

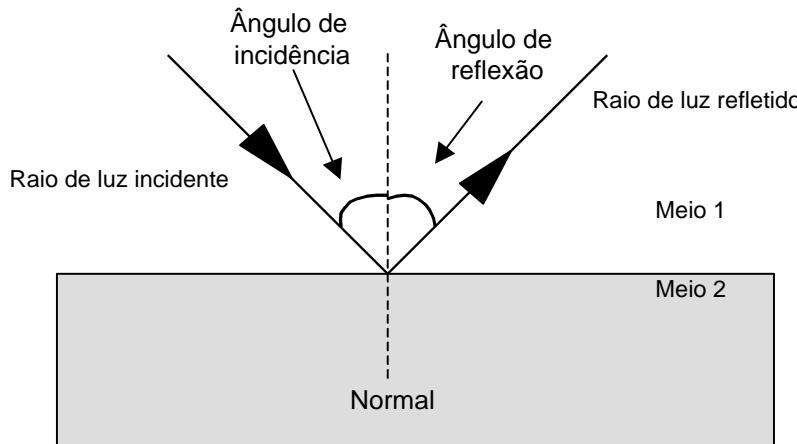
Conceitos de Óptica

A LUZ

- Não há um modelo único e preciso para descrever a natureza da luz
- Em alguns casos, a luz apresenta características de partículas (corpos dotados de massa) e, em outros, de ondas eletromagnéticas (energia).

Noções Básicas de Óptica

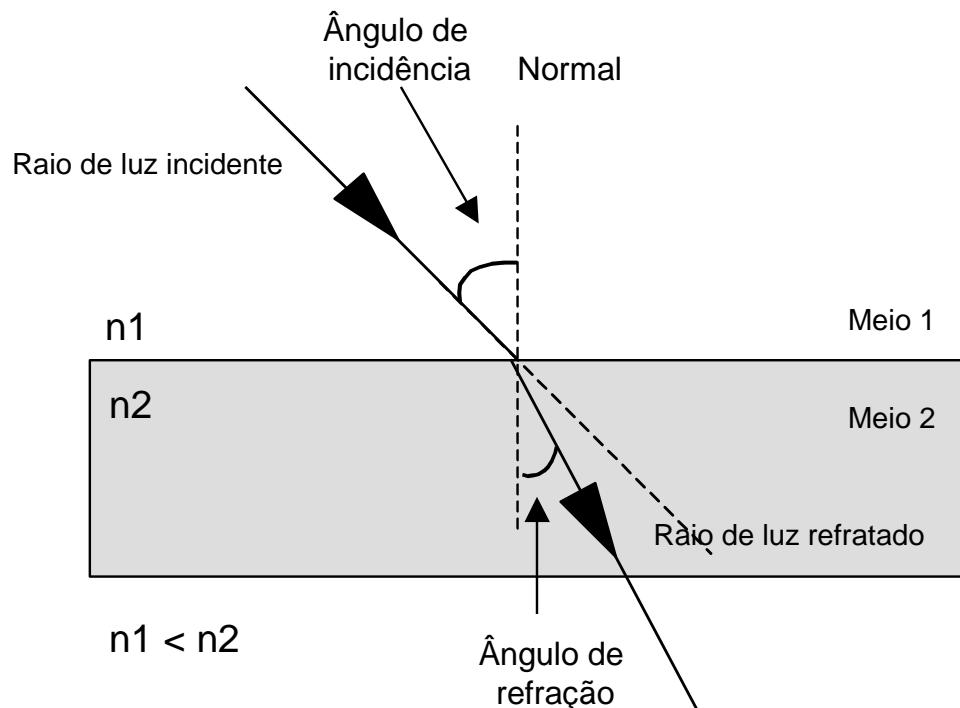
- **Meios de propagação**
 - A luz se propaga em linha reta num meio homogêneo
 - Quando a luz passa de um meio para outro, no entanto, há uma mudança em sua trajetória.
- **Reflexão da luz**
 - Ocorre quando um feixe de luz atinge uma superfície e a luz é desviada no mesmo meio



Noções Básicas de Óptica

- **Refração da luz**

- Ocorre quando um raio de luz atinge uma superfície e passa de um meio para outro



Índice de Refração

- A relação entre a velocidade da luz e a velocidade do raio de luz no meio é denominada índice de refração

$$n = c / v$$

- n = índice de refração do meio
- c = velocidade da luz no vácuo
- v = velocidade da luz no meio

Material	Índice de refração (n)
Ar	1,00
Diamante	2,42
Álcool etílico	1,36
Quartzo	1,46
Vidro	1,50 a 1,90
Fibra óptica	1,50
Água	1,33

Lei de Snell

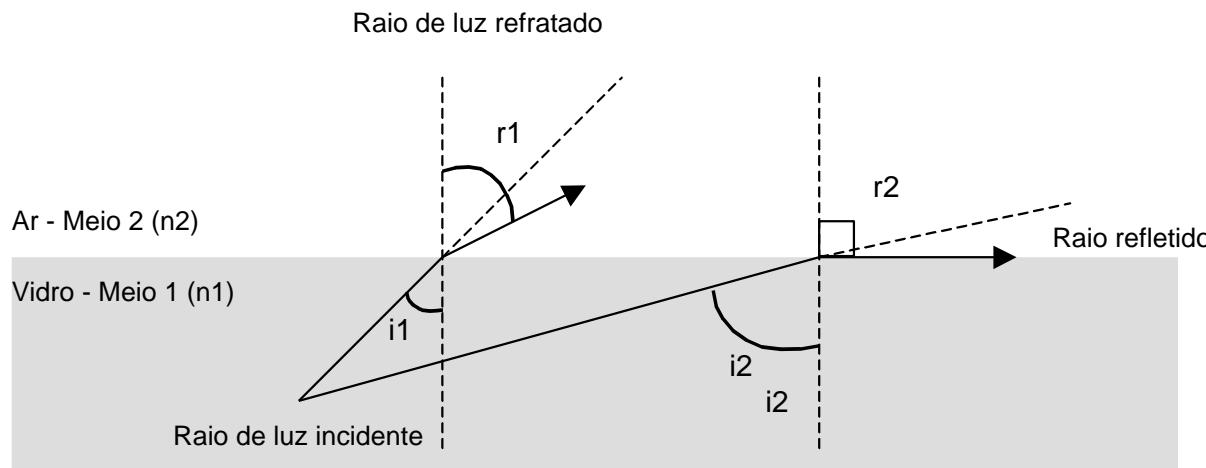
- O ângulo de refração (r) gerado por um raio de luz que se propaga entre dois meios com índice de refração diferentes, pode ser determinado pela lei de Snell

$$n_1 \operatorname{sen} i = n_2 \operatorname{sen} r$$

- Se o meio 1, com índice de refração n_1 for o ar ($n_1 = 1$) podemos reescrever a expressão como:

$$\operatorname{sen} i = n_2 \operatorname{sen} r$$

- Quando o ângulo de incidência é suficientemente elevado (i_2), ele é chamado de ângulo crítico (i_c), ou seja, o raio refratado atinge a superfície entre os meios e se propaga paralelamente a ela.



Reflexão interna total

- Para qualquer raio de luz cujo ângulo de incidência seja maior que o ângulo crítico, teremos o fenômeno de **reflexão interna total** que acontecerá na superfície entre os meios quando um raio de luz se propagar de um meio mais denso para um meio menos denso.

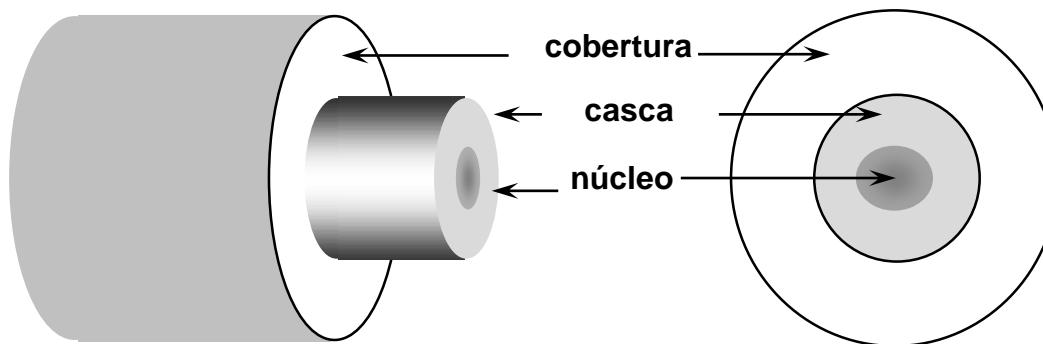
Vantagens das fibras ópticas

- Total imunidade a interferências eletromagnéticas
- Dimensões reduzidas
- Segurança no tráfego de informações
- Maiores distâncias nas transmissões
- Maior capacidade de transmissão
- Atual relação custo-benefício

Princípio de Funcionamento das Fibras Ópticas

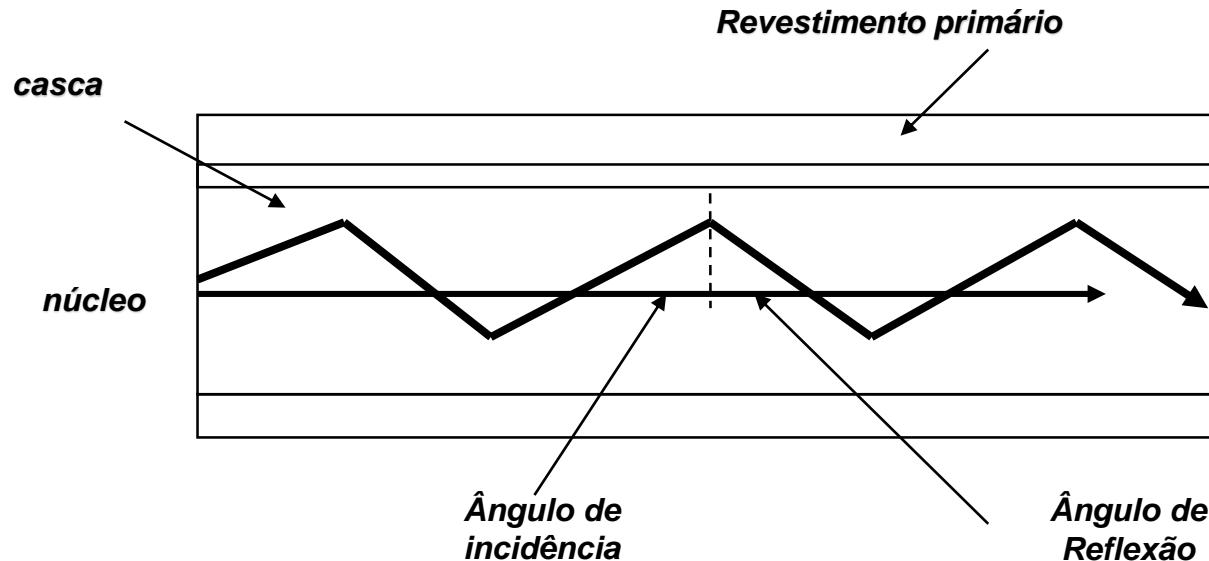
Fibras Ópticas

- As fibras ópticas são constituídas, basicamente, de materiais dielétricos com uma estrutura cilíndrica, composta de uma região central, denominada núcleo, por onde trafega a luz, e uma região periférica, denominada casca, que a envolve completamente.

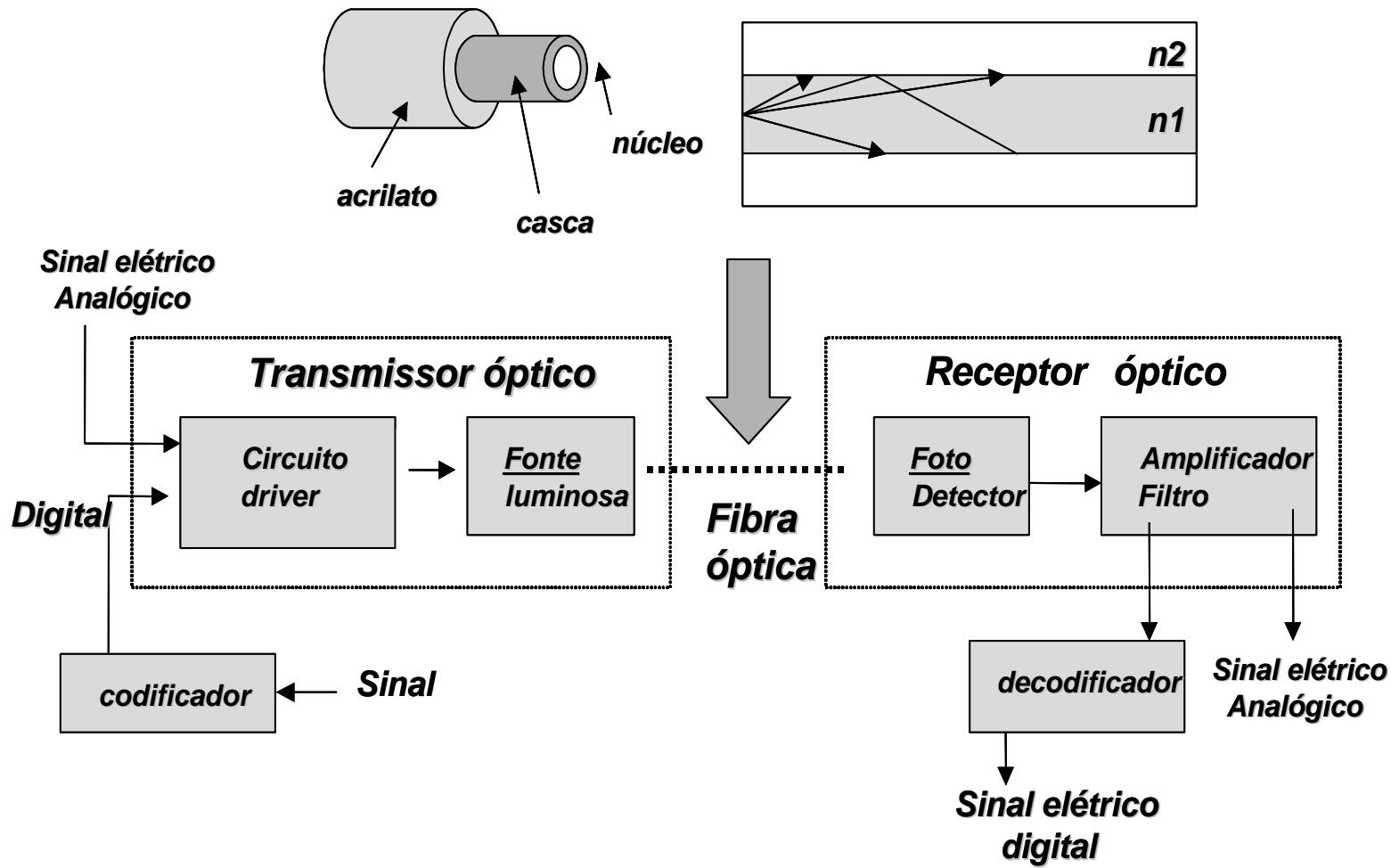


Princípio de funcionamento das fibras ópticas

- A luz se propaga no interior de uma fibra óptica fundamentada no princípio da reflexão total da luz
- A luz é injetada em uma das extremidades da fibra óptica sob um cone de aceitação



Sistemas de comunicação por fibras ópticas

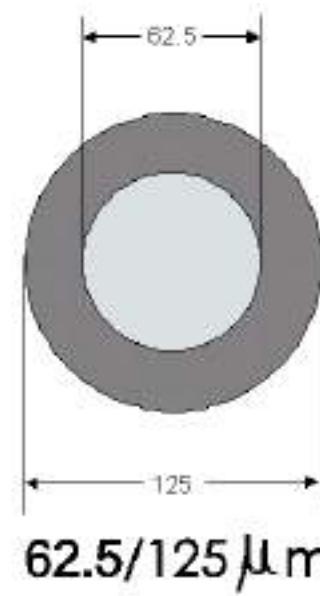
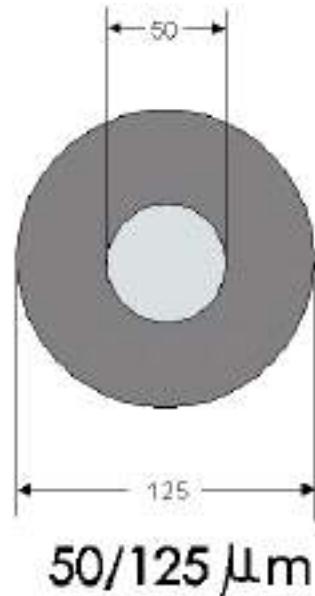


Classificação das fibras ópticas

- As fibras ópticas variam seus materiais, dimensões e os processos de fabricação, de acordo com a sua aplicação.
- A classificação mais utilizada baseia-se nas características de propagação do sinal luminoso na fibra, que consiste em:
 - **Monomodo (singlemode - SM)**
 - **Multimodo (multimode - MM).**

Fibras Multimodo (MMF)

- As fibras multimodo foram as primeiras a serem comercializadas.
- Atualmente são produzidas com duas dimensões de núcleo : 62,5 μm e 50 μm
- Permitem que vários raios luminosos (ou modos possíveis) se propaguem simultaneamente em seu interior
- Os conectores e transmissores ópticos utilizados com elas são mais baratos.



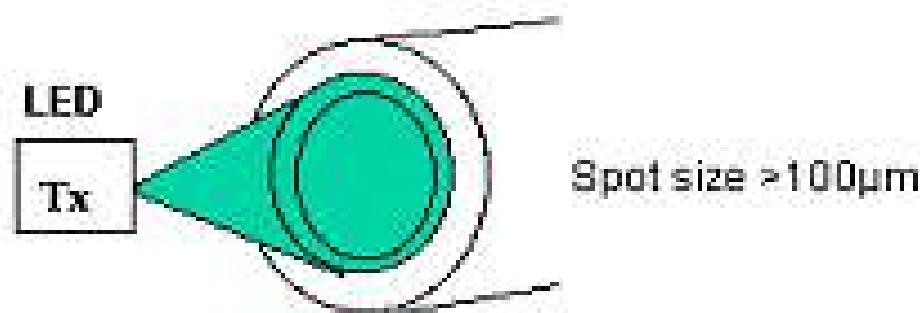
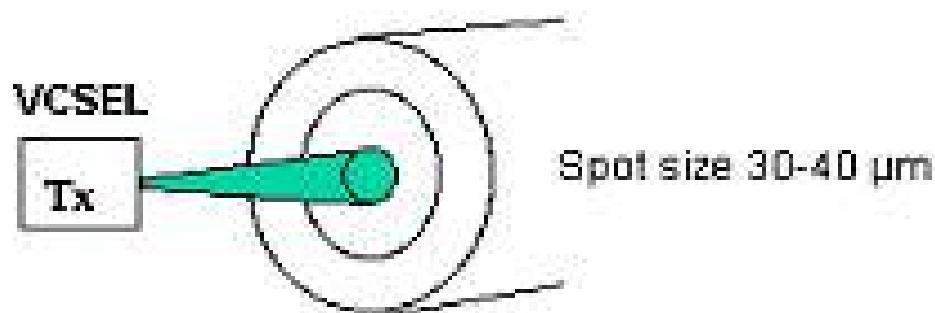
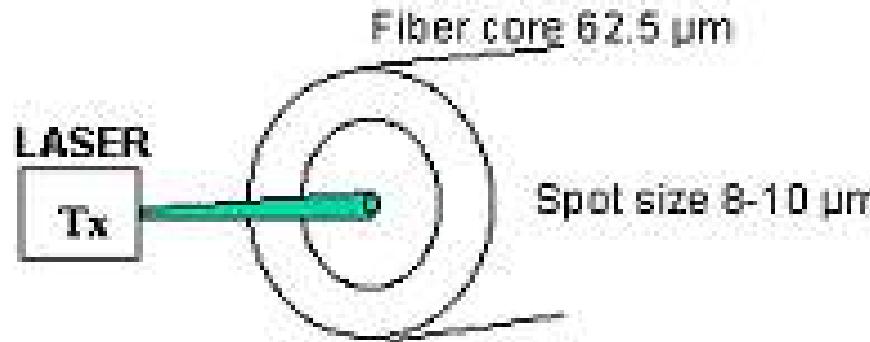
Fibras Multimodo (62,5 µm núcleo e 125 µm casca)

- As fibras 62,5/125 µm foram largamente utilizadas no mercado Americano devido a padronização Ethernet 10BaseF e FDDI;
- O núcleo grande facilitava o alinhamento de conectores e a utilização dos LEDs como transmissores.

