

Engenharia de Controle e Automação
Disciplina: Telecomunicações na Automação – 10º Período
Professor: José Maurício S. Pinheiro

AULA 3: Cabeamento de Rede

Quando utilizamos o termo “cabeamento de rede”, estamos nos referindo ao conjunto formado pelos meios guiados de transmissão e demais acessórios, responsáveis pela interligação dos diversos dispositivos componentes de uma rede com o objetivo de transferir algum tipo de informação entre os dispositivos.

1. Meios Guiados e Não-Guiados

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 meio. 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, meios não-guiados, como as ondas de rádio e os raios laser transmitidos pelo ar.

1.1. Cabeamento Metálico

Dentre as características do cabeamento metálico, que devem ser observadas na montagem de uma rede, podemos destacar como mais importantes a resistência e a impedância.

1.1.1. Resistência

A resistência representa a perda de energia que um sinal sofre ao trafegar por um meio metálico. É um parâmetro importante quando se discute não só a taxa máxima de transmissão, mas também a distância máxima permitida, qualquer que seja o tipo do meio metálico.

A perda de energia aumenta com a distância, até chegar um determinado ponto onde o receptor não consegue mais reconhecer o sinal. A energia pode ser perdida na forma de radiação ou calor. Por exemplo, um par trançado pode chegar até várias dezenas de metros com taxas de transmissão de alguns megabits por segundo.

1.1.2. Impedância

Uma característica importante que deve ser observada na montagem de uma rede é a impedância dos cabos. A impedância é uma característica elétrica complexa que envolve a resistência e a reatância e que só pode ser medida com

equipamentos apropriados. Os cabos devem ter uma impedância específica para que possam funcionar com os componentes elétricos das placas de interface. Em princípio, uma impedância alta ou baixa não causa qualquer problema, mas um cabo deve ter uma impedância correta para evitar a perda do sinal e interferências. A distância entre dois condutores, o tipo de isolamento e outros fatores especificam uma determinada impedância elétrica para cada tipo de cabo.

1.1.3. Cabo Coaxial

O cabo coaxial consiste em um fio de cobre rígido que forma o núcleo, envolto por um material isolante que, por sua vez, é envolto por um condutor cilíndrico externo na forma de uma malha metálica entrelaçada ou uma lâmina metálica (Figura 1). Esse condutor externo é coberto por uma capa plástica protetora. Inicialmente foi o tipo de mídia mais utilizada nas primeiras redes locais de computadores e para a transmissão a longa distância nos sistemas de transmissão das concessionárias de telefonia fixa.



Figura 1 - Estrutura do cabo coaxial

1.1.3.1. Cabo Coaxial Fino

O cabo coaxial fino, também conhecido como cabo coaxial banda base, "Thin Ethernet" ou 10Base2, consiste de um fio de cobre rígido, que forma o condutor central, envolto por um material isolante, que por sua vez é envolto por um condutor cilíndrico na forma de malha entrelaçada, tudo coberto por uma capa plástica protetora (Figura 2). É utilizado para transmissão digital, possuindo impedância característica 50Ω . É o meio mais empregado no início das redes locais na década de 1980.

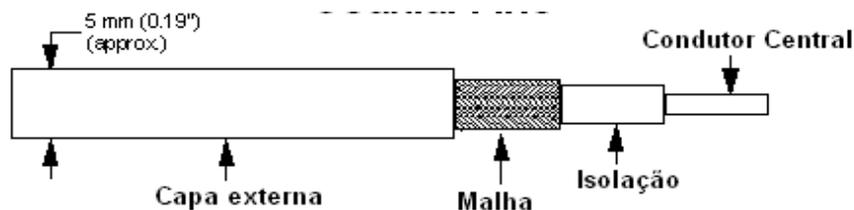


Figura 2 - Coaxial fino

As principais características de cabos coaxiais do tipo banda base, de impedância característica de 50Ω são:

- Tamanho máximo do segmento: 185 metros;
- Tamanho mínimo do segmento: 0,45 metro;
- Número máximo de segmentos: 5;
- Tamanho máximo total com repetidores: 925 metros;
- Tamanho Máximo sem Repetidores: 300 metros;
- Capacidade: 30 equipamentos por segmento;
- Taxas de transmissão: 10 a 50Mbps (dependente do comprimento);
- Topologia mais usual em barramento.

O cabo coaxial fino é mais maleável e, portanto, mais fácil de instalar em comparação com o cabo coaxial grosso. Na transmissão em banda base, o cabo de 50Ω sofre menos reflexões devido às capacitâncias introduzidas na ligação das estações ao cabo, além de possuir uma maior imunidade aos ruídos eletromagnéticos de baixa frequência.

