

# Redes sem Fio

Tecnologia em Redes de Computadores  
Prof. Macêdo Firmino

**Aula 16**  
Gerações na Telefonia Celular

“Para avançarmos pela vida de forma harmônica com as pessoas, devemos desenvolver a auto-estima, a capacidade de admitir erros, a responsabilidade de assumir nossos atos e, acima de tudo, a aceitação incondicional dos outros.”  
(Hammed)

# O que Aprenderemos?

- Aprender quais foram as primeiras tecnologias de comunicação móvel;
- Entender as principais características das tecnologias: 1G (AMPS), 2G (GSM), 2,5G (GPRS e EDGE), 3G (WCDMA), 3,5 (HSPA e HSPA+), 4G (LTE), 4,5G (LTE Advanced) e 5G.

# Primeira Geração (1G)

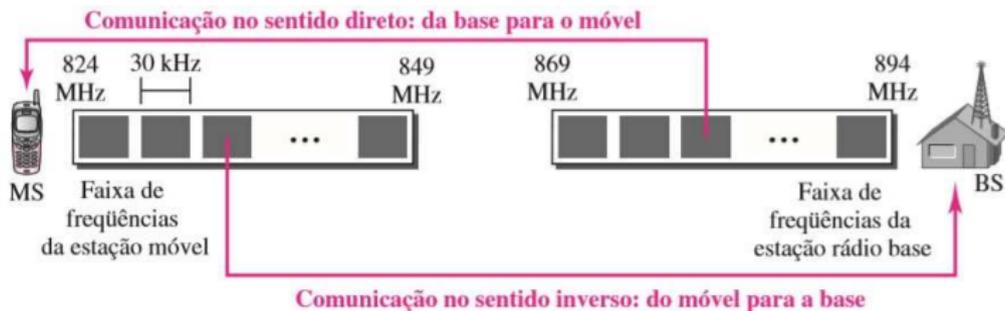
Existiram diversas tecnologia de comunicação móvel na primeira geral. Dentre elas, se destacaram:

- AMPS (*Advanced Mobile Phone System*): América do Norte e Austrália;
- TACS (*Total Access Communication System*): Reino Unido;
- NMT (*Nordic Mobile Telecommunications System*): países nórdicos, Suíça, Holanda, Europa Oriental e Rússia;
- NTT (*Nippon Telephone & Telegraph*): Japão.



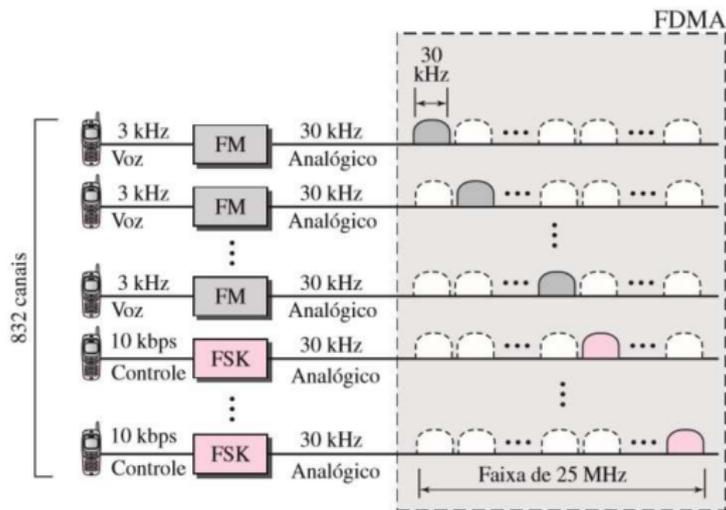
# Primeira Geração (1G) – AMPS

AMPS é um sistema de telefonia celular analógico, desenvolvido nos Estados Unidos em 1979, operando na faixa de frequência de 800 MHz usando o FDMA (Múltiplo Acesso por Divisão de Frequência) com modulação FM (voz) e FSK (canais de controle). FDMA foi utilizado para evitar interferência e permitir o full-duplex pois utilizava faixas de frequência diferentes para transmissão e recepção.