Illuminação da Fibra

- **Over-filled Launch (OFL)**
 - O LED aplica potência luminosa sobre toda a região do núcleo, utilizando todos os modos disponíveis para transportar o sinal óptico
- **Spot Size**
 - A utilização de laser nas fibras multimodo (VCSEL) produziu alguns problemas que não eram significativos na transmissão com LED
 - A quantidade de modos de transmissão está diretamente relacionada ao diâmetro do núcleo
 - Quanto menor o diâmetro, menor o número de modos

Illuminação da Fibra

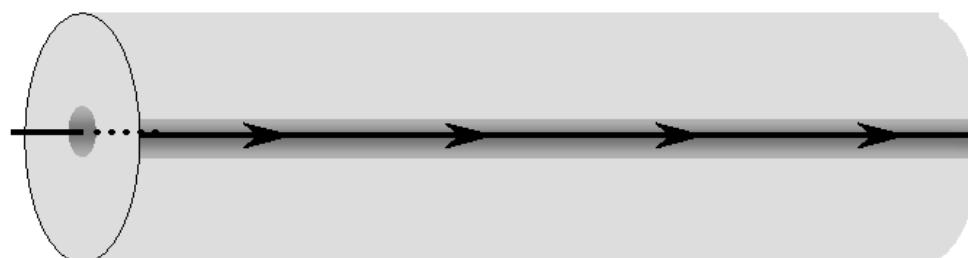


Fibras Multimodo (50 μ m núcleo e 125 μ m casca)

- A fibra 50/125 μ m foi desenvolvida antes da 62,5/125 μ m, sendo mais utilizada nos mercados da Alemanha e do Japão.
- A utilização de LED como transmissor óptico limita-se a taxa de sinalização a 622 Mbps
- Implica na utilização de laser para atingirmos a velocidade de 1.000 Mbps, porém o custo torna-se muito elevado
- Solução: laser de baixo custo, operando na faixa de 850nm e sinalizando a 1 Gbps
- Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL) e nestas condições, a fibra de 62,5/125 μ m apresentou desempenho inferior a de 50/125 μ m, em velocidades de 1Gbps e 10 Gbps.

Fibras Monomodo

- As fibras monomodo possuem núcleo menor do que as multimodo ($9 \mu\text{m}$) resultando em um único modo de propagação
- Também se diferenciam pela variação do índice de refração do núcleo em relação à casca, e se classificam em:
 - índice degrau standard
 - dispersão deslocada (dispersion shifted)
 - non-zero dispersion.
- As características destas fibras são muito superiores às multimodos:
 - Banda passante mais larga
 - Perdas mais baixas



Atenuação e dispersão em fibras ópticas

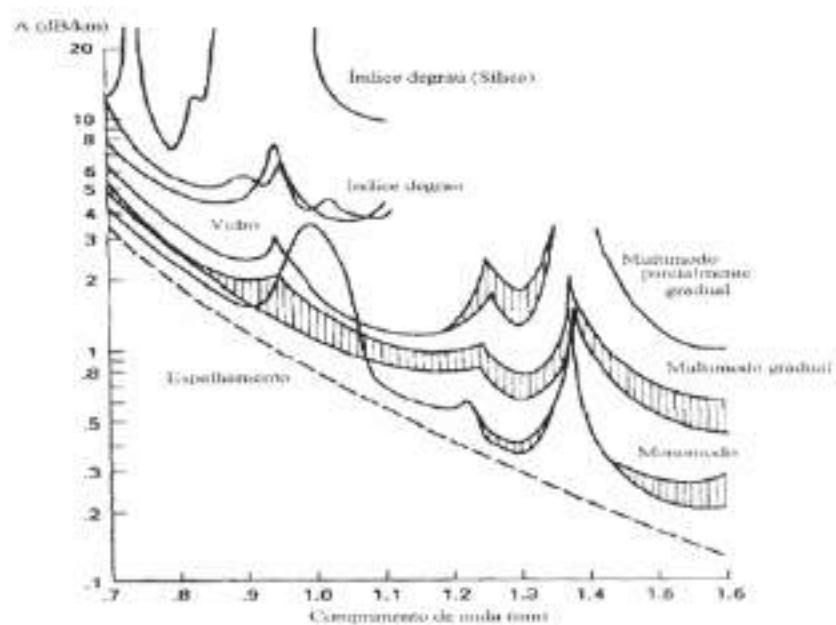
- Em todos os sistemas de transmissão, a atenuação e a banda passante são as duas características principais para a definição do meio físico a ser empregado
- No caso das fibras ópticas a banda passante está relacionada com a dispersão do sinal.

Atenuação da fibra óptica

- A atenuação varia de acordo com o comprimento de onda da luz utilizada
- Medida em dB/km, é a soma de várias perdas ligadas à estrutura do guia de onda e ao material que é empregado na fabricação das fibras
- Os mecanismos que provocam atenuação são:
 - Absorção
 - Espalhamento
 - Deformações mecânicas

Absorção

- À medida que a luz se propaga pela fibra óptica, perde parte da potência por causa da absorção de luz na casca.
- Esta absorção pode ser:
 - **Intrínseca**
 - **Extrínseca**



Janelas de transmissão para fibras ópticas

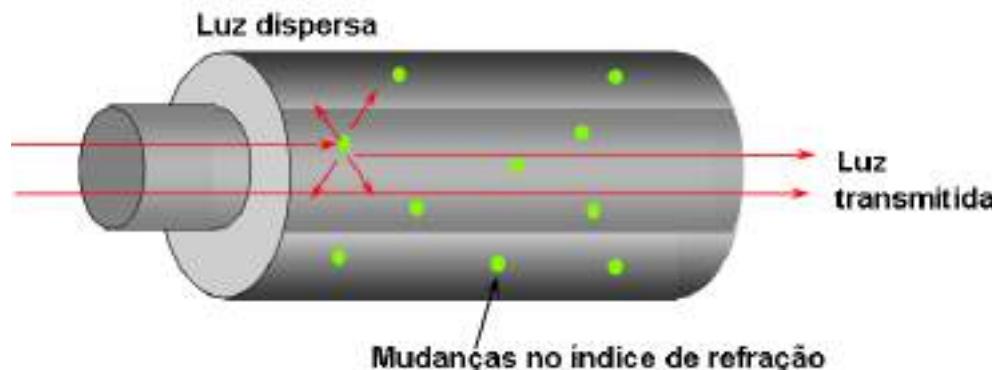
Janela	Faixa de Comprimentos de onda
1 ^a	800-900nm
2 ^a	1260-1360nm
3 ^a	1430-1580nm

BANDA	Significado	Espectro Óptico	Largura da Banda
O	Original	1.260 a 1.360 nm	100 nm
S	Short	1.360 a 1.460 nm	100 nm
E	Expanded	1.460 a 1.530 nm	70 nm
C	Conventional	1.530 a 1.565 nm	35 nm
L	Long	1.565 a 1.625 nm	60 nm
U	Ultra Long	1.625 a 1.675 nm	50 nm

Subdivisão das janelas de transmissão

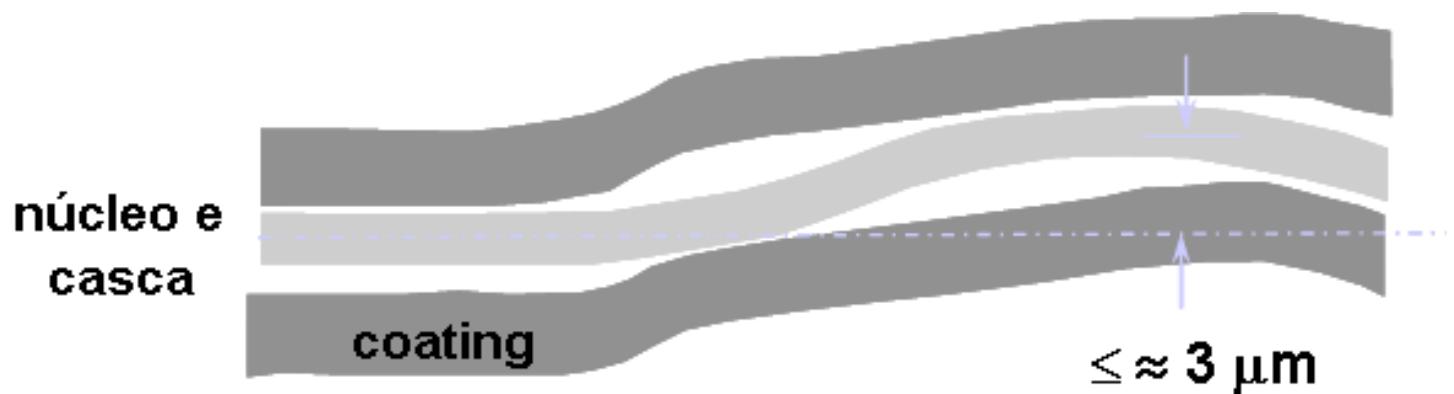
Espalhamento

- É o mecanismo de atenuação que exprime o desvio de parte da energia luminosa guiada pelos vários modos de propagação em várias direções
- Existem vários tipos de espalhamento (Rayleigh, Mie, Raman estimulado, Brillouin estimulado) sendo o mais importante e significativo o **espalhamento de Rayleigh**.
- Esse espalhamento é devido à não homogeneidade microscópica de flutuações térmicas, flutuações de composição, variação de pressão, pequenas bolhas, variação no perfil de índice de refração, etc.
- Esse espalhamento está sempre presente na fibra óptica e determina o limite mínimo de atenuação nas fibras de sílica na região de baixa atenuação.



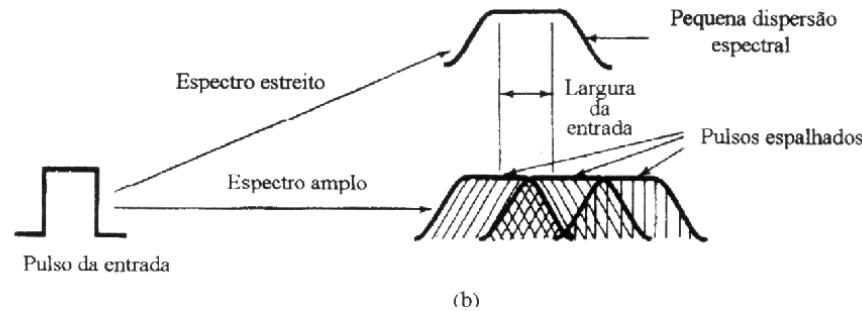
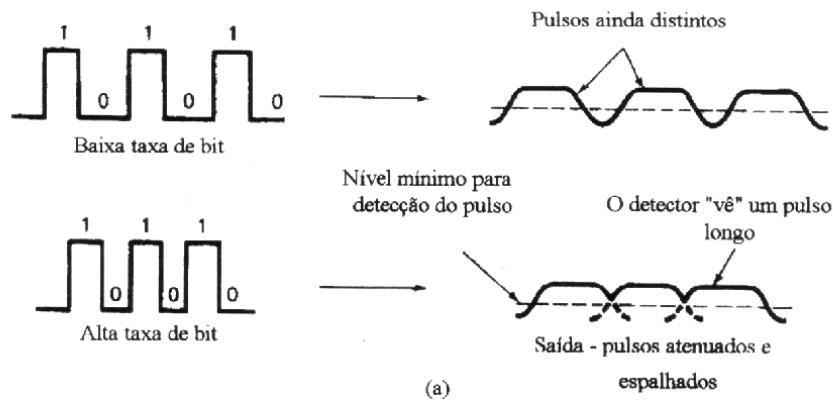
Microcurvaturas

- Aparecem quando a fibra é submetida a pressão transversal de maneira a comprimí-la contra uma superfície levemente rugosa.
- Essas microcurvaturas extraem parte da energia luminosa do núcleo devido aos modos de alta ordem tornarem-se não guiados.



Dispersão das fibras ópticas

- A dispersão é responsável pela limitação da largura de banda do sinal transmitido.
- No caso dos sinais digitais, a dispersão significa um alargamento temporal do pulso óptico, resultando na superposição de diversos pulsos do sinal
- Os modos que geram uma frente de onda de luz são separados quando essas viajam ao longo da fibra, ocasionando a chegada delas a outra extremidade, espalhadas em relação ao tempo



Dispersão

- A dispersão está relacionada com a distância percorrida pela luz na fibra
- Unidade: ns/km.nm ou ps/km.nm
- Numa transmissão digital, dificulta sua recepção pelo circuito receptor e sua posterior decodificação
- A dispersão em fibras ópticas pode ser classificada como **guia de onda**, **intermodal** e **intramodal**.
- A **dispersão de guia de onda** é provocada por variações nas dimensões do núcleo e variações no perfil de índice de refração ao longo da fibra óptica, e depende do comprimento de onda da luz, só percebida nas SMF

Dispersão Intermodal

- A **dispersão intermodal**, **multimodo** ou **modal** é resultado da geometria do guia de onda e das diferenças dos índices de refração que permitem à fibra propagar vários modos ou raios de luz.
- A **dispersão intermodal** somente se apresenta em fibras multimodo e pode ser entendida observando-se como vários modos (raios de luz) percorrem caminhos diferentes e chegam a um determinado ponto em tempos distintos.

Dispersão Intramodal

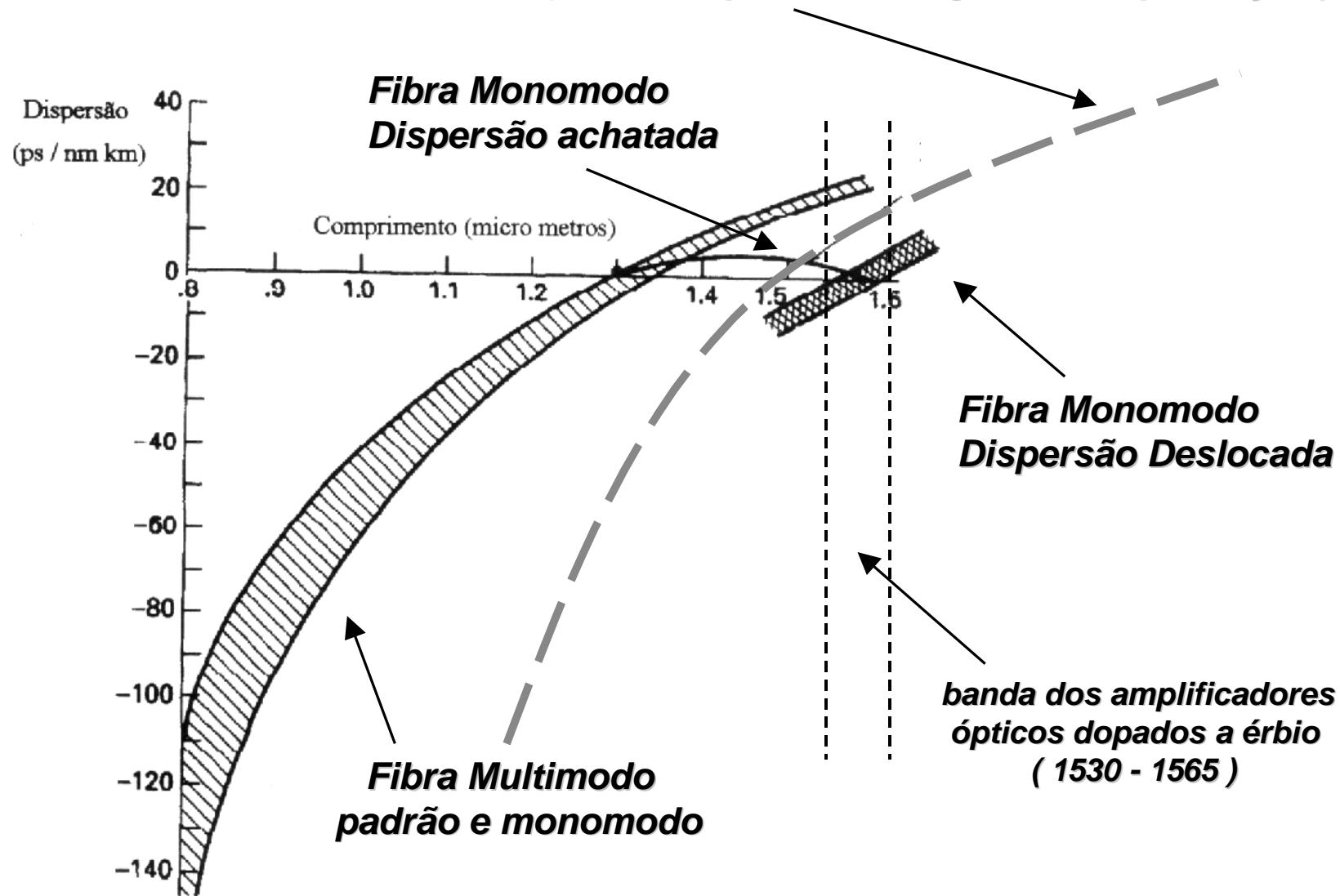
- A **dispersão intramodal, material ou cromática** está presente em todas as fibras, pois é decorrente da dependência do índice de refração do material da fibra com relação ao comprimento de onda
- Com uma fonte de luz monocromática, ou seja, uma única cor, não existe dispersão cromática
- Nesses casos, uma fonte de luz laser torna-se efetivamente melhor do que um LED convencional

Fibras SM

- **Fibra de dispersão achatada (dispersion-flattened fiber)**, que apresenta propriedades de baixa atenuação e dispersão na região de comprimento de onda entre 1.300 e 1.550 nm.
- As **fibras monomodo NZD (Non-Zero Dispersion)**, cuja dispersão na banda de comprimento de onda em que os amplificadores ópticos trabalham, apresentam valores mínimos e não zero.
- Essas características permitem maiores taxas de transmissão e um menor espaçamento entre canais de um sistema que opere com a tecnologia WDM

Dispersão

Fibra “NZD” (baixa dispersão na região de amplificação)



Fibras Monomodo Dispersão Deslocada (DSF - dispersion shifted fiber) –

- As fibras monomodo (padrão ITU G653), do tipo dispersão deslocada (dispersion shifted) têm concepção mais moderna com baixíssimas perdas e maior largura de banda
- Apresentam desvantagem quanto à fabricação, que exige técnicas avançadas e de difícil manuseio, com custo muito superior as fibras do tipo multimodo.
- As fibras DSF foram uma tentativa de fabricar fibras otimizadas para a 3^a janela (1550nm), com dispersão cromática zero em 1550nm
- Desenvolvida para atender aos sistemas DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)
- Porém os efeitos não lineares, como a geração de harmônicos (four-wave mixing), aumenta proibitivamente nas proximidades do ponto de dispersão zero.

Fibras Monomodo NZ-DSF (Non-Zero Dispersion Shifted Fiber)

- As fibras NZ-DSF (padrão ITU G655) são otimizadas para sistemas DWDM.
- A dispersão é baixa, porém não nula em 1550, e o pequeno valor controlado de dispersão resolve o problema dos efeitos não lineares da fibra DSF.

Fibras Monomodo Low Water Peak (sem pico d'água)

- A fibra Monomodo Low Water Peak (LWP - G.652D ITU-T) é o tipo de fibra onde os processos industriais de produção permitem a diminuição ou eliminação do efeito "pico d'água" (baixa concentração de íons hidroxila), permitindo que a faixa de 1400 nm seja utilizada para tráfego de sistemas ópticos.
- Isso otimiza o uso de equipamentos CWDM (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*), que atuam em toda a faixa (1310 nm até 1625 nm), compreendendo as bandas **O**, **E**, **C** e **L** do espectro de luz.

CWDM E DWDM

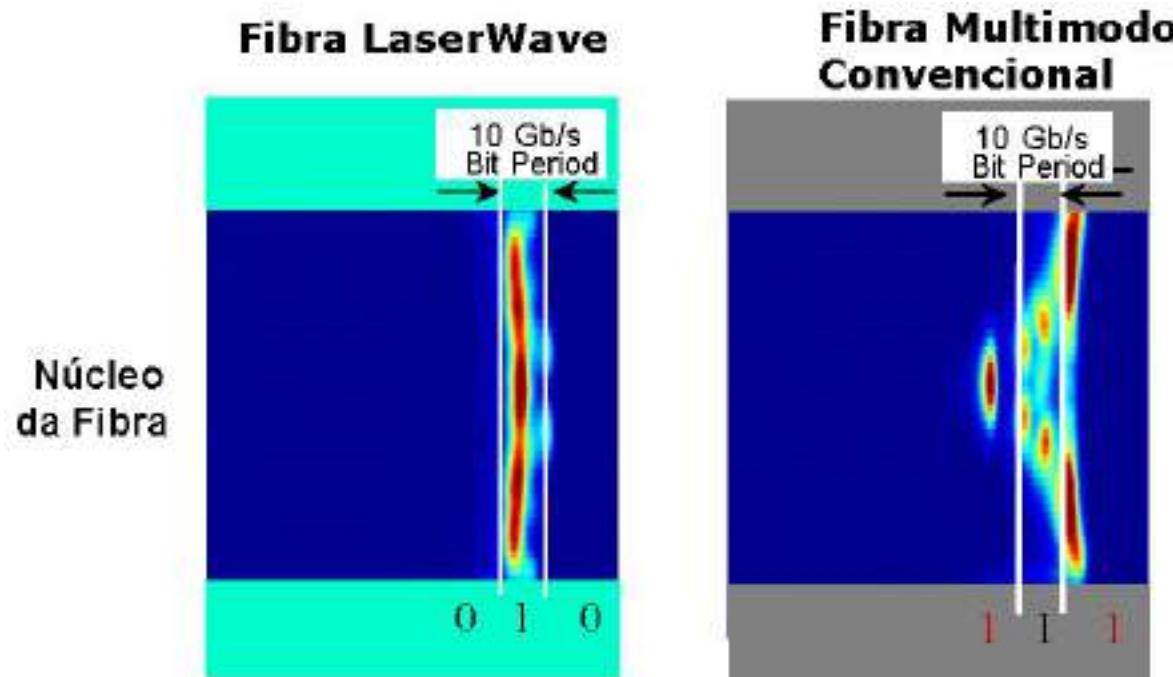
- A tecnologia CWDM apresenta um grande espaçamento entre canais, de 20 nm, no espectro que vai de 1.270 nm á 1.610 nm, permitindo atualmente, até 18 canais de transmissão.
- No DWDM (Multiplexação Densa por Divisão de Onda) estas fibras operam sobre toda a faixa de comprimentos de onda entre 1280 nm e 1625 nm aumentando a faixa operacional em mais de 50% sobre as fibras monomodo convencionais e permitem mais canais do que as fibras ópticas monomodo, convencionais chegando até 400 canais.