1.1.3.2. Cabo Coaxial Grosso

O cabo coaxial grosso, também conhecido como cabo coaxial de banda larga, "Thick Ethernet" ou 10Base5, consiste de um fio de cobre rígido, que forma o núcleo, envolto por um material isolante, que por sua vez é envolto por um condutor cilíndrico de alumínio rígido, coberto por uma capa plástica protetora (Figura 3). Possui uma blindagem geralmente de cor amarela e seu diâmetro externo é de aproximadamente 10 mm.

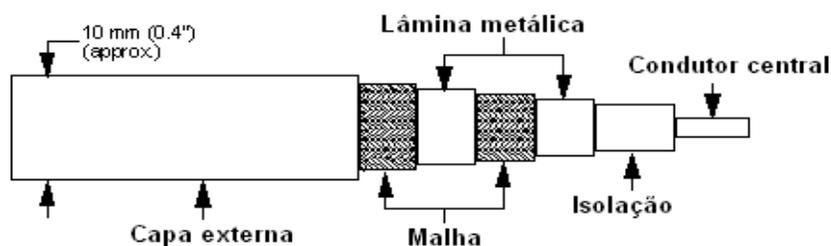


Figura 3 - Coaxial grosso

As principais características de redes locais utilizando cabo coaxial de banda larga estão na sua utilização para a integração dos serviços de dados, voz e imagens e na automação de escritórios.

Uma diferença fundamental entre os cabos coaxiais de banda base e banda larga é que sistemas em banda larga necessitam de amplificadores analógicos para amplificar periodicamente o sinal. Entretanto, esses amplificadores só transmitem o sinal em um único sentido.

1.1.4. Cabos de Par Trançado

O cabo de par trançado é utilizado para a transmissão em banda básica. Pode ser empregado também em redes locais com taxas de transferência maiores, trabalhando não somente a 10Mbps, mas também com taxas desde 100Mbps até 1Gbps. Sua transmissão pode ser tanto analógica quanto digital. A desvantagem do par trançado é sua sensibilidade às interferências e ao ruído elétrico.

O nome de cabo de par trançado é devido ao fato dos pares de fios se entrelaçarem por toda a extensão do cabo, evitando assim interferências externas ou entre os próprios condutores do cabo. Os fios de um par são enrolados em espiral a fim de através do efeito de cancelamento, reduzir o ruído e manter constantes as propriedades elétricas por toda a sua extensão.

1.1.4.1. Cabo STP

O cabo STP (Shielded Twisted Pair - Par trançado com blindagem), além de possuir uma malha blindada que lhe confere uma maior imunidade às interferências eletromagnética e de radiofrequência, possui uma blindagem interna envolvendo cada par trançado com o objetivo de reduzir a diafonia (Figura 4).

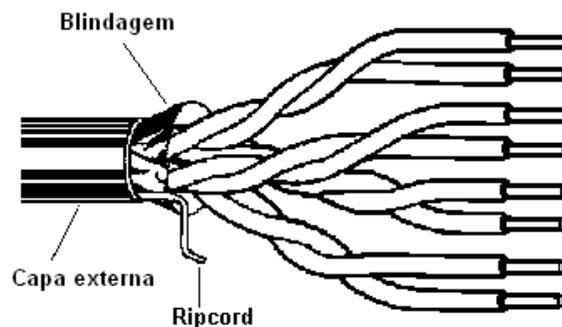


Figura 4 - Cabo STP

1.1.4.2. Cabo FTP

O cabo de par trançado blindado FTP (Foiled Twisted Pair – Par Trançado com fita metalizada) foram projetados especialmente para aplicações de cabeamento que necessitam de isolamento adicional de acordo com os requisitos da norma

ANSI/EIA/TIA-568 e especificações para cabeamento horizontal ou secundário entre os painéis de distribuição (Patch Panels) e os conectores nas áreas de trabalho (Figura 5).

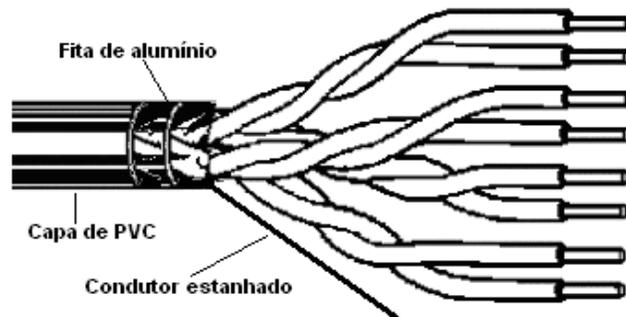


Figura 5 - Cabo FTP

1.1.4.3. Cabo UTP

O cabo UTP (Unshielded Twisted Pair - Par trançado sem blindagem) é atualmente o cabo mais utilizado em redes de computadores. O cabo UTP tem como vantagens ser de fácil manuseio e instalação, além de permitir taxas de transmissão elevadas. A EIA/TIA padronizou os tipos de cabos UTP, dividindo em categorias no que se refere à bitola dos fios e aos níveis de segurança (Figura 6).