# Primeira Geração (1G) – AMPS

A qualidade do sinal era baixa, não existiam o *roaming* entre operadoras, não existia compatibilidade entre diferentes sistemas, as informações não eram criptografadas e o custo do aparelho móvel era muito alto.



## Segunda Geração (2G)

Novos desenvolvimentos e implementações de padrões para a comunicação móvel ocorreram no início da década de 1990 e foram chamadas de Segunda Geração (2G). Os sistemas 2G utilizam FDMA, TDMA (Múltiplo Acesso por Divisão de Tempo) e CDMA (Múltiplo Acesso por Divisão de Códigos). Ele foi projetado para trabalhar com voz digitalizada, visando maior qualidade (sujeito a menos ruídos).

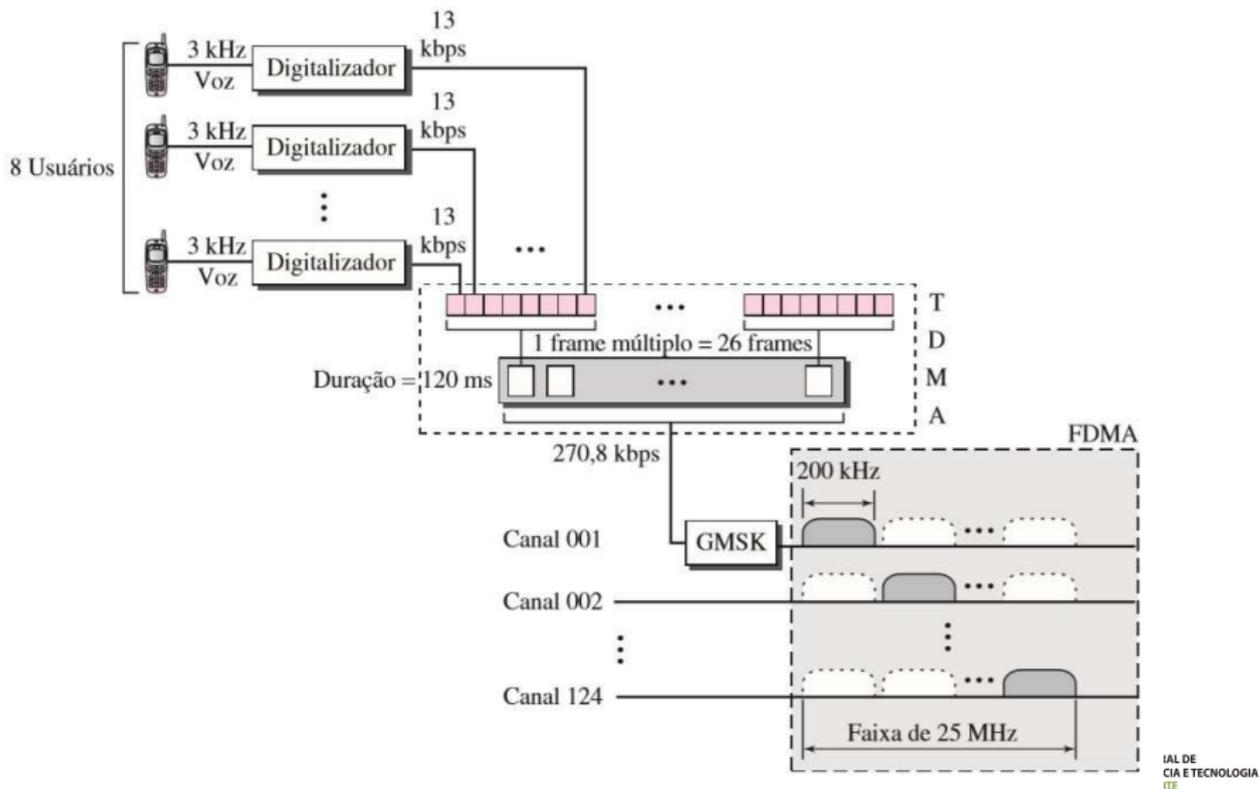


## Segunda Geração (2G) – GSM

O GSM (*Global System for Mobile Communication*) é um padrão europeu, desenvolvido na Finlândia, projetado para oferecer telefonia móvel celular para toda a Europa. O objetivo era substituir uma série de tecnologias de primeira geração incompatíveis entre si. O GSM opera na banda de frequência de 900 MHz, utiliza FDMA e TDMA para acesso múltiplo e alocação de canais de transmissão e recepção. A modulação é a GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*). Cada canal de voz é digitalizado e comprimido em um sinal digital antes de transmitir.

