

4. MEIOS FÍSICOS DE TRANSMISSÃO I



Olá!

No capítulo anterior examinamos o hardware e o software necessários às redes. Agora vamos nos deter um pouco mais na transmissão: compreenderemos como os meios físicos são utilizados e quais são seus tipos. Veremos também as características de cada um, quando e como são utilizados.

Este assunto está dividido em dois capítulos. Neste, examinaremos a transmissão usando algum tipo de cabo, deixando a transmissão “aérea” para o próximo.

Aproveite a leitura!

Basicamente, a função de qualquer meio de transmissão é carregar um fluxo de informações através de uma rede, ficando essa capacidade de transmissão limitada apenas pelas características particulares de cada um. Os meios (ou mídias) de transmissão são divididos em dois grupos: meios guiados, como os fios de cobre e os cabos de fibras ópticas e os meios não-guiados, como as ondas de rádio e os raios laser transmitidos pelo ar (Pinheiro, 2003).

Neste capítulo estudaremos os meios *guiados*: cabos de par trançado, cabos coaxiais e fibras ópticas. No capítulo 5, estudaremos os meios *não guiados*, que usam o ar como meio físico de transmissão.

4.1. UTILIZAÇÃO DOS MEIOS FÍSICOS GUIADOS

Os meios físicos utilizados antes da década de 1980 não eram padronizados. Cada fabricante adotava seu modelo em um projeto de cabeamento e fornecia orientação quanto à instalação do seu tipo de cabo. Dessa forma, tornava-se difícil ao instalador compreender as diversas técnicas de cada fabricante e a interação dos componentes.

Para modificar esse panorama, órgãos como ANSI (*American National Standards Institute* – Instituto Nacional Americano de Padronização), EIA (*Electronic Industries Alliance* – Aliança das Indústrias Eletrônicas), TIA (*Telecommunications Industry Association* – Associação das Indústrias de Telecomunicações) e IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers* – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos) se reuniram para propor e especificar os parâmetros para os cabos e acessórios utilizados em um sistema de cabeamento estruturado.



Já abordamos o assunto “padronização” desde o capítulo 1. O modelo OSI apresentado no capítulo 2 também é resultado desses esforços de padronização. No capítulo 3 demos uma definição de “cabeamento estruturado”. Dê uma repassada nesses pontos para reforçar.

Por exemplo, a EIA/TIA especifica os padrões para o desempenho técnico; já o IEEE especifica os requisitos do cabeamento para serem utilizados em redes *Ethernet* ou *Token Ring*. Após o fabricante submeter os produtos de redes para avaliações técnicas de suas performances, esses órgãos constroem toda a documentação técnica com as especificações detalhadas para a instalação.



Ethernet e *Token Ring* são classificações de arquiteturas de rede. As redes *Token Ring* foram concebidas pela IBM, mas, como os custos dos seus equipamentos eram muito altos, acabaram caindo em desuso. Já as redes *Ethernet* evoluíram muito, por terem adotado um padrão aberto, o que abriu o mercado para vários fabricantes produzirem equipamentos para este modelo, como *hubs*, *switches*, roteadores, tomadas e cabos. Atualmente, mais de 90% das redes locais instalados no mundo são da arquitetura *Ethernet*. O IEEE padronizou esta rede sob o número 802.3.

Outro aspecto interessante sobre o sistema de cabeamento é a sua classificação em categorias, criadas porque o modelo de cabeamento estruturado prevê o uso simultâneo de vários sistemas atendendo diferentes utilizações, como: sistemas de computação e redes, telefonia, segurança, controle ambiental, TV a cabo, gerenciamento de energia e sistema de sonorização. Assim, cada utilização adota uma categoria diferente ou necessita de uma categoria melhor à medida que evolui. Por exemplo, as redes *Ethernet* de 10 Mbps necessitam de cabos categoria 3 (CAT3) no mínimo; ao evoluir para 100 Mbps, passam a necessitar de cabos categoria 5 (CAT5). As categorias para cabeamento de rede foram divididas em CAT 1, 2, 3, 4, 5, 5e, 6, 6a; cada categoria tem suas especificações e medidas que veremos na próxima seção.

