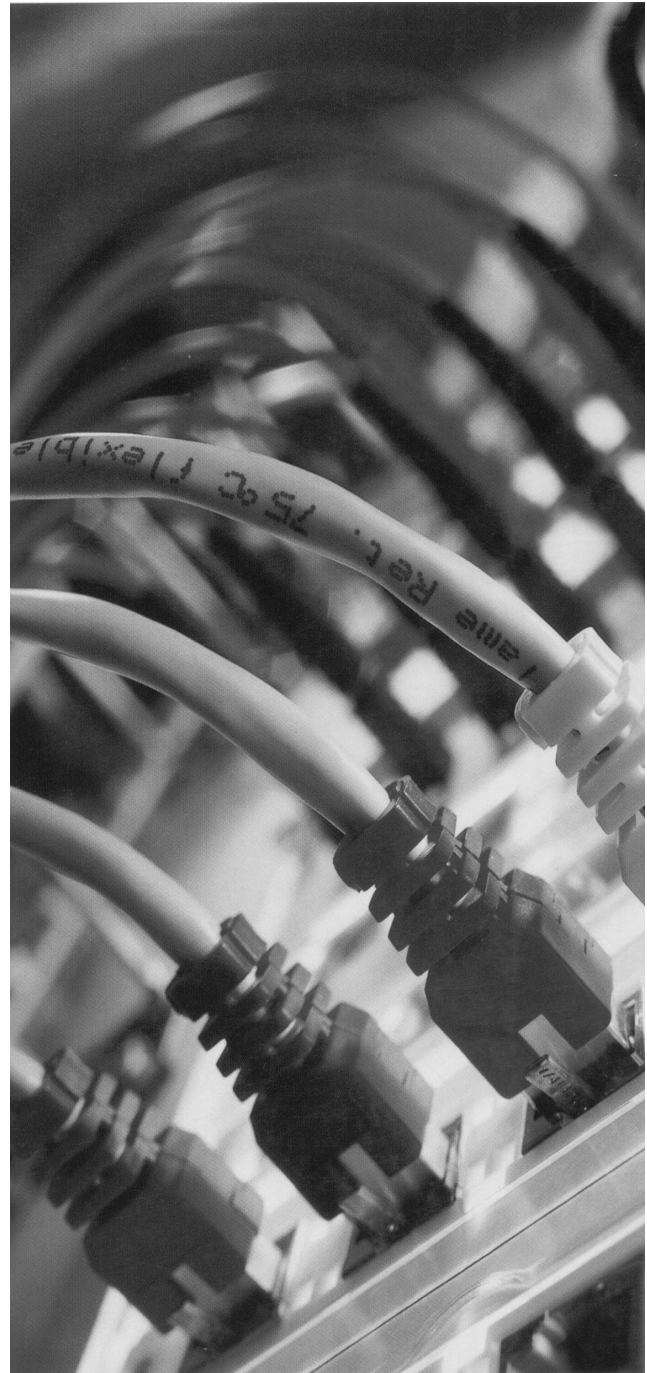


INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Cabeamento Estruturado



Saul Silva Caetano
São José - SC, versão 2011

1) Índice de Figuras

Figura 1: Sinal formado por duas senoides.....	5
Figura 2: BW de um sinal.....	5
Figura 3: BW do sinal de TV analógico.....	6
Figura 4: BW do sinal transmitido na rede ethernet de 10 Mbps.....	6
Figura 5: Código NRZ. A forma de onda superior corresponde a sequência de bits a ser transmitida e a forma de onda inferior ao código.....	7
Figura 6: Código Manchester. A forma de onda superior corresponde a sequência de bits a ser transmitida e a forma de onda inferior ao código.....	8
Figura 7: Código MTL-3.....	8
Figura 8: código PAM-5. A forma de onda superior mostra o sinal transmitido em Manchester e a forma de onda inferior o sinal sendo transmitido com PAM5.....	9
Figura 9: Bw e algumas aplicações suportada pela categoria 5e.....	13
Figura 10: Bw e algumas aplicações suportada pela categoria 6.....	14
Figura 11: Estrutura do cabeamento genérico.....	16
Figura 12: Exemplo de uma instalação de cabeamento estruturado.....	17
Figura 13: Divisões do cabeamento horizontal.....	21
Figura 14: Conexão cruzada.....	22
Figura 15: Interconexão.....	22
Figura 16: Elementos de uma instalação de cabeamento óptico.....	24
Figura 17: topologia de um cabeamento complexo, com os três níveis de hierarquia.....	25
Figura 18: O cabeamento horizontal pode estabelecer ligações entre BD ou CD e as TOs.....	25
Figura 19: Ligações diretas entre BD e entre FD são permitidas para proporcionar redundância de vias de comunicação.....	26
Figura 20: Para chegar até Rx o sinal leva t segundos.....	30
Figura 21: Efeito da dispersão em um pulso que percorreu a linha de transmissão.....	31
Figura 22: A dispersão provoca o alargamento do pulso gerando a interferência intersimbólica.....	31
Figura 23: Sinal senoidal com ruído impulsivo.....	33
Figura 24: Sinal senoidal com ruído contínuo.....	33
Figura 25: Acoplamentos eletromagnéticos entre linhas próximas.....	34
Figura 26: Paradiafonia e telediafonia.....	34
Figura 27: Reflexão em uma corda.....	35
Figura 28: Reflexão em função do descasamento de impedância.....	35
Figura 29: Modelo elétrico da linha de transmissão.....	37
Figura 30: Efeito pelicular.....	38
Figura 31: campo elétrico entre dois condutores.....	39
Figura 32: Cabo UTP.....	42
Figura 33: Cancelamento das correntes induzidas num par trançado.....	42

Figura 34: Tensões presentes nos condutores a e b de um meio balanceado.....	43
Figura 35: cabo STP.....	45
Figura 36: Cabo FTP.....	46
Figura 37: Cabo STP.....	46
Figura 38: cabo coaxial.....	46
Figura 39: Estrutura básica da fibra óptica.....	47
Figura 40: Perfis de índice de refração utilizados na fibra.....	47
Figura 41: A luz se propaga na fibra através da reflexão interna total.....	48
Figura 42: Espectro de frequência utilizado para a transmissão em fibras ópticas indicando: as janelas de transmissão, as principais fontes de atenuação e os tipos de elementos utilizados na construção de fontes ópticas.....	48
Figura 43: Fibra monomodo.....	50
Figura 44: Fibra multimodo.....	50
Figura 45: Cabo tight.....	51
Figura 46: Cabo loose.....	51
Figura 47: identificação da fibra em cabos ópticos.....	52
Figura 48: Padrões de conexão 568A e 568B.....	53
Figura 49: Conector Tera da Siemon®.....	54
Figura 50: Conectores para fibra óptica: ST, SC e LC.....	54
Figura 51: Conectores F para cabos coaxiais.....	55
Figura 52: conector BNC.....	55
Figura 53: Elemento de conexão IDC (também conhecido como conector de engate rápido).....	56
Figura 54: Patch Panel.....	56
Figura 55: Bloco 110 IDC.....	56
Figura 56: Elemento de conexão do bloco BLI.....	57
Figura 57: Tomada CM8V, RJ45.....	57
Figura 58: Distribuidor óptico.....	58
Figura 59: Eletrodutos.....	60
Figura 60: Canaletas.....	60
Figura 61: Bandeja e eletrocalha.....	61
Figura 62: Elementos de proteção com centelhadores para blocos IDC e de conexão por enrolamento.....	63
Figura 63: tempo de subida e de cauda de um impulso.....	63
Figura 64: Resposta do centelhador a um impulso, com indicação de V_d e V_r	64
Figura 65: Link permanente e canal.....	66
Figura 66: Link básico - Link de teste.....	66
Figura 67: Exemplos de erros na terminação dos cabos.....	67
Figura 68: Distorção de atraso de grupo.....	69
Figura 69: ACR - Relação entre a atenuação e a diafonia.....	70

Figura 70: Exemplo de identificação por cores.....	75
Figura 71: Simbologia para projetos elétricos.....	78
Figura 72: Triângulo de potências.....	79

2) Índice de tabelas

Tabela 1: Padrões IEEE 802.3.....	11
Tabela 2: Categorias do cabeamento estruturado.....	13
Tabela 3: Atenuação para as classes de fibra óptica especificadas na NBR 14565.....	22
Tabela 4: Classificação das fibras ópticas pela norma ISO/IEC 11801.....	23
Tabela 5: Comparação das classes da ISO/IEC 11801 com os tipos de fibra das redes IEEE 802.3.....	23
Tabela 6: Atenuação máxima das LPCDs em 800Hz em relação as taxas de transmissão.....	28
Tabela 7: Distorção de atenuação para linhas LPCDs.....	29
Tabela 8: Valores máximos de atenuação para cabos categoria 6.....	29
Tabela 9: Código de cores dos pares trançados.....	44
Tabela 10: Código de cores dos grupos e supergrupos.....	44
Tabela 11: Código de cores dos pares extras.....	45
Tabela 12: Código de cores para os cabos de fibra óptica.....	52
Tabela 13: Espaçamento entre cabos de energia e cabos de telecomunicações.....	59
Tabela 14: Quantidade máxima de cabos por eletroduto em função do diâmetro.....	59
Tabela 15: Distância entre abraçadeiras.....	61
Tabela 16: Valores limites para o resultado de testes de certificação na frequência mais alta de cada categoria.....	70
Tabela 17: Exemplos de valores da potência consumida por equipamentos de telecomunicações.....	78
Tabela 18: Fator de Correção para Agrupamento de Circuitos ou Cabos Multipolares (adaptada da NBR 5410).....	80
Tabela 19: Codificação dos Métodos de Instalação de Condutores.....	81
Tabela 20: Capacidade de Condução de Corrente [A] em Baixa Tensão (adaptada da NBR 5410).....	82
Tabela 21: Dimensionamento de Eletrodutos.....	83

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1. NORMAS E PADRÕES.....	3
2. BANDA PASSANTE X VELOCIDADE DE TRANSMISSÃO.....	5
2.1 - BANDA PASSANTE (BW) DE UM SINAL	5
2.2 - BANDA PASSANTE DO MEIO DE TRANSMISSÃO.....	7
2.3 - CÓDIGOS DE LINHA.....	7
2.4 - CODIFICAÇÕES UTILIZADAS NOS PADRÕES DA FAMÍLIA IEEE 803.2.....	9
2.5 - OBSERVAÇÃO FINAL.....	12
3. CATEGORIAS DO CABEAMENTO ESTRUTURADO.....	13
3.1 - CATEGORIAS DE CABEAMENTO ESTRUTURADO.....	13
3.2 - O USO DA FIBRA ÓPTICA.....	14
4. VISÃO GERAL DO CABEAMENTO ESTRUTURADO.....	15
4.1 - INSTALAÇÕES DE ENTRADA E SALA DE EQUIPAMENTOS.....	17
4.2 - CABEAMENTO DE BACKBONE E DISTRIBUIDORES DE TELECOMUNICAÇÕES.....	19
4.3 - DISTRIBUIDORES.....	19
4.4 - ÁREA DE TRABALHO E CABEAMENTO HORIZONTAL.....	20
4.5 - MUTO E TIPOS DE CONEXÕES.....	21
4.6 - CABEAMENTO ESTRUTURADO UTILIZANDO FIBRA ÓPTICA.....	22
4.7 - TOPOLOGIA FÍSICA DO CABEAMENTO ESTRUTURADO.....	24
5. LIMITAÇÕES DOS SINAIS NOS MEIOS DE TRANSMISSÃO	27
5.1 - ATENUAÇÃO.....	27
5.2 - ATRASO DE PROPAGAÇÃO E DISPERSÃO DO SINAL.....	30
5.3 - RUÍDOS.....	31
5.4 - RELAÇÃO SINAL RUÍDO.....	33
5.5 - REFLEXÃO E POTÊNCIA DE RETORNO.....	35
6. MEIOS DE TRANSMISSÃO.....	37
6.1 - MEIOS METÁLICOS.....	37
6.2 - GRANDEZAS PRIMÁRIAS DOS MEIOS DE TRANSMISSÃO.....	37
6.3 - GRANDEZAS SECUNDÁRIAS DOS MEIOS DE TRANSMISSÃO.....	39
6.4 - PAR TRANÇADO NÃO BLINDADO (UTP).....	41
6.5 - PAR TRANÇADO STP E FTP.....	45
6.6 - CABO COAXIAL	46
6.7 - FIBRA ÓPTICA.....	47
7. COMPONENTES DO CABEAMENTO ESTRUTURADO.....	53
7.1 - CONECTORES.....	53
7.2 - PATCH PANEL.....	55
7.3 - BLOCO 110 IDC.....	56
7.4 - BLOCO BLI.....	57
7.5 - TOMADAS CM8V OU RJ45.....	57
7.6 - DISTRIBUIDOR ÓPTICO.....	57
7.7 - CALHAS, ELETRODUTOS E OUTROS TIPOS DE VIAS.....	58
7.8 - ATERRAMENTO E LIGAÇÃO AO TERRA.....	61
7.9 - COMPONENTES DE UM SISTEMA DE ATERRAMENTO.....	64
8. TESTES DE CERTIFICAÇÃO.....	66
8.1 - TESTES PARA CABEAMENTO METÁLICO.....	67



8.2 - COMPARAÇÃO DOS REQUISITOS ELÉTRICOS NAS CATEGORIAS 5E E 6.....	70
8.3 - TESTES PARA CABEAMENTO ÓPTICO.....	71
9. DOCUMENTAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO.....	72
9.1 - IDENTIFICAÇÃO.....	72
9.2 - IDENTIFICAÇÃO ATRAVÉS DE CORES.....	73
10. PROJETO DA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA PARA ATENDER A SALA DE TELECOMUNICAÇÕES.....	77
10.1 - DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE E DA POSIÇÃO DAS TOMADAS.....	77
10.2 - DEFINIÇÃO DA FORMA DE PASSAGEM DOS FIOS.....	78
10.3 - CÁLCULO DA POTÊNCIA TOTAL A SER INSTALADA E DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE DE CIRCUITOS A SEREM UTILIZADOS.....	78
10.4 - DEFINIÇÃO DA BITOLA DOS CONDUTORES.....	79
10.5 - DEFINIÇÃO DA PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS.....	83
10.6 - DEFINIÇÃO DAS BITOLAS DAS VIAS DE PASSAGEM.....	83
11. REFERÊNCIAS.....	84



Introdução

Durante as duas últimas décadas os sistemas de telecomunicações apresentaram forte expansão, diversos setores empresariais que antes entendiam telecomunicações como sinônimo de telefonia ou no máximo telex, passaram a instalar suas próprias redes de computadores e vincular estas mesmas redes com a Internet. O setor de TV, no Brasil, viu a chegada dos sistemas de TV a cabo, dos sistemas de TV via satélite por assinatura, o acesso a internet via a rede de TV a cabo (cable modem) e mais recentemente já comenta-se sobre IPTV. Os sistemas móveis, tais como telefonia celular e redes de computadores sem fio entraram no mercado mostrando muita competitividade.

Após duas décadas as redes de computadores estão chegando a categoria de requisito básico, como possuir um telefone, para diversos ramos comerciais e industriais e começando a invadir os ambientes residências, principalmente na classe alta. As redes de TV começam a oferecer, além da programação das emissoras de rádio e TV, acesso para internet. Tudo indica que a integração de voz, dados e imagem numa mesma plataforma de transmissão esta cada vez mais próxima, prova disso são os sistemas VOIP e IPTV (voz e TV sob rede ip).

Aumentando ainda mais a necessidade das redes de comunicação, os sistemas de automação comerciais e industriais passaram a controlar remotamente temperaturas, alarmes, circuitos internos de TV, sensores de incêndio, iluminação etc.

Todos os fatos citados acima levaram a necessidade de repensar a infra-estrutura das redes de telecomunicações em ambientes locais. Isto é, repensar a organização e distribuição da estrutura de cabos e conexões, responsáveis por transmitir sinais, sejam voz, dados de computadores, vídeo ou sinais de sensores. Atualmente denomina-se a essa estrutura de “Cabeamento Estruturado”.

Cabeamento Estruturado pode ser definido como um conjunto completo de cabos, conectores, emendas, tomadas, elementos de proteção e seus respectivos suportes mecânicos e elétricos, configurados adequadamente para atender a necessidade de interconexão dos elementos terminais de uma rede local de telecomunicações (por ex. redes de computadores, redes telefônicas, redes de alarmes).

Diversas associações e organizações industriais começaram a discutir uma proposta de normalização para o cabeamento estruturado das redes internas de telecomunicações. Os principais objetivos destas normalizações eram e ainda são:

- propor uma solução de infra-estrutura que possa ser utilizada pelos diferentes sistemas de telecomunicações, garantindo flexibilidade para a mudança do layout da edificação.
- oferecer soluções não proprietárias gerando a compatibilidade entre os diversos fabricantes de componentes.
- determinar parâmetros técnicos para certificação da infra-estrutura.
- garantir que o cabeamento estruturado de uma edificação tenha vida útil compatível com os outros sistemas da infra-estrutura do prédio (sistema elétrico, construção civil, redes hidráulicas). As soluções de cabeamento estruturado tendem a oferecer de 10 a 20 anos de garantia.

A partir dos trabalhos destas associações surgiram diversas normas nacionais e internacionais que permitem a especificação e certificação dos cabeamentos estruturados. Para que um cabeamento estruturado esteja de acordo com essas normas, é necessário que todos componentes estejam dentro das suas exigências e que a instalação ocorra respeitando os limites impostos pelas mesmas normas.



É bom ressaltar que cabeamento estruturado trata de redes locais (LANs), sendo as redes metropolitanas (MANs) e as redes de longa distância (WANs) objetivos de outros tipos de configurações de cabos e conexões.



1. Normas e Padrões

Com os objetivos citados no capítulo anterior, diversos comitês de associações empresariais e organismos de normalização, elaboraram padrões para as instalações de cabeamento.

Atualmente são utilizados os seguintes padrões:

a) Padrões originados pelas organizações ANSI/TIA (American National Standards/ Institute Telecommunications Industries Association). As normas desses padrões foram revisadas em 2009 e estão divididas nos seguintes documentos:

ANSI/TIA-568-C.0 – (Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises) Trata da estrutura do sistema de cabeamento, dos requerimentos de instalação (tensões, curvaturas, separação dos sistemas de energia, aterramento etc) e dos requerimentos de testes de cabeamento óptico.

ANSI/TIA-568-C.1 – (Commercial Building Telecommunications Cabling Standards) Especifica padrões para projeto de cabeamento em edificações comerciais, definindo o desempenho para cabos e acessórios de conexão utilizados.

ANSI/TIA-568-C.2 – (Balanced Twisted-Pair Telecommunication Cabling and Components Standard) fornece os padrões mínimos de performance mecânica e elétrica dos componentes de cabeamento metálico, assim como os procedimentos para validação dos mesmos.

ANSI/TIA-568-C.3 - (Optical Fiber Cabling Components Standard) - especifica os requerimentos mínimos para os componentes de fibra óptica utilizados no sistema de cabeamento e trata do cabeamento óptico em edificações.

ANSI/TIA-569-B – (Commercial Building Standard for Telecommunication Pathways and Spaces) - fornece requisitos para a construção de dutos e espaços para cabeamento de telecomunicações em edificações comerciais.

ANSI/TIA-606-A – (Administration Standard for the Telecommunications Infrastructure of Commercial Building) – fornece requisitos para manutenção de registros e informações do sistema de cabeamento de telecomunicações.

ANSI/TIA-607-A – (Commercial Building Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications) – especifica requisitos de aterramento e ligação ao terra para sistemas de telecomunicações numa edificação comercial.

Os padrões ANSI/TIA utilizam como referencia o NEC (National Electrical Code) para estabelecer padrões mínimos de proteção de pessoas e propriedades contra danos elétricos.

b) Padrão ISO (International Standards Organization)

ISO 11801 - define padrões para projeto de cabeamento de telecomunicações em edificações comerciais.



c) Padrões Europeus

Serie EN 50173 – define padrões para projeto de cabeamento de telecomunicações em edificações comerciais, residenciais e industriais

d) Padrões Brasileiros da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)

NBR 14565 - (Cabeamento de telecomunicações para edifícios comerciais) – define padrões para o cabeamento estruturado de telecomunicações em edificações comerciais.



2. Banda Passante x Velocidade de Transmissão

A finalidade do cabeamento estruturado é fornecer uma via segura e adequada para os sinais das diversas aplicações usuárias do cabeamento. Via adequada e segura, corresponde a uma via com parâmetros elétricos e/ou ópticos suficientes para atender a velocidade e a quantidade de informações que serão enviadas pelos sistemas vinculados a ela.

Dois parâmetros nos cabeamentos, sejam cabeamentos elétricos ou ópticos, são fundamentais a atenuação e a banda passante do canal. A atenuação determina a perda de potência que o sinal sofrerá e a banda passante indica a largura máxima no espectro de frequência do sinal que trafegará na linha.

Sobre a atenuação comentaremos mais adiante na seção 7.1. e nesta seção trataremos da banda passante.

2.1 - Banda passante (BW) de um sinal

A banda passante de um sinal é definida pela largura do intervalo que contem todas as frequências do sinal. Segue abaixo alguns exemplos:

1) Banda passante de um sinal formado por duas senoides

O sinal abaixo é formado pelas senoides com frequências de 20 MHz (fundamental) e 60 MHz (3º harmônico).

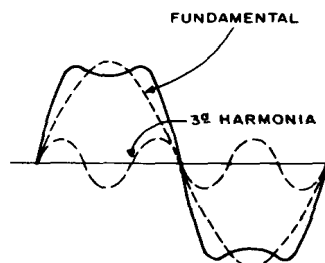


Figura 1: Sinal formado por duas senoides

A banda passante deste sinal será de $BW = 60 - 20 = 40\text{MHz}$, conforme indica o gráfico abaixo.

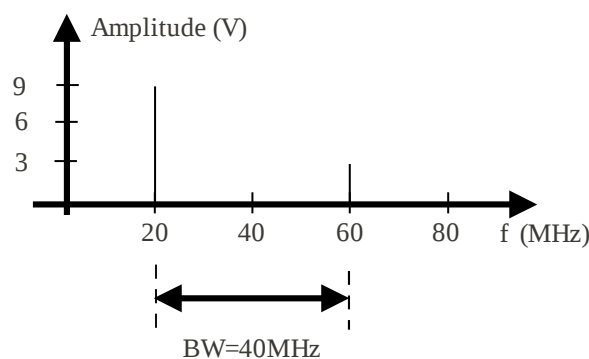


Figura 2: BW de um sinal



2) Banda passante do sinal de voz utilizado em telefonia

A voz humana apresenta componentes frequências entre 100 e 8000 Hz e o ouvido humano distingue frequências entre 20 Hz e 20KHz aproximadamente. Por fatores econômicos na telefonia só são transmitidos as componentes frequências entre 300 e 3400 Hz, portanto a banda passante do sinal de áudio utilizado em telefonia é:

$$BW = 3400 - 300 = 3100 \text{ Hz ou } 3,1\text{KHz.}$$

3) Banda passante do sinal de um canal de TV analógico

Um canal de TV deve transmitir sinal de áudio e sinal de vídeo. O sinal de vídeo ocupa uma banda de 5,25MHz, o sinal de áudio ocupa 0,05 MHz. Considerando a necessidade de bandas de guarda, espaçamento das frequências entre canais e entre sinais de vídeo e áudio, um canal de TV apresenta uma banda de 6MHz (5,25 do vídeo, 0,05 MHz do áudio e 0,70 MHz distribuído entre as bandas de guarda).

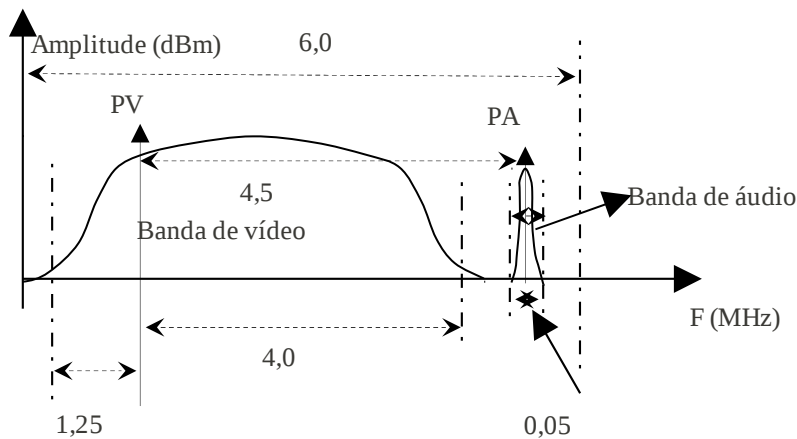


Figura 3: BW do sinal de TV analógico

4) Banda passante de uma rede local ethernet 10 Mbps.

A rede local IEEE 802.3 (ethernet) com velocidade de 10 Mbps utiliza código de linha Manchester, que apresenta uma banda passante igual a 1,6 vezes a velocidade de transmissão para recepção sem distorções da forma de onda. Nas redes IEEE 802.3 as especificações determinam meios de transmissão com no mínimo 16 MHz de banda.

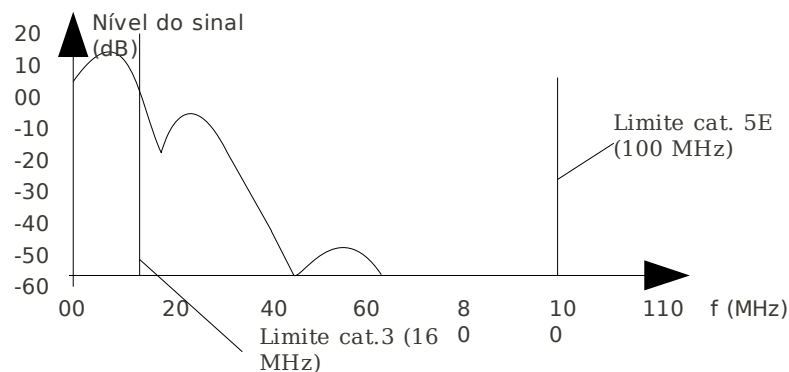


Figura 4: BW do sinal transmitido na rede ethernet de 10 Mbps



2.2 - Banda passante do meio de transmissão

Os meios de transmissão metálicos apresentam respostas em frequência correspondentes a filtros passa baixa, em função dos efeitos capacitivos, indutivos e resistivos dos seus condutores. A fibra óptica possui sua resposta em frequência determinada pela atenuação e pela dispersão do sinal luminoso, apresentando intervalos de frequência com baixas atenuações no sinal na região entre 600 e 1600 nm.

Independente de ser metálico ou uma fibra óptica, a Bw de um meio de transmissão é definida pelos materiais que o compõe, pela forma geométrica como estes estão dispostos e pelo seu comprimento. No cabeamento estruturado os meios de transmissão são classificados em categorias ou classes em função da sua BW. Todos os tipos de meios pertencentes a uma mesma categoria, no mínimo, atendem ao requisito de banda passante estipulado.

2.3 - Códigos de linha

Os sinais utilizados nas redes de telecomunicações podem ser analógicos (voz, vídeo) ou digitais (dados, voz, vídeo). Estes sinais podem ser transmitidos em banda base, sem nenhuma modulação e conseqüentemente compostos pelas suas frequências originais, ou através de sistemas de modulação, onde a faixa de frequência que o sinal ocupará dependerá da portadora e do tipo de modulação utilizado.

Os sinais digitais nas redes locais de computadores são transmitidos em banda base, isto é, não são modulados, ocupando sua faixa de frequência “natural”. Na transmissão de sinais digitais, a forma de onda transmitida deve atender o maior número dos seguintes requisitos:

- Ausência de componente contínua no sinal ao longo do caminho de transmissão.
- Reduzida necessidade de banda passante (BW).
- Transmissão adequada de informação do relógio.
- Facilidade de detecção de erros no código transmitido.

