

# Redes Móveis



Cauã, Giovana, Igor, Natan

Segundo projeção, os usuários de internet móvel no mundo subirão de 4,7 bilhões no final de 2023, para 5,5 bilhões em 2030, conforme dados da GSMA.

# ORIGEM

- Primeiro uso em 1921
- Dept. de polícia de Detroit
- Só recebiam ordens da central
- Faixa de 2MHz, Simplex
- 5000 veículos para 11 canais



# ORIGEM

- Em 3 de abril de 1973
- Martin Cooper, engenheiro norte-americano  
→ funcionário da Motorola
- Criação do DynaTAC 8000x

# ORIGEM

- 1,1 kg
- 33 cm de altura
- 25 min de bateria





# ORIGEM

Historicamente, em 1990 a cidade do Rio de Janeiro é a primeira no Brasil a operar comercialmente o serviço de telefonia móvel celular.

# O QUE SÃO

As redes móveis são sistemas de comunicação sem fio que permitem a transmissão de dados, voz e outras informações entre dispositivos móveis e torres de células de telecomunicações.

# VIA SATÉLITE

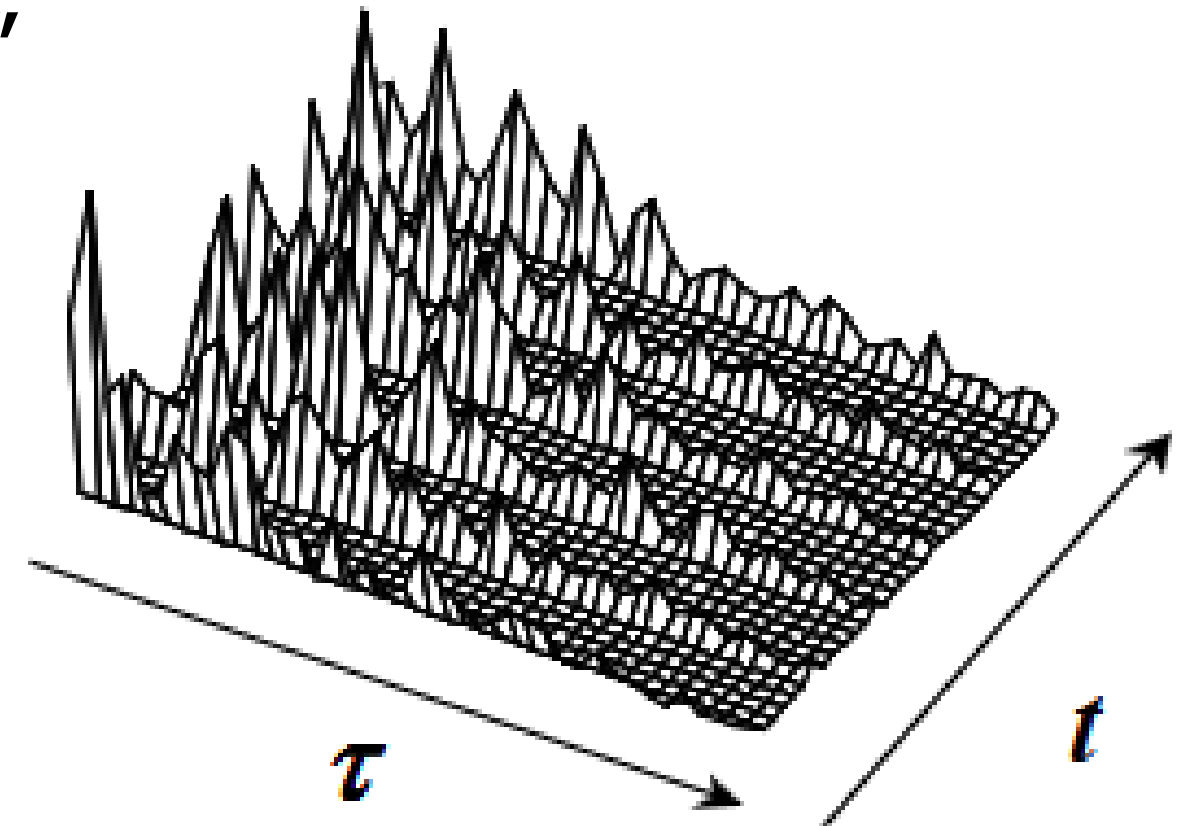
- Comunicações globais,
- serviços de emergência,
- embarcações,
- aviação
- internet em regiões inacessíveis.

<b>Tipo</b>	<b>Altitude</b>	<b>Footprint</b>	<b>Banda (GHz)</b>	<b>Atraso</b>
<b>GEO</b>	~35781Km	34%	20 a 30 (Ka) 11 a 17 (Ku) 4 a 8 (C)	0.25s
<b>MEO</b>	13000Km a 10000Km	~24%	1 a 3 (L)	0.09s a 0.07s
<b>LEO</b>	1390Km a 755Km	5% a 2.5%	20 a 30 (Ka) 1 a 3 (L) 0.8	0.01s a 0.005s



# TERRESTRE

- Propagação por multipercursos
- Espalhamento do sinal e "colisão" em estruturas próximas ao receptor
- Efeito doppler

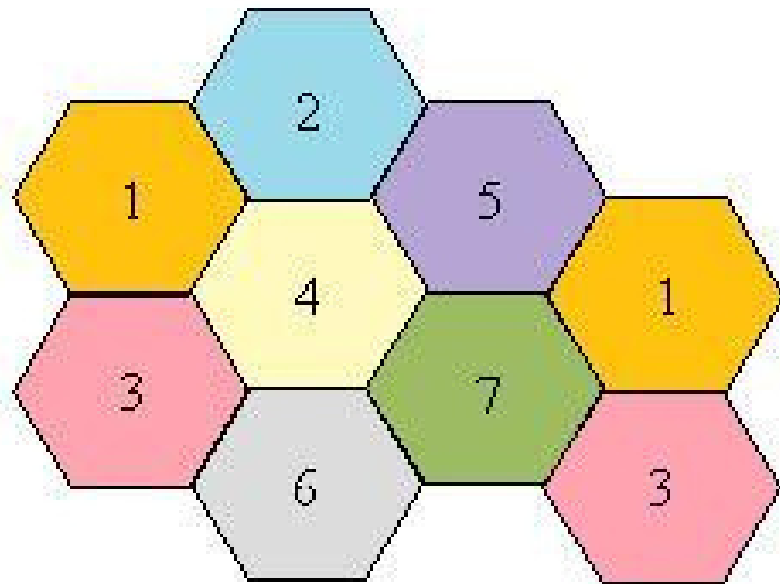


**Figura 1** – Ilustração da resposta ao impulso de um canal de rádio móvel terrestre para vários instantes de observação

