

**Engenharia de Controle e Automação**  
**Disciplina: Redes Industriais - 7º Período**  
**Professor: José Maurício S. Pinheiro**

## AULA 6 – Cabeamento para Redes

### 1. Cabeamento Estrutura do Industrial

Para adequar estes processos, é necessária uma comunicação eficaz entre os dispositivos gerenciadores (PLC) e máquinas industriais. Esta necessidade pode ser suprida com a instalação de um projeto adequado de Cabeamento Industrial, seja através de cabos metálicos e/ou cabeamento óptico, envolvendo todos os dispositivos e acessórios (Figura 1).



Figura 1 - Soluções para cabeamento industrial

A comunicação de dados é uma necessidade em ambientes industriais, devendo contemplar produtos específicos, com alta robustez e facilidade de organização devido aos efeitos provocados por grandes níveis de interferência eletromagnética gerada por máquinas, equipamentos e produtos químicos neste tipo de ambiente. Outro ponto são as interfaces de comunicação entre a estação de controle e os diversos dispositivos que geralmente utilizam os sinais seriais RS-232/422/485 que possuem alguns limitantes como: distância, interferências além do grande volume físico que estes cabos acabam gerando. Os sistemas de cabeamento em ambiente industrial utilizando condutores paralelos convencionais para a conexão dos sensores e atuadores aos controladores apresentam como características o custo relativamente elevado, falta de flexibilidade nos casos de modificações ou expansões do sistema e maior demanda de tempo nas fases de projeto e instalação do cabeamento e nas atividades de manutenção preventiva e corretiva. O cabeamento Industrial tem que ser muito mais resistente. Os conectores devem oferecer graus de proteção IP 65 ou IP 67. O Código IP (Índice de Proteção), que é um sistema de codificação para indicar os graus de proteção proporcionados ao objeto contra o acesso a partes perigosas, contra o ingresso de corpos estranhos (resíduos sólidos) e contra a penetração de água. Este código é formado por dois números, situados imediatamente após as letras IP. Para suportar taxas de dados de 1 Gbps até 10 Gbps, será necessário cabeamento e conectores de categoria 6A / Classe EA e uma largura de banda de 500 MHz.

A proposta de sistema estruturado industrial é ser uma base comum e de convergência para as mais diversas aplicações, passando por sistemas de computação, som e vídeo. Os projetos de sistemas de cabeamento industrial atuais devem levar em conta a evolução das redes e a tendência da utilização de padrões e normas vigentes dos sistemas de cabeamento estruturado, abrangendo também os conceitos de sistemas operacionais, interface homem-máquina e requisitos para bancos de dados.

Como benefícios adicionais do emprego da tecnologia de redes estruturadas em ambientes industriais, pode-se citar a manutenção mais simples, os custos de operação mais baixos e a flexibilidade do gerenciamento quase ilimitada. A proteção do investimento, bem como o desembolso de manutenção, pode ser drasticamente reduzida. Uma solução de cabeamento estruturado pode custar até 60% menos para gerenciar e manter do que um sistema de cabeamento tradicional. Uma planta industrial utilizando uma rede estruturada funciona dentro de um controle de custos muito mais efetivo, pois o sistema de cabeamento, em conjunto com o sistema de automação, simplifica a manutenção e elimina a necessidade de obras precoces na infraestrutura.

### 1.1. Estrutura do Cabeamento para Redes Industriais

Um sistema moderno de rede de automação para controle industrial baseia-se em duas premissas básicas que são a total distribuição do processamento e a concentração das informações de processo. O conjunto dos equipamentos de automação, formado pelos atuadores, controladores e sensores espalhados pela planta industrial, controlando bombas, sistemas de refrigeração e aquecimento, elevadores, segurança, etc., interligados aos computadores dos diversos sistemas, através de uma rede de comunicação em um centro de controle caracterizam essa estrutura.

Normalmente a estrutura do centro de controle é montada em uma sala reservada, segura, com sistema de ventilação adequado, dispendo de fontes de energia auxiliares e espaço adequado para alojar pessoal e equipamentos. A partir desta sala, os operadores do sistema podem controlar todas as funções monitoradas do prédio através de uma comunicação em tempo real com todos os equipamentos (Figura 2).