Algumas questões práticas da escolha dos cabos no momento da elaboração do projeto da rede são de fundamental importância. Para as redes locais é muito importante que se conheçam as categorias dos cabos e onde devem ser utilizadas. Um simples erro ou descuido na seleção do cabo para o tipo de rede que se está instalando pode comprometer toda a comunicação dos equipamentos de redes com os computadores e servidores.



CAPÍTULO 4 – ATIVIDADE 1

1. Agora que abordamos novamente a “padronização” como um dos fatores de sucesso das redes, tente definir esse conceito com suas próprias palavras.
2. Para recordar também: quais as velocidades de transmissão que vimos até agora? (tanto para redes LAN quanto para as WAN).

[illegible]

4.2. TIPOS DE MEIOS FÍSICOS GUIADOS

Vários meios físicos podem ser utilizados para realizar a transmissão de dados, cada um com propriedades específicas. São basicamente agrupados em fios de cobre (como o par trançado e o cabo coaxial) e ópticos (como as fibras ópticas). Vamos ao estudo deles.

4.2.1. Par trançado

É o meio de transmissão mais antigo e ainda o mais comum. Esse cabo consiste em dois fios entrelaçados em forma helicoidal (figura 22). Os cabos de par trançado atualmente possuem 4 pares dispostos dentro de uma proteção externa de PVC. Cada par é formado por dois fios entrelaçados.



Figura 22: estrutura de um cabo par trançado com 4 pares

Fonte: CEAD/Ifes © - 2010

O entrelaçamento dos pares (figura 23) não é somente para efeito visual, é uma técnica com um objetivo. Dois fios quando caminhando em paralelo dentro de um recipiente (no caso aqui, a proteção externa de PVC) podem formar uma antena simples e captar ondas de rádio-frequência do ar ou de outros pares de fios vizinhos. Isso geraria um fenômeno de interferência denominado *crosstalk* (linha cruzada). Desse modo, o receptor não conseguiria ler os pacotes, pois uma interferência externa iria embaralhar os dados. Com os fios dispostos em forma de par trançado, as ondas geradas pelos diferentes pares de fios tendem a se cancelar, o que significa menor interferência. Essa técnica denomina-se *Efeito Cancelamento*.



Figura 23: um par de fios trançados

Fonte: Adaptado de Redes de Computadores. 4. ed.. Andrew S. Tanenbaum, 2003.

Você pode observar na figura 23 que os fios entrelaçados possuem uma quantidade de tranças por cm (ou polegadas). A tendência é que, quanto maior a quantidade de tranças por cm, melhor a qualidade do cabo, pois o efeito cancelamento é mais eficiente.

A seguir, na figura 24, queremos demonstrar que os dois fios que formam o par estão transmitindo a mesma informação, porém com polaridade diferente. Toda transmissão elétrica gera em torno de si um campo eletromagnético com a mesma polaridade e direção. Esse campo eletromagnético pode corromper os dados de um par vizinho e causar perda de informações. Para evitar isso, o outro fio que faz parte do par transmite a mesma informação com polaridade contrária, gerando também um campo eletromagnético contrário, fazendo com que ambos se anulem. Assim, os campos eletromagnéticos de cada par tendem a interferir muito pouco no seu par vizinho.