# PRINCIPIO DO FUNCIONAMENTO

- Grande alcance através de um único transmissor de alta potência
- Frequency Division Multiple Access (FDMA)
- Número de usuários limitado
- Exemplo: sistema móvel da Bell em Nova Iorque, em 1970
  - Limite de 12 chamadas simultâneas
  - Área de cobertura de 2580km<sup>2</sup>

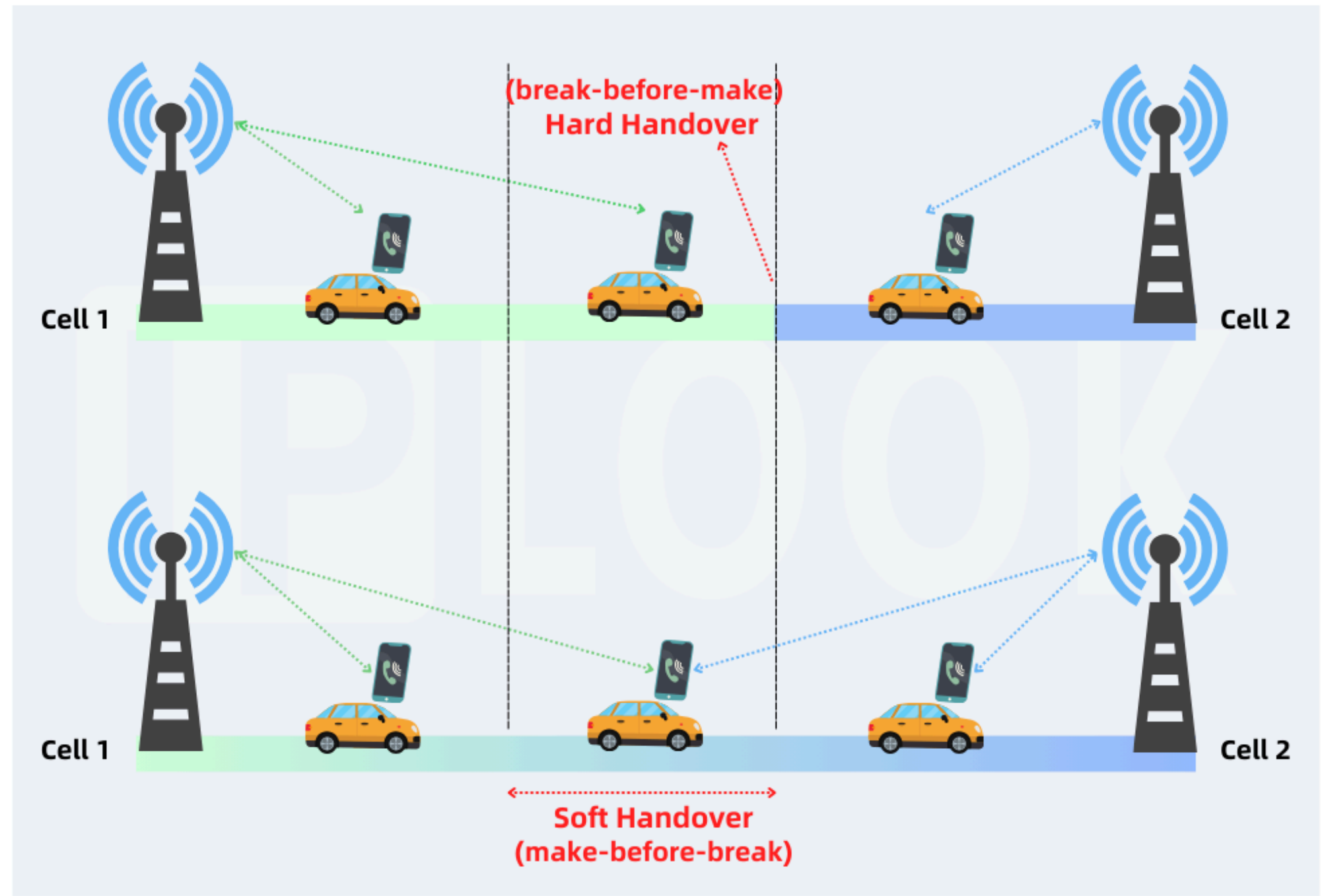
# O CONCEITO CELULAR



- Divisão em células
- Alocação e reutilização de canais
- Controle de interferência
  - Cocanal
  - Canal adjacente
- Potência mínima aceitável

# HANDOFF

- Hard handoff
  - Quebra a conexão antiga antes de estabelecer a nova
- Soft handoff
  - Mantém conexões paralelas antes de desativar a anterior



# CONEXÃO

- Busca a ERB mais próxima (através do broadcast)
- O dispositivo envia seu identificador único (IMSI ou eSIM)
- Após a autenticação, o dispositivo é registrado em um core network (central de rede) e atribuído a uma célula
- Recebe (TMSI – Temporary Mobile Subscriber Identity) que substitui o identificador

# **Gerações de Redes Móveis**

# 1G – Primeira Geração

- Surgimento: 1979 (Nippon Telephone and Telegraph (NTT) – Tokyo, Japan.)
- Tecnologias: Analógica
- Frequência: 824–894 MHz.
- Velocidade: até 2.4 kbps.
- Uso: apenas chamadas de voz.



# Arquitetura da 1G

- Padrão: AMPS (Advanced Mobile Phone System).
- Multiplexação: FDMA (Frequency Division Multiple Access).
- Componentes: Estações base analógicas, torres de transmissão, e dispositivos móveis