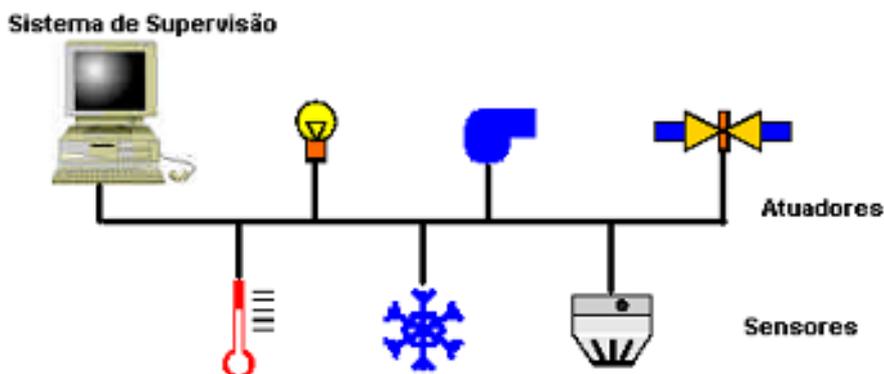


Figura 2 – Estrutura de controle industrial

O conceito de arquitetura para sistemas de automação industrial possui, em geral, três níveis de rede de cabeamento distribuída, de vários portes, de acordo com o empreendimento. Em um primeiro nível, existe uma rede gerencial para interligar os computadores de automação aos computadores dos sistemas administrativos com a finalidade da transferência de dados como tarifação de energia, água, gás, etc. Este nível é caracterizado normalmente por uma rede utilizando cabeamento UTP e uma rede Ethernet. No nível intermediário localizam-se as diversas redes de controle, com a utilização de mídias diferentes, interligando os vários subsistemas de automação. No último nível temos a rede de campo, utilizando cabeamento de par trançado blindado ou fibra óptica, espalhada por toda a estrutura, interligando as estações remotas, instrumentação inteligente e interfaces homem-máquina (Figura 3).