Para atender todos ou alguns desses requisitos a informação digital é codificada, gerando os códigos de linha. Na sequência são apresentados alguns dos códigos de linha utilizados nos sistemas de telecomunicações.

a) Código Polar NRZ (Não Retorno a Zero)

Este código é um dos mais simples, permite eliminar acentuadamente a componente DC do sinal transmitido.

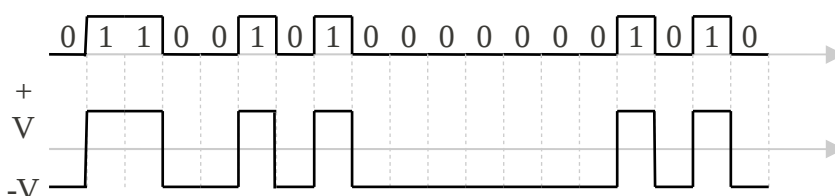


Figura 5: Código NRZ. A forma de onda superior corresponde a sequência de bits a ser transmitida e a forma de onda inferior ao código.

b) Código Manchester ou Bifase (utilizado nas redes IEEE 802.3 de 10 Mbps)

O código Manchester proporcionar uma forte informação do clock, pois apresenta uma transição para cada bit, seja zero ou um. O processo de codificação é o seguinte: o sinal de sincronismo é transmitido em duas fases: 0 grau (para o bit 0) e 180 graus (para o bit 1). O nível do



sinal no início do período do bit é ajustado apropriadamente para que ocorra uma transição positiva (do nível baixo para o nível alto) no meio do bit 1 e uma transição negativa (do nível alto para o baixo) no meio do bit 0.

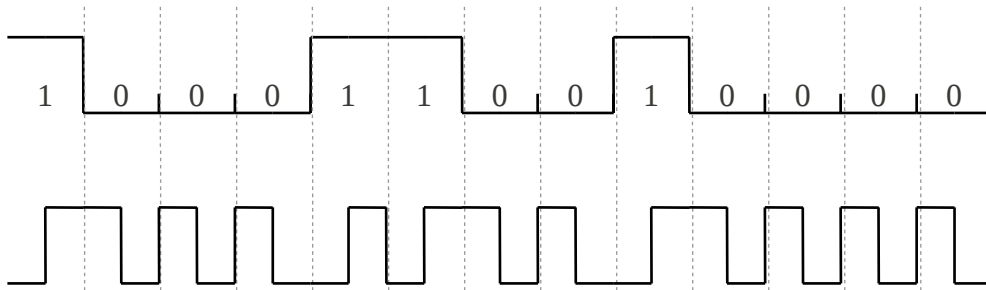


Figura 6: Código Manchester. A forma de onda superior corresponde a sequência de bits a ser transmitida e a forma de onda inferior ao código.

O código Manchester ocupa uma BW correspondente a 1,6 vezes a taxa de transmissão de bits, resultando numa baixa eficiência de uso espectral. Esse código é mais utilizado em enlaces curtos, quando o custo do codificador é mais significativo que o custo dos meios de transmissão com BW apropriada.

c) MLT-3 - Multi – Level Transition 3

Este código apresenta três níveis de tensão, tem como principal objetivo diminuir a BW necessária para transmitir sinais digitais com altas taxas de transmissão. O nível do sinal é alterado a cada ocorrência de um bit alto (1), nos bits baixos não há transição de nível.

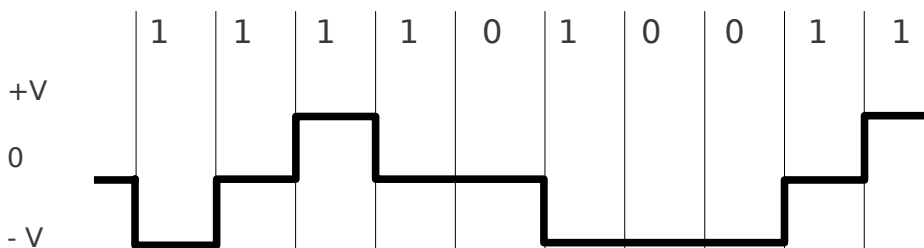


Figura 7: Código MTL-3

Este código é utilizado pela rede IEEE 802.3 de 100 Mbps. Para evitar a perda da informação de clock, devido a uma sequência grande de zeros, antes de iniciar a codificação MLT-3, o sinal é embaralhado através do mapeamento de 4 bits em 5 (4B5B). Apesar do embaralhamento aumentar a taxa de transmissão (num sinal de 100 Mbps a taxa passa para 125 Mbps) a redução da BW produzida pelo código de linha MLT-3 compensa esse aumento.



f) Código PAM5. (Pulse Amplitude Modulation – Level 5)

Neste código os bits são pareados e cada par é representado por um nível de tensão diferente.

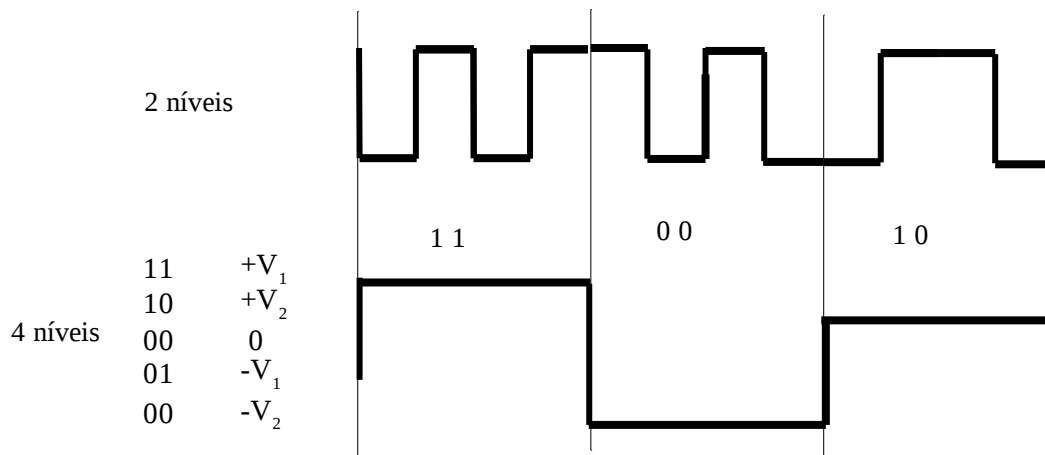


Figura 8: código PAM-5. A forma de onda superior mostra o sinal transmitido em Manchester e a forma de onda inferior o sinal sendo transmitido com PAM5.

O padrão ethernet gigabit (IEEE 1.000BaseT) utiliza o código de linha PAM5.

Os dois últimos códigos são exemplos da aplicação de códigos multiníveis. Cada nível corresponde a um símbolo e este pode ser associado a um ou mais bits. Quanto o símbolo corresponde a mais de um bit a taxa de transmissão de símbolos é menor do que a taxa de transmissão de bits. A relação entre o número de níveis e a taxa de transmissão de bits (Tx) de sinais digitais é descrita pelo teorema de Nyquist:

$$Tx = \frac{1}{T} \cdot \log_2(L)$$

onde L é o número de níveis, e T é o período de sinalização (duração do símbolo). A taxa de sinalização é geralmente chamada de taxa de transmissão de símbolos e é medida em bauds. Por sua vez, a taxa de transmissão é medida em bps.

Códigos multiníveis são utilizados quando a banda de frequência necessita ser fortemente reduzida para transmitir altas taxas de transmissão. O número de níveis do sinal digital pode ser aumentado enquanto que se mantém a mesma taxa de sinalização.

No código PAM5, para cada período do relógio são enviados dois bits (duas informações). Portanto a taxa de transmissão num sistema PAM5 corresponde ao dobro daquela utilizada em um sistema com dois níveis digitais.

2.4 - Codificações utilizadas nos padrões da família IEEE 803.2

Atualmente as redes de computadores locais (LANs) são as referências para definição da taxa de transmissão máxima que um cabeamento estruturado deve suportar. Mais de 90% dessas redes segue algum dos padrões IEEE 803.2, muitas vezes chamados de ETHERNET devido a fatores históricos. A tabela 1 apresenta um apanhado dos padrões dessas redes e dos códigos de linhas utilizadas pela mesma. Perceba que o uso de mapeamentos, tipo o 4B5B empregado nas redes de 100 Mbps, são comuns e objetivam a eliminação de grandes sequências de zeros.

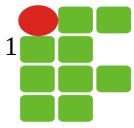


Padrão	Interface	Tipo de meio	Codificação			Distância
			FDX	“Mapeamento” dos Dados	Código de linha	
IEEE 802.3a-t Ethernet	10BASE-2	Cabo coaxial “thin” 50 Ω	H	4B/5B	Manchester	< 185 m
	10BASE-5	Cabo coaxial “thick” 50 Ω	H	4B/5B	Manchester	< 500 m
	10BASE36	Cabo coaxial 75 Ω (CATV)	H	4B/5B	Manchester	< 3600 m
	10BASE-T	Dois pares UTP categoria 3 ou superior	H/F	4B/5B	Manchester	<100 m
	10BASE-FP	Duas fibras ópticas multimodo 62,5 μm	H	4B/5B	Manchester	<1000 m
	10BASE-FL	Duas fibras ópticas multimodo 62,5 μm	F	4B/5B	Manchester	< 2000 m
	10BASE-FB	Duas fibras ópticas multimodo 62,5 μm	H	4B/5B	Manchester	< 2000 m
IEEE 802.3u Fast Ethernet	100 BASE – T4	Quatro pares UTP categoria 3 ou superior	H	8B/6T	MLT3	< 100 m
	100 BASE – T2	Dois pares UTP categoria 3 ou superior	H/F	PAM5x5	PAM5	< 100 m
	100 BASE – TX	Dois pares UTP categoria 5 ou superior	H/F	4B/5B	MLT3	< 100 m
	100 BASE – TX	Dois pares STP	F	4B/5B	MLT3	< 200 m
	100 BASE – FX	Duas fibras ópticas multimodo 62,5 μm	F	4B/5B	NRZI	< 2km
	100 BASE – FX	Duas fibras ópticas mono modo 50 μm	F	4B/5B	NRZI	< 40 Km



Padrão	Interface	Tipo de meio	Codificação			Distância
			FDX	“Mapeamento” dos Dados	Código de linha	
IEEE 802.3z/ab Gigabit Ethernet	1000 BASE - CX	Dois pares STP	F	8B/10B	NRZ	< 25m
	1000 BASE - T	Quatro pares UTP categoria 5e ou superior	H/F	4D-PAM5	PAM5	<100m
	1000 BASE - SX	Duas fibras multimodo 50 µm, 850 nm	F	8B/10B	NRZ	500/750 m
	1000 BASE - SX	Duas fibras multimodo 62,5 µm, 850 nm	F	8B/10B	NRZ	220/400 m
	1000 BASE - LX	Duas fibras multimodo 50 µm, 1310 nm	F	8B/10B	NRZ	550/ 2000m
	1000 BASE - LX	Duas fibras multimodo 62,5 µm, 1310 nm	F	8B/10B	NRZ	550/100 m
	1000 BASE - LX	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm	F	8B/10B	NRZ	5 Km
	1000 BASE - ZX	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm	F	8B/10B	NRZ	80 Km
IEEE 802.3ae 10G Ethernet	10 GBASE-SR	Duas fibras multimodo 50 µm, 850 nm	F	64B/66B	NRZ	2 – 300 m
	10 GBASE-SW	Duas fibras multimodo 62,5 µm, 850 nm	F	64B/66B	NRZ	2 – 33 m
	10 GBASE-LX4	Duas fibras multimodo 50 µm, WDM 4 sinais	F	8B/10B	NRZ	300 m
	10 GBASE-LX4	Duas fibras multimodo 50 µm, WDM 4 sinais	F	8B/10B	NRZ	300 m
	10 GBASE-LX4	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm, WDM 4 sinais	F	8B/10B	NRZ	10 Km
	10 GBASE-LR	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm	F	64B/66B	NRZ	10 Km
	10 GBASE-LW	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1310 nm	F	64B/66B	NRZ	10 Km
	10 GBASE-ER	Duas fibras monomodo 8-10 µm, 1550 nm	F	64B/66B	NRZ	2 – 40 Km

Tabela 1: Padrões IEEE 802.3



2.5 - Observação final

É bom ressaltar a diferença entre velocidade de transmissão e banda passante. Velocidade de transmissão indica quantos bits são transmitidos por segundo, enquanto banda passante indica o tamanho do intervalo de frequência necessário para transmitir o sinal.

Dependendo do código de linha a ser utilizado a banda passante poderá ser menor, igual ou maior que a velocidade de transmissão. Como a banda passante é um item importante, pois o custo de um sistema com banda passante maior é mais alto, os códigos de linha tendem sempre a diminuir a banda passante do sinal a ser transmitido.

Por fim, lembramos que as especificações de cabeamento são realizadas considerando a banda passante que o cabo suporta, independente da velocidade de transmissão dos bits, pois esta além da banda passante depende do código de linha utilizado na transmissão.



3. Categorias do Cabeamento Estruturado

Os sistemas de cabeamento estruturado são classificados conforme seus requisitos elétricos, destacando-se entre eles a BW. A norma ANSI/TIA classifica os sistemas de cabeamento em categorias e a ISO em classes. A norma brasileira NBR 14565, reconhece tanto a denominação de classes como a denominação de categorias. Devido ao uso mais frequente da classificação das categorias pelos profissionais da área, a mesma será utilizada nessa apostila.

3.1 - Categorias de cabeamento estruturado

Categoria/ Classe	Capacidade de BW em 100m	Taxa de transmissão máxima par rede Ethernet
3/C	16 MHz	10 Mbps (reconhecida pela ANSI/TIA e ISO)
5e/D	100 MHz	1000 Mbps (reconhecida pela ANSI/TIA e ISO)
6/E	250 MHz	1 Gbps (reconhecida pela ANSI/TIA e ISO)
6a/E _A	500 MHz	10 Gbps (reconhecida pela ANSI/TIA e ISO)
7/F	600 MHz	10 Gbps (reconhecida pela ISO)

Tabela 2: Categorias do cabeamento estruturado

As categorias 4 e 5 não constam da tabela 2 devido ao fato da norma ANSI/TIA 568C não considerá-las mais para sistemas de cabeamento estruturado. A categoria 5 predominou nos cabeamentos estruturados até o ano de 1999, quando a categoria 5e passou a ser o requisito básico para novas instalações. A partir de 2002 a categoria 6 começa a ser considerada como uma alternativa viável para novas instalações. A grande vantagem desta categoria é a maior banda passante, indicando uma vida mais longa para o cabeamento, pois suporta redes Ethernet até 1Gbps. As categorias 6a e 7 foram pensadas para suportarem taxas de transmissão de redes Ethernet de 10Gbps, porém não são dominantes nas instalações atuais.

Nas figuras seguintes apresentamos as bandas passantes das categorias 5e e 6 indicando alguns serviços que elas suportam.

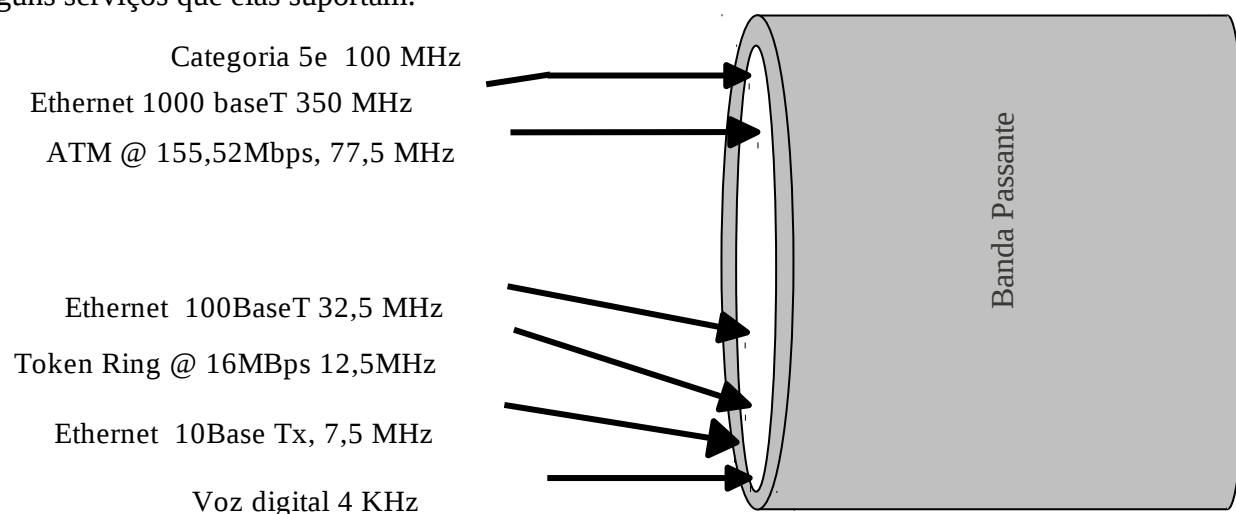


Figura 9: Bw e algumas aplicações suportada pela categoria 5e



O serviço ethernet 1000BaseT (par trançado) utiliza sistema full duplex a quatro pares (cada par transmite e recebe ao mesmo tempo), os demais serviços utilizam um ou dois pares.

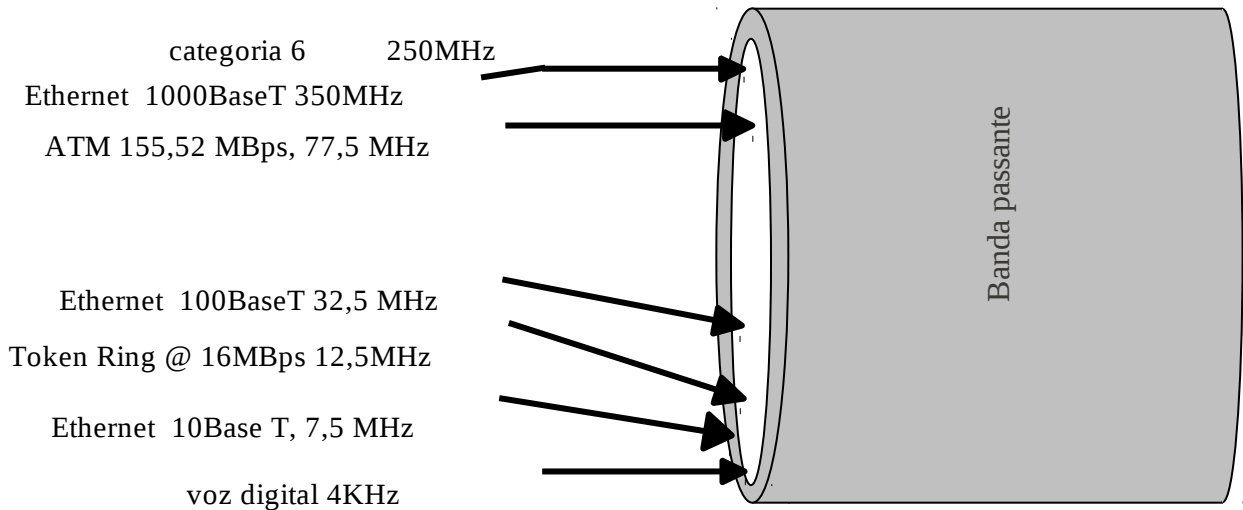


Figura 10: Bw e algumas aplicações suportada pela categoria 6

A categoria 6 utiliza quatro pares para implementar 1000baseT, porém dois pares transmitem e dois pares recebem (não há comunicação full duplex no mesmo par). Os demais serviços utilizam um ou dois pares.

3.2 - O uso da fibra óptica

O uso de fibra óptica aumenta a banda passante do cabeamento, porém o custo dos equipamentos que convertem sinais elétricos em sinais luminosos e vice-versa ainda é elevado. A fibra é mais utilizada no cabeamento primário, onde a quantidade de informação é maior, sendo o restante do sistema realizado com par trançado. Existe porém, cabeamentos ópticos centralizados, com fibra do início ao fim.



4. Visão Geral do Cabeamento Estruturado

O cabeamento estruturado é composto por um conjunto de *elementos funcionais* que permitem a interligação dos equipamentos de uma rede de telecomunicações local. A norma NBR14565 da ABNT lista 10 elementos funcionais que podem estar presentes num cabeamento estruturado:

- 1) **Distribuidor de campus (CD):** armários e blocos de conexão que permitem a interligação entre a rede externa e os servidores e o backbone do campus.
- 2) **Backbone de campus:** cabos e suas vias de passagem (calhas, eletrodutos etc) que interligam o CD aos distribuidores de edifícios (BD)
- 3) **Distribuidor de edifício (BD):** armários e blocos de conexão que interligam o backbone de campus com os servidores e backbone do edifício. Em instalações onde não existem o backbone de campus, o BD interliga a rede externa com a backbone do edifício.
- 4) **Backbone de edifício:** cabos e suas vias de passagem (calhas, eletrodutos etc) que interligam o BD com os FD
- 5) **Distribuidor de piso (FD):** armários e blocos de conexão que interligam o backbone do edifício com o cabeamento horizontal.
- 6) **Cabeamento horizontal:** cabos e suas vias de passagem que interligam os FD com as tomadas de telecomunicações.
- 7) **Ponto de consolidação (CP):** ponto com elementos de conexão (ex: patch panel) localizado no cabeamento horizontal, entre o FD e a tomada de telecomunicações.
- 8) **Cabo do ponto de consolidação (cabo do CP):** cabo que interliga o CP a uma tomada de telecomunicações.
- 9) **Tomada de telecomunicações multiusuário (MUTO):** conjunto de tomada de telecomunicações que atende entre 2 e 12 áreas de trabalho.
- 10) **Tomada de telecomunicações (TO):** tomada de telecomunicações para conexão dos equipamentos terminais com o cabeamento horizontal.

O conjunto de um ou mais equipamentos funcionais formam os subsistemas do cabeamento estruturados, os quais são denominados na NBR14565 de: backbone de campus, backbone de edifício e cabeamento horizontal. A figura 11 mostra esquematicamente os elementos funcionais que podem compor cada um dos subsistemas.

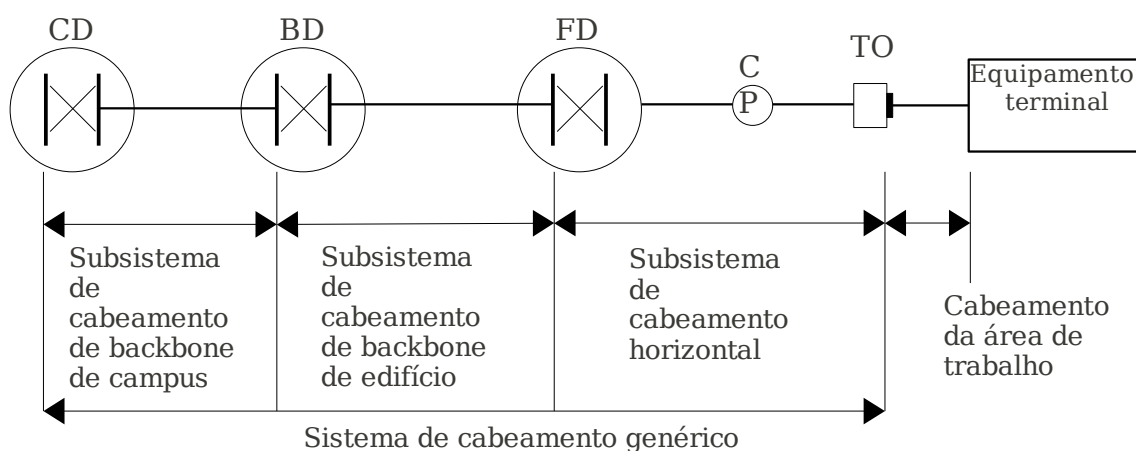


Figura 11: Estrutura do cabeamento genérico

Fonte: NBR14565

O subsistema de cabeamento de backbone de campus inicia no CD e termina no BD, englobando os componentes do cabeamento que interligam o cabeamento de backbone com a rede externa (equipamentos da instalação de entrada) e que interligam os equipamentos instalados no CD com os cabamentos de entrada e de backbone de campus. Além disso, o backbone do campus e os elementos de conexão desses cabos no BD, também fazem parte desse subsistema.

O subsistema de cabeamento de backbone de edifício inicia no BD e termina no FD. Os cabos do backbone do edifício, os blocos de conexão desses cabos no BD e no FD e, no caso de não existir o backbone de campus, os blocos de conexão entre a rede externa e o backbone do edifício fazem parte desse subsistema.

Por fim, o subsistema de cabeamento horizontal inicia nos DF e termina na tomada de telecomunicações. Fazem parte desse subsistema o cabeamento horizontal, as terminações dos cabos nas tomadas de telecomunicações, os componentes de conexão do DF, que interligam o backbone do edifício com o cabeamento horizontal. Opcionalmente podem fazer parte desse subsistema um ponto de consolidação ou uma MUTO.

Além dos subsistemas definidos pela NBR14565, as descrições das estruturas de cabeamento estruturado costumam mencionar as seguintes seções:

- 1) **Instalação de entrada** – local de conexão entre a rede externa (os provedores de serviço) e a rede local. A instalação de entrada pode estar embutida no CD ou no BD ou ainda estar alocada em espaço próprio.
- 2) **Sala de equipamentos** – sala que abriga os servidores que atendem toda a rede local (ex: servidores de rede de computadores, de conexão à Internet, centrais telefônicas, centrais de segurança ou de controle ambiental). Nessas salas é aconselhável garantir as condições ambientais adequadas para a operação dos equipamentos (controle de temperatura e umidade). Nos cabamentos que dispõem da sala de equipamentos, estas devem alocar o CD ou, caso esse não exista, o BD.
- 3) **Sala de telecomunicações** – sala que abriga um DF, em instalações de grande porte, é aconselhável acomodar os DF em espaços reservados, garantindo a climatização e segurança dos equipamentos nele instalados.
- 4) **Área de trabalho:** área onde os equipamentos do usuário serão instaladas, o tamanho da área de trabalho deve ser suficiente para alocação dos móveis e dos equipamentos que o usuário necessita utilizar. Por exemplo, num escritório comercial onde os usuários terão



uma mesa com computador e telefone para trabalhar, o tamanho da área de trabalho deve ficar entre 6 e 10 m².

Na figura 12 é apresentado um exemplo de cabeamento estruturado onde estão indicadas as localizações de vários elementos funcionais, subsistemas e seções.