Fibras Multímodo para 10 Gigabit

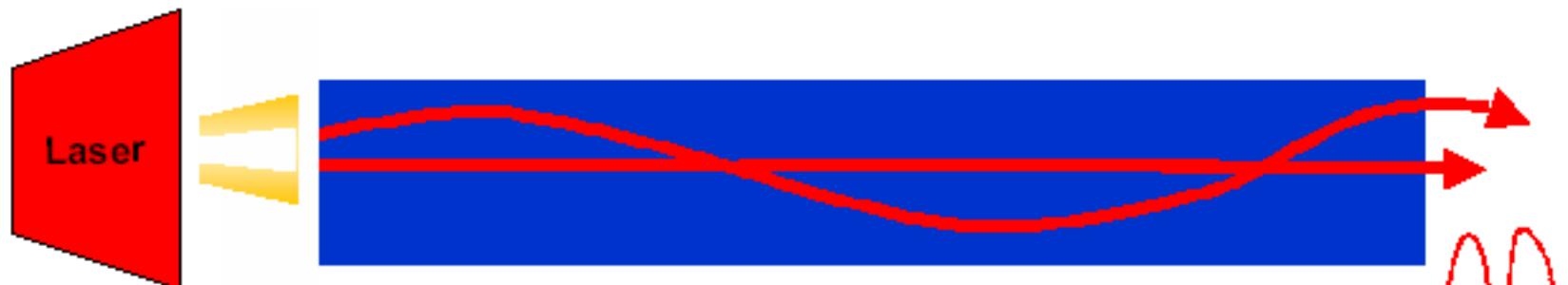
- Com a utilização de laser (VCSEL), a quantidade de modos ativados possibilitava uma dispersão muito significativa.
- **Restricted Mode Launch (RML)** ou **Differential Mode Delay (DMD)**.
- A especificação TIA FO 2.2.1 define a **Effective Modal Bandwidth (EMB)**, que representa a capacidade de transmissão do sistema levando em conta os atrasos dos modos (DMD) e as condições de transmissão (OFL ou não).
- MMF especiais foram otimizadas para minimizar os efeitos de DMD.
- São encontradas tanto para 1Gbps como para 10Gbps.

Fibras Multímodo para 10 Gigabit

- O DMD, que é a diferença do tempo de propagação da luz transmitida através dos diversos modos no núcleo da fibra óptica multimodo
- É o principal limitante para o uso de fibras convencionais (standard) para transmissões acima de 2,5Gbps, principalmente em sistemas a 10 Gigabit.



Fibras Multimodo para 10 Gigabit



DMD causa “Bit error” devido a diferença de velocidade nos dois modos transmitidos.



Baixo DMD devido aos vários modos de transmissão

Fibras Multimodo para 10 Gigabit

CLASSIFICAÇÃO ISO 11801	DIÂMETRO NÚCLEO (microns)	NOME COMERCIAL	JANELA (nm)	LARGURA DE BANDA MÍNIMA ⁽¹⁾ (MHz/km)		DISTÂNCIA MÁXIMA (m)		CANAL ETHERNET	
				OFL	EMB	1 Gb/s	10 Gb/s	1 Gb/s	10 Gb/s
OM1	62,5	MM 62,5/125 Standard	850	200	n.e.	275	33	1000BASE-SX	10GBASE-SR
			1300	500	n.e.	550	300	1000BASE-LX	10GBASE-LX4
OM1 +	62,5	Laser Optimized 62,5 XL	850	350	n.e.	500	66	1000BASE-SX	10GBASE-SR
			1300	500	n.e.	1000	300	1000BASE-LX	10GBASE-LX4
OM2	50	MM 50/125 Standard	850	500	n.e.	550	82	1000BASE-SX	10GBASE-SR
			1300	500	n.e.	550	300	1000BASE-LX	10GBASE-LX4
OM2 +	50	Laser Optimized 50 XL	850	550	n.e.	600	82	1000BASE-SX	10GBASE-SR
			1300	900	n.e.	2000	300	1000BASE-LX	10GBASE-LX4
	50	LaserWave G+	850	700	950	750	150	1000BASE-SX	10GBASE-SR
			1300	500	500	600	300	1000BASE-LX	10GBASE-LX4
OM3	50	LaserWave 300	850	1500	2000	970	320	1000BASE-SX	10GBASE-SR
			1300	500	500	600	300	1000BASE-LX	10GBASE-LX4
OM3 +	50	LaserWave 550	850	3500	4700	1040	550	1000BASE-SX	10GBASE-SR
			1300	500	500	600	300	1000BASE-LX	10GBASE-LX4
OS1	8 - 9	SM standard G.652.B / SM AllWave G.652.D	1310	>> 20 GHz		5 km	10 km	1000BASE-LX	10GBASE-LR
			1550	>> 20 GHz		70 km	40 km	1000BASE-LH70	10GBASE-ER

Fontes de Luz, Modulação e Multiplexação

Fontes de luz, modulação e multiplexação óptica

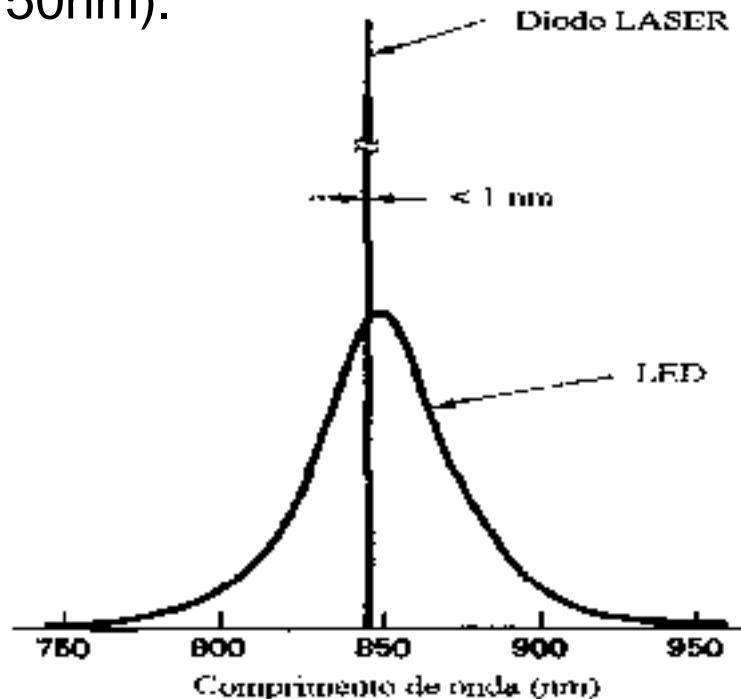
- Muitos dispositivos de conversão eletroóptico estão disponíveis no mercado para sistemas de comunicações por fibra óptica.
- Os diodos semicondutores modulados diretamente pela variação da corrente de entrada são os mais utilizados destacando:
 - **LED (Light Emitting Diode)**
 - **ILD (Injection Laser Diode)**
 - **VCSEL (Vertical Cavity Surface-Emitting Lasers).**

Parâmetros de Transmissão para Fontes Ópticas

- ***Comprimento de Onda Central (Center Wavelength)***
 - As fontes ópticas (LED, ILD e VCSEL) são fabricadas para emitirem luz num determinado comprimento de onda, chamado de comprimento de onda central, cujos valores nominais, utilizados em sistemas de telecomunicações são:
 - 850 nm
 - 1300 nm
 - 1310 nm
 - 1550 nm

Largura Espectral (Spectral Width)

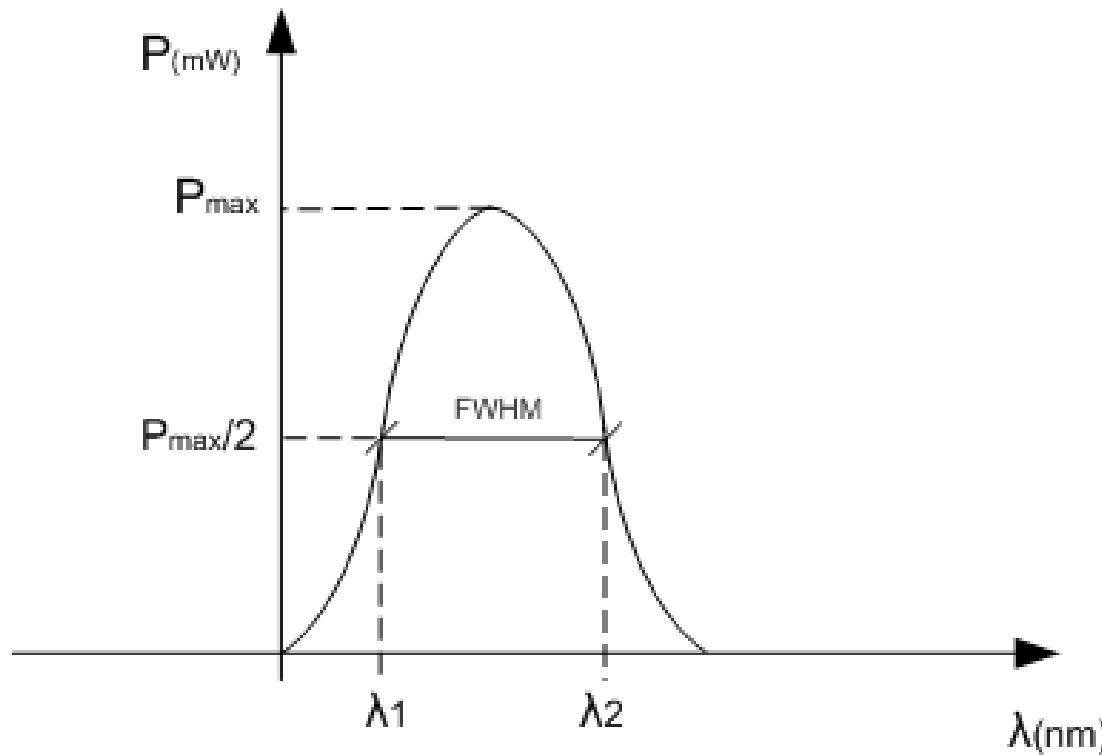
- A potência total emitida por um transmissor é distribuída por um conjunto de comprimentos de onda espalhado entorno do comprimento de onda central.
- Esta variação é chamada de largura espectral, sendo:
 - Lasers (1 a 6 nm)
 - LEDs (30 a 150nm).



Largura Espectral (Spectral Width)

- O valor da largura espectral é medido considerando os comprimentos de onda que possuem potência igual ou superior à metade do valor da potência máxima do sinal luminoso. Esta condição é denominada Full Width Half Maximum (FWHM).

Full Width Half Maximum



Potência Média (Average Power)

- É a potência media de transmissão da fonte, sendo medida em dBm ou mW.
- Cada fonte óptica tem um padrão de emissão que representa como a potência luminosa será distribuída sobre uma superfície (spot size)
- Assim, duas fontes com a mesma potência podem ter eficiência diferente conforme o meio de transmissão.

LED

- As fontes de luz mais comuns para os sistemas de comunicação por fibra óptica são os Light Emitting Diode (LED)
- O comprimento de onda central está na 1^a Janela, em 850 nm com largura espectral variando de 30 a 60 nm (FWHM) e, na 2^a Janela, em 1300nm com largura espectral variando de 30 a 150nm (FWHM).
- O LED pode ser modulado pela variação de corrente que os atravessa chegando a velocidade de modulação máxima de 200 MHz, limitando a taxas de transmissão em 622Mbps.
- Os LEDs são menos sensíveis ao calor e possuem uma vida útil maior do que os lasers e são encontrados com potência média variando de -10dBm (0,1mW) a -30dBm (0,001mW), emitindo raios de luz em um padrão de 120° a 180°, com um spot size superior a 100 µm.

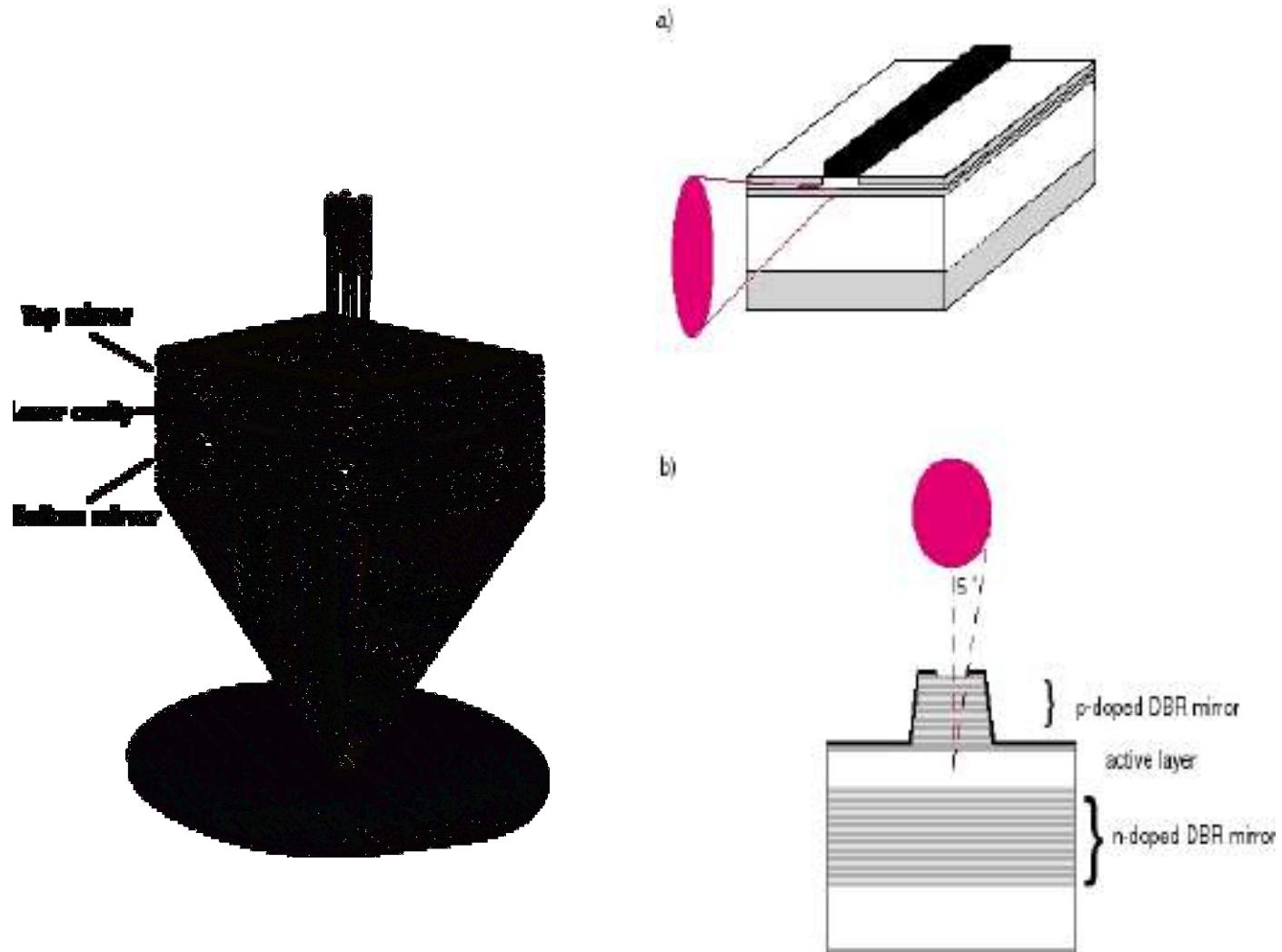
ILD

- O Injection Laser Diode (ILD) é um laser semicondutor, com emissão controlada através da corrente injetada..
- O comprimento de onda central está, na 2^a Janela, em 1300 nm e, na 3^a Janela, em 1550 nm, com largura espectral variando de 1 a 6nm (FWHM) em ambos os comprimentos de onda.
- O ILD pode ser modulado pela variação de corrente que o atravessa; chegando a velocidade de modulação máxima de 10GHz.
- São encontrados com potência média variando de +1 dBm (1 mW) a –3 dBm (0,5 mW) e emitem raios de luz em um padrão entre 10^o a 35^o, o que representa um spot size entre 8 a 10 μm.
- Os ILDs são sensíveis a temperaturas muito altas e param rapidamente a emissão quando sua temperatura interna aumenta.

VCSEL

- Os diodos LASERS chamados de **VCSEL (Vertical Cavity Surface-Emitting Lasers)**, apresentam como principais características a alta eficiência no acoplamento óptico, com feixes de saída circulares, baixo consumo de potência, altas taxas de modulação (5 GHz) e fabricação de baixo custo.
- O princípio de funcionamento de um VCSEL, baseia-se na utilização em seu processo de emissão de um “ressonador vertical” e o comprimento de onda central está, na 1^a Janela, em 850 nm e, na 2^a Janela, em 1300 nm, com largura espectral variando de 1 a 6 nm.
- O VCSEL pode ser modulado pela variação de corrente que os atravessa; chegando a velocidade de modulação máxima de 5 GHz
- São encontrados com potência média variando de +1 dBm (1mW) a –3 dBm (0,5 mW), com raios de luz em um spot size entre 20 a 30 μm .

VCSEL



Modulação

- As técnicas de modulação possibilitam a utilização de símbolos com características adaptadas ao meio físico escolhido para transportar a informação.
- Nos sistemas ópticos a modulação pode ocorrer internamente na fonte óptica (LED, VCSEL ou ILD), ou externamente, onde um laser de alta precisão gera o feixe óptico que será modulado por um segundo dispositivo.
- Na modulação interna, tanto a portadora analógica quanto a modulação de código de pulso, é feita pela variação da potência de saída. Neste caso a modulação mais utilizada é a **On OFF Keying (OOK)**, onde o bit “1” é representado pelo pulso luminoso no intervalo de bit e a ausência do mesmo representa o bit “0”. O intervalo de bit corresponde à velocidade de modulação.
- A modulação OOK pode utilizar diversas codificações de linha para melhor desempenho de transmissão sendo as modulações NRZ e RZ as mais utilizadas.

Multiplexação

- Conforme visto anteriormente (MF101), para sistemas de cabeamento metálico é possível aplicar técnicas de multiplexação FDM e TDM.
- Nos sistemas de comunicação por meio de fibras ópticas podemos encontrar multiplexação por FDM, TDM e WDM.

WDM **(Wavelength Division Multiplexing)**

- A **Multiplexação por Comprimento de Onda (WDM – Waveleght Division Multiplex)** é utilizada em sistemas de comunicação óptica
- Multiplexa comprimentos de onda (cores) em uma única fibra óptica.
- Fontes ópticas de alta precisão fornecem o tráfego de dados, em comprimentos de onda pré-determinados, que será multiplexado e transmitido pela fibra.



WDM

- Atualmente os limites de desempenho de equipamento comercialmente disponível alcançam 10 Gbps (STM-64 ou OC-192) para roteadores IP, e 40 Gbps (STM-256 ou OC-768) para comutadores SONET/SDH, em cada fibra.
- A transmissão nestas taxas, requer o tratamento adequado de dispersão cromática e de polarização, implicando na utilização de fibras especiais.
- A quantidade de comprimentos de onda utilizados depende do espaçamento entre eles dentro do espectro de transmissão.
- Este espaçamento pode ser dado em GHz ou em nm, e quanto menor o valor, maior será o número de canais possíveis.

ESPAÇAMENTO	
GHz	nm
3011	24,5
3000	20
200	1,6
100	0,8
50	0,4
25	0,2
12,5	0,1

WDM

- O primeiro sistema WDM desenvolvido utilizava dois canais, 1310 nm e 1550 nm, possibilitando a transmissão bidirecional numa mesma fibra.
- A versão de 4 canais foi denominada **WWDM (Wide Wavelength Division Multiplexing)**, possuindo um espaçamento de 24,5 nm. É utilizada em LAN, para possibilitar transmissões a 10 Gbps (10GBaseLX4/LW4) em fibras de 50/125 μm e 62,5/125 μm, que não possuem controle de DMD.
- A tecnologia **CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing)** apresenta um grande espaçamento entre canais, de 20 nm, no espectro que vai de 1.310 nm a 1.610 nm (Bandas ópticas O, E e C), permitindo atualmente, até 16 canais com capacidade de transmissão de 2,5 Gbps. Sua padronização segue a **Recomendação G.694.2: Spectral grids for WDM applications: CWDM wavelength grid, do ITU-T** e é utilizada na implementação de MAN e interconexão de SAN.

DWDM

- O **DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)** possui espaçamentos menores variando de 0,2 a 1,6 nm, chegando a 128 canais cobrindo as bandas ópticas S, C e L. Estes canais podem transportar sinais de 10Gbps (OC-192/STM64) e em alguns sistemas chega-se a 40Gbps.
- O ITU-T, em junho de 2002, editou a recomendação G. 694.1, que apresenta uma tabela de freqüências para aplicações DWDM, baseada na freqüência central de 193.1THz, com espaçamentos variando entre 12.5 GHz e 100 GHz entre canais;
- A sua principal aplicação está nas ligações ponto-a-ponto de longa distância, de alta capacidade, como ocorre nos grandes backbones nacionais e internacionais. Assim a utilização de amplificadores ópticos torna-se um fator importante no projeto do sistema DWDM.