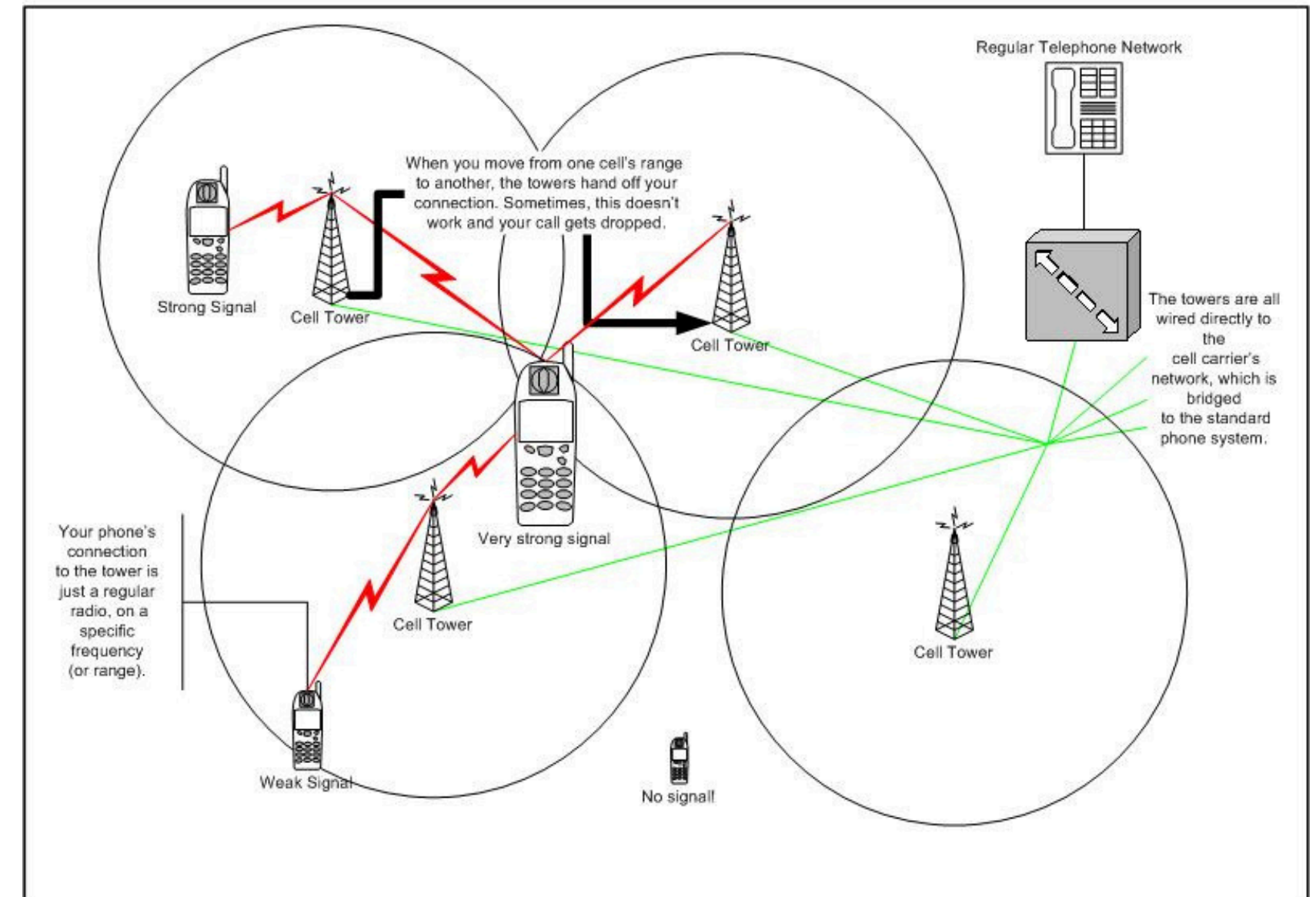


Diagrama da arquitetura AMPS

# Limitações da 1G

- Baixa qualidade de voz.
- Sem suporte a dados.
- Cobertura limitada.
- Vulnerável a interferências e interceptações.

# 2G – Segunda Geração

- Surgimento: 1991 (Finlândia).
- Tecnologia digital.
- Frequência: 900 MHz e 1800 MHz.
- Velocidade: até 64 kbps.
- Uso: SMS, chamadas de voz digital.

# Arquitetura da 2G

- Padrão: GSM.
- Multiplexação: TDMA (Time Division Multiple Access).



# Avanços da 2G

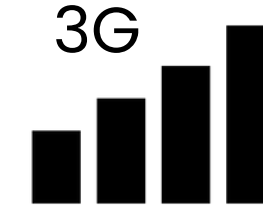
- Melhoria na qualidade de voz.
- Introdução do SMS (Short Message Service).
- Maior segurança com criptografia digital.
- Roaming internacional.

# 2.5G e 2.75G

- Surgiram: 2000 e 2003.
- Tecnologias: GPRS (g) e EDGE (e).
- Velocidade: até 144 kbps (GPRS) e 384 kbps (EDGE).
- Introdução de pacotes de dados.



# 3G – Terceira Geração



- Surgimento: 2001 (Japão).
- Tecnologias: UMTS, CDMA2000.
- Frequência: 1900 MHz – 2100 MHz.
- Velocidade: até 2 Mbps.
- Uso: Internet móvel, videochamadas, streaming.



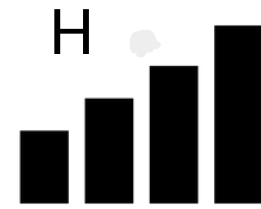
# Arquitetura da 3G

- Padrão: UMTS
- Multiplexação: WCDMA (Wideband CDMA).
- Melhorias: HSPA e HSPA+ introduziram novas técnicas de modulação e protocolos mais eficientes.

# 3.5G (HSPA) e 3.75G (HSPA+)

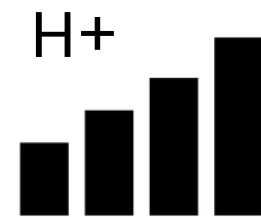
- HSPA (3.5G) – 2006:

- Velocidade: até 14 Mbit/s.
- Técnicas: Modulação 16-QAM, protocolos mais eficientes.
- Melhoria na latência e confiabilidade.



- HSPA+ (3.75G) – 2008:

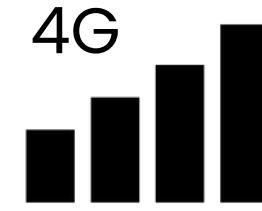
- Velocidade: até 42 Mbit/s.
- Técnicas: MIMO (Multiple Input Multiple Output), modulação 64-QAM.
- Suporte a mais usuários simultâneos.



# Comparação entre 3G, 3.5G e 3.75G

Geração	Velocidade de Download	Velocidade de Upload	Tecnologia	Principais Melhorias
3G	144 kbit/s a 2 Mbps	50 kbit/s a 384 kbit/s	UMTS (WCDMA)	Permitiu acesso à internet móvel, suporte a chamadas de vídeo e navegação mais rápida.
3.5G (HSPA)	Até 14 Mbps	Até 5.76 Mbps	HSPA (High Speed Packet Access)	Melhorou a velocidade de conexão e reduziu a latência para streaming e downloads.
3.75G (HSPA+)	Até 42 Mbps	Até 11 Mbps	HSPA+ (Evolved HSPA)	Introduziu a modulação 64-QAM e MIMO, permitindo maior capacidade de rede e velocidade.