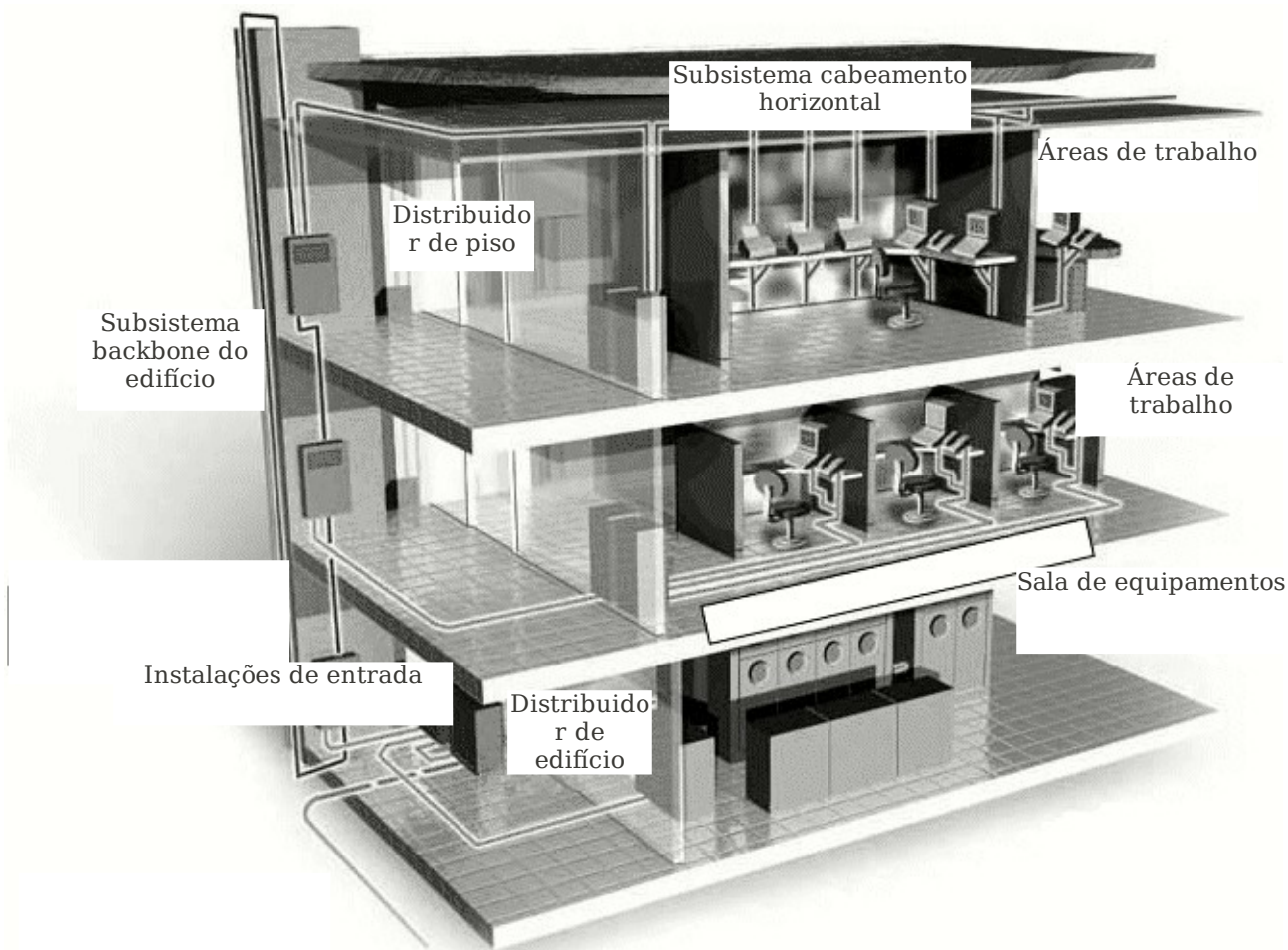


Figura 12: Exemplo de uma instalação de cabeamento estruturado.

Fonte: http://www.technologyuk.net/telecommunications/networks/structured_cabling.shtml

4.1 - Instalações de entrada e sala de equipamentos.

4.1.1 - Instalações de entrada

As instalações de entrada estão presentes em redes locais que utilizam provedores externos, tais como centrais telefônicas, servidores de internet, receptores de satélites ou links de microondas. Estas instalações devem garantir:

a) Passagem dos cabos de ligação dos provedores: Há três formas possíveis para entrada de cabos externos:



- 1) **Aérea:** apresenta facilidades de instalação e manutenção, por outro lado geralmente altera a fachada da edificação e deve prever condicionantes do tráfego e circulação de pessoas, tais como:
 - Altura mínima entre a superfície da rua e o cabo de telecomunicações igual a 4,9m.
 - Altura mínima entre a superfície da calçada ou área trafegável, fora da rua, e o cabo de telecomunicações igual a 3,70 m.
 - Altura mínima entre a superfície de área não trafegável e o cabo de telecomunicações igual a 2,40 m.
- 2) **Enterrada:** Consiste na abertura de valas onde são enterrados os cabos. Apesar da facilidade da instalação e da maior flexibilidade para contornar obstáculos, este tipo de entrada dificulta futuras manutenções e não apresenta a mesma proteção mecânica da entrada subterrânea.
- 3) **Subterrânea:** Realizada através de dutos enterrados, não alterando a fachada da edificação. Sua instalação inicial é mais onerosa, porém facilita a manutenção, a readaptação da rede e apresenta uma vida útil mais longa.

b) Equipamentos de proteção contra surtos de tensão e corrente na linha da rede externa.

As redes externas estão sujeitas a interferências eletromagnéticas originadas de descargas eletromagnéticas, redes de alimentação elétrica etc. Em geral, estas interferências provocam picos de sobretensão e sobrecorrente que trafegam até os terminais da rede externa.

Para evitar danificações nos equipamentos da rede local ligados diretamente a rede externa, modems, roteadores, centrais telefônicas etc, é necessário o uso de componentes de proteção, tais como centelhadores, fusíveis e filtros. Os componentes de proteção devem seguir as recomendações dos provedores de rede externa.

c) Elementos de conexão entre a rede externa e a rede interna

Os elementos de conexão mais utilizados são os blocos de conexão rápida (blocos de conexão por deslocamento do isolante do condutor, blocos IDC) e os 'patch panel'. Para maiores detalhes sobre os elementos de conexão veja o capítulo 9.

A instalação de entrada de uma edificação deve ficar localizada em um ponto que facilite tanto a chegada dos cabos externos como a conexão destes com os cabos primários. Muitas vezes estas instalações ficam dentro da sala de equipamentos, fixadas em painéis nas paredes ou em armários destinados para este fim.

A instalação de entrada é o ponto de transição entre as redes externas e a rede local.

4.1.2 - Sala de equipamentos

A sala de equipamentos é o local que reúne todo hardware de uso comum da rede de telecomunicações, fornecendo condições operacionais para o funcionamento dos mesmos. Ficam nesta sala servidores, centrais telefônicas, etc.

Além dos equipamentos, a sala de equipamentos aloja o distribuidor de Edifício ou de Campus, nestes são realizadas as conexões entre o cabeamento de backbone de edifício/campus e os



servidores e entre os servidores e os cabos vindos da instalação de entrada. Em alguns casos estes armários são utilizados também para conexões entre equipamentos e um cabeamento horizontal, quando a proximidade das áreas de trabalho permitem tais conexões.

Como já citamos, muitas vezes a instalação de entrada também é alocada na sala de equipamentos.

4.2 - Cabeamento de backbone e distribuidores de telecomunicações

4.2.1 - Cabeamento de backbone

O cabeamento de backbone corresponde aos cabos e seus suportes mecânicos (canaletas, dutos etc) e acessórios de conexão que interligam os distribuidores de edifício com os distribuidores de piso.

Os cabos que serão utilizados nesse cabeamento deverão ser da categoria que atenda a demanda das redes de telecomunicações que utilizarão o sistema de cabeamento estruturado. Segundo a TIA/EIA, as categorias atualmente aceitas para o cabeamento metálico são: 5e, 6 e 6a. A distância máxima para o cabeamento de backbone com pares metálicos, independente do cabo ser UTP¹, ou FTP é de 90m (cabos STP estão previstos para a categoria 7). Em relação ao cabeamento óptico são aceitos os cabos com fibras multimodo e monomodo e as distâncias admitidas são de 300, 500 e 2000, diminuídas das distâncias correspondentes ao cabeamento horizontais e seus patch cord..

4.3 - Distribuidores

Os distribuidores são os pontos da rede que realizam as conexões entre:

- instalações de entrada e cabeamento de backbone. Nas instalações em campus essa conexão é realizada no distribuidor de campus e em edifícios no distribuidor de edifício.
- servidores e backbone de edifício/campus.
- Backbone de edifício e cabeamento horizontal.
- equipamentos ativos e cabeamento horizontal.

Para realização destas conexões são utilizados cordões de manobra, pedaços de cabos que interligam equipamentos ou cabeamentos através das portas dos patch panels ou dos blocos IDC. Recomenda-se que os cordões de manobra (patch cord) sejam adquiridos diretamente dos fabricantes, evitando confecções inadequadas nos mesmos. Em geral estes cordões são feitos com condutores flexíveis. Nos cabeamentos ópticos as conexões são realizadas nos distribuidores ópticos.

Existem três tipos de distribuidores numa rede com cabeamento estruturado:

Distribuidor de Campus (CD) – fica na sala de equipamentos e realiza as conexões entre os cabos das instalações de entrada com os servidores gerais e/ou com os cabos do backbone de campus.

¹ UTP – par trançado não blindado; FTP – par trançado blindado; STP – par trançado com blindagem individual em cada par e uma segunda blindagem envolvendo todos os pares.



Distribuidor de edifício (BD) – realiza conexões entre o cabeamento do backbone do edifício e o cabeamento da instalação de entrada ou do backbone do campus. Também pode realizar conexão de equipamentos com os cabeamentos do backbone do edifício ou com o cabeamento horizontal.

Distribuidor de piso (FD) – realiza conexões entre o cabeamento do backbone do edifício e um cabeamento horizontal ou entre cabeamentos horizontais do mesmo nível ou ainda entre equipamentos ativos e cabeamentos horizontais. Sendo que os equipamentos aqui mencionados correspondem a servidores que atendem somente aos cabeamentos horizontais iniciados no próprio distribuidor de piso.

4.4 - Área de trabalho e cabeamento horizontal.

4.4.1 - Área de trabalho

Uma área de trabalho corresponde a um espaço físico onde estão localizadas as tomadas terminais da rede de cabeamento (tomadas de telecomunicações) e onde serão colocados os equipamentos terminais da rede (telefones, computadores, sensores, etc). É aconselhável prever no mínimo uma área de trabalho para cada 10 m² de área útil da edificação e para cada área de trabalho no mínimo duas tomadas de telecomunicações. Área útil é toda a área da construção exceto corredores, garagens, banheiros e outras áreas similares. A norma NBR 14565 prevê que cada área de trabalho deve ser servida por duas tomadas de telecomunicações no mínimo.

Os cabos dos equipamentos, plugs, adaptadores, conversores e os equipamentos terminais são os componentes da área de trabalho.

A norma TIA/EIA não especifica nenhum dos componentes acima, porém para que a rede funcione adequadamente é necessário que os componentes utilizados atendam aos requisitos elétricos da categoria do cabeamento instalado.

4.4.2 - cabeamento horizontal

Cabeamento horizontal corresponde a ligação entre a tomada de telecomunicações e o distribuidor de piso ou edifício. incluindo os cabos, as tomadas de telecomunicações e as conexões realizadas no distribuidor. Para esse cabeamento são permitido cabos metálicos UTP, FTP e STP das categorias 5e, 6 e 6a e cabos com duas ou quatro fibras mono ou multimodo.

O cabeamento horizontal é subdividido em canal e link permanente. O canal corresponde a ligação entre o equipamento ativo ou backbone do edifício e o equipamento terminal. O link permanente é a ligação entre o patch panel, bloco IDC ou distribuidor óptico e a tomada de trabalho.

Tanto o canal como o link permanente apresentam limites máximos de comprimento de cabo metálicos instituídos por norma. O canal pode ter no máximo 100 m e o link 90 m. Os patch cord, cabos que interligam patches panels ou outros tipos de bloco de conexão podem ter no máximo 5,0 m. Os cabos dos equipamentos, tanto do equipamento ativo como do equipamento terminal não devem ser muito compridos para garantir a qualidade do canal de comunicação. A figura 13 mostra as divisões do canal do cabeamento horizontal

O uso dos comprimentos máximos de 3,0 m para os cabos dos equipamentos terminais e de 7,0 metros para o conjunto patch cord e cabo de equipamento ativo é um bom procedimento para instalações. Uso de outros comprimentos devem ser adotados somente em casos extremos, onde não há como atender esses limites.



No caso do cabo do equipamento terminal, a limitação do seu comprimento tem por objetivo também diminuir os riscos de acidentes tais como: cabos sob pés de mesas ou cadeiras, tropeços de usuários nos cabos etc.

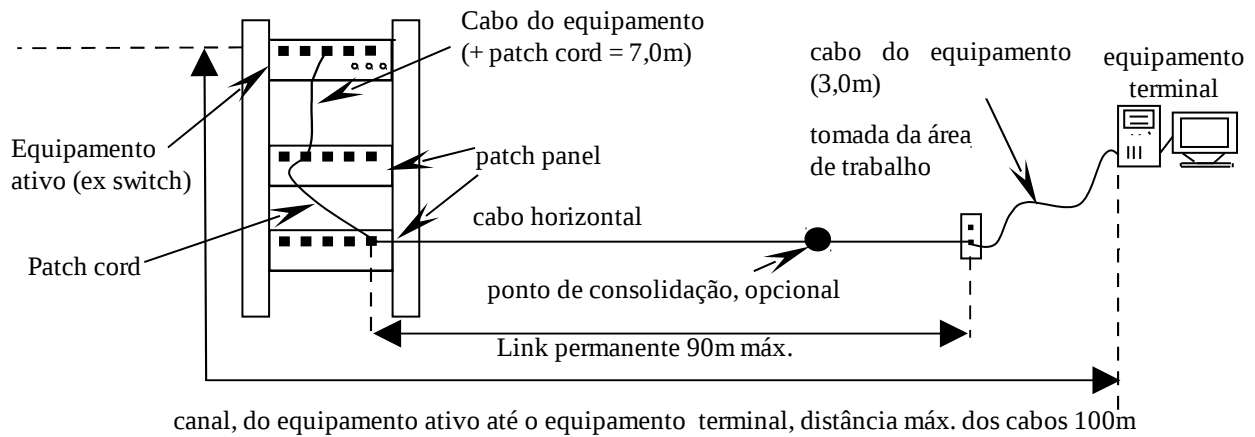


Figura 13: Divisões do cabeamento horizontal

No link permanente é permitido a colocação de um ponto de consolidação (CP). Este ponto, corresponde a um equipamento de conexão utilizado na distribuição dos cabos horizontais para tomadas de telecomunicações espalhadas num ambiente sujeito a mudanças de layout frequentes (ambientes abertos como galpões ou edifícios onde as paredes divisórias podem ser removidas). Cada ponto de consolidação poderá atender até 24 tomadas de telecomunicações, isto é, 12 áreas de trabalho. Os CPs devem ficar a 15,0 metros do distribuidor e a uma distância mínima de 5,0 m da tomada de telecomunicações.

4.5 - MUTO e Tipos de Conexões

4.5.1 - MUTO

MUTO (Tomada de telecomunicações multiusuário) corresponde a pontos de conexão nas áreas de trabalho onde são disponibilizadas até 24 tomadas para atender 12 áreas de trabalho. As MUTOs podem ser utilizadas em instalações de edificações com amplas áreas (galpões ou escritórios abertos) onde a concentração de tomadas em pontos fixos da infraestrutura do prédio (paredes de alvenaria, colunas ...) evita a reinstalação do cabeamento a cada alteração na disposição das divisórias móveis. Nessas instalações o comprimento máximo dos cabos dos equipamentos da área de trabalho não pode exceder 20 m.

4.5.2 - Tipos de Conexões

As conexões entre cabeamentos distintos ou entre cabeamentos e equipamentos de redes, ocorrem nos distribuidores. A norma ANSI/TIA/EIA- 568 descreve duas formas de realizar as conexões:

Conexões cruzadas: As conexões entre equipamentos ativos e cabeamento da rede são realizadas através de patchs panels ou blocos de conexão rápida. Desta forma evita-se utilizar as portas de conexão dos equipamentos ativos e mexer no cabeamento da rede. Tal procedimento



diminui os riscos de danos aos equipamentos ativos e fornece uma conexão definitiva para o terminal do cabo do cabeamento de backbone ou horizontal.

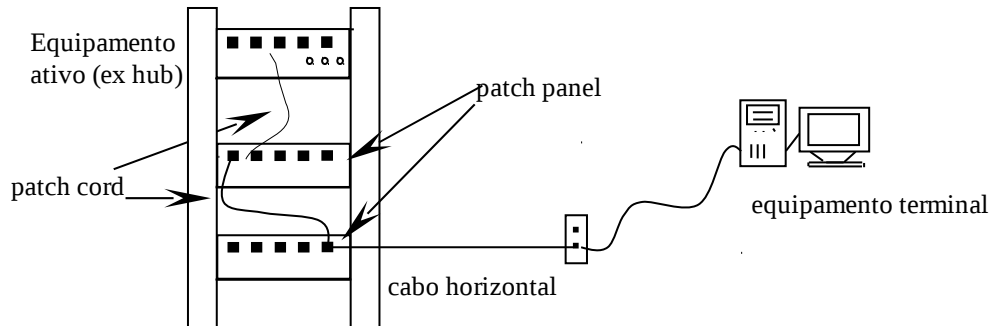


Figura 14: Conexão cruzada

Interconexão: A conexão é realizada através de um único patch panel ou bloco de conexão rápida, aumentando o uso das portas dos equipamentos.

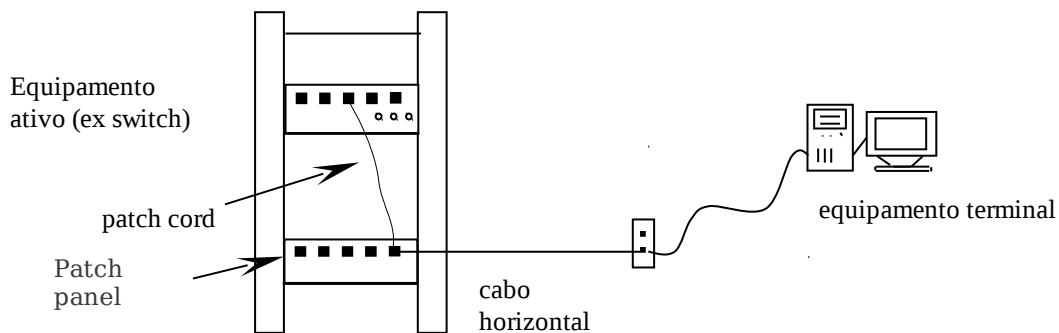


Figura 15: Interconexão

4.6 - Cabeamento estruturado utilizando fibra óptica

A utilização de soluções ópticas no cabeamento estruturado apresenta peculiaridades em relação as soluções via par trançado. As soluções ópticas são utilizadas geralmente nos backbones de redes que demandam grande taxa de transmissão. Nos cabeamentos horizontais o uso da fibra só se justifica para atividades com taxas de transmissão iguais ou superiores a 1Gbps. Os custos dos equipamentos ativos que tratam o sinal luminoso ainda são proibitivos para um uso mais generalizado de soluções de cabeamento de redes locais totalmente com fibras ópticas.

A norma NBR14565 especifica a atenuação máxima para 3 diferentes classes de canais de fibra óptica:

Classe	Comprimento do canal (m)	Atenuação do canal (dB)			
		Multimodo		Monomodo	
		850 nm	1300 nm	1310 nm	1550nm
OF-300	300	2,55	1,95	1,8	1,8
OF-500	500	3,25	2,25	2	2
OF-2000	2000	8,5	4,5	3,5	3,5

Tabela 3: Atenuação para as classes de fibra óptica especificadas na NBR 14565.



Em cada uma dessas classes é permitido o uso de diferentes tipos de fibras, para traçar um paralelo entre as classes e os tipos de fibra que podem ser empregadas, apresentamos na sequência a tabela 4 com a classificação para fibras adotadas pela norma ISO/IEC² 11801:

Tipo de fibra			Banda passante (MHz.Km)		
			Alimentada por LED		Alimentada por VCSEL
sigla	mono/multi	Diâm. do núcleo (µm)	Comprimento de onda (nm)		Comprimento de onda (nm)
			850	1300	
OM1	multimodo	62,5	200	500	Não especificada
OM2	multimodo	50	500	500	Não especificada
OM3	multimodo	50	1500	500	2000
OM4	multimodo	50	3500	500	4700
OS1	monomodo	≅ 9	-	-	-
OS2	monomodo	≅ 9	-	-	-

Tabela 4: Classificação das fibras ópticas pela norma ISO/IEC 11801.

Comparando as classes e os tipos da ISO/IEC 11801 com os tipos de fibra utilizadas nas redes IEEE 802.3 temos:

Padrão	Tipos de fibra									
	OM1		OM2		OM3		OM4		OS1	
	850nm	1300 nm	850nm	1300 nm	850nm	1300 nm	850nm	1300 nm	1310nm	1550nm
802.3: 1000base-SX			OF-500		OF-500					
802.3:1000base-LX		OF-500		OF-500		OF-500		OF-500	OF-2000	
802.3:1000base-FX		OF-2000		OF-2000		OF-2000		OF-2000		
802.3:100Base-FX		OF-2000		OF-2000		OF-2000		OF-2000		
802.3:10Gbase-LX4		OF-300		OF-300		OF-300		OF-300	OF-2000	
802.3:10Gbase-ER										OF-2000

Tabela 5: Comparação das classes da ISO/IEC 11801 com os tipos de fibra das redes IEEE 802.3

As distâncias indicadas pelas classes, 300, 500 e 2000 referem-se a distância de backbone de edifício + cabeamento horizontal + patches cords. O cabeamento horizontal é limitado a 100,0 m, sem 10 metros para os patches cords e 90 metros para o link permanente.

² ISO - International Organization for Standardization
IEC- International Electrotechnical Commission

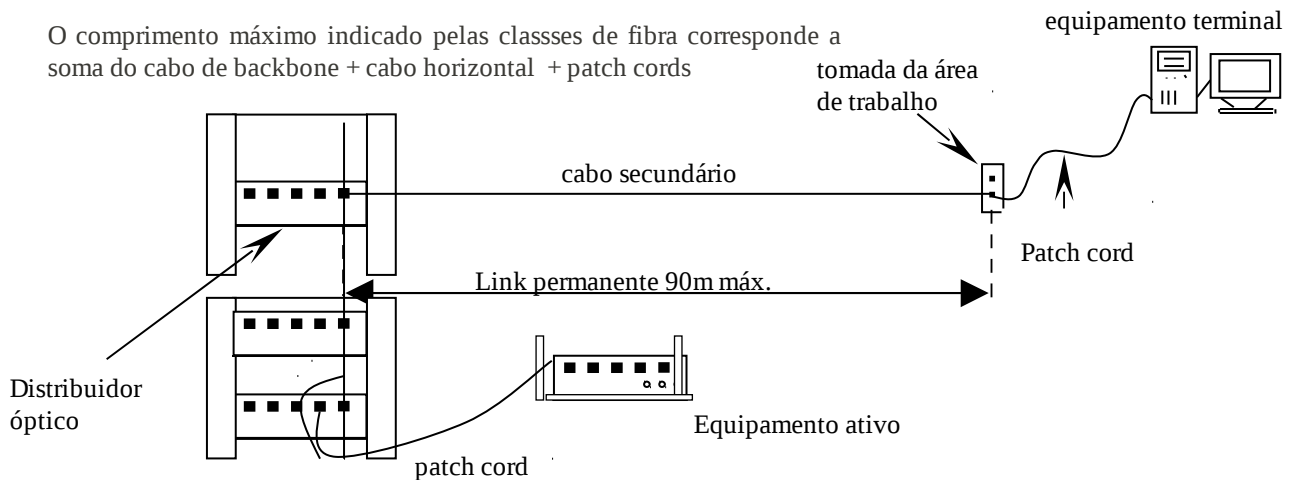


Figura 16: Elementos de uma instalação de cabeamento óptico

As fibras também são utilizadas em estruturas de cabeamento estruturado centralizadas, sem armários intermediários, sendo nestes casos o comprimento máximo da fibra será de 90 metros ou 100 metros considerando os patch cord.

4.7 - Topologia Física do Cabeamento Estruturado

Na área de redes de telecomunicações falamos de topologia em dois sentidos diferentes:

topologia física: refere-se a como estão conectados os hardwares da rede.

topologia lógica: refere-se a forma como é realizada a transmissão de dados na rede.

O cabeamento estruturado apresenta topologia física em estrela com três níveis hierárquicos de nós centralizadores, os distribuidores de campus (CD), de edifício (BD) e de piso (FD). De cada um desses nós podem sair cabeamentos horizontais que terminam nas tomadas de telecomunicações. Do CD além dos cabeamentos horizontais saem os cabos de backbone de campus, interligando o CD aos BD. Por sua vez, de cada BD saem os cabos de backbone de edifício, que interligam o BD aos FD.

A figura 17 apresenta um esquemático de um cabeamento com os três níveis hierárquicos, indicando também onde inicia e termina cada subsistema do cabeamento.

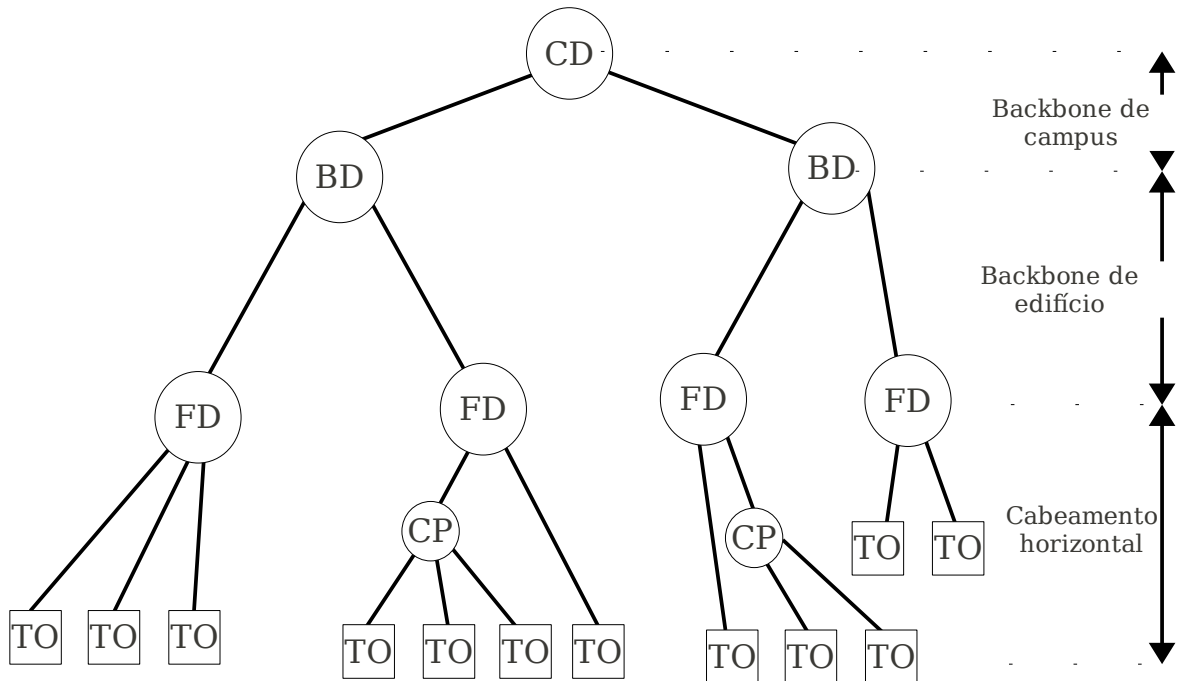


Figura 17: topologia de um cabeamento complexo, com os três níveis de hierarquia

A figura 18 apresenta o esquema de um cabeamento com cabeamentos horizontais que iniciam no CD e nos BDs às Tos Ligações diretas entre CD ou BD com To também são aceitas, sendo inclusive comum nas instalações de cabeamento. Um distribuidor de Campus só poderá conectar-se diretamente TOs instaladas no mesmo prédio que o distribuidor.