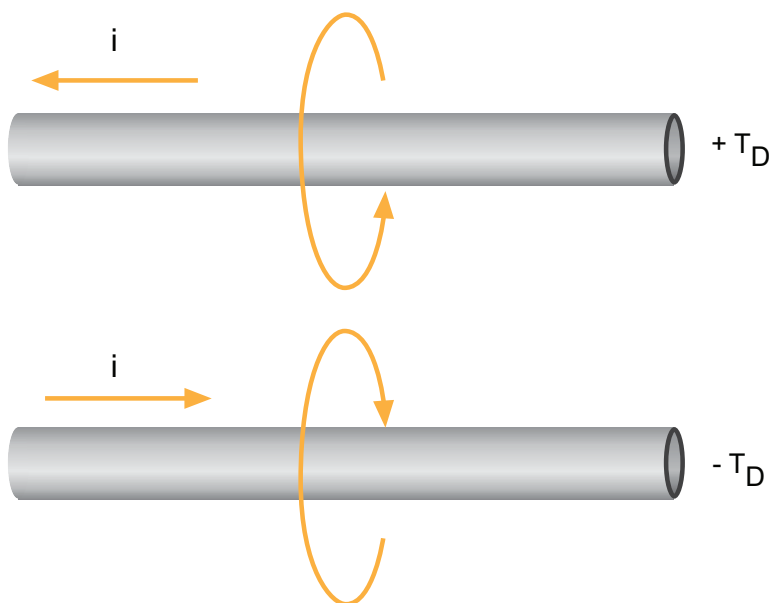


Figura 24: **efeito cancelamento nos pares trançados**

Fonte: Adaptado de Redes de Computadores Curso Completo. Gabriel Torres, 2001.

Essa proteção “natural” não é o único tipo de proteção que um cabo par trançado pode oferecer. Esses cabos podem ainda apresentar uma proteção adicional contra interferências. Em função disso, existem dois tipos de par trançado:

- a) STP (*Shielded Twisted Pair* – Par Trançado Blindado): esse tipo de cabo possui em volta dos pares uma espécie de papel alumínio. Essa proteção de alumínio serve como uma blindagem adicional contra interferências externas, como motores elétricos, reatores de lâmpadas e equipamentos industriais, que geram ondas eletromagnéticas que podem corromper os dados que trafegam pelo cabo. Esse cabo tem a vantagem de transmitir dados com menores interferências, porém, possui custo elevado e maior peso, o que o torna mais difícil para passar em tubulações. Atualmente, para redes instaladas em ambiente industrial, onde vários campos eletromagnéticos causam interferência, a fibra óptica tem sido melhor opção, pois, apesar do custo maior, ela transmite sem interferências, possui peso menor e atinge maiores taxas de transmissão. A figura 25 ilustra um cabo do tipo STP.
- b) UTP (*Unshielded Twisted Pair* – Par Trançado Não-Blindado): esse é o cabo mais simples e mais barato para as redes locais. É conhecido popularmente como “cabo de internet”, já que as pessoas têm o hábito de compartilhar internet com os vizinhos utilizando esse cabo; também é ainda o mais utilizado para montar redes locais nas empresas. Ele não possui blindagem, o que o torna mais barato e mais leve, facilitando a passagem por tubulações. As redes locais especificadas para funcionar

até 1000 Mbps (1 Gigabit) necessitam desse tipo de cabo com especificação CAT5e ou CAT6. A figura 26 mostra a foto de um cabo par trançado UTP CAT5e.

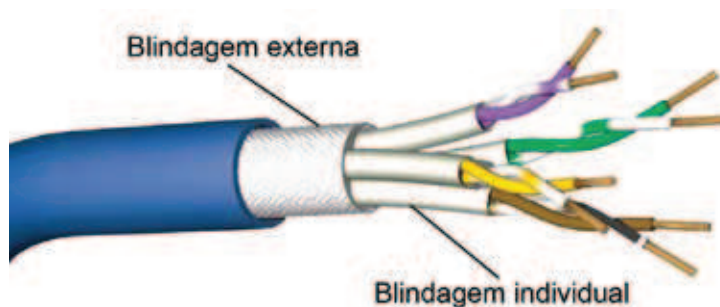


Figura 25: **Cabo Par Trançado STP**
Fonte: Adaptado de <http://www.sxc.hu/>

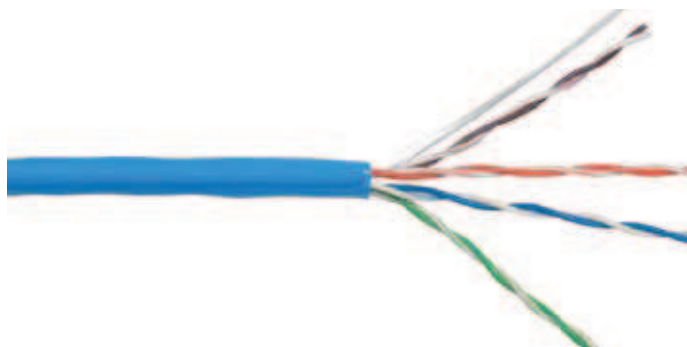


Figura 26: **Cabo Par Trançado UTP CAT5e**
Fonte: Adaptado de <http://www.sxc.hu/>

Atualmente estão entrando em evidência os cabos de par trançado CAT6 e CAT6a, que garantem melhor qualidade em transmissões de 1 Gbps e permitem interligação de redes de 10 Gbps (10 GbE – Ethernet de 10 Gigabits por segundo).