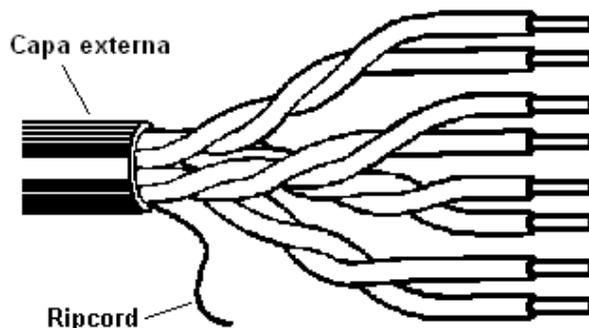


Figura 6 - Cabo UTP

1.2. Categorias e Classes de Desempenho

A partir da década de 1980, com a introdução dos padrões internacionais para o projeto de redes, os fabricantes de sistemas de cabeamento passaram a produzi-los sob normas definidas. A evolução tecnológica permanente e a crescente necessidade de acesso aos serviços em banda larga levaram o cabeamento à subdivisão em sistemas que apresentam características distintas de performance, caracterizadas principalmente pela frequência de trabalho (largura de banda) e

pela aplicação (alcance) dos diversos tipos de cabos (par trançado, coaxial, fibra óptica) utilizados.

Com o aumento das taxas de transmissão e a inevitável tendência para as redes de alta velocidade com necessidades de alcance cada vez maiores, um cabeamento de cobre de alto desempenho tornou-se uma necessidade. Considerando que o fator principal para determinar o alcance máximo possível de um sistema é a atenuação do sinal ao longo do cabo, foi necessário estabelecer alguns modos de classificação para o cabeamento em par metálico e o respectivo hardware de conexão. Criou-se então a subdivisão em uma série de categorias e classes por capacidades de desempenho. Nessa classificação, uma categoria ou classe de desempenho superior do cabo significa maior eficiência e uma menor atenuação.

É oportuno lembrar que “Categoria de Desempenho” e “Classe de Desempenho” são terminologias utilizadas respectivamente pela ANSI/EIA/TIA e pela ISO/IEC, para designar os sistemas de cabeamento de telecomunicações. Por exemplo, na segunda edição do padrão ISO/IEC 11801, o cabeamento Categoria 6 é referido como “Class E Cabling”, sendo que as especificações da ISO/IEC 11801 são essencialmente as mesmas contidas no documento ANSI/TIA-568-B.2-1. Todavia nem sempre existe uma correspondência entre categorias e classes:

- **CATEGORIAS 1 e 2:** Especificadas pela norma EIA/TIA-568-A, eram recomendadas para comunicação de voz e dados até 9,6Kbps. Não têm equivalência ISO/IEC e atualmente estão fora de uso;
- **CATEGORIA 3:** Características de desempenho para cabeamento e conexões em transmissões de dados e voz até 16Mhz, na velocidade de até 10Mbps;
- **CATEGORIA 4:** Características de desempenho para cabeamento e conexões em transmissões de dados e voz na velocidade de até 16Mbps. Não há uma classe de desempenho ISO/IEC equivalente;
- **CATEGORIA 5:** Características de desempenho para cabeamento e conexões em transmissões de dados e voz na velocidade de até 100Mbps. Não há uma classe de desempenho ISO/IEC equivalente;
- **CATEGORIA 5e:** (Enhanced - Melhorada), é uma melhoria das características dos materiais utilizados na categoria 5, que permite um melhor desempenho, sendo especificada até 100Mhz;
- **CATEGORIA 6:** Desempenho especificado até 250Mhz e velocidades de 1Gbps até 10Gbps.

As soluções em par trançado Categoria 3 são utilizadas unicamente na distribuição vertical de voz tradicional, ao passo que as soluções Categoria 5e e Categoria 6 são utilizadas na distribuição horizontal e em alguns casos na distribuição vertical de voz e dados. Nos projetos atuais de infraestrutura é recomendada a utilização de cabeamento de, no mínimo, Categoria 5e para pequenas redes com poucos serviços ou que tenham caráter provisório e Categoria 6 para as redes novas ou de maior porte.