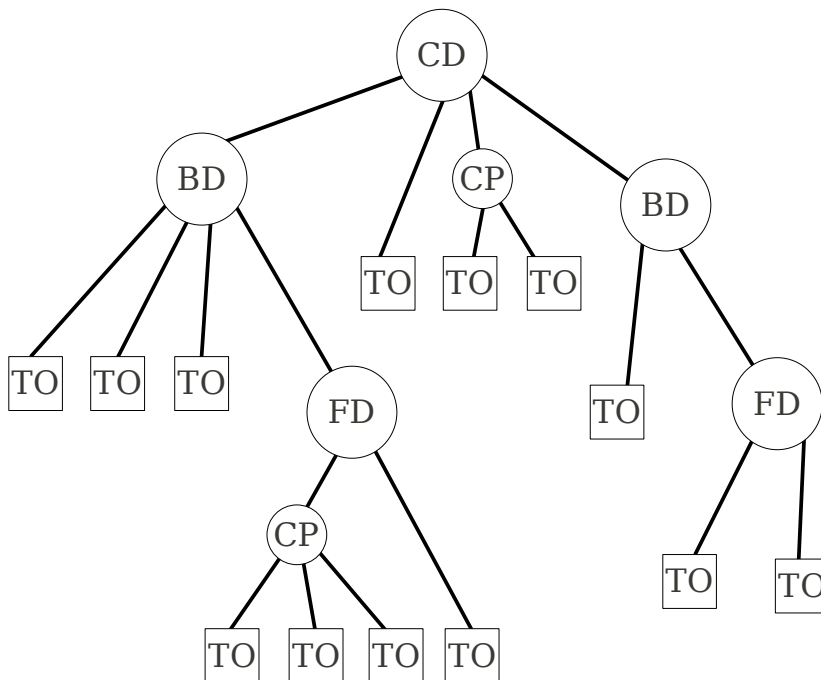


Figura 18: O cabeamento horizontal pode estabelecer ligações entre BD ou CD e as TOs



Caso as redes que o cabeamento deverá suportar necessitem de interligações diretas entre BDs ou FDs, para proporcionar redundâncias de caminhos de comunicação ou estabelecer rotas alternativas para sistemas de automação de edifício, estas poderão ser realizadas também conforme mostra a figura 19

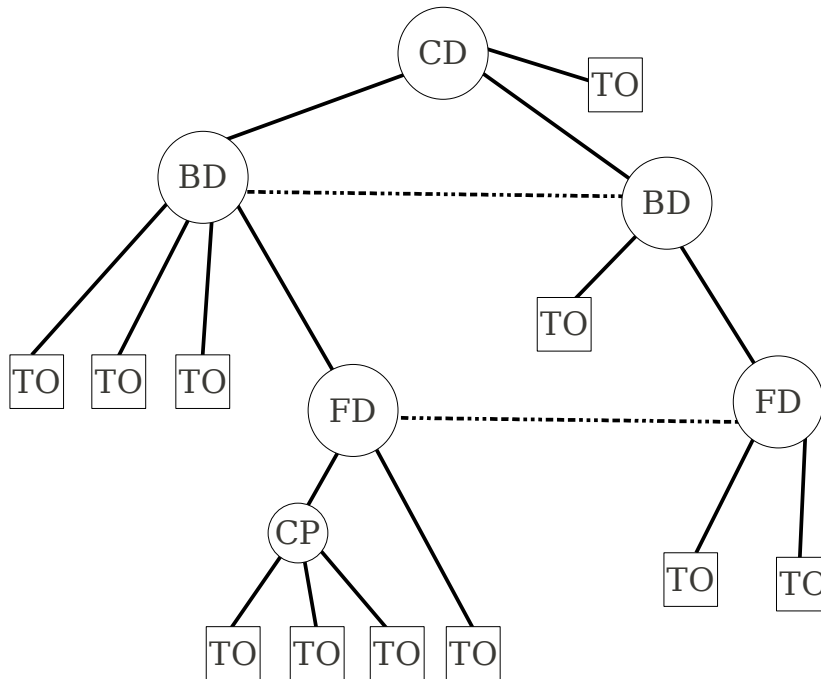


Figura 19: Ligações diretas entre BD e entre FD são permitidas para proporcionar redundância de vias de comunicação.

Apesar da topologia física em estrela hierárquica, o cabeamento estruturado suporta qualquer topologia lógica (estrela, barramento, anel). Quem define a topologia lógica são os equipamentos ativos e seus softwares de gerenciamento de rede.



5. Limitações dos Sinais nos Meios de Transmissão

Nas redes de telecomunicações as informações são transmitidas na forma de sinais elétricos ou luminosos (variações de tensão e corrente, variações de ondas de radiotransmissão e variações de ondas luminosas). Tais sinais percorrem o caminho entre o transmissor (Tx) e o receptor (Rx) através dos meios de transmissão (fios e cabos metálicos, espaço livre ou fibras ópticas) e dos elementos de conexão (conectores e tomadas).

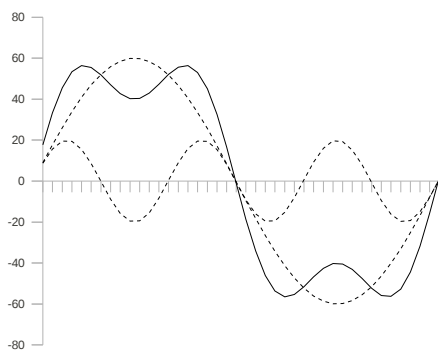
Ao percorrem o caminho entre Tx e Rx os sinais elétricos ou luminosos sofrem alterações, se estas alterações forem muito grandes as informações serão perdidas. Para evitar a perda é necessário que as características dos meios de transmissão e das conexões utilizados sejam compatíveis com as exigências dos sinais transmitidos.

Neste capítulo iremos mostrar os principais problemas que podem ocorrer com os sinais elétricos e relaciona-los com as características dos meios de transmissão. Nas seções que seguem são comentados as causas e as consequências das perturbações presentes numa transmissão de sinal.

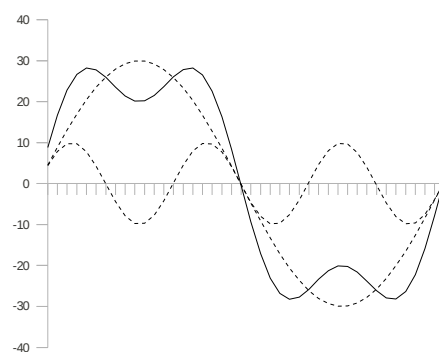
5.1 - Atenuação

A atenuação corresponde a perda de potência do sinal ao longo do caminho de transmissão (enlace). Conforme a característica de atenuação dos componentes do enlace em função da frequência o sinal pode sofrer, além da perda de potência, distorção da sua forma. Para maior compreensão destes fenômenos analisemos os casos abaixo.

a) Transmissão de sinal em um meio onde a atenuação é a mesma para qualquer frequência.



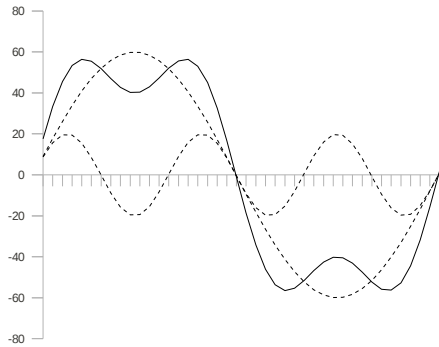
Sinal de entrada composto por duas frequências, fundamental e terceira harmônica.



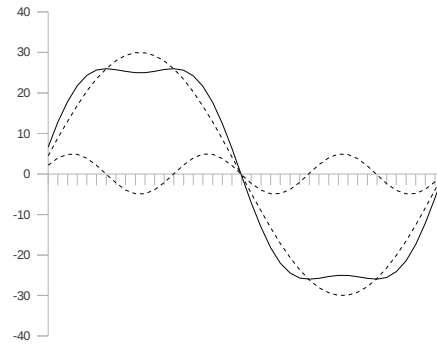
Sinal de saída – como o meio atenua as componentes do sinal com a mesma intensidade o sinal não apresenta distorção na forma, somente diminuição da amplitude (perda de potência do sinal).



b) Transmissão de sinal em um meio onde a atenuação varia com a frequência.



Sinal de entrada composto por duas frequências, fundamental e terceira harmônica.



Sinal de saída – como o meio atenua as componentes do sinal com intensidades diferentes o sinal apresenta distorção na forma e diminuição da amplitude (perda de potência do sinal).

Os meios de transmissão sempre apresentam diferentes valores de atenuação para diferentes frequências. Portanto, a transmissão de sinal num determinado meio sempre provocará uma distorção na sua forma, além da diminuição da sua potência. Felizmente os sistemas de telecomunicações suportam algumas distorções do sinal. O percentual de distorção aceito irá depender dos equipamentos utilizados em Tx e Rx e da velocidade de transmissão utilizada.

Nesta perspectiva, para diferentes sistemas de telecomunicações teremos parâmetros diferentes a serem atendidos pelos meios de transmissão. Por exemplo, para linhas telefônicas de par trançado, utilizadas para transmissão de dados (LPCDs -Linhas privativas de comunicação de dados) os parâmetros de atenuação e distorção são dados por:

Taxa de transmissão (bits/s)	1200	2400	4800	9600	19200
Atenuação a 800 Hz (dB)	36	26	18	13	9

Tabela 6: Atenuação máxima das LPCDs em 800Hz em relação as taxas de transmissão.



Distorção de atenuação – fornecida através dos valores máximos da diferença entre a atenuação numa dada frequência e na frequência em 800Hz, conforme tabela 7:

		Velocidade de transmissão (bits/s)				
		1200	2400	4800	9600	19200
f	100	-23	-17	-12	-8	-6
r	200	-18	-13	-9	-7	-4
e	600	-5	-3	-2	-2	-1
q	1200	8	6	4	3	2
ü	1600	15	11	7	5	4
ê	2400	26	19	13	10	7
n	3000	34	25	17	12	8
c	4000	44	32	22	16	11
i	4800	52	38	26	19	13
a	6000	62	46	31	23	16
(Hz)	7000	70	51	35	25	17
	8000	77	57	39	28	19
	9000	84	62	42	31	21
	9600	88	65	44	32	22

Tabela 7: Distorção de atenuação para linhas LPCDs

Se considerarmos o canal de um cabeamento estruturado categoria 6, os limites de atenuação mudam em relação as LPCDs, conforme indica a tabela 8:

frequência (MHz)	Atenuação (dB)
1	2.1
4	4.0
8	5.7
10	6.3
16	8.0
20	9.0
25	10.1
31,25	11.4
62,5	16.5
100	21.3
200	31.5
250	35.9

Tabela 8: Valores máximos de atenuação para cabos categoria 6

No momento da especificação do meio de transmissão para um enlace de telecomunicações é necessário verificar se a sua característica de atenuação é condizente com:

a) Nível de atenuação máxima permitida

A atenuação que o meio provocará no sinal deverá ser menor que a diferença entre a máxima potência de saída do transmissor e a mínima potência de entrada no receptor, valor este especificado para uma ou mais frequências. No cabeamento estruturado, cada categoria especifica um valor diferente de atenuação.



b) Limite de distorção de atenuação do sinal

A distorção no sinal, provocada pela variação da atenuação em função da frequência, não poderá impedir o reconhecimento do sinal no receptor.

5.2 - Atraso de propagação e dispersão do sinal

Os sinais elétricos e luminosos levam um determinado tempo para percorrer um meio de transmissão. A este tempo denominamos atraso de propagação.

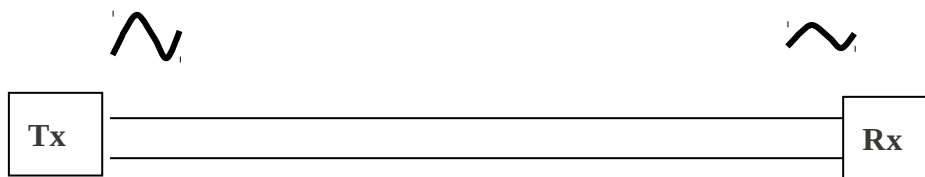
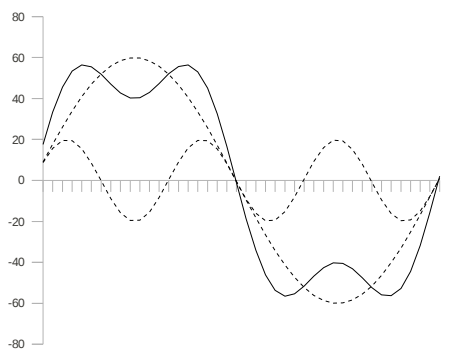


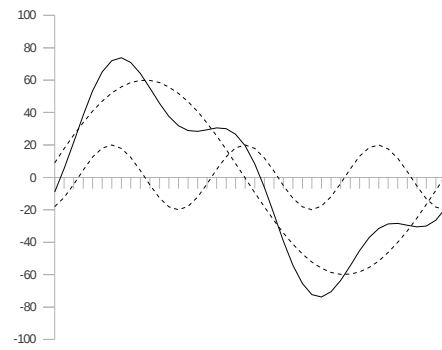
Figura 20: Para chegar até Rx o sinal leva t segundos

O tempo que determinado sinal precisa para percorrer um meio pode ser obtido a partir da sua velocidade e da distância do link. Todos os sinais elétricos e ópticos são ondas eletromagnéticas e como ondas apresentam velocidades de propagação diferentes para meios diferentes. Por exemplo, no vácuo a velocidade da onda eletromagnética é aproximadamente 3×10^8 m/s, já nos fios de cobre a velocidade baixa, ficando em média 30% menor.

Além da velocidade ser diferente conforme o tipo de meio, ela também muda com a frequência do sinal. Esta variação é bem menor, porém pode gerar a dispersão do sinal no tempo, provocando a distorção do mesmo devido a defasagem de suas componentes frequenciais. O Figura abaixo ilustra este fenômeno.



Sinal de entrada composto por duas frequências, fundamental e terceira harmônica.



Sinal de saída – o sinal sofreu distorção devido a diferença de tempo de propagação das suas duas frequências.

No exemplo acima a terceira harmônica apresenta velocidade menor que a onda fundamental, como consequência após percorrer uma certa distância no meio as duas ondas começam a apresentar uma defasagem.

Em sinais compostos por diversas frequências, como o pulso da figura abaixo, a deformação provoca a dispersão da energia tornando o pulso mais longo e com menor nível de amplitude.



Figura 21: Efeito da dispersão em um pulso que percorreu a linha de transmissão

Se considerarmos uma sequência de pulsos representado os bits 0 e 1 a distorção do sinal pode inviabilizar seu reconhecimento, pois a energia presente num pulso “invadirá” o tempo destinado aos pulsos próximos interferindo nos mesmos. A este fenômeno denominamos interferência intersimbólica.

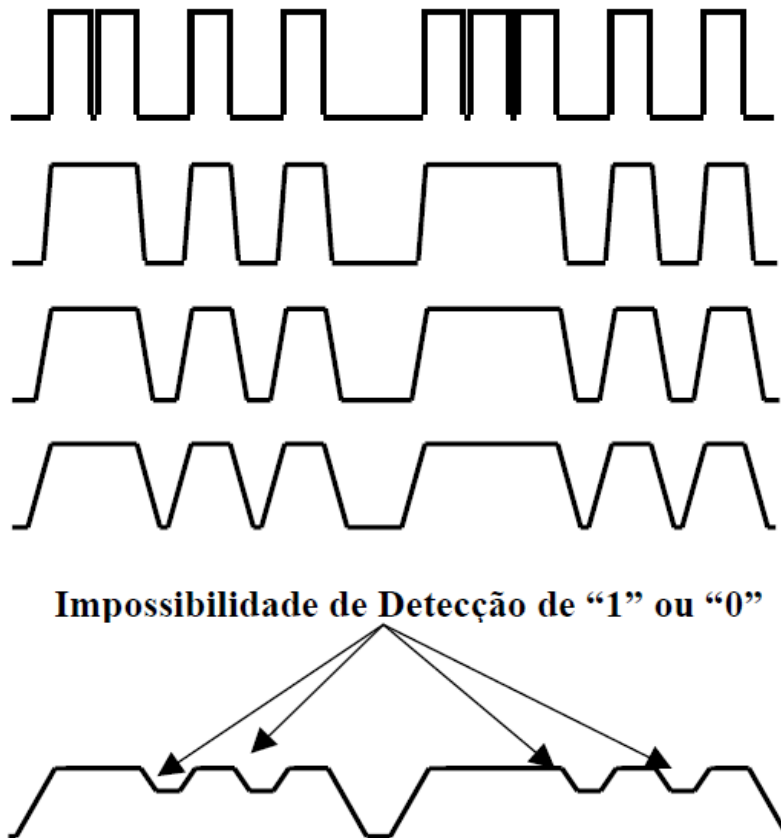


Figura 22: A dispersão provoca o alargamento do pulso gerando a interferência intersimbólica

Na escolha do meio de transmissão para um sistema de telecomunicações devemos verificar se a distorção provocada por diferença dos tempos de atraso de suas componentes frequências não afetará a informação.

5.3 - Ruídos

Os meios de transmissão e conectores sempre estão sujeitos a ruídos. Os ruídos são sinais elétricos não desejados que interferem no sinal do sistema de telecomunicações. Os ruídos tem várias fontes, algumas são internas e outras são externas ao sistema de telecomunicações.



Os ruídos internos, geralmente são originados nos equipamentos dos sistemas e são adicionados ao sinal transmitido, não são ruídos induzidos nos meios de transmissão. O aquecimento de semicondutores, resistores e condutores dos circuitos é a principal fonte de ruído interno. O ruído resultante desse aquecimento é denominado de ruído térmico. Este ruído é gerado pelo movimento desordenado dos elétrons devido à agitação térmica. Se observássemos o movimento dos elétrons livres em intervalos pequenos de tempo, verificaríamos que a resultante deste movimento apresenta pequenas variações devido ao calor gerado pelo funcionamento dos circuitos elétricos. Além da agitação térmica, as variações de portadores nos semicondutores e as fontes de energia são fontes comuns de ruídos internos.

Os ruídos externos são aqueles provenientes da interferência de sinais elétricos não pertencentes ao sistema de telecomunicações, suas fontes principais são:

- a) Chaveamentos de circuitos eletro-eletrônicos.
- b) Partida de motores elétricos.
- c) Descargas atmosféricas (raios).
- d) Linhas de distribuição de energia elétrica.
- e) Sinais de telecomunicações de outros sistemas. Principalmente das linhas de transmissão no mesmo cabo, (diafonia)

Todos os fenômenos acima, geram ondas eletromagnéticas que por indução podem produzir ruídos nos meio de transmissão.

5.3.1 - Classificação dos ruídos quanto a frequência e o tempo

Podemos ainda diferenciar o ruído em relação ao seu comportamento elétrico no domínio do tempo e no domínio da frequência.

Quanto ao comportamento no domínio da frequência temos:

- a) Ruído Branco: É um ruído que apresenta componentes em todo o espectro de frequência.
- b) Ruído Colorido: apresenta componentes frequenciais em uma ou algumas frequências.

Quanto ao comportamento no domínio do tempo temos:



a) Ruído Impulsivo: É o ruído que ocorre em manifestações repentinas, constituindo-se em impulsos discretos que ocorrem no circuito.

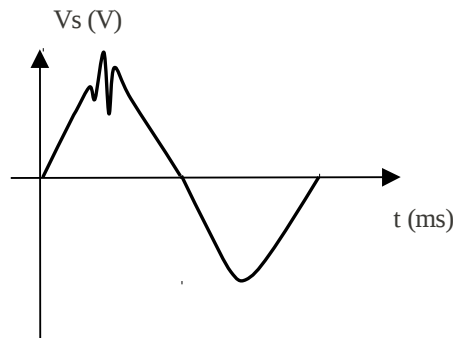


Figura 23: Sinal senoidal com ruído impulsivo.

b) Ruído Contínuo: É um ruído que está sempre presente no sistema de telecomunicações.

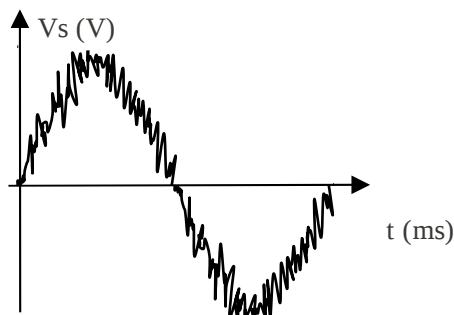


Figura 24: Sinal senoidal com ruído contínuo.

5.4 - Relação sinal ruído

Os sistemas de telecomunicações sempre apresentam ruídos, porém todos devem manter o nível de ruído abaixo do nível do sinal, permitindo que mesmo com ruído o sinal possa ser reconhecido. A qualidade de um canal de comunicação em relação ao ruído é dada pela relação sinal ruído:

$$SNR = 10 \times \log\left(\frac{S}{N}\right) (dB)$$

onde:

S - potência do sinal em W.

N - Potência do ruído em W.

A mesma relação dada em função dos níveis de tensão do ruído e do sinal fica:

$$SNR = 20 \times \log\left(\frac{V_{sinal}}{V_{ruído}}\right) (dB)$$



5.4.1 - Diafonia

A diafonia é a transferência de energia entre dois canais adjacentes provocada pelo acoplamento capacitivo ou indutivo (indução eletromagnética) entre duas linhas, normalmente de um mesmo cabo. Esta transferência de energia provoca ruído no canal interferido.

No cabeamento estruturado a diafonia é a principal fonte de ruído. Tal fato ocorre devido a constituição dos cabos de par trançado. Cada cabo tem no mínimo 4 pares, sendo cada par uma linha de transmissão independente, como estes pares estão muito próximos a ocorrência de diafonia torna-se mais fácil.

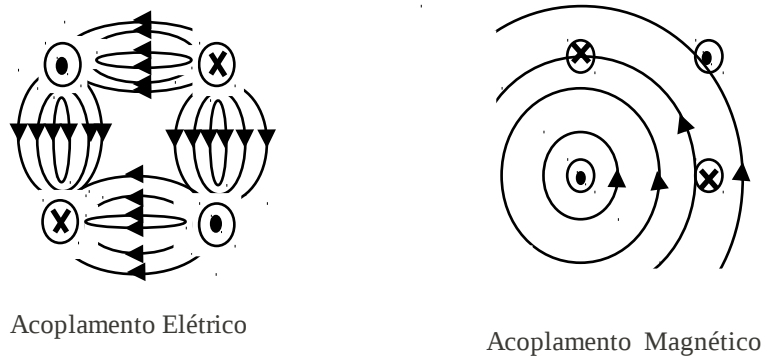


Figura 25: Acoplamentos eletromagnéticos entre linhas próximas

A diafonia pode ser inteligível ou não-inteligível. A diafonia inteligível ocorre quando a faixa de frequência dos canais se sobrepõe. Neste tipo de diafonia ocorre perda do sigilo e/ou distorções do sinal transmitido. A diafonia não inteligível pode ocorrer devido a produtos de intermodulação ou pela interferência de linhas de dados em linhas de voz.

Quando a diafonia ocorre entre transmissores e receptores de um mesmo terminal ela é designada por diafonia próxima, paradiafonia ou NEXT. A diafonia distante, a telediafonia ou FEXT ocorre entre transmissores e receptores de terminais diferentes.

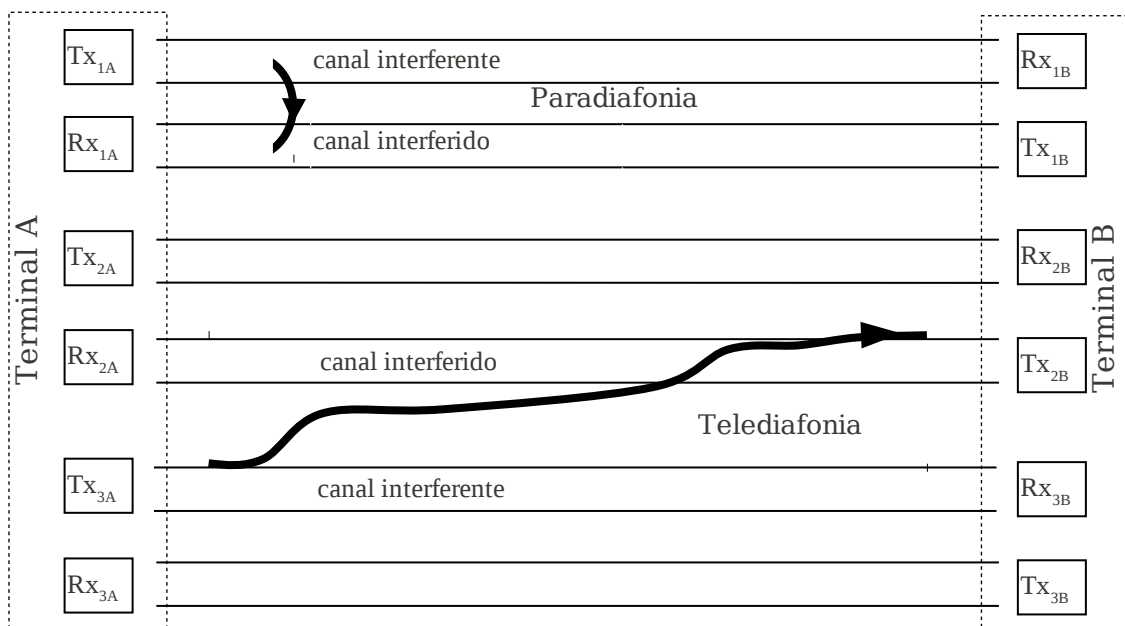


Figura 26: Paradiafonia e telediafonia



5.5 - Reflexão e potência de retorno

Uma vez que os sinais transmitidos são ondas eletromagnéticas, eles estão sujeitos a todo tipo de fenômeno ondulatório (refração, difração, reflexão etc). Particularmente importante nos meios de transmissão guiados (metálicos e fibra óptica) é o fenômeno da reflexão. A reflexão ocorre quando a onda encontra a fronteira entre dois meios e retorna para o meio de origem, veja exemplo na figura abaixo.

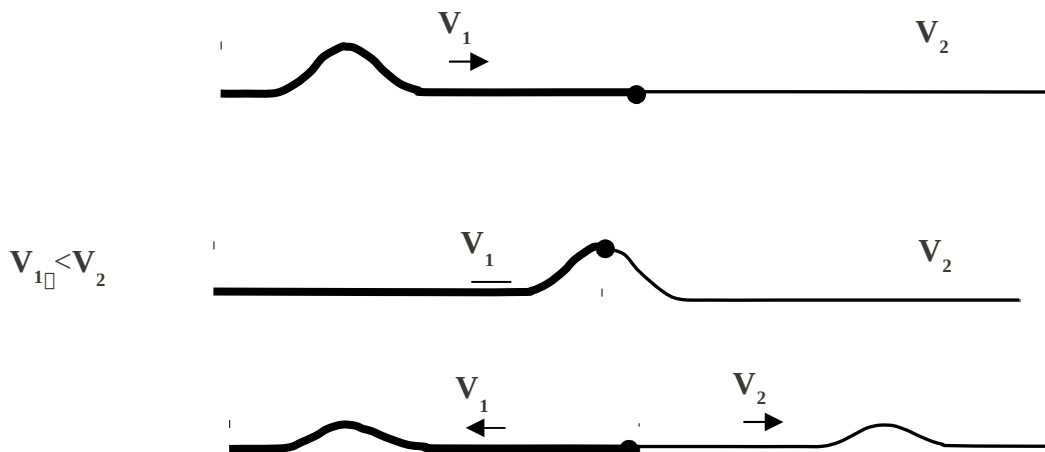


Figura 27: Reflexão em uma corda

No exemplo acima, a onda percorre uma corda grossa e encontra a fronteira entre a corda grossa e uma corda fina, conseqüentemente uma parcela da onda retorna para a corda grossa e a outra segue pela corda fina. Esse fenômeno também ocorre nos meios de transmissão, provocando o efeito do eco, a fonte transmissora escutando a sua própria transmissão.

Nos meios de transmissão, a mudança de meio é caracterizada pela mudança de impedância. A impedância é a relação entre tensão e corrente num determinado meio, seu valor é definido pelas características do material e pela geometria do meio.