# 4G – Quarta Geração



- Surgimento: 2009 (Suécia e Noruega).
- Frequência: 700 MHz, 1800 MHz, 2600 MHz.
- Velocidade: até 100 Mbps.
- Uso: Streaming, jogos online.

# Arquitetura da 4G

- Multiplexação: OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access).
- Padrões: LTE (Long-Term Evolution), WiMAX.



# **VOLTE** vo)) LTE

- Surgiu: 2012 (Dallas, Texas)
- VoLTE significa Voice over LTE (Voz sobre LTE). É uma tecnologia que permite fazer chamadas de voz usando a rede 4G LTE, em vez de usar as redes mais antigas (como 2G ou 3G).

# **VOLTE** <sup>VoLTE</sup>

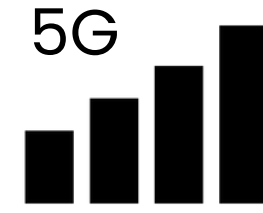
- Antes do VoLTE: As chamadas de voz eram feitas usando redes 2G ou 3G, enquanto a internet 4G era usada apenas para dados (como navegar na web ou assistir vídeos).
- Com o VoLTE: A voz é transformada em dados (como se fosse um arquivo de áudio) e transmitida pela rede 4G, junto com outros dados (como vídeos, mensagens, etc.).



# 4G+ (LTE Advanced)

- Surgimento: 2013
- Velocidade: até 1 Gbps.
- Diferença: 4G+ usa tecnologias avançadas como Carrier Aggregation e MIMO Avançado para alcançar velocidades mais altas.

# 5G – Quinta Geração



- Surgimento: 2019 (Coreia do Sul e EUA).
- Frequência: Sub-6 GHz e mmWave (24-100 GHz).
- Velocidade: até 20 Gbps.
- Uso: IoT, veículos autônomos, realidade aumentada, streaming 4K/8K.

# Arquitetura da 5G

Tecnologias: NR (New Radio), Massive MIMO, beamforming.

**TABLE I. OSI layers in the 5G Mobile Terminal Design**

Application Layer	Application(Service)
Presentation Layer	
Session Layer	Open Transport Protocol(OTP)
Transport Layer	
Network Layer	Upper Network Layer
	Lower Network Layer
Data Link Layer	Open Wireless Architecture (OWA)
Physical Layer	

# Arquitetura da 5G

- Camada OWA: Também conhecida como Open Wireless Architecture (OWA), ela funciona como a camada física e a camada de enlace de dados no modelo OSI.
- Camada de Rede: Responsável por rotear os dados do dispositivo de origem (IP) para o dispositivo/sistema de destino (IP). Ela é dividida em camada de rede inferior e camada de rede superior.

# Arquitetura da 5G

- Camada OPT: Open Transport Protocol, une as funcionalidades da camada de transporte e da camada de sessão.
- Camada de Aplicação: Engloba a camada de aplicação e apresentação do modelo OSI.

# Comparação entre 1G e 5G

Característica	1G (Primeira Geração)	5G (Quinta Geração)
Período	Década de 1980	A partir de 2019
Velocidade de Transmissão	Até 2,4 Kbps	Até 20 Gbps
Latência	Alta (acima de 500 ms)	Ultra-baixa (<1 ms)
Tipo de Comunicação	Apenas chamadas de voz	Chamadas, streaming em 8K, IoT, VR/AR, carros autônomos
Frequência	800 MHz a 900 MHz (VHF e UHF)	Sub-6 GHz e ondas milimétricas (>24 GHz)
Segurança	Nenhuma criptografia, vulnerável a interceptações	Criptografia avançada (AES-GCM), autenticação forte (5G-AKA)

# Comparação entre 4G e 5G

Característica	4G (Quarta Geração)	5G (Quinta Geração)
Velocidade de Download	Até 1 Gbps (teórico)	Até 20 Gbps (teórico)
Velocidade de Upload	Até 500 Mbps	Até 10 Gbps
Latência	20-50 ms	<1 ms
Frequências Utilizadas	700 MHz, 1.8 GHz, 2.1 GHz, 2.6 GHz	Sub-6 GHz e mmWave (24 GHz – 100 GHz)
Eficiência Energética	Média	Alta (consome menos energia para a mesma transmissão)
Segurança	Uso de criptografia AES, autenticação LTE-A	Criptografia AES-GCM, autenticação 5G-AKA, Network Slicing
Interferência	Menos impacto que 3G, mas sofre em locais com muitos usuários	Alta resistência à interferência, especialmente em ambientes urbanos



# GSM e CDMA

- São tecnologias de sistemas de rádio utilizadas para conectar telefones a torres de celular.
- A principal diferença entre as duas é a forma como dividem e codificam as ondas de rádio.
- Enquanto a tecnologia CDMA é utilizada principalmente nos EUA, a GSM é usada mundialmente.

# GSM

- GSM, *Global System for Mobile Communication Voices*, utiliza **TDMA** (*Time division multiple access*).
- Portanto, cada usuário recebe um intervalo de tempo específico dentro de uma frequência determinada para transmissão.

# CDMA

- CDMA, Code Division Multiple Access, é baseado na tecnologia de **Spread Spectrum** e faz uso otimizado da largura de banda disponível.
- Cada usuário recebe um código único, permitindo que todos compartilhem o mesmo espectro de frequência ao mesmo tempo.

# GSM vs CDMA

Parâmetros	GSM	CDMA
Tecnologia Utilizada	TDMA	CDMA
Disponibilidade	O GSM é amplamente utilizado e disponível globalmente	O CDMA está disponível em menos países e operadoras
Tipo de Espectro	Opera em um espectro em forma de faixa, conhecido como <i>carrier</i>	Baseada <i>spread spectrum</i>

# Tipos de Redes Móveis

- As redes móveis podem ser classificadas principalmente em dois tipos: **redes celulares** (ou infraestruturadas) e **redes ad hoc**.
- Embora ambas facilitem comunicações sem fio, elas são amplamente distintas em termos de estrutura, funcionalidade e aplicações.

# Redes Celulares

- Os dispositivos móveis se comunicam através de uma infraestrutura preexistente composta por **pontos de acesso**.
- Toda a comunicação entre os dispositivos passa por essas estações, que gerenciam o tráfego e asseguram a conectividade. Exemplos comuns incluem as redes de telefonia móvel, como **GSM, CDMA e LTE**.