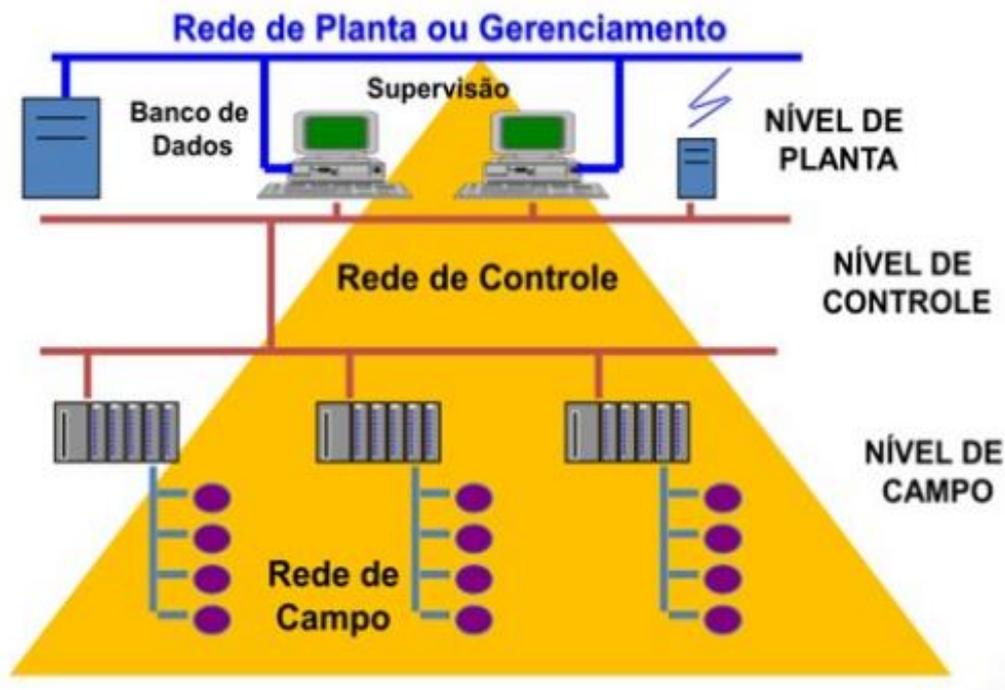


Figura 3 - Níveis de rede de Planta Industrial

## 1.2. Aplicações em Sistemas Industriais

Cada tipo de aplicação industrial possui seu próprio conjunto de requisitos técnicos. Alguns sistemas permitem flexibilidade com respeito à tecnologia e técnicas de comunicação e protocolos. Obviamente, a maioria desses requisitos é suportada pelas tecnologias de cabeamento disponíveis no mercado. Dentre as aplicações para o cabeamento em projetos industriais, as seguintes podem ser destacadas:

### 1.2.1. Sistemas de Telecomunicações

Os principais requisitos de telecomunicações que o cabeamento deve atender são o throughput, a largura de banda e a possibilidade de expansão dos sistemas. O projeto do sistema de cabeamento deve considerar também as

condições estruturais para a escolha da mídia de transmissão mais adequada (par trançado blindado ou fibra óptica) e da arquitetura da rede. O cabeamento estruturado tem como finalidade ser uma infraestrutura passiva única para qualquer sistema de comunicação. A partir dessa infraestrutura passiva, podem ser introduzidos novos recursos e equipamentos de telecomunicações com finalidades diversas, atendendo a evolução natural das tecnologias. De qualquer forma, os sistemas de automação industrial, considerando a possibilidade de ampliações e modificações de sistemas, protocolos e equipamentos, devem ser sempre baseados em um meio físico independente, capaz de acompanhar a evolução desses recursos sem, contudo, sofrer modificações profundas em sua estrutura.

### **1.2.2. Sistemas de Telefonia e Computação**

São os dois sistemas que são considerados como obrigatórios em um projeto de cabeamento industrial. Porém em muitos casos os projetos ainda continuam sendo realizados independentemente, prevendo-se um sistema separado para os equipamentos de voz e outro sistema para os equipamentos de dados. Atualmente as redes de computação já utilizam em praticamente todas as instalações uma solução de cabeamento de pares trançados, conforme definido nas normas internacionais. Porém o mesmo não acontece com as redes de telefonia. Vários projetos de redes novas insistem em terminar os cabos de telefonia com tomada de quatro pinos padrão Telebrás, o que resulta em uma instalação exclusiva e fora do modelo estruturado.

### **1.2.3. Sistemas de Som e Imagem**

As instalações de sonorização utilizam um cabeamento proprietário para interligação das diversas saídas de som ao equipamento central. Também a distribuição de sinal de circuito fechado de TV é feita por rede de cabos proprietários, geralmente do tipo coaxial. Em todos os sistemas descritos são utilizados um ou dois pares de condutores para o funcionamento com a necessidade de baixas taxas de transmissão, amperagem e níveis de frequência. Normalmente as redes de computação e de circuito fechado de TV necessitam para seu funcionamento de cabos capazes de transmitir frequências elevadas e em banda larga. A distribuição de sinal de circuito interno de TV também é feita por uma rede de cabos proprietários do tipo coaxial ou fibra óptica. Nesse caso, a execução do cabeamento estruturado pode ser feita necessitando apenas do uso de baluns, adaptadores de conectores de cabo coaxial para o padrão RJ-45 em par trançado, conversores de mídia (no caso de fibra óptica). Em todos os casos, todo o controle de distribuição ou recepção dos sinais, deve ser feito junto aos painéis distribuidores do sistema de cabeamento estruturado.