Os cabos UTP necessitam de um conector para se ligar às interfaces de rede ou às portas dos *switch* do tipo RJ-45 (figura 27). Eles são instalados nas pontas dos cabos UTP utilizando uma ferramenta de “crimpagem”. Na disciplina futura de instalação de redes será exercitada a parte prática deste assunto.



Figura 27: **Conector RJ-45 crimpado no cabo**

4.2.2. Fibra Óptica

As fibras ópticas já se tornaram conhecidas e são usadas até como instrumento de decoração, graças à sua capacidade de direcionar a luz, levando-a a fazer “curvas”. Também já é sabido que esses feixes de luz podem ser usados como meio de transporte de informação e têm capacidade de transmissão de grandes volumes de dados. Vamos, portanto, abordar suas características funcionais e compreender seu funcionamento.

A fibra óptica pode atingir uma taxa de transmissão na casa de 50.000 Gbps (50 Tbps = 50 terabits/s). O limite prático das redes locais é de 10 Gbps, pois a engenharia atual não consegue converter sinais elétricos (gerados pelas interfaces de rede presentes nos computadores e nos comutadores) em sinais ópticos a velocidades maiores. Portanto, o limite das fibras ópticas ainda está longe de ser alcançado.



Faça uma conta: quantas vezes a velocidade das placas de rede deverá crescer até conseguir provocar um “congestionamento” no tráfego pela fibra óptica?

Numa transmissão óptica, três componentes são fundamentais: uma fonte de luz, o meio de transmissão e um detector. A fonte de luz (ou foto-transmissor) recebe sinais elétricos e os converte em luminosos. O meio de transmissão é uma fibra ultrafina de vidro (com menor espessura que um fio de cabelo) que consegue carregar o sinal luminoso. O detector faz o processo inverso: recebe sinais luminosos e os converte em elétricos.

Para entender melhor esse fenômeno, digamos que no seu quarto as luzes sejam apagadas e você acende uma lanterna contra a parede a uma distância de 2 metros; a luz se espalha, formando um círculo com diâmetro muito maior do que sua lanterna. Agora imagine que você tenha um tubo com espelhos por dentro e você o coloque na frente da sua lanterna: a luz será refletida dentro do tubo, chegando à parede um forte círculo luminoso e o seu quarto continuará escuro. O cabo de fibra óptica é esse tubo espelhado; dizemos que os cabos de fibras ópticas possuem o fenômeno de reflexão interna total. Por transportar luz e não sofrer interferências eletromagnéticas, esses cabos podem ligar duas redes locais distantes 50 km, a uma taxa de 1 Gbps.



Para que o fenômeno de reflexão total aconteça dentro da fibra, no seu processo de fabricação ela recebe um revestimento de vidro, que também é um material transparente, porém com índice de refração inferior ao do núcleo (a figura 28 destaca esses dois componentes). Com isso os sinais luminosos são refletidos pelas paredes da fibra, fazendo com que não se percam pela capa.

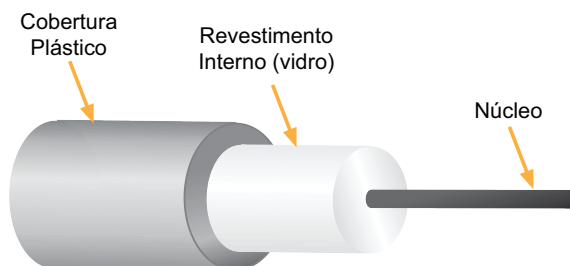


Figura 28: Estrutura de um cabo de fibra óptica

Fonte: Adaptado de Redes de Computadores. 4. ed. Andrew S. Tanenbaum, 2003.