Quando ocorre alguma mudança nas características do meio a impedância muda ou seja ocorre uma mudança de meio e parcela do sinal retorna pela linha. Além de mudanças no meio de transmissão, pode ocorrer o descasamento de impedância entre a impedância do meio e a do conector ou da porta de entrada do receptor. Cada vez que ocorrer descasamento haverá reflexão com parcela do sinal retornando ao transmissor.

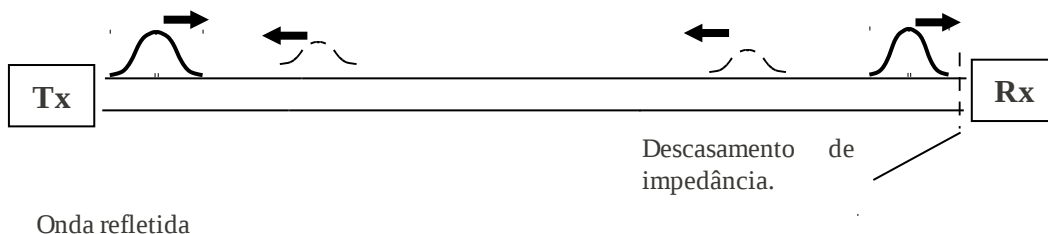


Figura 28: Reflexão em função do descasamento de impedância

Dependendo da quantidade de potência do sinal refletido, o mesmo pode interferir no equipamento transmissor, principalmente quando a transmissão é full-duplex a dois fios, pois o sinal de retorno será confundido com o sinal a ser recebido. Devido a estes fatores os sistemas de telecomunicações estipulam limites máximos para o retorno de potência no transmissor. Esses limites estão referenciados no parâmetro perda de retorno que será visto mais adiante.



Em fibras ópticas a mudança de meio não é caracterizada pela mudança de impedância e sim pela mudança do índice de refração do meio.



6. Meios de Transmissão

Neste capítulo comenta-se os meios de transmissão utilizados no cabeamento estruturado, caracterizando-os em relação aos fenômenos comentados no capítulo anterior.

6.1 - Meios metálicos

No cabeamento estruturado utiliza-se três tipos de meios de transmissão metálicos:

- par trançado não blindado (UTP).
- par trançado blindado (FTP).
- par trançado com pares blindados individualmente e cobertos por uma blindagem geral (STP).

Os três meios acima são compostos basicamente por dois condutores, porém cada meio apresenta uma disposição geométrica dos condutores ou proteção contra interferências diferente.

6.2 - Grandezas primárias dos meios de transmissão

Todo meio de transmissão metálico a dois condutores pode ser representado pelo seguinte modelo elétrico:

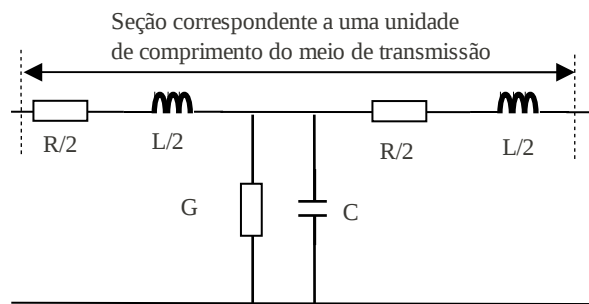


Figura 29: Modelo elétrico da linha de transmissão

Onde:

- R – resistência elétrica, dada em Ω / unidade métrica;
- L – indutância, dada em mH/unidade métrica;
- C – capacitância, dada em μF /unidade métrica;
- G – condutância, dada em S/unidade métrica.

As grandezas acima são consideradas grandezas primárias de um meio de transmissão e estão relacionadas com:



a) Resistência

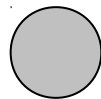
Resistência elétrica do material condutor. No caso dos meios de transmissão os condutores são projetados para apresentar resistência o mais baixo possível. Para condutores operando em C.C. a corrente circula em toda seção do mesmo, sendo a resistência do condutor dada por :

$$R_{cc} = \rho \frac{L}{A}$$

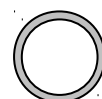
onde:

- ρ = resistividade do material;
- L = comprimento do condutor;
- A = área da seção transversal.

No caso de sinais em corrente alternada (CA), a corrente não se distribui igualmente através da seção reta do condutor, mas concentra-se próximo a superfície externa do condutor a medida que a frequência aumenta. Este efeito é conhecido como EFEITO PELICULAR (efeito skin). Sua consequência é um aumento da resistência elétrica do condutor a medida que a frequência aumenta.



Em cc os elétrons atravessam toda área da seção do condutor.



Em ca a medida em que a F aumenta os elétrons só atravessam a seção na periferia do condutor

Figura 30: Efeito pelicular

Para corrente alternada a resistência é dada por :

$$R_f = R_{cc} (0,0038 D \sqrt{f} + 0,26)$$

onde:

- R_f = resistência em corrente alternada;
- R_{cc} = resistência em CC;
- D = diâmetro do condutor;
- Equação válida para $D \times \sqrt{f} > 40$

A resistência é dada em Ω/Km .

b) Capacitância

A capacitância surge da existência de cargas elétricas diferentes nos dois condutores, o que provoca um campo elétrico entre ambos. O campo elétrico armazena energia potencial elétrica que resulta no efeito capacitivo demonstrado pelas linhas de transmissão.

A capacitância de um meio depende dos seguintes parâmetros:

- D - diâmetro dos condutores, aumentando quando este aumenta;
- d - distância entre condutores, aumentando quando a distância diminui;



dielétrico - material isolante entre os condutores, aumentando quanto melhor é o dielétrico;
L = comprimento dos condutores, aumentando quando este aumenta;

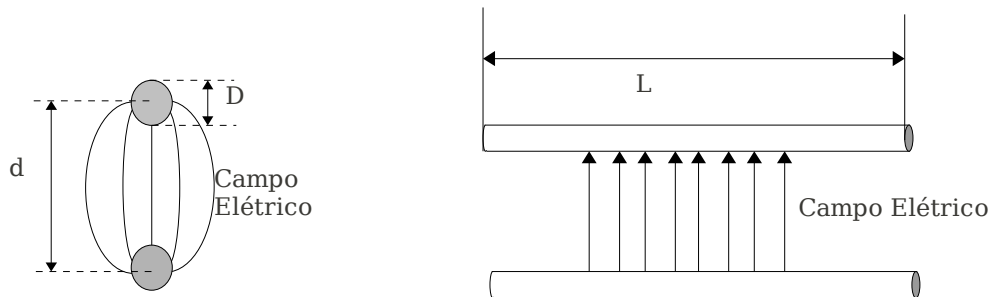


Figura 31: campo elétrico entre dois condutores

A capacitância é normalmente dada em $\mu\text{F}/\text{Km}$

c) Indutância

A indutância surge devido a corrente que cria ao redor dos condutores campos magnéticos que armazenam energia potencial magnética.

A indutância da linha depende da distância entre condutores e da presença ou não de materiais ferromagnéticos próximos. A indutância aumenta com a diminuição do espaçamento entre os condutores e com a presença de materiais ferromagnéticos e diminui com o aumento do diâmetro dos fios. Normalmente a indutância é medida em mH/Km .

d) Condutância

A condutância é uma grandeza que expressa as perdas que ocorrem no dielétrico entre os condutores e pode ser dividida em duas partes :

$$G = G1 + G2$$

onde:

G1 - inverso da resistência de isolamento entre os condutores;

G2 - relacionado as perdas em CA.

A condutância normalmente é dada em S/Km , sendo seu valor quase sempre desprezível nos meios de transmissão utilizados em telecomunicações

6.3 - Grandezas secundárias dos meios de transmissão

A partir das grandezas primárias obtém-se as grandezas secundárias dos meios de transmissão, as quais são:

a) Velocidade de propagação (V_p)

Cada meio de transmissão apresenta condições específicas para propagação das ondas elétricas, conforme a composição material e disposição espacial dos condutores a velocidade de



propagação do sinal é alterada. Na média, para meios metálicos, a velocidade de propagação de uma onda é 30% inferior à velocidade da luz no vácuo.

O valor da velocidade de propagação de um meio é especificado através do seu valor percentual em relação a velocidade da luz no vácuo (NVP – Nominal Velocity Propagation). No cabeamento estruturado as normas TIA/EIA e a norma internacional ISO11801, especificam que a NVP do par trançado deve ser maior ou igual a 69% da velocidade da luz no vácuo.

b) Impedância característica (Z_0)

A impedância de um determinado meio é dada por:

$$Z_0 = \frac{V}{I}$$

onde:

V – tensão entre os condutores do meio;

I – corrente que percorre o meio.

A impedância define a relação entre a tensão e a corrente do meio de transmissão. Quando esta relação é alterada, o sinal que está se propagando percebe a mudança. Dependendo da intensidade desta mudança, parte do sinal não continua seu caminho normal e retorna no sentido de seu ponto de partida. Tecnicamente dizemos que esta parcela de sinal sofreu reflexão. Portanto, toda vez que há uma mudança na impedância característica do meio, ocorre reflexão de parte do sinal que se propaga.

A fim de compreendermos melhor o que ocorre quando há mudança da impedância vamos fazer uma analogia, ou seja, vamos imaginar uma situação semelhante, mas num ambiente que nos seja mais familiar e que por isso facilite nosso entendimento.

Imagine uma avenida em que determinado trecho não possua cobertura asfáltica. No trecho asfaltado os automóveis podem se locomover com uma determinada velocidade, digamos v_1 . No trecho sem asfalto a velocidade certamente não será mais a mesma e neste caso será menor, digamos v_2 . Devido a mudança na característica da via ($v_2 < v_1$), muitos motoristas podem não querer continuar na avenida, de modo que antes que atinjam o trecho sem asfalto eles vão voltar.

Assim como as condições de calçamento da avenida podem variar, pode ser uma cobertura asfáltica, paralelepípedo ou mesmo chão batido, as condições apresentadas pelo meio de transmissão para o sinal se propagar podem ser diferentes de um ponto para outro. A grandeza elétrica que determina como são as condições do meio de transmissão é chamada de IMPEDÂNCIA CARACTERÍSTICA DA LINHA (Z_0)

Matematicamente Z_0 é definida pela seguinte expressão:

$$Z_0 = \frac{\sqrt{R + j\omega L}}{\sqrt{G + j\omega C}}$$

Para os pares trançados $R \gg G$ e $C \gg L$, permitindo o cálculo de Z_0 pela equação:

$$Z_0 = \sqrt{R/C}$$



c) Constante de atenuação (α)

A constante de atenuação indica a perda de potência sofrida pelo sinal elétrico ao se propagar num meio de transmissão. Grande parte da potência perdida é transformada em calor pelo efeito joule.

Em geral a atenuação do sinal depende da frequência do mesmo, sendo maior para frequências mais altas.

A constante de atenuação geralmente é dada e medida em dB, correspondendo a relação entre a potência de entrada e a potência de saída considerando uma unidade de medida do meio.

$$\alpha = 10 \log\left(\frac{P_E}{P_S}\right)(dB / Km)$$

onde:

P_E – potência de entrada.

P_S – potência de saída.

No caso de um enlace a atenuação (A) é dada pela relação entre P_{Tx} (potência de entrada no meio) e P_{Rx} (potência de saída do meio):

$$A = 10 \log\left(\frac{P_{Tx}}{P_{Rx}}\right)(dB)$$

onde:

P_{Tx} – potência do transmissor.

P_{Rx} – potência do receptor.

d) Constante de fase (β)

A constante de fase indica a defasagem entre o sinal no início do meio de transmissão e o mesmo sinal após percorrer uma unidade de comprimento da linha. A defasagem do sinal dependerá da sua frequência e da velocidade de propagação do meio.

6.4 - Par trançado não blindado (UTP)

O par trançado não blindado (UTP) é o meio de transmissão mais utilizado em sistemas de cabeamento estruturado. Apresenta a vantagem do baixo custo dos equipamentos terminais quando comparado com a fibra e a facilidade de manuseio durante a sua instalação.



Figura 32: Cabo UTP

O trançamento tem a finalidade de diminuir a interferência de ruídos, principalmente o originado pela diafonia. No trançamento, os dois condutores de um par tem suas posições alteradas dentro de intervalos ao longo da linha, de tal forma que as tensões e correntes induzidas por trechos adjacentes se cancelam mutuamente.

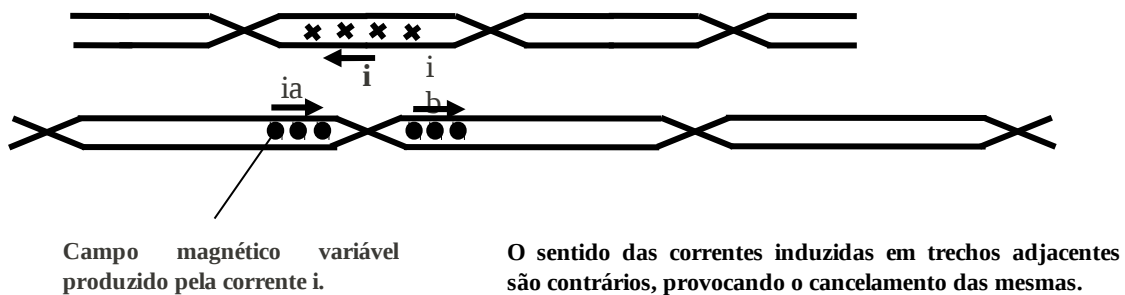


Figura 33: Cancelamento das correntes induzidas num par trançado

Note que os pares não são trançados ao mesmo tempo, cada par tem um passo de trançamento diferente. Após o trançamento dos condutores dos pares, os pares também são trançados em conjunto com o mesmo objetivo.

O cabo UTP quando usado em redes de computadores locais geralmente é um meio de transmissão balanceado, isto é, as diferenças de tensões entre cada um dos seus condutores e a terra apresentam o mesmo valor, porém defasadas de 180° . A vantagem deste tipo de meio é sua maior imunidade ao ruído, em relação aos meios não balanceados, pois a informação é obtida pela diferença entre as tensões nos dois condutores. Caso algum ruído interfira no meio, a tendência é o mesmo grau de interferência nos dois condutores, como a informação está na diferença das tensões o ruído é cancelado.

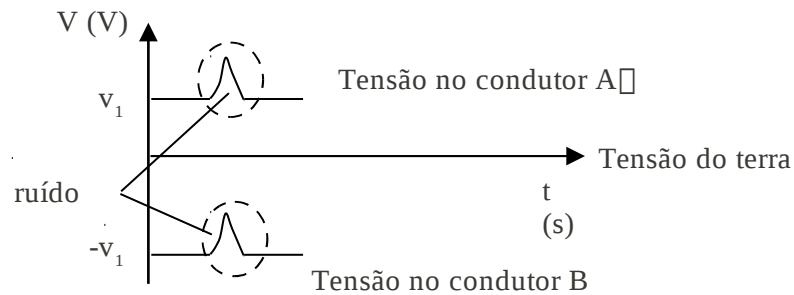


Figura 34: Tensões presentes nos condutores a e b de um meio balanceado

A tensão do sinal é dada pela diferença entre as tensões nos dois condutores, isto é:

$$V_{\text{sinal}} = V_1 - (-V_1) = 2V_1$$

No ponto de ruído tem-se:

$$V_{\text{sinal}} = V_1 + V_{\text{ruído}} - (-V_1 + V_{\text{ruído}}) = 2V_1$$

A interferência do ruído desaparece.

Tanto o trançamento como o balanceamento dos cabos UTP garante seu bom desempenho em ambientes sem interferências eletromagnéticas elevadas. Em ambientes sujeitos a interferências desse tipo é recomendado o uso de cabos FTP ou STP. Ambientes com elevadas interferências eletromagnéticas são ambientes com motores elétricos, com circuitos elétricos de potência com chaveamento etc.



Os pares UTP são apresentados em cabos de 4 ou 25 pares, sendo que para identificação dos pares é utilizado o código de cores empregado na telefonia. Nas redes telefônicas também são utilizados cabos trançados, porém com requisitos elétricos inferiores aos cabos UTP. Nestas redes cabos até 25 pares seguem o código de cores da tabela 9.

No do par	cores dos condutores
1	Branco –Azul
2	Branco – Laranja
3	Branco – Verde
4	Branco – Marrom
5	Branco – Cinza
6	Encarnado - Azul
7	Encarnado - Laranja
8	Encarnado - Verde
9	Encarnado - Marrom
10	Encarnado - Cinza
11	Preto - Azul
12	Preto - Laranja
13	Preto - Verde
14	Preto - Marrom
15	Preto - Cinza
16	Amarelo - Azul
17	Amarelo - Laranja
18	Amarelo - Verde
19	Amarelo - Marrom
20	Amarelo - Cinza
21	Violeta - Azul
22	Violeta - Laranja
23	Violeta - Verde
24	Violeta - Marrom
25	Violeta – Cinza

Tabela 9: Código de cores dos pares trançados

No do grupo	cores da amarração dos grupos	Formação dos grupos
1	Branco –Azul	1-25
2	Branco – Laranja	26 – 50
3	Branco – Verde	51 – 75
	Branco – Marrom	76 – 100
5	Branco – Cinza	101 –125
6	Encarnado - Azul	126 – 150
7	Encarnado - Laranja	151 – 175
8	Encarnado - Verde	176 – 200
9	Encarnado - Marrom	201 - 225
10	Encarnado - Cinza	226 - 250
11	Preto - Azul	251 - 275
12	Preto - Laranja	276 - 300
13	Preto - Verde	301 – 325
14	Preto - Marrom	326 – 350
15	Preto - Cinza	351 - 375
16	Amarelo - Azul	376 – 400
17	Amarelo - Laranja	401 – 425
18	Amarelo - Verde	426 – 450
19	Amarelo - Marrom	451 – 475
20	Amarelo - Cinza	476 – 500
21	Violeta - Azul	501 - 525
22	Violeta - Laranja	526 – 550
23	Violeta - Verde	551 - 575
24	Violeta - Marrom	576 – 600
25	Violeta - Cinza	601 - 625

Tabela 10: Código de cores dos grupos e supergrupos.

Cabos com mais de 25 pares, possuem seus pares subdivididos em subgrupos de 25, sendo cada subgrupo identificado por dois cordões de amarração, com cores diferentes, que envolvem o subgrupo (ver tabela 10). Dentro do subgrupo cada par é identificado seguindo o código de cores apresentado na tabela 9.

Em cabos com mais de 625 pares os subgrupos são reunidos em grupos de 50 e supergrupos de 100. Cada grupo ou supergrupo é novamente envolvido por cordões de amarração com as cores indicadas na tabela 10. Em cabos com 50 ou mais pares é comum a presença de um par extra, os quais apresenta uma das seguintes cores:



Número do Par extra	cores dos condutores
1	Branco – Encarnado
2	Branco – Amarelo
3	Branco – Violeta
4	Encarnado – Preto
5	Encarnado - Amarelo
6	Encarnado - Violeta
7	Preto - Amarelo
8	Preto - Violeta
9	Amarelo - Violeta
10	Azul- Laranja
11	Azul - Verde
12	Azul - Marrom

Tabela 11: Código de cores dos pares extras.

No cabeamento estruturado os cabos de 4 pares são utilizados indistintamente nos backbones e no cabeamento horizontal, sendo os de 25 pares utilizados em backbones de cabeamentos de categoria 5, como esta categoria não é mais reconhecida por várias normas esses cabos estão em desuso.

Como as grandezas secundárias de um cabo, Z_0 , α , β e NVP , depende da geometria do mesmo, deve-se tomar cuidado na hora da instalação para não alterar a disposição dos condutores. Dois aspectos são importantes nesse sentido:

- 1) Esticamento do cabo por tração – em nenhuma hipótese a força máxima de puxamento do cabo pode ser excedida, pois isso provocaria deformação dos condutores.
- 2) Curvaturas – o ângulo mínimo de curvatura do cabo deve ser respeitado.

6.5 - Par trançado STP e FTP

O par trançado STP é formado por pares trançados envolvidos por blindagens metálicas individuais e por uma blindagem final que envolve todos os pares, enquanto que o FTP apresenta apenas a blindagem que envolve todos os pares. Esses dois cabos além das técnicas de cancelamento de ruídos por trançamento e por balanceamento, protegem as linhas de interferências externas pela blindagem. As tensões e correntes induzidas na blindagem são escoadas para a terra e o cabo não é afetado pelas mesmas. No caso dos cabos STP, a blindagem individual de cada par minimiza também a interferência entre os pares do próprio cabo.

As blindagens individuais diminuem a interferência entre os pares e a blindagem comum diminui as interferências externas ao cabo.

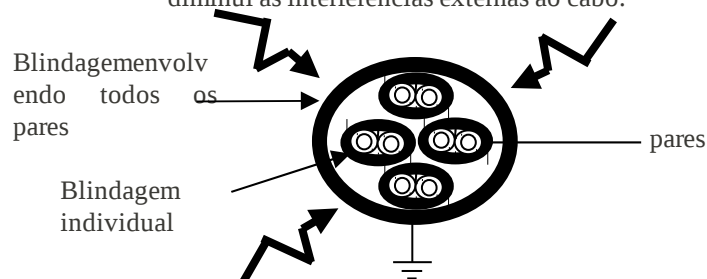


Figura 35: cabo STP



Para o perfeito funcionamento da blindagem esta deve ser vinculada à terra.

Os cabos STP e FTP são utilizados em ambientes com alta incidência de interferência eletromagnética e seu uso deve ser realizado conjuntamente com conectores blindados.

As mesmas recomendações feitas para o par UTP, quanto aos aspectos de ângulos de curvatura e puxamento servem para o cabo STP.



Figura 37: Cabo STP
Fonte: <http://lidertronica.com>



Figura 36: Cabo FTP
Fonte: <http://coelhorede.blogspot.com>

6.6 - Cabo coaxial

O cabo coaxial é formado por dois condutores. Um interno e outro disposto na forma de malha envolvendo o condutor central. Entre os dois condutores é colocado um material dielétrico. A malha externa é aterrada, sendo o sinal obtido da diferença entre a tensão da terra e a tensão no condutor central, portanto o cabo coaxial é um meio desbalanceado.

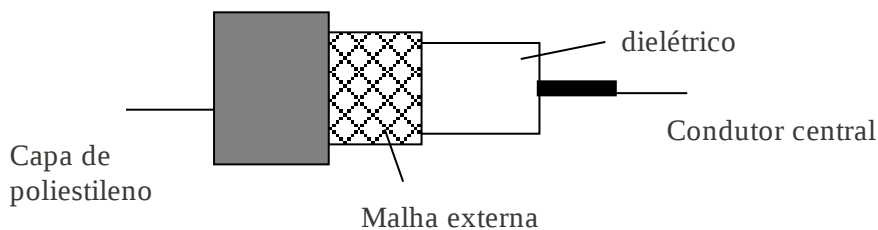


Figura 38: cabo coaxial

A proteção contra ruídos no cabo coaxial é realizada pela malha externa, que atua como uma blindagem. As características desse tipo de cabo são determinadas principalmente pelo material do dielétrico e pelo diâmetro dos seus condutores.

Apesar de apresentar maior banda passante que os cabos UTP e ter uma boa imunidade ao ruído, os cabos coaxiais são mais caros e difíceis de manusear. Esse tipo de cabo não pode ser utilizado no cabeamento estruturado, porém a sua presença nas instalações de entrada ou em redes internas de TV a cabo são comuns nas instalações prediais.

A banda passante necessária para transmitir todos os canais de TV (de 54 até 890 MHz, BW= 836 MHz) é superior a banda dos cabos UTPs das categorias 5e, 6 e 6a. Somente o cabo coaxial e a fibra óptica suportam a transmissão de um sinal com tamanha largura de banda. O uso da fibra apresenta a desvantagem do custo elevado, devido aos equipamentos de conversão eletro-óptica.



Como consequência os cabos coaxiais, por sua boa imunidade ao ruído e alta banda passante (próximo a 2GHz) são os meios de transmissão mais utilizados em sistemas de TV a cabo.

É bom ressaltar que os cabos UTP suportam transmissões de circuitos fechados e vídeo conferências, pois nestas aplicações somente um ou dois canais de TV são transmitidos, necessitando de uma banda de 6 a 12 Mhz.

6.7 - Fibra Óptica.

A fibra é constituída por dois materiais dielétricos com índices de refração diferentes, geralmente vidros e em alguns casos plásticos. Esses dois materiais são dispostos conforme mostra a figura abaixo.

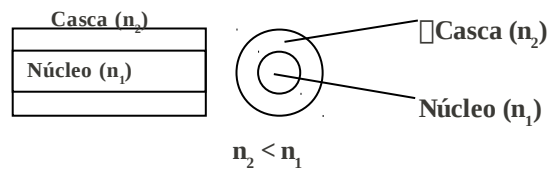


Figura 39: Estrutura básica da fibra óptica

O dielétrico central é chamado de núcleo e o externo de casca. O núcleo sempre apresenta índice de refração ligeiramente superior ao da casca. Para obter a diferença entre os índices de refração do núcleo e da casca, são usados materiais dielétricos dopados com semicondutores diferentes ou materiais dielétricos diferentes (vidro-plástico). Normalmente a diferença de índices de refração é apresentada em gráficos denominados perfis de índices da fibra óptica.

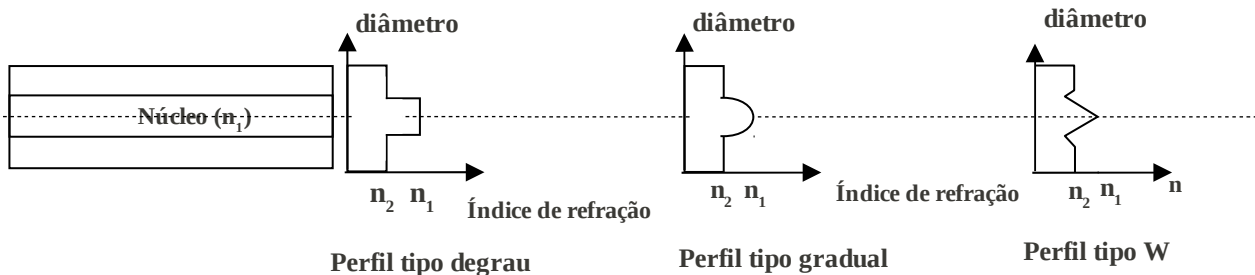


Figura 40: Perfis de índice de refração utilizados na fibra

O tipo de material e o perfil de índice da fibra determinam as suas características de transmissão.

6.7.1 - Mecanismo de Propagação

O mecanismo básico de propagação da luz na fibra óptica é a reflexão interna total. Isto é, o raio luminoso é injetado dentro da fibra de tal forma que o seu ângulo de incidência na fronteira entre o núcleo e a casca é maior que o ângulo crítico, impedindo que o raio luminoso passe para a casca.

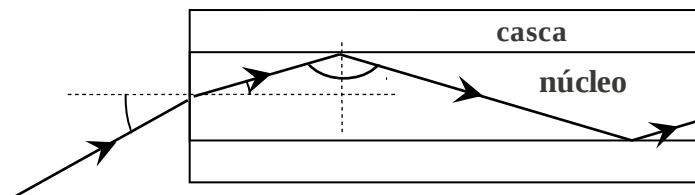


Figura 41: A luz se propaga na fibra através da reflexão interna total

6.7.2 - Janelas de transmissão

O espectro de transmissão óptica é referenciado em termos de comprimento de onda (λ), diferenciando assim sistemas ópticos de sistemas eletromagnéticos (microondas). A região do espectro utilizada para transmissão óptica corresponde a faixa entre os de 0,6 e 1,6 μm (500 e 187 Thz)³. Durante a evolução das fibras ópticas algumas regiões dentro dessa faixa apresentaram atenuação mínima, estas regiões passaram a ser denominadas de janelas de transmissão e são referenciadas pelos seus λ centrais:

- 850 nm: Apresentando atenuação de ordem de 2 a 4 dB/Km, utilizada para sistemas de curta distância onde seu uso é justificado pela maior simplicidade do sistema.(LANs).
- 1300 nm: Apresenta atenuação na ordem de 0,7 a 1,5 dB/Km e grande capacidade de transmissão.(LANs, MANs).
- 1550 nm: Apresenta atenuação na ordem de 0,2 dB/Km e grande capacidade de transmissão.(LANs, MANs e WANs).