### **1.2.4. Sistemas de Segurança e Vigilância**

A segurança das edificações pode ser abordada sob dois aspectos fundamentais: o patrimonial e a integridade da instalação. O primeiro aspecto diz respeito à proteção contra invasões e acessos não autorizados, e o

segundo, a proteção contra incêndios. Para o primeiro existem os sistemas de vigilância patrimonial, e para o segundo os sistemas de proteção contra incêndios. Os sistemas de vigilância eletrônica são normalmente sistemas monitorados remotamente, através de sensores. Os sensores mapeiam os pontos críticos da instalação, formando perímetros de proteção que, se rompidos, acionam o módulo central local, acusando a invasão do prédio. O cabeamento dos sensores pode ser executado a partir de cabos de pares trançados, com alimentação em baixa tensão e baixa frequência.

### **1.2.5. Sistemas de Energia**

Nas instalações industriais, nos locais como subestações de energia onde um grande número de sinais digitais e analógicos é coletado, o cabeamento é o responsável pelo transporte da informação obtida pelos sensores, via sistemas de comunicação de dados inteligentes, até os centros de supervisão e controle. Os principais requisitos que o sistema de cabeamento deve atender são a segurança e integridade do transporte dos dados e a interligação e integração com outros sistemas de cabeamento existentes. Monitorar essa rede de energia, identificar as fontes de consumo e suas características, torna-se um fator importante para a garantia da qualidade dos serviços da edificação.

### **1.2.6. Sistemas de Detecção de Incêndios**

Os sistemas de detecção de incêndios podem ser executados utilizando detectores de fumaça, gás e sensores de temperatura. O sistema de detecção é o responsável por monitorar o estado dos detectores distribuídos por toda a edificação. O cabeamento é dividido em zonas de monitoração, supervisionadas pelos respectivos detectores. Devido aos baixos níveis de tensão e frequência envolvidos, o cabeamento estruturado pode ser utilizado, colocando-se adaptadores para tomada padrão RJ-45 na ligação de sinal com os diversos sensores e atuadores.

### **1.2.7. Sistemas de Controle Ambiental**

Os sistemas de automação relacionados ao transporte dos dados coletados dos sistemas de controle ambiental utilizam uma sinalização de baixa tensão e transmissão em banda estreita. O cabeamento estruturado pode ser utilizado como a estrutura de interligação dos equipamentos integrantes dos sistemas HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado aos sistemas de controle ambiental da edificação. O objetivo é fornecer conforto térmico e permitir um controle mais eficiente da umidade e ventilação através de um controle mais efetivo dessas variáveis. O sistema de controle ambiental também pode ser habilitado para controlar e gerir a energia de outros equipamentos a ele conectados. Outros sistemas como os de detecção de incêndios e controle de elevadores, por exemplo, também podem ser incorporados ao sistema ambiental para possibilitar uma maior adequação e controle das necessidades das instalações.

### 1.2.8. Sistemas de Iluminação

Parte da iluminação poderá ser controlada pelo sistema de gestão de energia. A automatização da iluminação pode ser feita através de programação de luminosidade com a ajuda de sensores de iluminância, ocupação ou detecção, integrada de maneira a fornecer informação ao sistema de gerenciamento do prédio. Os sistemas de controle de iluminação por computador utilizam comunicação em par trançado para ligar o sistema de iluminação ao sistema de controle ambiental, utilizando painéis transdutores, atuadores e sensores. Os sensores e atuadores são dispostos em grupos e interligados através de um barramento de cabos de par trançado. Ressalta-se ainda a necessidade de executar em paralelo um barramento de cabos de energia, para alimentação dos sensores e atuadores.

## 2. Categorias e Classes de Desempenho

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.

A performance de uma infraestrutura de rede não é expressa por sua taxa de transmissão em bits, mas sim por sua banda de frequência de operação. Por esse motivo, dentro dos padrões de cabeamento foram criados grupos de especificações chamados “categorias” ou “níveis”, (a nomenclatura varia dependendo do padrão), que definem a aplicação dos cabos e conectores em função da banda de frequência de operação. Quanto mais elevada for a classificação do cabo ou acessório, tanto maior é a sua capacidade de transmitir dados. Nessa classificação, uma categoria ou classe de desempenho superior do cabo significa maior eficiência e uma menor atenuação.

“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. 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.

### 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. 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.

### 2.2. Cabeamento Categoria 7

A Categoria 7/ Classe F é uma categoria ou classe de desempenho que apresenta 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 4).