A tecnologia GSM aumentou a qualidade das chamadas, os dados eram criptografados, foi introduzido o SMS e obteve taxas de 9,6 Kbit/s.

# Segunda Geração (2G) – GSM



## Geração 2,5G

Os padrões 2G foram desenvolvidos antes da massificação da Internet, ou seja, foram padrões pensados exclusivamente para o serviço de voz digital. As redes 2G só admitem taxa de dados para um usuário na ordem de 13 Kbps, o que é inviável para a maioria das aplicação na Internet.

Dessa forma, surgiram protocolos que desenvolveram o padrões GSM para oferecer serviços de dados para comunicação móvel. Dois destes principais protocolos são:

- GPRS (*General Packet Radio Service*);
- EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*)

## 2,5G – Padrão GPRS

O serviço GPRS utiliza os recursos já existentes na rede GSM, porém a atualização de softwares no sistema se faz necessário, assim como a inclusão de roteadores e gateways na ERB, além de dois novos elementos na infra-estrutura rede, que são:

- SGSN (*Serving GPRS Support Node*) (controlador): mantém a conexão lógica dos usuários móveis quando estes realizam handover;
- GGSN (*Gateway GPRS Support Node*): permite a conexão com a Internet e outros tipos de redes que suportam serviços de dados.

O GPRS oferece uma rede de pacotes nos mesmos canais e banda do GSM. Entretanto, todos os oito time slots de um canal GSM são dedicados ao GPRS, desta forma, um usuário individual pode alcançar taxa de até 171,2 Kbps.

## 2,5G – Padrão EDGE

Na EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) foi introduzido um novo esquema de modulação e de codificação de canal. O GSM e GPRS utilizam a modulação GMSK, já no EDGE, faz-se uso da modulação 8-PSK. Desta forma, o EDGE conseguiu alcançar uma taxa de transmissão de até 384 Kbps, quando todos os oito time slots de um canal GSM são dedicados.

## Terceira Geração (3G)

O padrão 3G foi desenvolvido para oferecer acesso constante à Internet (dados), além da voz digitalizada. A principal tecnologia 3G é o WCDMA (Wide-Band Code-Division Multiple Access), também conhecida como UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Este é uma evolução do GSM, GPRS e EDGE.

## Terceira Geração (3G) – WCDMA

No WCDMA, a estrutura da rede do GPRS/EDGE são mantidas, utiliza ainda o FDMA e TDMA do GSM. Entretanto, o WCDMA requer novas estações base e novas alocações de frequência. Ele alcança taxas de aproximadamente 2 Mbps.

As faixas de frequência utilizadas pelo WCDMA são de 1920 a 1980 MHz (celular - estação, comunicação inversa) e 2110 a 2170 MHz (estação - celular, comunicação direta). O WCDMA utiliza como método de múltiplo acesso o CDMA de Sequência Direta (DS-SS-SSA), com os vários terminais compartilhando uma mesma banda de frequências mas utilizando códigos diferentes de espalhamento espectral.

## Geração 3,5G

Por volta do ano de 2007, o tráfego de dados excedeu o de voz nas redes 3G WCDMA. Dessa forma, as empresas correram para elevar a capacidade de transferência de dados. Foi desenvolvida novas versões para as especificações WCDMA, foram elas:

- HSPA (*High Speed Packet Access*):
- HSPA+ (*High Speed Packet Access Plus*): .