Uma experiência interessante que usa o princípio da fibra óptica é um antigo brinquedo, o caleidoscópio. Era construído com três lâminas de espelho ou vidro; alguns fragmentos de vidro colorido eram colocados dentro.

Olhando por uma das extremidades, girando-se o caleidoscópio, uma série de figuras geométricas coloridas era formada, refletindo-se indefinidamente.

Dê uma pesquisada se ainda existe o brinquedo.

As fibras ópticas podem ser classificadas em dois tipos: monomodo (ou monomodais ou de modo único) e multimodo (ou multimodais ou de modo múltiplo). Cada uma tem suas características e aplicações, a saber:

- a) Fibra óptica monomodo: com esse tipo de fibra não ocorre a dispersão modal, ou seja, o feixe de luz se propaga em linha reta (único modo) sem ter que ser refletido internamente. Isso garante que o sinal atinja distâncias maiores e com maiores taxas de transmissão. Para conseguir isso, o núcleo da fibra precisa ser ultrafino, cerca de $8\text{ }\mu\text{m}$ ($8\text{ micrômetros} = 8 \times 10^{-6}\text{ metros}$). O fato de ser tão fino traz um problema: a acoplagem e a fixação com as interfaces de rede devem utilizar equipamento especial para permitir alinhar o feixe luminoso da placa de rede com a fibra, o que é um trabalho difícil, minucioso e caro. Esse tipo de fibra é indicado para interligar *campi* de universidades e redes locais que precisem ultrapassar 2 km de comprimento. A figura 29 mostra o modo de transmissão de uma fibra monomodal.
- b) Fibra óptica multimodo (destacada na figura 30): é mais grossa que a fibra monomodo. A luz é refletida várias vezes na parede do cabo, ocorrendo o fenômeno de dispersão modal, o que faz o sinal perder força. Devido a essa dispersão, este cabo pode chegar ao máximo de 2 km. O núcleo deste cabo chega a $62,5\text{ }\mu\text{m}$, aproximadamente 8 vezes mais grosso do que o núcleo da fibra monomodo. Esses cabos são mais fáceis de instalar e ligar às placas de rede, justamente pelo seu diâmetro maior. Ainda assim, exigem equipamento e pessoal especializados para montagem e instalação.



Figura 29: **Transmissão num cabo de fibra monomodo.**

Fonte: Adaptado de Redes, guia prático. Carlos Eduardo Morimoto, 2008.

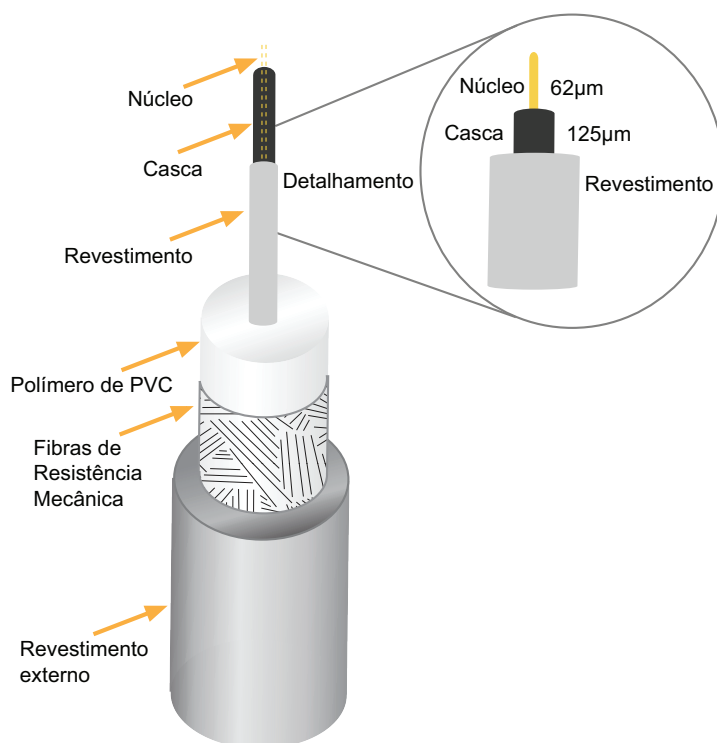


Figura 30: **Estrutura da fibra óptica multimodo**

Fonte: CEAD/Ifes © - 2010

Você pode observar que na figura 30 há duas medidas destacadas: a de 62 µm indica o diâmetro do núcleo da fibra, por onde efetivamente passam os sinais luminosos; a de 125 µm indica o diâmetro da casca ou *cladding*, que serve como uma espécie de espelho para refletir os sinais luminosos. O restante do material refere-se a um polímero de PVC que reveste a casca, fibras de resistência mecânica que ajudam a proteger o núcleo contra impactos e, finalmente, o revestimento externo do cabo.