Figura 4 - Conector IEC 61076-3-104 – Fonte: Siemon

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 5).

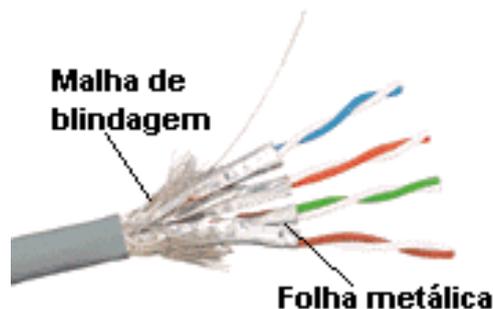


Figura 5 - Cabo S/FTP – Fonte: Siemon Company

Na Tabela 1 é apresentado um resumo das principais características do cabeamento em par metálico segundo as normas ISO e EIA/TIA:

Tabela 1 – Principais características de cabeamento em par trançado

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

### 3. Cabo Coaxial

Um 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. 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 6).



Figura 6 - Estrutura do cabo coaxial

### 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. É utilizado para transmissão digital, possuindo impedância característica  $50\Omega$ . É o meio mais empregado no início das redes locais na década de 1980 (Figura 7).

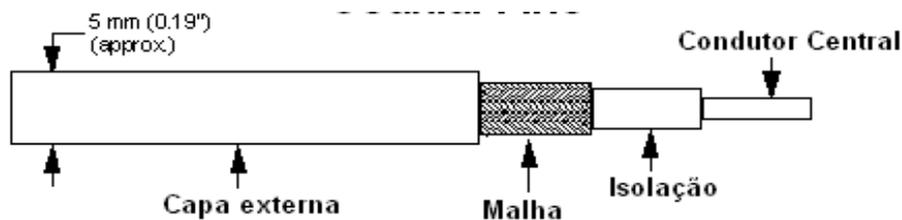


Figura 7 - Coaxial fino

### 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. Possui uma blindagem geralmente de cor amarela e seu diâmetro externo é de aproximadamente 10 mm (Figura 8).

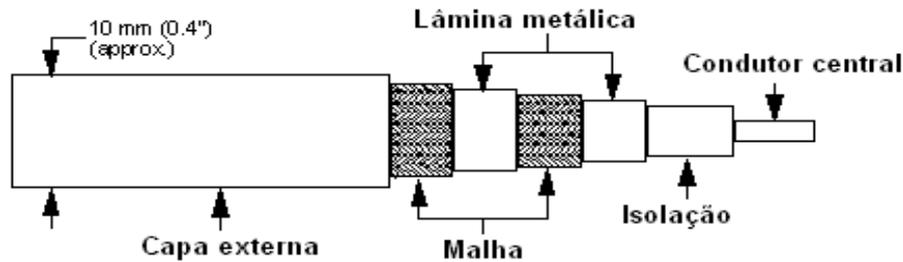


Figura 8 - Coaxial grosso

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.

### 3.3. Terminações em cabos coaxiais

Destacam-se cinco tipos de conectores para serem utilizados com cabos coaxiais em redes de computadores (Figura 9):