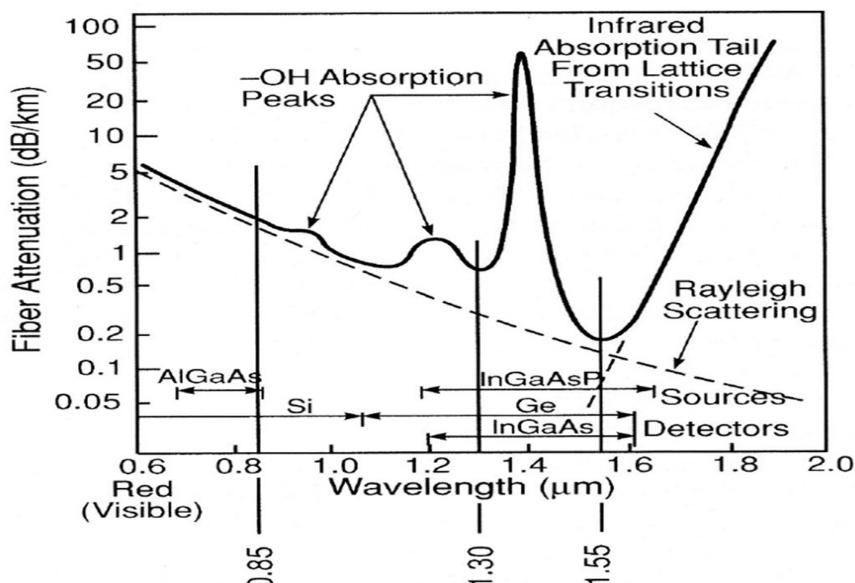


Figura 42: Espectro de frequência utilizado para a transmissão em fibras ópticas indicando: as janelas de transmissão, as principais fontes de atenuação e os tipos de elementos utilizados na construção de fontes ópticas.

Fonte:http://www.vialite.co.uk/electro-optical_conversion_process.php

³ T – Tera igual a 10^{12}



6.7.3 - Atenuação - Perdas de Transmissão

As atenuações que ocorrem nos sinais luminosos propagados em uma fibra óptica, tem origem em 3 mecanismos básicos de perdas.

1) **Absorção** - Perdas causadas devido a absorção da energia luminosa pela fibra. As perdas por absorção podem ser subdivididas em:

- Absorção Intrínseca: São aquelas originadas pela composição material da fibra (comportamento da estrutura atômica na presença do feixe luminoso). Conforme o tipo de material utilizado na fibra existirá uma faixa de comprimentos de onda onde a absorção intrínseca será baixa. Por exemplo, para as fibras de sílica fundido a faixa de menor absorção vai de 0,7 a 1,6 μm .
- Absorção Extrínseca: Durante o processo de fabricação do material para a fibra óptica, acontece a contaminação por impurezas (óxidos, íons, etc). Tais impurezas, apresentam comportamentos atômicos que provocam absorção de uma parcela da intensidade luminosa da fibra. A utilização de técnicas de fabricação de semicondutores tem permitido a diminuição da presença de diversas impurezas no material da fibra.
- Absorção por Defeitos estruturais - A falta de moléculas ou a existência de defeitos na estrutura do vidro, também provocam uma maior absorção da luminosidade. Em comparação com a absorção extrínseca a absorção por defeitos é desprezível.

2) **Perdas por Espalhamento** - O espalhamento é o processo de alteração do modo de propagação do sinal luminoso, o que resulta no “desvio” de uma parcela do sinal. O espalhamento é provocado pela existência de variações na densidade do material, irregularidades na interface núcleo-casca e vibrações moleculares térmicas.

3) **Perdas por Curvaturas** - Há dois tipos de curvaturas em fibras ópticas:

- Macrocurvaturas: Quando os raios de curvatura são grandes comparados com o diâmetro da fibra.
- Microcurvaturas: Curvaturas microscópicas do eixo da fibra, cujos raios de curvatura são próximos ao raio do núcleo da fibra. Estas microcurvaturas ocorrem principalmente no processo de revestimento e cabeamento das fibras. Comparada com as perdas provocadas pelos outros mecanismos, as perdas por microcurvaturas são desprezíveis.

6.7.4 - Dispersão

A dispersão em fibras ópticas resulta no alargamento do pulso luminoso no tempo, o tempo do pulso é aumentado em função da diferença de velocidade das parcelas de energia luminosa que constituem o pulso. Existem os seguintes fatores que originam a dispersão em fibras ópticas:

- diferença dos caminhos percorridos pelos diversos raios (dispersão modal);
- diferenças nos índices de refração, isto é da velocidade de propagação, em função do λ (dispersão cromática);



- dependência da velocidade de propagação de modos em relação a polarização da luz.

6.7.5 - Ruídos e diafonia

A fibra é composta de material dielétrico (vidro ou plástico), portanto não está sujeita a interferências eletromagnéticas dos sistemas de telecomunicações. Além disso, a luz transmitida pela fibra está bem confinada dentro do núcleo, não existindo problemas de diafonia entre duas fibras de um mesmo cabo.

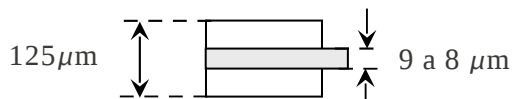
6.7.6 - Eco

A fibra também provoca retorno do sinal transmitido por descasamento de impedância (mudança das características do meio), o nível de retorno não pode ultrapassar o valor limite suportado pela fonte transmissora.

6.7.7 - Tipos de fibra quanto a propagação de modos

O modo de propagação de uma onda eletromagnética em uma fibra é caracterizado por uma determinada configuração de campo elétrico e magnético, que se repete ao longo da fibra óptica a cada comprimento de onda. Conforme a quantidade de modos de propagação da fibra óptica estas são classificadas em:

Monomodo: Fibras cuja geometria e constituição implicam na possibilidade de propagação de um único modo.



O núcleo da fibra monomodo tem dimensões reduzidas, evitando a propagação de diferentes modos da luz, conseqüentemente essa fibra apresenta menor dispersão.

Figura 43: Fibra monomodo

Multimodo: Fibras que permitem a propagação em diferentes modos.

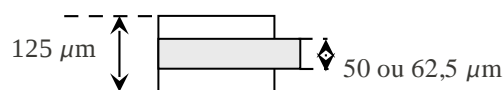


Figura 44: Fibra multimodo

As fibras monomodo apresentam baixa atenuação, além disso como só transmite um modo, as ondas só percorrem um caminho dentro da fibra, este tipo de fibra provoca menor dispersão que a fibra multimodo.

As fibras multimodas são utilizadas nas janelas de transmissão de 850 nm e 1330 nm, nessas fibras a atenuação e a dispersão são maiores que na monomodo. Porém, para sistemas de cabeamento estruturado, onde as distâncias não são grandes a maior facilidade de manuseio, devido ao núcleo maior, e o menor custo dos equipamentos ativos que operam nessas janelas de transmissão fazem das fibras multimodo as fibras mais utilizadas.



6.7.8 - Aspectos dos cabos de fibra óptica

As fibras, mono ou multimodo, são acondicionadas em cabos mono ou multifibras. Existem dois tipos de cabos:

Cabos tight (compacto) – O espaço entre a fibra encapsulada e a capa externa do cabo é preenchido por material duro, não permite flexibilidade da fibra dentro do cabo. Este tipo de cabo é utilizado em instalações internas.

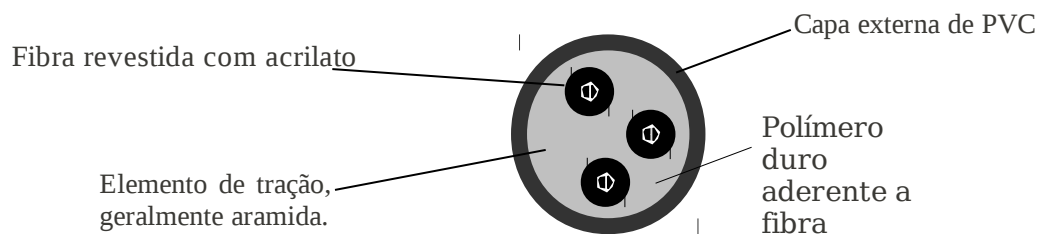


Figura 45: Cabo tight

Como indicado na figura 42 os cabos tipo tight possuem fibras de aramida, as quais fornecem resistência à tração mecânica. As fibras também são revestidas com uma capa muito fina de acrilato com a finalidade de dar proteção mecânica para fibra quando as outras proteções (capa de PVC e polímero duro) forem retiradas.

Cabos loose (solto) – A fibra encapsulada é envolvida por uma geleia, permitindo sua expansão e contração. A geleia evita a entrada de umidade no cabo. Estes cabos são utilizados para instalações externas subterrâneas e horizontais.

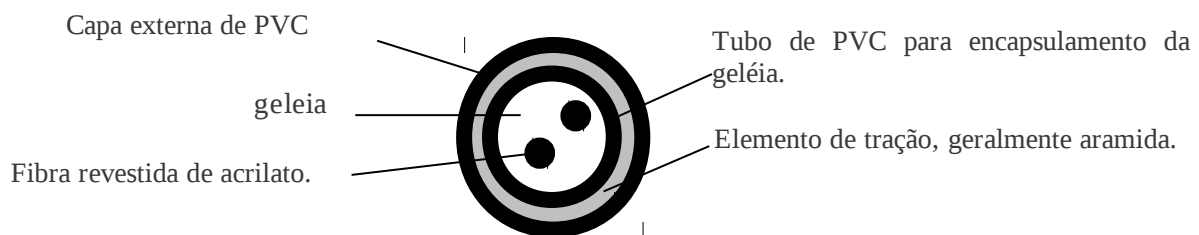


Figura 46: Cabo loose

Os cabos de fibra podem ter uma ou mais fibras, sendo que para estabelecer uma ligação ente dois equipamentos com comunicação bidirecional são utilizadas duas fibras. Para reconhecimento das fibras utiliza-se o código de cores indicado na tabela 12:



Nº da fibra	Cor
1	Azul
2	Laranja
3	Verde
4	Marrom
5	Cinza
6	Branco
7	Vermelho
8	Preto
9	Amarelo
10	Violeta
11	Rosa
12	Aqua
13	Azul/ lista Preta
14	Laranja/ lista Preta
15	Verde/ lista Preta
16	Marrom/ lista Preta
17	Cinza/ lista Preta
18	Branco/ lista Preta

Nº da fibra	Cor
19	Vermelho/ lista Preta
20	Preto/ lista Amarela
21	Amarelo/ lista Preta
22	Violeta/ lista Preta
23	Rosa / lista Preta
24	Aqua/ lista Preta
25	Azul/ risca Preta
26	Laranja/ risca Preta
27	Verde/ risca Preta
28	Marrom/ risca Preta
29	Cinza/ risca Preta
30	Branco/ risca Preta
31	Vermelho/ risca Preta
32	Preto/ risca Amarela
33	Amarelo/ risca Preta
34	Violeta/ risca Preta
35	Rosa / risca preta
36	Aqua/ risca Preta

Tabela 12: Código de cores para os cabos de fibra óptica.

Em alguns cabos as fibras são identificadas pela sua posição. Uma das fibras possui uma identificação colorida (ex. verde) e as demais são localizadas através do giro horário.

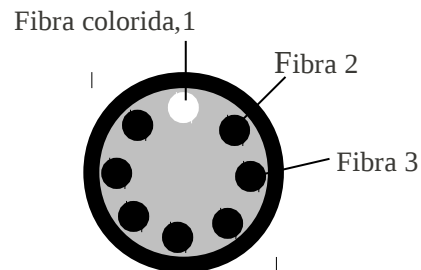


Figura 47: identificação da fibra em cabos ópticos



7. Componentes do Cabeamento Estruturado

Neste capítulo descreveremos diversos componentes do sistema de cabeamento.

7.1 - Conectores

Para o perfeito funcionamento de uma rede é necessário o uso correto dos conectores. São eles que farão a interface entre os cabos e os demais elementos da rede. Atualmente existem diversos tipos de conectores, listamos abaixo os mais usuais para cada tipo de cabo:

a) Conector modular de 8 vias (4 pares), RJ45

São utilizados para terminação de cabos UTP. Sua montagem exige a crimpagem do conector através de ferramenta apropriada, garantido um bom contato mecânico com o cabo UTP. A norma TIA/EIA 568, apresenta duas especificações de pino/par para a conexão dos conectores modulares, conforme indica a figura 48:

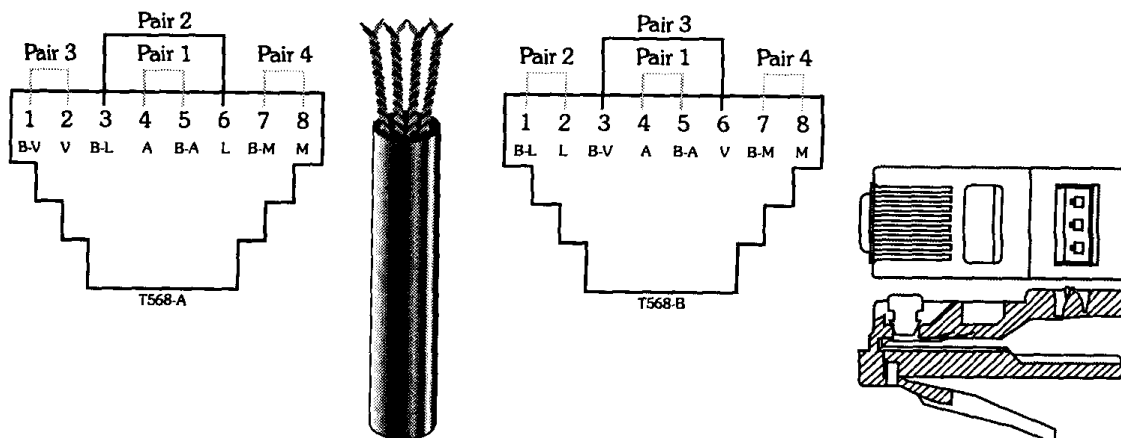


Figura 48: Padrões de conexão 568A e 568B

Quando utilizados conectores modulares em cabos STP ou FTP, cabos blindados, os conectores também devem ser blindados.

Os conectores são os principais responsáveis por induções eletromagnética entre os pares que compõem o cabo UTP, isto por que para realizar a conexão é necessário destrançar os pares de fios. Para atender os requisitos das diferentes categorias, os conectores modulares e suas tomadas podem ser projetados empregando técnicas diferentes para evitar a indução não só nos condutores destrançados como também entre os contatos metálicos do próprio conector. Apesar das diferenças das técnicas empregadas os conectores necessariamente devem assegurar o mesmo padrão de encaixe.



b) Conector Tera

A empresa Siemon® projetou o conector Tera para cabeamentos metálicos visando aplicações que demandarão taxas de transmissão superiores a 1 Gbps. Apesar de não ser considerado um novo padrão, o projeto desse conector demonstra a preocupação dos fabricantes com as interferências entre as linhas nos conectores RJ45 e a possibilidade de sua substituição no futuro.



Figura 49: Conector Tera da Siemon®
Fonte: <http://www.siemon.com/>

c) Conectores para fibra óptica ST, SC e LC

O conector ST apresenta um acoplamento tipo baioneta com mecanismo de engate rápido (idêntico ao do conector BNC do cabo coaxial). A fibra é colocada dentro de um ferrolho, sendo colada no mesmo para evitar seu deslocamento no manuseio do conector. A estrutura do ferrolho garante suporte mecânico e posição adequada para conexão. O conector SC é o recomendado por norma EIA/TIA 568. Esse conector também apresenta um ferrolho para conexão da fibra, porém sua estrutura de engate é diferenciada do ST. Os conectores LC apresentam a vantagem de ocuparem menos espaço, possibilitando o adensamento de conexões nos distribuidores de telecomunicações.



Figura 50: Conectores para fibra óptica: ST, SC e LC
Fonte: <http://www.hardware.com.br> (ST e SC), <http://www.fibraoptica hoy.com> (LC)

d) Conector F

O conector F é utilizado pelo cabo coaxial. A fixação do conector é realizada por ferramenta de crimpagem, o corpo do conector fica em contato com a malha externa do cabo coaxial, enquanto o condutor central do cabo localiza-se no centro do conector e fará contato direto com o conector fêmea.



Figura 51: Conectores F para cabos coaxiais.

Fonte: <http://www.tucanobrasil.com.br> e <http://www.caboparatv.com>

e) Conector BNC

É outro conector utilizado em cabo coaxial. Há dois tipos de conectores BNC, o primeiro apresenta uma conexão mais trabalhosa pois é necessário soldar o pino central e realizar o aperto mecânico manualmente. É o aperto que garante o contato com a malha externa do cabo. O segundo tipo tem um processo de conexão idêntico ao do conector 'F', aliás o que o diferencia do conector 'F' é a forma de engate no conector fêmea. O conector 'F' é rosqueado e o conector BNC possui um engate por deslocamento e giro.



Figura 52: conector BNC

Fonte: <http://shopping.tray.com.br/>,

7.2 - Patch panel

O Patch panel é um elemento passivo que permite a conexão entre os cabos vindos de equipamentos ativos, cabeamentos primários e cabeamentos secundários.

Apresenta portas no formato modular (RJ45) permitindo a conexão de cabos UTPs, STPs e FTPs com conectores modulares e no painel traseiro apresenta contatos do tipo IDC.



Os contatos IDC realizam a conexão com o condutor através do deslocamento do mesmo para dentro da ranhura formada por duas lâminas que cortam o material isolante do condutor. Este tipo de conexão minimiza a possibilidade de oxidação.

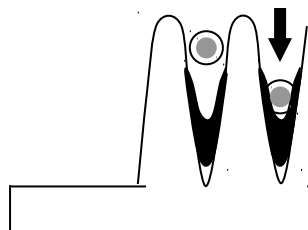


Figura 53: Elemento de conexão IDC (também conhecido como conector de engate rápido).

O cabo que ficará fixo na porta do patch panel é conectado no painel traseiro e o path cord (cordão de manobra), elemento móvel utiliza os conectores modulares RJ45.



Figura 54: Patch Panel
Fonte: <http://www.jmtell.com.br>

7.3 - Bloco 110 IDC

Tem a mesma função dos patch panel, porém não apresenta as portas RJ45. Os cabos dos equipamentos ativos e do cabeamento primário são conectados no corpo do bloco 110 e os cabos secundários nos módulos de conexão colocados sobre o bloco 110, através de instrumento de pressão.



Figura 55: Bloco 110 IDC
Fonte: <http://www.redestelecom.com.br>



7.4 - Bloco BLI

Os blocos BLI não são recomendados, porém em instalações prediais antigas ainda encontramos esses blocos nas instalações de entrada, conectando as linhas telefônicas das concessionárias de telecomunicações. O bloco BLI realiza a conexão por enrolamento do condutor, já sem o isolante, no contato metálico. O enrolamento deve ser realizado por instrumento apropriado (enroladeira).

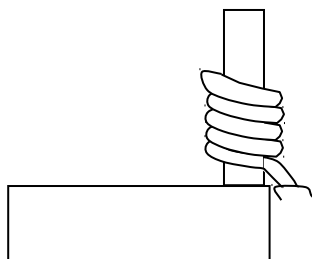


Figura 56: Elemento de conexão do bloco BLI

7.5 - Tomadas CM8V ou RJ45

As tomadas RJ45 são utilizadas com os cabos UTP, STP e FTP de 4 pares. Esta tomadas apresentam contatos do tipo IDC, para fixação do cabo da rede e conector modular RJ45 fêmea para conexão do cabo do equipamento. Existe uma diversidade de espelhos e suportes para tomadas RJ45. Dependendo do tipo de via, eletroduto ou calha, e da posição da tomada, no chão ou na parede, os espelhos e os suportes mecânicos apresenta características próprias.



Figura 57: Tomada CM8V, RJ45
Fonte: <http://www.centertel.com.br>

7.6 - Distribuidor óptico

Os distribuidores óticos (DIO) são elementos destinados a acomodar as conexões de fibra óptica nos distribuidores. Para realizar a conexão da fibra no DIO é necessário deixar uma sobra da mesma dentro da bandeja do DIO. A sobra de fibra fica desencapada, somente com o acrilato, o que torna a fibra muito sensível. O DIO é projetado para acomodar adequadamente a fibra, evitando esforços mecânicos sobre a mesma e evitando curvaturas acima do ângulo máximo permitido pelo fabricante da fibra.



Figura 58: Distribuidor óptico
Fonte: <http://desmontacia.wordpress.com>

7.7 - Calhas, eletrodutos e outros tipos de vias

Para distribuição dos cabos de telecomunicações por uma edificação, diversas estratégias e diversos tipos de vias são utilizados. Independente da estratégia e da via escolhida os seguintes cuidados devem ser observados:

- A ocupação do espaço em vias tipo duto (eletrodutos) deve atender os requisitos da norma brasileira de instalações de baixa tensão (NBR5410). Em termos de espaço ocupado, essa norma prevê: a ocupação máxima de 53% da área da seção do eletroduto quando apenas um cabo for instalado, 31% no caso de dois cabos instalados e 40% no caso da instalação de 3 ou mais cabos. Em calhas e similares de fácil acesso em toda a sua extensão é permitida uma ocupação correspondente a 90% da área da seção, desde que isso não impeça a instalação e a manutenção dos cabos.
- As vias devem ser totalmente livres de superfícies cortantes tais como pontas de parafuso, pregos, arames, cantos vivos etc.
- A distância entre caixas de passagem ou caixas terminais, no caso de calhas sem fácil acesso ou eletrodutos não pode ultrapassar 15,0 m, medidos a partir do centros das caixas.
- As caixas de passagem devem apresentar tamanho adequado para permitir a observância do raio de curvatura do cabo pelo instalador.
- Eventuais curvas, necessárias em função da mudança de direção da via, devem respeitar as curvaturas máximas dos cabos. Em vias com diversos cabos com bitolas diferentes a curvatura máxima será aquela correspondente ao cabo de maior bitola.
- Em instalações com eletrodutos são permitidos no máximo três curvas de 90° entre as duas extremidades do eletroduto (NBR5410), recomenda-se que sejam empregadas no máximo 2 curvas de 90°, se necessário o emprego de uma terceira curva que seja instalada uma caixa de passagem entre as curvas, facilitando a instalação dos cabos.
- Em vias para fibra óptica os raios internos das curvas devem ser dez vezes maiores do que o diâmetro interno da via.
- Em vias de difícil acesso, como eletrodutos e calhas, não pode ocorrer mais que duas curvas em sequência sem a existência de uma caixa entre elas.
- Vias metálicas devem ser aterradas.



- A passagem de cabeamento de telecomunicações paralelo à cabeamento de energia elétrica deve guarda as distâncias mínimas recomendadas na tabela 13:

Tipo de instalação	Distância mínima de separação em função da tensão	
	< 480 V	> 480 V
Instalação sem barreira (metálica* ou isolante)	5,0 mm	450 mm
Instalação com barreira (metálica* ou isolante)	5,0 mm	150 mm

* a barreira metálica deve ser aterrada com condutor de 2,5 mm².

Tabela 13: Espaçamento entre cabos de energia e cabos de telecomunicações

- Recomenda-se o uso de identificadores nas duas extremidades da via, indicando o ponto de origem e o ponto de destino da via.

Na seqüência apresentamos tipos de vias utilizados no cabeamento estruturado.

a) Eletrodutos

Os eletrodutos são utilizados em instalações embutidas, fabricados geralmente em PVC, apresentado-se na forma tubular lisa ou corrugada. A tabela 14 indica as bitolas dos eletrodutos encontrados no mercado, relacionando-os com sua capacidade máxima de ocupação considerando a ocupação máxima de 40% da área da seção do eletroduto.

Eletroduto	Diâmetro do cabo em mm									
	3,3	4,6	5,6	6,1	7,4	7,9	9,4	13,5	15,8	17,8
16 mm (½")	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20 mm (¾")	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0
25 mm (1")	8	8	7	6	3	3	2	1	0	0
32 mm (1 ¼")	16	14	12	10	6	4	3	1	1	1
40 mm (1 ½")	20	18	16	15	12	6	4	2	1	1
50 mm (2")	30	26	22	20	14	12	7	4	3	2
60mm (2 ½")	45	40	36	30	17	14	12	6	3	3
75mm (3")	70	60	50	40	20	20	17	7	6	6
85mm(3 ½")	-	-	-	-	-	-	22	12	7	6
100mm (4")	-	-	-	-	-	-	30	14	12	7

Obs: não é recomendado o uso de eletrodutos de 16 mm.

Tabela 14: Quantidade máxima de cabos por eletroduto em função do diâmetro



Figura 59: Eletrodutos

Fontes: <http://www.cogumelo.com.br>, <http://www.wiki2buy.com.br/>

b) Canaletas

As canaletas são utilizadas em instalações aparentes sendo normalmente retangulares e fabricadas em PVC. Algumas canaletas apresentam divisões internas que permitem a passagem de cabos de telecomunicações e cabos de energia elétrica, nestes casos as divisões devem ser de material isolante ou metálicas e devem garantir as distâncias mínimas necessárias entre os dois tipos de cabos.

O uso de canaletas é comum em construções antigas onde o custo da instalação de vias embutidas é muito alto e em setores da edificação que estão sujeitos a mudanças de layout constantes.

As canaletas são fabricadas de forma modular permitindo encaixes precisos com as caixas de passagem ou caixas terminais.

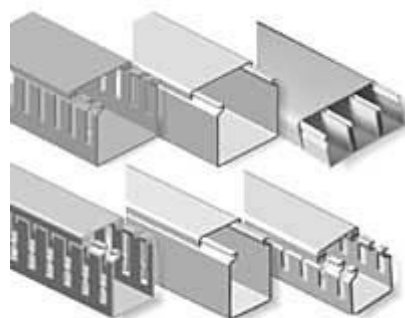


Figura 60: Canaletas

Fonte: <http://www.nei.com.br>

c) Bandejas eletro calhas

Bandejas e eletro calhas são utilizadas em corredores ou ambientes de grandes dimensões, sendo suspensas apoiadas nas paredes ou no teto. As bandejas devem ficar afastadas no mínimo 250 mm da parede e 150 mm do teto, para permitir o trabalho do instalador. Em geral são confeccionadas em metal, necessitando de aterramento.



Figura 61: Bandeja e eletrocalha
Fonte: <http://www.osetoreletrico.com.br>

d) Abraçadeiras

As abraçadeiras devem ser utilizadas em vias verticais ou horizontais onde os cabos não possuem um apoio constante. A função das abraçadeiras é diminuir os esforços mecânicos sobre os cabos, porém a pressão dessas nos cabos não pode provocar danos aos mesmos. A tabela 15 indica os espaçamentos entre abraçadeiras recomendados pelas normas EIA/TIA para cabos UTP em ambientes fechados.

		distância entre abraçadeiras (mm)	
Cabo	Nº de pares	via horizontal	via vertical
UTP	4 ou 8	200	500
	de 10 a 25	300	500
	de 35 a 100	300	800

Tabela 15: Distância entre abraçadeiras

e) Piso ou teto falso.