U-DWDM

- O **U-DWDM (Ultra - Dense Wavelength Division Multiplexing)** é considerado como o próximo estágio nas comunicações ópticas.
- Esta tecnologia combina 128 ou 256 comprimentos de onda em uma única fibra óptica, sendo que cada comprimento de onda teria uma taxa de transmissão de 2.5 Gb/s, 10 Gb/s e até 40 Gb/s.
- No U-DWDM os canais estão espaçados de 10 GHz, o que corresponde a 0.08 nm.
- Em laboratório já foi possível a transmissão de 1022 comprimentos de onda em uma única fibra óptica, utilizando-se U-DWDM.

Técnicas de Multiplexação ou Demultiplexação da Luz

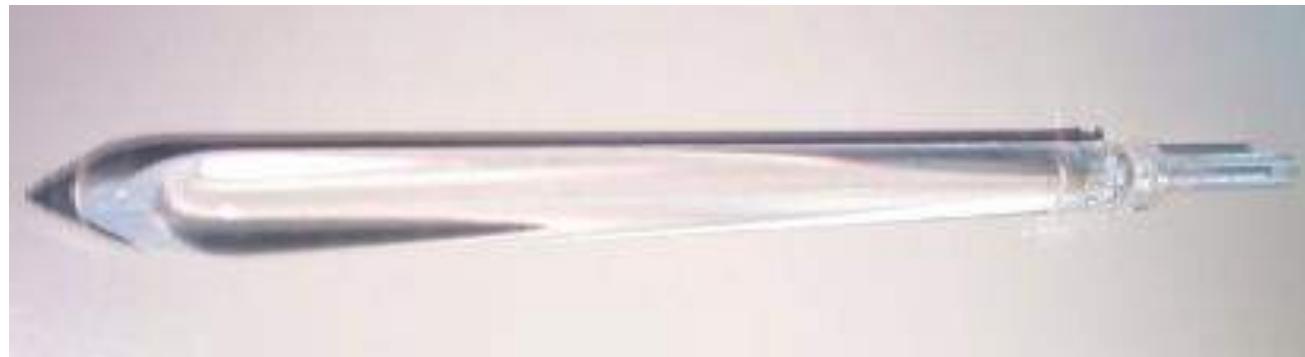
- A técnica mais simples de multiplexação ou demultiplexação da luz poderia ser realizada utilizando-se um prisma.
- Na multiplexação, os diversos comprimentos de onda (cores) passam por um prisma, que os convergirá para o interior da fibra e na demultiplexação, o feixe de luz policromática incide paralelamente na superfície do prisma, e cada comprimento de onda é refratado diferentemente.



Método de Fabricação de Fibras e Cabos Ópticos

Métodos de fabricação de fibras e cabos ópticos

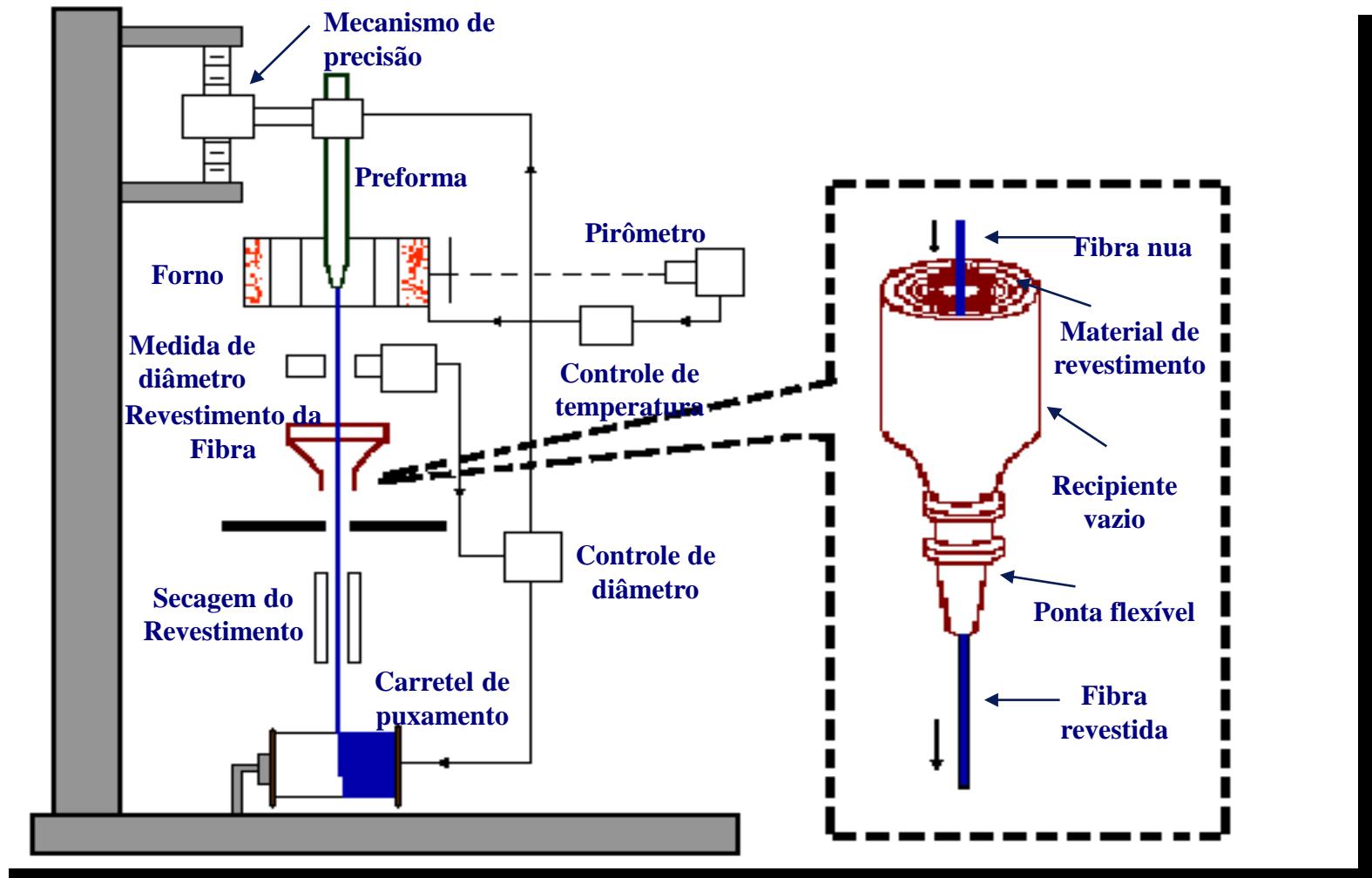
- O processo de fabricação de fibras ópticas de sílica (vidro) com dopantes consiste basicamente de duas etapas, na primeira etapa, é fabricado a **preforma**, que reflete a estrutura núcleo e casca, e numa segunda etapa a preforma é transformada em fibra óptica, por meio de um processo denominado de **puxamento em alta temperatura** (aproximadamente 2.000°C).



Métodos de fabricação de fibras e cabos ópticos

- As tecnologias de fabricação de preformas baseiam-se num processo de deposição de vapor químico (Chemical Vapor Deposition–CVD) interno ou externo, em que a sílica e os óxidos dopantes são sintetizados por oxidação em estado de vapor a alta temperatura.
- As técnicas de deposição de vapor químico podem ser :
 - OVD (Outside Vapor Deposition)
 - VAD (Vapor – phase Axial Deposition)
 - MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition)
 - PCVD (Plasma-activated Chemical Vapor Deposition)

Métodos de fabricação de fibras e cabos ópticos



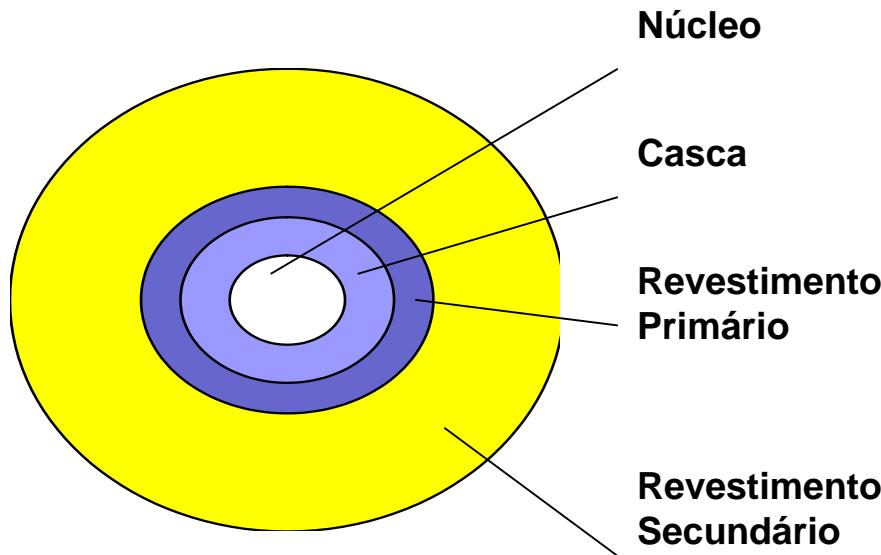
Tecnologias de construção para cabos ópticos

- A reunião de várias fibras ópticas revestidas de materiais que proporcionam resistências mecânicas e proteção contra intempéries denomina-se cabo óptico
- Em nenhuma aplicação as fibras ópticas podem ser utilizadas sem uma proteção adequada, ou seja, em todas as aplicações são utilizados os cabos ópticos.
- Os cabos ópticos podem ser classificados, de acordo com a sua construção, como tight, loose, groove e ribbon.

Cabos tipo – TIGHT

- Nos cabos ópticos do tipo *tight* as fibras ópticas recebem um revestimento primário de plástico e acima disto, outro revestimento de material plástico que irá proporcionar uma proteção maior para as fibras.
- Cada fibra óptica com revestimento primário é denominado de elemento óptico.
- Os elementos ópticos são reunidos em torno de um elemento de tração que, juntos recebem o revestimento final resultando no cabo óptico do tipo *tight*..

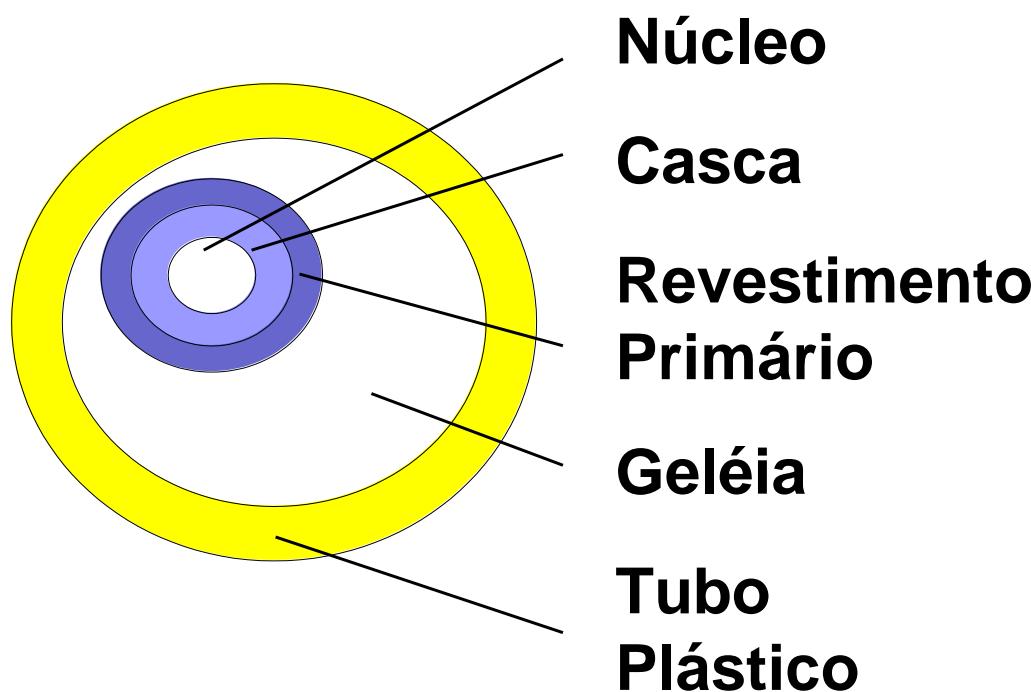
TIGHT



Cabos tipo loose

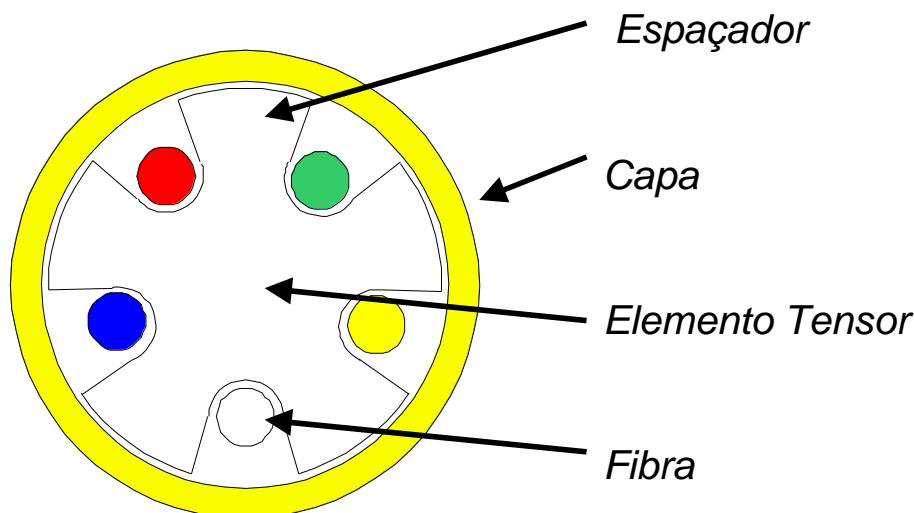
- Os cabos ópticos que possuem essa configuração apresentam as fibras ópticas soltas, acondicionadas no interior de um tubo plástico, que proporciona a primeira proteção às fibras ópticas.
- No interior desses tubos plásticos, geralmente se acrescenta uma “geléia” sintética a base de petróleo, que proporciona um melhor preenchimento do tubo e, principalmente, uma grande proteção das fibras ópticas contra a umidade e os choques mecânicos

LOOSE



Cabos tipo groove

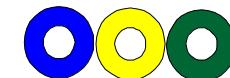
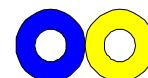
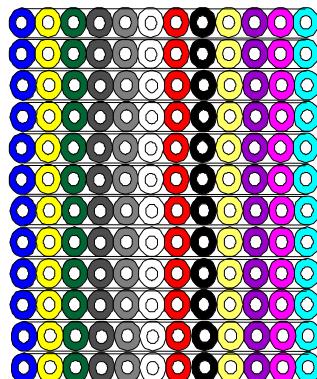
- Nesse tipo de configuração as fibras ópticas são depositadas soltas, nas ranhuras que possuem um formato em “V” de um corpo com estrutura estrelar que proporciona uma acomodação para elas. Geralmente, esse corpo estrelar apresenta um elemento tensor no seu centro, que proporciona uma resistência mecânica maior ao cabo. Esse cabo é utilizado em aplicações em que é necessário um número grande de fibras.



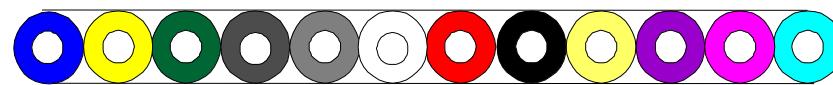
Cabos tipo ribbon

- Essa configuração é utilizada em aplicações em que é necessário um número muito grande de fibras ópticas (4.000 fibras). As fibras são envolvidas por uma camada plástica plana com formato de uma fita, e essas camadas são empilhadas, formando um bloco compacto. Esses blocos são alojados nas ranhuras das estruturas estrelares dos cabos do tipo groove. Logo, essa configuração é uma derivação do cabo tipo estrelado, combinado com as fitas de fibras. Essa configuração proporciona uma concentração muito grande de fibras ópticas.

Estrutura Ribbon



Fita de 6, 8, 12 o 16 fibras



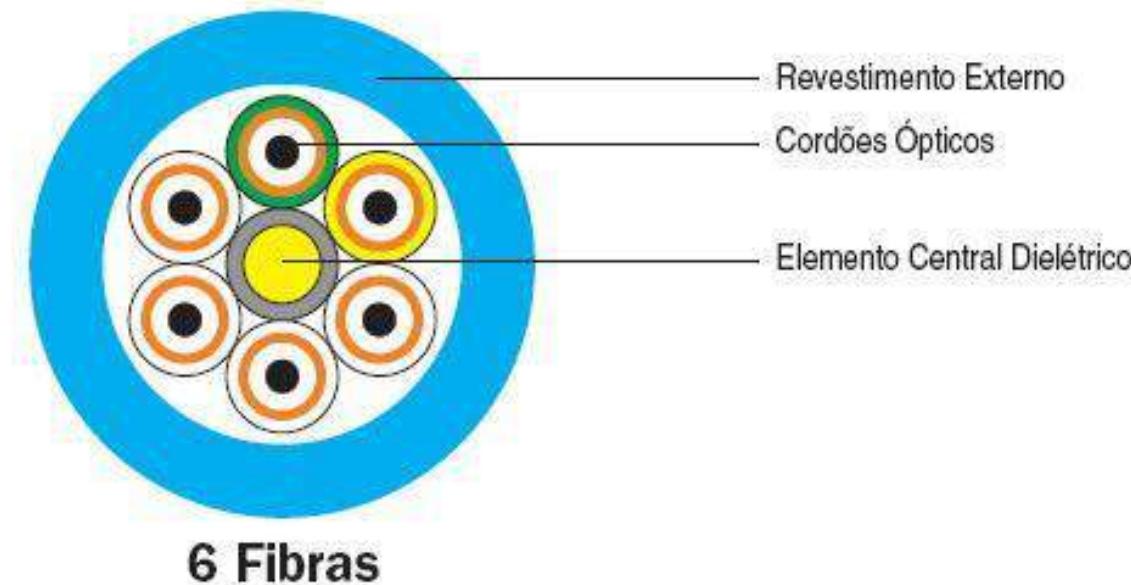
Componentes dos cabos ópticos

- Os cabos são montados sob um elemento central dielétrico que proporciona sustentação mecânica, estabilidade térmica e a base da forma cilíndrica do cabo.
- As fibras que serão utilizadas na montagem do cabo, podem ser do tipo Monofibra(MF) ou Unidade Básica (UB).
- Cordão óptico é uma fibra óptica, SM ou MM, que sobre o revestimento primário (acrilato) é colocado um revestimento secundário de material termoplástico tipo “tight”, com diâmetro nominal de 0,9mm, envoltas por elemento de tração não-metálico e sobre este uma capa de material termoplástico.

Componentes dos cabos ópticos

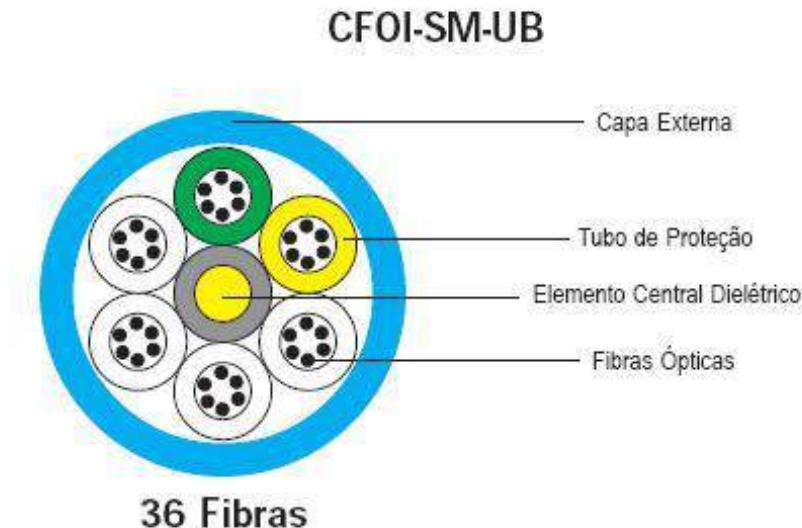
- O cabo formado por cordões recebe a denominação de monofibra (MF) e cada cordão deverá ser identificado com as cores da mesma maneira utilizada para as UB.

