



SISTEMAS E REDES MULTISERVIÇO

Capítulo 3

Tecnologias nas Redes de Acesso

REDE DE ACESSO



Objetivos:

- Compreender a arquitectura dos acessos ADSL, CATV, GPON e redes móveis 4G / 5G
- Identificar débitos de acesso à Internet de cada tecnologia
- Identificar vantagens e limitações de cada tecnologia
- Identificar a tecnologia que melhor se adapta a necessidades técnicas e financeiras dos clientes em situações concretas.

Tópicos:

- ADSL
- Redes CATV
- GPON
- 4G - LTE
- 5G

REDE DE ACESSO



Internet



Cenário Atual:

Rede de Acesso Multiserviço

ADSL até 24 Mbps

CATV até 300Mbps

Fibra GPON até 1Gbps

Rede Móvel 4G até 300Mbps



LAN – Rede Local

Ethernet a 1Gbps

WiFi a 300Mbps ou 1,3Gbps

ÍNDICE



- Tecnologia DSL
 - Arquitetura
 - ADSL – Assymmetric DSL
 - IPTV em Linhas telefónicas
- Redes de CATV
- Redes GPON
- Redes Móveis 4G – LTE e 5G

ACESSO DSL



A implementação de acesso à Internet em linhas telefónicas através da tecnologia **DSL (Digital Subscriber Line)** teve motivações técnicas e comerciais:

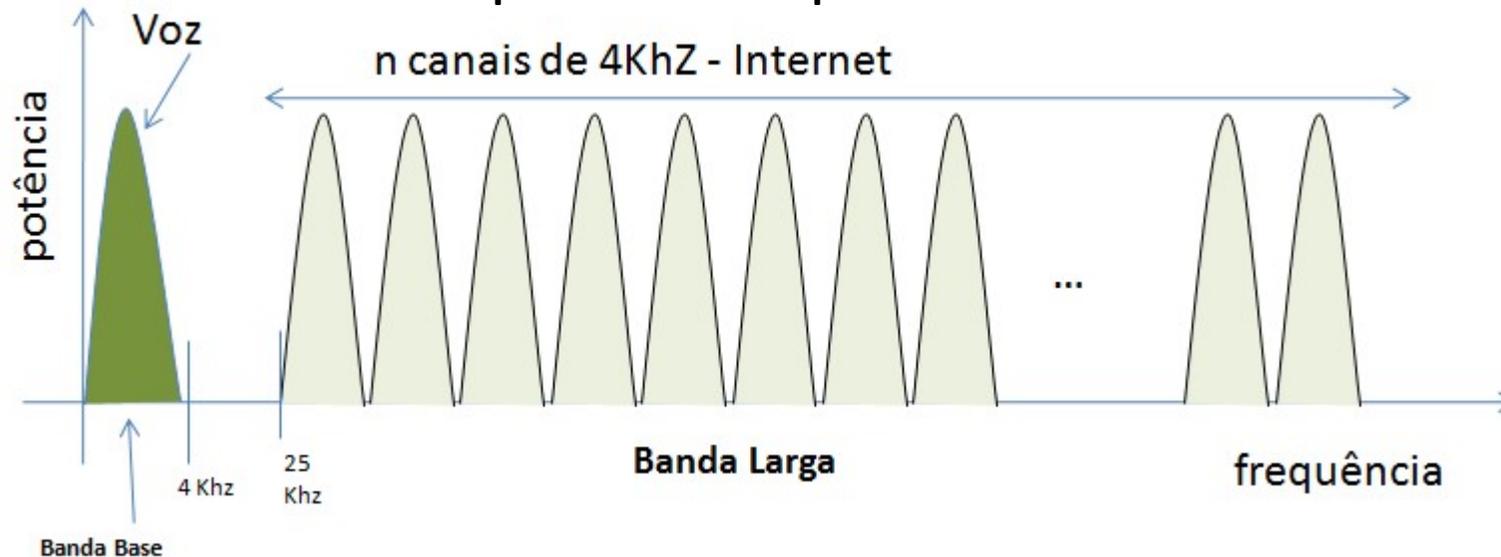
- Aproveitar a largura de banda disponível não ocupada pela voz nos fios de cobre da rede telefónica.
- Estancar a desmontagem de acessos através de ofertas de acesso à Internet a velocidades elevadas para combater os operadores de TV por cabo

Foi com o DSL que se começou a falar de **Banda Larga**.

ACESSO DSL

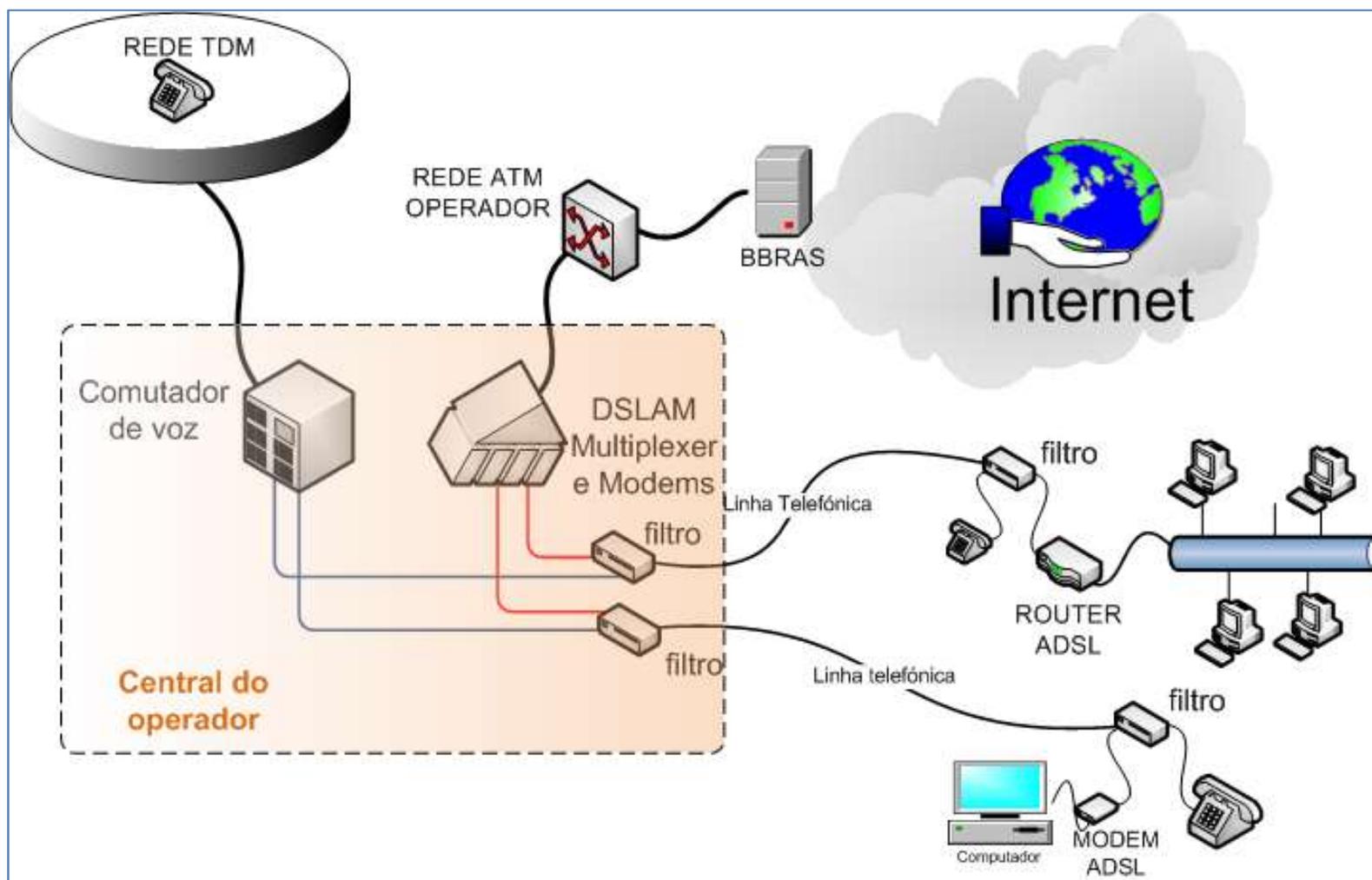


A transmissão de internet nas linhas telefônicas em cobre é feita através da injeção de sinais digitais em várias portadoras com frequências superiores à banda base:



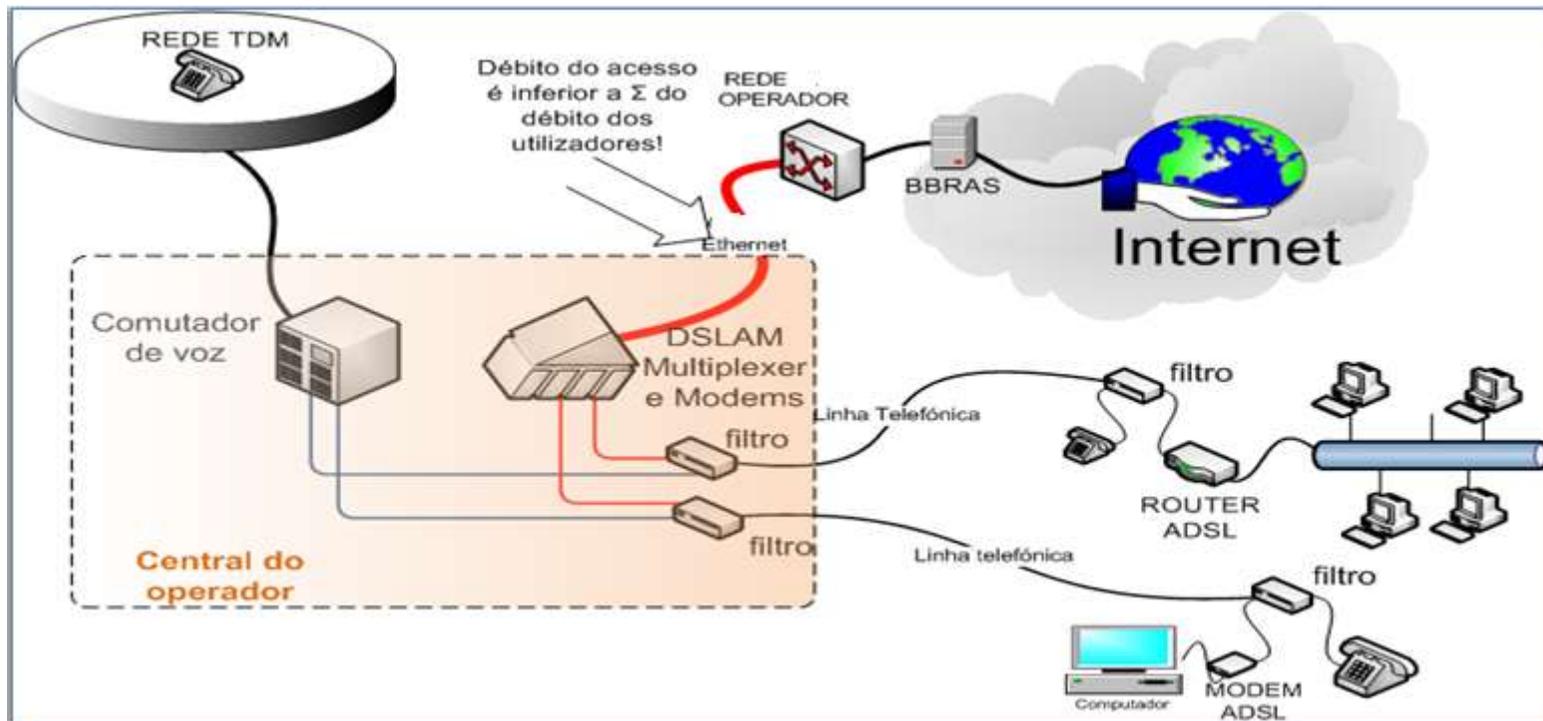
As portadoras de dados mais baixas da banda larga são utilizadas para o upload, enquanto as superiores são para download. Cada variante DSL definiu essas quantidades resultando assim nas diferentes versões.

