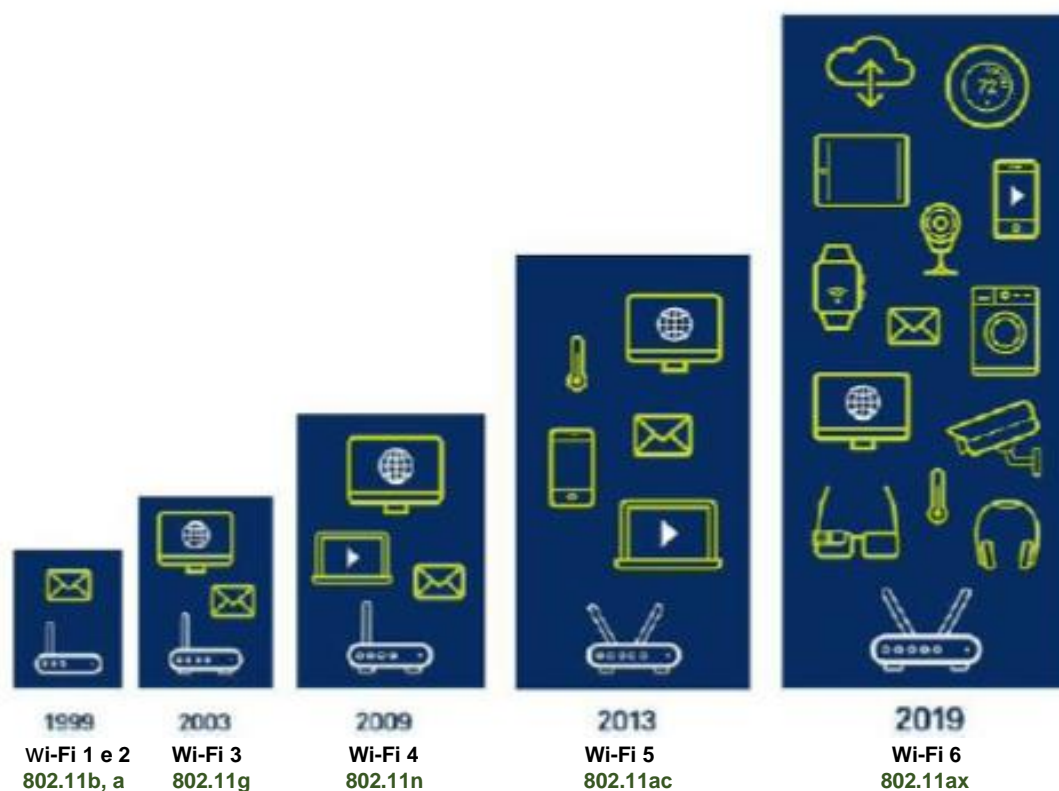


Figura – Evolução das redes Wi-Fi

## ✓ Protocolos de Segurança

São usados para proteger a rede Wi-Fi contra intrusos. Exemplos desses protocolos:

- **WEP** (Wired Equivalent Protocol) : usa criptografia de 40 ou 128 bits. Sua arquitetura é fraca e pode ser quebrada facilmente;
- **EAP** (Extensible Authentication Protocol): é um protocolo que suporta múltiplos métodos de autenticação – senhas, cartões tipo token, certificados digitais, autenticação pública e privada. É um bom protocolo;
- **WPA** (Wi-Fi Protected Access): Sua base está em um protocolo chamado Temporal Key Integrity Protocol (TKIP). Nele, uma chave de 128 bits é utilizada pelos dispositivos da rede e combinada com o MAC Address (um código hexadecimal existente em cada dispositivo de rede) de cada estação;
- **802.11X** : Especifica como o EAP deve ser encapsulado em quadros. Restringe acesso à rede WLAN baseado no endereço físico ou MAC de cada equipamento. Oferece boa segurança;
- **802.11i** : é responsável por melhorar a segurança provida pelo 802.1X, incluindo forte criptografia e padrões baseados em autenticação. Oferece boa segurança.

## ✓ SSID

SSID (Service Set Identifier ) é um identificador usado entre o Access Point e o equipamento wireless. É o nome dado à rede Wi-Fi. O SSID está contido no cabeçalho de todos os pacotes que são trocados via WLAN e não são criptografados. Como os APs fazem a difusão de seus pacotes, a segurança fica comprometida. A segurança é fraca.



Vídeo 7\_A Evolução  
das Redes Wi-Fi.mp4