As fibras multimodais ainda podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com seu modo de propagação. São elas: fibras multimodo de índice degrau e fibras multimodo de índice gradual.

- a) Fibra multimodo de índice degrau: foi um dos primeiros tipos de fibra a surgir. O termo degrau designa a existência de apenas um índice de refração entre o núcleo e a casca. Como sofre maior atenuação por km (cerca de 5 dB/km), ela atinge menores distâncias do que as fibras ópticas de índice gradual. A figura 31 exemplifica esse tipo de transmissão.

- b) Fibra multimodo de índice gradual: nesta, o índice de refração diminui gradativamente e de forma contínua, ao invés da mudança brusca do núcleo para a casca. Na verdade, esse tipo de fibra é fabricado com “várias cascas”, cada uma com um índice de refração diferente, sendo a mais externa a que tem o índice menor. A figura 32 mostra uma transmissão do tipo gradual.

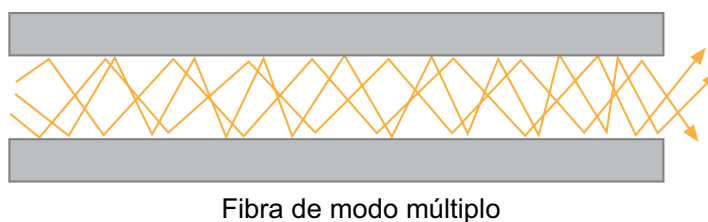


Figura 31: **Propagação da luz na fibra multimodo de índice degrau**

Fonte: Adaptado de Redes de Computadores Curso Completo. Gabriel Torres, 2001.

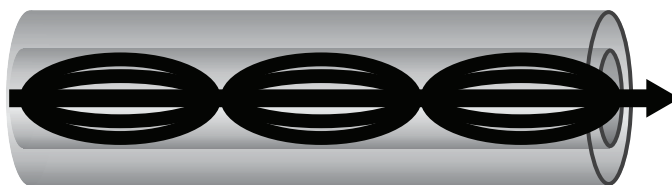


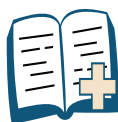
Figura 32: **Propagação de luz na fibra multimodo de índice gradual.**

Fonte: Adaptado de Redes, guia prático. Carlos Eduardo Morimoto, 2008.



Atenuação foi definida no capítulo 3. A definição a seguir é encontrada em Pinheiro (2003).

Atenuação pode ser definida como a diminuição da intensidade de energia de um sinal ao propagar-se através de um meio. A atenuação está diretamente associada às perdas que ocorrem na transmissão do feixe de luz, afetando o alcance máximo da transmissão do sinal luminoso.



PINHEIRO, José Maurício S. **Guia completo de cabeamento de redes**. Rio de Janeiro: Campus, 2003.



CAPÍTULO 4 – ATIVIDADE 2

- A técnica de cancelamento é induzida devido ao entrelaçamento dos fios entre si, formando pares trançados. Explique os aspectos positivos e negativos com relação ao entrelaçamento.
- Faça uma comparação entre cabos par trançado STP e cabos de fibras ópticas multimodais de índice degrau com relação aos comprimentos, taxas de transmissão, custo do material e instalação. Construa um texto conclusivo.
- Faça uma pesquisa e encontre as principais características dos cabos par trançado UTP CAT5, CAT5e, CAT6 e CAT6a. Tire suas conclusões.
- Uma rede usando cabos tipo par trançado UTP CAT5e a uma taxa de 100 Mbps tem um tamanho máximo para o segmento do cabo. Qual é esse tamanho? Por que não pode ser maior?
- Com relação à proteção contra ruídos eletromagnéticos externos, qual o melhor cabo: UTP, STP ou fibra óptica? Justifique sua resposta.
- Explique “Dispersão Modal” em fibras ópticas.