ARQUITETURA DSL



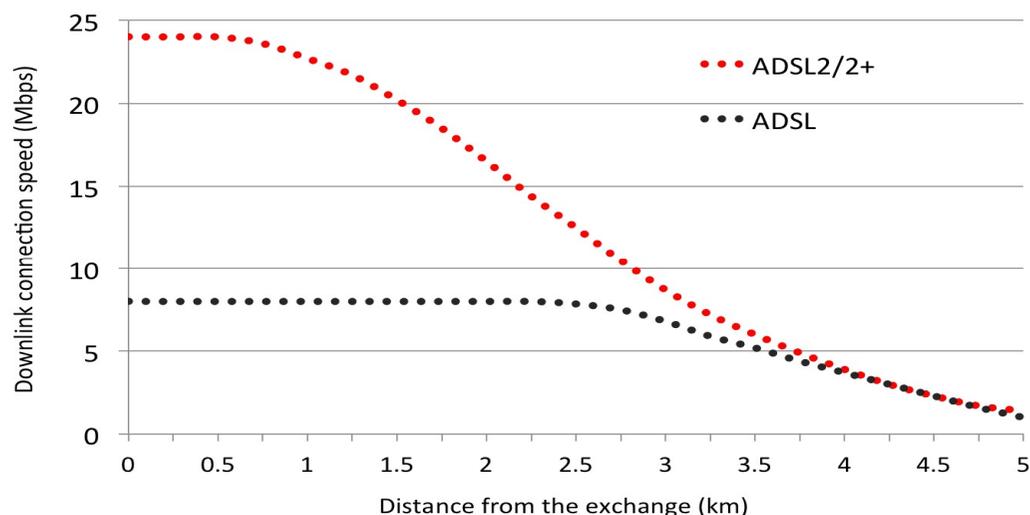
TAXA DE CONTENÇÃO NO DSL

O link da central para a Internet é partilhado com os outros utilizadores do operador e tem uma largura de banda inferior ao somatório da velocidade de todos. Daqui surge o conceito de **taxa de contenção**: factor de variação que o débito poderá sofrer pela carga introduzida por outros utilizadores. Rácio entre o débito do link à Internet e a soma do débito de todos os utilizadores. Valores típicos são 1:50, 1:20 e 1:10.



ATENUAÇÃO EM DSL

O comprimento da linha é o maior condicionante da **velocidade** que se pode atingir em qualquer ADSL. A atenuação e as interferências vão impossibilitando a utilização das portadoras mais altas. A mais de 5 a 6 Kms é impossível prestar o serviço ao cliente.



Fonte:

<https://www.increa-sebroadbandspeed.co.uk/2012/graph-ADSL-speed-versus-distance>

VARIANTES DSL



- Simétricos (upload e download idênticos):
 - HDSL – High Bit Rate DSL
 - SHDSL – Single Pair High Speed Rate DSL
- Assimétricos (download superior ao upload)
 - ADSL – Assymetric DSL
 - VDSL – Very High Speed DSL

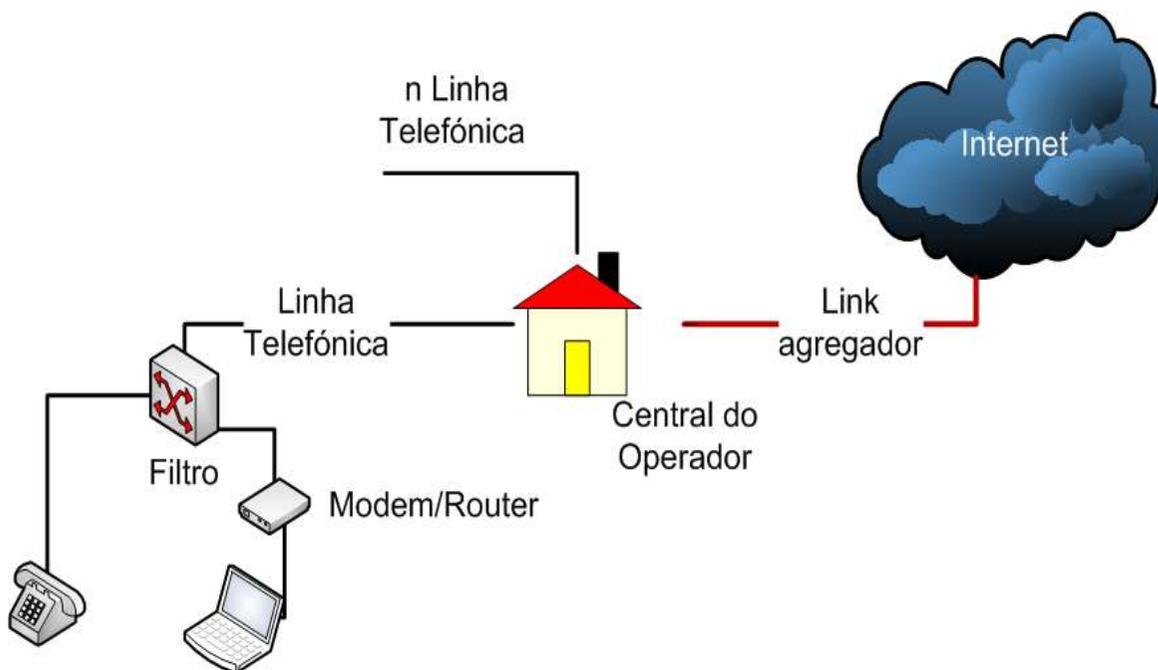
ADSL



A tecnologia **ADSL – Assymmetric DSL** permite a utilização simultânea da voz e acesso à Internet num par de cobre. São definidos 3 canais:

- Banda base (4kHz para a voz tradicional ou 128Khz RDIS)
- Upload ADSL
- Download ADSL

Para separar as frequências é necessária a instalação de um filtro que entrega ao terminal telefónico apenas a componente banda base:



SUBVARIANTES ADSL

Dentro do ADSL há variantes e evoluções que determinaram diferentes de desempenho:

- **ADSL** até 8Mbps/1Mbps
- **ADSL2** até 12Mbps/ 1 Mbps (melhores métodos de codificação)
- **ADSL 2+** 24Mbps/1 Mbps (utiliza 512 portadoras em vez de 256)
- **ADSL 2+ Annex M** – 24Mbps/2Mbps (mais portadoras para upload)

O ADSL e o ADSL2 utilizam a banda de frequências até 1,1MHz.

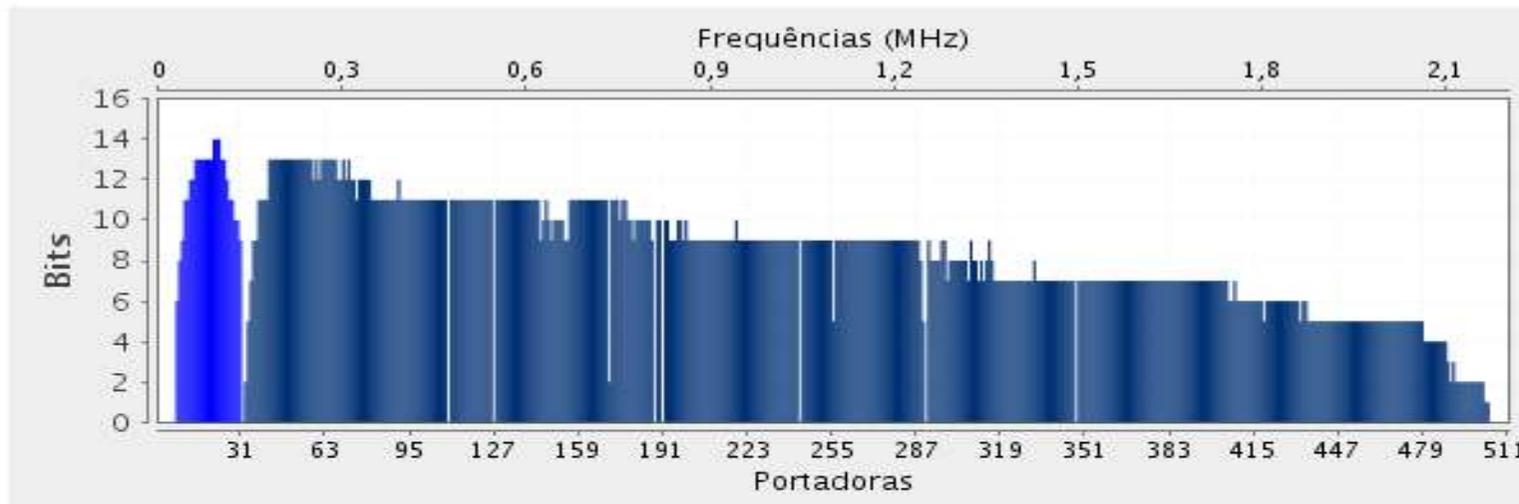
O ADSL2 utiliza modos de codificação mais sofisticados que o ADSL no sentido de tornar a transmissão mais eficiente e resistente às perturbações. Assim aumentou a velocidade de download até aos 12Mbps.

O ADSL 2+ conseguiu utilizar frequências até 2.2MHz e assim duplicar o número de portadoras.

ADSL



Exemplo de espectro em ADSL 2+ com 512 portadoras disponíveis :



NOTA: clique no gráfico para aumentar/diminuir o seu tamanho.