# Redes Ad Hoc

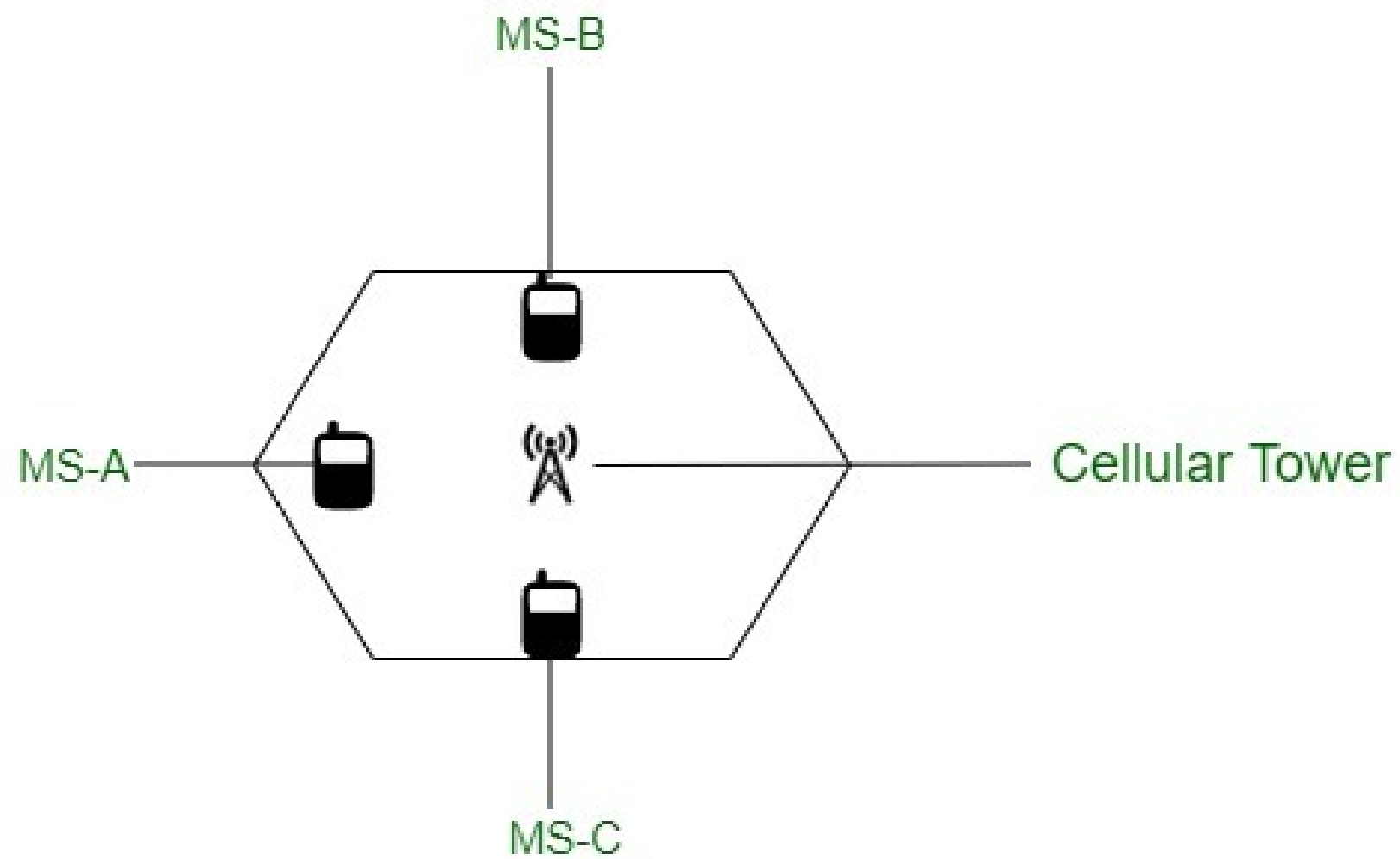
- São redes **descentralizadas** onde os dispositivos se comunicam diretamente entre si, sem a necessidade de uma infraestrutura fixa ou pontos de acesso.
- Cada dispositivo atua como um **nó** que pode retransmitir dados para outros, permitindo que a rede se organize de forma dinâmica e espontânea.

# Tipos de Redes Móveis

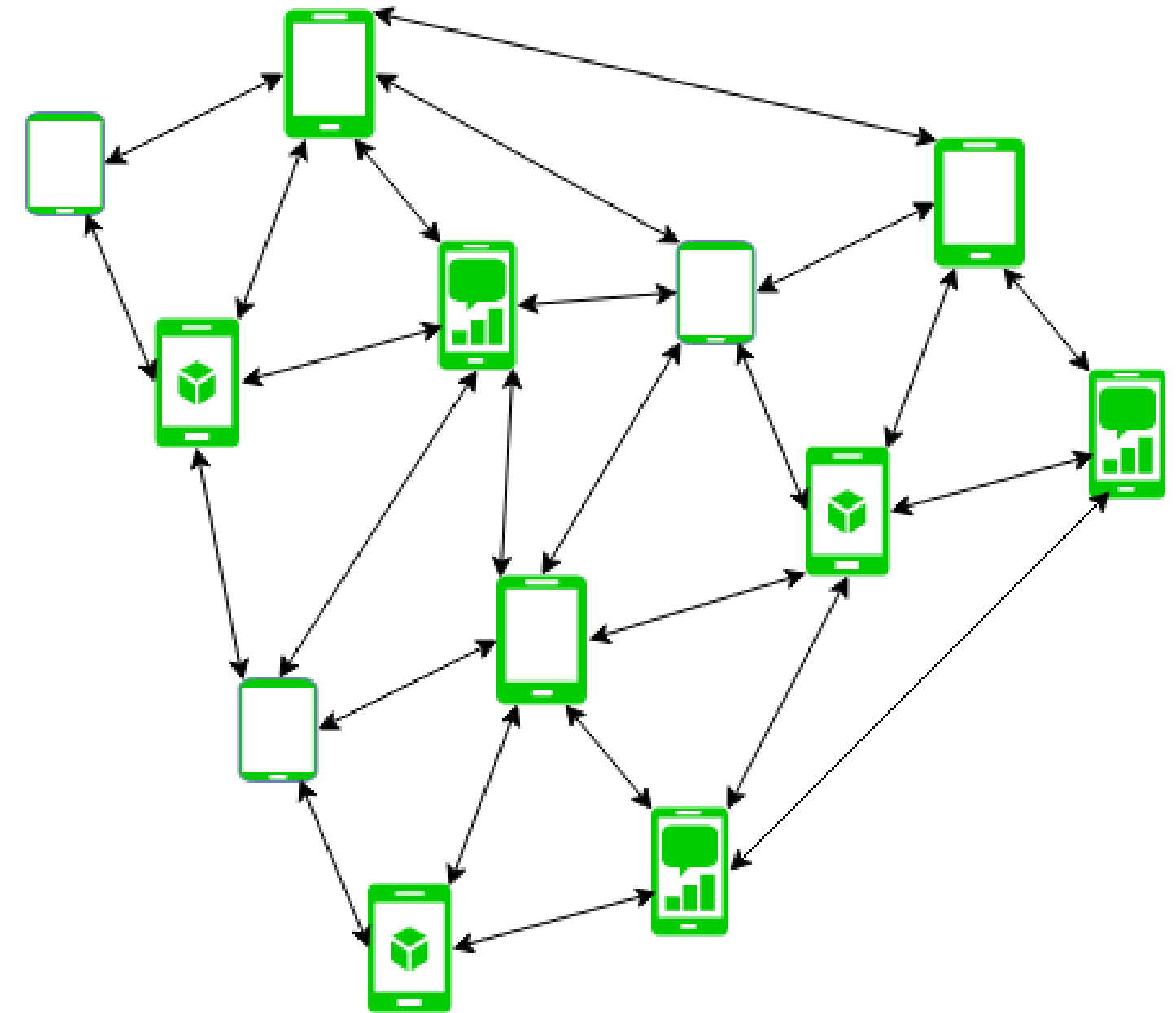
Parâmetro	Redes Celulares	Redes Ad Hoc
Roteamento	Centralizado	Distribuído
Comutação	Circuitos	Pacotes
Topologia	Estrela	Malha
Tipo de Tráfego	Otimizada para voz	Adequada para dados
Largura de Banda	Alocação garantida e fácil de gerenciar	Baseada em canal compartilhado, exigindo algoritmos MAC complexos
Tecnologias Utilizadas	IS-95, IS-136, GSM, Mobile WiMAX, CDMA, LTE	WLAN 802.11e