[illegible]

[illegible]



CAPÍTULO 4 – ATIVIDADE 3

Faça as devidas associações:

- a) Fibras ópticas monomodais
 - b) Fibras multimodais de índice degrau
 - c) Fibras multimodais
 - d) Fibras multimodais de índice gradual
-
- () Diâmetro do núcleo na ordem de 8 μm .
 - () Vários índices de refração entre o núcleo e a casca.
 - () Tem baixíssima atenuação e pode chegar a 50 km.
 - () Tem apenas um índice de refração entre o núcleo e a casca.
 - () Tem diâmetros que podem variar de 50 a 62 μm .

4.2.3. Cabos Coaxiais

Os cabos coaxiais inauguraram as primeiras redes locais que evoluíram para os padrões que temos. Hoje não são mais utilizados para instalação de novas redes locais. A existência de redes antigas e a necessidade do conhecimento histórico nos levam a abordar os aspectos tecnológicos e as características desse meio de transmissão.

Sua forma estrutural é semelhante à da fibra óptica: um condutor central de cobre, um isolante de PVC, uma malha externa metálica e, enfim, a capa (figura 33).

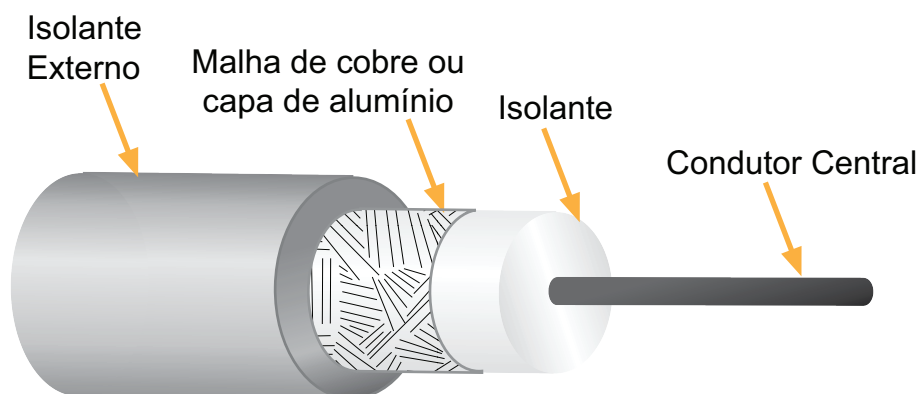


Figura 33: **Estrutura de um cabo coaxial**

Fonte: Adaptado de Redes de Computadores Curso Completo. Gabriel Torres, 2001.

Podemos observar que este cabo, diferentemente do cabo par trançado UTP, possui uma malha de cobre ou alumínio que envolve o núcleo do cabo. Essa malha serve como uma blindagem contra fenômenos eletromagnéticos externos, como motores elétricos, redes sem fio, reatores de lâmpadas, telefones sem fio, etc. Na verdade esta é uma de suas poucas vantagens. Uma série de desvantagens fez com que esse cabo caísse em desuso. São elas:

- a) Dificil manipulação: devido à sua estrutura de malha e isolante, esse cabo fica mais pesado e menos flexível, dificultando sua passagem por tubulações.
- b) Baixa capacidade de transmissão: a largura de banda, característica do cobre desse cabo, é muito baixa, chegando a 10 Mhz. Isso faz com que redes locais montadas com esse cabo possam chegar a no máximo 10 Mbps.
- c) Ligação complexa: os terminais desses cabos necessitam de conectores de difícil emenda. Trata-se de um conector tipo BNC que deve ser ligado diretamente à interface de rede através de um conector T. Isso faz com que cada estação possua três conexões (uma de entrada no T, outra de entrada na interface de rede, outra de saída para outra interface de rede). Uma quebra, desconexão ou mau contato em um conector faz com que toda a comunicação entre os computadores cesse (pois esse tipo de cabo era usado para redes de topologia em barramento). Observe a figura 34.
- d) Modo de transmissão *half-duplex*: por haver apenas um meio efetivo de transmissão (o condutor central da figura 33), essa transmissão em rede local é feita toda no modo *half-duplex*.