RECOLHA ADSL									
Déb. Actual (Kb/s)		Déb. Máximo (Kb/s)		Atenuação (dB)		Mrg Ruído Act. (dB)		Mrg Ruído Obj. (dB)	
Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down
1 015	14 533	1 076	15 492	12	26	5	6	6	6

IPTV EM ADSL



O serviço de televisão suportado em linha telefónica utiliza tecnologias DSL para colocar sinais de televisão em IP.

- Clientes distantes da central podem nem ter o serviço de TV!
- **Débito limitado** -> número de canais restrito a 2 ou 3 (cada canal de televisão codificado ocupa entre 4 a 5 Mbps). Não há espaço para mais canais até porque a largura de banda do ADSL é partilhada por TV e Internet!
- Em cada TV há a necessidade de uma Set Top Box para escolher o canal a receber!

ÍNDICE



- Tecnologia DSL
- Redes de CATV
 - Arquitetura das redes CATV
 - DOCSIS
- Redes GPON
- Redes Móveis 4G – LTE e 5G

REDES CATV



As redes de **CATV (Cable TV)** nasceram com o intuito de difundir sinais de televisão.

As redes de CATV, que chegam a casa do cliente em rede coaxial, permitem a difusão simultânea de várias dezenas de canais em **RF (injectadas na rede coaxial doméstica)**.

O cabo coaxial tem capacidade superior ao dos fios de cobre da rede telefónica em quase 500x (1GHz vs 2,2MHz) -> muitos canais disponíveis sem ser necessário Set Top Box!

REDES CATV



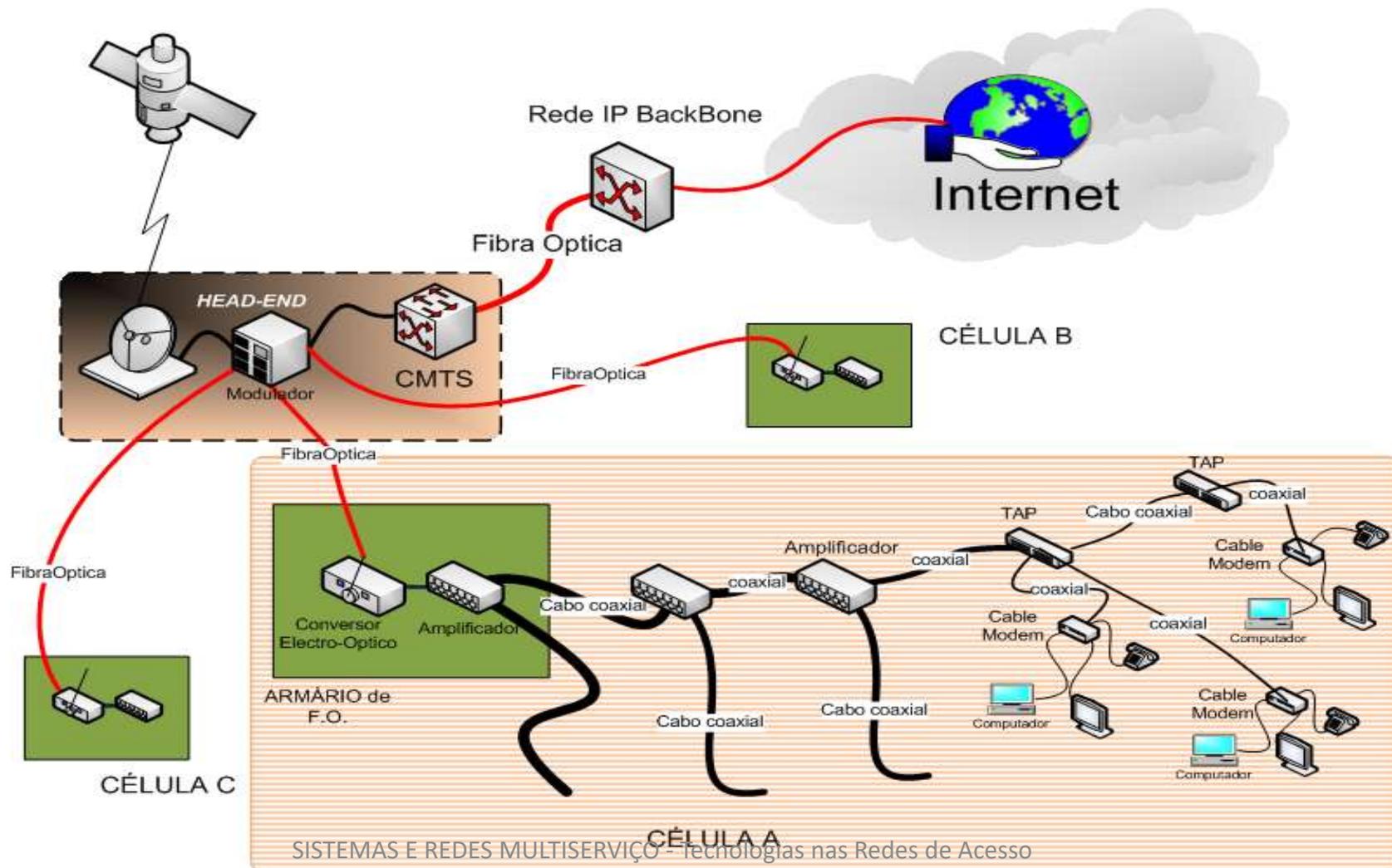
A estrutura genérica de uma rede de CATV é baseada numa área do tipo MAN dividida **células** que cobrem uma determinada área geográfica, tipicamente 500 a 2000 habitações.

O ponto central da rede é o **Head-End (ou Central Multi-Serviços)** que está ligado à rede do operador para serviços de TV, dados e voz.

Do Head-end partem cabos de Fibra Óptica para cada célula. Em cada uma destas existe um nó central onde está um conversor eletro-ótico que converte o sinal para a rede de cabo coaxial.

No cabo coaxial os canais de televisão são enviados modulados em frequência.

ARQUITETURA DAS REDES DE CATV



ARQUITETURA DAS REDES CATV



A rede CATV é **HFC – Hybrid Fiber Coax** (híbrido de fibra e coaxial)

No coaxial, a largura de banda de um cabo típico usado na rede CATV é de cerca de 1000Mhz (1Ghz).

Cada canal de televisão em sinal analógico RF ocupa de 6 a 8MHz na Europa (sistema PAL). Os canais são multiplexados por FDM:



DOCSIS – INTERNET NA REDE CATV



A introdução de acessos de dados nestas redes implicou uma nova tecnologia denominada **DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification)**.

– O DOCSIS nasceu em 1997 (versão 1.0) e actualmente está na versão 3.1 que, para além de velocidades superiores, suporta IPv6.

– **Objetivos do DOCSIS:**

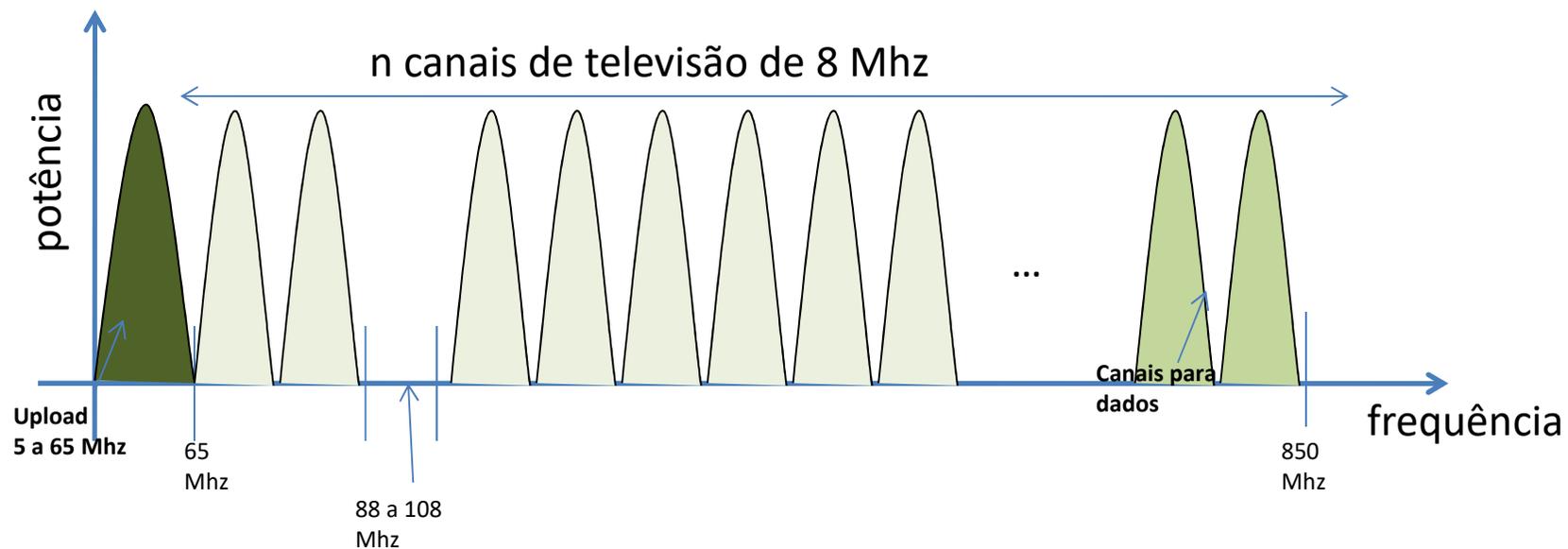
- Aproveitar a largura de banda disponível (não ocupada pelos canais de TV) para fornecer download de dados a velocidades elevadas.
- Criar upload numa rede que até aí era unicamente download
- Criar um método de privacidade de informação numa rede em broadcast

DOCSIS – INTERNET NA REDE CATV



Solução DOCSIS: transmitir dados em bandas disponíveis.

- No **upload** utilizar a banda dos 5 aos 65 Mhz que até aí estava livre
- No **download** utilizaram-se bandas não utilizados por TV para colocar dados. Este canal é Broadcast!



ARQUITETURA DOCSIS



Na arquitectura DOCSIS surgiram novos equipamentos para a rede de dados:

- Na central do operador um concentrador denominado **Cable Modem Termination System (CMTS)**.
 - modular os sinais digitais em RF que serão transmitidos via Fibra e Coaxial até casa do cliente.
 - Funções de servidor DHCP e de servidor de Autenticação.
- No cliente um filtro que separa a componente vídeo RF dos dados e entrega estes ao **Cable Modem (CM)**.

Existe partilha de recursos dos utilizadores (a rede coaxial funciona como um Hub) e a performance individual é afectada pela carga produzida pelos vizinhos. (E ao nível da segurança??)

ARQUITETURA DOCSIS



No **downstream** a informação (TV ou Internet) é enviada a todos os Cable Modems em broadcast.