# Tipos de Redes Móveis



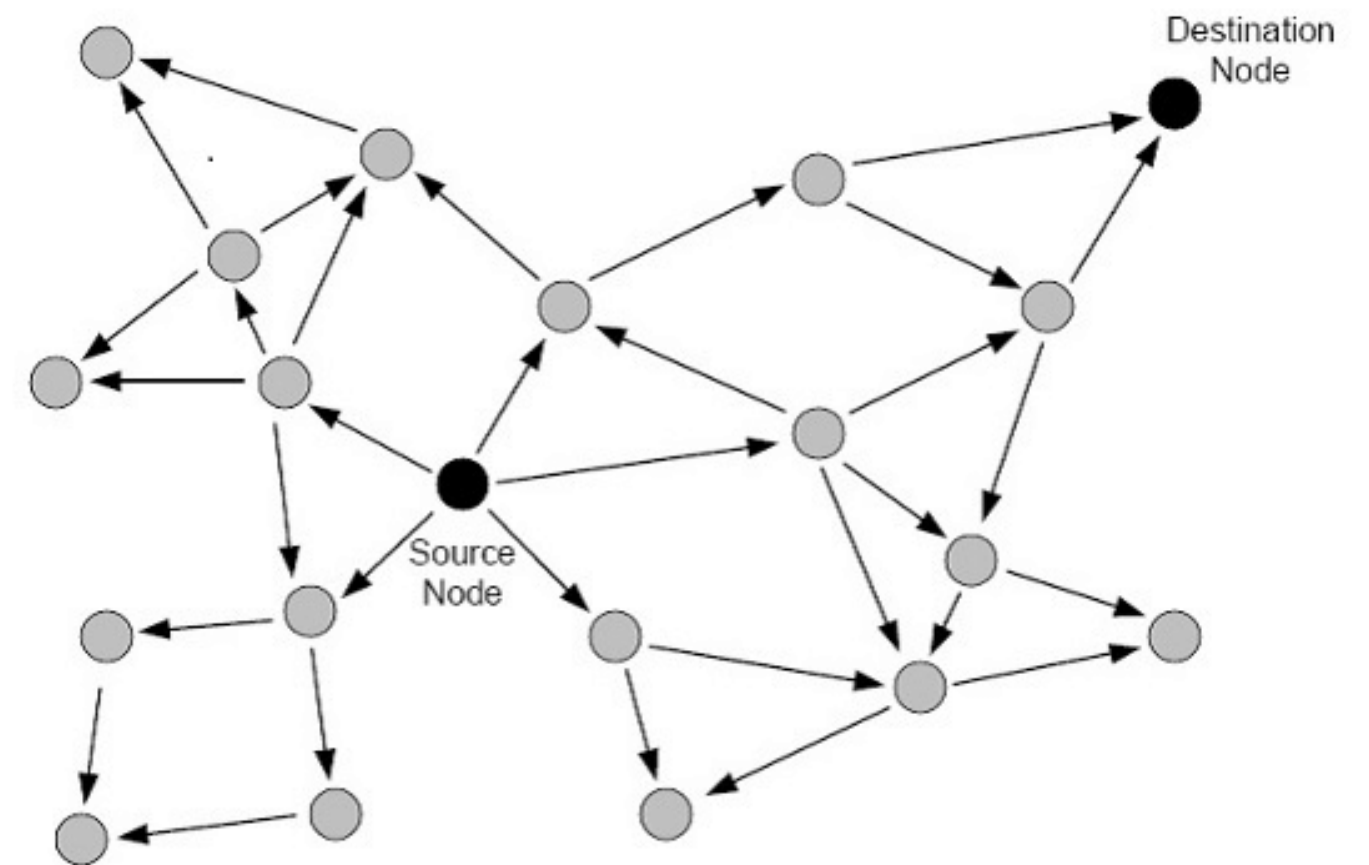
Redes Celulares



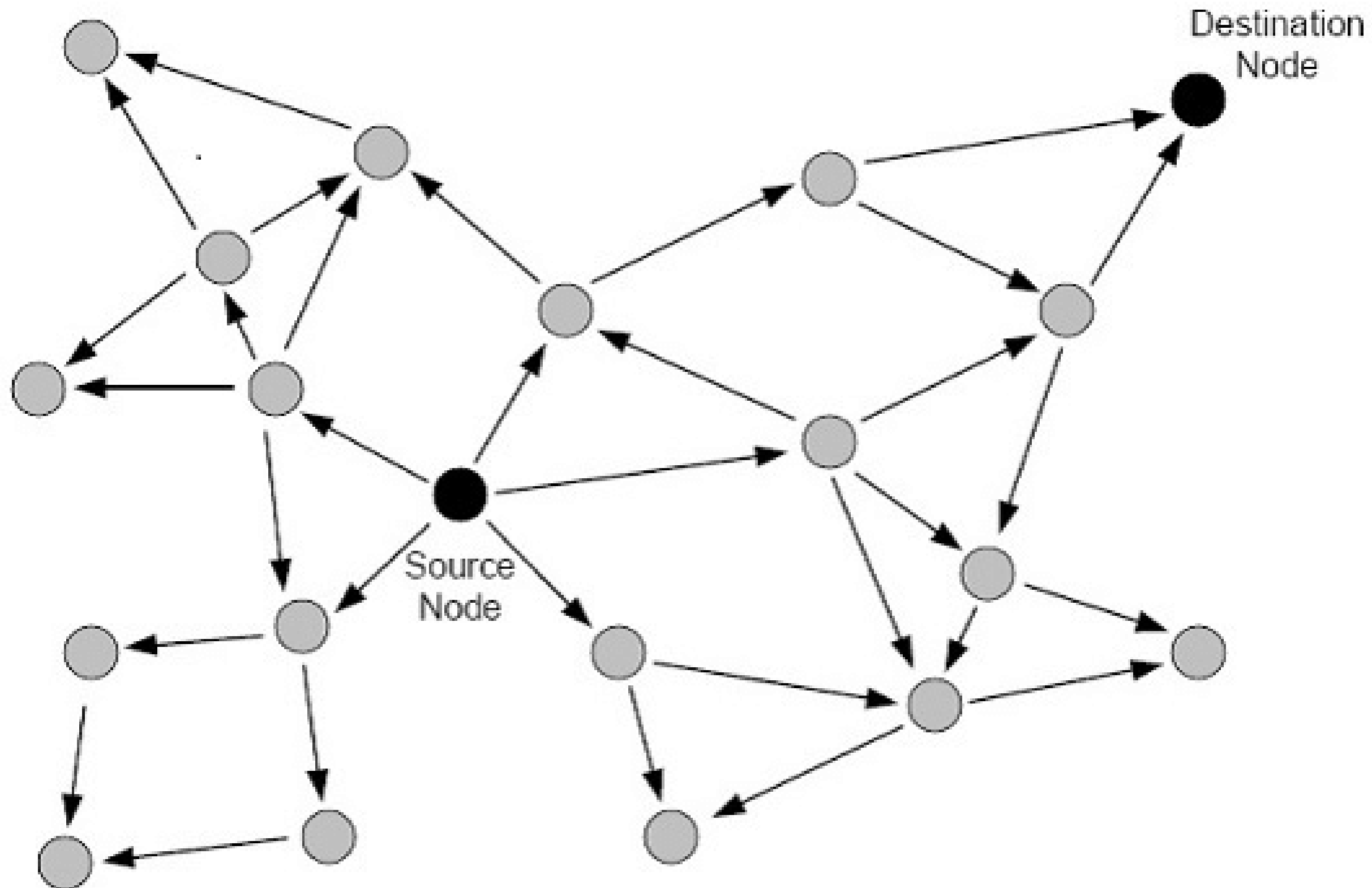
Redes Ad Hoc

# Algoritmo de *Flooding*

- Os pacotes são enviados para todas as saídas, exceto a de origem.
- O processo continua até o pacote atingir o destino ou um limite de hops (pulos) seja atingido.



# Algoritmo de *Flooding*



# Algoritmo de *Flooding*

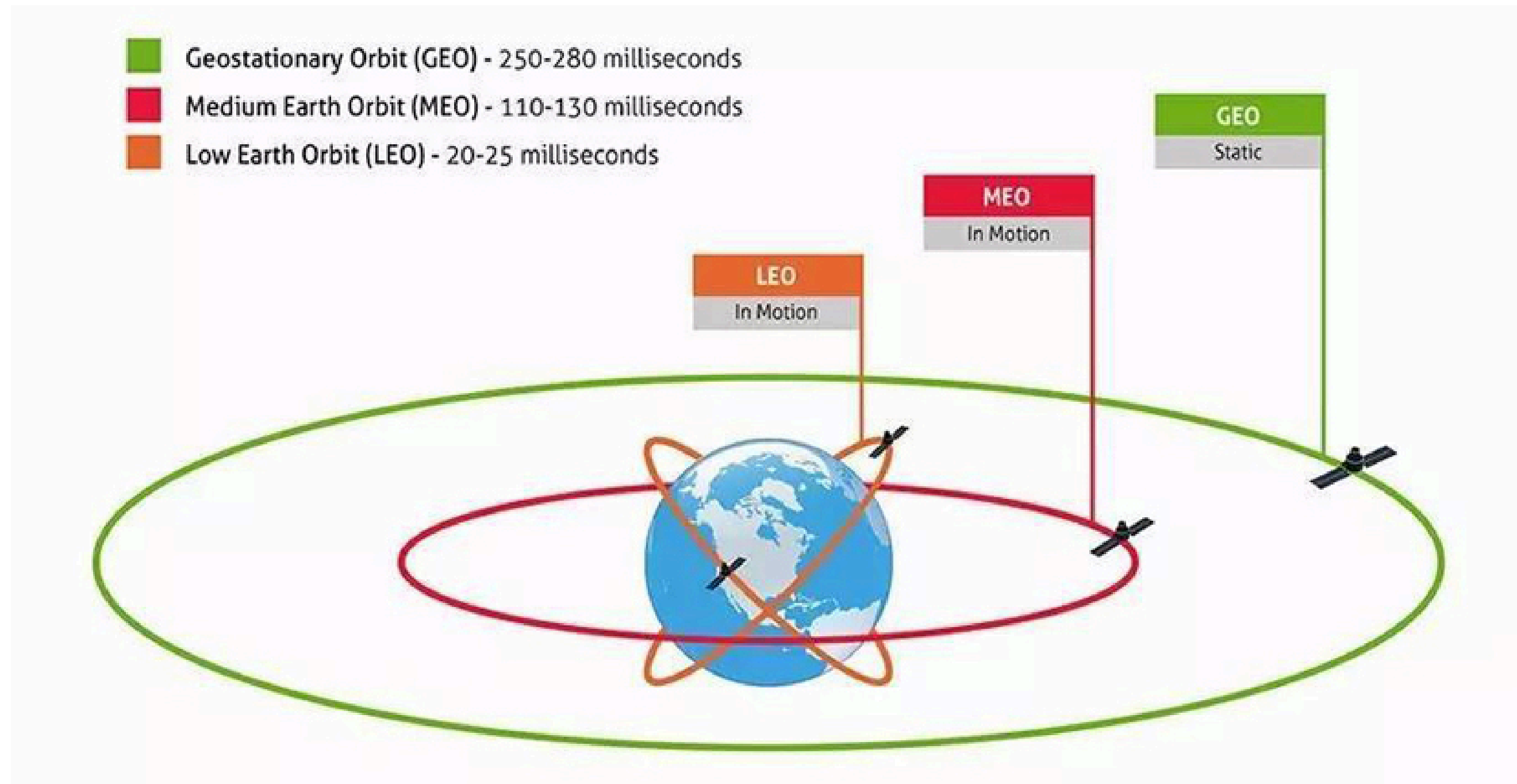
Step	Ação
Inicializar	Um nó recebe um pacote.
Verificar Condição	Verifica se o pacote chegou ao destino ou atingiu um limite.
Encaminhar Pacote	O pacote é enviado para todos os vizinhos, exceto o nó de origem.
Prevenir Loop	Contador de hops ou número sequencial.
Terminar	O encaminhamento é interrompido quando o pacote chega ao destino.