Em algumas edificações é possível a utilização de piso ou teto falso, fornecendo um caminho de passagem para os cabos, sob o piso ou entre o teto falso e a laje do edifício. O uso de piso falso é recomendado principalmente em locais onde são necessários pontos de telecomunicações no chão e o layout sofre constantes modificações. Já o uso de tetos falsos permite a passagem de cabos entre andares e entre salas de forma bastante flexível.

Quando do uso de pisos ou tetos, para evitar a propagação de incêndio pelos cabos, é recomendado o uso de cabos tipo plenum. Estes cabos retardam a propagação de chamas, pois em seus isolantes é acrescentado TEFLON.

7.8 - Aterramento e ligação ao Terra

O aterramento de qualquer sistema elétrico, incluído nestes o sistema de telecomunicações, tem como principais objetivos:

- garantir a segurança do usuário contra choques oriundos do toque em carcaças de equipamentos acidentalmente conectadas a fase do sistema elétrico.
- servir como componente básico dos sistemas de proteção dos equipamentos contra sobretensões e sobrecorrentes.

A função do aterramento nos sistemas de proteção é providenciar um caminho para escoamento de carga (corrente elétrica) para a terra em caso de sobretensões e sobrecorrentes decorrentes de falhas no sistema. A NBR5410/2004, norma brasileira para instalações elétricas



residenciais e prediais, apresenta diversos tipos de sistemas de aterramento, em função dos seguintes aspectos:

- Situação da alimentação em relação à terra;
- Situação das massas (carcaças) em relação à terra;
- Disposição do condutor neutro e do condutor de proteção.

Para sistemas de telecomunicações recomenda-se o uso do sistema TN-S (T – um ponto diretamente aterrado, N – massas ligadas diretamente ao ponto de alimentação aterrado, em CA ponto neutro, S – funções de neutro e de proteção asseguradas por condutores distintos).

a) Proteção do usuário

Como falamos acima, o aterramento é parte integrante do circuito de proteção das pessoas contra eventuais choques, devido a contato com a massa dos equipamentos. Quando um indivíduo fica submetido a correntes alternadas de 15 a 25mA pode ser acometido de graves lesões musculares e queimaduras, além de asfixia imediata. Acima disto, as queimaduras são intensas, o sangue sofre processo de eletrólise, a asfixia é imediata e há necrose dos tecidos. São considerados, nestes casos, tempos inferiores a 5,0 s.

b) Proteção dos equipamentos

Os sistemas de telecomunicações são sensíveis às sobretensões e sobrecorrentes. As três fontes mais frequentes destes tipos de distúrbios são os curto-circuitos entre condutores de alimentação e massa dos equipamentos, curto-circuitos entre condutores de alimentação e linhas de transmissão de sinais e a indução eletromagnética provocada por descargas elétricas (raios).

As descargas elétricas atuam sobre os meios físicos externos, na rede da concessionária ou nos meios de transmissão que interligam prédios pertencentes a mesma rede estruturada. Para evitar que os efeitos das descargas elétricas nos equipamentos da rede são colocados componentes de proteção, geralmente centelhadores e PTCs.

➤ Centelhador

O centelhador tem por objetivo aterrar a rede quando ocorre surtos de tensão no sistema. Este equipamento é formado por dois ou três eletrodos dentro de um tubo de vidro ou cerâmico, sendo o volume do tubo preenchido por gás raro. Nos centelhadores de dois eletrodos, um dos eletrodos é ligado a um condutor da linha e o outro é ligado a terra, no caso do centelhador de três eletrodos, um eletrodo é ligado a terra e os outros dois são ligados a cada um dos condutores da linha. O funcionamento do centelhador está diretamente ligado ao sistema de aterramento do sistema onde o mesmo está instalado.

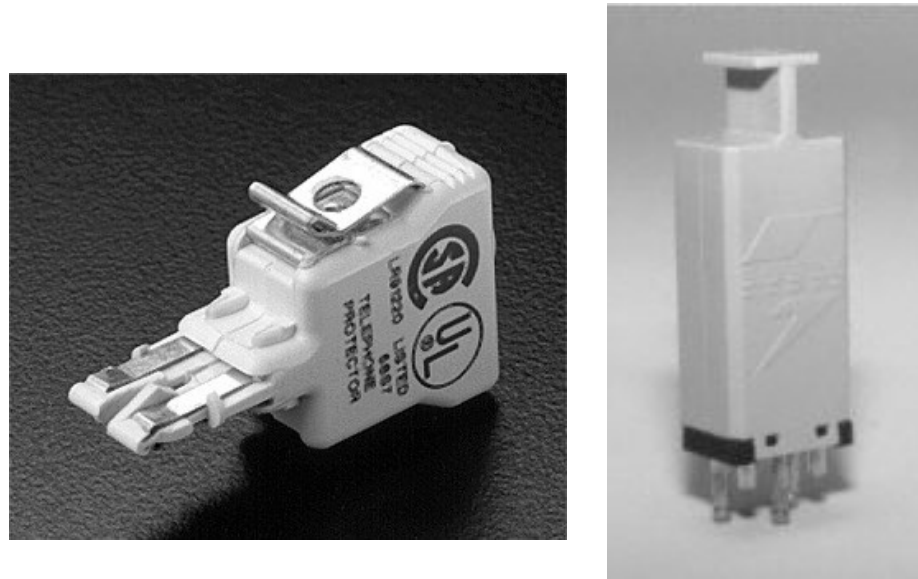


Figura 62: Elementos de proteção com centelhadores para blocos IDC e de conexão por enrolamento.

Os dados técnicos do centelhador, assim como da maioria dos dispositivos de proteção, são fornecidos em função de testes realizados em laboratórios através da aplicação de impulsos elétricos.

Os impulsos elétricos são transitórios produzidos para efeito de ensaio, sendo identificados pelos seguintes dados:

- amplitude da crista - maior valor de tensão ou corrente que o impulso assume;
- tempo de frente ou tempo de subida (t_1) - tempo entre o momento em que o impulso atinge 30% do valor da crista e o momento em que este atinge 90% da crista;
- tempo de descida ou tempo de cauda (t_2) - tempo entre o momento que o impulso atinge 50% do valor da crista e o momento quando este atinge novamente este valor após ter passado pela crista.

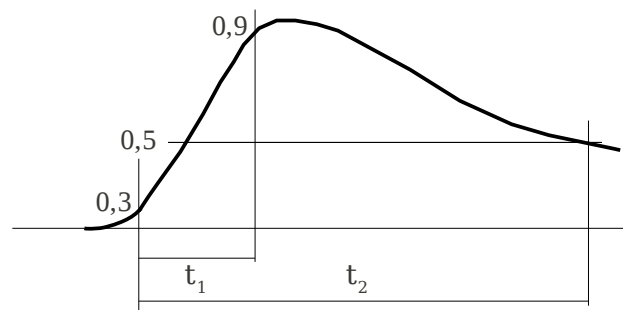


Figura 63: tempo de subida e de cauda de um impulso

A partir da aplicação do impulso, o centelhador apresenta uma curva de resposta parecida com a mostrada na figura 64. Desta resposta serão obtidos os seguintes dados que caracterizarão o equipamento:



- Tensão disruptiva (V_d) - Máxima tensão entre os terminais de um dispositivo de proteção atingido por um impulso de tensão, antes de começar a conduzir a corrente de impulso;
- Tensão residual (V_r) - Máxima tensão entre os terminais de um dispositivo de proteção atingido por um impulso de tensão, após o início da condução da corrente de impulso.

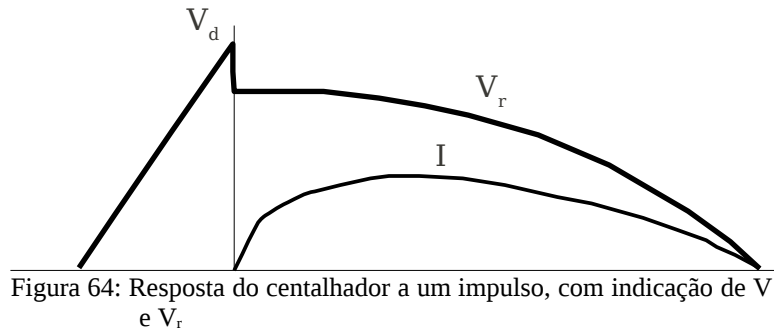


Figura 64: Resposta do centelhador a um impulso, com indicação de V_d e V_r

A V_d de um equipamento depende da inclinação da subida do impulso aplicado ao mesmo, sendo comum o fornecimento de diversas tensões disruptivas para um mesmo equipamento, cada uma associada a uma inclinação de subida. (inclinações típicas; $100 \text{ V}/\mu\text{s}$, $10\text{KV}/\mu\text{s}$, $1\text{KV}/\mu\text{s}$)

Além das tensões acima, geralmente, os seguintes dados são fornecidos pelos fabricantes:

- Resistência de isolamento - resistência do corpo isolante (vidro ou porcelana), geralmente superior a $10.000 \text{ M}\Omega$;
- Corrente de descarga de impulso - limite de corrente suportada pelo centelhador (5, 10 ou 20 KA), para 8 ou 20 ms;
- Vida útil - quantidade de rupturas aceitas pelo centelhador;

7.9 - Componentes de um sistema de aterramento.

No cabeamento estruturado é recomendado a realização de aterramento próprio, geralmente composto por três hastes metálicas de 3,0 m, ou por uma malha de terra nos casos onde a resistência de terra for muito elevada. Como especifica a NBR5410, este aterramento deverá ter vinculação direta com os demais aterramentos da edificação, aterramento da rede elétrica e do sistema de parâmetro raio. O objetivo da vinculação é evitar diferença de potencial entre as malhas de terra de cada aterramento. Além do aterramento propriamente dito, os seguintes elementos compõem o sistema de aterramento do cabeamento estruturado:

a) **Condutor terra** – O condutor terra do cabeamento estruturado deve ser de cobre, com isolamento em polietileno ou pvc na cor verde ou verde com amarelo. Da malha de terra até os distribuidores de campus e edifício o condutor deve percorrer a menor distância possível e ter bitola mínima de 6 mm^2 . Os condutores que interligam os distribuidores de piso e estes com o distribuidor de edifício devem apresentar bitola mínima de 4 mm^2 .



b) **Placas de aterramento** – Na entrada de telecomunicações, na sala de equipamentos e nos armários de telecomunicações deve ser colocada uma barra folheada em cobre com espessura de 6mm, largura de 50mm e comprimento suficiente para realizar as vinculações necessárias. A esta barra deverão ser conectados, vinculados, além de todos os condutores de terra que passem ou cheguem ao armário todas as massas dos equipamentos de telecomunicações do armário e as tubulações e blindagens metálicas. Todas as barras estarão conectadas através de condutores de cobre com bitola igual a 6mm².

Todas as massas dos equipamentos localizados nos distribuidores de telecomunicações e os cabos blindados que partem do armário devem ser vinculados ao aterramento. Os equipamentos terminais serão aterrados via aterramento do sistema elétrico da edificação.



8. Testes de Certificação

A certificação do cabeamento estruturado é realizada por um conjunto de testes elétricos dos links e/ou canais que verifica se estes atendem os requisitos exigidos por norma. Cada categoria do cabeamento corresponde a um conjunto de testes e de requisitos especificados por norma, sendo que os teste para cabeamentos metálicos são diferentes dos testes do cabeamento óptico.

Na próxima seção descreve-se os testes necessários para o cabeamento metálico, em seguida apresenta-se uma tabela com dados comparativos dos requisitos de cada categoria para cada teste, por fim comenta-se os testes e requisitos para cabeamentos ópticos.

Antes porém, serão revistos os conceitos de canal e link permanente e apresentado o conceito de link básico. Conforme indica a figura 65, o link permanente é a ligação entre a tomada da área de trabalho e o patch panel, bloco IDC ou DIO localizado no armário de telecomunicações. Caso exista um ponto de consolidação no link permanente a distância máxima continua inalterada (90m).

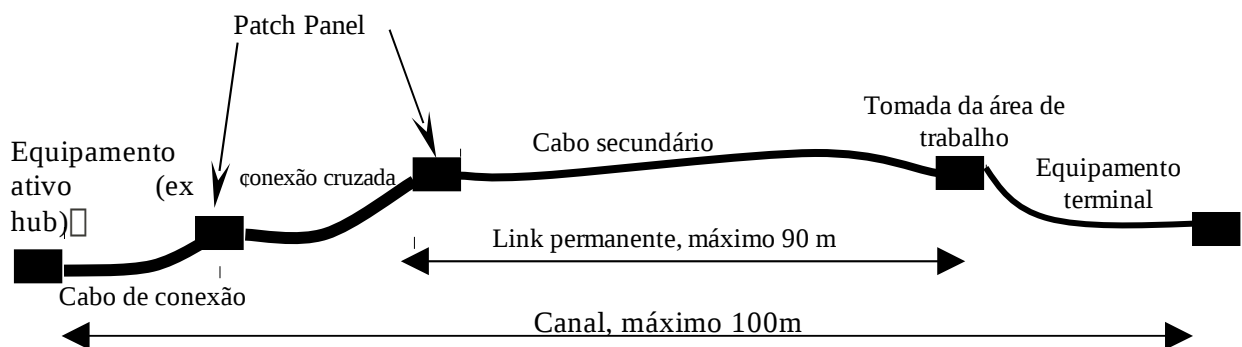


Figura 65: Link permanente e canal

O Canal é a ligação do equipamento ativo até o equipamento terminal na área do trabalho, além do link permanente o canal é composto pelos cabos de conexão no armário de telecomunicações e pelo cabo do equipamento na área de trabalho, a distância máxima para o canal é de 100 m. Por fim o link básico corresponde ao link de teste. É formado pelo link permanente mais 4 metros dos cabos do equipamento de medida (certificador de rede).

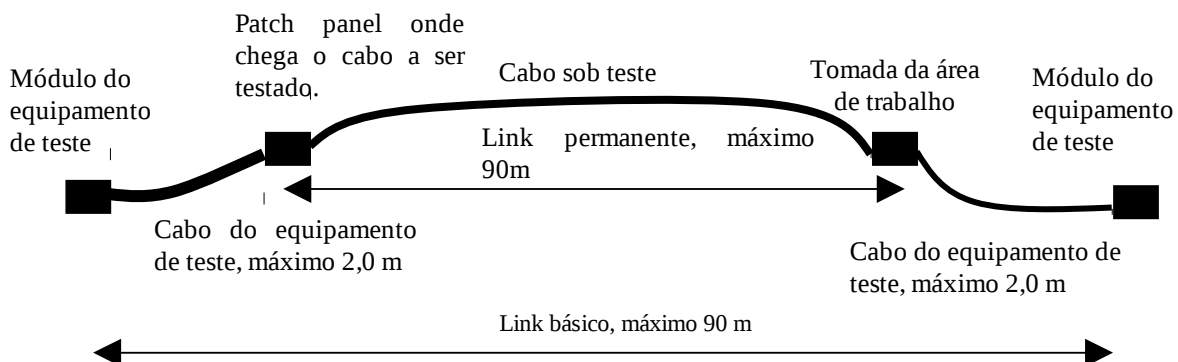


Figura 66: Link básico - Link de teste



8.1 - Testes para cabeamento metálico

Os testes para o cabeamento metálico são realizados com o certificador de rede. O certificador é composto por dois módulos colocados cada um numa extremidade da linha. Um módulo opera como impedância terminal, curto-circuito, transmissor de sinal, etc. O outro, além de enviar sinais e receber, realiza as funções de medição e registro dos testes.

Na sequência apresenta-se os testes realizados.

a) Teste de continuidade e sequência

Verifica se a conexão dos cabos esta correta, indicando se há par aberto, par em curto, inversão de condutores do mesmo par, par trocado ou condutores de pares diferentes trocados.

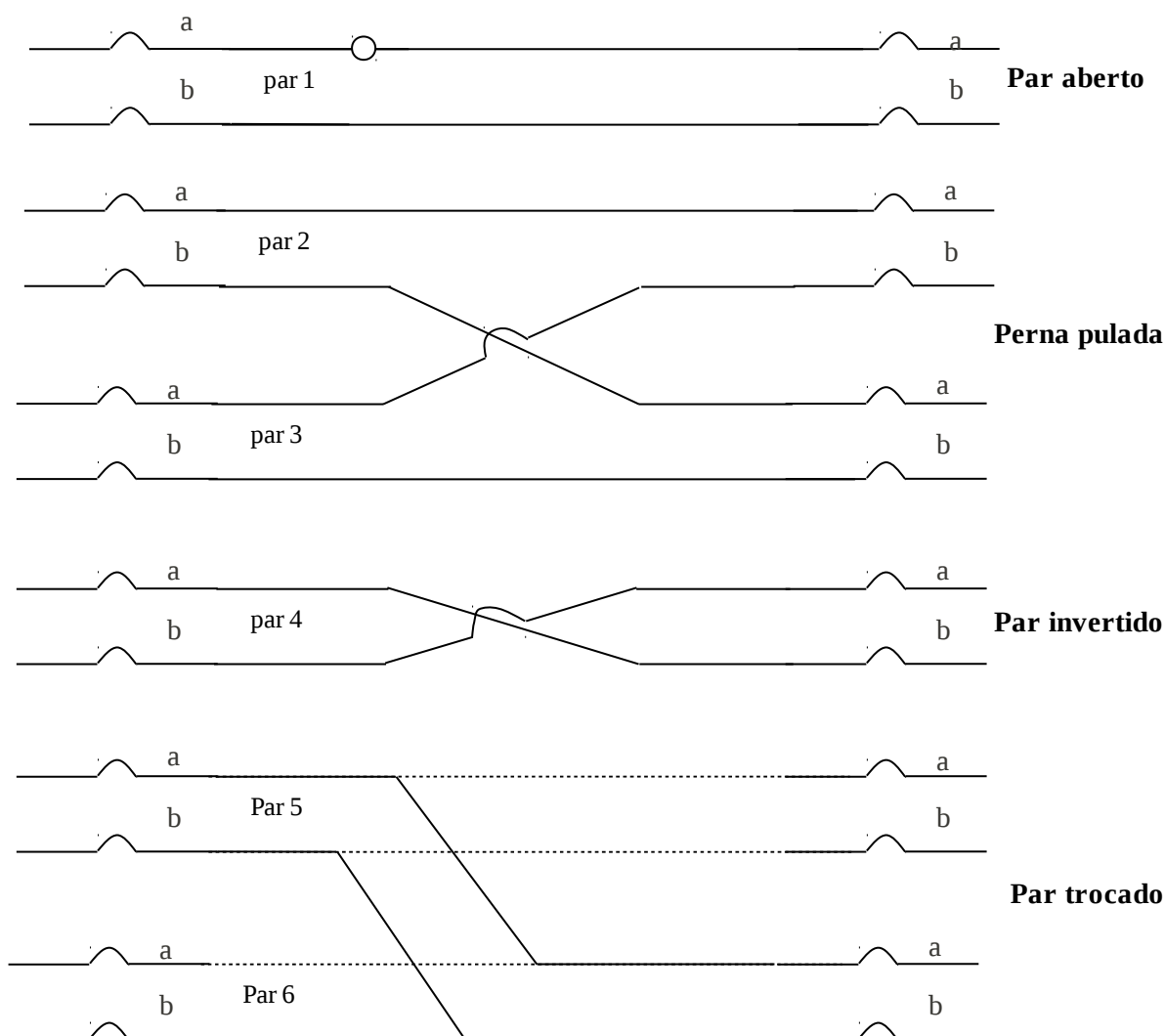


Figura 67: Exemplos de erros na terminação dos cabos

**b) Teste de comprimento.**

São testados os comprimentos do link permanente e do canal (máximo 90,0m e 100,0 m respectivamente). O certificador deve conhecer a velocidade do sinal elétrico no cabo (VPN). Conhecendo a velocidade de transmissão o certificador envia um sinal pelo cabo e marca o tempo entre o envio do sinal e o retorno do sinal refletido no final da linha. A distância é obtida multiplicando a velocidade de propagação por metade do tempo medido.

Para aferir a velocidade o certificador realiza teste sobre 115 metros de cabo, ou se o cabo for de fabricante conhecido basta selecionar o tipo de cabo.

c) Atenuação (perda de inserção)

Mede a atenuação do link permanente e do canal.

d) Teste de NEXT (paradiafonia – Near End CrossTalk)

Verifica a diafonia de um par em outro par do cabo. O teste de NEXT verifica a interferência na extremidade do cabo localizada no mesmo ponto que o transmissor (paradiafonia). É verificada a diafonia provocada por cada par em cada um dos outros, identificando o pior caso. O resultado final dado é o nível de atenuação do sinal interferente (sinal inserido num par pela paradiafonia)

e) Teste da PSNEXT (somatória da paradiafonia – Power Sum Near End CrossTalk)

Verifica a paradiafonia total num par provocada por todos os outros pares do cabo. O resultado do teste novamente fornece a atenuação do sinal interferente produzido pela soma da paradiafonia.

f) Teste de ELFEXT (telediafonia – Equal Level Far – End CrossTalk)

Fornece a diferença entre as atenuações do sinal transmitido na linha e do sinal gerado pela telediafonia. É verificada esta relação considerando a telediafonia provocada por cada par em cada um dos outros, identificando o pior caso.

g) Teste de PSELFEXT (Power Sum Equal Level Far-End CrossTalk)

Fornece a diferença entre as atenuações do sinal transmitido na linha e do sinal gerado pela soma das telediafonias provocadas por todos os pares do cabo.

h) Perda de retorno

Verifica a quantidade de potência do sinal que é refletida ao longo do cabo devido aos descasamentos de impedância. O valor medido é a atenuação entre a potência enviada e a recebida por reflexão.



i) Retardo de grupo ou tempo de atraso de grupo.

Verifica o tempo necessário para o sinal se propagar no meio, o tempo de atraso de grupo. Para arquitetura Ethernet o tempo de atraso de grupo é fundamental, pois implica a distância máxima que o enlace de comunicação pode ter.

j) Distorção de atraso de grupo (delay skew)

Verifica a diferença do tempo de atraso de grupo entre os quatro pares do mesmo cabo. Este teste é necessário para garantir o uso de sistemas que utilizam mais de um par para transmitir ou receber o sinal.

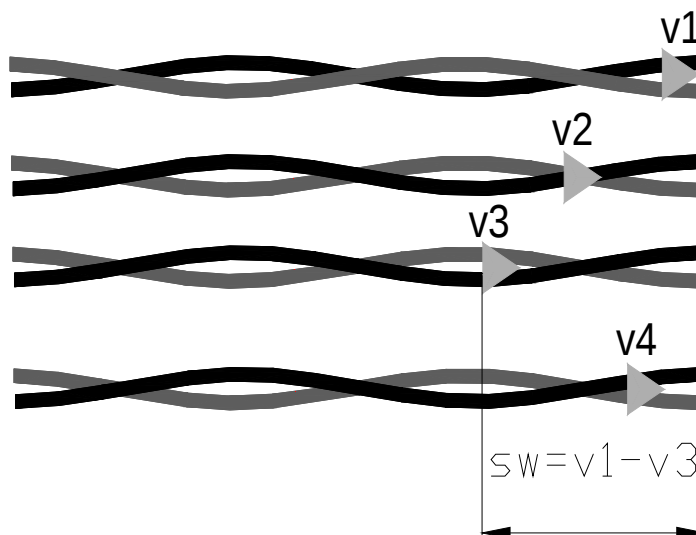


Figura 68: Distorção de atraso de grupo

Os testes de atenuação, NEXT, PSNEXT, ELFEXT, PSELFEXT e perda de retorno são realizados em diferentes frequências especificadas por norma. Em todos esses testes o resultado é dado em dB.

As principais fontes de diafonia no cabeamento são as conexões, pois nos conectores, blocos de inserção e tomadas os condutores dos pares ficam destrançados facilitando a interferência eletromagnética.

k) Razão entre atenuação e diafonia (ACR)

A comparação entre a atenuação do par e sua diafonia, permite verificar a qualidade do canal ou link sob teste. Tal comparação pode ser representada por um dos dois parâmetros abaixo:

- Razão entre atenuação e diafonia (ACR – Attenuation Crosstalk Ratio) – O gráfico abaixo mostra o parâmetro ACR para diferentes frequências, como a atenuação e a diafonia aumentam com o aumento da frequência, o valor de ACR diminui para frequências mais altas. No gráfico a relação ACR é dada pela diferença entre as duas curvas. A norma TIA/EIA não especifica valores para ACR, porém a norma ISO especifica o valor de 4,0 dB para o ACR mínimo.

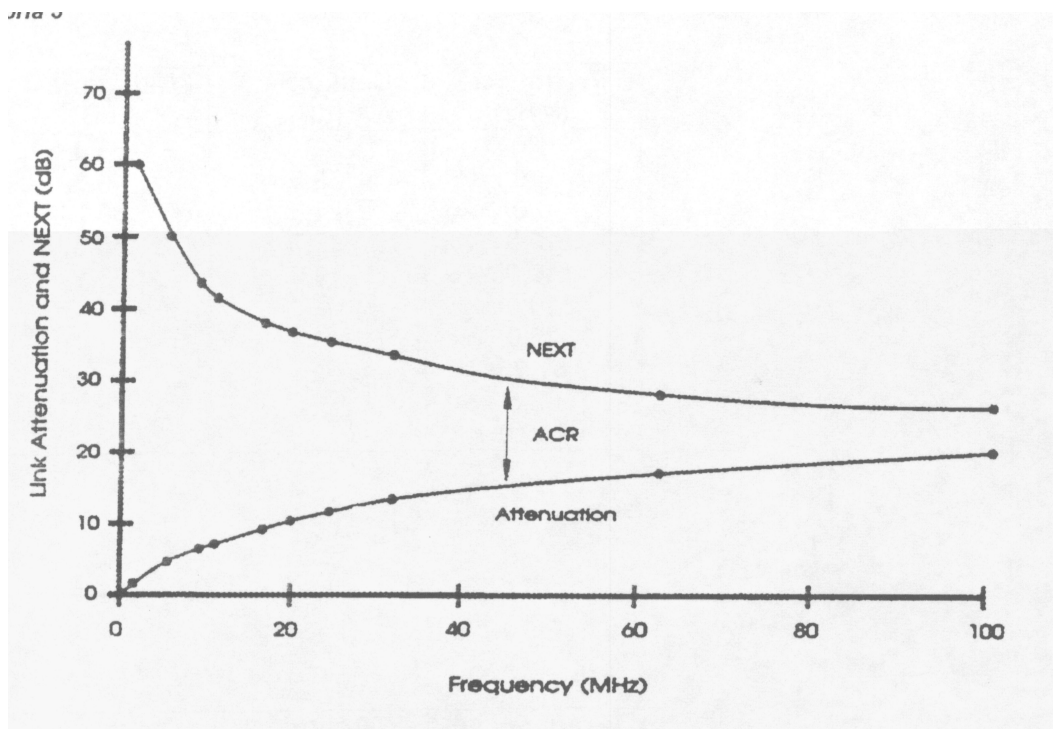


Figura 69: ACR - Relação entre a atenuação e a diafonia

- Razão entre a atenuação e a soma das diafonias provocadas por cada par do cabo num par sob teste. (PSACR - Power Sum Atenuação Crosstalk Ratio) – Este parâmetro é praticamente o mesmo que o ACR, porém como trata da diafonia total provocada pelo cabo, fornece um resultado mais preciso sobre a situação do cabo.

8.2 - Comparação dos requisitos elétricos nas categorias 5e e 6.