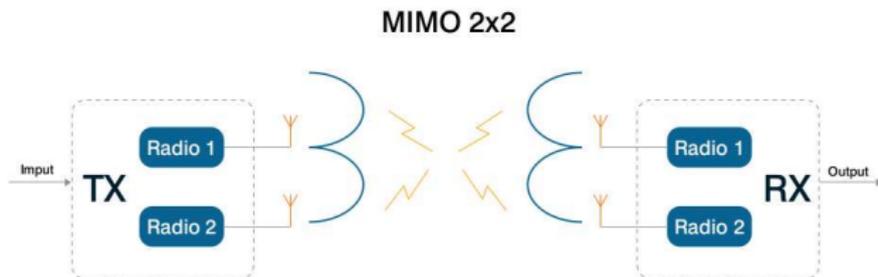
## 3,5G – Padrão HSPA

A tecnologia HSPA é uma evolução das redes WCDMA. O HSPA reduziu significativamente a latência e possibilitou a transmissão de dados de até 14 Mbps de comunicação direta (Estação para o celular) e de até 5,8 Mbps para inversa (celular para a estação).

O aumento da taxa de transmissão foi obtida pela alteração na modulações. O HSPA utiliza o conceito do enlace adaptativo. Isto é, o terminal móvel do usuário envia informações das condições do sinal. Dessa forma, a modulação passa da QPSK para 16-QAM, o que pode chegar a dobrar as taxas de transmissão.

## 3,5G – Padrão HSPA+

O HSPA+ acrescentou a modulação 64-QAM e o mecanismo de múltiplas antenas (chamado de MIMO), O resultado é uma taxa de de até 42 Mbps no direto (ERB para celular) e 12 Mbps no inversa.



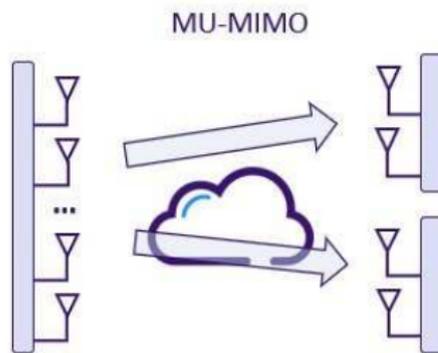
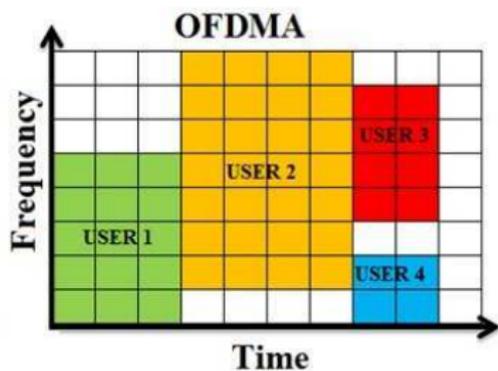
## Quarta Geração (4G) – LTE

A tecnologia é o LTE (Long Term Evolution), surgida em 2010, que trata-se de uma evolução do núcleo da rede GSM/WCDMA. Ele mantém a compatibilidade com padrões da família GSM (GPRS, EDGE, WCDMA, HSPA e HSPA+). O LTE é baseado totalmente baseado em datagrama e implementa os serviços TCP/IP, proporcionando um baixo tempo de latência, inferior a 10 ms, velocidades de acesso entre 100 Mbps em movimento (podendo chegar a 350 Km/h) e 1 Gbps em repouso. Permite até 10.000 dispositivos por  $km^2$ . No Brasil, a ANATEL destinou a faixa de 2,5 GHz e 700 MHz para o 4G.



## Quarta Geração (4G) – LTE

O LTE utiliza a tecnologia OFDMA com controle de acesso no downlink e SC-FDMA no uplink. Utiliza a multiplexação QPSK, 16-QAM ou 64-QAM. O sistema MIMO no LTE pode ser implementado em duas configurações, sendo 2x2 ou 4x4. O OFDMA um sinal é dividido em múltiplas frequências portadoras (subportadoras) e são usado símbolos para permitir que vários usuários transmitam simultaneamente.