Modos de transmissão existem basicamente 3 modos de transmissões conhecidos:

- a) **Simplex**: há transmissão em apenas um sentido. O transmissor só pode ser transmissor e o receptor não pode fazer o papel de transmissor. Ex: sinal de TV ou rádio.
- b) **Half-duplex**: existe transmissão e recepção em ambos os sentidos, mas não ao mesmo tempo. Quando o transmissor envia um dado, o receptor tem que aguardar sua chegada até poder enviar uma resposta. Existe apenas um canal neste modo de transmissão. Assim são as redes locais montadas com cabos coaxiais e as comunicações utilizando *walk talk*, como rádios de polícia.
- c) **Full-Duplex**: a transmissão e a recepção podem acontecer ao mesmo tempo, já que existem no mínimo dois canais (um para enviar e outro para receber dados). É o modo de transmissão mais rápido, utilizado em redes locais de par trançado (que possuem 4 vias) e de fibras ópticas (que utilizam duas vias).

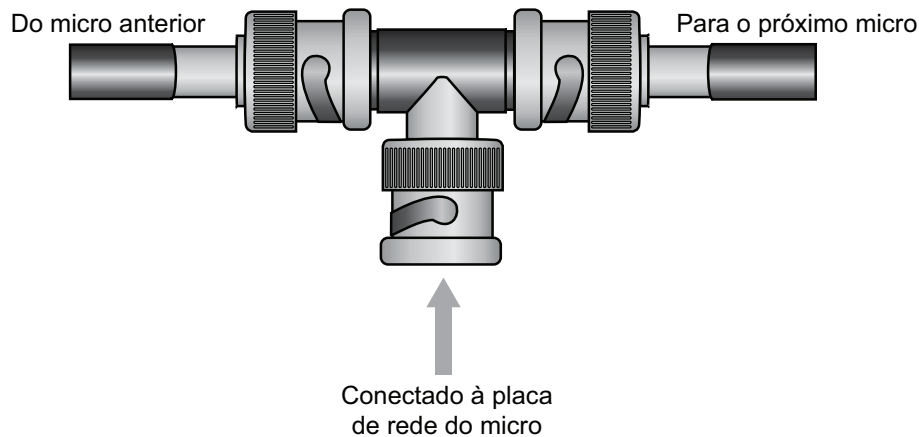


Figura 34: **padrão de conexão de cabos coaxiais nos conectores BNC e na placa de rede**

Fonte: Adaptado de Redes de Computadores Curso Completo. Gabriel Torres, 2001.

Podemos observar que, de acordo com a figura 34, essa rede não necessita de um equipamento concentrador, como um *hub* ou *switch*. Na verdade isso era uma vantagem dessas redes, pois ficavam mais baratas. Entretanto, esse tipo de rede tinha um alto índice de quedas (paradas), devido a conexões defeituosas, remoção de conectores ou queima de placas de rede.



CAPÍTULO 4 – ATIVIDADE 4

1. Observe as assertivas abaixo:

- I – Os cabos coaxiais têm grande imunidade a ruídos e por isso são os cabos mais utilizados para redes locais.
- II – A malha que envolve o cabo coaxial serve para transportar dados, formando uma rede Half-duplex.
- III – Para redes locais, o cabo coaxial consegue atingir taxas de até 10 Mbps.
- IV – Os conectores dessas redes são simples de instalar e sua conexão tem pouca falha, já que não necessita de um *hub* ou *switch*.

Estão corretas as seguintes afirmativas:

- A – III e IV
- B – I, II e III
- C – I, III e IV
- D – I e IV
- E – III



2. Agora que você conhece todos os tipos de cabo (par trançado STP e UTP), fibra óptica (monomodo e multimodo – degrau e gradual), faça uma tabela com esses tipos, colocando mais duas colunas na tabela: qual o maior comprimento do segmento de cabo (distância do sinal) e a velocidade de transmissão permitida?
3. Faça uma nova tabela comparando esses tipos do item 2; coloque uma coluna de vantagens e outra de desvantagens.

[illegible]