CFOI-SM-MF / CFOI-NZD-MF



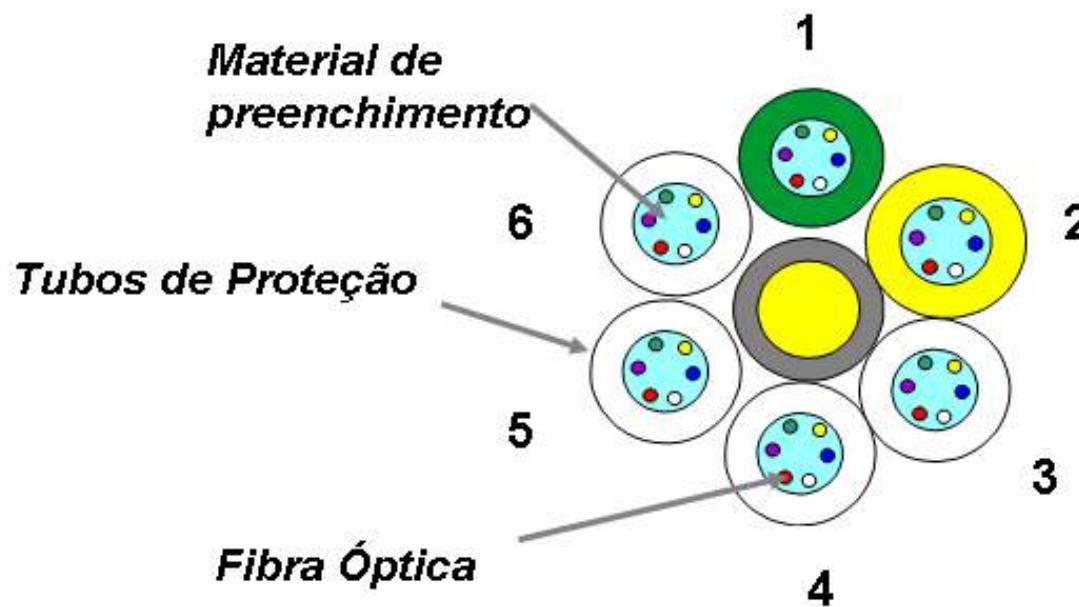
Componentes dos cabos ópticos

- A unidade básica é um tubo plástico tipo “loose”, que abriga fibras ópticas, SM ou MM, somente com revestimento primário.
- Pode ser preenchida com gel derivado de petróleo, que protege contra penetração da umidade e amortece esforços mecânicos, para aplicações externas ou secas para aplicações internas.



Componentes dos cabos ópticos

- As fibras na UB deverão ser pintadas nas cores da tabela 6. Já as unidades básicas serão identificadas da seguinte forma: uma de cor verde será chamada de piloto, outra na cor amarela será a direcional e as demais na cor branca. Então a verde é a UB 1 , a amarela a UB 2 e a branca adjacente à amarela a UB 3 e assim seqüencialmente.



Classificação de cabos ópticos em relação ao comportamento frente ao fogo

Classificação	Simbologia (NBR)	NEC (EUA)
Cabo de baixa emissão de fumaça livre de halogênio (óptico ou metálico)	LSZH	Não definido
Cabo óptico Plenum	COP	OFNP – Cabo óptico dielétrico Plenum
Cabo óptico Riser	COR	OFNR – Cabo óptico dielétrico Riser
Cabo óptico geral ou cabo óptico interno	COG	OFN – Cabo óptico dielétrico

Cabos Externos

- Nos cabos externos, as UB e elemento central são recobertos por uma camada de fibra de aramida, proporcionando resistência mecânica a tração e os espaços internos serão preenchidos com o gel.
- Sobre esta camada será aplicado o revestimento externo, que protege contra as condições ambientais externas, as quais o cabo será exposto, considerando as redes subterrânea ou aérea.

Rede Externa Subterrânea

- Os cabos ópticos para rede subterrânea externa possuem a seguinte classificação:
- **Quanto à aplicação:**
- **DD** - Dielétrico para instalação em Dutos
- **DE** – Dielétrico para instalações diretamente Enterradas
- **DPE** – Dielétrico e Protegido para instalações diretamente Enterradas
- **ARD** – protegido com ARmadura em fita de aço corrugado para instalação em Dutos
- **ARE** - protegido com ARmadura em fita de aço corrugado para instalações diretamente Enterradas
- **DER** – Dielétrico e proteção contra Roedores para instalações diretamente Enterradas
- **DDR** - Dielétrico e proteção contra Roedores para instalação em Dutos

Rede Externa Subterrânea

- **Quanto ao tipo de proteção a umidade:**
- **G** – núcleo geleado
- **S** – núcleo seco, neste caso utilizam materiais hidro expansíveis
- Nos cabos DER possuímos dois tipos especiais de proteção dielétricas:
- **PPU** – camada protetora formada por elementos pultrudados que protege do ataque de roedores, formigas e cupins
- **PFV** – camada protetora formada de fibra de vidro

Nomenclatura dos cabos ópticos subterrâneos:

- **CFOA X Y W Z (K)** , onde
- **CFOA** – Cabo de Fibra Óptica com revestimento em Acrilato
- X é o tipo da fibra MM,SM ou NZD
- Y é a classificação quanto à aplicação
- W é o tipo de proteção a umidade
- Z é a quantidade de fibras
- (K) é o revestimento dielétrico especial

REDE EXTERNA AÉREA

- Os cabos da rede externa aérea são caracterizados pela sua capacidade de ser auto suportados, utilizando uma ferragem adequada, e dispensando a guia de aço, porém, também necessitam de proteção contra umidade.



Nomenclatura dos cabos ópticos aéreos

- CFOA X ASY W Z, onde
- CFOA – Cabo de Fibra Óptica com revestimento em Acrilato
- X é o tipo da fibra MM,SM ou NZD
- AS é Auto Sustentado e Y é o vão 80,120 ou 200 m
- W é o tipo de proteção a umidade
- Z é a quantidade de fibras

Nomenclatura dos cabos ópticos aéreos

CFOA X ASY RA G Z

- CFOA – Cabo de Fibra Óptica com revestimento em Acrilato
- X é o tipo da fibra MM,SM ou NZD
- AS é Auto Sustentado e Y é o vão 80,120 ou 200 m
- RA é rede assinante
- Geleado
- Z é a quantidade de fibras

Nomenclatura dos cabos ópticos aéreos

CFOA X LVY W Z K

- CFOA – Cabo de Fibra Óptica com revestimento em Acrilato
- X é o tipo da fibra MM,SM ou NZD
- LV é Longos Vãos e Y é o vão 300,400 ou 500 m
- W é o tipo de proteção a umidade
- Z é a quantidade de fibras
- K tipo de revestimento RT- Resistente ao Trilhamento, RC- Retardante a Chama

Cabos Aéreos Especiais

- Os cabos **aéreos auto-sustentados** desenvolvidos para linhas de transmissão de energia elétrica de até 500 KV e grandes distâncias entre as torres
- Neste tipo de instalação como o campo magnético é altíssimo, a capa plástica do cabo pode ser corroída, reduzindo sua resistência mecânica. Os cabos da Furukawa, possuem revestimento externo especial que resiste a estes campos elevados.
- Atualmente já existem cabos projetados e instalados em redes de 230 KV, com vãos entre postes de até 1100 metros.

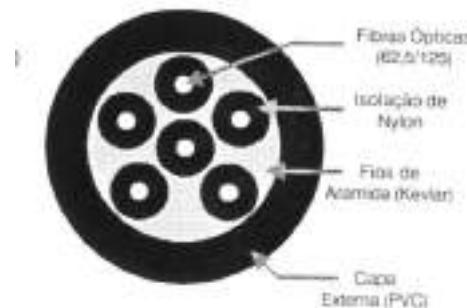
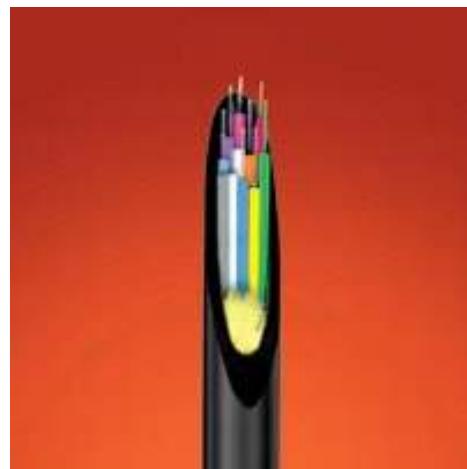


Detalhe do efeito “tracking” em cabos próximos a elevados campos magnéticos

CABOS ÓPTICOS PARA LANS

- A **Furukawa** desenvolveu um sistema de cabeamento óptico totalmente compatível com as normas EIA/TIA, atendendo às exigências do mercado.
- O Sistema de Cabeamento FCS (Furukawa Cabling System) abrange uma linha de produtos destinados à instalação de redes de dados locais (LAN), em que esses produtos possuem qualidade assegurada em testes e certificações UL (*Underwriters Laboratories*), CSA (*Canadian Standards Association*) e Certificação ISO 9000 (*DNV - Det Norske Veritas*).

Cabo Fiber-Lan indoor/ outdoor



Sua nomenclatura é CFOT-(SM ou MM)-EO-nn(número de fibras)

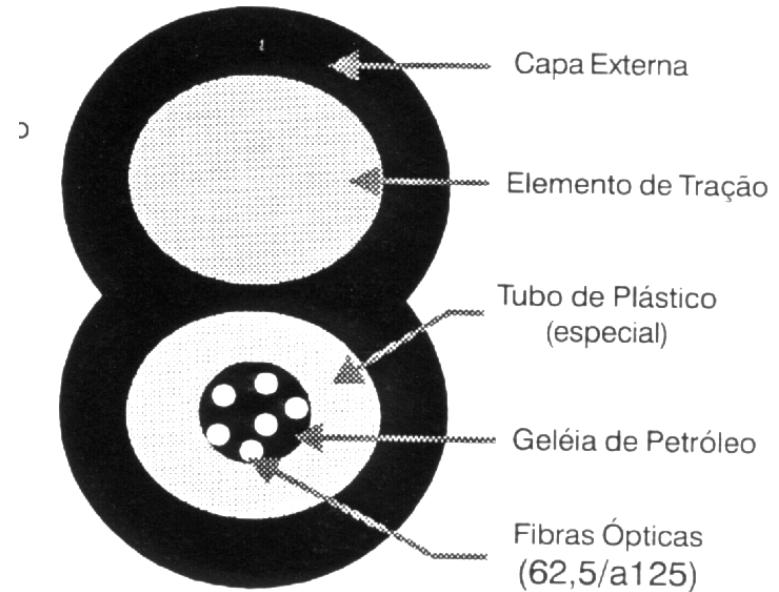
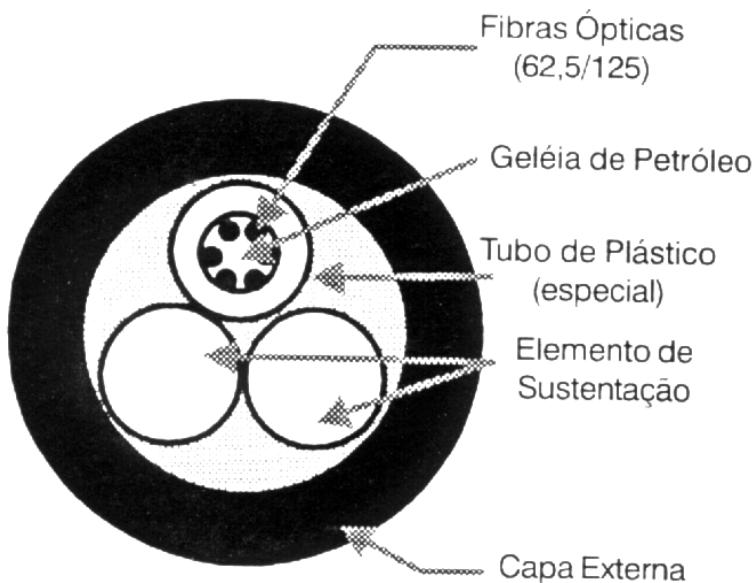
Cabo Fiber-Lan AR indoor/ outdoor



Sua nomenclatura é CFOT-(SM ou MM)-EO-nn(número de fibras)AR.

CABOS ÓPTICOS PARA LANS

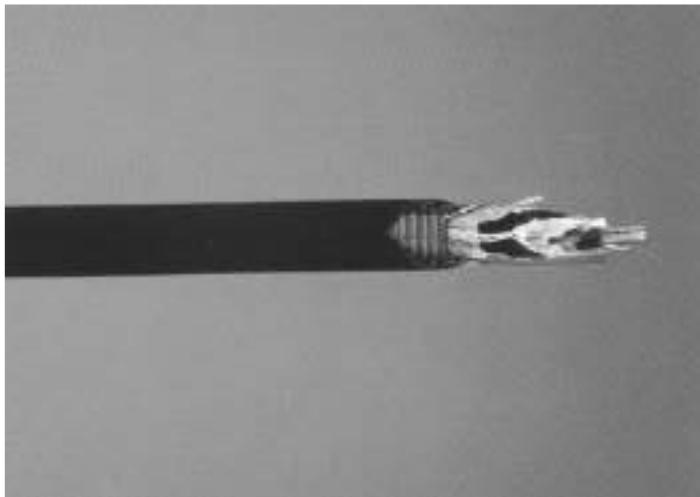
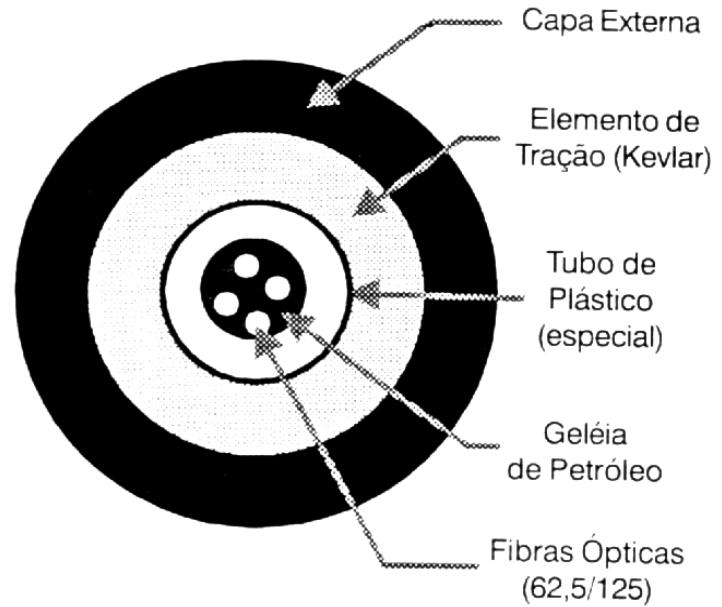
Cabo Fis-Optic-DG



Cabo Fis-Optic-AS

CABOS ÓPTICOS PARA LANS

Cabo Optic-Lan



Cabo Fis Optic-AR

Solução FTTx

FTTX

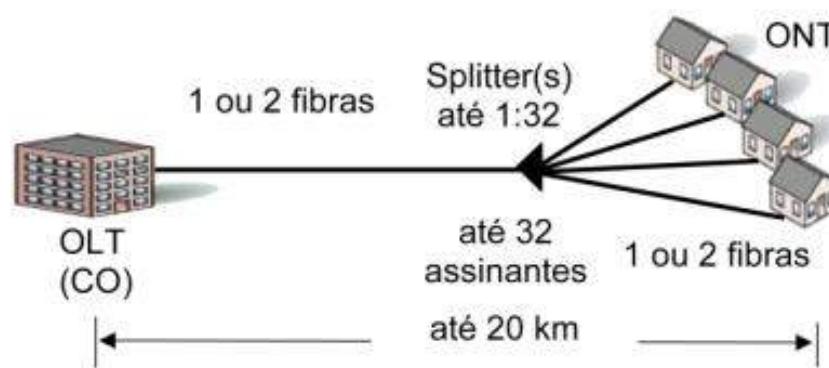
- A Internet foi o precursor de uma nova era, mostrando a integração de diversas mídias para levar conhecimento, diversão e comunicação entre as pessoas.
- O desenvolvimento das tecnologias de transmissão deste conteúdo tornou-se voraz por largura de banda.
- Mundialmente, os primeiros anos do século 21 têm testemunhado a integração de provedores de Telefonia, TV a cabo e serviços de Internet. Este fenômeno tem sido possível devido a integração da tecnologia IP (Protocolo Internet) e as fibras ópticas.
- Tecnologias tais como voz sobre IP (VoIP), televisão IP (IPTV), navegação em banda larga, videoconferência e home-office tornam-se cada vez mais usuais

FTTX

- A solução **FTTx (Fiber To The x)** é um termo genérico para designar arquiteturas de redes de alto desempenho, baseadas na transmissão em fibras ópticas, onde o termo **x** representa o ponto final da fibra.
- Os principais modelos de arquiteturas atualmente aplicadas, definem onde o terminal de recepção óptico é implementado. São eles:
 - **FTTB – Fiber-To-The-Building**
 - **FTTA – Fiber-To-The-Apartment**
 - **FTTH – Fiber-To-The-Home**

Passive Optical Network

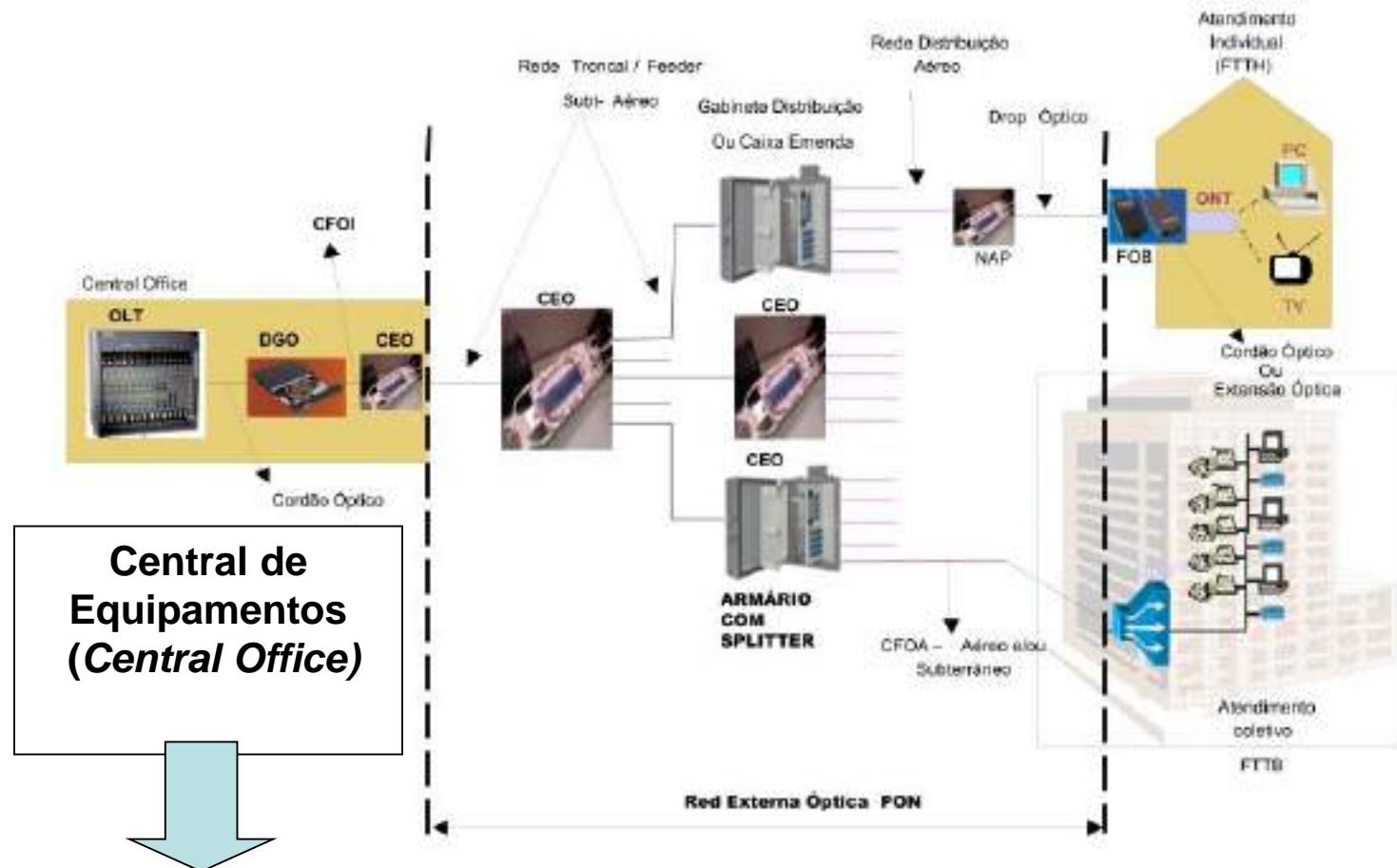
- A rede óptica passiva (**PON - Passive Optical Network**) é uma topologia de rede que compartilha os sinais transmitidos em uma fibra entre duas ou mais, utilizando um divisor óptico (optical splitter), que é um dispositivo passivo.
- Um equipamento principal chamado de **OLT (Optical Line Terminal)** é o centro desta arquitetura ponto-multiponto e nas pontas a **ONU (Optical Network Unit)** ou **ONT (Optical Network Terminal)** faz a interface com o usuário final.



B-PON

- O ITU-T, através da sua Recomendação G.983 (1998), define B-PON (Broadband-PON), que é uma rede de acesso de telecomunicações baseada na topologia PON
- Inicialmente utilizava o protocolo ATM (155 e 622Mbps) e depois passou a suportar a tecnologia WDM.
- Em 2003, a Recomendação G.984, definiu a G-PON (Gigabit-PON), evolução da B-PON, que permitia taxas de transmissão de 1,2 e 2,4 Gbps e possibilitou o encapsulamento de outros protocolos como IEEE 802.3ah (Ethernet in the First Mile)
- Neste caso pode ser chamada de GE-PON (Gigabit Ethernet PON).

Passive Optical Network



- É o local onde ficam instalados os equipamentos ópticos de transmissão (OLTs) e o Distribuidor Geral Óptico (DGO) responsável pela interface entre os equipamentos de transmissão e os cabos ópticos troncais de transmissão.

OLT

- O OLT (Optical Line Terminal) é um equipamento que recebe os sinais de dados e voz, dos provedores de serviço, para retransmissão no formato óptico, e gerencia o tráfego de upstream e downstream através das fibras, antes e depois dos divisores.
- Nos casos onde existe transmissão de sinais de vídeo, encontramos multiplexadores WDM e amplificadores ópticos. Nestes sistemas, os multiplexadores se encarregam da transmissão dos 3 comprimentos de onda para vídeo, downstream e upstream em uma única fibra.

Exemplo de equipamentos ópticos para FTTx



OLT



Chassis com módulos WDM



Módulo WDM

DGO

O DGO deverá acomodar todas as fibras ópticas que entram e saem da CO (Central Office), podendo ser montado em DIOs de alta densidade.



DIO de alta-densidade



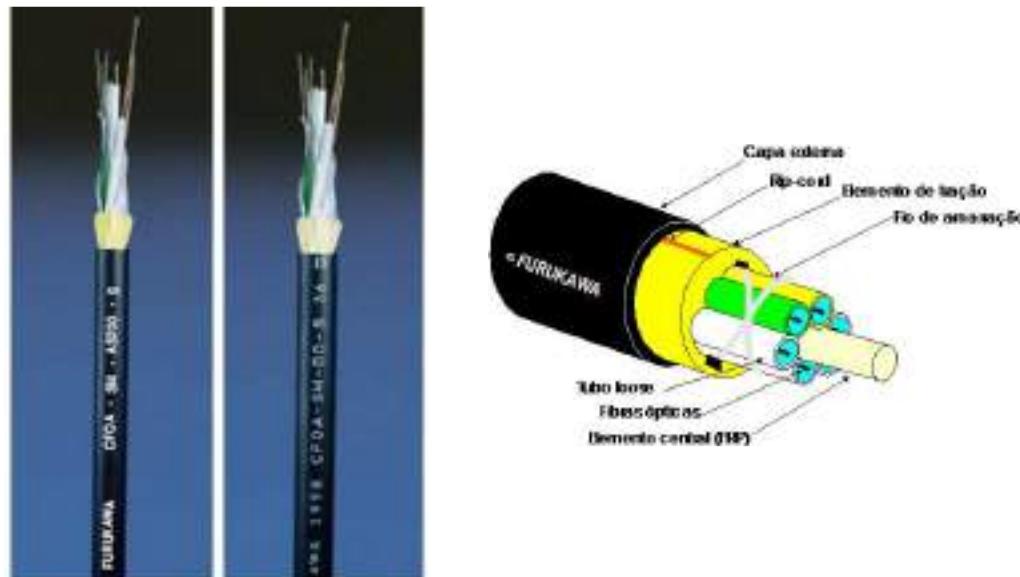
DIO de 24 posições



DIO de parede

Rede Óptica (Troncal/Feeder)

- Composta basicamente por cabos ópticos que levam o sinal da central aos centros de distribuição.
- Estes cabos ópticos podem ser de aplicação em dutos subterrâneos ou de instalação aérea espinados em cordoalha ou auto-sustentados.
- Para aplicação PON as fibras são do tipo monomodo, seguindo as normas ITU-TG.652.B ou monomodo Low Water Peak (LWP - G.652.D ITU-T).



Pontos de Distribuição de Fibras

- Redes PON geralmente se apresentam na topologia Estrela-Distribuída.
- Os pontos de distribuição fazem a divisão do sinal óptico em áreas mais distantes da central, reduzindo o número de fibras ópticas para atendimento, e instalados em pequenos armários ópticos de distribuição associados à splitters ópticos.
- No ponto de distribuição são realizados a divisão, distribuição e gerenciamento do sinal óptico associados a esta área. Estes armários podem ser substituídos por caixas de emenda associados à splitters ópticos para uso específico em caixas de emenda.

Pontos de Distribuição de Fibras

- Os divisores ópticos (splitters) necessitam de banda passante máxima (full spectrum 1260~1650 nm), reduzidas perdas de inserção, excelente estabilidade térmica e uniformidade.
- São fornecidos nas razões de 1x2, 1x4, 1x8, 1x16 e 1x32, para o correto dimensionamento de potência
- Os divisores ópticos podem ser para instalação em chassis, em armário óptico ou com estrutura mecânica robusta para fixação e com as fibras ópticas protegidas, possibilitando sua instalação em caixas de emenda padrão, confeccionados com tecnologia para pequenos raios de curvatura e aprimorados para aplicação outdoor.



Armários Gerenciadores

- Para projetos de média e alta concentração de acessos, são utilizados armários gerenciadores de fibra, em estações remotas passivas para a melhor distribuição da rede óptica.
- Os armários gerenciadores de fibras possibilitam um melhor projeto e segmentação da rede de equipamentos PON e permitem a instalação de splitters modulares (1x32) e filtros WDM. Os armários podem ser instalados indoor ou outdoor em poste, pedestal ou parede.

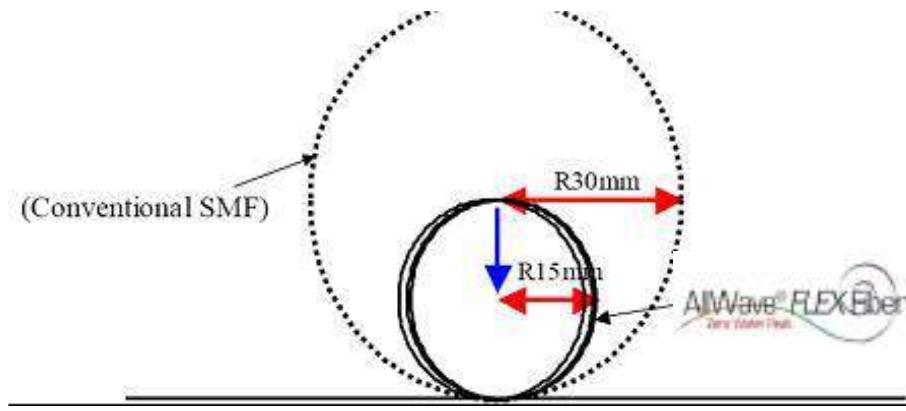


Rede Óptica Distribuição

- É formada por cabos ópticos, que interligam os centros de distribuição às áreas específicas de atendimento.
- Estes cabos geralmente são do tipo auto-sustentado com núcleo seco para facilidade de instalação.
- Associados a estes cabos são utilizadas caixas de emenda, também denominadas NAP (Network Access Point), alocadas para a distribuição do sinal, realizando a transição da rede óptica feeder à rede terminal denominada de rede drop.

Rede Óptica Drop

- É composta por cabos ópticos auto-sustentados, com número de fibras reduzido, lançados a partir da caixa de emenda terminal (NAP), levando o sinal óptico até o assinante.
- O elemento de sustentação geralmente é utilizado para realizar a ancoragem do cabo na casa ou prédio do assinante e podem terminar em pequenos DIOs ou em bloqueios ópticos.
- Devido às grandes restrições de espaço e utilização de dutos já existentes, devem ser utilizadas fibras ópticas, que atendam os requisitos da norma ITU-T G.657.A – Fiber Bending Insensitive.

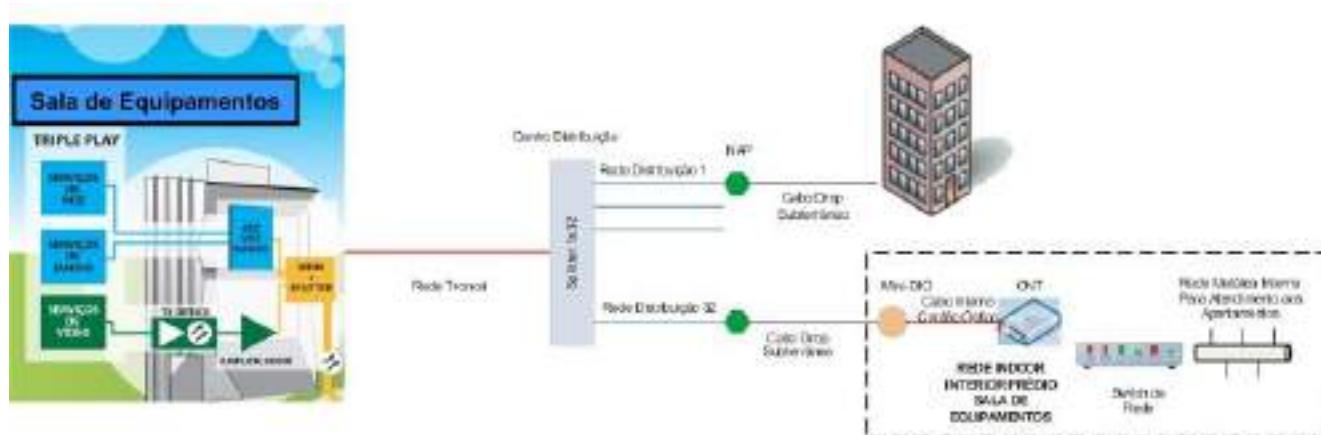


Rede Interna

- A rede interna inicia a partir do bloqueio óptico (FOB) ou do distribuidor interno óptico (DIO), onde são utilizadas extensões ou cordões ópticos para realizar a transição do sinal óptico da fibra ao receptor interno do assinante.
- Pelas mesmas razões de restrição de espaço e utilização de dutos existentes internamente à casa do assinante, as extensões e cordões ópticos, são confeccionados com fibra óptica especial, que atende os requisitos da norma ITU-T G.657.A – Fiber Bending Insensitive.

Solução FTTB (Fiber-To-The-Building)

- A solução FTTB é uma arquitetura de rede de transmissão óptica, onde a rede drop finaliza na entrada de um edifício (Comercial ou Residencial). Em prédios que possuem infra-estrutura de cabeamento estruturado, a fibra chegaria na Sala de Entrada (EF) e através de uma fibra de uso interno seguiria para Sala de Equipamentos (ER) do prédio.
- Da ER até as Salas de Telecomunicações (TR) o sinal poderá seguir via cabeamento metálico ou óptico, e para o cabeamento horizontal, o acesso interno aos usuários é realizado através da rede metálica.



Solução FTTA : Fiber-To-The-Apartment

- A solução FTTA é uma arquitetura de rede de transmissão óptica, onde a rede drop adentra o edifício (Comercial ou Residencial) chegando a uma sala de equipamentos. A partir desta sala, o sinal óptico pode sofrer uma divisão através do uso de splitters ópticos, sendo posteriormente encaminhado individualmente a cada apartamento ou escritório.
- Outras alternativas de divisão interna ao prédio podem ser implementadas, mas sempre cada apartamento ou escritório será atendimento por uma única e exclusiva fibra óptica, ou seja, o ponto terminal de acesso interno aos usuários é levado para dentro do apartamento ou escritório.



Instalação de Cabos Ópticos

Instalação de cabos ópticos

- A instalação de cabos ópticos é mais crítica que a instalação de cabos UTP, pois existe um risco muito grande de provocar danos às fibras ópticas pela fragilidade delas.
- Antes de qualquer instalação, faz-se necessário analisar a infra-estrutura existente, pois não há possibilidade de realizar uma boa instalação sem que a infra-estrutura seja adequada.

Segurança do Trabalho

- Durante as atividades de instalação, a segurança da equipe de trabalho é de extrema importância e cada atividade possui riscos característicos que determinam os equipamentos de proteção a serem utilizados.
- É importante relembrar os conceitos vistos anteriormente, que servem para fibras ópticas também.

Cuidados com cabos ópticos

- Antes de desenrolar as bobinas com os cabos ópticos, verificar visualmente e com equipamentos (OTDR, Power Meter), sua continuidade
- As bobinas com os cabos ópticos devem ser descarregados e desenrolados, obedecendo-se às recomendações do fabricante.
- Os cabos ópticos deverão ser tracionados em cabos-guia, camisas de puxamento e destorcedores, com monitoração de dinamômetro, evitando excesso de carga de tração
- Prenda a camisa de puxamento diretamente nos elementos de tração, fibras pultrudadas ou fibras de aramida.
- As extremidades dos cabos ópticos devem ser protegidas para não haver penetração de ar e/ou umidade
- O cabo não poderá ser submetido a torções e estrangulamentos.

Cuidados com cabos ópticos

- O raio de curvatura mínimo durante a instalação é de 40 vezes o diâmetro do cabo e 20 vezes, na ocasião da acomodação.
- Os cabos ópticos não devem ser estrangulados, torcidos, prensados ou pisados.
- Depois de instalado o cabo não deve ser deixado sob qualquer tração exceto aquela devido ao próprio peso.
- **Não de solavancos no cabo durante a instalação**
- O lançamento do cabo óptico fora da bobina deverá ser disposto em forma de 8, considerando-se o raio de curvatura do cabo
- **Todos os cabos ópticos deverão ser identificados com materiais resistentes ao lançamento, para poderem ser reconhecidos e instalados em seus respectivos pontos.**
- Não utilizar produtos químicos como vaselina, sabão, detergentes, etc., para facilitar o lançamento dos cabos ópticos no interior dos eletrodutos, pois esses produtos podem deteriorar a capa de proteção dos cabos, reduzindo-lhes a vida útil.
- O ideal é que a infra-estrutura esteja dimensionada adequadamente para não haver necessidade de utilizar produtos químicos ou, então, provocar tracionamentos excessivos aos cabos ópticos.
- Evite reutilizar cabos ópticos de outras instalações

Cuidados com cabos ópticos

- Os cabos ópticos não devem ser lançados em infra-estruturas que apresentem arestas vivas ou rebarbas, tais que possam provocar-lhes danos.
- A temperatura máxima de operação permitida ao cabo é de 60°C.
- Para operação em temperaturas superiores, existem cabos especiais
- Evite instalar os cabos ópticos na mesma infra-estrutura com cabos de energia e/ou aterramento, tendo em vista a proteção mecânica dos mesmos
- Os cabos ópticos devem ser decapados somente o necessário, isto é, somente nos pontos de terminação e de emenda.

Cuidados com cabos ópticos

- Nas caixas de passagem, uma volta de cabo óptico contornando as laterais da caixa de passagem, para ser utilizado com uma folga estratégica para uma eventual manutenção do cabo óptico.
- Nos pontos de emendas, deverão ser deixados, no mínimo, 3 metros de cabo em cada extremidade, para haver folga suficiente para as emendas ópticas.
- As folgas dos cabos devem ser acomodadas convenientemente e mantidas fixas com abraçadeiras plásticas ou com cordões encerados.

Instalação de cabos internos

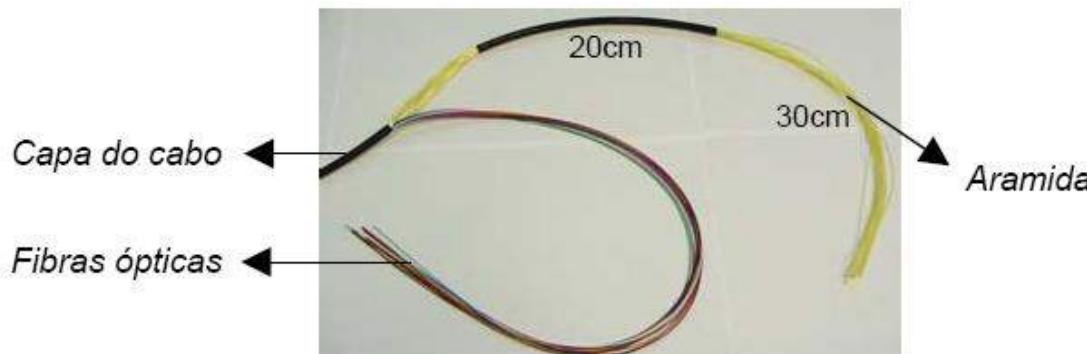
- Alguns cabos ópticos de uso interno podem ser utilizados externamente, de acordo com o fabricante, como por exemplo o Fiber Lan indoor/outdoor. Entre as características comuns, encontramos a classificação de flamabilidade da capa externa e fabricação tipo “tight”.
- A instalação destes cabos é feita nos caminhos internos constituídos por eletrocalhas, eletrodutos, leitos, sleeves e slots. Devendo ser observadas as taxas de ocupação e recomendações da norma TIA/EIA569B, vista no módulo MF-103.
- No cabeamento de backbone, devido ao peso do próprio cabo, devemos observar:
- Ao instalar um backbone de fibra óptica na vertical, a carga de tração é reduzida começando no topo e passando o cabo para baixo. A carga de tração deve ser considerada ao determinar o raio de curvatura mínimo no topo da via vertical.
- Os cabos do backbone instalado devem ser suportados na parte superior da via e pelo menos a cada três andares, porém, recomenda-se sustentar o cabo a cada andar. Os mecanismos de suporte e sustentação devem segurar o cabo e nunca esmagá-lo.

Instalação de cabos internos

- Para que o cabo possa atender a todos os requisitos para os quais foi projetado, e garantir o funcionamento correto durante a instalação, o cabo não deve ser puxado somente pela capa, devendo ser formado um laço com as fibras de aramida. Para construir o laço de puxamento, deveremos seguir os seguintes passos:
- 1 – Medir 30cm a partir da ponta do cabo e fazer um corte ao redor da capa do cabo FIBER-LAN (cortar apenas a capa) para removê-la.



- 2 – Cortar mais 20 cm da capa sem cortar as aramidas (elemento de tração na cor amarela), e sem retirar do cabo. Deixe um pequeno espaço para a retirada da fibra óptica separando-a da aramida, conforme figura abaixo, pois a fibra óptica não será utilizada para compor o laço.



Instalação de cabos internos

- 3 - As fibras ópticas separadas devem ser cortadas e a aramida deve ser mantida. Aproxime até ponta do cabo, os 20cm de capa que restaram junto com a aramida e dobre para formar o laço. Fixe a base do laço com fita isolante e separe a aramida restante em dois feixes iguais para a formação do laço, conforme figura abaixo.



- 4- Faça uma trança ao redor da capa do cabo conduzindo um feixe de aramida sobre o outro, e no final da trança, aplique fita isolante circularmente sobre a trança. Mantenha espaços não preenchidos, para que a fita isolante tenha aderência na capa do cabo.

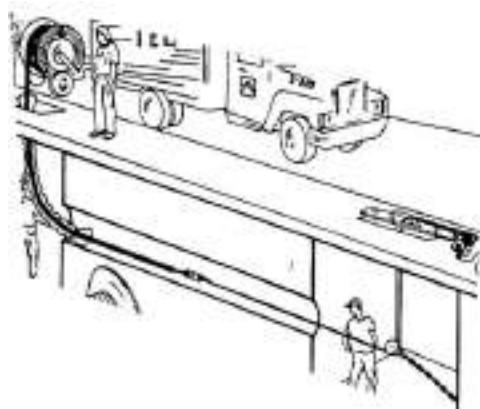


Instalação subterrânea

- As instalações subterrâneas podem ser executadas:
 - ***manualmente***
 - ***com auxílio de guinchos de puxamento***
 - ***técnica de sopro.***
- Antes de iniciar-se o lançamento dos cabos ópticos, convém vistoriar as tubulações e caixas de passagem que fazem parte da rota de lançamento e, se for o caso, tomar providências para desobstruí-las.
- No lançamento com o auxílio de guinchos mecânicos, faz-se necessária a utilização de equipamentos de monitoração de tensão de tracionamento do cabo

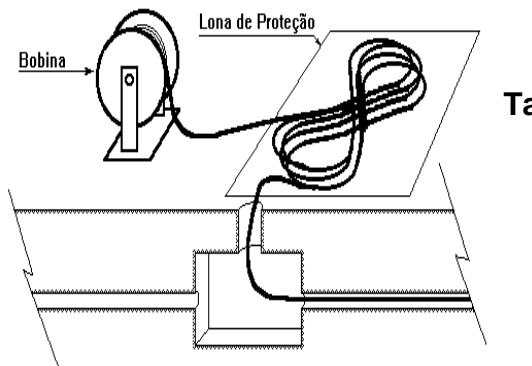
Recomendações para lançamento subterrâneo manual ou com guincho.

- Na bobina devem permanecer duas pessoas, uma para controlar o desenrolamento do cabo e a outra guiando a entrada dele no duto, sem, contudo, empurrar o cabo.
- Em cada caixa de passagem, deve permanecer sempre uma pessoa para puxar e guiar o cabo para a entrada do outro duto.

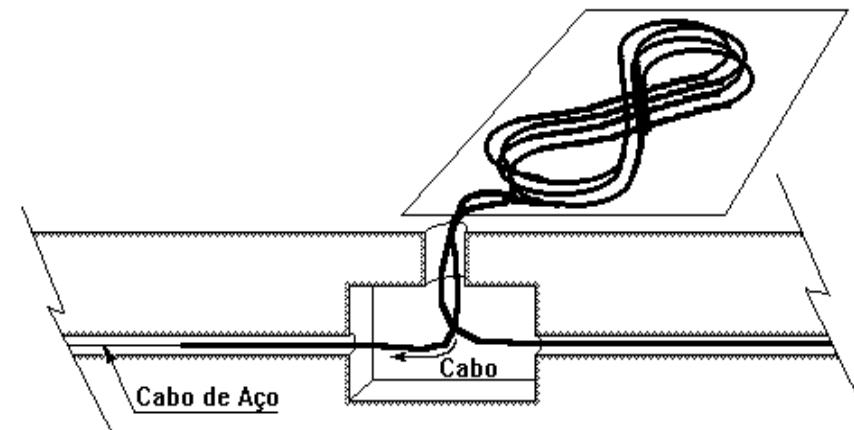


Recomendações para lançamento subterrâneo manual ou com guincho.

- Em lances longos, tal que o lançamento único possa causar tensões excessivas, é necessário que o lançamento seja feito em partes, isto é, o cabo deve ser puxado até uma determinada caixa de passagem (sem trações excessivas) e, em seguida, puxar uma sobra do cabo, suficiente para o cabo completar o lance.
- O cabo puxado deverá estar acomodado formando a figura de um “8”, para não danificar a fibra pelo estreitamento do raio de curvatura. Esse procedimento deve ser feito em várias caixas de passagem, dependendo do comprimento do lance.

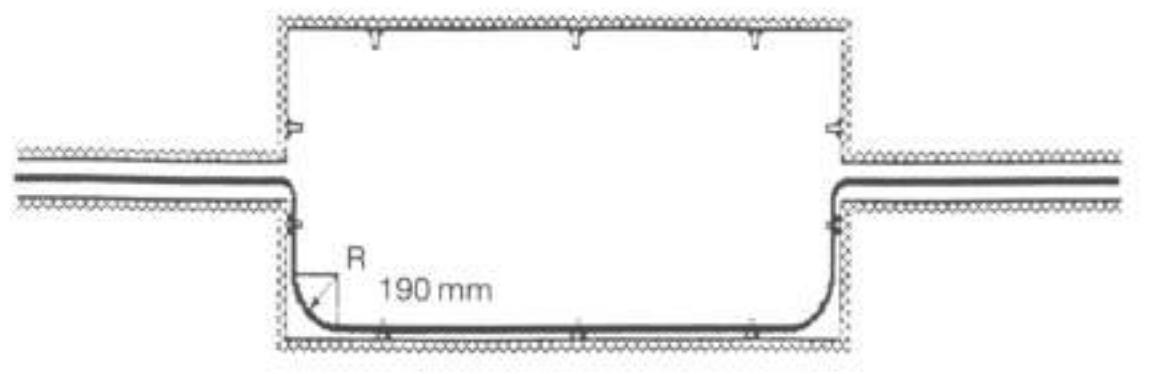


Tamanho e Peso
da Bobina

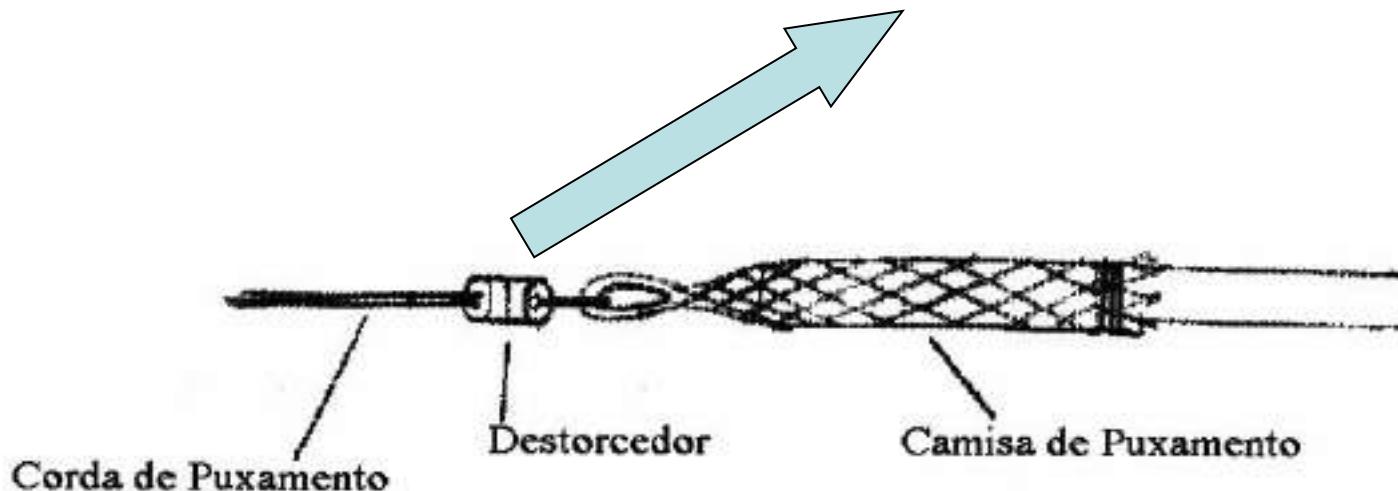
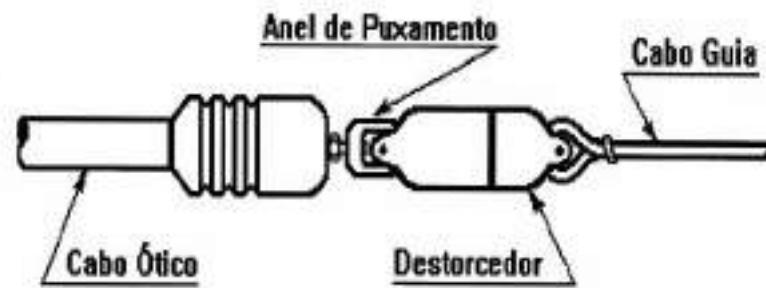


Recomendações para lançamento subterrâneo manual ou com guincho.

- Os cabos não devem permanecer tensionados, no interior dos dutos e nas caixas de passagem. Nos casos onde não houver emendas, devem ser acomodados nas laterais das caixas de passagem e fixados com abraçadeiras plásticas.
- Nas caixas de passagem onde forem executadas emendas, deve-se deixar uma folga de $1 \frac{1}{2}$ volta de cabo de cada extremidade, além das sobras necessárias para a execução das emendas. Os cabos e as caixas de emendas devem ser sempre fixados nos suportes existentes nas caixas de passagens.



Recomendações para lançamento subterrâneo manual ou com guincho.

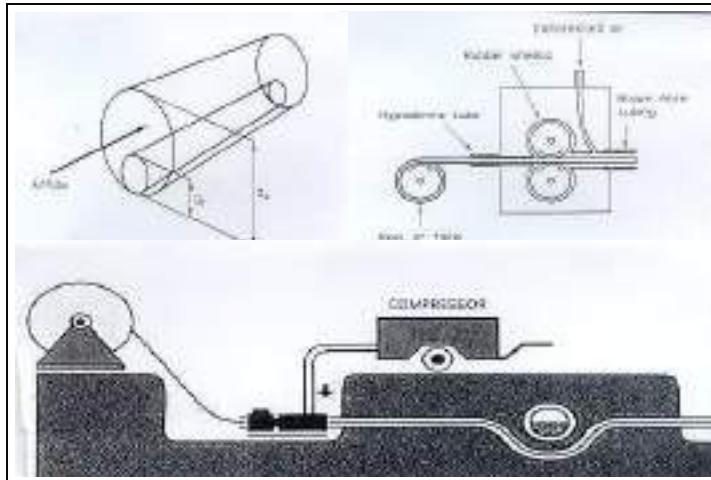


Lançamento subterrâneo por sopramento

- Este método utiliza um dispositivo de puxamento que se adapta ao cabo e produz um bloqueio à passagem do ar. Nesta situação é injetado ar comprimido que empurra o dispositivo de puxamento, no interior do duto. O ar circulando a grande velocidade, exerce pressão sobre toda a superfície do cabo facilitando seu movimento.
- Ao término do lançamento o cabo repousa no fundo do duto sem nenhuma tração residual, o que prolonga a sua vida útil

Lançamento subterrâneo por sopramento

Este sistema lança cabos ópticos, com diâmetro variando de 12 a 32 mm, entre caixas de passagem a uma velocidade de 40 m/min.

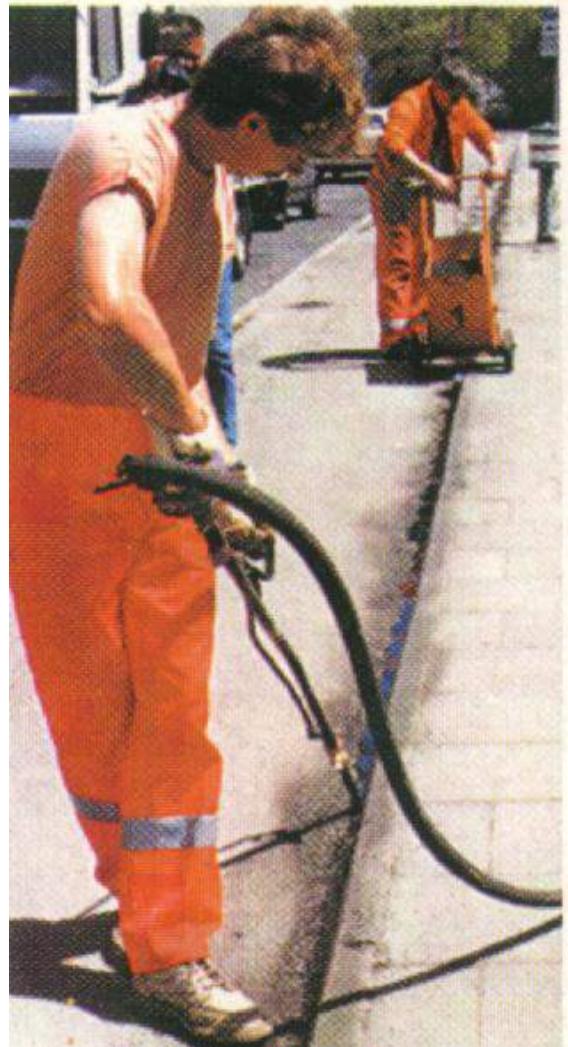


Os cabos para instalação por sopro, como o “blow cable”, são cabos especiais para serem instalados em dutos vazios. Normalmente os fabricantes trocam o gel por outro material SAP (Super Absorving Powder), para deixar o cabo mais leve.



Lançamento de microcabos

- Trata-se de um cabo de fibras, colocado dentro de um tubo de cobre e instalado num pequeno rasgo de 10cm de profundidade, feito por um equipamento especial.
- Ele pode ser instalado diretamente no asfalto ou concreto.



Lançamento diretamente enterrado

- O cabo diretamente enterrado é aquele colocado numa vala, que depois será fechada, onde não existe tubulação, mas pode haver caixas subterrâneas. Estes cabos possuem capas com proteção especial, inclusive contra roedores. E são bastante utilizadas nas instalações que acompanham rodovias e ferrovias.
- Neste tipo de lançamento é muito importante a sinalização, para evitar que escavações destruam os cabos accidentalmente. São comumente utilizadas placas de sinalização externamente e na vala podem ser utilizadas placas de concreto ou fitas (amarelo e preto) de sinalização.

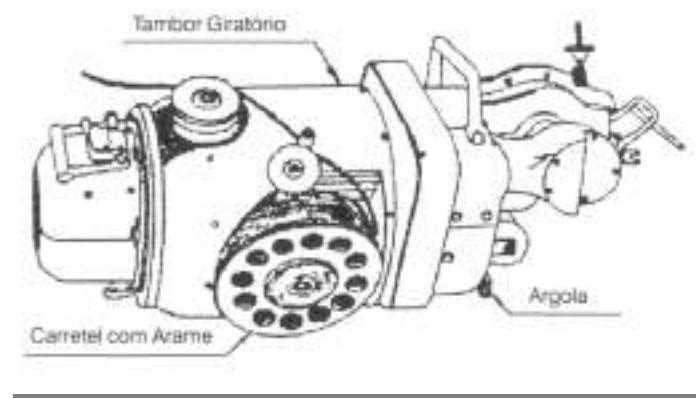


Instalação aérea

- As instalações aéreas de cabos ópticos podem ser executadas de duas formas:
 - **Espinado**
 - **Auto-sustentado**
- Cada tipo de instalação exige técnica e cuidados especiais para serem convenientemente instalados.

Cabos Espinados

- O processo de espinamento, é conduzido por meio de um cabo mensageiro constituído de uma cordoalha de aço que lhe proporciona sustentação, e é utilizado em cabos desprovidos de elementos de sustentação.
- Para espinamento, é necessário utilizar os seguintes equipamentos básicos:
 - Dispositivos de segurança;
 - Alicate universal;
 - Escadas;
 - Guia de cabo aéreo;
 - Corda de náilon ou sisal;
 - Guincho e carreta para bobina;
 - Camisa de puxamento com olhal;
 - Máquina de espinar;



Cabos auto-sustentados

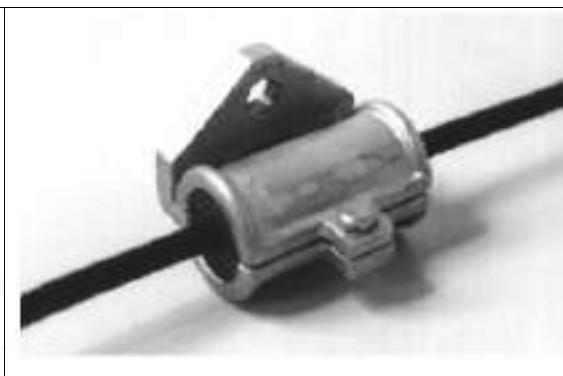
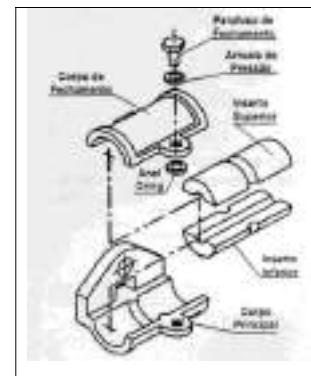
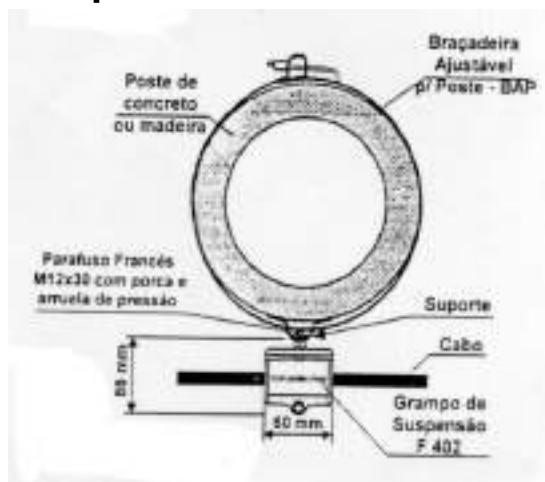
- Esse processo é utilizado em cabos que possuem elementos de sustentação próprios e podem ser instalados diretamente nos postes, sem a necessidade de outros elementos de sustentação, sendo necessárias somente as ferragens de fixação.
- Nesse tipo de instalação, é possível fixar o cabo ao poste por meio da alça pré-formada e/ou do grampo de suspensão.
- A fixação por suspensão é utilizada nos casos em que o trecho é praticamente reto, com desvios de rota inferiores a 20°, horizontal ou verticalmente. Antes de iniciar-se o lançamento do cabo, faz-se necessário vistoriar a rota e os postes por onde ele será lançado, verificando-se os seguinte detalhes:

Cabos auto-sustentados

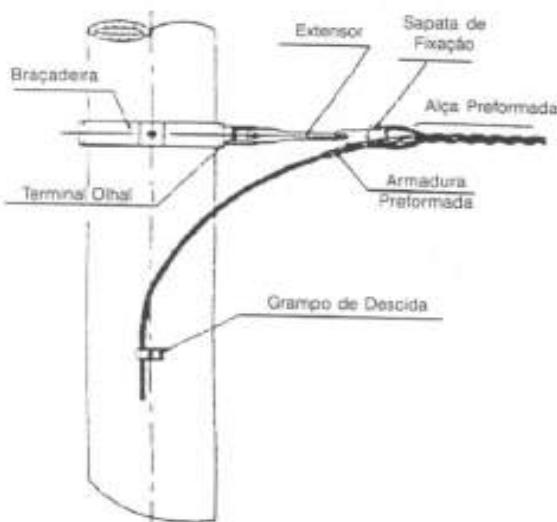
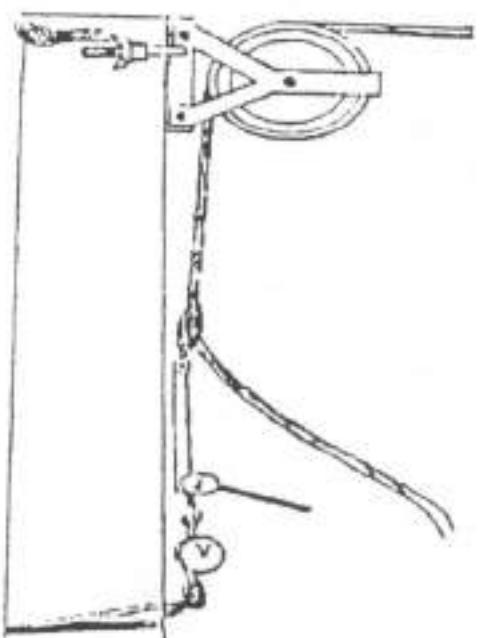
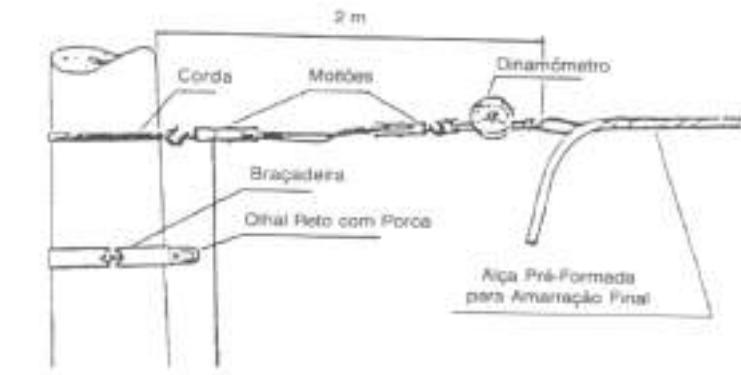
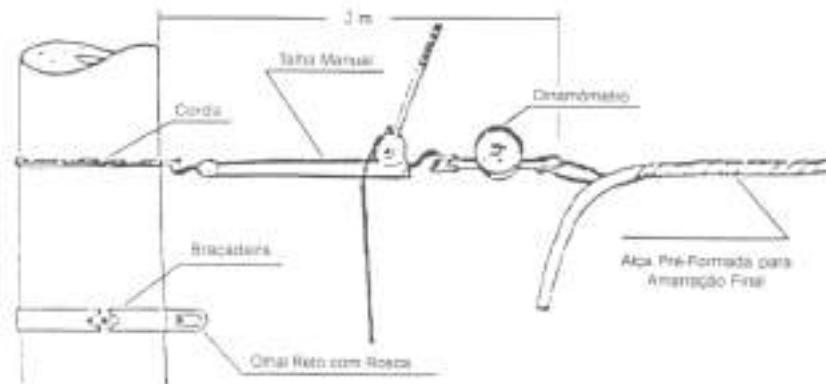
- Os postes devem estar em ordem, isto é, devem estar em condições de receber o cabeamento e deve ser verificado o número, o tipo de postes, e se eles possuem resistência suficiente para suportar o tracionamento que a instalação vai exigir.
- As condições do terreno onde o cabo será lançado deve ser verificada, considerando-se os obstáculos que dificultem o lançamento, tais como, árvores, rios, vias públicas, entre outros, providenciando-se os recursos necessários para transpor esses obstáculos.
- Análise dos pontos críticos onde possivelmente serão encontradas dificuldades no momento do lançamento, por exemplo, dificuldades para a instalação das ferragens de fixação.

Conjunto de Suspensão

- Inicialmente, a abraçadeira deve ser fixada ao poste com o suporte com o parafuso para prender o grampo de suspensão. Uma vez que o grampo de suspensão esteja fixado, deve-se retirar a parte superior do grampo e inserir o cabo em seu interior e fechar o grampo pela parte superior.
- Enquanto o cabo não for devidamente lançado, deve-se deixar a parte superior do grampo afrouxada, para permitir folga ao cabo. Somente na instalação final os cabos serão fixados devidamente nos grampos de suspensão.