1.2.1. Categoria 5e x Categoria 6

A principal diferença entre a Categoria 5e e a Categoria 6 está na performance de transmissão e na largura de banda estendida de 100MHz da Categoria 5e para 250MHz da Categoria 6. A largura de banda é a medida da faixa de frequência que o sinal de informação ocupa. O termo é também usado como referência às características de resposta em frequência de um sistema comunicação. No sentido mais qualitativo, a largura de banda é proporcional à complexidade dos dados transmitidos. Já a performance se traduz em uma menor atenuação.

Devido a esses fatores (performance e largura de banda), associando uma melhor imunidade às interferências externas, os sistemas que operam em Categoria 6 são mais estáveis em relação aos sistemas baseados na Categoria 5e. Isto significa redução nas retransmissões de pacotes, proporcionando uma maior confiabilidade e estabilidade para a rede.

Todas as aplicações que funcionam atualmente em Categoria 5e funcionam igualmente na Categoria 6. Em aplicações onde são exigidas altas taxas de transmissão, os cabos Categoria 6 permitem adicionalmente a redução de custo dos equipamentos ativos utilizados na transmissão e recepção dos sinais. Por exemplo, a figura seguinte apresenta uma comparação entre os protocolos de transmissão Gigabit Ethernet para sistemas baseados em Cat5e e Cat6 (Figura 7).

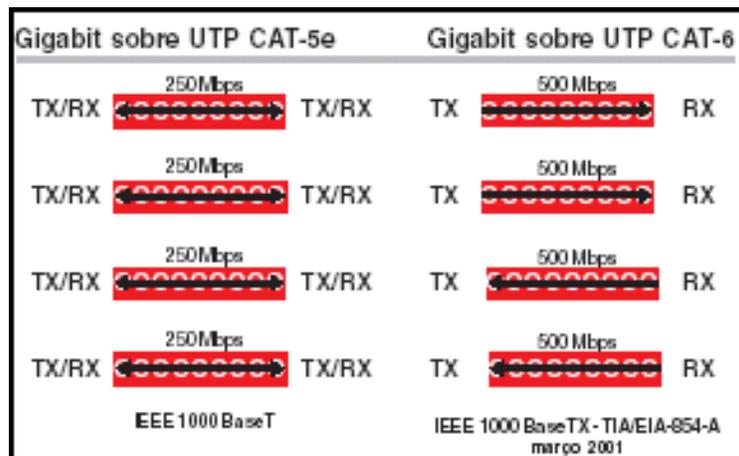


Figura 7 - Gigabit Ethernet sobre Cat5e e Cat6

1.2.2. Cabeamento categoria 7

A Categoria 7/ Classe F é uma nova categoria ou classe de desempenho que apresenta uma largura de banda de 600Mhz e que usa um tipo de conector diferente do RJ-45 tradicional. No caso do conector, foi padronizada pelo IEC uma interface do tipo não-RJ designada por IEC 61076-3-104, padrão destinado aos sistemas de cabeamento estruturado de Categoria 7/Classe F (Figura 8).



Figura 8 - Conector IEC 61076-3-104 – Fonte: Siemon Company

A infraestrutura para atender a Categoria 7 utiliza cabeamento S/FTP (Screened Foil Twisted Pair). São cabos com dupla blindagem, onde cada par individual recebe uma blindagem do tipo “folha metálica” (foirl) e todos recebem uma blindagem geral tipo malha de blindagem (screened). Os sistemas dessa Categoria somente podem ser implementados utilizando os cabos S/FTP, não existindo nenhum cabo UTP e ScTP Classe F/ Categoria 7 (Figura 9).

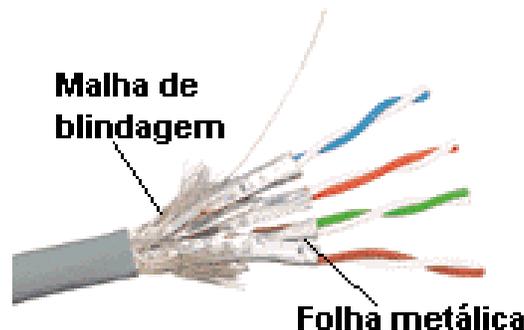


Figura 9 - Cabo S/FTP – Fonte: Siemon Company

A Categoria 7 foi desenvolvida para ser um sistema aberto, capaz de suportar algum padrão de rede Gigabit Ethernet, ou mesmo para ser utilizada em alguma arquitetura de rede ainda mais rápida. Dessa forma, os cabos da Categoria 7 se enquadram em um novo padrão de cabeamento de rede em par trançado, que utilizam os 4 pares de fios blindados e hardware de conexão também blindado, sendo capazes de trabalhar com frequências de 600MHz, em contraste com os cabos cat 5 e cat 5e que suportam frequências de até 400MHz.