# Futuro: 6g?

- Frequências acima de 100 GHz, possivelmente até 1 THz.
- 1 terabit por segundo (Tbps);
- Antenas avançadas;
- Baixa latência (1ms).

# Futuro: 6g?

- Redes de satélites em órbita baixa.



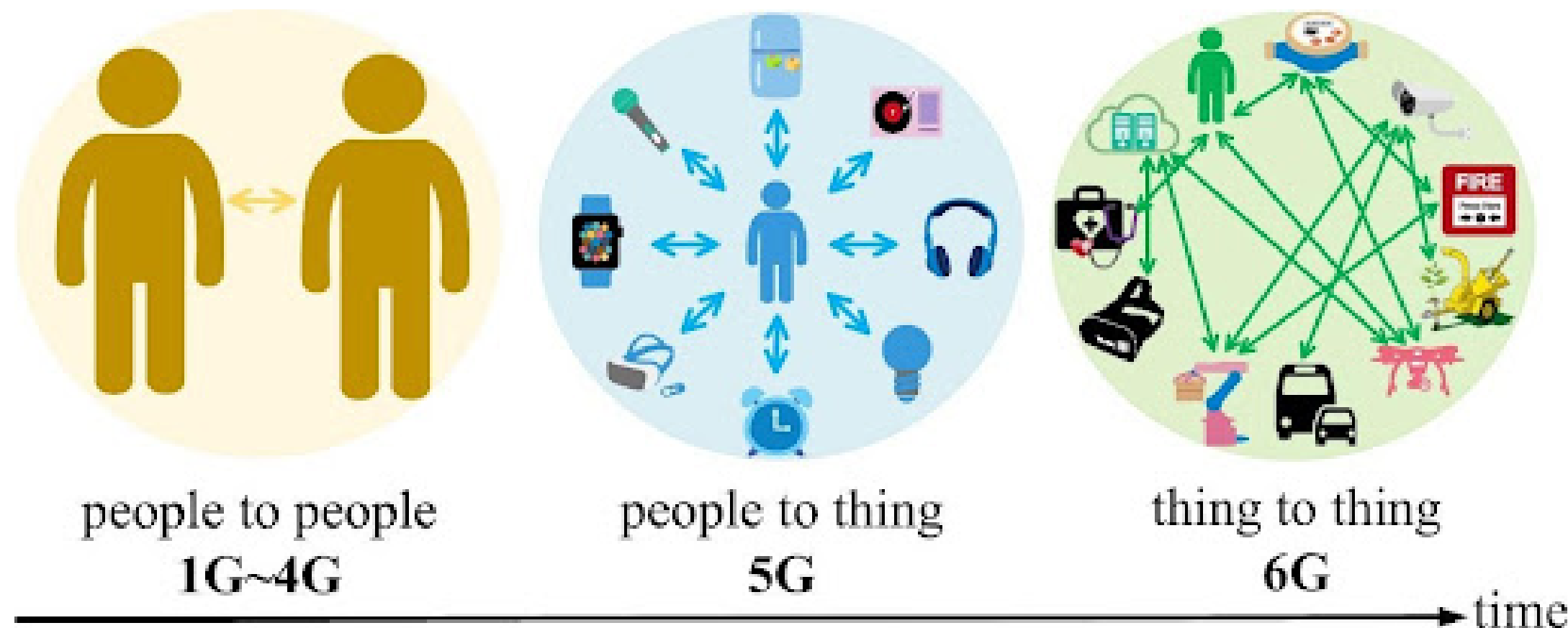
# Casos de Uso Potenciais

- Realidade aumentada sensorial completa.
- Automação industrial e fábricas inteligentes.
- Veículos autônomos.
- Soluções virtuais para negócios.
- Cidades inteligentes.



# Desafios do 6g

- Infraestrutura inovadora.
- Rede autossuficiente e inteligente.
- Maior consumo de energia.
- Integração do real e virtual.





# Cronograma do 6g

- Pesquisas iniciais e coleta de requisitos já começaram.
- Testes laboratoriais e pilotos devem iniciar em 2028.
- Lançamento comercial em 2030.

# Referências

- <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-gsm-and-cdma>
- <https://www.theengineeringknowledge.com/difference-between-gsm-and-cdma>
- <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-cellular-and-ad-hoc-network>
- <https://inatel.br/noticias/6g-onde-o-mundo-fisico-e-virtual-se-tornam-um-so-2>
- <https://www.digi.com/blog/post/when-is-6g-coming-what-does-it-mean-for-5g-4g>
- <https://vivomeunegocio.com.br/conteudos-gerais/especiais/redes-moveis-guia-completo-para-entender-configurar-e-solucionar-problemas/>
- [https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredes5g/pagina\\_2.asp](https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredes5g/pagina_2.asp)
- <https://www.perfilnews.com.br/2005/09/09/celular-pre-pago-completa-10-anos/>
- <https://tecnologianomundo.com.br/redes-moveis-tipos-e-caracteristicas/>

# Referências

- [https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialintlte/pagina\\_2.asp](https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialintlte/pagina_2.asp)
- <https://inatel.br/docentes/documents/dayan/Publications/3.pdf>
- [http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/msantos/smc\\_01.html](http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/msantos/smc_01.html)
- <https://emfexplained.info/por/?id=25196>