- Cada Cable Modem tem um identificador único tipo MAC. O CMTS envia este identificador nas tramas para identificar o destinatário.
- Há um mecanismo de segurança que utiliza chaves de encriptação só conhecidas do CMTS e do modem do cliente.
- Os dados trocados no registo entre o CMTS e o CM permitem seleccionar o canal *upstream*, endereço IP e detalhes de segurança.

DOCSIS



A norma tem vindo a desenvolver-se nos aspectos de codificação dos dados e protocolos, permitindo crescimentos rápido das capacidade.

Norma	Upload	Download	Tecnologias
DOCSIS 1.0 e 1.1	10.24 Mbps (8 uteis)	55 Mbps	QPSK and 16-QAM; Symbol Rate 2560 ksym/sec
DOCSIS 2.0	30.72 Mbps (27 uteis)	55Mbps	8-QAM, 32-QAM ou 64-QAM; Symbol Rate 5120 ksym/sec;
DOCSIS 3.0	122.88 Mbps	Até 400Mbps	Channel Bonding, Multicast, QoS e IPv6
DOCSIS 3.1	2Gbps	Até 10Gps	Modulação 4096 QAM; Troca de CMTS; mais canais agregados

DOCSIS 3.0



Agrega vários canais para o transporte de dados (**Channel Bonding**).

- No downstream cada canal de 8Mhz (50 Mbps) pode ser agregado para produzir n x 50Mbps
- No upstream podem ser agregados no mínimo 4 canais de 10Mbps, ou seja, 40 Mbps

Outras melhorias:

- Maior segurança dos dados: AES (Advanced Encryption Standard)
- Aumento da largura de banda do upstream, até aos 85 MHz
- Aumento da largura de banda do downstream até 1 GHz

DOCSIS 3.1



- DOCSIS 3.1

- Aumento de 50% de capacidade de transmissão na mesma largura de banda do DOCSIS3.0 com métodos de modulação 4096 QAM e multiplexagem de canais
- Upload dos 5 MHz a 204 MHz; Download dos 252 MHz até 1788MHz
- Maior capacidade teórica: 10/2 Gbps com agregação de mais canais de 50Mbps
- Toda a informação passa a ser digital, mesmo os canais de TV -> troca de equipamentos terminais (CM e CMTS)

DOCSIS



O DOCSIS implementa serviços IP. Assim, pode ser utilizado para acesso à Internet, VPN, Video On Demand ou canais IPTV. Também já é compatível com IPV6.

Continua a ser possível uma oferta de canais RF entregues por coaxial a cada TV sem box -> sintonia dos canais na própria TV.

A utilização de canais pagos é implementada em IPTV. A utilização de IPTV obriga à existência de uma Box no cliente para solicitar o envio do canal desejado.

Tendência dos operadores para progressivamente implementar mais canais em IPTV e menos em RF para terem mais canais livres para fazer Channel Bonding e assim aumentar o débito de dados fornecido!

ÍNDICE



- Tecnologia DSL
- Redes de CATV
- **Redes GPON**
 - Redes FTTx
 - Redes FTTH
 - Redes P2P
 - Redes PON
 - Modelo comercial
 - Futuro das redes PON
- **Redes Móveis 4G - LTE**

Redes de Fibra Ótica



Classificação das Redes de Fibra ótica em termos do ponto final da fibra:

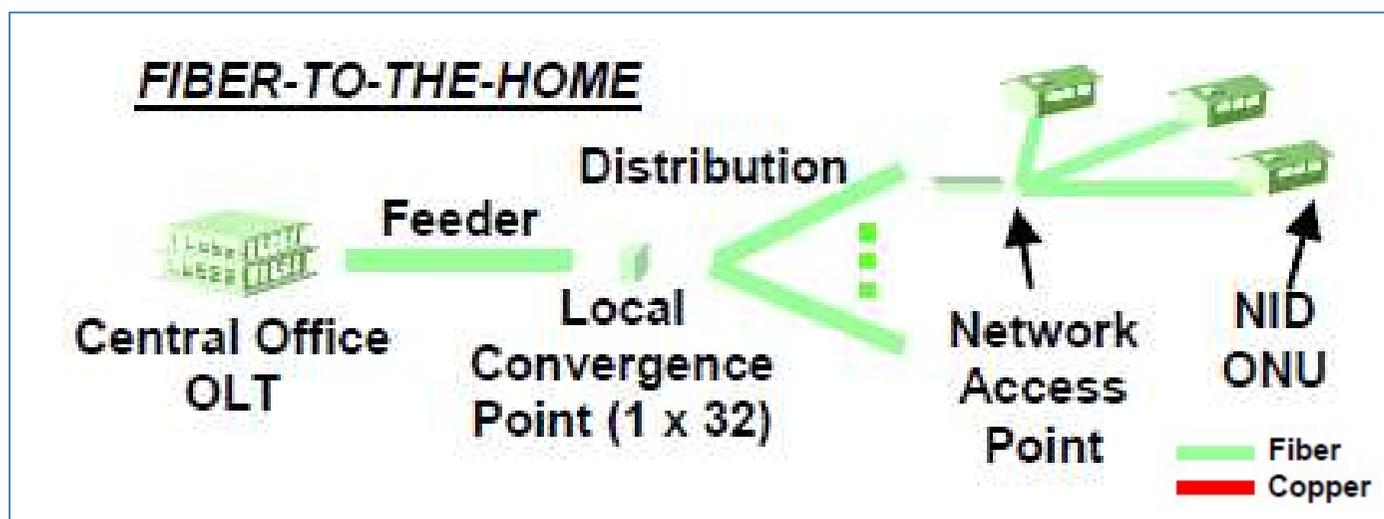
- **FTTH – Fiber To The Home** – o cliente recebe em casa um cabo de fibra ótica;
- **FTTB – Fiber To The Building** – o operador entrega uma fibra num edifício e a distribuição para os apartamentos é feita em coaxial ou cobre, tipicamente UTP cat5 ou superior;
- **FTTC – Fiber To The Curb** – A fibra chega a um distribuidor de onde saem cabos coaxial ou cobre, tipicamente UTP cat5 ou superior para cada casa ou edifício.
- **FTTN – Fiber To The Node** – A fibra apenas chega a um nó central de onde é feita distribuição em cobre ou coaxial para uma determinada área de cobertura (ex: redes CATV actuais).

Redes de Fibra Ótica



FTTH – Fiber To The Home

- Rede 100% Fibra ótica
- Pode existir partilha de recursos em troços agregadores da rede;
- Largura de banda disponível pode chegar aos Gbps dependendo da arquitectura de agregação utilizada;



ARQUITETURA das redes FTTH

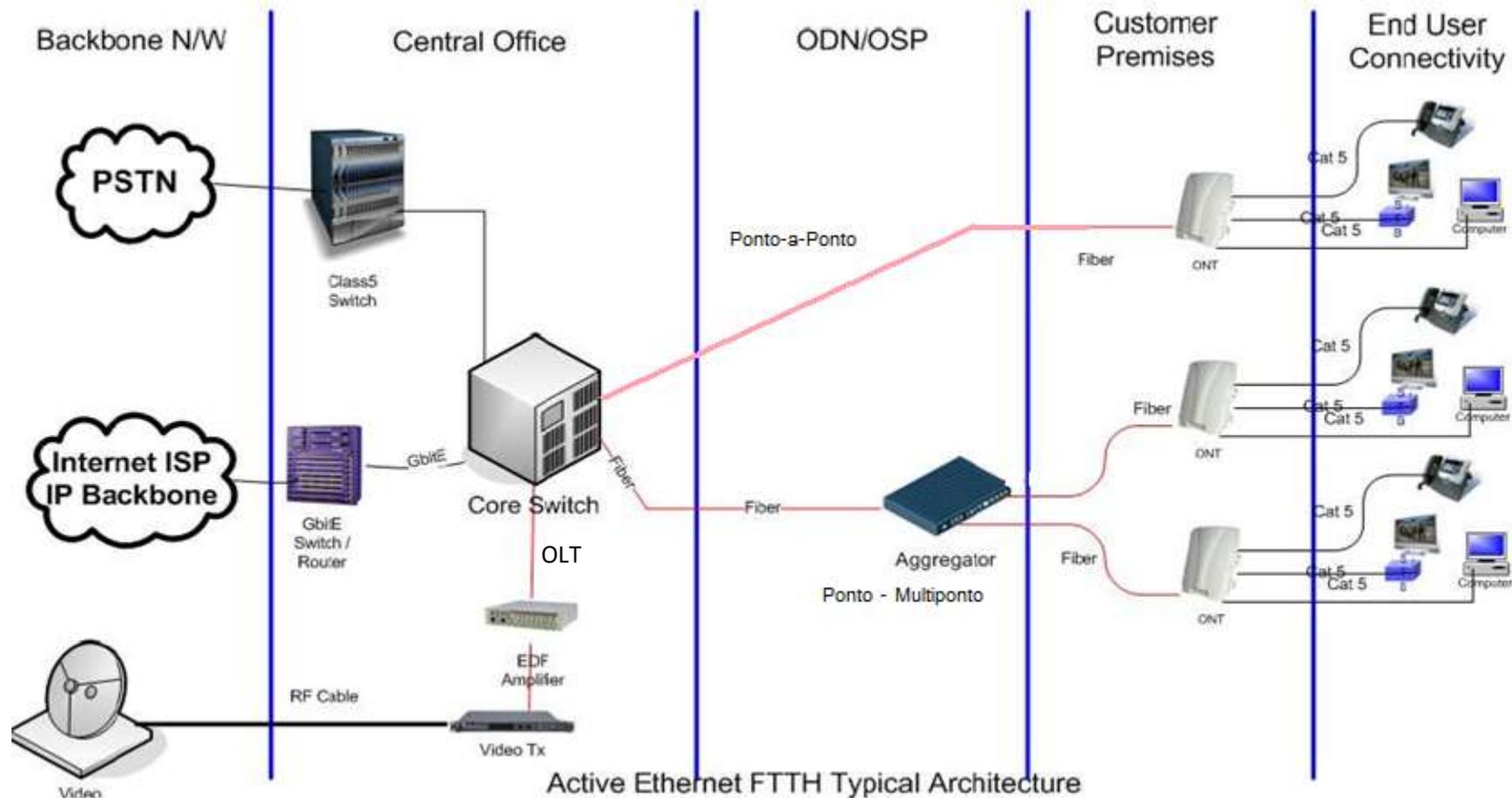


- **P2P (Point-to-Point)** – Uma fibra directa para cada cliente desde o operador. Também designado por “home-run”. Pode ter troços comuns mas que terminam em switchs de fibra ótica.
- **PON (Passive ótical Network)**- Troços de fibra partilhada por cada utilizador com equipamentos passivos na rede a realizarem a splittagem da fibra.