Na Tabela 1 é apresentado um quadro comparativo com as características do cabeamento em par metálico segundo as normas ISO (internacional) e EIA/TIA (americana):

Tabela 1 - Comparativo das classes e categorias de cabos

ISO	EIA/TIA	Utilização
	Cat 1	Serviços telefônicos e dados de baixa velocidade
	Cat 2	RDSI e circuitos T1/E1 - 1,536 Mbps/2,048 Mbps
Classe C	Cat 3	Dados até 16 MHz, incluindo 10Base-T e 100Base-T
Classe B	Cat 4	Dados até 20 MHz, incluindo Token-Ring e 100B-T (extinto)
Classe D	Cat 5	Dados até 100 MHz, incluindo 100Base-T4 e 100Base-TX (extinto)
	Cat 5e	Dados até 100 MHz, incluindo 1000Base-T e 1000Base-TX
Classe E	Cat 6	Dados até 200/250 MHz, incluindo 1000Base-T e 1000Base-TX
Classe F	Cat 7	Dados até 500/600 MHz

2. Conectores de Rede

Conectores são dispositivos utilizados para estabelecer a terminação mecânica dos cabos, permitindo o acesso dos terminais ao restante da rede.

2.1. Terminações em cabos coaxiais

Existem cinco tipos básicos de conectores para serem utilizados com cabos coaxiais em redes de computadores (Figura 10):

1. Conector BNC, padrão macho para as pontas do cabo coaxial e fêmea para as placas de rede;
2. Conector BNC tipo "T" liga dois conectores tipo macho ao conector fêmea da placa de rede, sendo formado por duas entradas tipo BNC fêmea e uma saída do tipo BNC macho;
3. Conector BNC tipo "I", também conhecido como Barrel, serve para ligar as extremidades de dois segmentos de cabo coaxial, muito utilizado para aumentar a distância entre um nó e outro;
4. Conector Transceiver ou "Vampiro", que serve para ligar um cabo coaxial grosso à estação;
5. Conector BNC de terminação, ou simplesmente terminador, que deve ser colocado na extremidade final localizada no último segmento de rede.

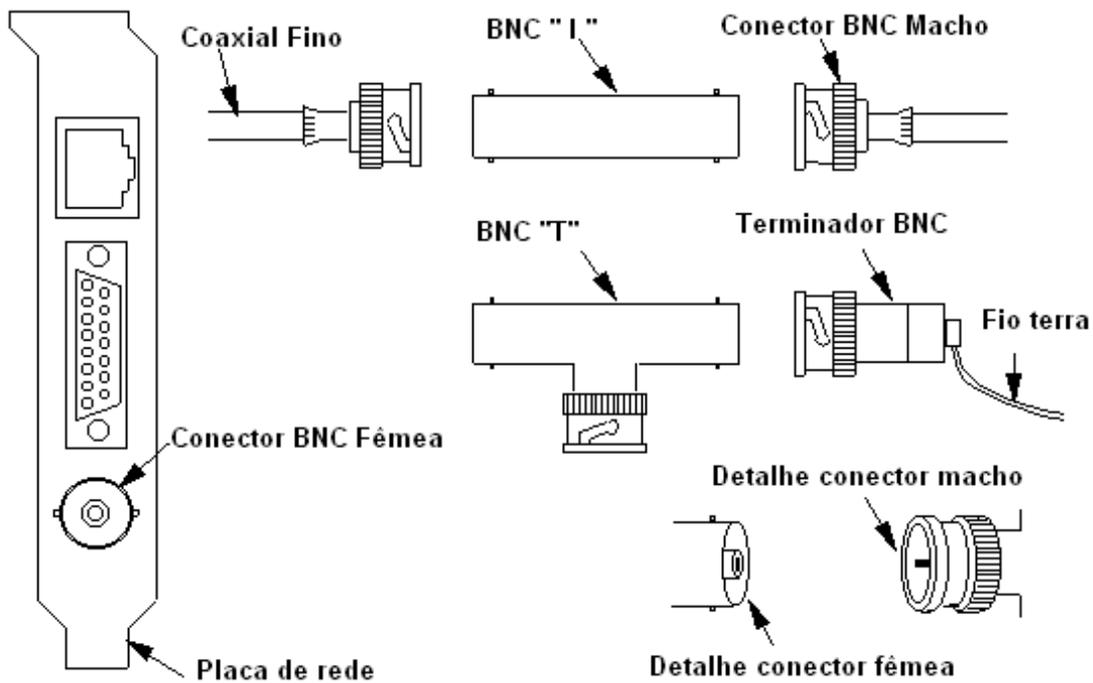


Figura 10 - Tipos de conectores para cabos coaxiais

2.2. Terminações em cabos UTP

Nas redes utilizando o cabeamento UTP, a norma EIA/TIA padronizou o conector RJ-45 para a conectorização dos cabos. São conectores que apresentam facilidade de manuseio, tempo reduzido na conectorização e confiabilidade, sendo que estes fatores influem diretamente no custo e na qualidade de uma instalação. Os conectores estão divididos em dois tipos: macho e fêmea (Figura 11).