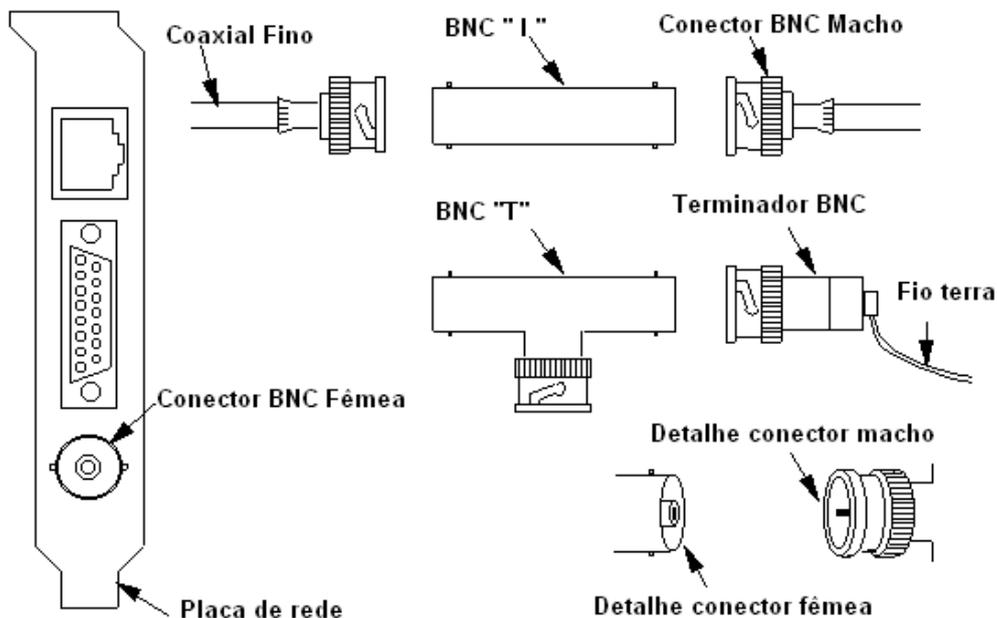


Figura 9 - Tipos de conectores para cabos coaxiais

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.

#### 4. Cabos de Par Trançado

O cabo de par trançado é empregado também em redes locais com taxas de transferência de 10Mbps, 100Mbps até 1Gbps. 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.

##### 4.1. Cabos STP

Um 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 10).

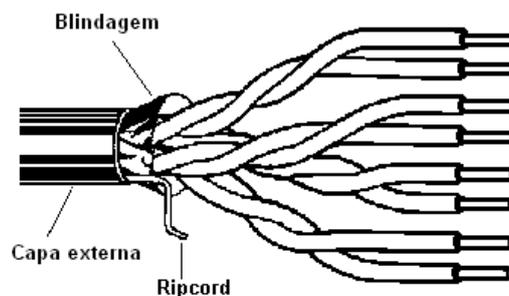
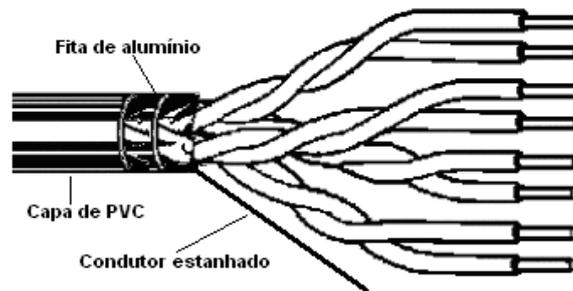


Figura 10 - Cabo STP

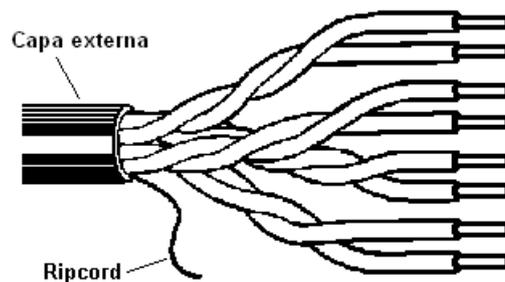
##### 4.2. Cabos FTP

Os cabos de pares trançados blindados 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 11).

**Figura 11 - Cabo FTP**

### 4.3. Cabos 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 12).

**Figura 12 - Cabo UTP**

### 4.4. Terminações em cabos UTP

Nas redes utilizando o cabeamento UTP, a norma EIA/TIA padronizou o conector RJ-45 para a conectorização dos cabos (Figura 13). Na norma NBR 14565, esse mesmo conector recebe a denominação de Conector Modular de Oito Vias (CM8V). 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 (plug) e fêmea (jack).

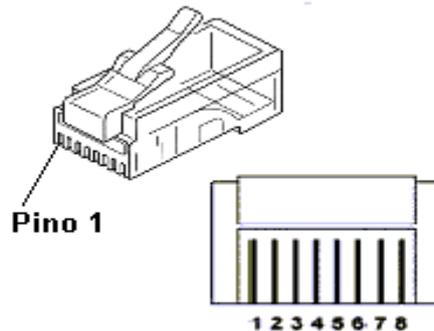


Figura 13 - Conector RJ 45

## 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 14), responsáveis pela conversão dos sinais elétricos para sinais luminosos e vice-versa.