## Quarta Geração (4G) – LTE

A tecnologia LTE apresenta ótima performance em um tamanho de célula de até 5 km, sendo possível demonstrar serviço eficaz em células com raio de até 30 km. As antenas 4G são distribuidoras, pois elas são interligadas por cabos de fibra óptica. Os roteadores das ERBs são programados para que os fluxos de dados sejam desafogados automaticamente, ou seja, identificam momentos de tráfego intenso de dados e se reorganizam para que não exista sobrecarga e queda de sistemas.

## 4,5G - LTE Avançado

O LTE-Advanced é uma evolução do LTE padrão (4G), oferecendo maiores velocidades de conexão que podem chegar a 3Gbps para download e 1,5Gbps para upload. Opera na faixa de 700MHz. Para aumentar a velocidade foi agregado até 5 canais de 20 MHz, totalizando uma banda de 100 MHz e utilizando MIMO de 8x8.

## Quinta Geração (5G)

A tecnologia 5G, surgida em 2020, permitindo velocidades de acesso de até 10 Gbps (100 vezes maior do que a 4G), com latência de 1 ms (5 vezes menor que a 4G), modulação 256-QAM, utiliza multiplexação NOMA (*Non-orthogonal multiple access*) com Massive MIMO e baixo consumo de energia. A vida útil da bateria também deve ser 10 vezes maior, especialmente para aplicativos *Machine to Machine* (M2M) e Internet das Coisas (IoT). Espera-se que o 5G suporte até um milhão de dispositivos por quilômetro quadrado (100 vezes mais do que o 4G).

# Quinta Geração (5G)

Utiliza três possíveis faixas de frequência:

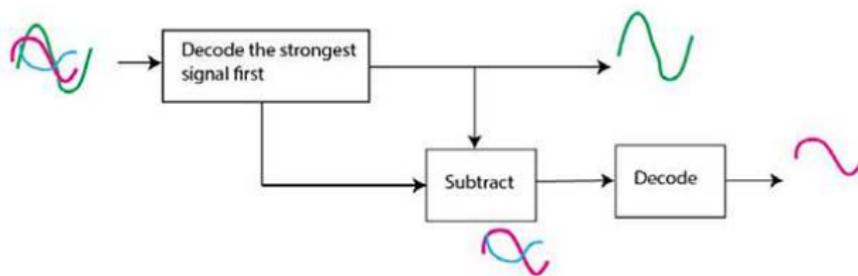
- Baixa (600 a 900 MHz, semelhante a da 4G): proporcionando velocidades de download um pouco maiores que 4G (30 - 250 Mbit/s). As torres de celular têm alcance e área de cobertura semelhantes às torres 4G.
- Média (1,7 a 4,7 GHz): permitindo velocidades de 100 - 900 Mbit/s, com cada torre de celular fornecendo serviço de até vários quilômetros de raio. Esse nível de serviço é o mais amplamente implantado atualmente.
- Alta (24 a 47 GHz): atinge velocidades de download na faixa de gigabit por segundo (Gbit/s), comparável à internet a cabo. No entanto, têm um alcance mais limitado, exigindo muitas células pequenas.

## Quinta Geração (5G)

Devido ao aumento na largura de banda, espera-se que as redes 5G sejam utilizadas como provedores de serviços de internet (ISPs) para casa dos clientes (concorrendo com os provedores locais, como internet a cabo), e também possibilitarão novas aplicações em internet das coisas (IoT) e cidades inteligentes.

## Quinta Geração (5G)

Na multiplexação NOMA no domínio de potência (5G), diferentes usuários recebem diferentes coeficientes de potência. Os sinais dos vários usuários são sobrepostos no lado do transmissor. No lado do receptor é decodificado o sinal mais forte enquanto os outros são de interferência. O primeiro sinal decodificado é então subtraído do sinal recebido. É realizado o mesmo procedimento para os demais sinais criando o cancelamento de interferência sucessiva (SIC) para decodificar os sinais um a um até que o sinal do usuário desejado seja obtido.



# Dúvidas



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE