

Meios de Transmissão

Esta aula virtual tem por objetivo a apresentação dos diversos meios de transmissão utilizados pelas redes de comunicação.

Introdução

Qualquer meio capaz de transportar informações eletromagnéticas é passível de ser usado em redes de comunicações. Estes meios de transmissão servem para oferecer suporte ao fluxo de dados entre dois pontos. É usado o termo **linha** para designar o meio de transmissão usado entre esses pontos.

As linhas de transmissão podem ser do tipo física, como os pares de fios (pares telefônicos ou pares trançados), cabos coaxiais e fibras óticas, ou do tipo aéreo, que operam sob circunstâncias especiais, como as comunicações por rádio frequência (radiodifusão ou microondas), infravermelho ou até mesmo por enlaces de satélite.

Nesta aula serão abordados os meios de transmissão mais comuns utilizados. Esses meios são:

- Par de Fios;
- Pares Trançados;
- Cabo Coaxial;
- Fibras Óticas;
- Sistemas de Radio Enlace.

Par de Fios

O par de fios, também chamado de par trançado, foi um sistema originalmente produzido para transmissão telefônica analógica. Interessante observar que utilizando o sistema de transmissão por par de fios, aproveita-se esta tecnologia, que já é tradicional, por seu tempo de uso e no grande número de linhas instaladas.

A taxa de transmissão varia de acordo com as condições das linhas telefônicas utilizadas, podendo usualmente, variar entre 9.600 a 56.000 bps. Considerando enlaces ponto a ponto, essas taxas são aceitáveis, porém, quando se trata de enlaces multiponto, a taxa de transmissão decresce significativamente.

Todo o meio físico de transmissão sofre influências do meio externo, acarretando perdas de desempenho nas taxas de transmissão. Essas perdas podem ser atenuadas limitando-se a distância entre os pontos a serem ligados.

A qualidade das linhas de transmissão que utilizam o par de fios depende, basicamente, da qualidade dos condutores empregados, bitola dos fios (quanto maior a bitola, mais corrente passa pelo condutor), técnicas usadas para a transmissão dos dados através da linha e proteção dos componentes da linha para evitar a indução dos condutores.

A indução ocorre devido a alguma interferência elétrica externa ocasionada por osciladores, motores ou geradores elétricos, mau contato ou contato acidental com outras linhas de transmissão que não estejam isolados corretamente ou até mesmo tempestades elétricas ou proximidades com linhas de alta tensão.

A vantagem principal na utilização do par de fios é seu baixo custo de instalação e manutenção, considerando o grande número de bases instaladas.

Na figura 1, observa-se uma linha de par trançado, quanto a suas características elétricas.

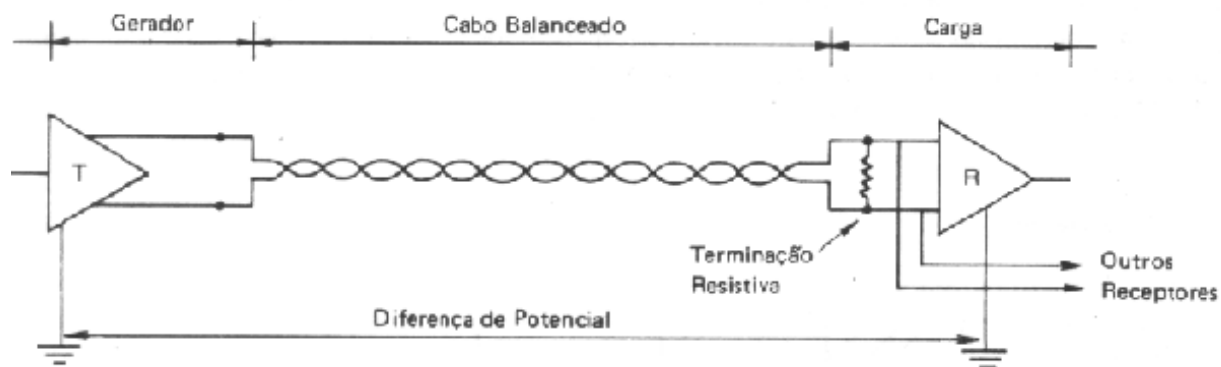


Figura 1: Característica Elétrica das Linhas Telefônicas de Pares de Fios

Pares Trançados

Pares trançados, ou cabos de pares trançados, podem ser dos tipos: Blindados (STP – *Shielded Twisted Pair*) ou Não Blindados (UTP – *Unshielded Twisted Pair*).

O cabo de par trançado não blindado (UTP) é um meio de quatro pares de fios usado em várias redes. Cada par de fios é isolado dos outros. Esse cabo usa apenas o efeito de cancelamento, produzido pelos pares de fios trançados para limitar a degradação do sinal causada por interferência eletromagnética e por interferência da frequência de rádio. Para reduzir ainda mais a diafonia entre os pares no cabo UTP, o número de trançamentos nos pares de fios irá variar.

Como o cabo STP, o cabo UTP deve seguir especificações precisas no que se refere a quantos fios torcidos ou tranças são permitidos por metro de cabo. Quando usado como meio de rede, o cabo UTP tem quatro pares de fios de cobre de bitola 24 mm^2 . O UTP usado como um meio de transmissão de rede tem uma impedância de 100 ohms. Isso o diferencia de outros tipos de cabeamento de par trançado, como aquele usado para o cabeamento de telefones.

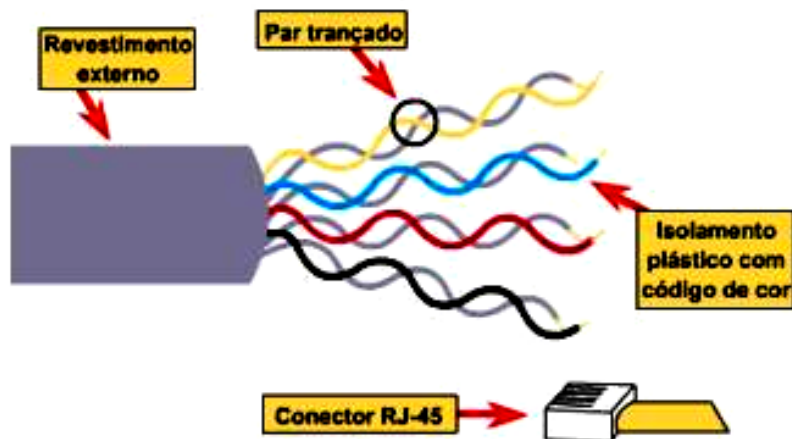
Como o UTP tem um diâmetro externo de aproximadamente $4,3 \text{ mm}^2$, sua pequena espessura pode ser vantajosa durante a instalação. Como o UTP pode ser usado com a maior parte das arquiteturas de rede, ele continua a crescer em popularidade.

O cabo de par trançado não blindado tem muitas vantagens. Ele é fácil de ser instalado e mais barato que outros tipos de meios de rede. Na verdade, o UTP custa menos por metro do que qualquer outro tipo de cabeamento de LAN, no entanto, o que realmente é vantajoso é a sua espessura. Como tem o diâmetro externo pequeno, o UTP não enche os dutos de cabeamento tão rapidamente quanto outros tipos de cabo. Esse pode ser um fator muito importante para se levar em conta, particularmente quando se instala uma rede em um prédio antigo. Além disso, quando o cabo UTP é instalado usando-se um conector do tipo RJ, fontes potenciais de ruído na rede são muito reduzidas e uma conexão bem sólida é praticamente garantida.

A construção física dos cabos de pares trançados não blindados é apresentada na figura 2.

Há, no entanto, um número de desvantagens no uso de cabeamento de par trançado. O cabo UTP é mais propenso ao ruído elétrico e a interferência do que outros tipos de meios de rede. Além disso, o UTP já foi considerado mais lento na transmissão de dados do que outros tipos de cabos. No entanto, isso não é mais verdade. Na realidade, hoje, o UTP é considerado o mais veloz meio baseado em cobre. Mantém-se o fato de que a distância entre os repetidores de sinais é menor para o UTP do que para o cabo coaxial.

Par trançado não blindado (UTP)



- Velocidade e throughput: 10 - 100 Mbps.
- \$ médio por nó: moderadamente caro.
- Meios e tamanho do conector: pequeno.
- Comprimento máximo do cabo: 100m (curto).

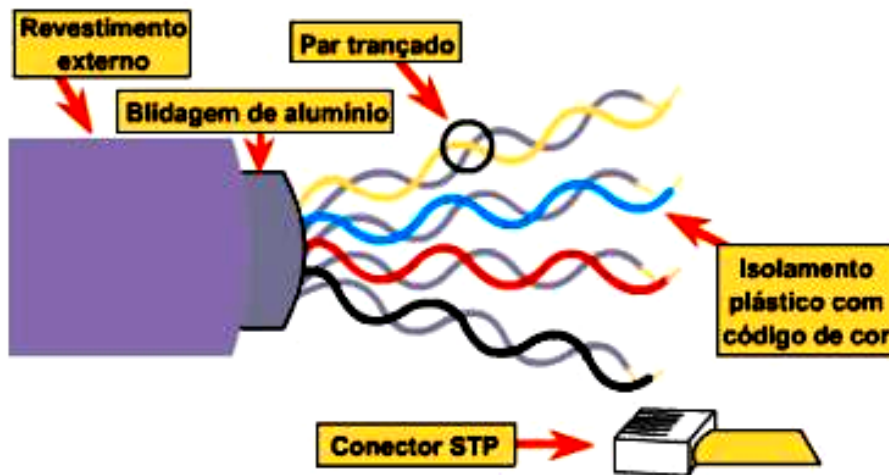
Figura 2: Construção Física dos Cabos de Pares Trançados Não Blindados

O cabo de par trançado blindado (STP) combina as técnicas de blindagem, cancelamento e trançamento de fios. Conforme especificado para uso nas instalações de rede Ethernet, o STP fornece resistência à interferência eletromagnética e a interferência de frequência de rádio sem aumento significativo do peso ou do tamanho do cabo. O cabo de par trançado blindado tem todas as vantagens e desvantagens do cabo de par trançado não blindado. No entanto, o STP permite maior proteção contra todos os tipos de interferências externas, mas é mais caro do que o cabo de par trançado não blindado.

Ao contrário do cabo coaxial, a blindagem no STP não faz parte do circuito de dados, portanto o cabo precisa ser aterrado em ambas extremidades. Normalmente, os instaladores aterram o STP no quadro de cabeamento ou no *hub*, mesmo que nem sempre seja fácil fazê-lo, particularmente se os instaladores tentarem usar *patch panels* mais antigos que não foram projetados para acomodar o cabo STP. Se aterrado incorretamente, o STP poderá tornar-se uma grande fonte de problemas, porque permite que a blindagem atue como uma antena, absorvendo sinais elétricos de outros fios no cabo e de fontes de ruídos elétricos do lado de fora do cabo. Finalmente, o STP não pode ser estendido tanto quanto outros meios de redes (como o cabo coaxial, por exemplo), sem que o sinal seja repetido.

Outro tipo de STP é especificado para instalações Token Ring. Nesse tipo de cabo, conhecido como STP de 150 ohms, não só o cabo é todo blindado para reduzir a interferência eletromagnética e a interferência de frequência de rádio, mas cada par de fios trançados é protegido um do outro com o objetivo de reduzir a diafonia. Embora a blindagem usada no cabo STP de 150 ohms não seja parte do circuito, como ocorre no cabo coaxial, ele ainda assim tem de ser aterrado em ambas as extremidades. Esse tipo de cabo STP necessita de mais isolamento e uma quantidade maior de blindagem. Esses fatores se combinam para aumentar consideravelmente o tamanho, peso e custo do cabo. Ele também requer a instalação de grandes salas de cabos e grandes dutos de cabeamento, luxos que muitos prédios antigos não podem fornecer.

Na figura 3 é apresentada a construção física dos cabos de pares trançados blindados.



- ◆ Velocidade e throughput: 10 - 100 Mbps.
- ◆ \$ médio por nó: Moderadamente caro.
- ◆ Meios e tamanho do conector: médio a grande.
- ◆ Comprimento máximo do cabo: 100m (curto).

Figura 3: Construção Física dos Cabos de Pares Trançados Blindados

As diferenças construtivas entre os cabos não blindados e blindados são ilustradas na figura 4.

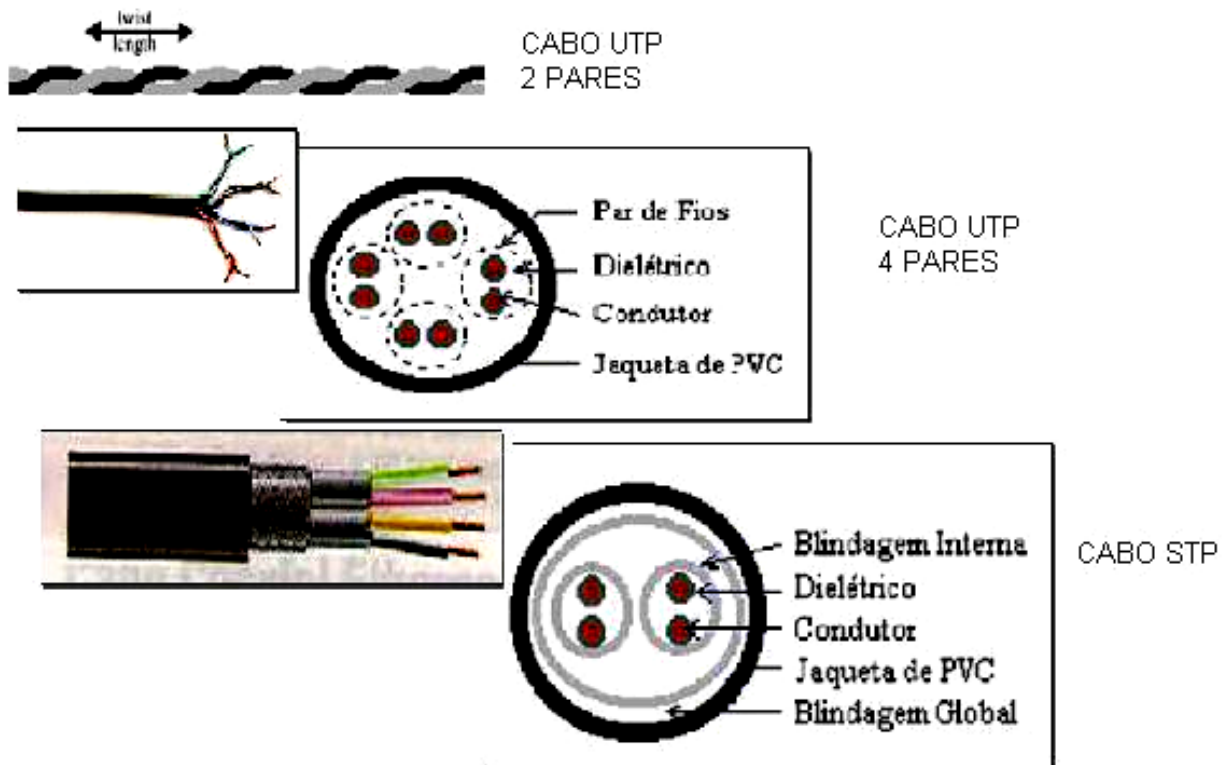


Figura 4: Diferenças Construtivas entre os Cabos de Pares Não Blindados e Blindados

Os cabos UTP, que são padronizados pela EIA / TIA (*Electronic Industries Association / Telecommunications Industry Association*), tem sua aplicação, por distinção de categorias, apresentada na tabela 1.

Categorias EIA / TIA	Aplicação
Categoria 1	Aplicado nos Sistemas Telefônicos, com banda de até 60 KHz e taxa de 64 Kbps.
Categoria 2	Cabos e <i>hardware</i> com características de transmissão de até 1 MHz e utilização em redes de dados IBM (SNA) com taxas até 2 Mbps.
Categoria 3	Cabos e <i>hardware</i> com características de transmissão de até 16 MHz e utilização em redes de dados IEEE 802.3 (Ethernet) com taxas até 10 Mbps.
Categoria 4	Cabos e <i>hardware</i> com características de transmissão de até 20 MHz e utilização em redes de dados IEEE 802.5 (Token Ring) com taxas até 16 Mbps.
Categoria 5	Cabos e <i>hardware</i> com características de transmissão de até 100 MHz e utilização em redes de dados IEEE 802.3 (Fast Ethernet) e ANSI (FDDI), com taxas até 100 Mbps.
Categoria 5e (<i>enhanced</i>)	Cabos e <i>hardware</i> com características de transmissão de até 100 MHz e utilização em redes de dados IEEE 802.3 (Giga Ethernet) com taxas até 1 Gbps.
Categoria 6	Cabos e <i>hardware</i> com características de transmissão de até 250 MHz e utilização em redes de dados IEEE 802.3 (Giga Ethernet) com taxas até 1 Gbps.
Categoria 7	Cabos e <i>hardware</i> com características de transmissão de até 600 MHz e utilização em redes de dados IEEE 802.3 (10 Giga Ethernet) com taxas até 10 Gbps.

Tabela 1: Categorias dos Cabos de Pares Não Blindados

Cabo Coaxial

O cabo coaxial possui vantagens em relação aos outros condutores utilizados tradicionalmente em linhas de transmissão por causa de sua blindagem adicional, que o protege contra o fenômeno da indução, causado por interferências elétricas ou magnéticas externas. Essa blindagem constitui-se de uma malha metálica (condutor externo) que envolve um condutor interno isolado.

Os cabos coaxiais geralmente são empregados na ligação de pontos próximos um do outro (rede local de computadores, por exemplo). A velocidade de transmissão é bastante elevada devido a tolerância aos ruídos graças a malha de proteção desses cabos.

Os cabos coaxiais são divididos em duas famílias:

- **Banda Base**

Nesta tecnologia de transmissão, o sinal digital é injetado diretamente no cabo. A capacidade de transmissão dos cabos nesta modalidade varia entre alguns Mbps.Km, no caso dos cabos mais finos, e até algumas dezenas de megabits por segundo no caso de cabos grossos. A impedância utilizada nesta modalidade de transmissão é de 50 ohms.

- **Banda larga**

Nesta tecnologia de transmissão, os cabos coaxiais suportam uma banda passante de até 400Mhz. Devido a esta grande tolerância, esse cabo é muito utilizado para a transmissão do sinal de vídeo em TV a cabo e, na transmissão de vídeo também em computadores, para a integração de imagens transmitidas para várias estações de rede local. A impedância utilizada nesta modalidade de transmissão é de 75 ohms.

As dificuldades de conexão com cabos coaxiais são um pouco maiores do que se fosse utilizado o par trançado. A conexão dos cabos é feita através de conectores mecânicos, o que também encarece sua

instalação em relação ao par trançado, porém, os benefícios compensam com larga vantagem a utilização deste método.

O cabo coaxial, conforme visto na figura 5, consiste em um condutor cilíndrico externo oco que circunda um fio interno feito de dois elementos condutores. Um desses elementos, localizados no centro do cabo, é um condutor de cobre. Circundando-o, há uma camada de isolamento flexível. Sobre esse material de isolamento, há uma malha de cobre ou uma folha metálica que funciona como o segundo fio no circuito e como uma blindagem para o condutor interno. Essa segunda camada, ou blindagem, pode ajudar a reduzir a quantidade de interferência externa. Cobrindo essa blindagem, está o revestimento do cabo.

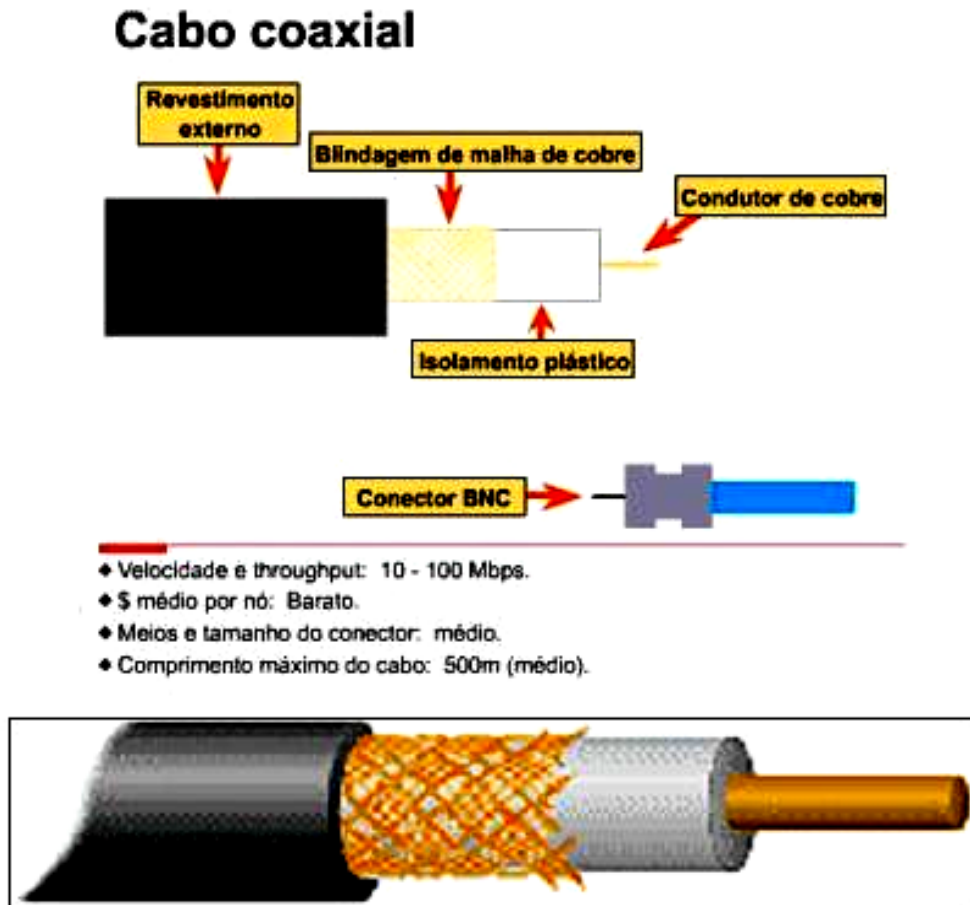


Figura 5: Construção dos Cabos Coaxiais

Para as LAN, o cabo coaxial oferece muitas vantagens. Ele pode ser estendido, sem muito esforço dos repetidores a distâncias maiores entre os nós de rede do que o cabo STP ou UTP. Os repetidores geram novamente os sinais em uma rede para que eles possam cobrir distâncias maiores. O cabo coaxial é mais barato do que o cabo de fibra óptica, além de sua tecnologia é bem conhecida. Ele foi usado por muitos anos para todos os tipos de comunicação de dados.

Ao trabalhar com cabo, é importante considerar a sua espessura. À medida que o diâmetro do cabo aumenta, aumenta também a dificuldade de se trabalhar com ele. Deve-se lembrar que o cabo tem de ser puxado através de conduítes e canais existentes que têm espessuras limitadas. O cabo coaxial existe em diversas espessuras. O maior diâmetro foi especificado para uso como cabo de *backbone* Ethernet devido a sua maior extensão de transmissão e suas características de rejeição ao ruído. Esse tipo de cabo coaxial é freqüentemente chamado de *thicknet*. Como o seu apelido sugere, esse tipo de cabo, devido à sua espessura, pode ser muito rígido para ser instalado facilmente em algumas situações. A regra prática é: "quanto mais difícil for a instalação dos meios de rede, mais cara será a instalação". O cabo coaxial é mais caro de se instalar do que o cabo de par trançado. O cabo *thicknet* não é mais usado, exceto para fins de instalações especiais.

O cabo coaxial com um diâmetro externo de apenas 3,5 mm (chamado de *thinnet*) era usado em redes Ethernet. Ele era especialmente útil para instalações de cabo que exigiam que o cabo fizesse muitas

curvas e voltas. Mais fácil de instalar, a instalação era mais econômica. Isso fez com que fosse chamado de **cheapernet**.

No entanto, como o cobre externo, ou da malha metálica no cabo coaxial, compreende metade do circuito elétrico, cuidados especiais têm de ser tomados para garantir que ele esteja aterrado corretamente. Isso é feito certificando-se de que haja uma conexão elétrica sólida em ambas as extremidades do cabo. Uma conexão blindada malfeita é uma das maiores fontes de problemas de conexão na instalação de cabo coaxial, problemas de conexão estes, que resultam em ruído elétrico que interferem na transmissão de sinal nos meios de comunicação de rede. Por essa razão, apesar do seu diâmetro pequeno, o *thinnet* não é mais usado em redes Ethernet.

Fibras Ópticas

Fibras ópticas são elementos de transmissão que utilizam sinais de luz codificados para transmitir os dados. A luz que circula pela fibra óptica situa-se no espectro do infravermelho e seu comprimento de onda está entre 10^{14} a 10^{15} Hz.

Na figura 6 apresenta-se um esquema de cabo de fibra óptica.

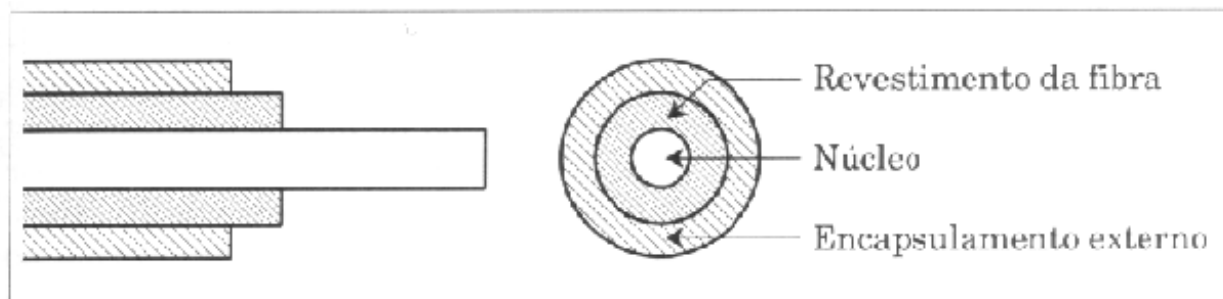


Figura 6: Construção de uma Fibra Óptica

A fibra óptica pode ser feita de plástico ou de vidro, revestida por um material com baixo índice de refração. Além destes dois materiais, a fibra possui também um revestimento plástico que lhe garante uma proteção mecânica contra o ambiente externo.

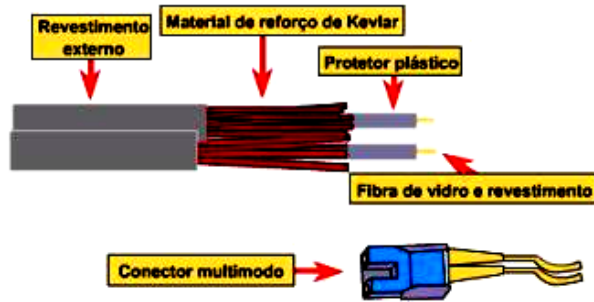
O cabo de fibra óptica, como meio capaz de conduzir transmissões de luz modulada, comparado a outros meios de rede, é mais caro, no entanto, não é suscetível à interferência eletromagnética e permite taxas de dados mais altas que qualquer um dos outros tipos de meios de rede aqui discutidos. O cabo de fibra óptica não carrega impulsos elétricos, como acontece com outras formas de meios de rede que empregam o fio de cobre. Em vez disso, os sinais que representam os bits, são convertidos em feixes de luz. Embora a luz seja uma onda eletromagnética, a luz nas fibras não é considerada sem-fio porque as ondas eletromagnéticas são guiadas na fibra óptica. O termo sem-fio é reservado às ondas eletromagnéticas irradiadas, ou não guiadas.

As comunicações por fibra óptica têm origem nas várias invenções feitas no século XIX, mas foi apenas na década de 60, quando fontes de luz de *laser* em estado sólido e vidros de alta qualidade, livres de impureza, foram introduzidos, que a comunicação por fibra óptica tornou-se prática. Seu uso amplo, foi iniciado pelas empresas telefônicas que viram suas vantagens para comunicações de longa distância.

Os cabos de fibra óptica usados para redes consistem em duas fibras em revestimentos separados. Se vistos em corte, cada fibra está envolta por camadas de material de revestimento reflexivo, uma camada de plástico feita de *Kevlar* e um revestimento externo. O revestimento externo fornece proteção para o cabo inteiro. Geralmente feito de plástico, ele está de acordo com os códigos de incêndio e os códigos da construção civil. A finalidade do *Kevlar* é fornecer proteção e amortecimento adicionais às fibras de vidro da espessura de um fio de cabelo. Onde os códigos exigam cabos de fibra óptica subterrâneos, um fio de aço inoxidável às vezes é incluído para tornar o cabo mais forte.

A figura 7 ilustra o cabo de fibras ópticas.

Cabo de fibra óptica



- Velocidade e throughput: 100+ Mbps.
- \$ médio por nó: muito caro.
- Meios e tamanho do conector: pequeno.
- Comprimento máximo do cabo: Até 2km.
- Modo único: um feixe de luz gerado por laserv.
- Multimodo: vários feixes de luz gerada por LED



Figura 7: Cabo de Fibras Ópticas

As partes condutoras de luz de uma fibra óptica são chamadas de *núcleo* e *revestimento*. O núcleo é geralmente um vidro muito puro com um alto índice de refração. Quando o vidro do núcleo é envolto por uma camada de vidro ou de plástico com baixo índice de refração, a luz pode ser mantida no núcleo da fibra. Esse processo é chamado de reflexão interna total e permite que a fibra óptica atue como um duto de luz conduzindo a luz por distâncias enormes, até mesmo em curvas.

As figuras 8, 9 e 10, respectivamente, apresentam a condução de sinais de luz nas fibras ópticas. A manipulação das fibras deve atender a alguns cuidados especiais que estão ilustrados nas figuras 9 e 10, particularmente.

Conversor eletro-óptico (ex.: LED)

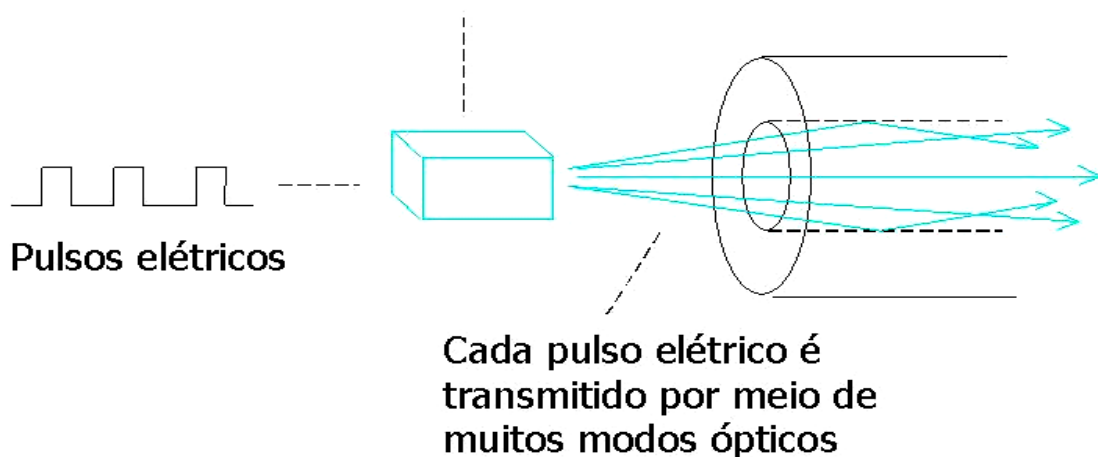


Figura 8: Condução da luz em Fibras Ópticas

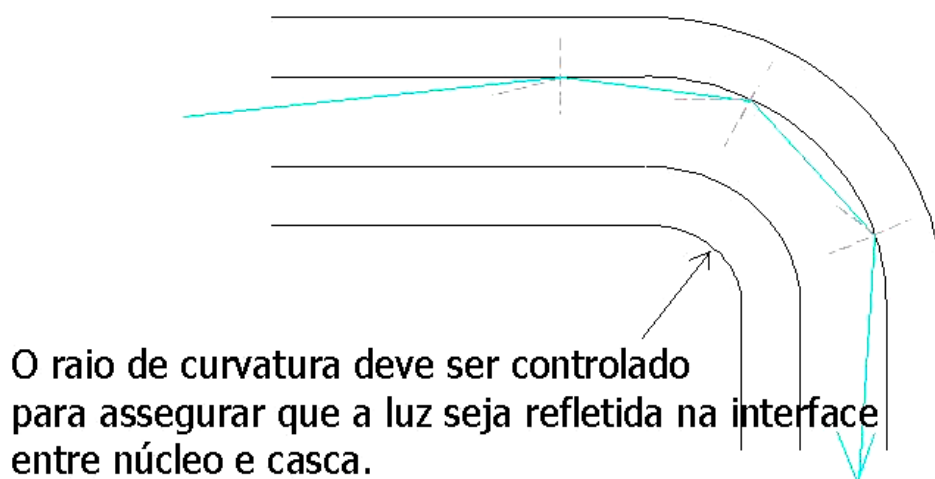


Figura 9: Condução em Curvatura da luz em Fibras Ópticas

Um raio de curvatura excessivo causará uma perda de luz através da casca.

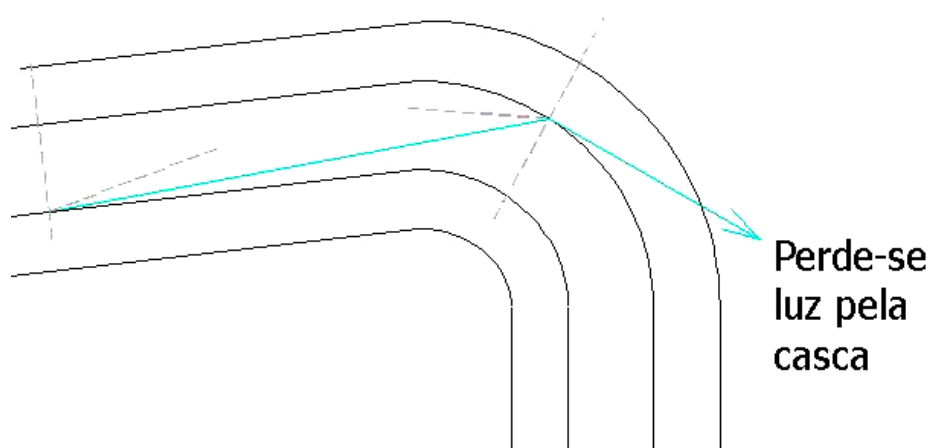


Figura 10: Perda de Condução da luz em Fibras Ópticas

Para a transmissão dos sinais, além do cabo óptico, são necessários dispositivos, que são descritos a seguir e estão ilustrados na figura 11:

- **Conversor de sinais elétricos para sinais óticos**

É um dispositivo que converte os sinais elétricos, que vêm por banda base, em sinais óticos. Para isso, esse dispositivo utiliza um transmissor de sinais óticos.

- **Transmissor de sinais óticos**

Constitui-se de um diodo emissor de luz no espectro de infravermelho, ou de um laser emissor de luz na mesma frequência. Esse dispositivo está conectado ao cabo de fibra ótica e emite através dele os dados enviados pelo conversor de sinais elétricos em sinais óticos.

- **Receptor dos sinais óticos**

Constitui-se de um fotodetector, geralmente um diodo de resistividade variável com a luz, que, ao receber a luz em infravermelho, altera a tensão da corrente que o atravessa na frequência da própria luz. Essa tensão elétrica é então transferida para o conversor de sinais óticos em sinais elétricos.

- **Conversor dos sinais óticos para os sinais elétricos**

É um dispositivo que converte os sinais óticos enviados pelo transmissor em sinais elétricos em banda base. Para isso, esse dispositivo recebe os sinais luminosos através de um receptor de sinais óticos.

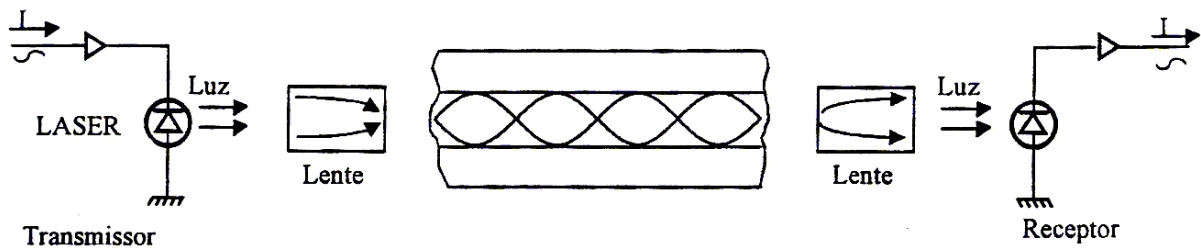


Figura 11: Sistema de Transmissão Óptico

Nas linhas de fibras óticas, a taxa de transmissão é muito mais alta do que nos sistemas físicos convencionais (cabos coaxiais ou pares trançados). Atualmente, esta taxa de transmissão está na faixa de Terabits por segundo.

Isto, se deve ao fato de que a atenuação das transmissões não depende da frequência utilizada.

A fibra ótica é completamente imune a interferências eletromagnéticas, portanto, não sofre indução, podendo ser instalada em lugares onde os fios e cabos não podem passar. Também não precisa de aterramento e mantém os pontos que liga, eletricamente isolados um do outro.

Do ponto de vista da capacidade de transmissão, a tecnologia atual de fibras óticas caracteriza-se por três tipos distintos, de acordo com a dispersão:

- **Multimodo com índice degrau**

Esse tipo de fibra ótica possui sua capacidade de transmissão limitada basicamente pela dispersão modal, que reflete os diferentes tempos de propagação da onda luminosa. Devido à alta dispersão, o desempenho destas fibras não passa de 15 a 25 MHz.Km.

- **Multimodo com índice gradual**

Esse tipo de fibra ótica possui sua capacidade de transmissão limitada pela dispersão modal, que reflete os diferentes tempos de propagação da onda luminosa. No entanto, essas fibras são menos sensíveis a esse fenômeno do que as fibras multimodais com índice degrau. A taxa de transmissão neste tipo de fibra é de 400 MHz.km, em média.

- **Monomodo**

Estas fibras são insensíveis à dispersão modal, que é a reflexão da onda luminosa em diferentes tempos. Devido a esta característica, esta fibra pode atingir taxas de transmissão na ordem de 100 GHz.Km.

As figuras 12 e 13, representam as estruturas das fibras óticas multimodo e monomodo, respectivamente.

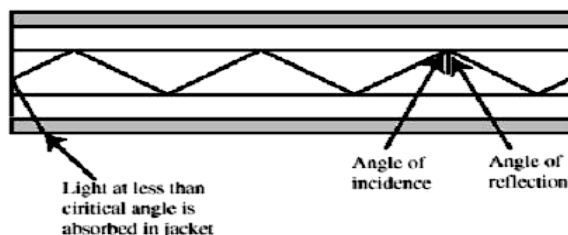


Figura 12: Fibras Óticas Multimodo



Figura 13: Fibras Ópticas Monomodo

Na fibra monomodo a luz caminha sem reflexões em virtude da espessura do condutor ser próxima ao do comprimento de onda de luz, possui ajuste mecânico mais preciso, torna-se assim, mais cara e com velocidades maiores, enquanto que na fibra multimodo a transmissão da onda de luz é feita sob vários modos de propagação, como se existissem espelhos e a luz refletisse.

O alto custo da instalação e manutenção das fibras ópticas constitui, atualmente, o maior obstáculo para utilização desta modalidade de transmissão de dados.

Sistemas de Rádio Enlace

Este sistema consiste na transmissão de dados por ondas de rádio frequência.

Para que a transmissão de dados neste sistema tenha êxito, é importante que certos requisitos sejam respeitados. Estes são os requisitos:

- Potência de transmissão;
- Mínima distorção na propagação do sinal;
- Manutenção das condições anteriores dentro de parâmetros suficientes para garantir a integridade dos dados transmitidos.

Existem algumas características peculiares na transmissão de dados por esta modalidade. São elas:

- Atenuação e propagação;
- Composição da atmosfera;
- Espectro de frequência;
- Sistemas em tropodifusão;
- Sistemas em visibilidade;
- Sistemas de satélite.

Atenuação e Propagação

Na propagação no espaço livre, que é um caso simples de rádio-propagação, não ocorrem fenômenos como refração, difração, reflexão, espalhamento, ou vinculação. Porém, quando surge algum obstáculo a ser transposto pelas ondas de rádio, esses fenômenos podem ser úteis, apesar de deixarem algumas seqüelas como atenuações ou distorções.

Na figura 14 tem-se o esquema do efeito da reflexão na troposfera.

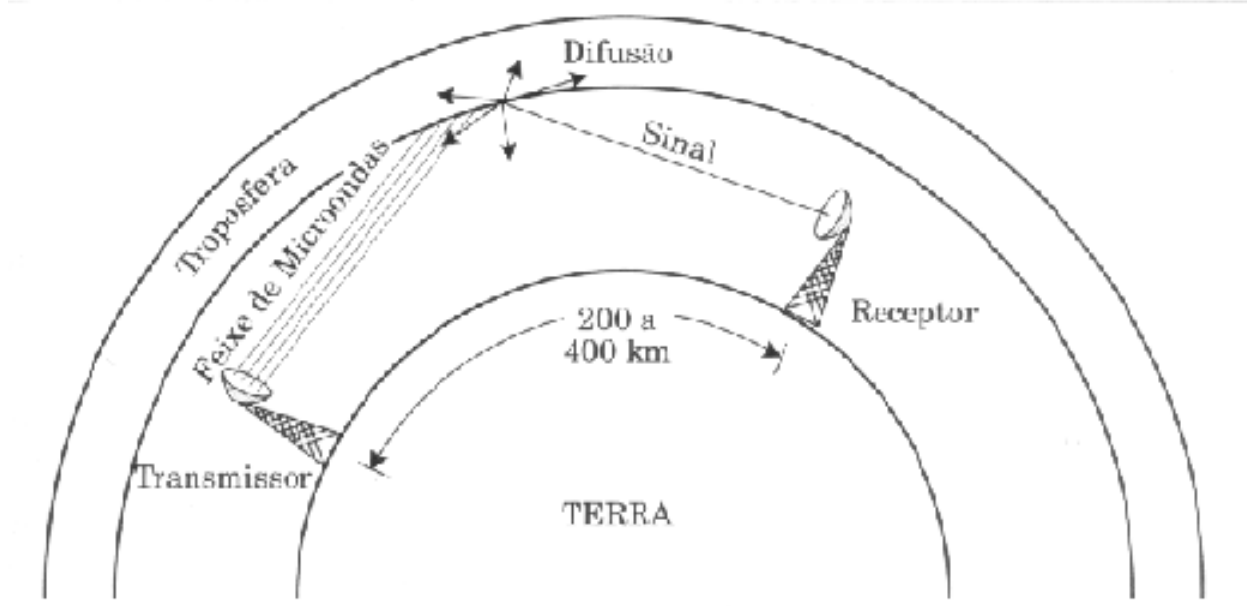


Figura 14: Efeito de Reflexão na Troposfera

Composição da atmosfera

A atmosfera possui três camadas que atuam de modo diferente na propagação das ondas de rádio através dela. Essas camadas são: a **Troposfera**, que é a camada mais baixa da atmosfera, a **Estratosfera**, que é a camada intermediária e a **Ionosfera**, que vai até o fim da atmosfera.

Ao atravessar a troposfera, uma onda de rádio refrata (muda de forma ou direção) à medida que aumenta de altitude. Isto se deve ao aumento de velocidade em decorrência da atenuação dos gases na medida em que vai se afastando da Terra.

Quando atravessa a Estratosfera, a onda não sofre nada, pois não existem gases o suficiente para a refração.

Quando chega na Ionosfera, a onda de rádio pode sofrer diversos fenômenos dependendo das atividades elétricas que ocorrem nesse lugar. Os fenômenos mais comuns são os de reflexão.

Espectro de Frequência

A medida em que as frequência das ondas de rádio vão aumentando, mais em linha reta elas se propagam, tal como a luz. A tabela 2 apresenta as faixas de frequências com suas denominações.

Denominações	Faixas de Frequência	
ELF (<i>Extremely Low Frequency</i>)	300 Hz a 3.000 Hz	(300 Hz a 3 KHz)
VLF (<i>Very Low Frequency</i>)	3.000 Hz a 30.000 Hz	(3 KHz a 30 KHz)
LF (<i>Low Frequency</i>)	30.000 Hz a 300.000 Hz	(30 KHz a 300 KHz)
MF (<i>Medium Frequency</i>)	300.000 Hz a 3.000.000 Hz	(300 KHz a 3 MHz)
HF (<i>High Frequency</i>)	3.000.000 Hz a 30.000.000 Hz	(3 MHz a 30 MHz)
VHF (<i>Very High Frequency</i>)	30.000.000 Hz a 300.000.000 Hz	(30 MHz a 300 MHz)
UHF (<i>Ultra High Frequency</i>)	300.000.000 Hz a 3.000.000.000 Hz	(300 MHz a 3 GHz)
SHF (<i>Super High Frequency</i>)	3.000.000.000 Hz a 30.000.000.000 Hz	(3 GHz a 30 GHz)
EHF (<i>Extremely High Frequency</i>)	30.000.000.000 Hz a 300.000.000.000 Hz	(30 GHz a 300 GHz)

Tabela 2: Faixas de Frequência das Ondas de Rádio e suas Denominações

Estas faixas de frequência, em conjunto, formam as Ondas de Rádio do Espectro Eletromagnético, o qual é apresentado na figura 15.

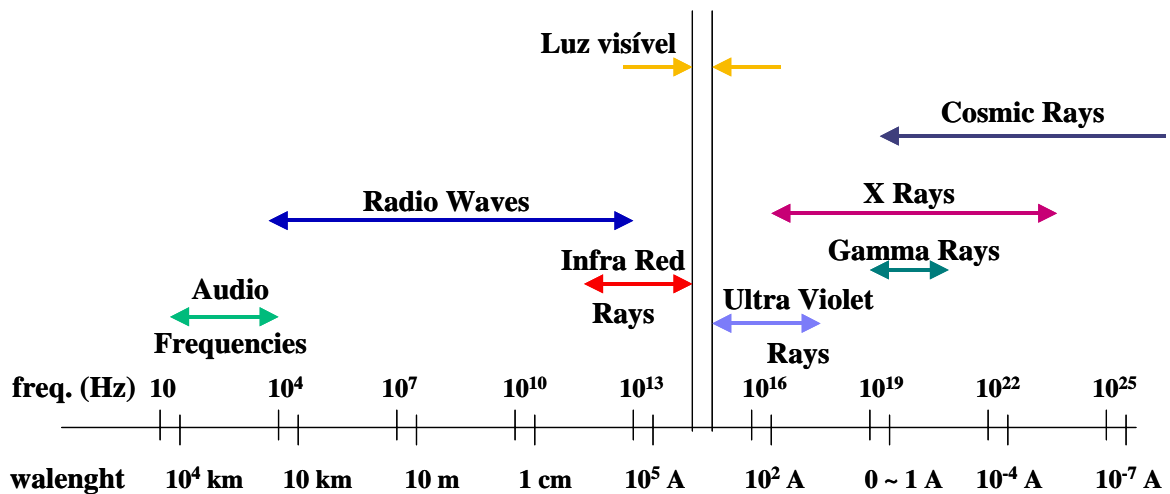


Figura 15: Espectro Eletromagnético

Sistemas em Tropodifusão

Quando as frequências das ondas de rádio estão entre 300 MHz e 3 GHz, estas podem refletir-se na troposfera, sendo portanto captadas por antenas que estejam fora do campo de visualização do transmissor. A troposfera serve como um espelho ao refletir as ondas de rádio.

Este esquema de transmissão pode ser visto na figura 14, anteriormente apresentada.

Sistemas em Visibilidade

Quando as frequências das ondas de rádio ultrapassam os 3 GHz, estas passam a se propagarem quase em linha reta, necessitando que as antenas transmissoras e receptoras fiquem uma de frente para outra. Relevos acentuados e distâncias elevadas podem inviabilizar o sistema.

Na figura 16 temos um esquema de transmissão por visibilidade.

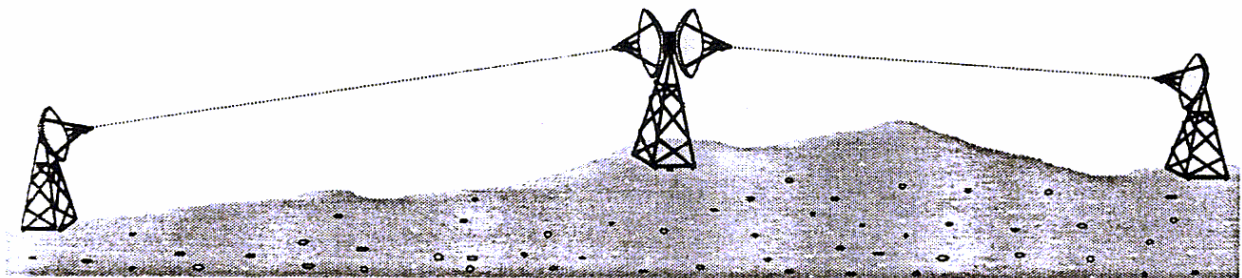


Figura 16: Sistema de Rádio Visibilidade

Sistemas de Satélite

Para frequências muito altas (acima de 3 GHz) as ondas de rádio ultrapassam a atmosfera não refletindo na troposfera. Faz-se necessário o uso de satélites artificiais para retransmitir o sinal transmitido de volta para a Terra. Esta comunicação é feita com satélites geoestacionários, que ficam em órbita à altura de 36.000 Km.

O tempo de vida útil de um satélite é de 8 a 10 anos, tempo de duração do combustível de alimentação de motores de correção de órbita. O satélite é mantido em sua posição orbital através de um feixe fino de rádio emitido por uma estação terrestre e também, é mantido voltado para a Terra através de sensores infravermelho que sentem o calor da Terra contra o frio gelado do espaço sideral.

É um meio de transmissão que independente da distância, porém apresenta problemas de temporização, pois consome 270 mseg para subir e outros 270 mseg para descer o sinal.

O processo de retransmissão por satélite é ilustrado pela figura 17.

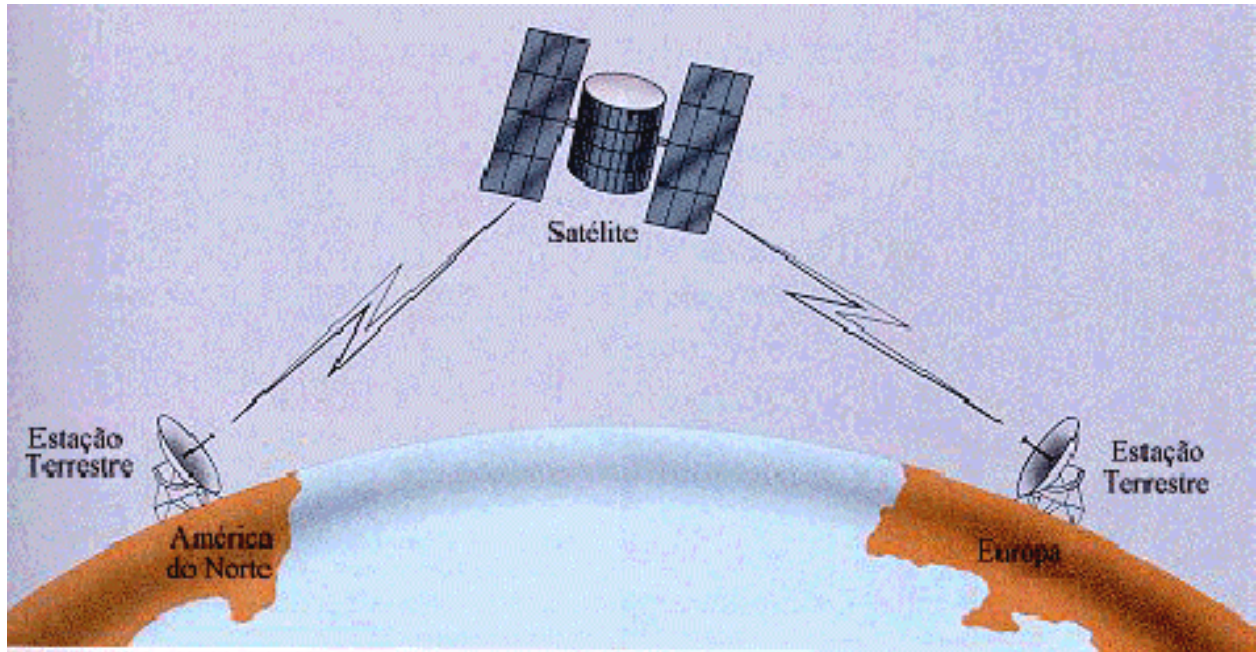


Figura 17: Sistema de Comunicação via Satélite

Na figura 18, temos um esquema de transmissão por satélite, mostrando a posição orbital relativa destes, de acordo com o país de origem.

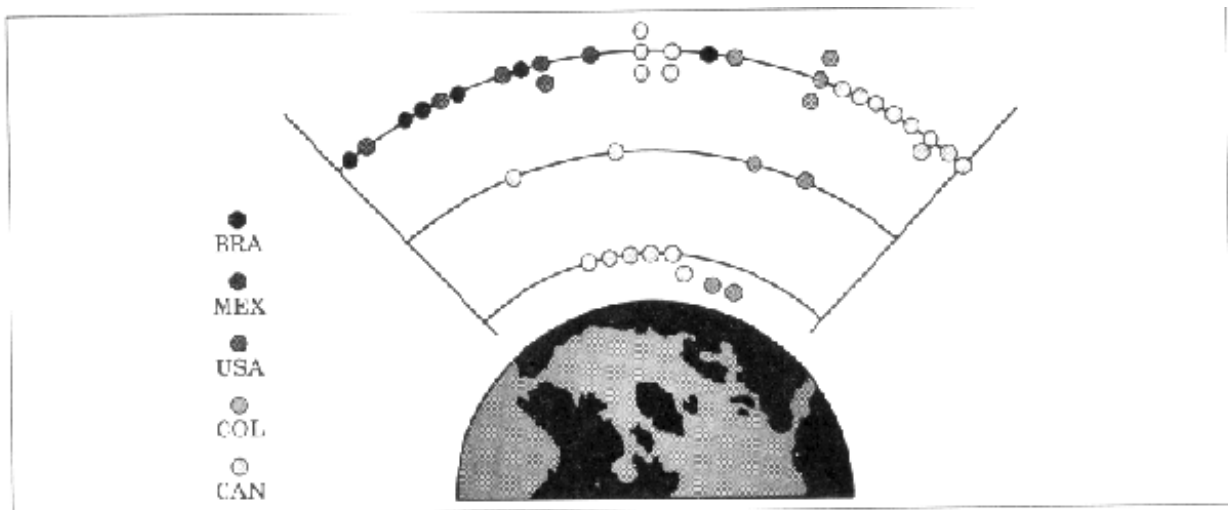


Figura 18: Sistema de Satélite com Posições Orbitais