REDES FTTH P2P



Componentes das Redes de Fibra ótica P2P:



REDES FTTH P2P



Componentes das Redes de Fibra ótica P2P:

- O **CO (Central Office)**, ou seja a central do operador, é o concentrador das fibras de todos os utilizadores da rede;
 - multiplexa os dados de TV, voz e Internet recebidos via rede Core e fazer o Switching para as fibras individuais.
 - O **OLT – ótical Ligt Transmitter** é um switch de core que tem um laser para cada fibra ou cliente. **Até 768 clientes por OLT.**
- Entre o CO e o utilizador podem existir Switchs agregadores intermédios. Por serem equipamentos activos, as redes P2P também se designam por **Active Switched ótical Networks (ASON)** ou **Active Ethernet ótical Networks (AEON)**.
- No cliente ficam os **ONT - ótical Network Terminal** – cuja função é fazer de gateway entre os sinais Ópticos e eléctricos e também separar as componentes de voz, dados, TV RF e IPTV.

REDES FTTH P2P



Desempenho das Redes de Fibra ótica P2P:

- Distâncias superiores (até 80 km);
- Largura de banda para o utilizador apenas limitada pela tecnologia do emissor e receptor óptico;
- Tipicamente opera em tecnologia Ethernet;

Vantagens

- São redes mais simples de operar dado que cada utilizador recebe o seu troço de fibra e não há que fazer a partilha de recursos.
- A falha de um laser apenas afecta um cliente!
- A individualização e diferenciação de serviços por cliente se torna mais simples. Daqui também maior segurança da informação de cada um.
- Dado que não existem perdas em splitters, as distâncias são muito superiores às redes xPON (até 80 km).

REDES FTTH P2P



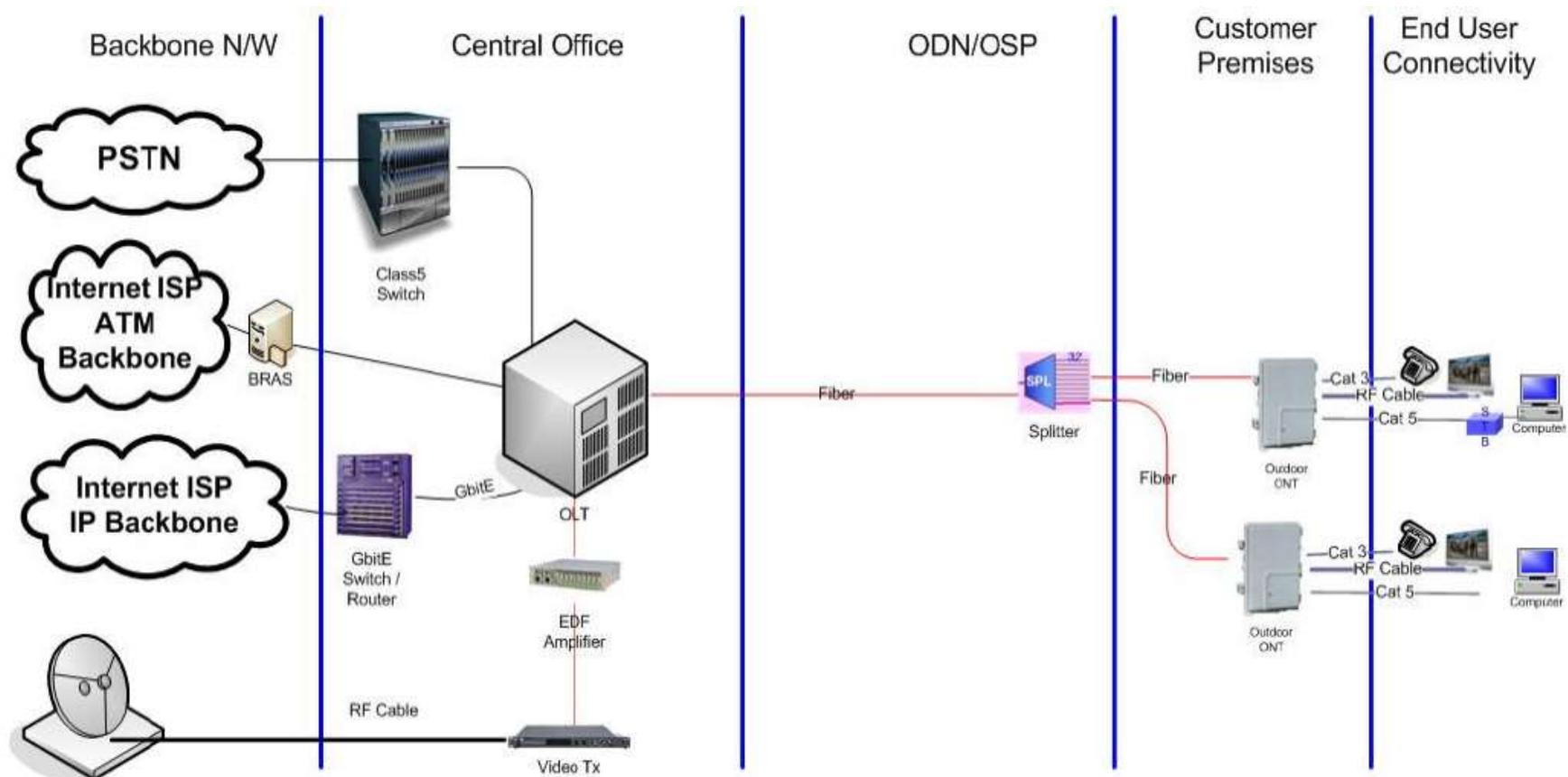
Redes de Fibra ótica P2P: Desvantagens

- O número de clientes servidos é limitado pelos equipamentos activos.
- Na central publica, terá de haver uma terminação de fibra e um equipamento laser por cada cliente, implicando maior necessidade de espaço.
- Caso se opte por colocação de switchs na rede, terá de existir um “armário” de distribuição com alimentação eléctrica e um estudo criterioso da sua colocação. Implica aumento de custos.
- Os custo com Fibra é superior.

REDES FTTH PON



Componentes das Redes de Fibra ótica PON:



REDES FTTH PON



Componentes das Redes de Fibra ótica PON:

- O **CO (Central Office)**, é o ponto de onde sai uma fibra ótica para a rede;
 - Multiplexa os dados de TV, voz e Internet recebidos via rede Core e entrega-os á fibra.
 - O **OLT – ótical Light Transmitter** é único para todos os utilizadores na mesma cascata. **Suporta até 16.384 clientes.**
- Entre o CO e o utilizador apenas existem splitters de fibra. Como são passivos, estas redes designam-se por **PON - Passive ótical Network**
- No cliente ficam os **ONT - Otical Network Terminal** ou **ONU – ótical Network Unit** – cuja função é fazer de gateway entre os sinais Ópticos e eléctricos e também separar as componentes de voz, dados, TV RF e IPTV.

REDES FTTH PON



Componentes das Redes de Fibra ótica PON:

- Os equipamentos passivos repartem a largura de banda da fibra por vários utilizadores.
 - Existem splitters de 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 e 1:32. As perdas (atenuação) do sinal são proporcionais!
 - Podem existir splitters em cascata mas tipicamente cada fibra saída do CO só alimenta no máximo 64 utilizadores.
 - Não fazem qualquer filtragem de sinais.
 - O seu principal parâmetro é a taxa de perdas
 - Actuam por métodos de reflexão ótica

REDES FTTH PON



Acesso ao meio em Redes de Fibra ótica PON:

- No *download*, todos os utilizadores recebem o mesmo sinal – necessidade de encriptação das comunicações de dados (na TV não é necessário, porque...?);
- No *upload* é necessário garantir que não há dois ONT a transmitir ao mesmo tempo! Como as técnicas de CSMA/CD (Ethernet) não são aplicáveis devido à distância dos troços da rede, em PON podem ser usados:
 - TDMA – divisão por tempo
 - WDMA – divisão por comprimento de onda/frequência

REDES FTTH PON



Redes de Fibra ótica PON: Desvantagens

- São redes mais difíceis de instalar dado que, embora seja uma fibra a sair do concentrador, há trabalho adicional de fazer splitting da fibra.
- A falha do laser no CO afecta todos os clientes da mesma cascata!
- A individualização e diferenciação de serviços por cliente é mais complexa com recursos a multiplexagem por tempo ou comprimento de onda. Daqui também mais necessidades de sistema de segurança.
- Devido às perdas em splitters, as distâncias são inferiores às redes P2P (até 20 km).

REDES FTTH PON



Redes de Fibra ótica PON: Vantagens

- Na central publica, apenas há necessidade de um laser por cascata (mas há equipamento de multiplexagem para gestão dos sinais de cada utilizador).
- O custo com Fibra é inferior.
- Como os splitters são passivos (layer 1) suportam qualquer tipo de tecnologia de transmissão (pacotes, TDM ou WDM). Podem até migrar entre tecnologias sem troca da fibra.
- Podem ser utilizadas técnicas de multicast no download (útil para difusão de TV)

REDES GPON



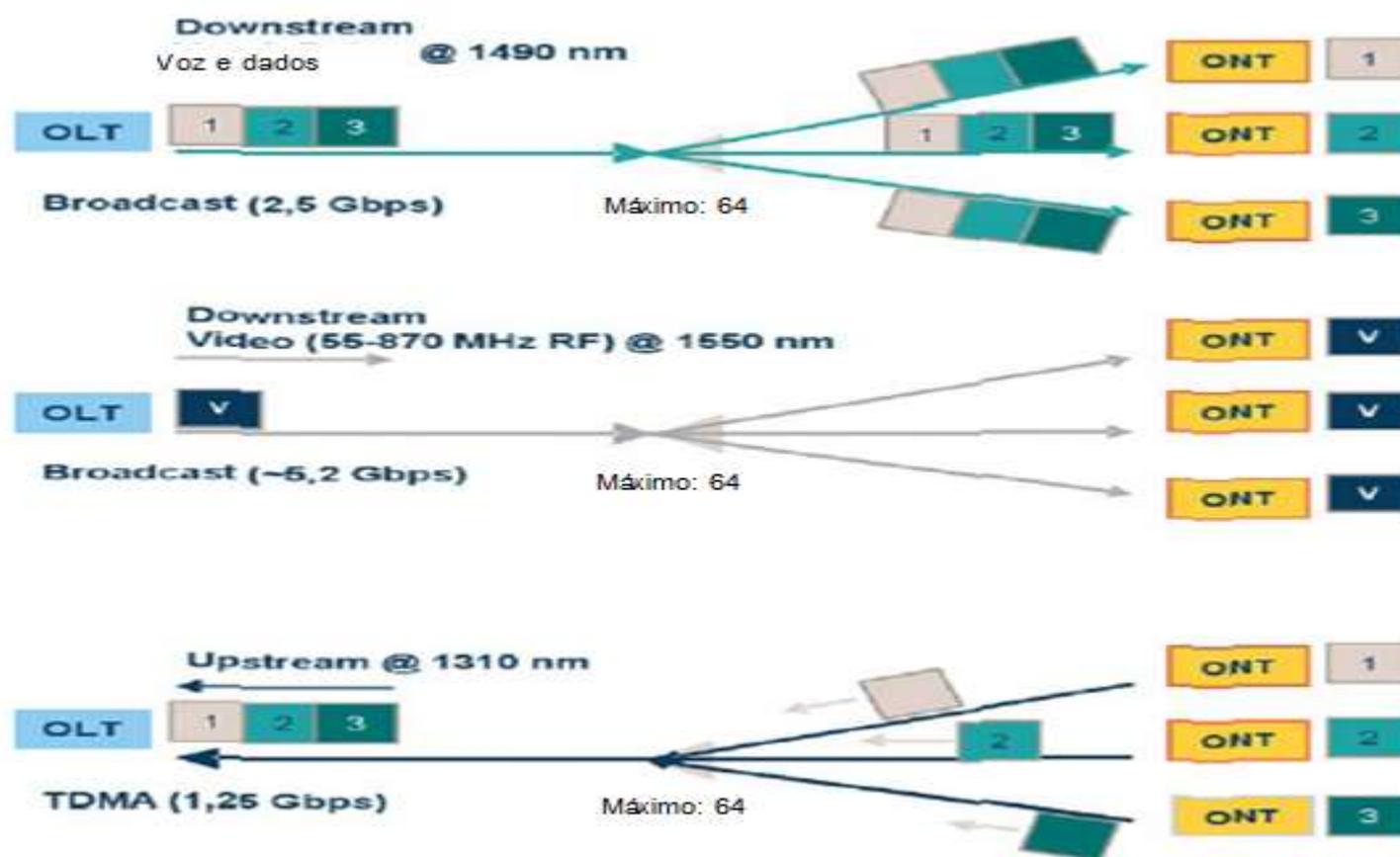
Atualmente, em Portugal, nas redes de fibra dos operadores coexistem duas gerações GPON:

Parâmetro	GPON	XG-PON / XGS-PON (aka 10GPON)
Débito dados à saída do OLT	2,5/1,2 Gbps	10/1,2 Gbps ou 10/10 Gbps
Clientes na mesma cascata	64	128
Máximo de splitagens	4	
Distância máxima	20Km	
Encriptação	128 bits AES	

REDES GPON



Exemplo da multiplexagem dos serviços de TV, dados e VoIP em GPON (na mesma fibra):



MODELO COMERCIAL REDES GPON

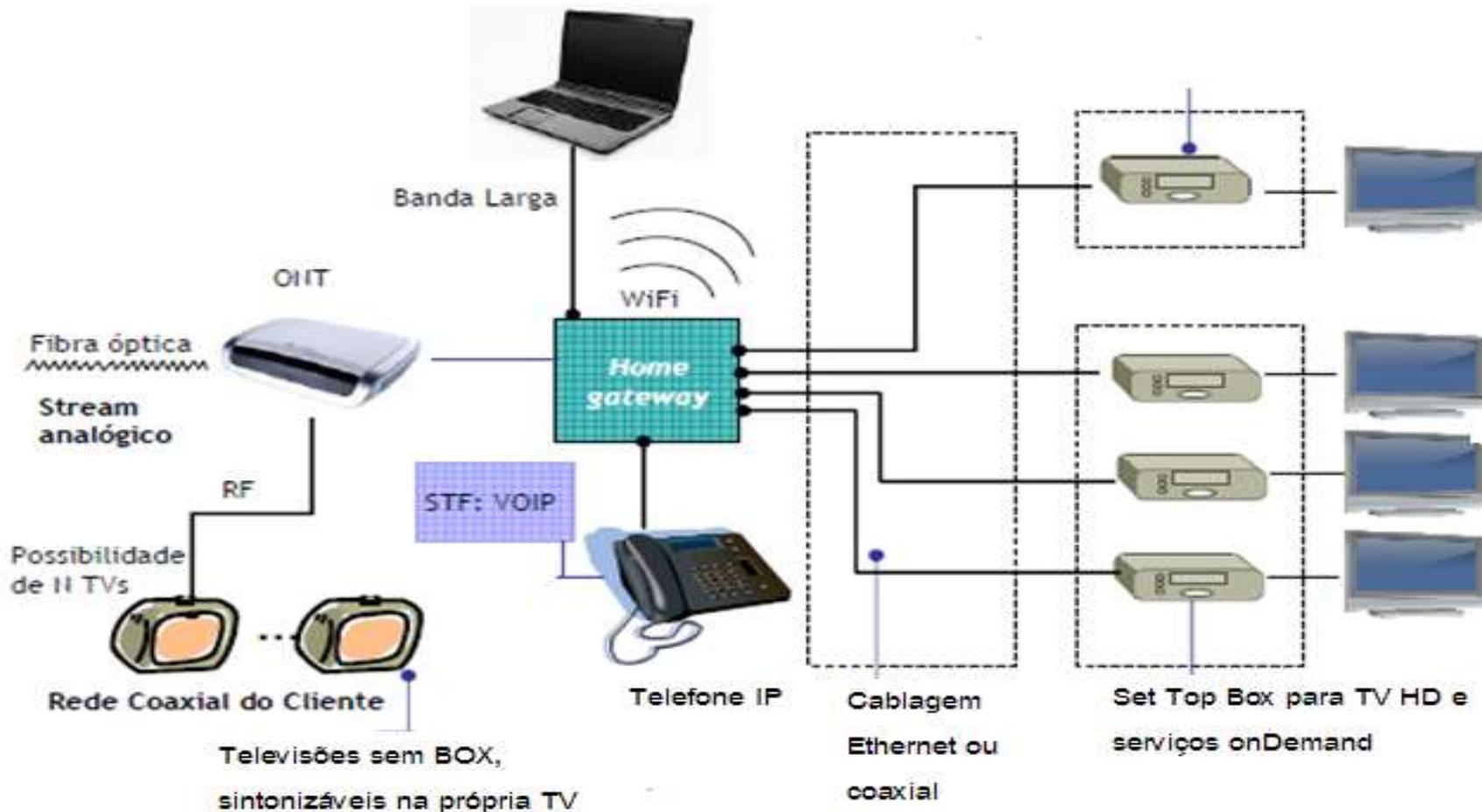


- **TV**
 - Disponibilização de formato de Televisão de Alta Definição (HDTV) em várias televisões em simultâneo.
 - Maior número de streams de TV e maior número de streams HD
 - Disponibilização de um serviço TV sem recorrer a Box permitindo dar resposta a todas as TVs do cliente (o ONT converte o sinal óptico em RF capaz de ser injectado na rede coaxial de casa)
- **Internet**
 - Maiores larguras de banda no acesso à Internet – ofertas comerciais standard de 1 Gbps download e 100 Mbps upload mas capaz de crescer sem troca de fibra!
- **Telefone**
 - Oferta de serviço de telefone fixo através de VOIP (Voice Over IP)

MODELO COMERCIAL REDES GPON



Casa do cliente:



EVOLUÇÃO DAS REDES PON



Fonte: “**New FTTH-based Technologies and Applications - A White Paper by the Deployment & Operations Committee**”, José Salgado (PT Inovação), Rong Zhao (Detecon International), and Nuno Monteiro (PT Inovação), www.ftthcouncil.eu

ÍNDICE



- Tecnologia DSL
- Redes de CATV
- Redes GPON
- **Redes Móveis**
 - Evolução das redes móveis
 - 4G – LTE
 - Arquitetura LTE
 - Visão global do 5G

EVOLUÇÃO DAS REDES MÓVEIS



1G – Rede Analógica

1 canal voz – Telefonia Móvel
Driver: mobilidade; Problemas: segurança e eficiência espectral



2G - GSM

1 canal voz ou dados até 9.6kbps – Telefonia Móvel, Messaging(SMS), Modem /Alarmes
Driver: massificação, segurança; Problemas: baixo débito dados



2,5G
GPRS/EDGE

Dados de 12kbps até 128kbps – M2M, Messaging(MMS), Internet móvel
Driver: acesso a dados; Problemas: WAP falhou



3G -
UMTS/HDSP

Voz e dados em simultâneo – Telefonia móvel, Internet móvel e acesso a redes privadas de dados (APN/VPN)
Driver: Acesso Internet; Problemas: débitos reais abaixo do esperado



4G - LTE

Voz (IP) e dados em simultâneo privadas de dados (APN/VPN)
Driver: Internet Rápida; latência baixa; Problemas: voz manteve-se em 3G

LTE – 4ª GERAÇÃO



Na rede móvel atual, a tecnologia mais avançada em uso é denominada **LTE- Long Term Evolution** (conhecido como 4G)

- É um projecto do 3GPP com os objectivos de:
 - Garantir a competitividade das redes móveis no futuro
 - Acompanhar as necessidades dos utilizadores
 - Melhorar o Desempenho a custo mais baixo
 - Reduzir a complexidade
 - Ser facilmente integrável com outros sistemas como p.e. o Wi-Fi ou WiMax

ARQUITETURA LTE



O **LTE- Long Term Evolution** implicou o desenvolvimento de:

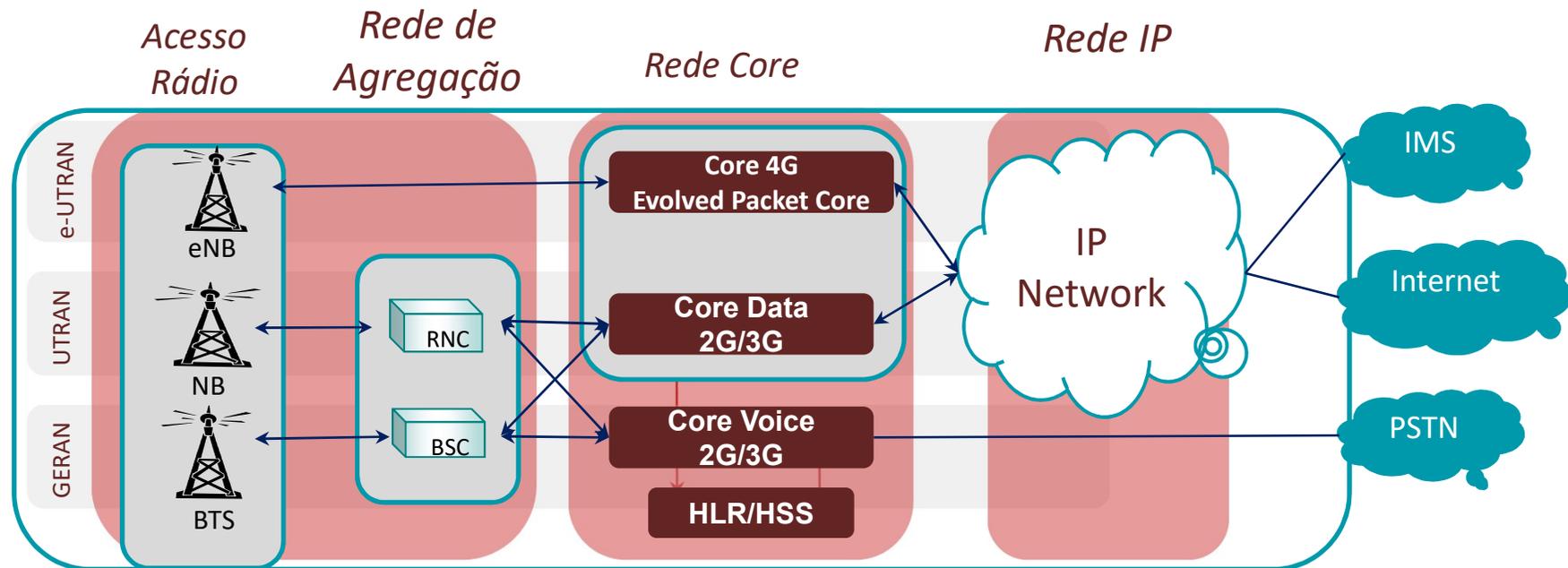
- Novo equipamento de utilizador (UE)
- Nova rede de acesso Rádio (E-UTRAN)
- Nova interface de Rádio (U-UTRA)
- Nova rede core All-IP (Evolved Packet Core)

Arquitectura LTE – Evolved Packet System



- O **UE** é o terminal (p.e. smartphone) que faz o interface entre o ser humano e a rede rádio. Permite acesso a vários serviços: voz, dados, internet, vídeo, pay-tv, etc.
- A **E-UTRAN** é a face visível da rede para o utilizador e é constituída pelos pontos de acesso rádio á rede, denominados eNode-B.
 - A maior evolução deste segmento é que está mais simplificada (nas redes 2G e 3G existia um nível de agregação) e já não actua por comutação de circuitos mas sim em comutação de pacotes em IP.

ARQUITETURAS DE REDES MÓVEIS



BTS – Base Transceiver Station – Elemento de rede responsável pela comunicação wireless em **GSM** usando tecnologia radio **GERAN** – GSM Edge Radio Access Network

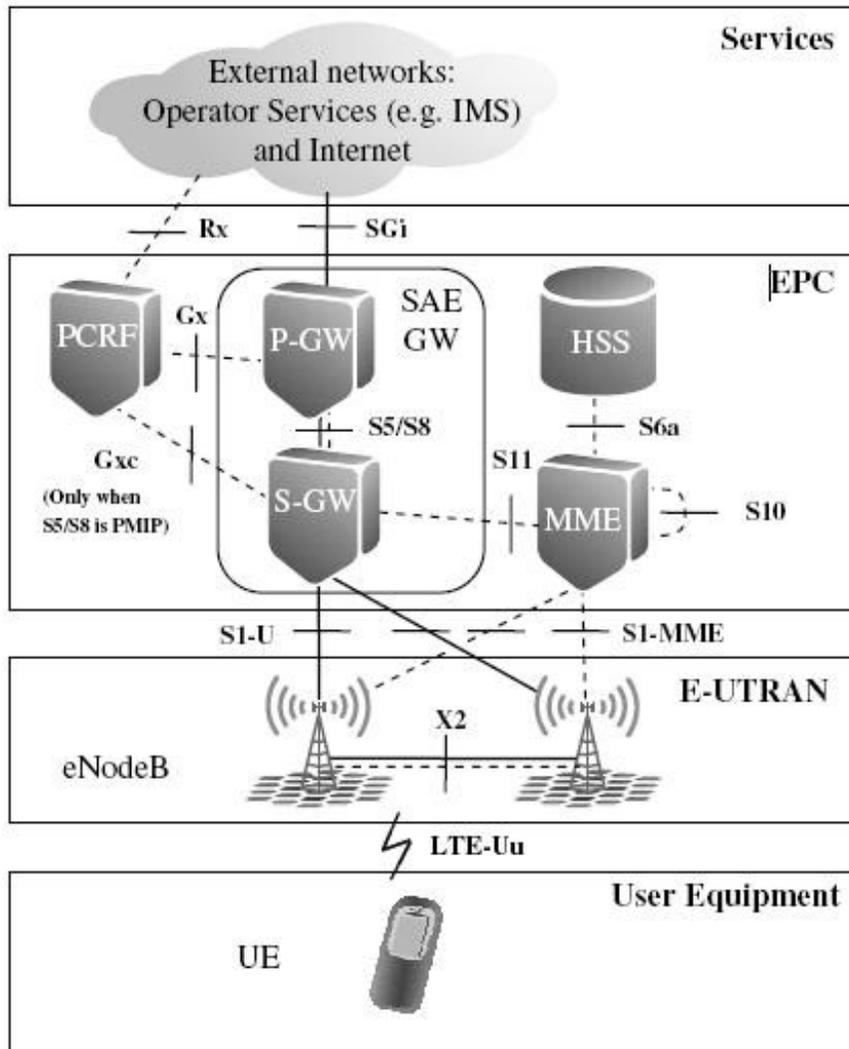
BSC – Base Station Controller – Elemento responsável pelo controlo de várias BTS

NB – Node B – no **UMTS** é o equivalente às Base Stations (BTS) do GSM; usa a tecnologia de radio **UTRAN** – Universal Terrestrial Access Network

RNC – Radio Network Controller (UMTS /NB) – Elemento responsável pelo controlo de vários NB

eNB- Evolved NB – evolução de NB- responsável pela comunicação wireless em **4G/LTE** usando tecnologia **E-UTRAN** – Evolved Universal Terrestrial – ao contrário das tecnologias GSM e UMTS, no LTE as eNB têm funções de controlo embebidas.

Arquitectura LTE – Evolved Packet System



A EPC é uma nova rede core **totalmente IP**:

- **MME (Mobility Management Entity):** autenticação, segurança, gestão de mobilidade e perfil do utilizador, conexão e autorização de serviços.
- **HSS (Home Subscriber Server):** banco de dados de registo do utilizador
- **S-GW (Serving Gateway):** roteamento dos pacotes de dados entre a rede LTE e outras tecnologias como o 2G / 3G
- **P-GW (Packet Data Network Gateway):** é o roteador de borda entre o EPC e redes de pacotes externas. Atribui endereços IP aos utilizadores
- **PCRF (Policy and Charging Resource Function):** responsável pelo QoS

LTE



Algumas **características técnicas do LTE**:

- Há sempre partilha de recursos entre os utilizadores quer no upload quer no download;
- Utilização da tecnologia MIMO com 4 células – utilizar recursos de várias antenas simultaneamente.
- Protocolo SIP para gestão da localização dos utilizadores e controlo das comunicações de voz, dados ou multimédia.
- Os operadores ainda não fazem voz em 4G. Será em IP: VoLTE!

LTE



Os débitos atingidos variam em função de:

- **Largura de banda** do canal
 - São possíveis canais com 1.4, 3, 5, 10, 15 ou 20 MHz
- **Condições** do canal de rádio
 - O eNB seleciona a modulação em função da qualidade do sinal
- **MIMO**
 - Dependendo do local, poderá existir 2x2 ou 4x4

O valor final pode variar de pouco menos de 1Mbps até cerca de **400Mbps**. Este valor é partilhado pelos utilizadores na mesma área.

Consultar <https://www.cellmapper.net/4G-speed?lang=pt>

LTE



Outras características:

- Células com cerca de 2Km de raio (em média)
- 200 utilizadores ativos em células com canais de LB de 1.4MHz ou 3MHz
- 400 utilizadores ativos em células que utilizem canais de 5MHz até 20 MHz
- Latência máxima do utilizador ao final da rede rádio: 10 ms
- Garantir performance até 120Km/h e funcionamento mínimo até 350Km/h
- Garantir performance em células até 5Km de raio e com degradação mínima em células de 30Km.
- Tempo de idle até connected: 50 ms

FUTURO DAS REDES MÓVEIS

5G



A próxima geração é o **5G** suportada na arquitetura **5G New Radio (5G-NR)**

- Débitos máximos de 20Gbps
- Menores latências (desde 1ms)
- Menores consumos de energia
- Especificação para IoT
- Prevê-se a implementação a partir de 2019
- Duas vertentes:
 - **Acesso Fixo wireless** – para prestação de serviços equivalente à da rede fixo a habitações ou empresas;
 - **Serviços móveis**

FUTURO DAS REDES MÓVEIS: 5G

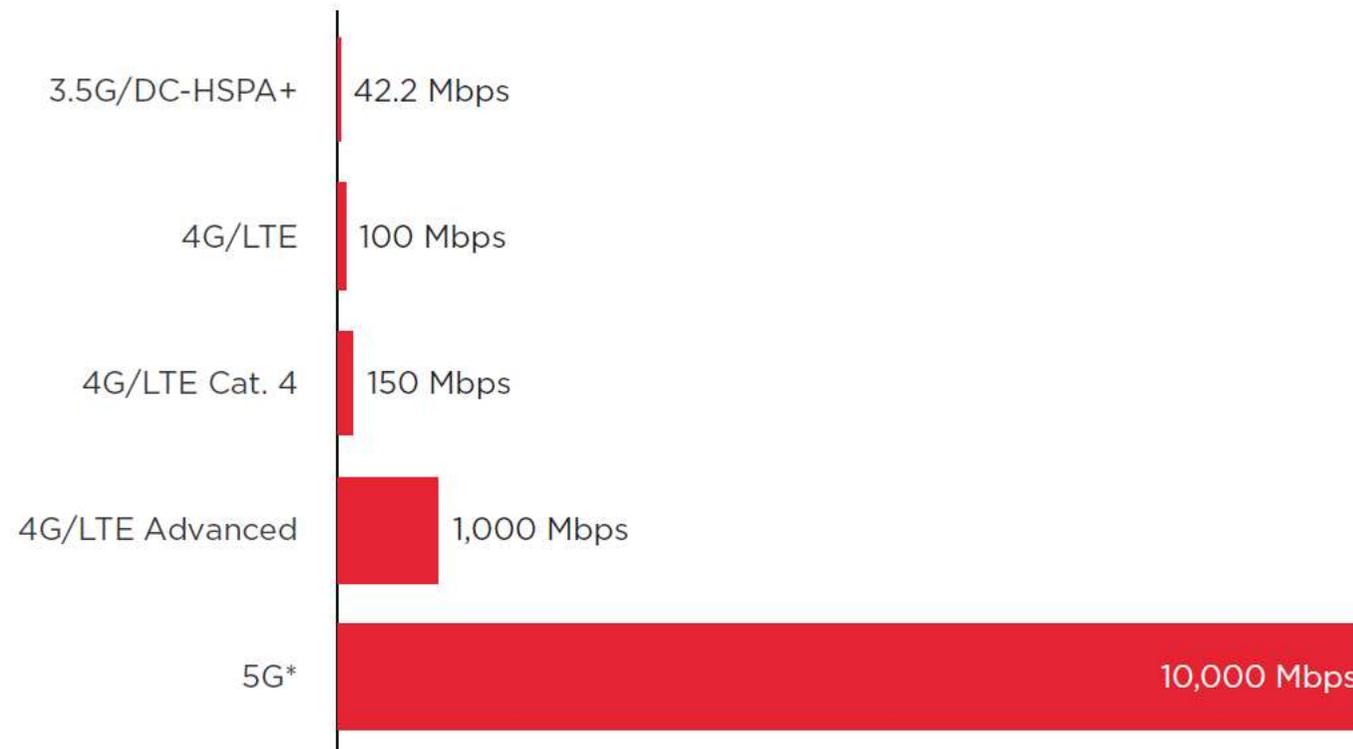


Figure 2: Maximum theoretical downlink speed by technology generation, Mbps
(*10 Gbps is the minimum theoretical upper limit speed specified for 5G)

Source: GSMA Intelligence

FUTURO DAS REDES MÓVEIS

5G



Algumas **inovações tecnológicas do 5G**:

- Maior necessidade de espectro rádio
 - milimetric waves > 24 GHz - maior débito mas menor alcance!
 - 400 células por 100Km² (raio de 500m) -> utilizar postes de iluminação, p.e.
- Ligação das antenas à rede em fibra ótica (p.e. 10GPON) para suportar o débito pretendido.
- Massive-MIMO
- Técnicas mais avançadas de codificação (OFDMA)

FUTURO DAS REDES MÓVEIS

5G



Algumas inovações tecnológicas do 5G – Massive MIMO:

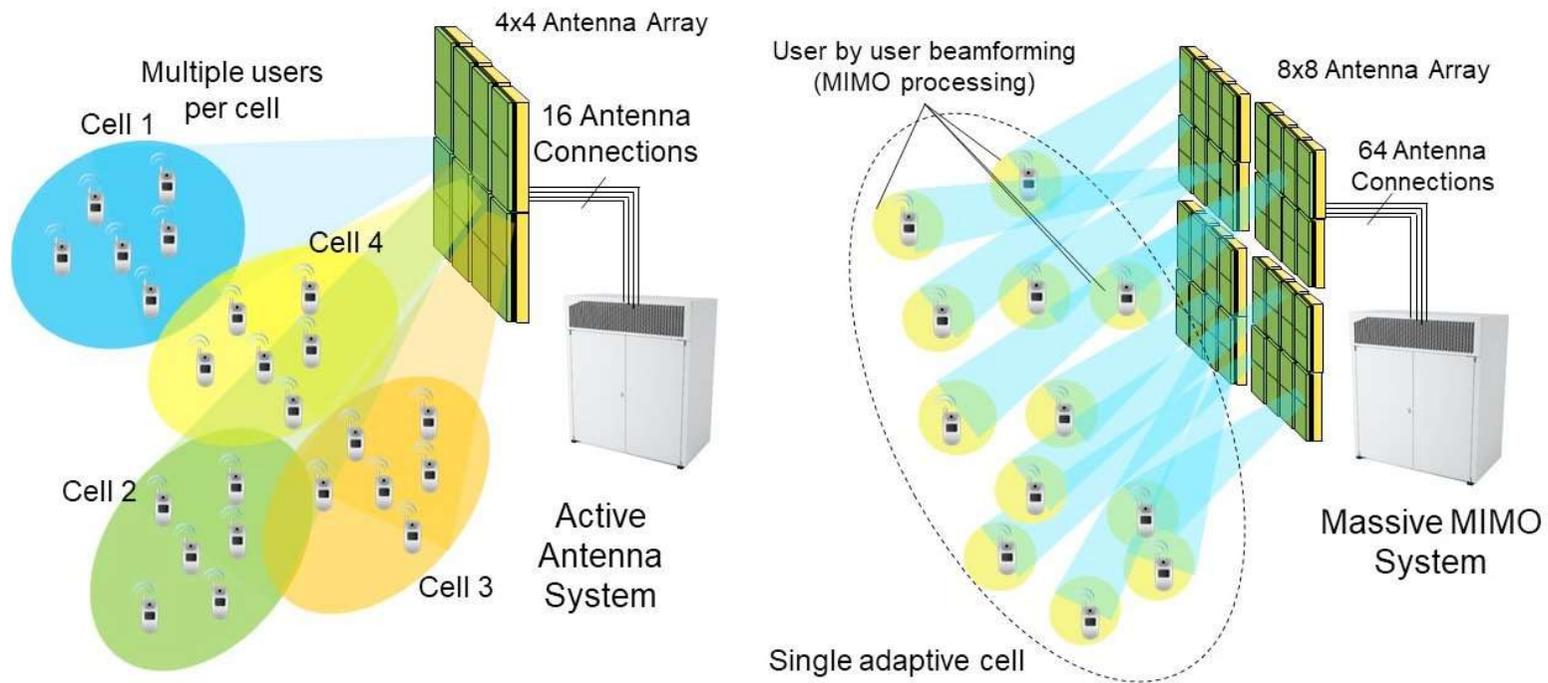


Imagem retirada de:

["https://twitter.com/edncom/status/951582113459064832"](https://twitter.com/edncom/status/951582113459064832)

FUTURO DAS REDES MÓVEIS

5G



Os **três pilares tecnológicos** a que a rede 5G deve dar resposta:

- **eMMB** – enhanced Mobile Broadband
 - Aplicações com grandes volumes de tráfego (até 20Gbps), p.e. Vídeo 4K, Gaming, Videovigilância, Acesso Rádio Fixo
- **mMTC** - massive machine-type communications
 - Comunicações massificadas tipo IoT (até 1 milhão de dispositivos) com baixo débito e consumo de energia
- **URLLC** - ultrareliable and low-latency communication
 - Comunicações de baixa latência (até 5ms) e perdas reduzidas, p.e. comunicações críticas de emergência, localização, carros autónomos, etc .

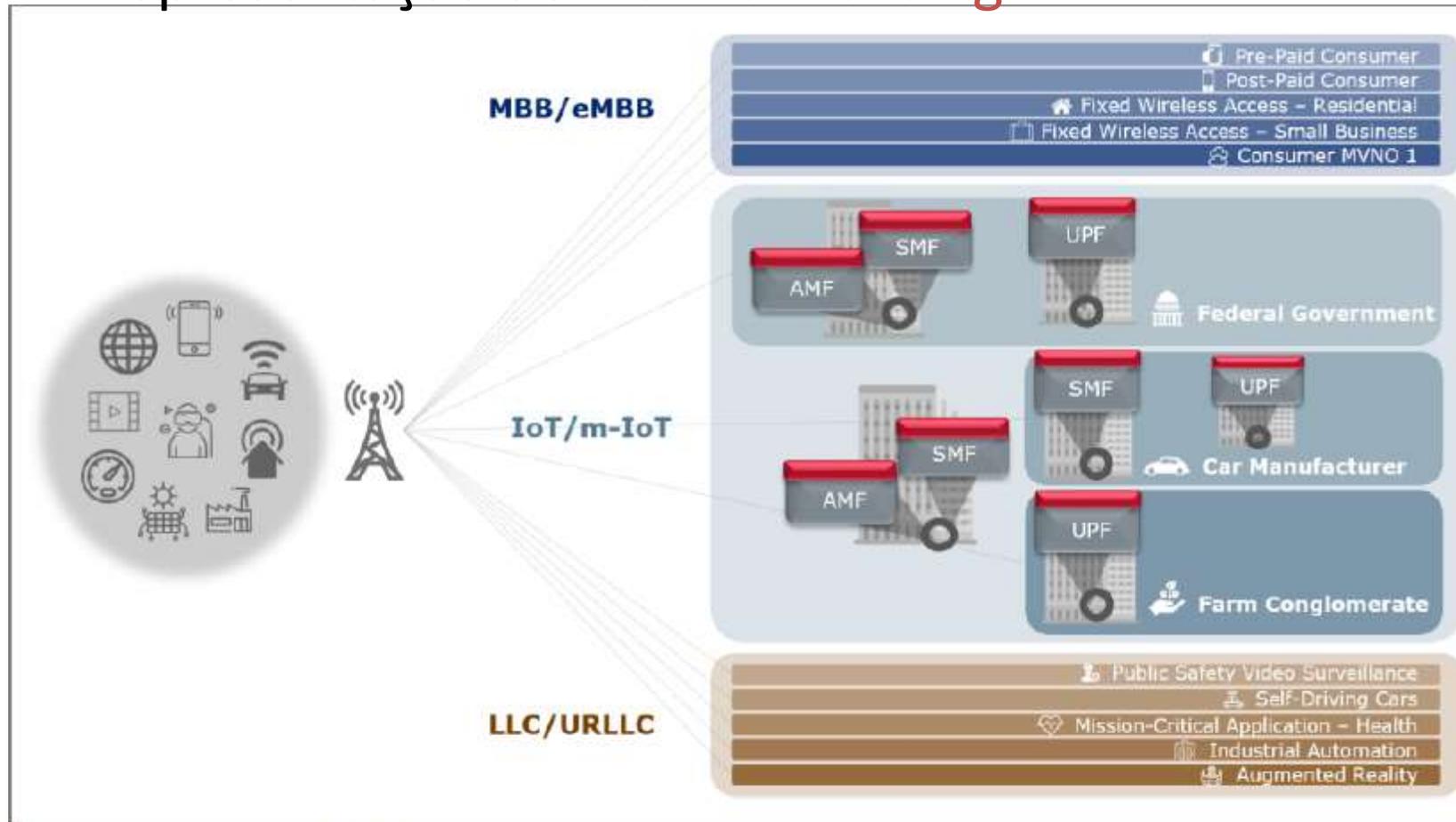
Esta divisão é atingida através do **Network Slicing** – divisão virtual da rede rádio de forma a garantir diferentes comportamentos para diferentes aplicações!

FUTURO DAS REDES MÓVEIS

5G



– Representação do Network Slicing:



Source: Affirmed Networks

TECNOLOGIAS NAS REDES DE ACESSO



DÚVIDAS?