

Unidade II

5 PROPAGAÇÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Segundo Nascimento (1992), a comunicação por meio do rádio está relacionada com a existência de uma onda eletromagnética (OEM) interligando uma estação transmissora a uma ou mais estações receptoras, conforme a figura a seguir.

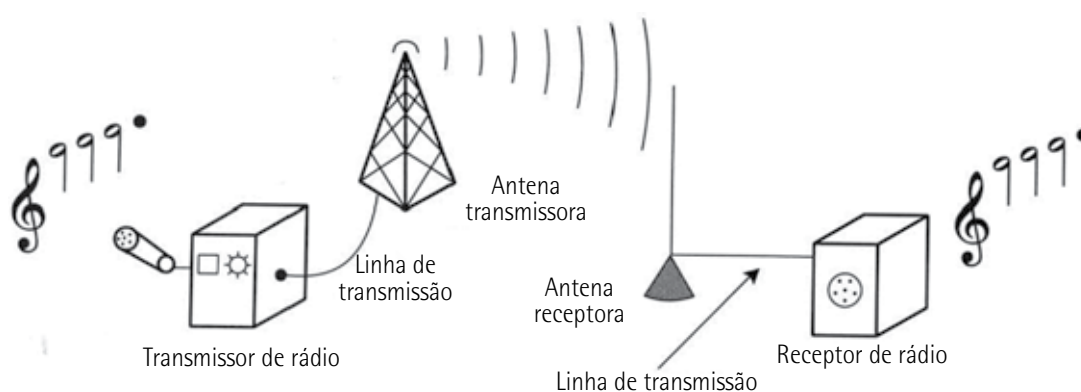


Figura 14 – Diagrama básico de um sistema de comunicação via rádio

A estação transmissora é normalmente composta por:

- um transmissor (Tx) que gera a energia de radiofrequência (RF);
- uma linha de transmissão (LT) que serve para conduzir a energia de RF produzida pelo transmissor;
- uma antena que transforma essa energia numa onda eletromagnética.

Já a estação receptora é normalmente composta por:

- uma antena receptora, cuja finalidade é extrair uma parte da energia da OEM e transformá-la em energia de RF;
- uma linha de transmissão, responsável por conduzir a energia de RF;
- um receptor, responsável por processar a energia de RF.

Segundo Nascimento (1992), uma OEM é composta por um campo elétrico \vec{E} e um campo magnético \vec{H} perpendiculares entre si e ao sentido de propagação \vec{P} . Veja:

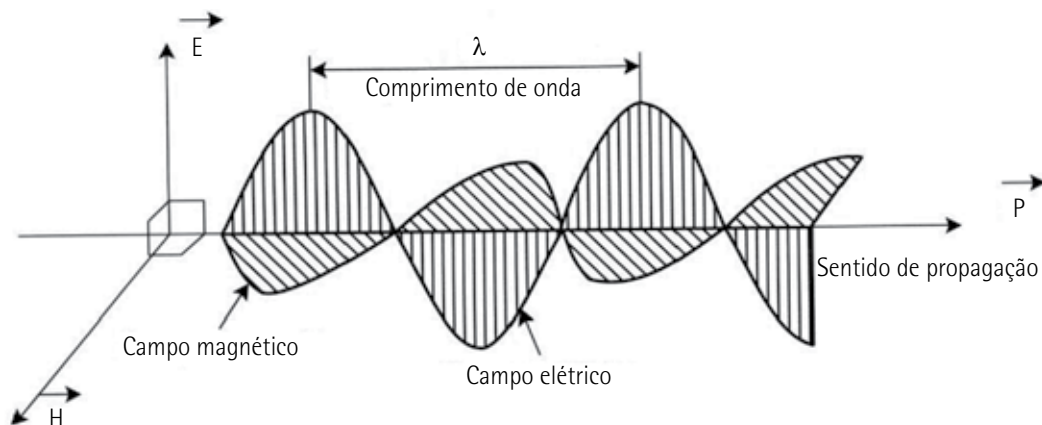


Figura 15 – Componentes de uma onda eletromagnética polarizada verticalmente

De acordo com Nascimento (1992), a OEM propaga-se no vácuo à velocidade da luz. A figura a seguir mostra que a direção do campo elétrico de uma OEM é paralela ao eixo longitudinal do elemento irradiante da antena e determina sua polarização.

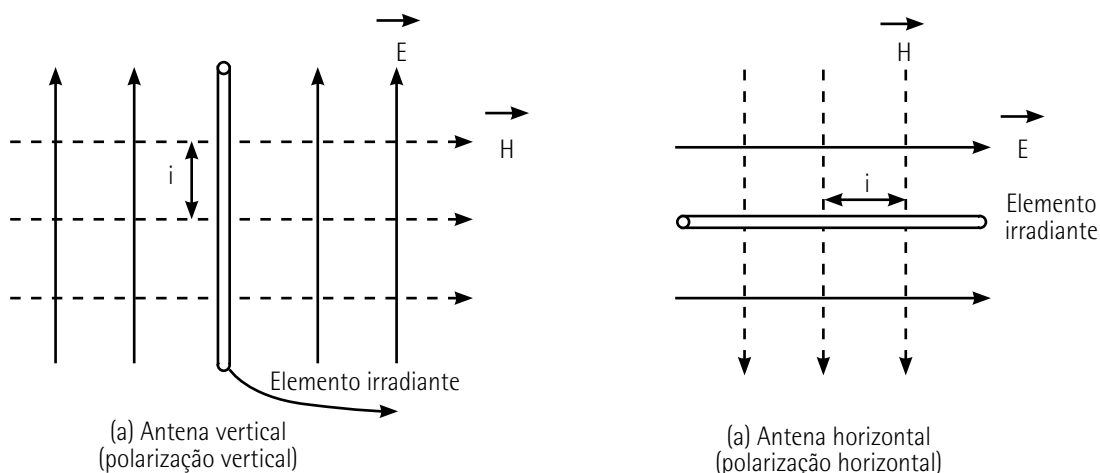


Figura 16 – Polarização de uma onda eletromagnética

Segundo Nascimento (1992), no espaço, as OEM espalham-se uniformemente em todas as direções a partir do ponto de origem, fazendo com que a densidade de potência seja inversamente proporcional ao quadro da distância. Veja a figura:

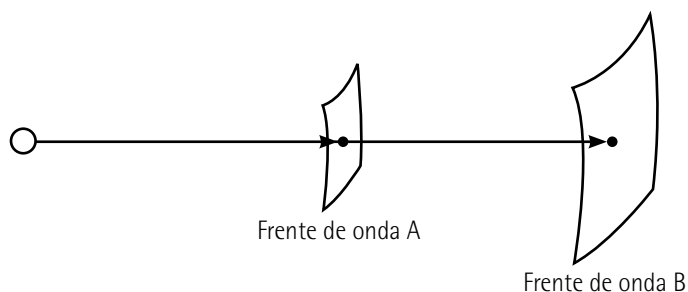


Figura 17 – Frente de ondas esféricas irradiadas por uma fonte isotrópica

Antena isotrópica é aquela que irradia igualmente em todas as direções. Os diagramas de irradiação vertical e horizontal são em forma de circunferência, pois o diagrama no espaço seria equivalente a uma esfera.

Quando um OEM se propaga na superfície terrestre, percebe-se a ocorrência de reflexão, refração e difração, conforme a figura a seguir.

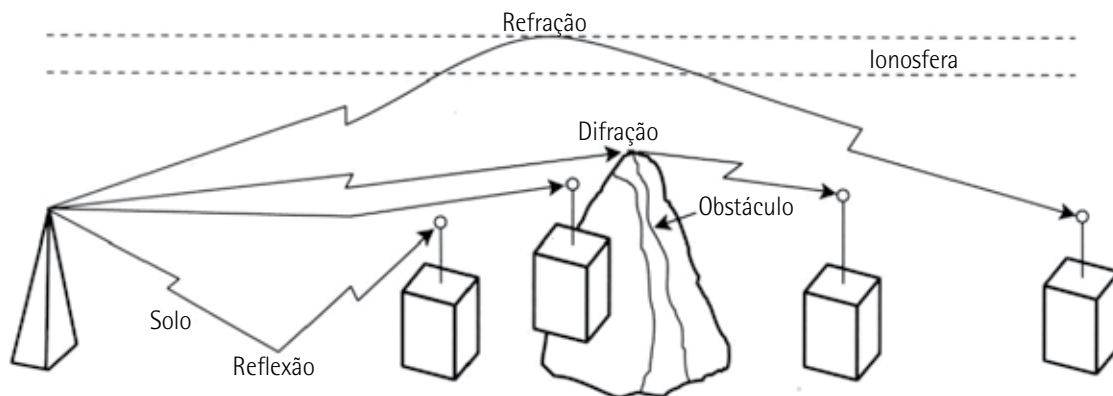


Figura 18 – O fenômeno da reflexão, refração e difração de uma OEM

A reflexão depende da existência de uma superfície condutora. É importante que o vetor do campo elétrico da OEM seja perpendicular a essa superfície. No caso das ondas de rádio, a reflexão mais comum ocorre no solo, nos edifícios e nas montanhas.

Refração ocorre quando da passagem da OEM pela região limítrofe entre dois meios. É um fenômeno amplamente aproveitado na comunicação em ondas curtas, graças à variação da densidade da camada ionosférica (mínima da região limite e máxima na região central). Veja a figura:

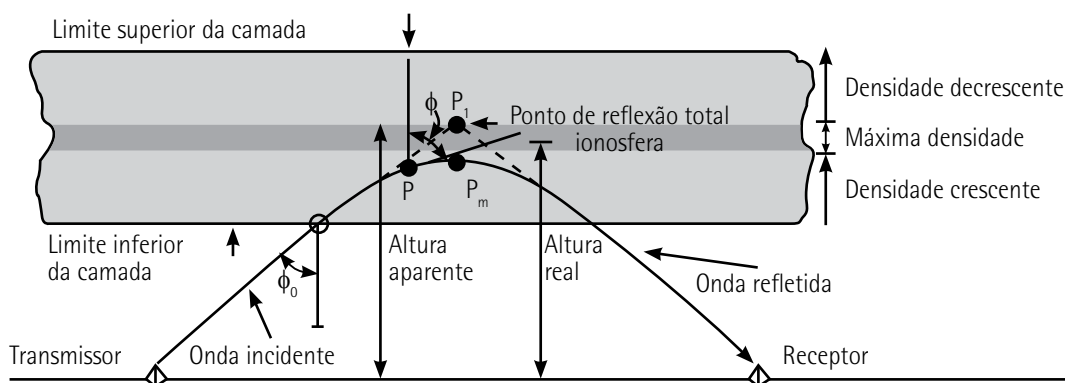


Figura 19 – Refração de uma OEM na ionosfera, causando o aparecimento de um raio refletido

A difração, por sua natureza, é útil na propagação de ondas médias e longas. A difração é um fenômeno que pode ser explicado pelo uso do princípio de Huygens.

Christian Huygens (1629-1695), no final do século XVII, propôs um método de representação de frentes de onda, no qual cada ponto de uma frente de onda se comporta como uma nova fonte de

ondas elementares, que se propaga para além da região já atingida pela onda original e com a mesma frequência que ela.

De acordo com esse princípio, quando as frentes de ondas atingem um obstáculo de dimensões comparáveis (ou menores) que seu comprimento de onda, elas o contornam. Por isso, a certa distância atrás do obstáculo é possível a captação dos sinais de rádio:

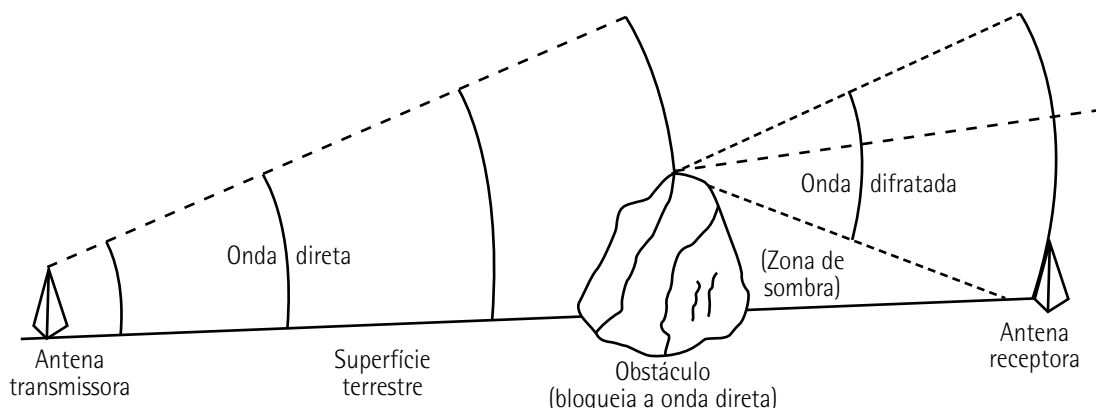


Figura 20 – Difração da onda de rádio por um obstáculo

5.1 Ondas de rádio

As propagações das OEM nas proximidades do solo dependem da frequência e das características do percurso. As principais características das OEM para diversas faixas de frequência são mostradas nos quadros a seguir.

Quadro 3 – Classificação das ondas de rádio

Sigla	Frequências	Ondas	Faixas de frequência
VLF	Muito baixas	Muito longas	3 kHz a 30 kHz
LF	Baixas	Longas	30 kHz a 300 kHz
MF	Médias	Médias	300 kHz a 3 MHz
HF	Elevadas	Curtas	3 MHz a 30 MHz
VHF	Muito elevadas	–	30 MHz a 300 MHz
UHF	Ultraelevadas	–	300 MHz a 3 GHz
SHF	Superelevadas	Micro-ondas	3 GHz a 30 GHz
EHF	Extremamente elevadas	Micro-ondas	30 GHz a 300 GHz

Fonte: Nascimento (1992, p. 7).

Quadro 4 – Principais características das ondas de rádio

Sigla	Modo de propagação	Ondas	Faixas de frequências
Menor do que 3 MHz (VLF, LF, MF)	Ondas terrestres (é usada exclusivamente a polarização vertical)	Inversamente proporcional à frequência do sinal Necessita potência elevada	Pequena
Entre 3 MHz e 30 MHz (HF)	Ondas ionosféricas e ondas diretas (nas frequências mais elevadas)	Proporcional à frequência	Depende da hora do dia e da estação do ano
Acima de 30 MHz (VHF, UHF, SHF e EHF)	Ondas diretas	Depende da altura das antenas	Muito pequena

Fonte: Nascimento (1992, p. 8).

As OEMs, principalmente aquelas das faixas de VHF e superiores, propagam-se em linha reta, sendo chamadas por essa razão de **ondas diretas**. Frequências inferiores a 3 MHz propagam-se acompanhando a curvatura da Terra, sendo chamadas por essa razão de **ondas de superfície ou terrestres**. Esse tipo de onda é responsável pela recepção dos sinais das emissoras de ondas médias (NASCIMENTO, 1992).

Quando a propagação se faz sobre um terreno de alta condutividade ou sobre a superfície do mar, a comunicação torna-se eficiente e confiável, principalmente se a potência transmitida for elevada. Para distâncias de até 1000 km, a intensidade de campo de uma onda de superfície é relativamente estável (NASCIMENTO, 1992).

As ondas diretas viajam em linha reta e seu alcance é limitado ao horizonte ótico. A equação a seguir mostra a máxima distância de transmissão de uma antena.

$$d_t = 4\sqrt{h_t}$$

Onde:

h_t : altura em metros da antena transmissora.

d_t : distância da transmissão em quilômetros.

A mesma equação aplica-se também à antena receptora. A distância entre as antenas transmissoras e receptoras é mostrada na equação a seguir:

$$d = 4\sqrt{h_t} + 4\sqrt{h_r} \text{ (km)}$$

Onde:

h_r : altura em metros da antena receptora.

5.2 Comunicações via satélite

A ionosfera não permite que se obtenha confiabilidade total das comunicações a longa distância na faixa HF. As comunicações em VHF, UHF e SHF estão limitadas a distâncias de poucas dezenas de quilômetros (NASCIMENTO, 1992). Distâncias maiores obrigam o uso de estações repetidoras de sinal, conforme pode ser visto na figura a seguir. Como a distância média entre cada repetidora não ultrapassa 40 km, a comunicação entre dois centros separados 400 km obriga o uso de, pelo menos, 9 repetidoras (NASCIMENTO, 1992).

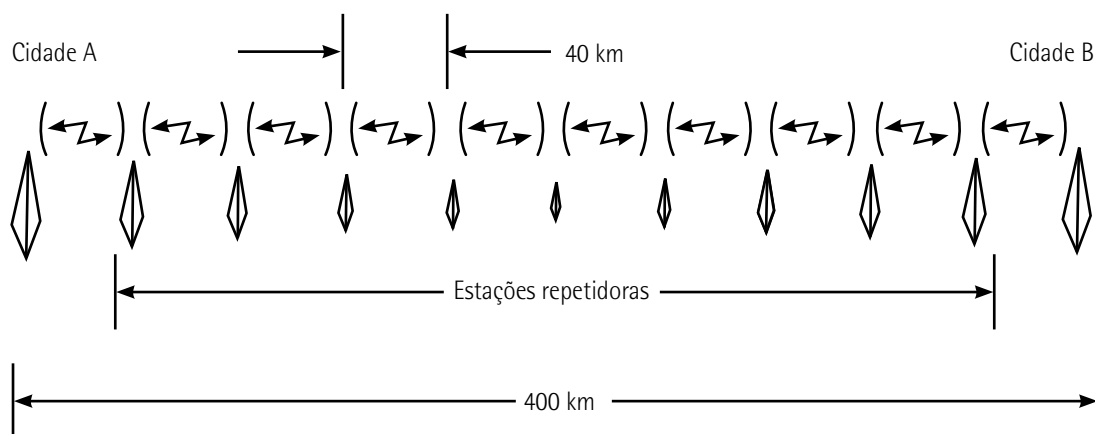


Figura 21 – Enlace de radiovisibilidade entre duas cidades afastadas via repetidora

Para sanar esse problema, prefere-se a utilização de um satélite geoestacionário orbitando a Terra a aproximadamente 36.000 km de altitude. Nessa altitude, o tempo de translação do satélite é de 24 horas, ou seja, coincide com o período de rotação da Terra, fazendo com que o satélite permaneça sempre sobre um determinado ponto do equador:

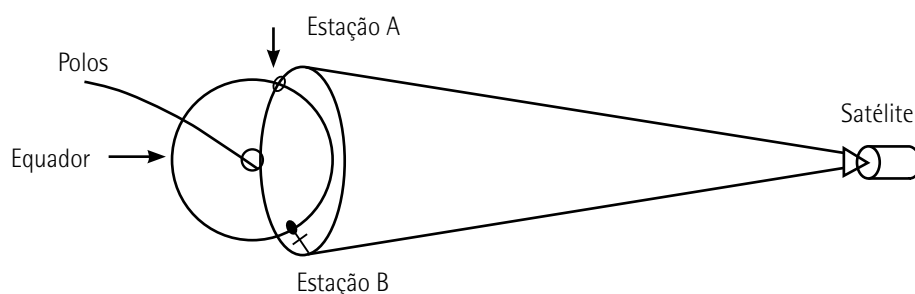


Figura 22 – Enlace via satélite



Lembrete

Devido à grande altitude do satélite, é possível afastar as antenas das estações rastreadoras em até aproximadamente $\frac{1}{3}$ da circunferência terrestre, ou quase 15.000 km de distância entre elas.

As faixas de frequência apropriada para esse tipo de comunicação devem ser suficientemente elevadas para que as ondas de rádio "perfurem" as camadas ionosféricas.

Segundo a Anatel (2012) o sistema de comunicações do satélite é formado pelas antenas e pelos *transponders*. O *transponder* é a parte do satélite que combina a função de receber o sinal em determinada frequência, realizar a conversão da frequência e transmitir o sinal recebido em uma nova frequência determinada. Cada *transponder* ocupa certa faixa de frequências que varia tipicamente entre 36 MHz e 80 MHz.

Nascimento (1992) afirma que a camada ionosférica é a camada superior da atmosfera. Ela está localizada a altitudes superiores a 70 km, em média. Sua origem está relacionada com a radiação solar, principalmente a radiação ultravioleta e as partículas alfa e beta do sol. Como nas altitudes elevadas a densidade molecular do gás atmosférico é muito baixa, os elétrons arrancados dos átomos encontram dificuldades para a recombinação.



Observação

Quanto maior a altitude, tanto menor a possibilidade de recombinação. Por isso, as camadas mais elevadas permanecem ionizadas durante toda a noite. O mesmo não acontece com as camadas inferiores da ionosfera, porque ali a densidade é elevada o suficiente para que o tempo de recombinação não ultrapasse alguns minutos.

5.3 Modulação

Segundo Nascimento (1992), um sistema de comunicação existe para transmitir uma mensagem. Esta mensagem é proveniente de alguma fonte de informação. Para poder ser transmitida, essa mensagem deve estar em forma de sinais elétricos.

O motivo que obriga o uso da modulação é a impossibilidade de transformação da corrente elétrica em uma OEM com características apropriadas para comunicação em longa distância. Isso quer dizer que para que um sinal seja irradiado é necessário que o comprimento da antena emissora seja da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da OEM.

Conforme afirma Nascimento (1992), modulação é o processo de se variar alguma das características de uma onda senoidal de alta frequência, de acordo com o valor instantâneo a ser transmitido. O sinal de alta frequência é chamado de **portadora**, enquanto o sinal a ser transmitido é chamado de **sinal modulador** **pó** **modulante**. Para que a modulação se processe de forma correta, é importante que a frequência da portadora seja muito maior que a frequência do sinal modulante.

Por meio da observação da envoltória de um sinal AM é possível determinar seu índice de modulação. Para isso, é necessária a utilização de um osciloscópio. Veja:

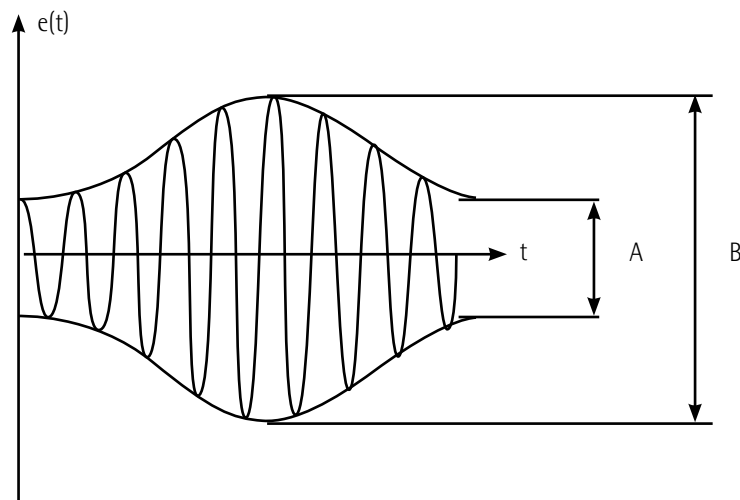


Figura 23 – Determinação do índice de modulação pela medição da envoltória

O osciloscópio é um instrumento (de medição) que permite visualizar graficamente sinais elétricos. Uma vez determinados os valores de A e B, é possível calcular o valor de m por meio da seguinte equação:

$$m = \frac{B - A}{B + A}$$

Outra maneira para determinar-se o índice de modulação de um sinal AM é pelo uso do método do trapézio:

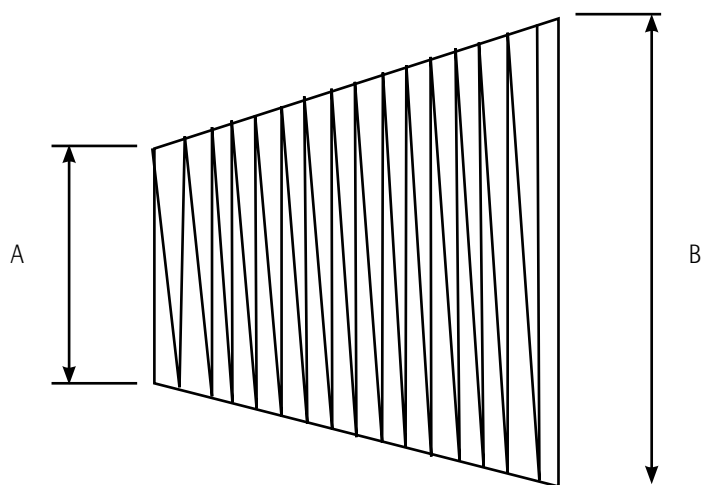


Figura 24 – Forma de onda trapézio

Uma vantagem do método do trapézio em relação ao método anterior é a possibilidade de verificar-se a **linearidade** de modulação. Dessa forma, é possível certificar-se da ausência de distorções no sinal modulado, conforme visto na figura a seguir:

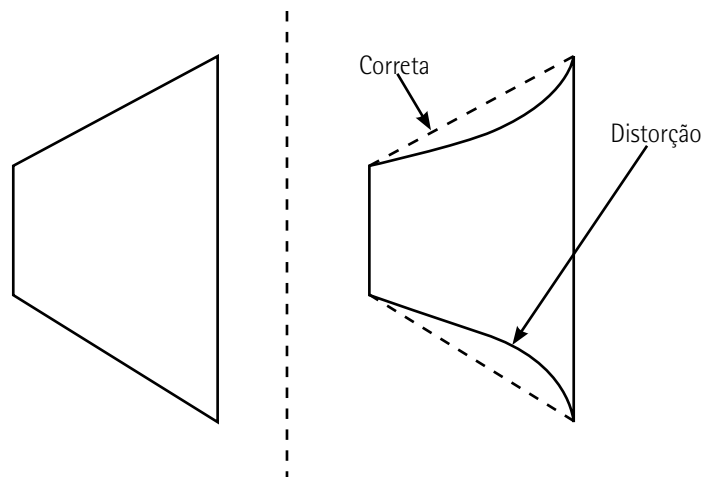


Figura 25 – Forma de onda típica obtida pelo método do trapézio

5.4 Demodulação

Segundo Haykin (2007), a modulação é executada na extremidade transmissora do sistema de comunicação. Na extremidade receptora do sistema geralmente exigimos que o sinal de banda base original seja restaurado. Isso é realizado utilizando-se um processo conhecido como **demodulação**, o inverso do processo de modulação.

Em termos básicos de processamento de sinal, descobrimos, dessa forma, que o transmissor de um sistema de comunicação analógico em um modulador e o receptor, em um demodulador. Além do sinal recebido do transmissor, a entrada do receptor inclui ruído de canal. A degradação do desempenho do receptor devido ao ruído do canal é determinada pelo tipo de modulação utilizada (HAYKIN, 2007, p. 103).

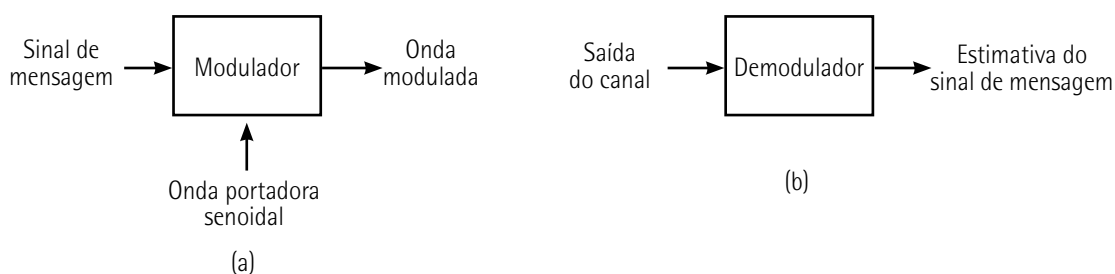


Figura 26 – Componentes de um sistema de modulação de onda contínua: (a) transmissor; (b) receptor

5.5 Tipos de modulação

Podemos classificar o processo de modulação em modulação de onda contínua e modulação de pulso.

5.5.1 Modulação de onda contínua

Alteração sistemática de alguma característica de um sinal, denominada portadora, em função de um segundo sinal denominado modulante ou mensagem. Seu objetivo é conduzir

a informação através de um sinal modulado cujas propriedades sejam apropriadas ao canal de comunicação em consideração.

Nesse tipo de modulação uma onda senoidal é utilizada como portadora.

5.5.2 Modulação de amplitude (AM)

Segundo Haykin (2007), na modulação de amplitude, a amplitude da onda portadora senoidal é variada de acordo com o sinal de banda base. As figuras a seguir exibem a onda portadora e o modulante senoidal.

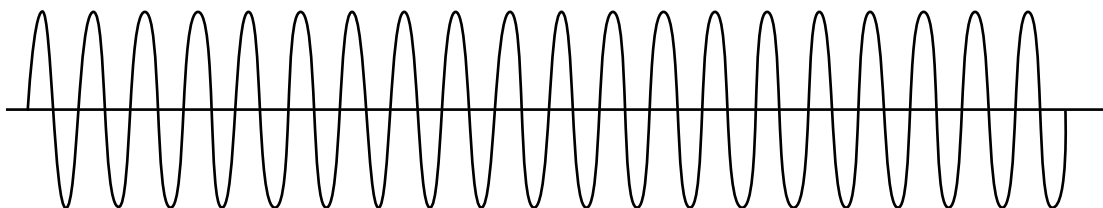


Figura 27 – Onda portadora

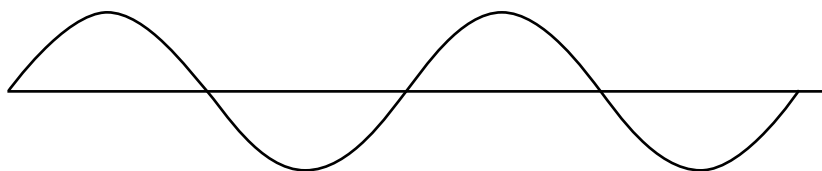


Figura 28 – Sinal modulante senoidal

A figura a seguir exibe a onda modulada em amplitude.

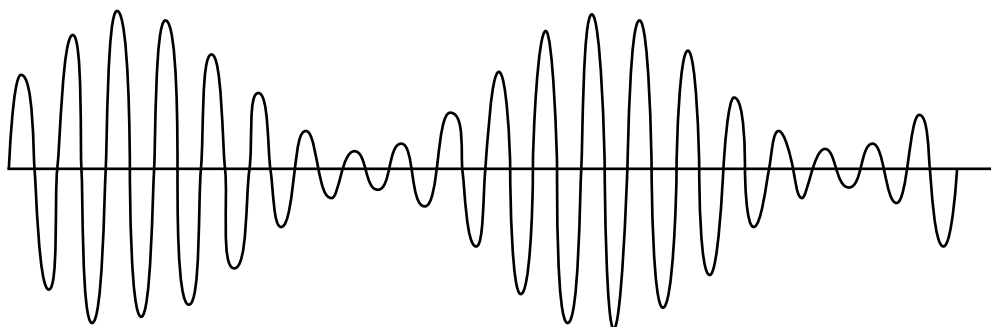


Figura 29 – Sinal modulado em amplitude

5.5.3 Modulação angular

Quando o ângulo da portadora é variado de acordo com o sinal da mensagem, temos uma modulação angular.

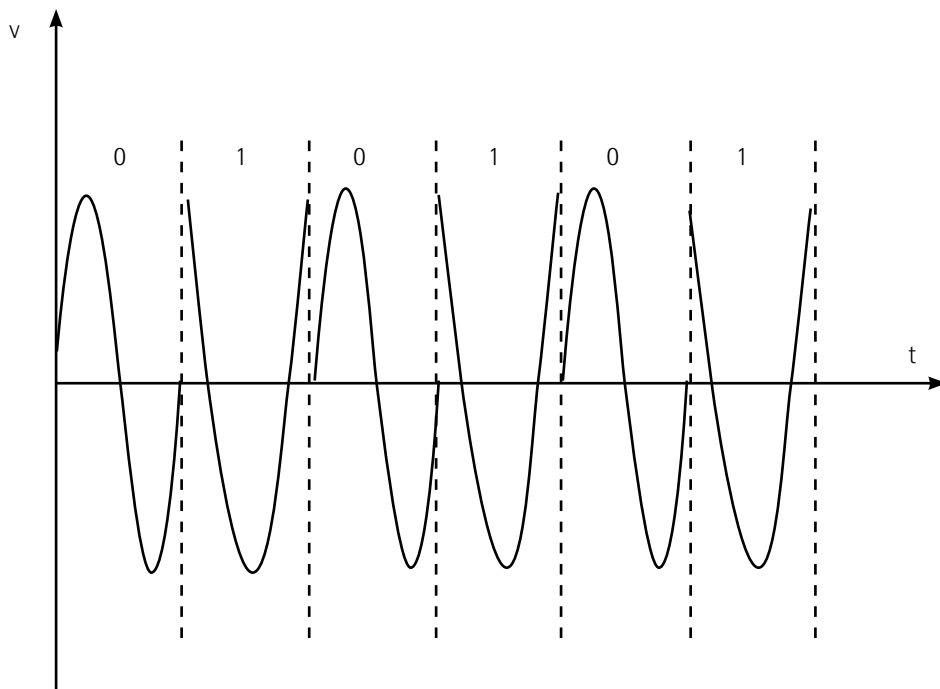


Figura 30 – Modulação angular

5.5.4 Modulação de frequência (FM)

Quando a frequência da portadora é variada de acordo com o sinal da mensagem, temos uma modulação de frequência (FM).

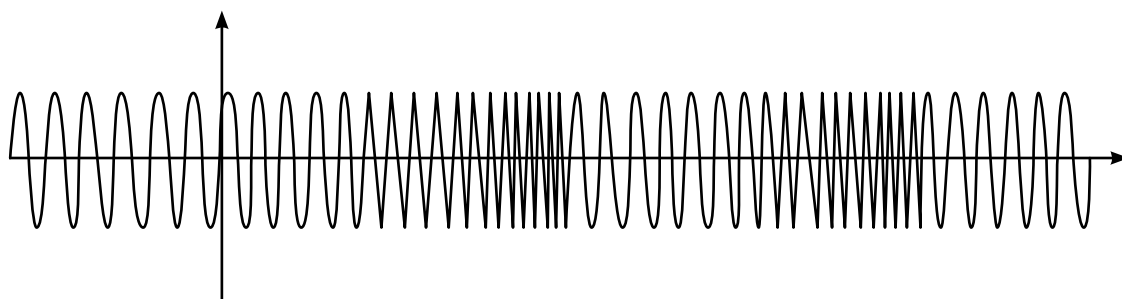


Figura 31 – Modulação de frequência

5.5.5 Modulação de fase (PM)

Quando a fase da portadora é variada de acordo com o sinal da mensagem, temos uma modulação de fase (PM).

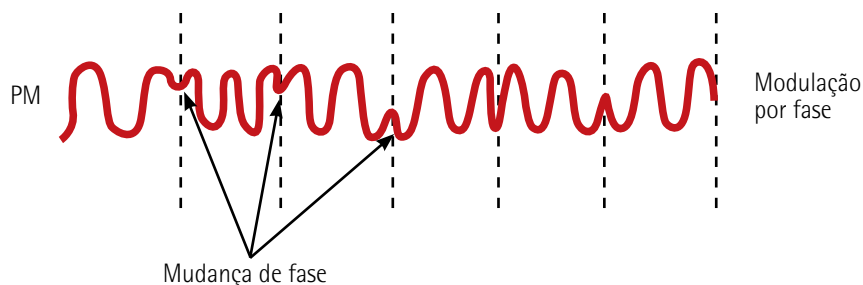


Figura 32 – Modulação por fase

5.5.6 Modulação de pulso

Segundo Haykin (2007), na modulação de pulso, a portadora consiste em uma sequência de pulsos retangulares. A modulação de pulso pode ser do tipo analógico ou digital. Na modulação de pulso analógica, a amplitude, duração ou posição de um pulso é variada de acordo com valores de amostra do sinal de mensagem. Nesse caso, falamos de modulação por amplitude de pulso (PAM), modulação de duração de pulso (PDM) e modulação de posição de pulso (PPM).

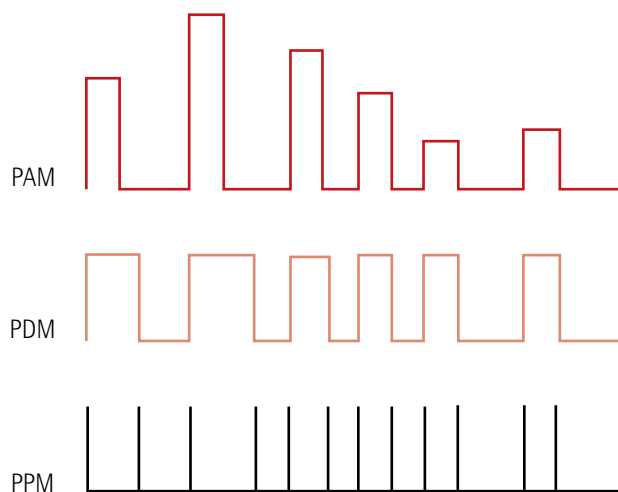


Figura 33 – Modulação por amplitude de pulso (PAM), modulação de duração de pulso (PDM) e modulação de posição de pulso (PPM)

Na forma digital, o padrão de modulação de pulso é conhecido como modulação por codificação de pulso (PCM).



Figura 34 – Modulação por codificação de pulso (PCM)

5.6 Radiodifusão

São sistemas de transmissão de rádio em AM, FM e TV destinados às comunicações com o público, por voz, música e imagem.

Geralmente, o estúdio da emissora fica sediado em centro urbano, de onde partem os sinais da informação por fio, rádio ou fibra óptica, com destino ao local onde se situa o radiador (transmissor e antena transmissora) ou mesmo o sistema satélite, visando às retransmissões para outros locais e cidades.

5.6.1 Radiodifusão em AM

A radiodifusão em AM ocorre na faixa de 535 a 1.605 kHz, com potências a partir de 100 watts. A onda é modulada em amplitude por sinais de áudio limitado a 5 kHz, o que torna a programação propícia à voz e menos indicada à música. Nessa faixa de frequências, a antena transmissora é vertical do tipo torre e a onda irradiada propaga-se predominantemente sobre a superfície da Terra, recebendo o nome de onda terrestre. Por razões de segurança, é comum o radiador situar-se fora do perímetro urbano.

O alcance da transmissão com antena vertical depende basicamente da potência irradiada e da condutividade do solo da região.

5.6.2 Radiodifusão em FM

A radiodifusão em FM ocorre na faixa de 88 a 108 MHz, em geral, nos grandes centros urbanos, com potências da ordem de 15 kW, tendo alcance limitado à linha do horizonte em virtude da curvatura da Terra. Como a faixa em MHz é bem mais alta que os kHz do rádio AM, a ocupação do espectro pode ser maior e a modulação com sinais de áudio chega a 15 kHz. As transmissões podem ser feitas em mono ou em estéreo (dois canais de áudio) e são superiores em qualidade de reprodução ao sinal AM, sendo mais indicadas para a música.

5.6.3 Radiodifusão de televisão

A radiodifusão de televisão ocupa segmentos do espectro de frequências de 54 a 806 MHz, existindo espaços alocados a outros tipos de serviços. O sistema analógico de televisão adotado pelo Brasil é o PAL-M; entretanto, a fase é de migração para um sistema digital padrão SBT-D.

Quanto às antenas transmissoras de FM e de TV, elas são fixadas em torres, em locais altos ou elevações naturais do terreno, para maior alcance das transmissões. Retransmissões para outras localidades costumam ser feitas via satélite, redes de fibra óptica ou até mesmo internet.

6 TIPOS DE REDES

Questões técnicas relacionadas ao projeto de redes possuem duas dimensões que se destacam das demais: a tecnologia de transmissão e a escala.

6.1 Tecnologia de transmissão

Há dois tipos de tecnologias de transmissão em uso disseminado nos dias de hoje:

- *links* de difusão;
- *links* ponto a ponto.

6.1.1 Links de difusão

As redes de difusão têm apenas um canal de comunicação, compartilhado por todas as máquinas da rede. Imagine uma pessoa gritando no final do corredor que leva a uma série de salas: "Ângela, venha cá. Preciso de você." Embora o pacote possa ser recebido (ouvido) por muitas pessoas, apenas Ângela responderá. As outras pessoas irão ignorá-lo.



Observação

Os sistemas de difusão também oferecem a possibilidade de endereçamento de um pacote a todos os destinos. Quando um pacote transmitido é recebido e processado por todas as máquinas da rede, é chamado de **difusão (broadcasting)**.

Na comunicação *broadcast* (um para muitos), um dado é enviado para todos os *hosts*. Cada *host* tem a função de aceitar o dado ou não, conforme ilustra a figura a seguir. Devido a essa característica presente no protocolo IP, o desempenho fica prejudicado, uma vez que o *host* deve interromper sua operação e executar essa verificação ao nível do sistema operacional (TANENBAUM, 2003; SEMENTILLE, 1999).

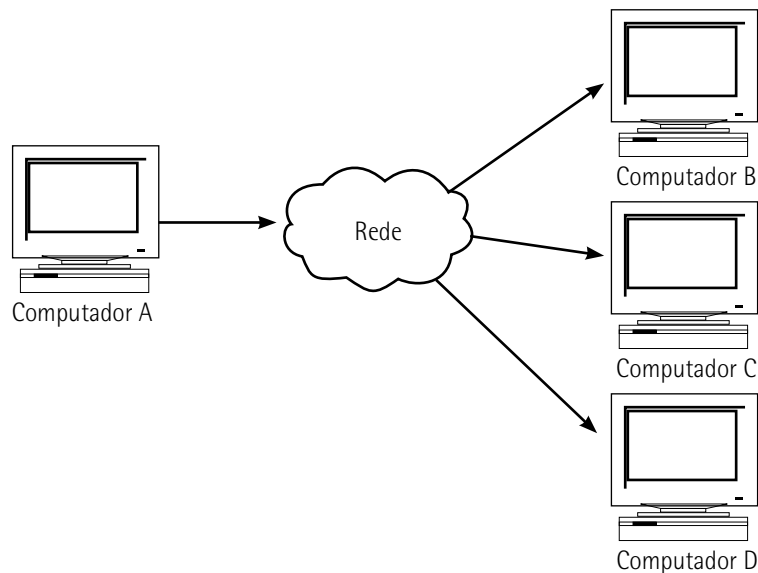


Figura 35 – Comunicação *broadcast*

Alguns sistemas de difusão também admitem a transmissão para um subconjunto das máquinas, o que se conhece como multidifusão (*multicasting*). Nesse modelo, cada máquina pode se "inscrever" em qualquer um ou em todos os grupos. Quando um pacote é enviado a um determinado grupo, ele é entregue a todas as máquinas inscritas nesse grupo.

A figura a seguir mostra como essa comunicação oferece serviços de transmissão para aplicações que possuem necessidades de comunicação com diversos *hosts* simultaneamente, como teleconferência, por exemplo.

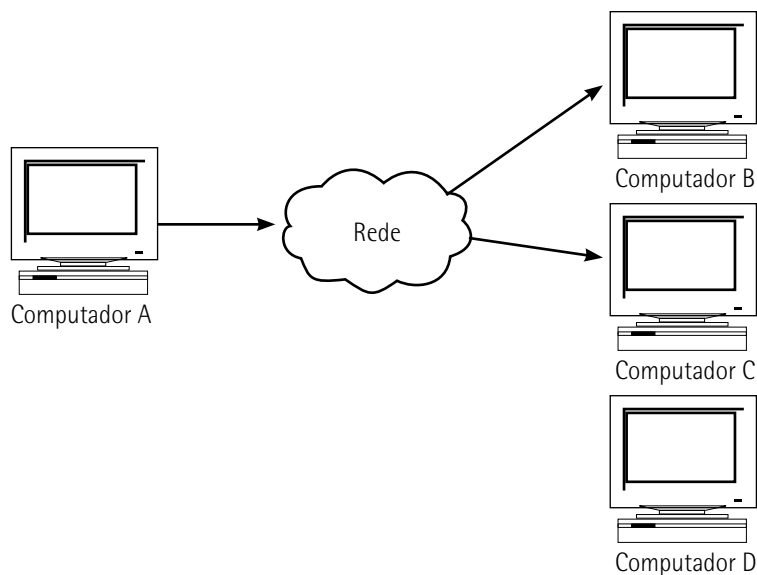


Figura 36 – Comunicação *multicast*

Em aplicações com múltiplos destinatários, a transmissão via *multicast* é vantajosa em relação às alternativas de *unicast* e *broadcast*. Isso se dá porque não há envio desnecessário de pacotes; estes são encaminhados exatamente ao conjunto de destinatários pretendidos.

O encaminhamento eficiente dos pacotes aos múltiplos destinatários não garante, entretanto, a entrega confiável dos dados; mais precisamente, serviços importantes como o controle de erro, controle de fluxos e de congestionamento são tratados na camada superior, de transporte (TANENBAUM, 2003; SEMENTILLE, 1999).

6.1.2 Links ponto a ponto

Em contraste, as redes ponto a ponto consistem em muitas conexões entre pares de máquinas individuais. A transmissão ponto a ponto com um transmissor e um receptor às vezes é chamada unidifusão (*unicasting*).

A comunicação *unicast* (um para um) acontece quando ocorre uma comunicação entre dois *host*(s). A figura a seguir mostra como esse tipo de comunicação requer o estabelecimento de uma conexão para cada par de computadores na rede (TANENBAUM, 2003; SEMENTILLE, 1999).

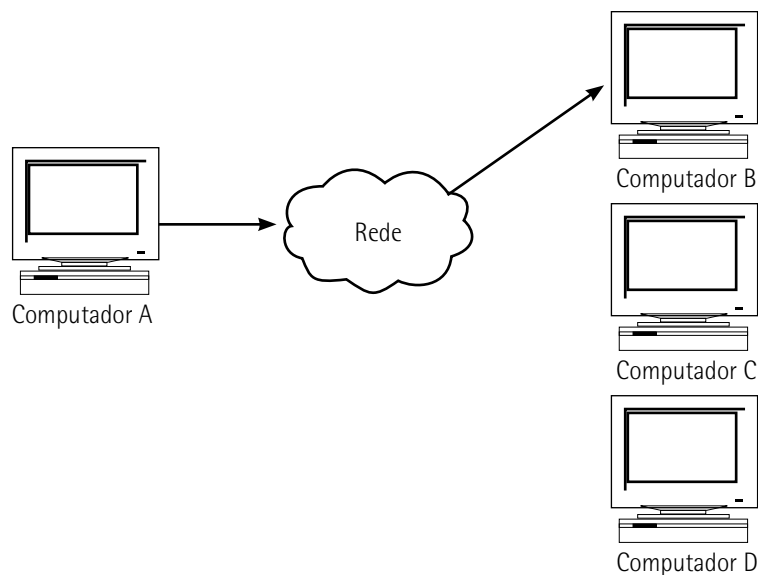


Figura 37 – Comunicação *unicast*

Podemos classificar as redes a partir de suas escalas. Essas classificações podem ser organizadas pelo tamanho físico de cada escala. São elas:

- redes PAN;
- redes LAN;
- redes MAN;
- redes WAN.

6.1.2.1 Redes PAN

São as redes pessoais, destinadas a uma única pessoa. Por exemplo, uma rede sem fios conectando um computador com o *mouse*, o teclado e a impressora é uma rede pessoal.

6.1.2.2 Redes LAN

As redes locais são redes privadas contidas em um único edifício ou *campus* universitário com até alguns quilômetros de extensão. Elas são amplamente usadas para conectar computadores pessoais e estações de trabalho em escritórios e instalações industriais de empresas, permitindo o compartilhamento de recursos (por exemplo, impressoras) e a troca de informações.

6.1.2.3 Redes MAN

Uma rede metropolitana abrange uma cidade. O exemplo mais conhecido de uma MAN é a rede de televisão a cabo disponível em muitas cidades. Esse sistema cresceu a partir de antigos sistemas de antenas comunitárias usadas em áreas com fraca recepção do sinal de televisão pelo ar.

6.1.2.4 Redes WAN

Uma rede geograficamente distribuída abrange uma grande área geográfica, com frequência um país ou continente. Ela contém um conjunto de máquinas cuja finalidade é executar os programas (ou seja, as aplicações) do usuário.

Porém, o uso da multimídia trouxe a necessidade de maiores taxas de transmissão nas redes de computadores. Para resolver esse problema, um dos padrões adotados foi o **ATM** (*Asynchronous Transfer Mode*).



Saiba mais

O filme a seguir pode propiciar uma inter-relação com os conteúdos da unidade:

Warriors of the Net. Dir. Tomas Stephanson. 13 minutos, 2002.

6.2 Redes ATM

As redes ATM foram projetadas no início da década de 1990. São redes orientadas à conexão e permitem taxas de transmissão de até 155 Mbit/s, permitindo o uso da multimídia em tempo real.

Segundo Tanenbaum (2003), o ATM prometia resolver todos os problemas de redes e telecomunicações do mundo, mesclando voz, dados, televisão a cabo, telex, telégrafo, pombo-correio, latas conectadas por barbantes, tambores, sinais de fumaça e todos os outros meios de comunicação em um único sistema integrado que poderia fazer tudo para todos. Por esse motivo, muitas pessoas viram na ATM a sequência de luta da internet contra as empresas de telecomunicações.

Apesar da utilização do ATM, a qualidade de serviços da internet ainda deixava a desejar. Atualmente, o ATM é utilizado dentro dos sistemas de telefonia para mover pacotes IP. Por serem utilizados apenas no transporte interno, os usuários não percebem a sua existência (TANENBAUM, 2003).

Em uma rede ATM, primeiramente existe o envio de um pacote para configurar a conexão. Essas conexões são chamadas de circuitos virtuais. À medida que o pacote de configuração passa pela sub-rede, todos os roteadores no caminho inserem uma entrada em suas tabelas internas registrando a existência das conexões e reservando os recursos necessários para ela (TANENBAUM, 2003).

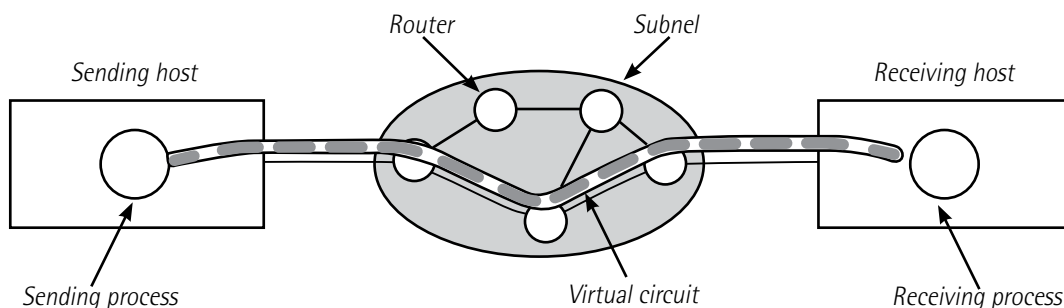


Figura 38 – Circuito virtual

As transmissões dos dados começam depois de estabelecida a conexão. As informações são transmitidas em pequenos pacotes de tamanhos fixos chamados **células**. Cada célula possui 53 bytes, sendo que 5 bytes são usados para compor o cabeçalho e 48 bytes são utilizados para compor a carga útil (TANENBAUM, 2003). Veja:

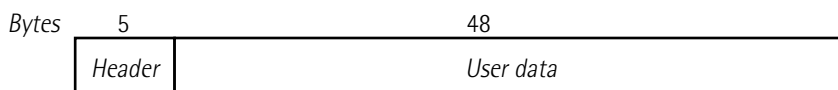


Figura 39 – Célula ATM

Segundo Tanenbaum (2003), as redes ATM são organizadas como WANs tradicionais, com linhas e switches (roteadores). As velocidades mais comuns para redes ATM são 155 Mbps e 622 Mbps, embora também sejam admitidas velocidades mais altas. A velocidade de 155 Mbps foi escolhida por possibilitar a transmissão de imagens de televisão de alta definição.

6.2.1 Protocolo ATM

O protocolo ATM tem seu próprio modelo de referência, diferente dos modelos OSI e TCP/IP. Esse modelo consiste em três camadas: a física, a ATM e a de adaptação ATM, além daquilo que os usuários desejarem colocar sobre elas.

A camada física provê os meios para transmitir as células ATM. A subcamada TC (*transmission convergence*) mapeia as células ATM no formato dos frames da rede de transmissão (SDH, Sonet, PDH etc.). A subcamada PM (*physical medium*) temporiza os bits do frame de acordo com o relógio de transmissão.

A camada ATM é responsável pelo processamento das conexões virtuais e pela construção, processamento e transmissão das células. É nela que se processam os diferentes tipos e classes de serviços e se controla o tráfego da rede.

A camada AAL é responsável pelo fornecimento de serviços para a camada de aplicação superior. A subcamada CS (*convergence sublayer*) converte e prepara a informação de usuário para o ATM, de acordo com o tipo de serviço, além de controlar as conexões virtuais. A subcamada SAR (*segmentation and reassembly*) fragmenta a informação para ser encapsulada na célula ATM. A camada AAL implementa ainda os respectivos mecanismos de controle, sinalização e qualidade de serviço.

6.3 Redes sem fios

A comunicação digital sem fios não é uma ideia nova. Em 1901, o físico italiano Guglielmo Marconi demonstrou como funcionava um telégrafo sem fio que transmitia informações de um navio para o litoral por meio de Código Morse (afinal de contas, os pontos e traços são binários).



Lembrete

Os modernos sistemas digitais sem fios têm um desempenho melhor, mas a ideia básica é a mesma.

As redes sem fios podem ser divididas em três categorias principais:

- interconexão de sistemas;
- LANs sem fios;
- WANs sem fios.

Na interconexão de sistemas, os componentes de um computador são interconectados usando rádio de alcance limitado. Quase todo computador tem um monitor, um teclado, um mouse e uma impressora, conectados por cabos à unidade principal (TANENBAUM, 2003).

Em sua forma mais simples, as redes de interconexão de sistemas utilizam o paradigma de mestre/escravo. A unidade do sistema é normalmente o mestre, comunicando-se com o mouse, o teclado etc., que atuam como escravos. O mestre informa aos escravos quais endereços e frequências usar, quando eles podem transmitir, por quanto tempo podem transmitir e assim por diante. A figura a seguir mostra um paradigma mestre/escravo (TANENBAUM, 2003):

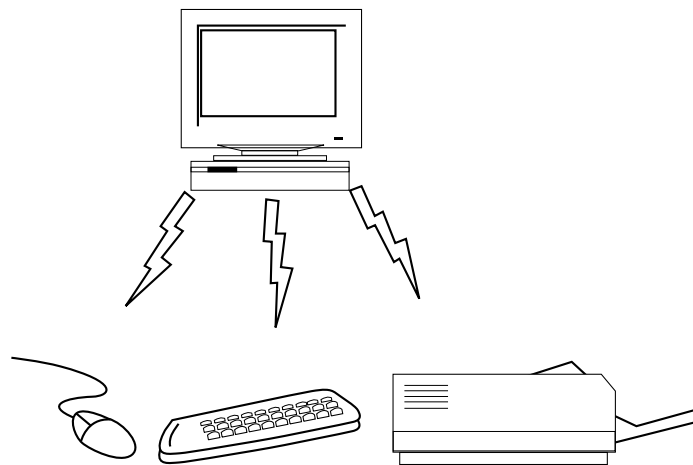


Figura 40 – Paradigma mestre/escravo

As LANs sem fios são sistemas em que todo computador tem um modem de rádio e uma antena por meio dos quais pode se comunicar com outros sistemas. Porém, se os sistemas estiverem próximos o bastante, eles poderão se comunicar diretamente um com o outro em uma configuração não hierárquica.

Essas LANs estão se tornando cada vez mais comuns em pequenos escritórios e nos lares, onde a instalação da ethernet é considerada trabalhosa demais, bem como em antigos edifícios comerciais, cantinas de empresas e salas de conferências, entre outros, podendo também ser usadas em sistemas geograficamente distribuídos.

A rede de rádio utilizada para telefonia celular é um exemplo de sistema sem fio de baixa largura de banda. Esse sistema já passou por três gerações. A primeira geração era analógica e usada apenas para voz. A segunda geração era digital e também usada apenas para voz. A terceira geração é digital e se destina a voz e dados. Em certo sentido, as redes celulares sem fios são semelhantes às LANs sem fios, exceto pelo fato de que as distâncias envolvidas são muito maiores e as taxas de *bits* muito mais baixas (TANENBAUM, 2003).

6.3.1 WiFi

Quase na mesma época em que surgiram os *notebooks*, muitas pessoas sonhavam com o dia em que entrariam em um escritório e magicamente seu *notebook* se conectaria à internet. Em consequência disso, diversos grupos começaram a trabalhar para descobrir maneiras de alcançar esse objetivo.

A abordagem mais prática é equipar o escritório e os *notebooks* com transmissores e receptores de rádio de ondas curtas para permitir a comunicação entre eles. Esse trabalho levou rapidamente à comercialização de LANs sem fios por várias empresas. O problema era encontrar duas delas que fossem compatíveis. Essa proliferação de padrões significava que um computador equipado com um rádio da marca X não funcionaria em uma sala equipada com uma estação base da marca Y (TANENBAUM, 2003).

Finalmente, a indústria decidiu que um padrão de LAN sem fio poderia ser uma boa ideia. Assim, o comitê do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) que padronizou as LANs sem fios recebeu a tarefa de elaborar um padrão de LANs sem fios. Esse padrão, que recebeu o nome 802.11, é conhecido pelo apelido **WiFi**. Como se trata de um padrão importante e que merece respeito, vamos chamá-lo por seu nome correto, 802.11 (TANENBAUM, 2003).

6.3.2 Bluetooth

O Bluetooth, segundo Morimoto (2008), é uma rede de curta distância usada em celulares ou *palms* para interligá-los. Padrão para redes PAN (*personal area network*), é voltado para uso pessoal.

Foi desenvolvido em meados de 1999, sendo adotado, um pouco mais tarde, pelo IEEE. Também foi projetado para consumir pouca energia, por isso é usado em baixo alcance (SIQUEIRA, 2006).

A divisão de classe do Bluetooth é classificada de 1 até 3, variando seu alcance de 1 até 100 metros. Assim como sua classificação, sua versão também prossegue. Dependendo da sua versão, a velocidade de transmissão pode chegar a até 24 Mbit/s.

Mesmo sendo baixa, a velocidade do Bluetooth é suficiente para suas principais aplicações, tais como a comunicação entre celulares, a transferência de imagens e o uso de fone de ouvido, entre outros (MORIMOTO, 2008).

6.3.2.1 Tecnologia Bluetooth

O Bluetooth é um padrão de redes PAN para interligar aparelhos de computadores e comunicação utilizando ondas de rádio de curto alcance, baixa potência e baixo custo, operando na frequência ISM (*industrial, scientific and medical*) 2,4GHz (Giga Hertz) (TANENBAUM, 2003).

Grégio (2009, p. 1) define o Bluetooth conforme visto a seguir. Segundo o autor, o Bluetooth "é dividido em três classes, onde a variação se dá na potência máxima e na área de cobertura estimada".

Tabela 3 – Classes do Bluetooth

Classe	Potência máxima (mW)	Potência máxima (Dbm)	Área de cobertura estimada
1	100	20	100 m
2	2.5	4	10 m
3	1	0	1 m

Fonte: Grégio (2009, p. 2).

6.3.2.2 Funcionamento do Bluetooth

Segundo Kobayashi (2004), o Bluetooth funciona conectando-se em pequenas redes chamadas **piconet** que contêm um dispositivo *master* podendo conectar-se em até sete dispositivos *slaves* ativos.

O funcionamento do Bluetooth é semelhante à arquitetura de redes de computadores cliente/servidor. O dispositivo *master* equivale ao servidor e o *slave*, ao cliente.

A figura a seguir mostra uma rede *piconet* interagindo com outra por meio de um nó de ponte. Além dos setes nós *slaves* ativos, em uma rede pode haver até 255 nós em estado de *stand by* (TANENBAUM, 2003).

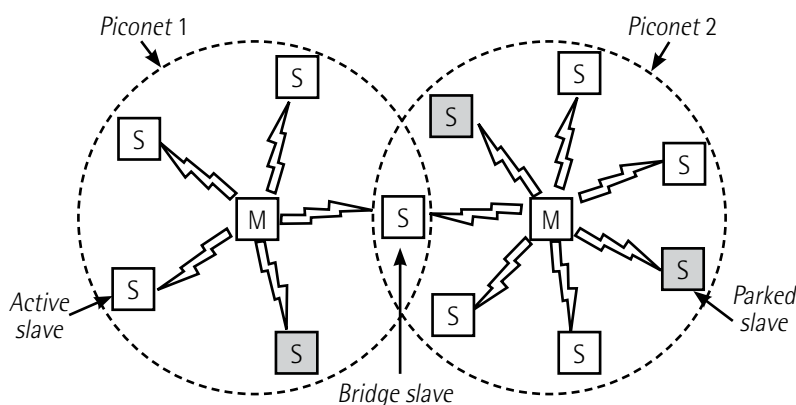


Figura 41 – Um scatternet

6.3.2.3 Arquitetura Bluetooth

A arquitetura do Bluetooth consiste em dois componentes básicos: o *hardware* e o *software*, oferecendo a funcionalidade básica e permitindo a conexão e a troca de dados entre os dispositivos.

Um dispositivo Bluetooth pode ser qualquer objeto, desde que o produto completo tenha como componente a tecnologia Bluetooth em forma de rádio e o *software* operacional (FERLINE, 2003).

6.3.2.4 Software Bluetooth

O *software*, segundo Siqueira (2006), é chamado de pilha de protocolos Bluetooth, dividindo-se em três grupos lógicos: grupo de aplicação, protocolos de *middleware* e protocolos de transportes.

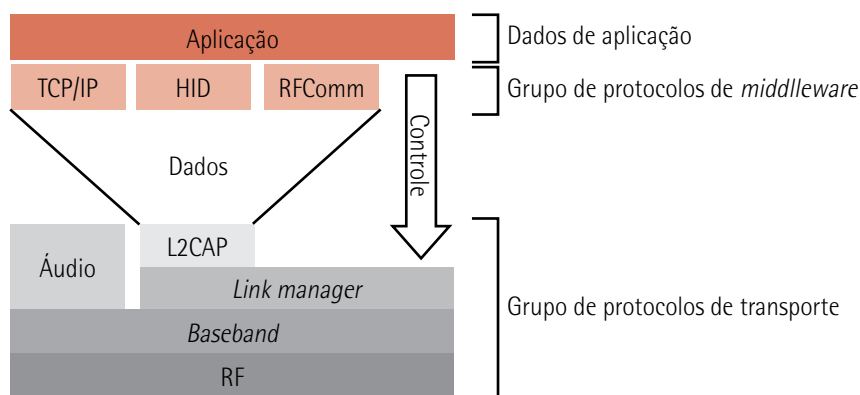


Figura 42 – Pilha de protocolos Bluetooth

6.3.3 WiMAX

Com a privatização do sistema de telefonia em muitos países, os concorrentes que disputam as empresas de telefonia com frequência têm permissão para oferecer serviços locais de voz e internet de alta velocidade. Sem dúvida, há uma grande demanda por esses serviços. O problema é que estender cabos de fibra, coaxiais ou mesmo de par trançado da categoria 5 até milhões de residências e escritórios é algo proibitivamente dispendioso. O que uma empresa concorrente deve fazer?

A resposta é: rede sem fio de banda larga. Erguer uma grande antena em uma colina fora da cidade e instalar antenas orientadas nos telhados dos clientes é muito mais fácil e econômico que cavar valas e estender cabos. Desse modo, as empresas de telecomunicações concorrentes têm um grande interesse em fornecer um serviço de comunicação sem fio de vários *megabits* para voz, internet, filmes por demanda etc. Porém, até recentemente, cada concessionária de telecomunicações elaborava seu próprio sistema. Essa falta de padrões significava que não era possível produzir *hardware* e *software* em massa, o que mantinha os preços elevados e a aceitação baixa.

Foi percebido que ter um padrão de banda larga sem fio era o elemento-chave que estava faltando; assim, o IEEE teve de formar um comitê composto por pessoas de empresas importantes e do meio

acadêmico para elaborar o padrão. O próximo número disponível no espaço de numeração dos 802 era 802.16 – assim, o padrão recebeu esse número. O trabalho começou em julho de 1999 e o padrão final foi aprovado em abril de 2002.

Oficialmente, o padrão é chamado *Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems* (Interface Aérea para Sistemas Fixos de Acesso Sem Fio de Banda Larga). No entanto, algumas pessoas preferem chamá-lo MAN (*Metropolitan Area Network* – Rede Metropolitana) sem fio ou *loop* local sem fio.

6.3.4 Redes fotônicas

Sobre a fibra óptica, sabe-se que um sistema de transmissão óptica tem três componentes fundamentais:

- a fonte de luz;
- o meio de transmissão;
- detector óptico.

Por convenção, um pulso de luz indica um *bit* 1 e a ausência de luz representa um *bit* zero. A fonte de luz (diodo a *laser* ou LED – *light-emitting diode*) converte sinais elétricos (corrente elétrica) em impulsos luminosos. A fibra óptica conduz a luz do transmissor ao receptor. O detector óptico (fotodiodo) converte os impulsos luminosos em sinais elétricos.

Em sua estrutura, a fibra óptica contém um núcleo envolvido por um revestimento de vidro com um índice de refração inferior ao do núcleo para manter toda a luz neste. Depois, há uma cobertura de plástico fino para proteger o revestimento interno. Um cabo pode conter várias fibras.

Quando um raio de luz passa de um meio para outro, ele é refratado (desviado) na fronteira em um determinando ângulo. A intensidade da refração depende das propriedades dos dois meios físicos (de seus índices de refração). O índice de refração (n) mensura o quanto o material refrata a luz e é definido pela fórmula:

$$n = c / v$$

onde:

- c = velocidade da luz no vácuo (300.000 Km/s);
- v = velocidade da luz no material em estudo.

Para ângulos de incidência que ultrapassam certo valor crítico, a luz é refletida de volta para a sílica. Nada "vaza" para o ar.

Dessa forma, um raio de luz incidente no ângulo crítico, ou acima dele, é interceptado no interior da fibra e pode se propagar por muitos quilômetros sem sofrer praticamente nenhuma perda.

Quando uma fibra contém diversos raios ricocheteando e cada raio tem um modo específico, ela é chamada fibra multimodo.

Se o diâmetro da fibra for reduzido a alguns comprimentos de onda de luz, a fibra agirá como um guia de onda e a luz só poderá se propagar em linha reta, sem ricochetear. Isso produz uma fibra de modo único, ou fibra monomodo. Esse tipo de fibra tem capacidade de transmissão superior às fibras multimodo.

Meios físicos

O meio físico das LANs é especificado pela norma IEEE 802.3.

O cabo de par trançado é o mais utilizado em novas instalações. A ligação física é feita da estação para um *hub*. O *hub*, por sua vez, possui as vantagens de permitir o isolamento automático de linhas com ruído, a facilidade para o adicionamento de novas estações e o cabeamento mais barato (cabo telefônico de fácil instalação e manutenção).

Existem dois tipos de cabos para rede Ethernet:

- **UTP (*unshielded twisted pair*)**: é o mesmo cabo de par trançado usado pelas companhias telefônicas, os quais, geralmente, não são apropriados para redes com altas taxas de transmissão. Ele é usado pela Ethernet 10 BaseT. O UTP é graduado de acordo com a necessidade da rede;
- **STP (*shielded twisted pair*)**: é comumente usado para redes tipo *token ring*.



Saiba mais

Os livros a seguir podem propiciar uma inter-relação com os conteúdos da unidade:

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. 4 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

CARISSIMI, A.; ROCHOL, J.; GRANVILLE, L. Z. *Redes de computadores*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

O que é o IEEE?

IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers colabora no incremento da prosperidade mundial, promovendo a engenharia de criação, desenvolvimento, integração, compartilhamento e o conhecimento aplicado no que se refere à ciência e tecnologias da eletricidade e da informação, em benefício da humanidade e da profissão.

Sobre o IEEE

Criado em 1884, nos E.U.A., o IEEE é uma sociedade técnico-profissional internacional, dedicada ao avanço da teoria e prática da engenharia nos campos da eletricidade, eletrônica e computação.

O IEEE congrega mais de 400.000 associados, entre engenheiros, cientistas, pesquisadores e outros profissionais, em cerca de 150 países.

É dirigido por um Board of Directors, e por um Executive Committee. Compõe-se de 10 Regiões, 36 Sociedades Técnicas, 7 Conselhos Técnicos, e por aproximadamente 1200 Society Chapters e 333 Seções.

Fonte: IEEE BRASIL... (s/d.).

7 TELEFONIA

Podemos dividir os sistemas de telefonia em dois grupos: telefonia fixa e telefonia móvel. Veja a seguir a definição de cada uma delas.

7.1 Telefonia fixa

Como os assinantes do serviço telefônico localizam-se em uma grande área geográfica, os circuitos (pares de condutores) devem percorrer certa distância para atingir a central telefônica. Dessa forma, o local para a instalação da central comutadora leva em consideração a área coberta pelo serviço, a distribuição dos assinantes e a área que ocupam. Com isso, nas áreas mais simples, onde apenas uma central é implantada, sua localização é definida levando em consideração o menor investimento com a planta de cabos.

Essa condição é chamada centro de fios e nesse local é construído um ambiente, denominado de centro telefônico, onde se abrigam os equipamentos comutadores e outros.

Em uma rede unicentral com o mesmo tipo de cabo, fraciona-se a área em quadros correspondentes a quarteirões, onde se registram as quantidades de assinantes a atender, localizando-se assim o centro dos fios.



Lembrete

Teoricamente, a posição ideal para localizar o centro de fios é a interseção de dois eixos (norte-sul e leste-oeste), que divide o mapa de assinantes em partes iguais.

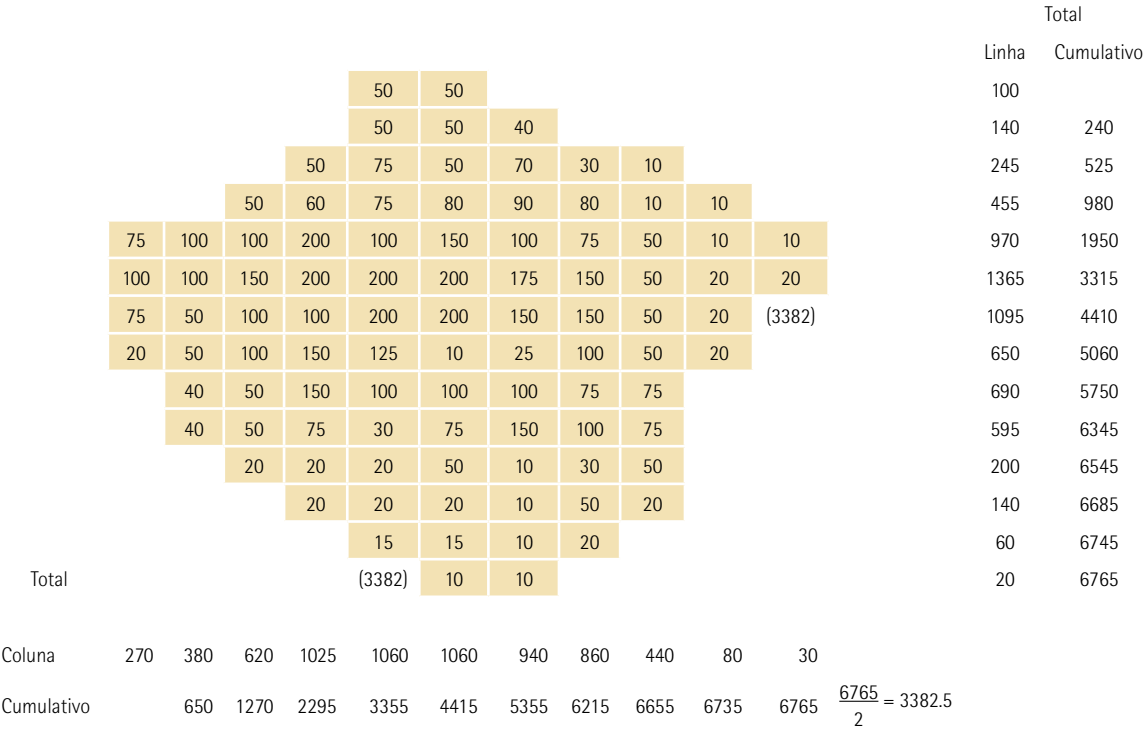


Figura 43 – Centro de fios de uma área unicentral

As linhas (circuitos) partem do centro telefônico, sendo elas individuais para cada assinante. Inicialmente, as linhas eram compostas de fios nus e aéreos, presos em cruzetas nos postes. Passavam sobre os telhados das casas que possuíam armações com apoios para os fios que neles eram fixados. Para chegar às casas, os fios partiam das torres de fios (veja a figura a seguir), que ficavam acima do centro telefônico.

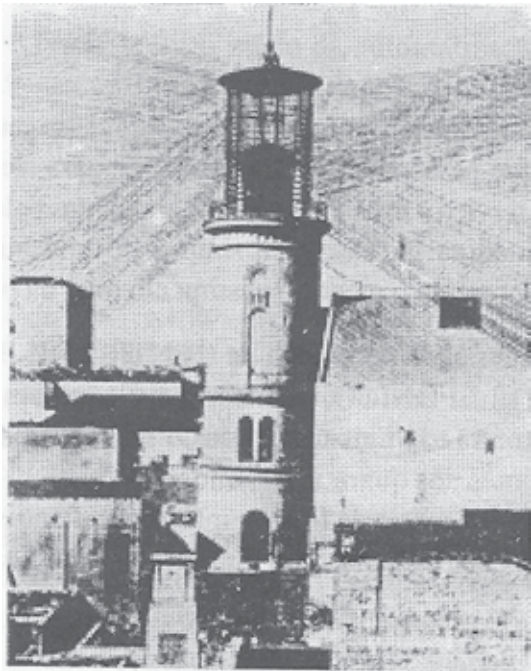


Figura 44 – Torre de fios na Rua Benjamin Constant – São Paulo, 1916

Com o aumento na demanda pela telefonia, postes foram colocados ao longo das ruas e avenidas, no centro das cidades aos quais os cabos telefônicos foram fixados. Em seguida, passaram a ser instalados em dutos subterrâneos nos centros das cidades. Essa estrutura de cabos, postes e afins constitui a rede telefônica e é denominada **planta externa**.

A resistência máxima de uma linha de assinante admitida pelas centrais comutadoras é de aproximadamente 1.800-2.000 ohms. Isto permite cerca de 5 km de comprimento de cabo (fios de cobre diâmetro 0,4 mm) entre a central e o telefone (FERRARI, 1999, p. 14).

A ampliação dos centros urbanos dificultou que todos os assinantes fossem conectados a um único **centro telefônico**, pois o limite se excedia. A solução então foi tornar as redes multicentrais, ou seja, instalava-se uma central telefônica em cada bairro ou conjuntos de bairros e estas atendiam a escritórios e residências dessa localidade. **Cabos troncos** então conectavam essas centrais.

7.1.1 Distribuidor geral

Os pares provenientes da planta externa penetram no centro telefônico normalmente por dutos subterrâneos e alcançam uma galeria, também subterrânea, denominada **galeria de cabos**. Nela, os cabos de grandes diâmetro externo e com milhares de pares cada são subdivididos em cabos menores e mais flexíveis, que são direcionados para uma série de calhas verticais e passam ao piso superior, onde se acha o **distribuidor geral**. Correspondente a cada calha vertical de cabos há um perfil de aço que suporta **blocos protetores** do DG. Cada par de cabos termina em um par de terminais do bloco protetor (FERRARI, 1999, p. 15).

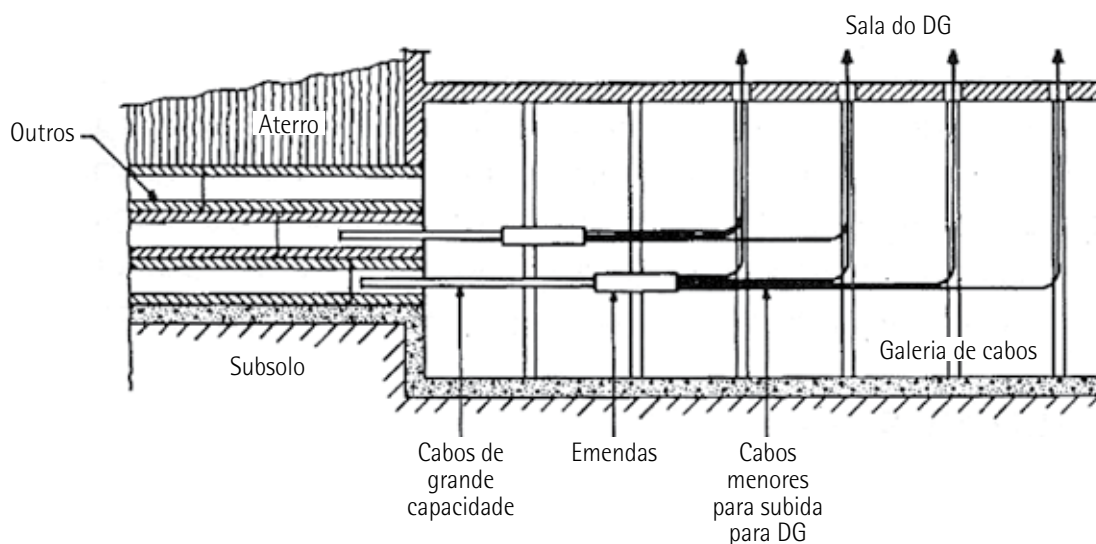


Figura 45 – Galeria de entrada de cabos

7.1.2 Redes de assinantes

A parte da planta externa que conecta os assinantes ao distribuidor geral é chamada de rede de assinantes. Construídas com fios de cobre de 0,4 mm de diâmetro ou fibras ópticas, podem ser elaboradas a partir de dois métodos: o europeu e o americano (veja figura a seguir). No método americano, o distribuidor geral é alcançado por todos os pares de assinantes, e dele partem os cabos que chegam às caixas de dispersão. A versatilidade para prover endereços é dada pela reiteração de um mesmo par em diversas caixas de dispersão. No europeu, divide-se a rede em duas partes. Do distribuidor geral partem os cabos alimentadores para os **armários**, e destes partem os cabos secundários que vão parar nas caixas de dispersão. É necessário nesse sistema que haja um *jumper* no distribuidor geral e um no armário.

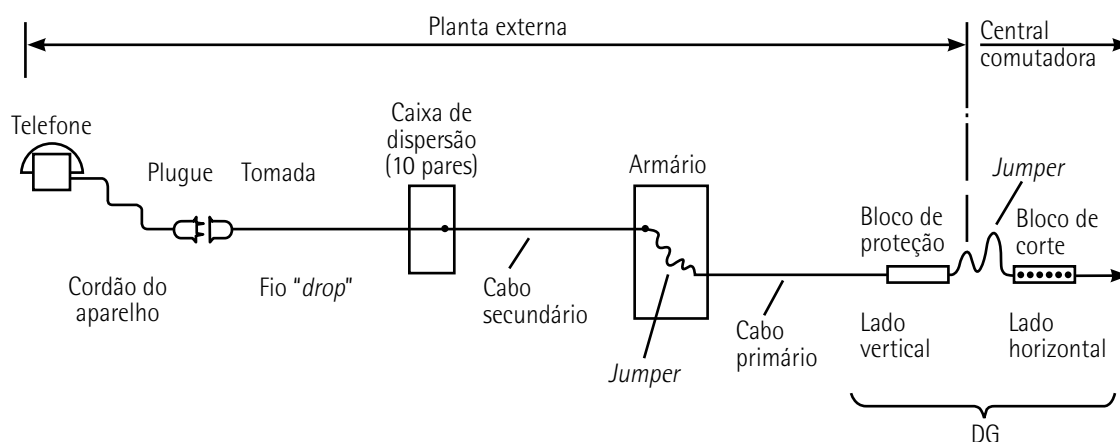


Figura 46 – Ligação física do telefone à central

7.1.3 Rede de dispersão

É a parte da planta externa mais próxima do assinante – por exemplo, a caixa de dispersão no posto ou edifícios.

7.1.4 Central comutadora

Responsável pelo estabelecimento das ligações entre os assinantes e os serviços especiais de longa distância. Sua importância está relacionada à segurança que o assinante vai encontrar para que os serviços oferecidos pela telefonia fixa funcionem corretamente e sem nenhuma interrupção.

O centro telefônico deve possuir uma estrutura que garanta:

- suprimento contínuo de energia;
- ambiente com temperatura e umidade controladas;
- condicionamento do ar.

Lista telefônica faz 135 anos

A primeira lista telefônica do mundo foi publicada em 21 de fevereiro de 1878, pela New Haven District Telephone Company. Era uma lista de 50 residências e empresas numa única página. Como era necessário pedir a ligação para a telefonista, a lista não tinha números de telefone.

Em novembro do mesmo ano, a empresa telefônica da cidade de New Haven, em Connecticut, publicou uma nova edição, com 20 páginas e informações de 391 clientes. Essa segunda edição tinha instruções como "não use o telefone mais de três minutos por vez, ou mais de duas vezes por hora".

A lista telefônica surgiu dois anos depois da invenção do telefone. Alexander Graham Bell havia obtido o registro da patente, e feito a primeira chamada telefônica, em 1876.

LIST OF SUBSCRIBERS.	
New Haven District Telephone Company.	
OFFICE 210 CHAPEL STREET.	
February 21, 1878.	
<i>Residences.</i>	<i>Stores, Factories, &c.</i>
Rev. JOHN E. TODD.	O. A. DORMAN.
J. B. CARRINGTON.	STONE & CHIDSEY.
H. B. BIGELOW.	NEW HAVEN FLOUR CO. State St.
C. W. SCRANTON.	" " " " Cong. ave.
GEORGE W. COY.	" " " " Grand St.
G. L. FERRIS.	" " " " Fair Haven.
H. P. FROST.	ENGLISH & MERSICK.
M. F. TYLER.	NEW HAVEN FOLDING CHAIR CO.
I. H. BROMLEY.	H. HOOKER & CO.
GEO. E. THOMPSON.	W. A. ENSIGN & SON.
WALTER LEWIS.	H. B. BIGELOW & CO.
	C. COWLES & CO.
<i>Physicians.</i>	C. S. MERSICK & CO.
Dr. E. L. R. THOMPSON.	SPENCER & MATTHEWS.
Dr. A. E. WINCHELL.	PAUL ROESSLER.
Dr. C. S. THOMSON, Fair Haven.	E. S. WHEELER & CO.
<i>Dentists.</i>	ROLLING MILL CO.
Dr. E. S. GAYLORD.	APOTHECARIES HALL.
Dr. R. F. BURWELL.	E. A. GESSNER.
	AMERICAN TEA CO.
<i>Miscellaneous.</i>	<i>Meat & Fish Markets.</i>
REGISTER PUBLISHING CO.	W. H. HITCHINGS, City Market.
POLICE OFFICE.	GEO. E. LUM, " "
POST OFFICE.	A. FOOTE & CO.
MERCANTILE CLUB.	STRONG, HART & CO.
QUINNIPIAC CLUB.	
F. V. McDONALD, Yale News.	<i>Hack and Boarding Stables.</i>
SMEDLEY BROS. & CO.	CRUTTENDEN & CARTER.
M. F. TYLER, Law Chambers.	BARKER & RANSOM.
Office open from 6 A. M. to 2 A. M.	
After March 1st, this Office will be open all night.	

Figura 47

7.2 Telefonia móvel

As redes de telefonia móvel são sistemas complexos e devem ser minuciosamente planejadas e projetadas. É preciso muita cautela na fase inicial e, principalmente, nas ampliações. O planejamento das células deve levar em consideração a topologia do lugar e o hábito de tráfego dos usuários.

O impacto econômico de um correto planejamento de telefonia celular é muito forte, já que os ingressos na rede são diretamente proporcionais ao emprego eficaz dos canais de rádio.

Existem diversas tecnologias de telefonia celular. Podemos destacar algumas, tais como:

- AMPS: *advanced mobile phone system* (sistema de telefonia móvel avançado);
- TDMA: *time division multiple access* (acessos múltiplos por divisão de tempo);
- CDMA: *code division multiple access* (acessos múltiplos por divisão de código);
- GSM: *global system for mobile communications* (sistema global para comunicações móveis);
- UMTS: *universal mobile telecommunications system* (sistema de telecomunicações móveis universal).

7.2.1 Arquitetura da telefonia móvel

Na arquitetura de uma rede de telefonia celular móvel em sua fase inicial existe uma só central de comutação de serviços móveis – MSC (*mobile services switching central*), que é necessária para toda a rede.

O MSC é um procedimento que traz uma grande economia para a concessionária do serviço de telefonia móvel. As antenas indicam as antenas fixas do sistema as quais ficam em estações RBS.

As RBS são interligadas à MSC por meio de enlaces fixos de transmissão:

- antena + sistema de rádio;
- antena + fibras óticas etc.

As antenas móveis que estão nos automóveis comunicam-se com a antena fixa da célula onde está a RBS mais próxima. A MSC tem um completo controle do posicionamento do automóvel por meio de constantes medições do nível do sinal recebido.

7.2.2 Handoff

Ao perceber que o automóvel passou para a área coberta por outra RBS cujo sinal é recebido com o nível mais alto, ela procede ao que se chama de *handoff* e passa automaticamente a receber e transmitir os sinais para essa outra RBS.

7.2.3 Roaming

Existe ainda o que se chama de *roaming*, que é a transferência automática da transmissão e recepção do sinal quando o veículo passa de uma área de uma MSC para a área de outra MSC. Com o crescimento do tráfego, surge a necessidade da introdução de mais MSCs, a fim de reduzir os gastos com transmissão e aumentar a disponibilidade da rede.

O *roaming* pode ser automático ou não: no caso de não ser automático, o assinante deve entrar em contato com a central de atendimento da companhia a ser "visitada" e solicitar uma pré-validação. O *roaming* nacional é efetuado quando o "visitante" discar código DDD do local visitado antes de teclar o número desejado do assinante local.

7.2.4 GSM

Devido à facilidade do *roaming* internacional, o usuário dispõe de um único número pelo qual é alcançado em qualquer rede GSM em que se encontre no mundo. Nessas redes, poderá utilizar o mesmo conjunto de serviços que está acostumado a usar na sua rede de origem.

Outra característica do GSM é o fato de que a identidade do usuário e a sua agenda telefônica pessoal, bem como o portfólio dos serviços contratados, são gravados na memória de um cartão inteligente: o cartão SIM. Inserido em qualquer aparelho GSM, o SIM o personaliza. Dessa maneira, um usuário pode ter vários aparelhos GSM ou mesmo tomá-los emprestado de alguém, bastando inserir o cartão SIM naquele que queira usar. Terá ainda a opção de viajar só com o cartão SIM, obtendo um aparelho emprestado, muitas vezes a custo zero, no aeroporto de destino.

O sistema internacional GSM de segurança bloqueia aparelhos roubados, adulterados, não certificados ou funcionando fora das especificações. Nesse caso, ele soluciona na raiz o problema da perda de receita a que estão sujeitos outros sistemas.

O padrão GSM está também na era da internet. Com a implantação do serviço de dados por pacotes GPRS (até 100 kbit/s), a qualidade do acesso ao *browsing* na *web* se rivalizou com a da rede fixa.

7.2.5 Canais de rádio

Os meios de ligação entre dois usuários da telefonia móvel são canais de rádio. Um canal de rádio equivale a um par de fios da telefonia convencional. Cada canal de rádio compõe-se de duas portadoras, sendo que uma leva informações do telefone celular até a ERB e a outra leva informações da ERB ao telefone celular. Essas duas portadoras constituem, então, um circuito fechado, razão pela qual os canais de rádio são também chamados de circuitos de rádio.

Do mesmo modo que em uma rádio FM, para se falar num canal de telefonia móvel AMPS é preciso sintonizar as duas portadoras, como se sintonizam estações de rádio FM.

7.2.6 AMPS

No Brasil, o celular AMPS usa uma faixa de frequências que vai de 824 MHz a 894 MHz. Essa faixa está dividida em duas subfaixas, cada uma com 25 MHz de largura: uma para a comunicação no sentido ERB–telefone celular, que vai de 824 MHz a 849 MHz, e outra para comunicação no sentido telefone celular–ERB, que vai de 869 MHz a 894 MHz (LIMA JÚNIOR, 2001).

Essas faixas de frequência são destinadas às bandas A e B, conforme visto a seguir.

Quadro 5 – Faixas de Frequência AMPS

Telefone celular/ERB		ERB/Telefone celular	
Banda A	Banda B	Banda A	Banda B
A:824 a 825 MHz	B:835 a 845 MHz	A:869 a 870 MHz	B:880 a 890 MHz
A:825 a 835 MHz	B:846,5 a 849 MHz	A:870 a 880 MHz	B:891,5 a 894 MHz
A:845 a 846,5 MHz		A:890 a 891,5 MHz	

Fonte: Lima Júnior (2001, p. 197).

Uma chamada pode ser feita da rede pública (PSTN) para o telefone celular ou o inverso. Quando um assinante da telefonia fixa disca o número de um telefone celular, sua central telefônica local analisa o número e encaminha a chamada para a central local ligada à central de comutação e controle (CCC) da telefonia móvel, a qual informa à ERB mais próxima do telefone celular que há alguém querendo falar com ele (LIMA JÚNIOR, 2001).

A ERB, por meio de um canal de controle, irradia a identificação do telefone móvel e qual canal vago ele deve sintonizar. Assim que o telefone celular recebe essas informações, ele sintoniza o canal indicado (uma portadora para transmissão e outra para recepção), recebe a sinalização e toca a campainha (LIMA JÚNIOR, 2001).

7.2.7 Células da telefonia celular móvel

As cidades são divididas em células, colocando-se uma ERB em cada uma delas. Reusam-se as frequências em células que estejam suficientemente distantes umas das outras, para não haver interferência. Com essa solução, os mesmos canais são usados em vários lugares distintos, de modo a aproveitar melhor as frequências e tornar o serviço disponível para muito mais assinantes.

As ERBs são reunidas em grupos (*clusters*) de 4, 7, 12 ou 21 células, conforme mostra a figura a seguir:

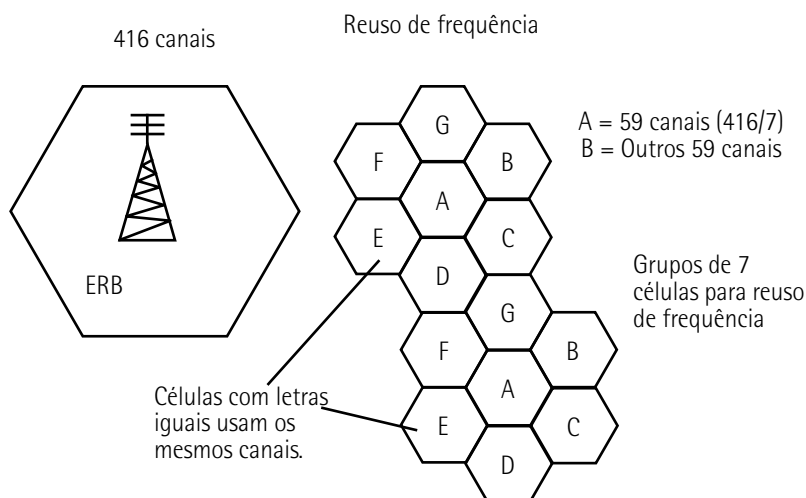


Figura 48 – Células da telefonia celular móvel

8 CATV E REDE DE FAIXA LARGA

8.1 Panorama atual

No início do século XXI, houve um grande desenvolvimento nas redes de TV. Para transmitir sinais de televisão, eliminando os problemas de recepção das áreas de sombras, municípios inteiros foram cabeados. Tal fato possibilitou que se escolhesse entre mais de uma centena de canais.

A TV paga possui atualmente 14,3 milhões de assinantes no Brasil (TV PAGA..., 2013). Em uma pesquisa realizada pela Anatel (2012), o setor registrou acréscimo de mais 1,5 milhão de assinaturas em 2012.

Considerando-se o número médio de 3,3 pessoas por domicílio divulgado pelo IBGE (2010), os serviços de TV por assinatura são distribuídos, atualmente, para aproximadamente 47,1 milhões de brasileiros.

O quadro a seguir mostra o crescimento da TV por assinatura no Brasil:

Quadro 6 – Crescimento da TV por assinatura

Ano	Total de assinaturas	De janeiro a dezembro	Crescimento anual (%)	Crescimento absoluto em maio	Crescimento percentual em maio
2007	5.348.571	765.446	16,70%	81.912	1,70%
2008	6.320.852	972.281	18,18%	114.692	2,05%
2009	7.473.476	1.152.624	18,24%	113.948	1,72%
2010	9.768.993	2.295.517	30,72%	177.349	2,21%
2011	12.744.025	2.975.032	30,45%	216.236	2,03%
2012	14.295.565	-	-	336.406	2,41%

Fonte: Anatel (2012).

A Anatel (2012) apresenta também o indicador da densidade dos serviços de TV por assinatura, em que demonstra a relação percentual entre o número de assinaturas e o número de domicílios estimado a partir dos dados publicados pelo IBGE em sua *Síntese de Indicadores Sociais*.

A figura a seguir demonstra a densidade dos serviços de TV por assinatura em cada região (assinaturas por 100 domicílios).

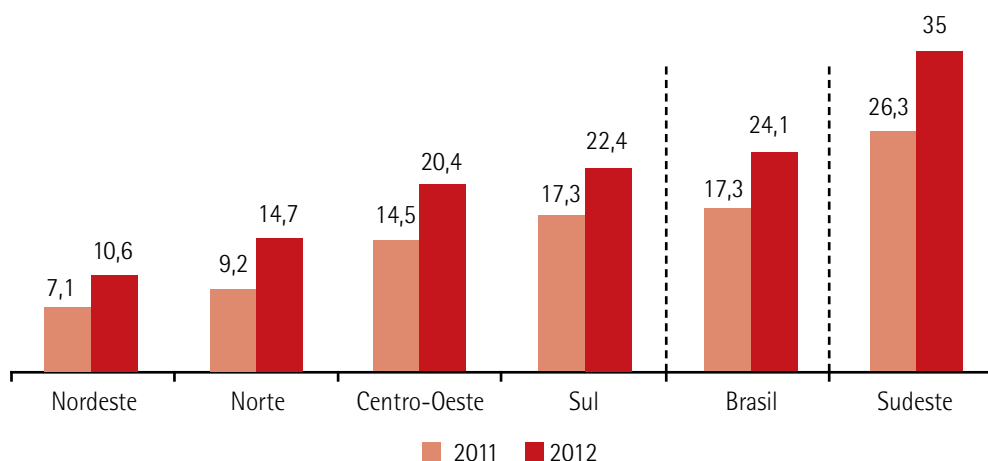


Figura 49 – Densidade dos serviços de TV por assinatura por região

Atualmente, há o sistema VOD (*video on demand*), em que o assinante interage com o prestador de serviço de TV por assinatura. Esse processo de envio de sinais da residência para o sinal do prestador faz com que haja uma troca, ocorrendo assim o tráfego de sinais nos dois sentidos.

Houve então uma evolução nos negócios para um serviço unificado de prestação de serviços de distribuição de sinais de TV juntamente com o de telecomunicações, o qual se denominou **convergência**.

Nessa convergência, os provedores de CATV (*community antenna television*) erigiram suas redes obedecendo requisitos para prestarem serviços sob a responsabilidade das operadoras telefônicas. Do mesmo modo, as telefônicas também implantaram em suas redes circuitos com características adequadas à operação de CATV.

8.2 Surgimento da CATV

De acordo com Ferrari (1999), a origem do nome CATV nada tinha a ver com CA de cabo. Conta-se que o Sr. Ed Parsons, para resolver o problema da recepção de sinal fraco de TV de uma comunidade (Astoria) no estado do Oregon, nos Estados Unidos, instalou em 1948 algumas antenas no alto de uma colina, onde o sinal era melhor. Ele amplificou os sinais fracos e retransmitiu os canais (trasladados para as posições vagas) para as casas da comunidade. O sistema ficou conhecido como de antenas comunitárias de TV, daí o nome CATV (*community antenna television*).

Houve a partir daí uma disseminação dessa técnica que solucionaria os problemas de sinais pelos Estados Unidos. Em alguns casos, passou-se a usar cabos coaxiais entre as residências e as antenas. Passado um tempo, a origem do termo foi esquecida, passando-se a associar, pela coincidência das letras, a CA de *cable*.

O mercado de usuários desse tipo de sinal aumentou e pesquisas e desenvolvimento colaboraram para a evolução e aquisição de equipamentos e tecnologias para a recepção de sinais.

8.3 Meios de transmissão

Existem três meios pelos quais é possível realizar a distribuição dos sinais de TV: cabo, micro-ondas e satélite.

8.3.1 Cabo

Composta em sua totalidade por cabos coaxiais ou mista de cabos ópticos e coaxiais, com amplificadores e vários componentes ativos passivos para a efetivação da rede.

A estrutura do cabo coaxial é composta por:

- revestimento exterior;
- malha de blindagem;
- fita de blindagem;
- dielétrico;
- condutor central.

Tem suas frequências na faixa 5-750 MHz, sendo a faixa de retorno 5-42 MHz e a faixa 54-750 MHz utilizada para a transmissão de canais de TV:

8.3.2 Micro-ondas

Dividide-se em:

- **MMDS (*multi-channel multi-point distribution system*)**: utiliza a faixa de 2,5-2,7 GHz, devendo haver visualização direta entre a antena transmissora e a receptora do assinante. A capacidade de transmissão dessa faixa é de 31 canais analógicos a uma distância de 20-50 km entre as antenas;
- **LMDS (*local multipoint distribution service*)**: utiliza a faixa de 28 a 40 GHz, possuindo uma antena transmissora/receptora no centro de cada célula. Há uma variação de 3 a 7

km no raio de cada célula e as antenas adjacentes alternam irradiação entre polarização horizontal e vertical.

8.3.3 Satélite

O assinante recebe o sinal diretamente do satélite e tal transmissão opera entre suas faixas:

- **faixa C**, denominada sistema DBS (*direct broadcast satellite*), que opera entre 3,7 e 4,7 GHz;
- **faixa Ku**, denominada sistema DTH (*direct to home*), que opera entre 10,95 e 12,75 GHz.

8.4 Arquitetura CATV

Uma arquitetura de rede elaborada de acordo com as especificidades de cada receptor leva à relação entre custo e desempenho desejado para o sistema.

Um desempenho eficaz garante que o cliente fique satisfeito e torne-se fiel, garantindo a adesão de um maior contingente de assinantes. Em contrapartida, um desempenho ruim, mas com baixo investimento, pode atrair uma quantidade elevada de adeptos no início da operação, mas não evitará que eles migrem para operadores concorrentes que ofereçam melhor qualidade.

Essa elaboração deve analisar e considerar as condições regionais, como padrão, qualidade de sinal e compatibilidade com componentes de rede produzidos localmente.

A rede de TV a cabo é composta de:

- central multisserviços (CMS);
- planta de distribuição;
- unidade de assinante;
- central multisserviços.

A CMS incorpora os múltiplos sinais de TV, VHF e UHF dos canais livres das emissoras de *broadcast* e também dos geradores de programas via satélite. Também gera videotapes, proteção de canais para *pay-per-view*, geração de menu eletrônico com as informações de programação de canais e um processamento de sinais recebidos, a fim de distribuí-los.

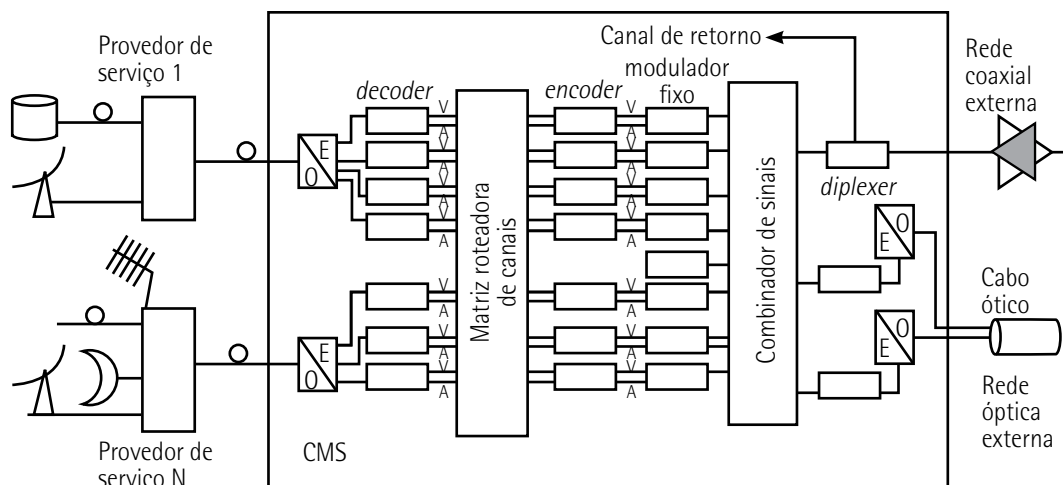


Figura 50 – CMS

Planta de distribuição

É composta por componentes ativos (fontes de suprimentos de energia, amplificadores e *top-box*) e componentes passivos (cabos coaxiais, ópticos, acopladores direcionais, *splitters* e *taps*). Os cabos troncais partem da CMS e alimentam a distribuição aos assinantes em suas localidades.

Atualmente, as plantas de distribuição são estruturadas em três níveis:

- **tronco óptico:** parte da CMS, nas grandes redes, e passa por centros de distribuição (CDB = *hub*) intermediários onde o sinal óptico pode ser ampliado e o tronco se subdivide em cabos secundários para alimentar os Bonu's;
- **distribuição óptica:** nos casos em que as fibras ópticas chegam bem próximo aos assinantes, aplica-se a distribuição óptica. Nela, a alimentação por meio de uma fibra óptica ocorre a partir da divisão da área de atendimento em células, microcélulas e picocélulas;
- **distribuição coaxial:** é aplicada nas pontas dos troncos ópticos para abastecer os assinantes e utilizada em torno da CMS que os alimenta diretamente. A rede coaxial de distribuição fomentada pelo Bonu pode ser passiva, quando não utiliza amplificadores, ou possuir alguns deles, que podem ser no máximo quatro.

Top-box

Mantendo em limite comum o aparelho de TV e o cabo coaxial do assinante encontra-se o dispositivo *top-box* ou *set top-box*.

Nos casos em que os canais chegam codificados à residência do assinante, o *top-box* pode ter incluso o decodificador, podendo então se constituir de um sintonizador que dirige o sinal para conexão à tomada de antena VHF da TV. Veja a figura a seguir:

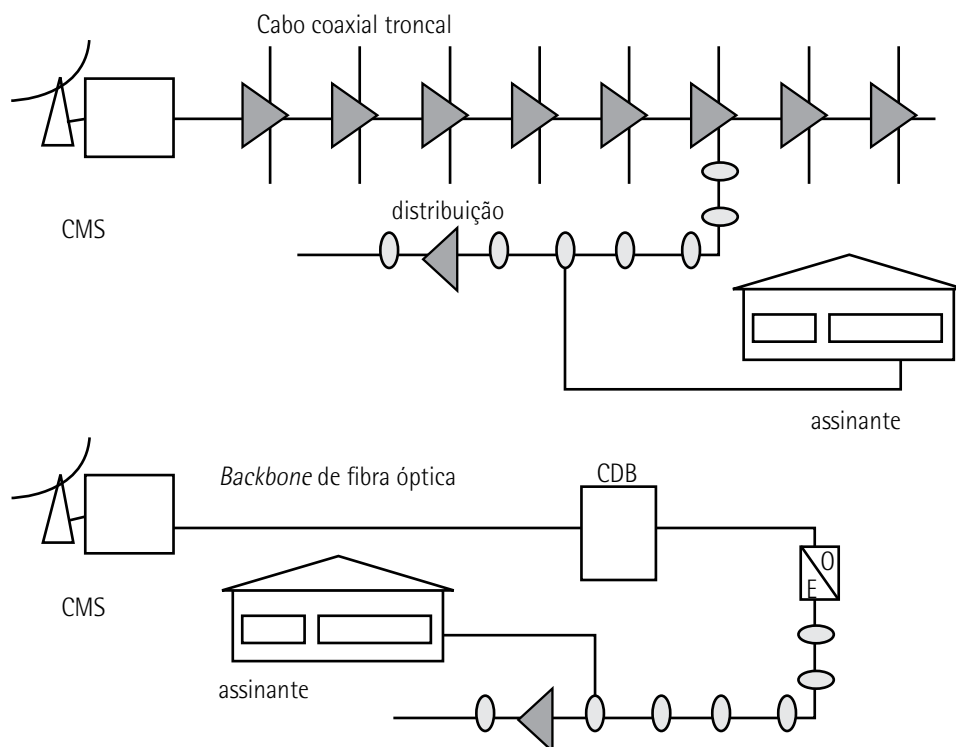


Figura 51 – Comparação das redes coaxial e HFC

O nível da potência de sinal é medida em decibéis e os cabos coaxiais usados na rede de distribuição têm entre 0,412" e 1,125" de diâmetro.

Localizados na faixa de 50 a 750 MHz estão os sinais de TV. Para igualá-los dentro dos módulos amplificadores, existem submódulos com uma rampa proporcional à da diminuição dos cabos, conforme figura a seguir:

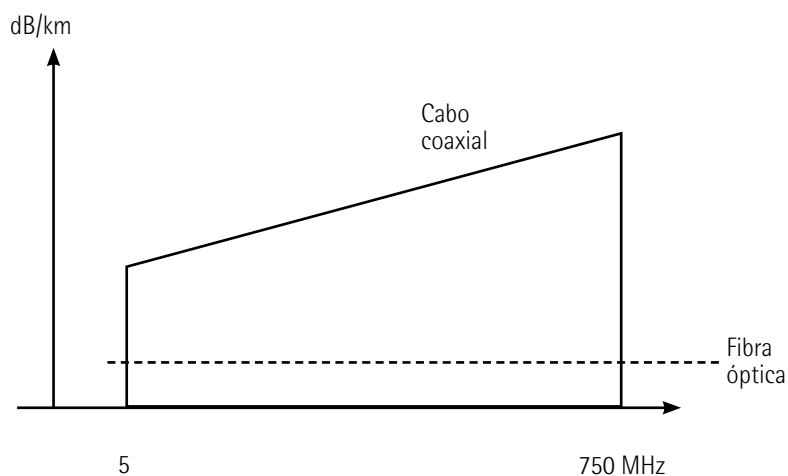


Figura 52 – Atenuação de cabo coaxial e de fibra óptica em função da frequência

Devido à perda dos cabos coaxiais e às potências desviadas para as ramificações, os cabos troncais e secundários devem ter amplificadores em série para reforçar os sinais. A distância entre amplificadores varia em função do espectro de RF no

cabo. Em um mesmo cabo de 1/2", a faixa até 540 MHz requer amplificadores troncais a cada 420 metros e se a faixa for até 750 MHz, a distância será menor: 310 metros. O projeto da malha de distribuição de TV a cabo definirá quais amplificadores e distâncias serão usados (FERRARI, 1999, p. 288).

Além dos cabos, a planta de distribuição é composta de outros componentes com o intuito de deslocar uma parte da potência dos cabos troncais e secundários para os ramais, para separar a potência em partes iguais e para ocasionar as derivações para as unidades de assinantes. Esses componentes são:

- **acoplador direcional**: conecta uma parte do sinal para um dos dois ramos de saída;
- **divisor de distribuição**: separa a potência de entrada entre as saídas;
- **acoplador de alimentação**: desloca uma porção da potência do ramal principal para um agrupamento de portas de saída com potência igual entre elas.

Amplificadores

Para compensar a redução nos cabos coaxiais e as potências derivadas para os ramais, utilizam-se amplificadores CATV para aumentar o nível dos sinais. De acordo com a aplicação na planta de distribuição, os amplificadores poderão ser dos seguintes tipos:

- amplificador troncal;
- amplificador troncal e módulos de controle;
- amplificador *bridger* e extensor de linha.

Projeto de planta de distribuição

Há passos contínuos para que se desenvolva um projeto de planta de distribuição coaxial. São eles:

- determinar a quantidade máxima de amplificadores;
- calcular os níveis de operação e distorções;
- projetar a via de retorno;
- preparar os mapas de área de cobertura;
- posicionar no mapa todos os elementos ativos e passivos;
- posicionar as fontes de alimentação de energia;
- produzir a lista de material.

De acordo com Ferrari (1998), o desenvolvimento do projeto deve ser feito levando em conta várias considerações, a saber:

- atenuações nas frequências altas e baixas;
- variação de temperatura no cabo;
- níveis de sinais desejados no ponto de conexão do assinante (casa e prédio);
- suprimento de energia (amplitude de alimentação das unidades de energia);
- planta híbrida óptica-coaxial (HFC).

Além disso, não se devem conectar assinantes na extremidade do cabo e a planta coaxial não pode prosseguir indefinidamente pelo acréscimo de mais amplificadores (problemas com ruído e distorções).

Pela redução ocorrida nos cabos coaxiais e pela necessidade de um maior número de amplificadores em série por toda a extensão do cabo troncal, a fibra óptica tomou lugar dos coaxiais nos troncos de distribuição com larga vantagem. Essa tecnologia em que se mesclam os dois tipos em um projeto denomina-se HFC.

Embora sejam pequenas as reduções nas fibras ópticas em relação aos cabos coaxiais, essas perdas precisam ser dirigidas para atingir os receptores ópticos acima de seu limite de sensibilidade. Por isso, utilizam-se amplificadores ópticos que agem sobre o sinal óptico.

Tabela 4 – Perda nos divisores ópticos [dB]

Divisor	Perda média	Perda máxima	Perda mínima	Divisor	Perda média	Perda máxima	Perda mínima
1:2 e 2:2	3,12	3,40	2,84	1:18 e 2:18	12,99	14,18	11,86
1:3 e 2:3	4,94	5,39	4,51	1:19 e 2:19	13,24	14,45	12,08
1:4 e 2:4	6,23	6,80	5,69	1:20 e 2:20	13,47	17,70	12,29
1:5 e 2:5	7,23	7,90	6,61	1:21 e 2:21	13,68	14,94	12,49
1:6 e 2:6	8,05	8,79	7,35	1:22 e 2:22	13,89	15,17	12,69
1:7 e 2:7	8,75	9,55	7,99	1:23 e 2:23	14,09	15,39	12,87
1:8 e 2:8	9,35	10,20	8,53	1:24 e 2:24	14,29	15,60	13,04
1:9 e 2:9	9,88	10,78	9,02	1:25 e 2:25	14,47	15,80	13,21
1:10 e 2:10	10,35	11,30	9,45	1:26 e 2:26	14,64	15,99	13,37
1:11 e 2:11	10,76	11,77	9,84	1:27 e 2:27	14,81	16,17	13,53
1:12 e 2:12	11,17	12,19	10,20	1:28 e 2:28	14,98	16,35	13,68
1:13 e 2:13	11,53	12,59	10,53	1:29 e 2:29	15,14	16,53	13,82
1:14 e 2:14	11,86	12,95	10,83	1:30 e 2:30	15,29	16,69	13,96
1:15 e 2:15	12,17	13,29	11,11	1:31 e 2:31	15,44	16,85	14,09
1:16 e 2:16	12,46	13,61	11,38	1:32 e 2:32	15,58	17,01	14,22
1:17 e 2:17	12,74	11,63	11,63	–	–	–	–

Fonte: Ferrari (1999, p. 294).

Desempenho

Para que o desempenho não seja comprometido, os ruídos e distorções devem ser amenizados. A causa do ruído é a agitação dos elétrons nos materiais resistivos e depende da largura da faixa, temperatura e resistência. Já a distorção é ocasionada pela não linearidade dos amplificadores que geram os sinais adicionais causados pelos batimentos das frequências.

Os parâmetros levados em conta são a relação portadora/ruído, a modulação cruzada, a segunda ordem composta e o batimento triplo composto. Veja no quadro a seguir o nível mínimo de cada um:

Quadro 7 – Especificação de desempenho de rede óptica para CATV

Parâmetro	Nível mínimo
Relação portadora / ruído (CNR)	53 a 55 dB
Modulação cruzada	-52 dB
Segunda ordem composta (CSO)	-65 dB
Batimento triplo composto (CTB)	-65 dB

Fonte: Ferrari (1999, p. 295).

8.5 CATV interativa

O assinante pode interagir com a central multisserviços e pedir uma programação personalizada. É possível implementar esse serviço, denominado *video on demand* (VOD), de algumas formas:

- **full video on demand:** nele, o assinante pode solicitar sua programação com um toque no botão do controle remoto do seu receptor, como se fosse um canal exclusivo, sendo possível retroceder e pausar quando necessário;
- **near video on demand:** não é exclusivo como o anterior. Nele, o sinal atinge todos os assinantes de determinada área; contudo, somente os que adquiriram o direito de assistir, pagando por ele, têm seu programa liberado.

8.6 TV digital

A TV, como qualquer mídia ou veículo de comunicação, está inserida em um processo contínuo de adaptação às novas necessidades da sociedade. Muitas modificações surgiram a partir do primeiro canal de TV, a BBC de Londres, fundada em 1936.

De preto e branco para o colorido, de um canal para muitos, dando ao telespectador o poder de escolha, torna-se necessário o uso do controle remoto, o que torna muito mais cômoda a troca de canais. Assim, surge o primeiro componente digital com integração aos aparelhos receptores dos sinais de TV.

A digitalização de parte do que se produzia, utilizando-se câmeras e ilhas de edição digitais, deu sequência à transmissão digital de áudio e vídeo. Isso viabilizou a troca do conjunto TV analógica + *set top box* por receptores totalmente digitais.

Um conjunto de procedimentos – produção, edição, transmissão e recepção – possibilita que o sinal de TV chegue até os telespectadores.

Os procedimentos de transmissão eram mais simples que os de hoje. Havia uma câmera geradora do sinal que o enviava para uma antena, a qual retransmitia para as residências dos telespectadores.

Primeiramente, tudo ocorria ao vivo. Contudo, quando surgiu o *videotape*, em 1956, a edição dos vídeos produzidos começou a ser realizada. Com isso, as imagens geradas pela câmera podiam ser armazenadas, editadas e, após isso, transmitidas. Essa técnica colaborou para o desenvolvimento da produção dos programas televisivos, bem como sua pós-produção.



Figura 53 – A ilha de edição da TV Mar incluía equipamentos de última geração em 1993

Em seguida, as ilhas de edição digitais ofereciam maior flexibilidade e recursos para os editores, o que pode ser considerado um grande avanço tecnológico. Nascia aí a TV digital. Testes foram realizados para modular o sinal audiovisual tanto para a transmissão via terrestre quanto via satélite.

No primeiro estágio, que vai desde a origem do meio até o final da década de 1970, a TV se caracteriza pelo número reduzido de canais de programação massiva, por difusão terrestre, e financiados pela publicidade, na América Latina e nos EUA, e pelo Estado, na Europa. A regulação era baseada no ideal do "serviço público". O governo fazia a concessão dos canais para determinadas pessoas explorarem os serviços de radiodifusão. Em troca, exigia a prestação de determinados serviços, como programas educativos, informativos, políticos etc. A televisão era tratada como um bem público, de interesse geral da sociedade. O argumento usado para justificar esse modelo de televisão era a limitação do

espectro, que não pode ser indefinidamente dividido em faixas de concessão. O resultado desse modelo foi a origem de oligopólios de comunicação, bastante rentáveis, com poucas diferenças entre si (MONTEZ, 2005, p. 23).

Diversas revoluções tecnológicas viabilizaram a propagação da TV a cabo e via satélite. Dessa forma, com o modelo de TV consolidado, exigiram-se novas formas de regulação.

Houve um aumento considerável nos números de canais televisivos e a audiência entre eles foi se diluindo. Por isso, a programação passou a ser dividida a um público menor, mas que se interessava e se identificava com o canal. Essa segmentação serviu de nicho para que o mercado incorporasse um modelo de negócios baseado em assinatura de pacotes de programação de TV, o que possibilitou efetivamente a secção de canais.

Nesse momento, o que era um serviço público nos anos anteriores passou a adquirir caráter privado. Mais especificamente na TV a cabo e por satélite, o modelo baseava-se no controle total do transmissor pelo conteúdo apresentado no canal.

O quadro a seguir mostra um balanço para a transição da TV digital no Brasil e Argentina.

Quadro 8 – Balanço da TV digital no Brasil e Argentina

	Primeira geração TV fordista	Segunda geração TV pós-fordista	Terceira geração TV digital
Serviços	Limitada quantidade de serviços unidirecionais de radiodifusão massiva	Grande quantidade de serviços unidirecionais de radiodifusão segmentada	Serviços personalizados e interativos de radiodifusão e telecomunicações
Modelo de negócios	Publicidade massiva e/ou subsídio governamental	Publicidade segmentada e assinaturas	Publicidade segmentada, assinaturas e pagamento por uso de serviços
Estratégia de negócios	Direitos de propriedade sobre o espectro	Integração vertical entre distribuidores e programadores	Controle de acesso e normas proprietárias no decodificador
Modelo de regulação	Serviço público com proteção aos concessionários	Serviço privado com certas obrigações públicas	Ainda não definido

Fonte: Galperin (2003, p. 31).

8.6.1 Benefícios da TV digital

O benefício mais evidente da transmissão de TV digital é a manutenção da qualidade do sinal. Mesmo não contando com o modo SDTV, a quantidade de linhas horizontais no canal de recepção fica acima de 400, sendo igual ao sinal que emana do canal de transmissão.

No sistema digital, devido às perdas, a definição nos aparelhos receptores (TVs e videocassetes) atinge, na prática, apenas 330 linhas horizontais – ou seja, ocorre uma perda significativa, impactando diretamente na qualidade da imagem que vemos na TV.

Digitalmente, a imagem fica muito mais protegida de interferências e ruídos, evitando-se então os "chuviscos" e "fantasmas" tão comuns na TV analógica.

Na transmissão digital, os sinais de som e imagem são representados por uma sequência de *bits*, e não mais por uma onda eletromagnética análoga ao sinal televisivo.

As modalidades mais conhecidas de televisão digital são a SDTV (*standard definition television*), a HDTV (*high definition television*) e a EDTV (*enhanced definition television*). A primeira é um serviço de áudio e vídeo digitais, parecida com a TV analógica, na relação de aspecto 4:3 (largura:altura da imagem), cujos aparelhos receptores possuem 408 linhas, com 704 pontos em cada uma. A HDTV, cuja imagem possui formato 16:9, é recebida em aparelhos com 1080 linhas de definição e 1920 pontos. Entre esses dois sistemas existe a EDTV, TV de média definição, que possibilita a utilização de aparelhos com 720 linhas de 1280 pontos.

Dependendo da largura de banda disponível para a transmissão, é possível mesclar essas modalidades de TV digital, uma vez que a qualidade da imagem no receptor é proporcional à banda utilizada pela transmissão (MONTEZ, 2005, p. 26).

Outra grande vantagem da TV digital, no que diz respeito ao campo técnico, é a otimização do espectro de frequências, que pode acontecer de duas formas: na compactação do sinal e na ausência de interferência. Outros benefícios também são destacados:

- **alta definição:** programas poderão ser transmitidos em formato e qualidade de cinema (a chamada tela de cinema ou 16:9);
- **som multicanal:** de modo similar ao que ocorre em DVDs, o som poderá ser *surround*;
- **TV móvel e portátil:** haverá a possibilidade de assistir TV dentro de carros (ou ônibus, trens, barcos etc.) em movimento sem que a imagem ou o som falhe. Poder-se-á também assistir em celulares, PDAs, PALMs, *notebooks*, *laptops* etc.;
- **múltiplos programas:** também será tecnicamente possível para a emissora transmitir mais de um programa simultaneamente ou diferentes tomadas da mesma cena, de forma que o telespectador escolha a que mais lhe aprouver;
- **interatividade:** as emissoras poderão também disponibilizar ao telespectador informações adicionais sobre a programação, tais como dados sobre atores do filme que está sendo apresentado, resumo do que aconteceu na novela até o capítulo anterior, notas sobre o time que está jogando etc. Para ver essas informações adicionais, o telespectador interagirá com seu navegador digital ou com seu televisor já integrado (VANTAGENS..., 2010).

Contudo, as vantagens da TV digital não se reduzem à qualidade e à otimização do espectro; existem inúmeras outras, que variam entre o campo técnico e o campo social – e dentre elas pode-se destacar a interatividade. Esgotando as possibilidades de evolução tecnológica, não houve mais possibilidade de atender às necessidades que eclodiram com a Era do conhecimento.

Com a velocidade de informação, concursos com sorteio de cartas enviadas pelos telespectadores ou ligações telefônicas passaram a não ser tão velozes e nem abranger grande número de contatos por vez. A evolução criou a necessidade de unir as ferramentas de comunicação à TV, tornando mais cômodo o contato entre quem transmite e quem recebe a mensagem do outro lado da tela.

A interatividade baseia-se na possibilidade de uma TV digital terrestre com um canal de regresso que possibilite, além da combinação de telefone, televisão e internet ou TV a cabo e internet – tudo em um só aparelho –, a interatividade entre receptor, aparelho e programação.

Entretanto, a interatividade não está resumida apenas no simples aumento e acesso da comodidade dos envolvidos na transmissão televisiva. Esse evento abrange também aspectos financeiros, devido ao fato de aumentar a quantidade e a qualidade dos serviços que são oferecidos pelas empresas.

Dos serviços oferecidos, podemos destacar o comércio televisivo. Nele, o telespectador passa a ter a chance de obter produtos e pacotes de serviços anunciados diretamente pela TV, isso tudo sem a obrigação de acessar o *site* da empresa que anuncia as ofertas do anunciante ou se locomover a uma de suas lojas.

Muito comum na TV digital hoje em dia é o serviço de vídeo sob demanda. Nele, o transmissor oferece vídeos e programação exclusiva e o telespectador apenas assiste o que quiser, quando quiser, se quiser. Esse tipo de serviço apenas é possível devido ao sistema *datacasting*, ou seja, uma transmissão que combina várias mensagens em um mesmo meio de transmissão com um sinal audiovisual. Esse sistema possibilita a comunicação entre o transmissor e o telespectador por meio do envio de dados, de modo geral em forma de texto. A internet também é um tipo de serviço que pode ser oferecido pela TV digital.

O quadro a seguir mostra a classificação dos níveis de interatividade.

Quadro 9 – Níveis de interatividade

Nível	Reativo	Coativo	Pró-ativo
Descrição	Nesse nível, as opções e realimentações (<i>feedbacks</i>) são dirigidas pelo programa, havendo pouco controle do usuário sobre a estrutura do conteúdo	Apresentam-se aqui possibilidades de o usuário controlar a sequência, o ritmo e o estilo	O usuário pode controlar tanto a estrutura quanto o conteúdo

Fonte: Reisman (2002).

O quadro a seguir mostra outra forma de classificar a interatividade das mídias como quente ou fria:

Quadro 10 – Mídias quentes X Mídias frias

Classificação	Descrição
Mídias quentes	São aquelas que não deixam nenhum (ou muito pouco) espaço de interação. Distribuem mensagens prontas, sem possibilidade de intervenção. Nesse sentido, são mídias quentes o rádio, o cinema, a fotografia, o teatro e o alfabeto fonético.
Mídias frias	São as que permitem a interatividade, que deixam um lugar livre que os usuários poderão preencher ao interagir. Essas mídias são a palavra, a televisão, o telefone e o alfabeto pictográfico. Hoje, os computadores e a rede mundial de informação (o ciberespaço) são exemplos de mídias frias, onde a interatividade não só é estimulada, mas necessária para a existência dessas mídias. Podemos dizer que, para esses sistemas, a interatividade é tudo.

Fonte: McLuhan (1964 *apud* MONTEZ, 2005, p. 35).



Resumo

A necessidade de comunicação entre as pessoas dispersas geograficamente é fundamental para nossas vidas, trabalho, saúde e lazer. Nesse contexto, outras formas de comunicação entre aparelhos e máquinas eletrônicas estão se tornando cada vez mais habituais.

Conhecemos aqui as tecnologias existentes – e as novas que estão por surgir – que auxiliam na construção, ampliação, melhoria e inovação das telecomunicações.

Vimos que o estudo, projeto e desenvolvimento das telecomunicações envolvem uma gama de áreas, tais como comutação, rede, propagação, telefonia móvel e fixa, internet, fibras ópticas etc.

Devido ao constante crescimento físico e populacional das cidades, novos desafios são encontrados na resolução de problemas relacionados a telecomunicações.

O conteúdo deste livro-texto fornece o primeiro passo ao leitor no entendimento sobre as tecnologias e suas características positivas ou negativas sobre as telecomunicações.



Exercícios

Questão 1. Já observamos que as redes podem ser classificadas de acordo com suas escalas. Assinale qual das classificações de redes a seguir utiliza-se da tecnologia Bluetooth.

A) Redes PAN.

- B) Redes LAN.
- C) Redes MAN.
- D) Redes WAN.
- E) Nenhuma das alternativas anteriores.

Resposta correta: alternativa A.

Análise das alternativas

- A) Alternativa correta.

Justificativa: a tecnologia Bluetooth tem seu alcance reduzido, ideal para a comunicação entre dispositivos localizados próximos uns aos outros, tais como *notebook*, *smartphones*, impressoras, fone de ouvido e *mouse* sem fio, entre outros.

- B) Alternativa incorreta.

Justificativa: as redes locais são redes privadas contidas em um único edifício ou *campus* universitário com até alguns quilômetros de extensão. Nesse sentido, a tecnologia Bluetooth, por ter um alcance limitado, não atende a essa classificação de rede.

- C) Alternativa incorreta.

Justificativa: uma rede metropolitana abrange uma cidade. O exemplo mais conhecido de uma MAN é a rede de televisão a cabo disponível em muitas cidades. Nesse sentido, a tecnologia Bluetooth, por ter um alcance limitado, não atende a essa classificação de rede.

- D) Alternativa incorreta.

Justificativa: uma rede geograficamente distribuída abrange uma grande área geográfica, com frequência um país ou continente. Nesse sentido, a tecnologia Bluetooth, por ter um alcance limitado, não atende a essa classificação de rede.

- E) Alternativa incorreta.

Justificativa: há uma alternativa correta – a alternativa A.

Questão 2. Imaginemos um grupo de 21 células, com 416 canais disponíveis. Com quantos canais cada ERB poderia ser equipada?

- A) 17,8.

B) 18,5.

C) 19,8.

D) 20,7.

E) 21,3.

Resposta correta: alternativa C.

Análise das alternativas

A) Alternativa incorreta.

Justificativa: valor inválido.

B) Alternativa incorreta.

Justificativa: valor inválido.

C) Alternativa correta.

Justificativa: para a resolução do exercício, devemos dividir os 416 canais pelas 21 células. Logo, esta é a alternativa correta.

D) Alternativa incorreta.

Justificativa: valor inválido.

E) Alternativa incorreta.

Justificativa: valor inválido.

FIGURAS E ILUSTRAÇÕES

Figura 1

44880_GUTEN_PRESS_LG.JPG. Disponível em: <http://etc.usf.edu/clipart/44800/44880/44880_guten_press.htm>. Acesso em: 31 jul. 2013.

Figura 2

JOHANNES_GUTENBERG.JPG. Disponível em: <<http://www.historyofinformation.com/expanded.php?id=330>>. Acesso em: 31 jul. 2013.

Figura 3

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 9.

Figura 4

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 9.

Figura 5

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 9.

Figura 6

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 10.

Figura 7

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 10.

Figura 8

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 11.

Figura 9

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. XXIV.

Figura 10

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. XXIV.

Figura 11

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. XXVI.

Figura 14

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 1.

Figura 15

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 2.

Figura 16

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 3.

Figura 17

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 3.

Figura 18

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 5.

Figura 19

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 6.

Figura 20

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 7.

Figura 21

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 13.

Figura 22

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 14.

Figura 23

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 25.

Figura 24

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 26.

Figura 25

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992. p. 26.

Figura 26

HAYKIN, S. *Sistemas de comunicação: analógicos e digitais*. Porto Alegre: Bookman, 2007. p. 108.

Figura 27

HAYKIN, S. *Sistemas de comunicação: analógicos e digitais*. Porto Alegre: Bookman, 2007. p. 108.

Figura 28

HAYKIN, S. *Sistemas de comunicação: analógicos e digitais*. Porto Alegre: Bookman, 2007. p. 108.

Figura 29

HAYKIN, S. *Sistemas de comunicação: analógicos e digitais*. Porto Alegre: Bookman, 2007. p. 108.

Figura 30

HAYKIN, S. *Sistemas de comunicação: analógicos e digitais*. Porto Alegre: Bookman, 2007. p. 108.

Figura 31

HAYKIN, S. *Sistemas de comunicação: analógicos e digitais*. Porto Alegre: Bookman, 2007. p. 108.

Figura 32

L3 COMMUNICATIONS. *Telemetry tutorial: Airborne System*. Disponível em: <http://www2.l-3com.com/tw/telemetry_tutorial/modulation.html>. Acesso em: 22 jul. 2013.

Figura 33

L3 COMMUNICATIONS. *Telemetry tutorial: Airborne System*. Disponível em: <http://www2.l-3com.com/tw/telemetry_tutorial/modulation.html>. Acesso em: 22 jul. 2013.

Figura 34

L3 COMMUNICATIONS. *Telemetry tutorial: Airborne System*. Disponível em: <http://www2.l-3com.com/tw/telemetry_tutorial/modulation.html>. Acesso em: 22 jul. 2013.

Figura 35

SEMENTILLE, A. C. *A utilização da arquitetura Corba na construção de ambientes virtuais distribuídos*. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. p. 26.

Figura 36

SEMENTILLE, A. C. *A utilização da arquitetura Corba na construção de ambientes virtuais distribuídos*. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. p. 27.

Figura 37

SEMENTILLE, A. C. *A utilização da arquitetura Corba na construção de ambientes virtuais distribuídos*. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. p. 25.

Figura 38

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. p. 67.

Figura 39

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. p. 67.

Figura 40

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. p. 24.

Figura 41

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. p. 331.

Figura 42

SIQUEIRA, T. S. de. *Bluetooth: características, protocolos e funcionamento*. Campinas: Unicamp, 2006. p. 3.

Figura 43

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 13.

Figura 44

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 14.

Figura 45

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 15.

Figura 46

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 16.

Figura 47

CRUZ, R. *Lista telefônica faz 135 anos*. 2013. Disponível em: <<http://www.renatocruz.com/index.php/2013/02/21/lista-telefonica-faz-135-anos/>>. Acesso em: 23 jul. 2013.

Figura 48

LIMA JUNIOR, A. W. *Telecomunicações modernas*. 2 ed. Rio de Janeiro: Book Express, 2001.

Figura 49

ANATEL. *Relatório final de resultados*. Segmento: usuários de telefones residenciais (STFC-R). 2003. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=51126&assuntoPublicacao=Relat%F3rio%20Residencial%20-%20volume%203&caminhoRel=&filtro=1&documentoPath=biblioteca/publicacao/pesquisa/relatorio_volume_03.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2013.

Figura 50

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 284.

Figura 51

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 285.

Figura 52

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999. p. 288.

Figura 53

DUARTE, M. *Histórias e lendas de Santos*: televisão. Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0173h1.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2013.

REFERÊNCIAS

Audiovisuais

Warriors of the Net. Dir. Tomas Stephanson. 13 minutos, 2002.

Telecomunicações. Dir. Paulo Fonseca. 58 minutos, 2011.

Textuais

143 ANOS: linha telegráfica de Campos ao Rio de Janeiro era inaugurada. 2012. Disponível em: <www.ururau.com.br/cidades24542>. Acesso em: 23 jul. 2013.

ANATEL. *Relatório final de resultados*. Segmento: usuários de telefones residenciais (STFC-R). 2003. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=51126&assuntoPublicacao=Relat%F3rio%20Residencial%20-%20volume%203&caminhoRel=&filtro=1&documentoPath=biblioteca/publicacao/pesquisa/relatorio_volume_03.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2013.

_____. *TV por assinatura cobre 14,3 milhões de domicílios*. 2012. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalNoticias.do?acao=carregaNoticia&codigo=25751>>. Acesso em: 23 jul. 2013.

CARISSIMI, A.; ROCHOL, J.; GRANVILLE, L. Z. *Redes de computadores*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

CRUZ, R. *Lista telefônica faz 135 anos*. 2013. Disponível em: <<http://www.renatocruz.com/index.php/2013/02/21/lista-telefonica-faz-135-anos/>>. Acesso em: 23 jul. 2013.

DUARTE, M. *Histórias e lendas de Santos*: televisão. Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0173h1.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2013.

FERLINE, O. P. *Interconexão de redes Bluetooth: uma aplicação em telemetria de serviços de distribuição de energia*. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2003.

FERRARI, A. M. *Telecomunicações: evolução e revolução*. São Paulo: Érica, 1999.

GALPERIN, H. *Comunicación e integración en la era digital: um balance de la transición hacia la televisión digital en Brasil y Argentina*. Madri: Telos, 2003.

GRÉGIO, A. R. A. *Tecnologia Bluetooth e aspectos de segurança*. Campinas: Unicamp, 2009.

HAYKIN, S. *Sistemas de comunicação: analógicos e digitais*. Porto Alegre: Bookman, 2007.

HISTÓRIA da internet. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.suapesquisa.com/internet/>>. Acesso em: 23 jul. 2013.

IEEE BRASIL. *Organização*. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.ieee.org.br/organizacao>>. Acesso em: 23 jul. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Síntese de Indicadores Sociais (SIS) 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicsoais2010/SIS_2010.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2013.

JORNAIS: breve história. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.anj.org.br/a-industria-jornalistica/historianomundo/historiadojornal.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2013.

KOBAYASHI, C. Y. *A tecnologia Bluetooth e aplicações*. São Paulo: Instituto de Matemática e Estatística – USP, 2004.

L3 COMMUNICATIONS. *Telemetry tutorial: Airborne System*. Disponível em: <http://www2.l-3com.com/tw/telemetry_tutorial/modulation.html>. Acesso em: 22 jul. 2013.

LIMA JUNIOR, A. W. *Telecomunicações modernas*. 2 ed. Rio de Janeiro: Book Express, 2001.

MCLUHAN, H. M. *Os meios de comunicação como extensões do homem*. São Paulo: Cultrix, 1964.

MICHAELIS. *Moderno dicionário da língua portuguesa*. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

MONTEZ, C.; BECKER, V. *TV digital interativa: conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil*. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

MORIMOTO, C. E. *Redes guia prático*. 2008. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/livros/redes/bluetooth.html>>. Acesso em: 31 maio 2013.

NASCIMENTO, J. do. *Telecomunicações*. São Paulo: Makron Books, 1992.

REISMAN, R. R. *Rethinking interactive TV: I want my Coactive TV*. Teleshuttle Corporation, 2002. Disponível em <<http://www.teleshuttle.com/cotv/CoTVIntroWtPaper.htm>>. Acesso em: 9 jun. 2013.

SEMENTILLE, A. C. *A utilização da arquitetura Corba na construção de ambientes virtuais distribuídos*. Tese (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

SIQUEIRA, T. S. de. *Bluetooth: características, protocolos e funcionamento*. Campinas: Unicamp, 2006.

SURGIMENTO da televisão. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/HistoriaDaFisica/surgimentodatelevisao.php>>. Acesso em: 10 maio 2013.

TANENBAUM, A. S. *Redes de computadores*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

TV PAGA já tem 14.3 milhões de assinantes no país. 2013. Disponível em: <<http://revistahometheater.uol.com.br/hotsites/tvpaga/tv-paga-ja-tem-14-3-milhoes-de-assinantes-no-pais/>>. Acesso em: 25 jul. 2013.

VANTAGENS da TV digital. 2010. Disponível em: <<http://www.dtv.org.br/sobre-a-tv-digital/vantagens-da-tv-digital/>>. Acesso em: 26 jul. 2013.

Site

<http://www.bluetooth.com>

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



Handwriting practice lines consisting of 30 horizontal lines. Each line is preceded by a small blue dot, serving as a starting point for letter formation. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page.



A series of horizontal lines for writing, consisting of 30 evenly spaced lines across the page.





Interativa

Informações:
www.sepi.unip.br ou 0800 010 9000