Para uma comparação entre as diferentes categorias coloca-se a baixo a tabela 16, com os valores limites de cada teste. Os valores fornecidos correspondem aos valores de teste para frequência mais alta da categoria. Os testes não indicados numa categoria não são exigidos para a mesma.

teste	Limites elétricos para canais e links em cada categoria					
	Categoria 5e		Categoria 6		Categoria 6a	
	Link Per.	Canal	Link Per.	Canal	Link Per.	Canal
Atenuação (dB)	21,0	24,0	30,7	36,0		45,3
NEXT(dB)	32,3	30,1	35,3	33,1		33,8
PSNEXT(dB)	29,3	27,1	32,7	30,2		31,8
ELFEXT(dB)	18,6	17,4	16,2	15,3		13,8
PSELFEXT(dB)	15,6	14,4	13,2	12,3		10,8
Perda de retorno(dB)	12,1	10,0	10,0	8,0		15,2
Atraso (ns)	498	555	498	555		545
Dispersão de atraso (ns)	44	50	44	50		45
frequência de teste	100 MHz		250 MHz		500 MHz	

Tabela16: Valores limites para o resultado de testes de certificação na frequência mais alta de cada categoria.



8.3 - Testes para cabeamento óptico

Como a fibra óptica apresenta uma banda passante alta, total imunidade a interferência eletromagnética e um desempenho em relação a dispersão dentro dos limites necessários para o uso em redes locais o teste de aceitação da fibra é o teste de atenuação do link.

Assim como no cabeamento metálico, cada categoria e tipo de fibra apresenta limites de atenuação diferentes, na tabela abaixo listamos os valores limites para os diversos casos.

Padrão ou norma	Tipo de fibra	Limite de atenuação (dB)
EIA/TIA TSB-72	Multimodo 850 nm ou 1300nm	2,0 canal 3,3 centralizado
Padrão IEEE 1000 base SX, conforme TIA/EIA 568A	Multimodo 850 nm, diâm. do núc. 62,5 μ m	2,0 canal 3,3 centralizado
Padrão IEEE 1000 base SX, conforme proposta para TIA/EIA 568B	Multimodo 850 nm, diâm. do núc. 62,5 μ m	2,6
	Multimodo 850 nm, diâm. do núc. 50,0 μ m	2,6
	Multimodo 850 nm, diâm. do núc. 50,0 μ m	2,6
Padrão IEEE 1000 base LX, conforme TIA/EIA 568A	Multimodo 1300 nm, diâm. do núc. 62,5 μ m	2,35
Padrão IEEE 1000 base LX, conforme proposta para TIA/EIA 568B	Multimodo 1300nm, diâm. do núc. 60,0 μ m	2,35
	Multimodo 1300 nm, diâm. do núc. 50,0 μ m	2,35
	Monomodo 1300 nm, diâm. do núc. 10,0 μ m	5,0



9. Documentação e Identificação

O projeto de cabeamento estruturado deve ser realizado prevendo uma vida útil de 15 a 20 anos. Deve-se ter em mente que o cabeamento estruturado é a infraestrutura da rede de telecomunicações de uma edificação, comparável com a infraestrutura da rede elétrica e da rede hidráulica do edifício. Modificações no cabeamento após concluída a obra significam mais custos, alterações em paredes, tetos e pisos e conseqüente interrupções das atividades profissionais na edificação sobre alteração.

A instalação do cabeamento não necessariamente ocorre num único momento. Porém a parte de tubulação e demais estruturas de suporte do cabeamento deve ser executada no momento das obras de engenharia civil. Uma vez construídas as vias de passagem, a instalação de cabos e construção dos distribuidores podem ser realizadas posteriormente.

Para evitar mudanças no cabeamento, o projeto do mesmo deve prever expansões de sistemas já dimensionados, tais como redes de computadores e telefone, como também a existência de futuras redes de circuito fechado de TV, alarmes e controladores de condições ambientais. Ao mesmo tempo o cabeamento deve ser realizado o mais independente possível dos equipamentos ativos das redes que ele suportará. Isto é, o cabeamento deve ser flexível, permitindo que um ponto hoje utilizado para um computador seja amanhã utilizado para um telefone ou sensor de circuito interno de TV e permitindo a troca dos equipamentos por novas versões baseadas em tecnologias de transmissão diferenciadas daquelas dos equipamentos anteriormente instaladas.

Para garantir flexibilidade e a manutenção do cabeamento é necessário o seu gerenciamento, o qual só é efetivo com documentação e identificação dos diversos componentes do mesmo. A documentação do cabeamento estruturado inicia no projeto do mesmo, as plantas, tabelas e demais documentos do projeto devem descrever todos os detalhes do projeto, indicando vias, cabos, tomadas, organizações dos armários etc. No próprio projeto, já deve iniciar também a identificação dos diversos componentes do sistema, definindo os códigos de identificação de tomadas, distribuidores etc.

Na fase de instalação do cabeamento, a identificação deve ser realizada em todos os componentes, pois muito destes não terão acesso fácil após concluída a obra. Terminada a instalação é necessário a verificação final do sistema, observando e documentando as alterações de projeto realizadas em obra. Ao mesmo tempo, é realizada a certificação do sistema, que deve gerar relatórios indicando o estado de cada enlace de cabeamento. Por fim, devem ser gerados registros que identifiquem as funções e peculiaridades de cada componente do sistema.

Com toda a documentação e identificação realizada, o gerenciamento do cabeamento poderá ser executado e cada alteração em função de troca de cabos ou componentes de interligação deverão ser anotadas e a documentação atualizada.

9.1 - Identificação

A identificação dos componentes do cabeamento estruturado é realizada através de etiquetas com códigos. Sendo que estas etiquetas podem ser coloridas, indicando em que seção do cabeamento determinado componente esta.

Os códigos para os diversos componentes devem conter informações sobre a função do componente no cabeamento, a localização da instalação, no caso dos cabos informações sobre a localização de suas extremidades etc. Dentre essas informações algumas deverão ser priorizadas, evitando a formação de códigos muito longos que dificultam a leitura ou a sua colocação nos pequenos espaços disponíveis nos espelhos das tomadas, nos patch panel e nos armários.



Exemplos de identificação instalados em campo

a) Tomada de telecomunicações número 4 localizada no terceiro piso na sala 3.

T3034 – Tomada da sala 303, número 4

b) Cabo que conecta a tomada T3034 com o distribuidor de piso 6 localizado no piso 1.

F613034 – cabo entre o distribuidor de piso 6 do piso 1 e a tomada 4 da sala 303.

c) Distribuidor de piso 6 localizado no piso 1

FD61

d) Cabo de aterramento indo do distribuidor de edifício, localizado no segundo andar, para o distribuidor de piso 07 no 5º andar.

TBD2FD75

9.2 - Identificação através de cores

Uma prática aconselhável é o uso de cores para diferenciar seções do cabeamento estruturado, facilitando a identificação dos seus componentes. Na tabela XX e na figura YY apresenta-se uma proposta de identificação por cores, essa identificação foi baseada na proposta presente na primeira versão da NBR14565.



Subsistema	componentes	Cor de identificação
Instalação de entrada	Conexões dos cabos das concessionárias com os cabos internos. Cabos do backbone do campus que interligam os a instalação de entrada com o CD. Conexões dos cabos que chegam da instalação de entrada no backbone do campus. Dutos e calhas de passagem dos cabos da concessionária e dos cabos que interligam a instalação de entrada com o CD	Laranja
Backbone do campus	Conexões dos cabos de backbone nos distribuidores de campus e de edifício. Cabos do backbone. Dutos e calhas de passagem dos cabos de backbone	Verde
Backbone do edifício	Conexões dos cabos de backbone nos distribuidores de edifício e de piso. Cabos do backbone do edifício Dutos e calhas de passagem dos cabos de backbone	Cinza
Cabeamento horizontal	Cabos do cabeamento horizontal. Blocos de conexão dos cabos horizontais. Tomadas das áreas de trabalho	Azul
Ligações entre equipamento de rede de computadores e o cabeamento	Blocos de conexão nos distribuidores. Cordões de manobra entre equipamento e o cabeamento	Branco
Ligações entre equipamento de telefonia e o cabeamento	Blocos de conexão nos distribuidores. Cordões de manobra entre equipamento e o cabeamento	Vermelho
Ligações entre equipamento de segurança e o cabeamento	Blocos de conexão nos distribuidores. Cordões de manobra entre equipamento e o cabeamento	Marrom

Tabela 11: Exemplo do uso de cores para identificação de setores do cabeamento.

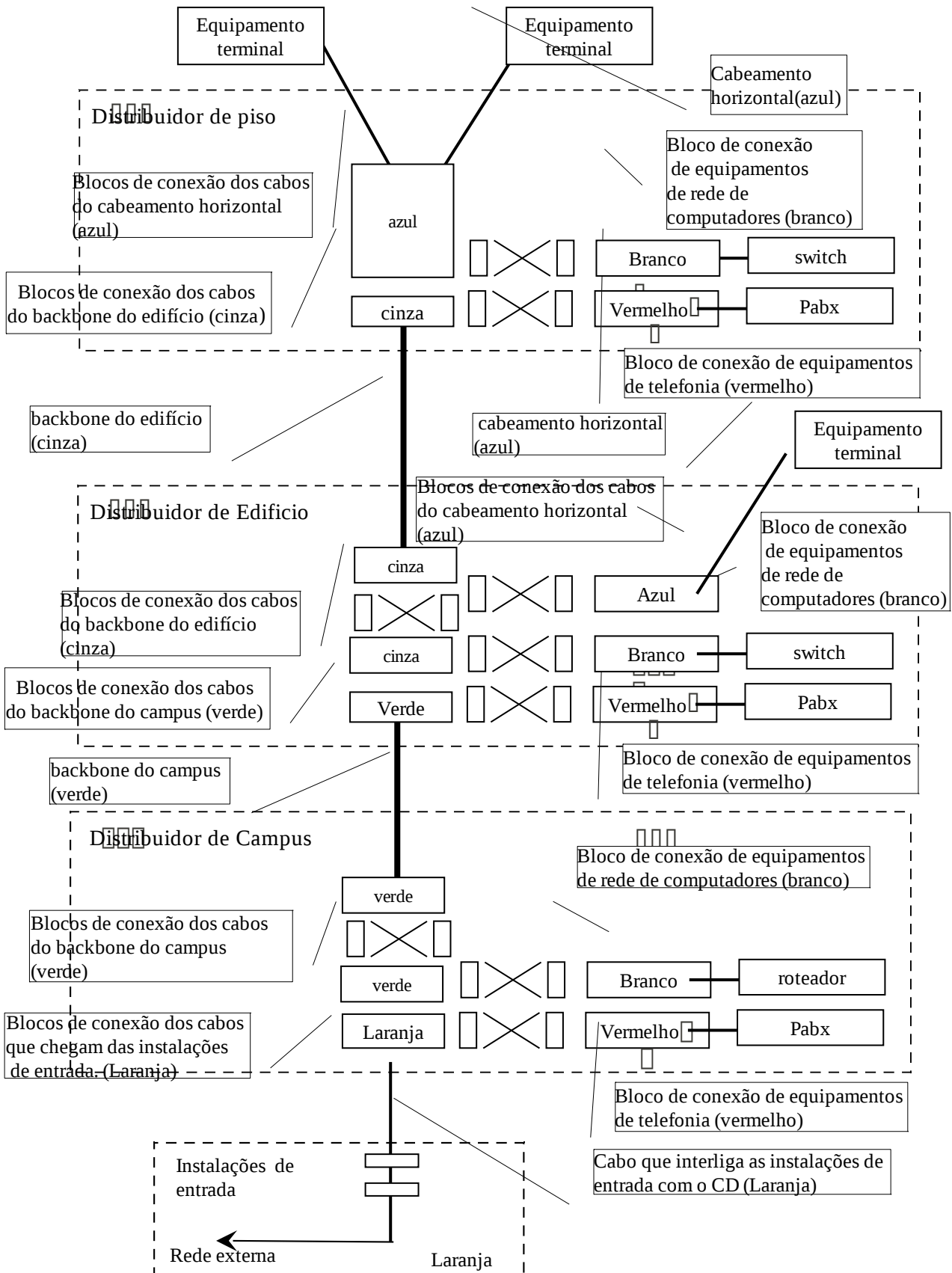


Figura 70: Exemplo de identificação por cores



A identificação por cores pode ser realizada por meio de etiquetas colocadas nos blocos de conexão; nas terminações dos cabo e dos dutos e calhas utilizados. Pode também ser adotada na cor dos cabos, dutos e calhas utilizadas.



10. Projeto da rede de energia elétrica para atender a sala de telecomunicações

A sala de telecomunicações é a cabeça das redes de telecomunicações de uma estrutura de cabeamento estruturado. É nela que serão instalados os servidores e as centrais dos diversos sistemas utilitários do cabeamento estruturado. Neste sentido, é salutar garantir que os circuitos da rede elétrica que atendem esta sala sejam exclusivos e projetados visando expansões, segurança contra sobrecorrente e aterramento. Além disso, muitas vezes é necessário garantir um sistema de “no breaks” para os equipamentos mais importantes.

Qualquer projeto elétrico de baixa-tensão deve seguir a norma NBR5410, a qual garante o adequado dimensionamento da fiação, da proteção e dos dutos de passagem.

Um projeto de um circuito elétrico formado por tomadas consta das seguintes etapas:

- 1) Definição da quantidade e da posição das tomadas.
- 2) Definição da forma de passagem das fiações que ligam as tomadas com a caixa de distribuição.
- 3) Cálculo da potência total a ser instalada e definição da quantidade de circuitos a serem utilizados.
- 4) Definição dos condutores.
- 5) Definição da proteção dos circuitos.
- 6) Definição das bitolas das vias de passagem.

Na seqüência desse texto descreve-se cada um desses passos.

10.1 - Definição da quantidade e da posição das tomadas

A definição da quantidade e da posição das tomadas elétricas da sala de telecomunicações, está intrinsecamente ligada a distribuição dos pontos de telecomunicações e dos equipamentos nos distribuidores de telecomunicações. Nesta definição deve estar previsto que grande parte dos equipamentos de telecomunicações necessitam de alimentação elétrica. Na verdade as exceções seriam os telefones e os sensores de segurança ou vinculados a rede de automação predial. Portanto, quase toda tomada de telecomunicações deve prever a instalação de uma tomada de energia próxima a ela. Em relação ao armário é bom lembrar que o mesmo deve receber diversos equipamentos ativos que necessitam de energia elétrica, necessitando também de diversas tomadas.

Resumindo pode-se projetar a distribuição e a quantidade de tomadas da sala de telecomunicações considerando os seguintes aspectos:

- uma tomada de energia próximo a cada tomada de telecomunicações ou 1,5 para cada duas tomadas de telecomunicações.
- uma tomada para cada local destinado a uma central.
- uma tomada para cada quatro ou seis U de altura do armário ou uma tomada para cada equipamento já previsto para instalar no armário e mais 30% de tomadas prevendo expansão do sistema.

Todas as tomadas desta sala devem possuir fio terra.



10.2 - Definição da forma de passagem dos fios

A definição da forma de passagem dos fios corresponde a prever os locais na planta da sala onde serão colocados os eletrodutos ou outros tipos de vias. Necessitando para isso saber a posição da caixa de distribuição e das tomadas de energia. A simbologia empregada em projetos elétricos é apresentada na figura 71.

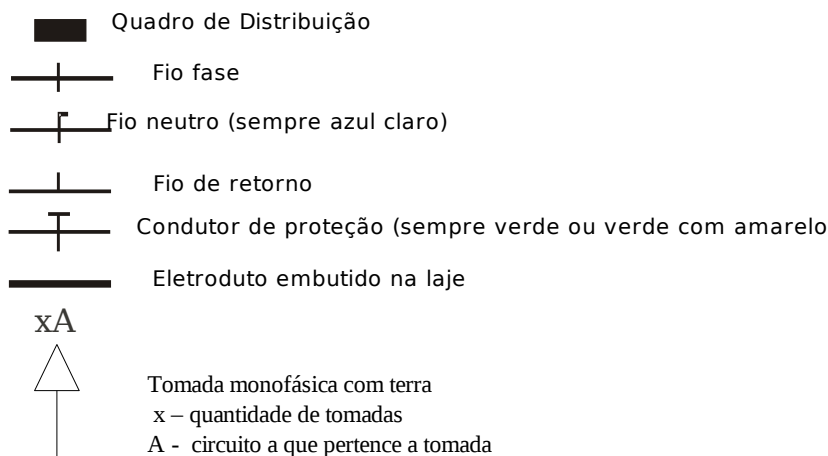


Figura 71: Simbologia para projetos elétricos

10.3 - Cálculo da potência total a ser instalada e definição da quantidade de circuitos a serem utilizados

Para calcular a potência a ser instalada é necessário saber a potência dos equipamentos que serão utilizados. Como o projeto da rede de energia elétrica deve prever expansões e modificações de equipamentos, a rede de energia deve apresentar potências sempre maiores do que as que serão utilizadas.

Como base para cálculo da potência da tomada pode-se utilizar a seguinte tabela 17:

equipamento	consumo
Microcomputador ou servidor de rede	300 a 500 w
Switch	100 a 200 w
Impressora de pequeno porte	50 w
Impressora de grande porte	250 a 450 w
Central telefonica	50 a 100 w
Central de alarme	50 w
Roteador	50 a 100 w

Tabela17: Exemplos de valores da potência consumida por equipamentos de telecomunicações.

Quando os equipamentos que serão instalados são conhecidos, calcula-se a potência total da sala e dos circuitos através da soma da potência individual de cada equipamento, sempre deixando uma margem de folga (30 a 40%). Caso contrário pode-se prever a cada três tomadas uma potência de 500 a 700 W.

Para definir a quantidade de circuitos podemos pensar em termos da potência máxima do mesmo, estipulando um limite entre 2000 a 3000 W.



10.4 - Definição da bitola dos condutores

A definição da bitola dos condutores de um circuito elétrico de baixa tensão é realizado considerando três fatores:

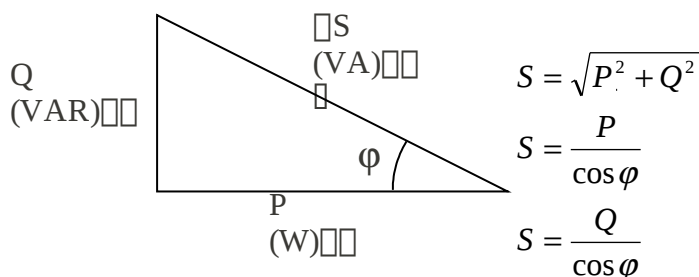
- Capacidade de corrente;
- Seção nominal mínima do condutor;
- Queda de tensão;

Como os circuitos da sala de telecomunicações não serão de grande extensão não apresentarão problemas com queda de tensão. Restam dois critérios o da seção nominal mínima, que para circuitos de tomadas é especificada pela ABNT em $2,5 \text{ mm}^2$, e o da capacidade de corrente, o qual será comentado na sequência.

➤ Critério da capacidade de corrente.

O maior problema das instalações elétricas prediais é o risco de sobre aquecimento dos condutores. Para evitar este problema os mesmos devem ser bem projetados verificando a corrente que deverão suportar e a capacidade dos mesmos em transportar esta corrente. O cálculo da corrente do circuito é realizando somando a potência aparente instalada e dividindo-a pela tensão do circuito.

Potência aparente (VA) é a soma vetorial da potência ativa (W) e da potência reativa (VAR). A potência ativa é a potência consumida em circuitos de comportamento resistivo e a potência reativa é a potência armazenada nos circuitos indutivos ou capacitivos. As três potências estão relacionadas entre si, geralmente representa-se esta relação pelo triângulo de potências:



$\cos \varphi$ - fator de potência (fp)

Figura 72: Triângulo de potências

Obtendo da distribuição de tomadas em circuitos, realizada no item anterior, a potência ativa total de cada circuito, a corrente será o resultado da divisão da potência aparente do circuito pela sua tensão (220 ou 110 dependendo do caso).

$$I = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

Considera-se um fator de potência de 0,8 para os equipamentos de telecomunicações.

por exemplo:

potência total instalada = 1800 W
tensão = 220 V



fator de potência = 0,8

$$I = \frac{1800}{220 \times \cos 0,8} = 10,23A$$

A corrente obtida do cálculo acima deve ser corrigida pelo fator de agrupamento. Como os circuitos serão instalados numa mesma via, é necessário corrigir a corrente calculada, pois o aquecimento de cada circuito elevará a temperatura total além do que ocorreria com só um circuito na via. A tabela 18 indica o fator de correção, pelo qual deve ser dividida a corrente do circuito calculada, em função do agrupamento de circuitos instalados na mesma via.

Item	Disposição dos Cabos Justapostos	Número de Circuito ou de Cabos Multipolares													Método de Instalação
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
1	Feixe de cabos ao ar livre ou sobre superfície; cabos em condutos fechados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	A a F	
2	Camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Nenhum fator de correção adicional para mais de 9 circuitos ou cabos multipolares			C	
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				E F G	
4	Camada única em bandeja perfurada, horizontal ou vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72					
5	Camada única em leito ou suporte	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78					

Tabela 18: Fator de Correção para Agrupamento de Circuitos ou Cabos Multipolares (adaptada da NBR5410)

Considerando a passagem de 2 circuitos pela mesma via e o valor de corrente do exemplo acima:

$$I_c = \frac{I}{fator_correção} = \frac{10,2}{0,8} = 12,8A$$

Onde I_c é a corrente corrigida.

Com o valor da corrente corrigida defini-se a bitola do condutor, comparando este valor com a corrente nominal do condutor (corrente máxima do condutor). A corrente nominal de um condutor depende além da sua bitola da forma como o mesmo esta instalado. A tabela 19 indica os códigos para cada forma de instalação:



Método de Instalação	Condutor Isolado	Cabo Unipolar	Cabo Multipolar
Afastado da parede ou suspenso por cabo de suporte (b)	(a)	F	E
Bandejas não perfuradas ou prateleiras	(a)	C	C
Bandejas perfuradas (horizontal ou vertical)	(a)	F	E
Canaleta fechada no piso, solo ou parede	B1	B1	B2
Canaleta ventilada no piso ou solo	(a)	B1	B1
Diretamente em espaço de construção (c) : $1,5 D_e \leq V < 5 D_e$	(a)	B2	B2
Diretamente em espaço de construção (c): $5 D_e \leq V < 50 D_e$	(a)	B1	B1
Diretamente interrado	(a)	D	D
Eletrocalha	B1	B1	B2
Eletroduto aparente	B1	B1	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria	(a)	B2	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria (c) : $1,5 D_e \leq V < 5 D_e$	B2	(a)	(a)
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria (c) : $5 D_e \leq V < 50 D_e$	B1	(a)	(a)
Eletroduto em canaleta fechada (c) : $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$	B2	B2	(a)
Eletroduto em canaleta fechada (c) : $V \geq 20 D_e$	B1	B1	(a)
Eletroduto em canaleta ventilada no piso ou solo	B1	(a)	(a)
Eletroduto em espaço de construção	(a)	B2	B2
Eletroduto em espaço de construção (c) ; $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$	B2	(a)	(a)
Eletroduto em espaço de construção (c) ; $V \leq 20 D_e$	B1	(a)	(a)
Eletroduto embutido em alvenaria	B1	B1	B2
Eletroduto embutido em caixilho de porta ou janela	A1	(a)	(a)
Eletroduto embutido em parede isolante	A1	A1	A1
Eletroduto enterrado no solo ou canaleta não ventilada no solo	(a)	D	D
Embutimento direto em alvenaria	(a)	C	C
Embutimento direto em caixilho de porta ou janela	(a)	A1	A1
Embutimento direto em parede isolante	(a)	(a)	A1
Fiação direta em parede ou teto (d)	(a)	C	C
Forro falso ou piso elevado (c) : $1,5 D_e \leq V < 5 D_e$	(a)	B2	B2
Forro falso ou piso elevado (c) : $5 D_e \leq V < 50 D_e$	(a)	B1	B1
Leitos, suportes horizontais ou telas	(a)	F	E
Moldura	A1	A1	(a)
Sobre isoladores	G	(a)	(a)

Notas:

(a): de acordo com a NBR 5410, o cabo não pode ser instalado pelo método correspondente ou, então, o método não é usual para a instalação do cabo correspondente;

(b): a distancia entre o cabo e a parede deve ser, no mínimo, igual a 30% do diâmetro externo do cabo;

(c): D_e = diâmetro externo do cabo; V = altura do espaço de construção ou da canaleta;

(d): a distancia entre o cabo e a parede ou teto deve ser menor ou igual a 30% do diâmetro externo do cabo.

Tabela 19: Codificação dos Métodos de Instalação de Condutores

Por exemplo caso tenha-se optado pela utilização de canaletas aparentes sem ventilação o código é B1.



Com o valor da corrente corrigida e o código da forma de instalação, define-se a bitola do condutor utilizando a tabela 20.

Fios e Cabos Isolados, Uni e Multipolares		Temperatura em regime Permanente no Condutor:										70°C			
Material do Condutor:		Cobre		Temperatura Ambiente (fios e cabos não enterrados):										30°C	
Material da isolação		PVC		Temperatura do Solo (fios e cabos enterrados):										20°C	
Seção Nominal [mm ²]	Códigos dos Métodos de Instalação (a) e Quantidade de Condutores Carregados														
	A1		A2		B1		B2		C		D				
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3			
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10			
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12			
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15			
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18			
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24			
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31			
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39			
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52			
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67			
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86			
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103			
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122			
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151			
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179			
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203			
150	240	216	219	196	309	275	265	136	344	299	278	230			
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258			
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297			
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336			
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394			
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445			
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506			
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577			
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652			

Tabela 20; Capacidade de Condução de Corrente [A] em Baixa Tensão (adaptada da NBR 5410)



Considerando a corrente corrigida do exemplo e o método B1 a bitola do condutor seria 2,5 mm², com corrente nominal de 24 A.

10.5 - Definição da proteção dos circuitos

Os circuitos elétricos de baixa tensão são protegidos por disjuntores, os quais são inseridos no condutor fase e atuam em função da ultrapassagem do seu valor de corrente nominal. Para definir o disjuntor a ser colocado, seguiu-se a regra:

$$\text{Corrente nominal do condutor} > \text{Corrente do disjuntor} > \text{Corrente corrigida do circuito}$$

Isto é, a corrente do disjuntor deve ser menor do que a corrente nominal do condutor e maior que a corrente máxima corrigida do circuito. Atendendo estas duas condições basta escolher um valor comercial de corrente do disjuntor. Os valores mais comuns são:

10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 A

10.6 - Definição das bitolas das vias de passagem

A definição da bitola das vias de passagem depende da quantidade de condutores que passam pela via. A máxima ocupação corresponde a 40% da área da seção da via.

A tabela 21 fornece o número máximo de condutores em diferentes bitolas de eletrodutos.

Seção Nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	40	50	60	60	60	75
70	40	40	50	50	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85

Tabela 21: Dimensionamento de Eletrodutos



11. Referências

Giozza, W. F., Conforti, E. e Waldman, H. - Fibras Ópticas: Tecnologia e Projeto de Sistemas – Rio de Janeiro: EMBRATEL; São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

Neto, V. S., Silva, A. de P., Júnior, M. B. C. – Telecomunicações – Redes de Alta Velocidade – Cabeamento Estruturado – São Paulo: Érica, 1999.

Furukawa – FCP: Cabeamento Estruturado – 1999.

Furukawa – FCP: Introdução À Tecnologia de Redes – 1999.

BCSI – Apostila de Instalação de Cabeamento em Telecomunicações: Técnico – 1996.

Cotrin, A. A. M. B. – Instalações Elétricas – Terceira Edição; São Paulo: Makron, McGraw Hill, 1993.

ABNT – NBR14565: Procedimento básico para elaboração de projetos de cabeamento de telecomunicações para rede interna estruturada. – Rio de Janeiro; 2000.

Moecke, M. – Curso de Telefonia Digital – Escola Técnica Federal de Santa Catarina, Unidade de Ensino de São José; 1999.

Casagrande, J. – Apostila de Telemática - Escola Técnica Federal de Santa Catarina, Unidade de Ensino de São José; 1999.