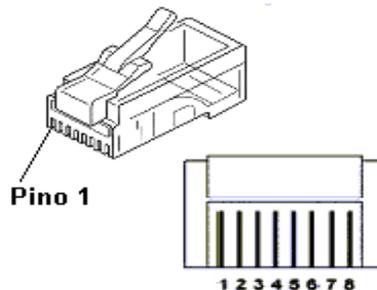


Figura 11 - Conector RJ 45

3. Interferências em Cabeamento Metálico

Os problemas de energia elétrica são as maiores causas de defeitos em redes de computadores. Conhecido como Interferência eletromagnética - EMI e

Interferência de Rádio Frequência - RFI, o ruído elétrico pode ser causado por diversos fatores tais como descargas atmosféricas, motores elétricos, equipamentos industriais, transmissores de rádio, etc.

Os ruídos elétricos podem produzir algum tipo de falha nas redes de computadores resultando em perdas de dados e erros em programas executáveis.

3.1. Ruído Elétrico

Os ruídos podem ser classificados quanto ao tipo e duração. Quanto ao tipo, os ruídos podem ser classificados em ruído radiado (campos elétricos e magnéticos propagando-se pelo ar) e conduzido (através do cabeamento, conduítes metálicos e plano terra). Quanto à duração, os ruídos podem ser classificados em permanentes (por indução), quase-permanentes (curto-circuito e partida de motores elétricos) e transitórios (descarga atmosférica e lâmpada fluorescente).

3.1.1. Ruídos EMI / RFI

O EMI é qualquer tipo de sinal indesejável (conduzido ou irradiado), capaz de interferir no correto funcionamento dos equipamentos de uma rede. Trata-se do tipo mais importante de interferência entre sinais de dados e voz em sistemas de cabeamento. Representa a interferência sobre a transmissão ou recepção de sinais devido ao acoplamento de campos elétrico ou magnético, separadamente, ou pelo efeito de ambos, combinados. As principais fontes de EMI são os circuitos elétricos, as descargas elétricas atmosféricas e os transmissores de rádio.

A interferência de RFI, igualmente danosa para os sistemas que utilizam o cabeamento metálico como meio de transporte de informações, é causada normalmente por distúrbios na energia elétrica que produzem sinais com uma frequência que interfere no funcionamento dos circuitos eletrônicos. Dentre as fontes de RFI podem-se citar os motores elétricos e as fontes de alimentação de alguns equipamentos eletrônicos.

3.1.2. Diafonia

Quando um sinal elétrico trafega por um condutor, gera ao redor deste, um campo elétrico. Diafonia ou Crosstalk é a medida da interferência elétrica gerada em um par pelo sinal que está trafegando num par adjacente dentro do mesmo cabo. Uma menor interferência acarreta um melhor desempenho (Figura 12).

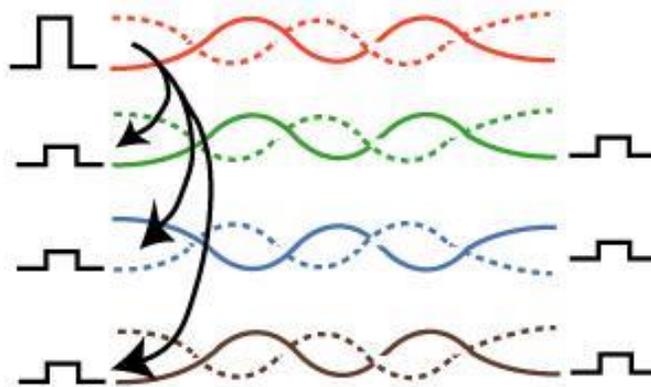


Figura 12 – Diafonia

4. Utilizar cabos blindados ou não?

Inicialmente, a maioria das conexões em redes utilizava algum tipo de mídia blindada. Como as concessionárias de serviços de telecomunicações entraram no mercado de cabeamento, as redes foram adaptadas por meio de baluns (conversores de meios balanceados em meios desbalanceados) para permitir que sinais balanceados pudessem rodar sobre meios físicos tipicamente usados em sistemas desbalanceados. Os equipamentos ativos foram então desenvolvidos para utilizar sistemas de cabeamento de pares trançados balanceados sem blindagem eliminando a necessidade de baluns. Vale mencionar que o cabo coaxial é um meio físico desbalanceado.