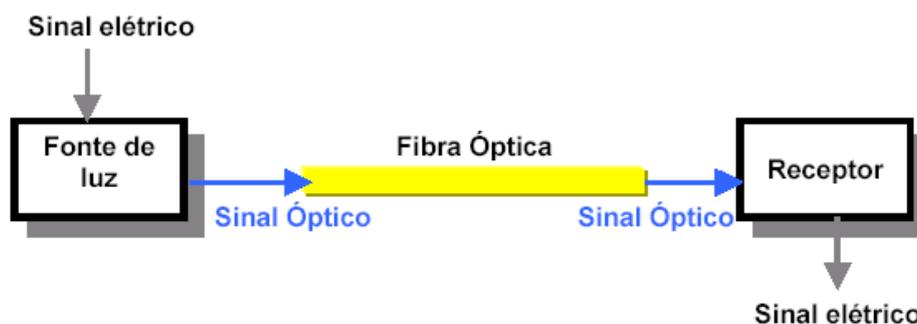


Figura 14 - Esquema de transmissão de sinais na fibra óptica

### 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 15).

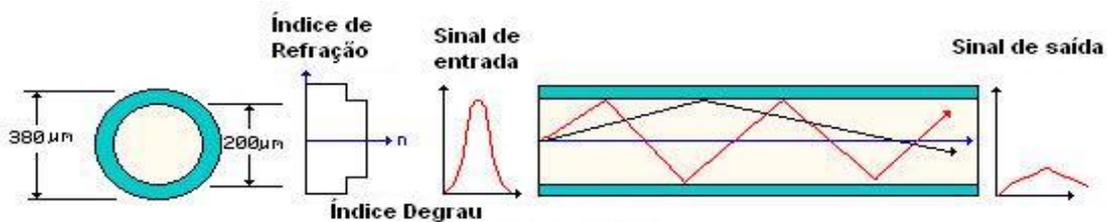


Figura 15 - Fibra índice degrau

#### 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 16).

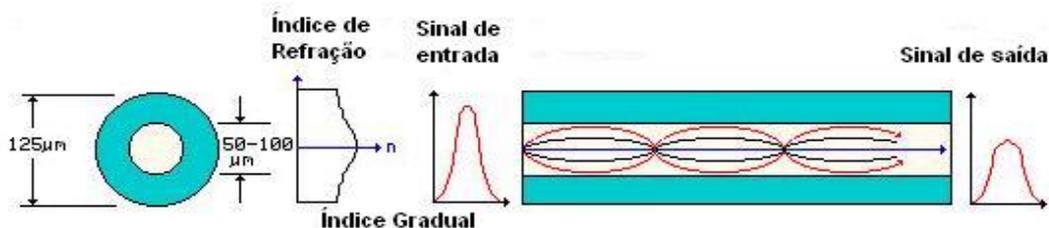


Figura 16 - Fibra índice gradual

### 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 17).

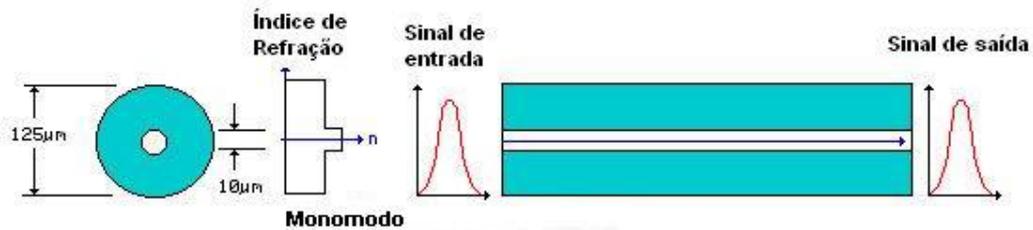


Figura 17 - Fibra monomodo

## 5.2. Emendas e Terminações Ópticas

As emendas surgem da necessidade de dar continuidade a um lance de cabo óptico que esteja sendo instalado ou unir esse cabo a uma extensão óptica dotada de um conector e um rabicho óptico. As emendas ópticas são necessárias para ampliar ou dar continuidade a um lance óptico. Contudo, as emendas ópticas não são simples e nem podem ser comparadas com as emendas de cabos metálicos.