A blindagem é importante em ambientes em que há níveis de ruído consideráveis e também para sistemas com requisitos de grande largura de banda. Por exemplo, sistemas blindados são preferidos em redes industriais devido ao ruído extremo como aquele gerado por motores, servomecanismos, transformadores e outros equipamentos e sistemas de alta potência.

Os sistemas blindados representam uma solução mais robusta para redes industriais porque a blindagem reduz significativamente a interferência devido ao ruído de fontes externas que se torna um fator adicional importante em sistemas de altas taxas de transmissão e que operam em frequências altas.

Os sistemas blindados têm mudado de forma significativa quando comparados àqueles inicialmente usados em redes de computadores. O cabo é muito menor e mais fino, de manuseio mais fácil e os conectores oferecem a habilidade de terminar a blindagem automaticamente, ou seja, a terminação da blindagem é feita de forma natural e muitas vezes sem a necessidade de ferramentas especiais. Com estes avanços o tempo de instalação de sistemas blindados é comparável àquele de sistemas UTP quando a instalação é feita por um profissional treinado e qualificado.

5. Fibra Óptica

A fibra óptica é um meio de transmissão que utiliza a luz para transportar a informação através de uma rede de comunicação. Constitui-se em uma estrutura cilíndrica composta por material dielétrico, geralmente plástico ou vidro. A transmissão em fibra óptica é realizada pelo envio de um sinal de luz codificado, dentro do domínio de frequência do infravermelho, através de um cabo óptico.

A fibra óptica é formada por duas partes: núcleo e casca. O núcleo é a parte por onde se propaga a luz. A casca é responsável por confinar a luz no interior do núcleo. A fibra também possui um revestimento plástico que lhe dá proteção mecânica contra o meio externo. Para a transmissão de sinais através de fibras ópticas são utilizados emissores e receptores ópticos (Figura 13), responsáveis pela conversão dos sinais elétricos para sinais luminosos e vice-versa.

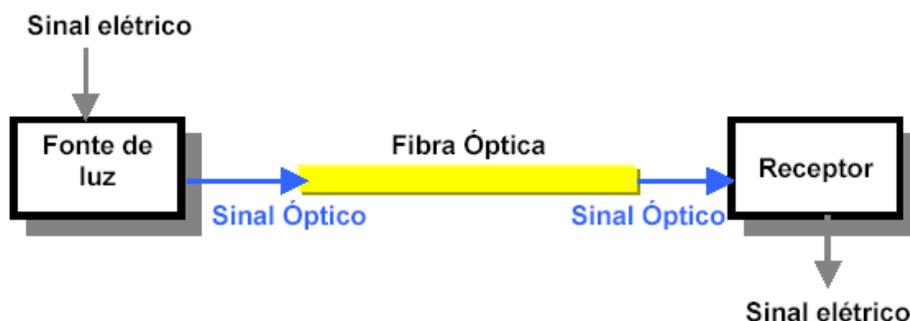


Figura 13 - Esquema de transmissão de sinais na fibra óptica

5.1. Classificação das Fibras Ópticas

As fibras ópticas são classificadas segundo suas características básicas de transmissão, ditadas essencialmente pelo perfil de índices de refração da fibra e pela sua habilidade em conduzir um ou vários modos de propagação. Esses aspectos influem principalmente na capacidade de transmissão (banda passante) da fibra e nas suas facilidades operacionais em termos de conexões e acoplamento com fontes e detectores luminosos. Resultam dessa classificação básica os seguintes tipos de fibras ópticas:

5.1.1. Fibra Multimodo

A fibra multimodo é de construção mais simples e foi o primeiro tipo a ser desenvolvido. Refere-se à possibilidade de que vários feixes de luz, em diferentes ângulos de incidência, propaguem-se através de diferentes caminhos pela fibra. Um raio que exceda um determinado ângulo "crítico" escapa da fibra. Este tipo de fibra pode ser ainda:

5.1.1.1. Multimodo Índice Degrau

O funcionamento é baseado no fenômeno da reflexão total interna na casca de índice de refração baixo. O termo degrau vem da existência de uma descontinuidade na mudança de índices de refração na fronteira entre o núcleo e a casca da fibra (Figura 14).

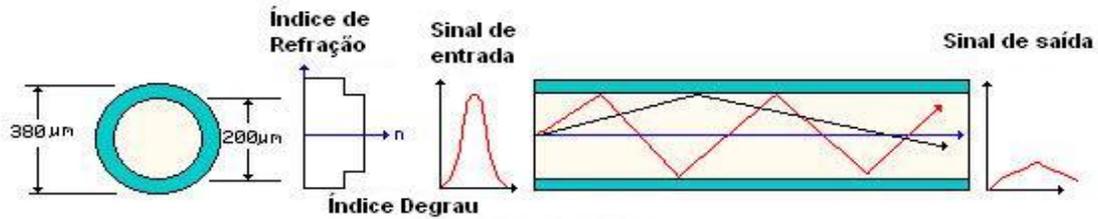


Figura 14 - Fibra índice degrau

5.1.1.2. Multimodo índice gradual

Ao invés de uma mudança brusca no índice de refração do núcleo para a casca, o índice de refração diminui gradativamente e de forma contínua. Os feixes de luz se propagam de forma gradual ao longo da fibra devido ao fato de que os índices de refração são mais uniformes na fronteira entre o núcleo e a casca da fibra óptica (Figura 15).

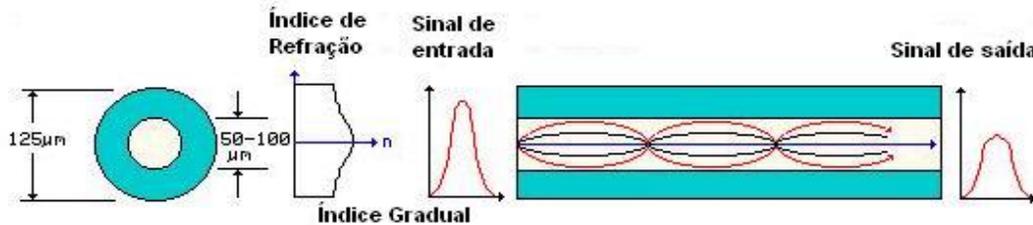


Figura 15 - Fibra índice gradual

5.1.2. Fibra Monomodo

Esse tipo de fibra é insensível à dispersão modal, pois o feixe luminoso se propaga em linha reta (único modo) sem ter que realizar nenhuma reflexão. Isso faz com que a transmissão atinja maiores distâncias com maior velocidade, podendo atingir taxas de transmissão da ordem de 100 GHz.Km, tornando esse tipo ideal para aplicações em longas distâncias (Figura 16).

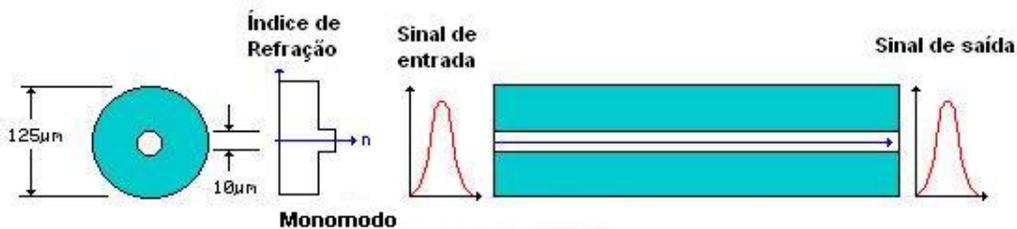


Figura 16 - Fibra monomodo

6. Comprimento do Cabeamento da Rede

Na prática, é interessante fazer uma estimativa da metragem dos cabos de interligação que serão utilizados na execução do cabeamento horizontal para a conexão com os pontos de rede definidos nas áreas de trabalho com vistas aos cálculos de material e custos do projeto. Neste caso, não é considerado para efeito do cálculo o cabeamento backbone.

Partindo-se do diagrama físico da rede e da planta da edificação, que normalmente é executada em escala, pode-se calcular o comprimento do cabeamento nos percursos horizontais até os pontos terminais da rede. Esse cálculo pode ser feito individualmente para cada tipo de cabo (coaxial, fibra óptica, par trançado) através da seguinte fórmula:

$$TC = [(LL+LC+4PD)/2] \times NP \times 1,10 \times 2, \text{ onde:}$$

TC = Total do cabeamento horizontal (em metros);

LL = Comprimento linear do lance de cabo mais longo (em metros);

LC = Comprimento linear do lance de cabo mais curto (em metros);

PD = Altura do pé direito da edificação (em metros);

NP = Número de pontos de rede projetado.

A fórmula aqui apresentada é empírica e o valor obtido considera uma margem para reserva técnica de 10% nos cabos para a aplicação no cabeamento dos acessórios como gabinetes e racks e para manutenções futuras da rede.