### 5.2.1. Emenda Mecânica

Este processo pode ser implementado de duas formas distintas. A primeira consiste na utilização de alinhadores de precisão para fibras ópticas (emendas mecânicas). O processo de emenda mecânica é bastante utilizado em situações emergenciais ou em caráter provisório (Figura 18).

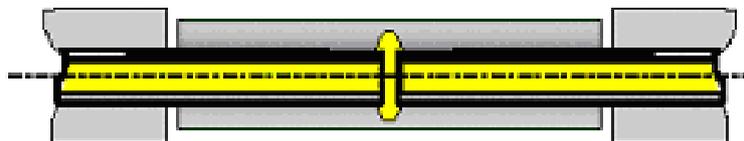


Figura 18 - Emenda mecânica

A segunda forma de emenda consiste no alinhamento por conectorização, utilizando conectores e adaptadores ópticos (Figura 19).



Figura 19 - Emenda por conectorização

### 5.2.2. Emenda por fusão

Este processo caracteriza-se por fundir as extremidades das fibras ópticas através de arcos voltaicos gerados por dois eletrodos. Este procedimento faz com que a emenda seja quase imperceptível aos olhos, além de ser o processo mais utilizado, pois apresenta os menores níveis de atenuação. É um processo que necessita de um equipamento especial denominado Máquina de Emenda por Fusão (Figura 20).

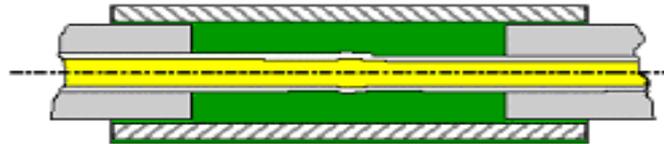


Figura 20 - Emenda por fusão

Os conectores têm a função realizar a conexão entre as fibras ópticas e os equipamentos que podem ser uma fonte de luz, detector de luz ou mesmo equipamentos de medição. São dispositivos que possibilitam a conexão óptica, terminando duas fibras ópticas e que se encaixam em um adaptador óptico. Os conectores ópticos são acessórios compostos de um ferrolho, onde se encontra a terminação da fibra óptica e de uma parte que é responsável pela fixação do corpo do conector. Na extremidade do ferrolho é realizado um polimento para que sejam minimizados problemas relacionados com a reflexão da luz.

Assim como nas emendas ópticas, os conectores também contribuem com atenuações no lance óptico que, basicamente, são conhecidas como perda de inserção e perda de retorno. Existem vários tipos de conectores ópticos no mercado, cada um voltado para uma aplicação. Os tipos existentes variam nos formatos e na forma de fixação (encaixe, rosca). Os conectores são todos machos, ou seja, os ferrolhos são estruturas cilíndricas ou cônicas, dependendo do tipo de conector, que são conectados no interior de adaptadores ópticos ou dos orifícios dos detectores dos equipamentos (Figura 21).

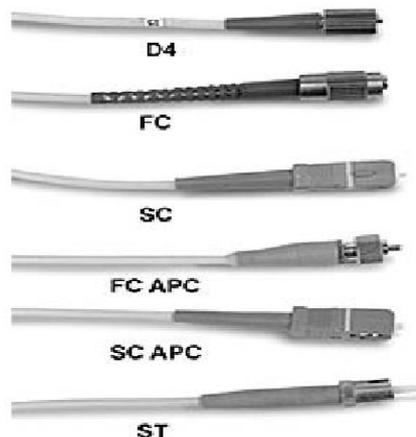


Figura 21 - Tipos de conectores ópticos mais comuns

## 6. Dimensionamento do Cabeamento de 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 através da seguinte fórmula:

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

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.