Formas de Puxamento



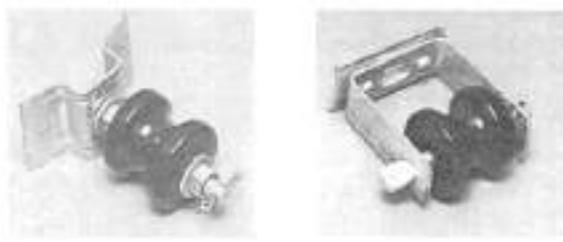
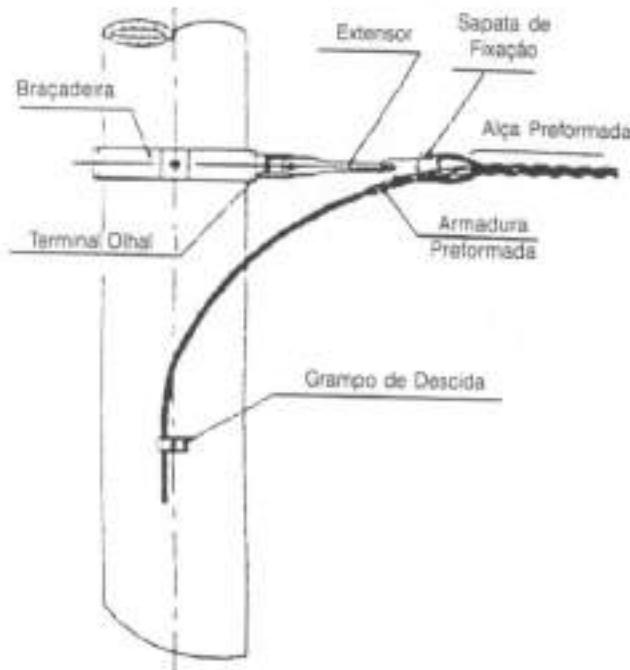
Ferragens para redes ópticas

- Para adequar uma instalação de uma rede óptica, é primordial que os cabos estejam instalados convenientemente.
- Para isso, é necessário que, além da infra-estrutura, os cabos estejam acomodados e fixados com acessórios adequados.
- No caso de instalações subterrâneas, está na infra-estrutura a importância maior que irá comportar os cabos, pois tanto a acomodação como a fixação serão providas pelas tubulações, caixas de passagens, etc.
- Nas instalações de cabos ópticos aéreos, ou seja, quando os cabos são instalados em postes, os acessórios de fixação têm importância fundamental.
- Esses acessórios são comumente denominados de ferragens de fixação, cujos tipos se diferenciam para cada tipo de cabo óptico empregado.
- Basicamente, essas ferragens subdividem-se em dois grupos:
 - **ferragens para cabos espinados**
 - **ferragens para cabos auto-sustentados.**

Cabos espinados

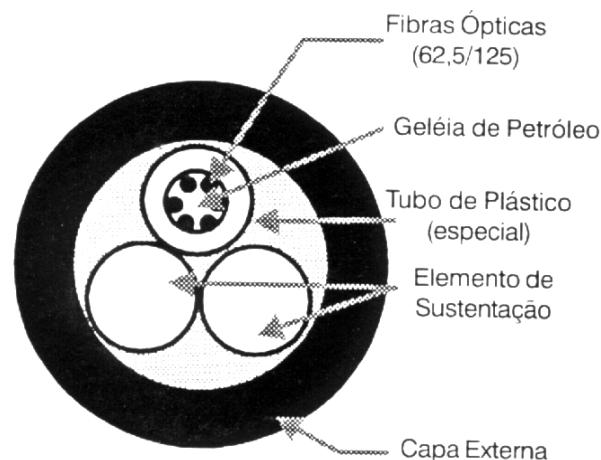
- São cabos desprovidos de um elemento de sustentação. Para se instalar um cabo espinado é necessário um cabo que o sustente, sendo este denominado cabo mensageiro. Esse cabo proporciona sustentação ao cabo óptico que fica preso ao cabo mensageiro através de arames apropriados. E o cabo mensageiro é fixado aos postes por ferragens que compreendem:
 - **Isoladores:** São suportes constituídos de material cerâmico (isolante), que isola o cabo mensageiro e, ao mesmo tempo, proporciona sua fixação.
 - **Cintas:** São braçadeiras metálicas que prendem os isoladores aos postes.
 - **Alças preformadas:** são peças compostas de material metálico que prendem os cabos mensageiros aos isoladores.

Cabos espinados



Cabos Auto-Sustentados

- São cabos que, ao contrário dos cabos espinados, são providos de um elemento de sustentação em sua composição, e podem ser instalados diretamente nos postes, ou seja, as ferragens são instaladas diretamente sobre esses cabos, podendo ser utilizados grampos de suspensão e/ou alça pré-formada.



Cabos Auto-Sustentados

- **Grampo de Suspensão:** É um acessório que, fixado nos postes através das abraçadeiras, possui a função de proporcionar uma sustentação ao cabo óptico sem, contudo, fixá-lo totalmente. É utilizado nas situações em que a rota do cabo não sofra desvios com ângulos superiores à 20º.
- **Alça Pré-Formada:** São peças compostas de material metálico que prendem os cabos mensageiros aos isoladores. São utilizadas em situações de encabeçamento, terminação e desvios de rota com ângulos superiores à 20º.

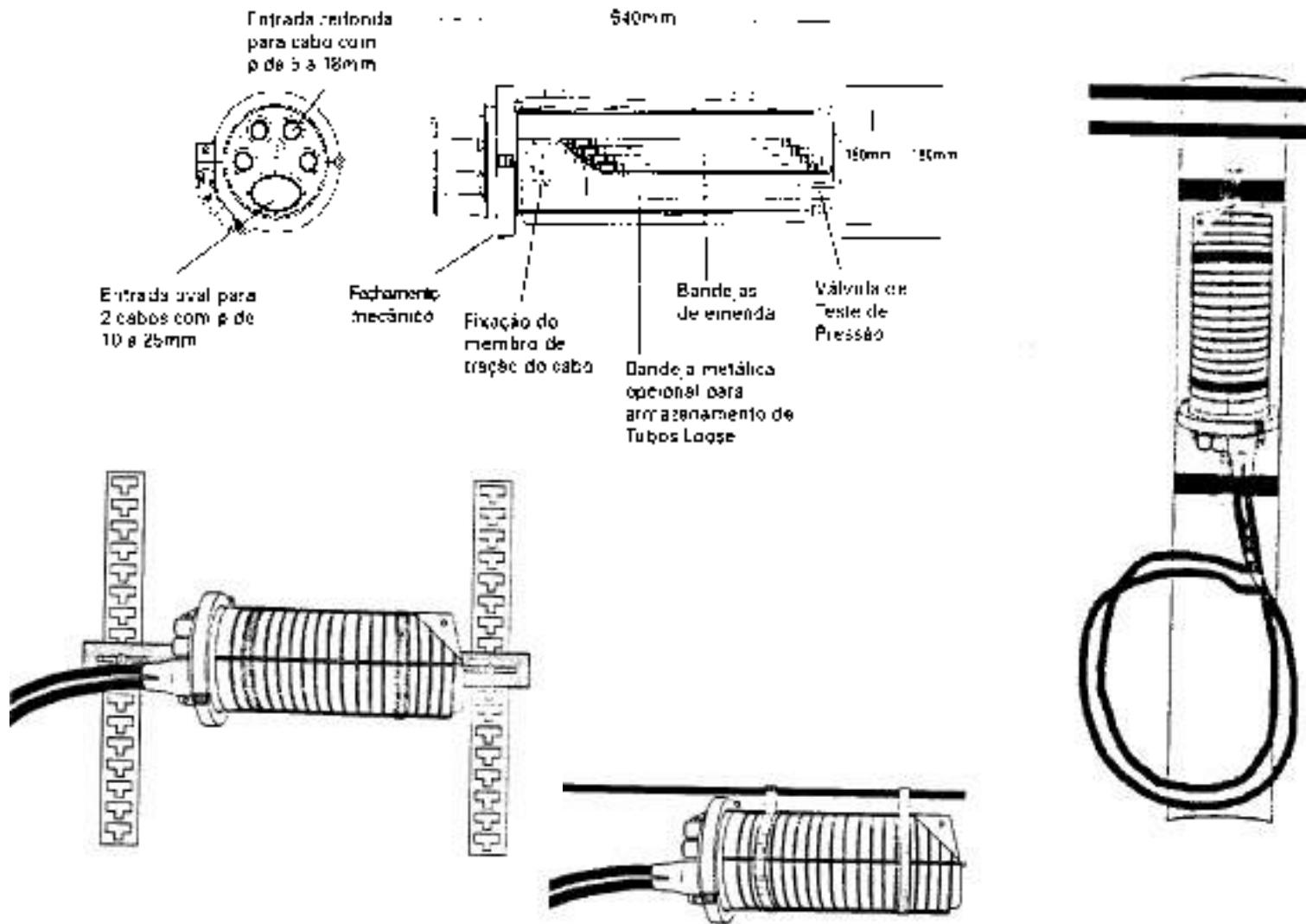


Caixas de emendas

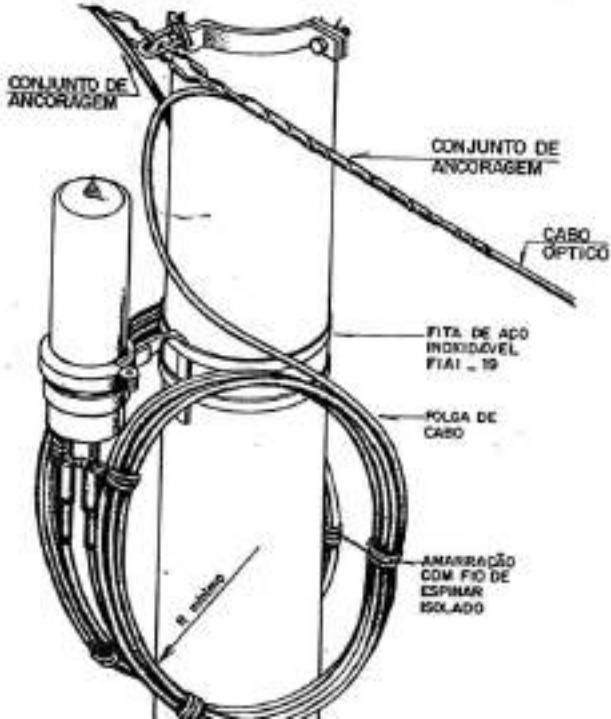
- Destinadas às emendas de cabos ópticos aéreos auto sustentados, espinados em cordoalha ou diretamente enterrados.
- São utilizadas geralmente como acessórios de transição entre o cabo alimentador e drop, para derivação de cabos ópticos para efeito de desmembramento de rotas, ou para armazenamento de reserva técnica de fibra óptica.



Detalhes de uma caixa de emendas e fixação



Detalhes da fixação da caixa de emenda num poste



Montagem de uma Caixa de Emendas

- 1- A caixa deverá ser aberta expondo as bandejas de emenda



Montagem de uma Caixa de Emendas

- 2- Na base da caixa os cabos deverão ser passados pelas entradas escolhidas e fixados adequadamente;
- 3- Os cabos devem ser abertos, e os tubos loose acondicionados nas bandejas. As fibras deverão ser separadas e organizadas para executar a emenda.

Montagem de uma Caixa de Emendas

- 4- Nas bandejas de emenda, verificar o comprimento das fibras considerando do ponto de saída do tubo loose, e a posição para realizar a fusão, mantendo duas voltas para reserva técnica.
- 5- Realizar a fusão e acomodar o protetor de emenda na posição adequada.



Montagem de uma Caixa de Emendas

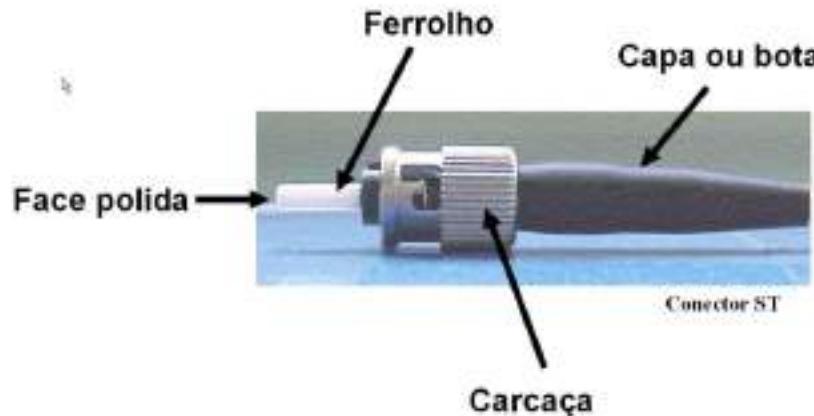
- 6- Repetir as operações até todas a fibras serem emendadas.
- 7- Fechar a caixa de emenda, e realizar a vedação da entrada dos cabos.



Conectividade e Acessórios Ópticos

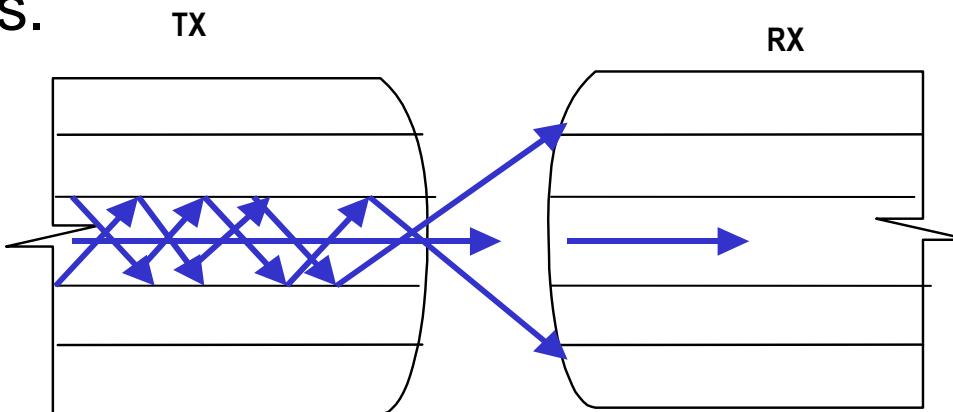
Terminações ópticas

- As terminações ópticas são constituídas basicamente de conectores. Esses são destinados a conectar e desconectar, de forma freqüente e fácil, as fibras ópticas entre si, ou com uma fonte ou detector óptico.
- Basicamente, os conectores são constituídos de um ferrolho com uma face polida, onde é feito o alinhamento da fibra, e de uma carcaça provida de uma capa plástica.



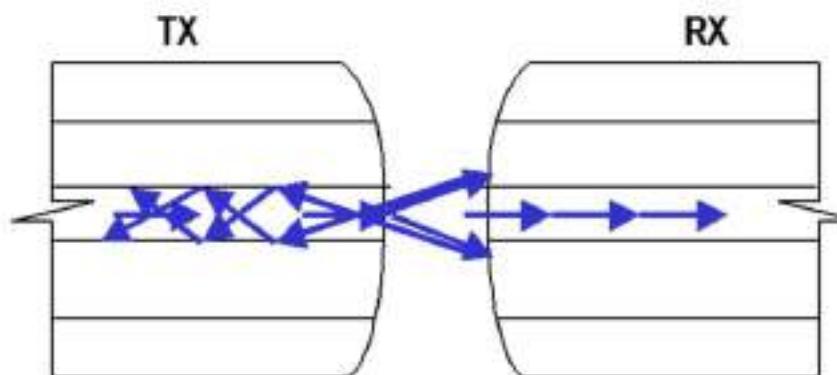
Perda de Inserção

- A perda de inserção, ou mais comumente chamado de atenuação, consiste na perda de potência luminosa que ocorre na passagem da luz entre as conexões.
- Existem vários fatores que contribuem para essa perda, e as principais causas se relacionam com irregularidades no alinhamento dos conectores e irregularidades intrínsecas às dimensões das fibras ópticas.
- Na prática, essa perda contribui para a soma total da atenuação ou perda de potência óptica de todo o lance de cabos.



Perda de Retorno

- A perda de retorno, conhecida também por reflectância, consiste na quantidade de potência óptica que é refletida na conexão, retorna até a fonte luminosa.
- A causa principal está na face polida dos ferrolhos dos conectores, que refletem parte da luz, que não entra no interior da fibra óptica do conector do lado oposto ou ainda por imperfeições no polimento da fibra óptica, na qual o angulo de incidência seja menor que o ângulo critico.
- Essa perda não influi diretamente na atenuação total, contudo o retorno da luz à fonte pode degradar o funcionamento da fonte luminosa e, assim, prejudicar a comunicação.

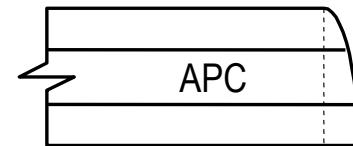
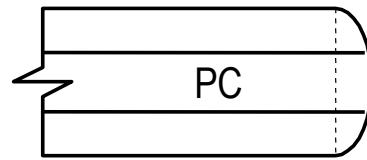
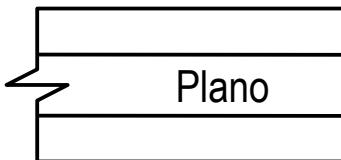


Conektorização

- A conectorização é o processo de montagem da fibra óptica no interior de um conector, envolvendo a fixação através de uma resina, também denominada cola ou “epoxy”, e um processo de polimento da extremidade da fibra para atingir a melhor performance óptica.
- A conectorização em campo não é aconselhável, pois as condições são precárias, e o processo manual, depende exclusivamente da habilidade de quem estiver trabalhando.
- Para garantir o melhor desempenho de transmissão devemos observar o método e a técnica de polimento. Durante a execução da conectorização deve-se ter cuidado com a qualidade da clivagem e a limpeza do conector entre cada fase de polimento

Tipos de Polimento

- utilização de polimentos específicos:
- PLANO: polimento plano do ferrolho;
- PC (Physical Contact): face convexa do ferrolho para permitir contato entre as fibras;
- SPC (Super Physical Contact): face convexa, porém com menor raio de curvatura;
- APC (Angled Physical Contact): face convexa com ângulo em relação ao ferrolho de 8°;



Tipos de Polimento

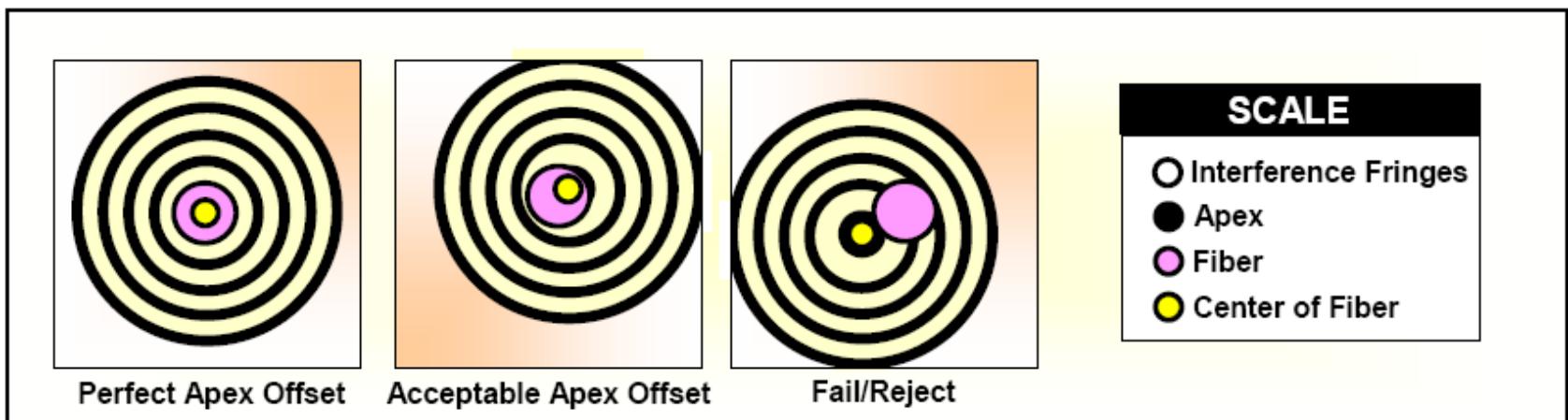
- Na ordem crescente de desempenho temos o polimento plano, PC, SPC e APC.
- O polimento plano é o único que pode ser realizado em campo com auxílio de lixas e uma superfície plana, os outros são produzidos em fábrica e são conectados aos cabos através de extensões ópticas.
- A extensão óptica, também conhecida por “pig-tail”, constitui-se de um conector confeccionado em fábrica, com o polimento desejado, aplicado em uma das extremidades de uma fibra óptica, e a outra extremidade será utilizada para emenda por fusão ou mecânica.
- A compatibilidade entre os conectores utilizados é muito importante, pois podemos ter o desempenho reduzido ou a anulação do sinal, conforme a combinação. Podemos resumir desta maneira:
 - Conectores com polimento plano podem ser conectados entre si ou entre PCs;
 - Os conectores de geometria PC podem ser conectados entre si, PC ou SPC;
 - Os conectores com geometria APC são compatíveis apenas entre si.

Cuidados no Polimento

- Na realização do polimento alguns detalhes que envolvem a geometria final do conjunto conector-fibra, devem ser observados para garantir baixos índices de perda de inserção e de retorno.
- São utilizados três critérios de aceitação importantes: Apex Offset, Raio de Curvatura, Fiber Undercut/Protusion.
- A utilização de uma máquina de polimento reduz problemas e proporciona um controle preciso sobre os resultados.

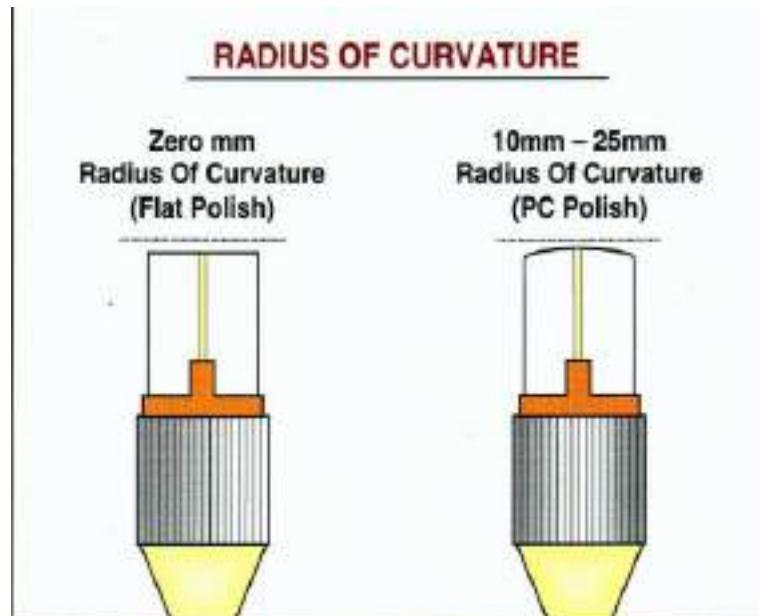
Apex Offset

- Mede a distância entre o centro da fibra e o ponto mais alto, da mesma, após o polimento



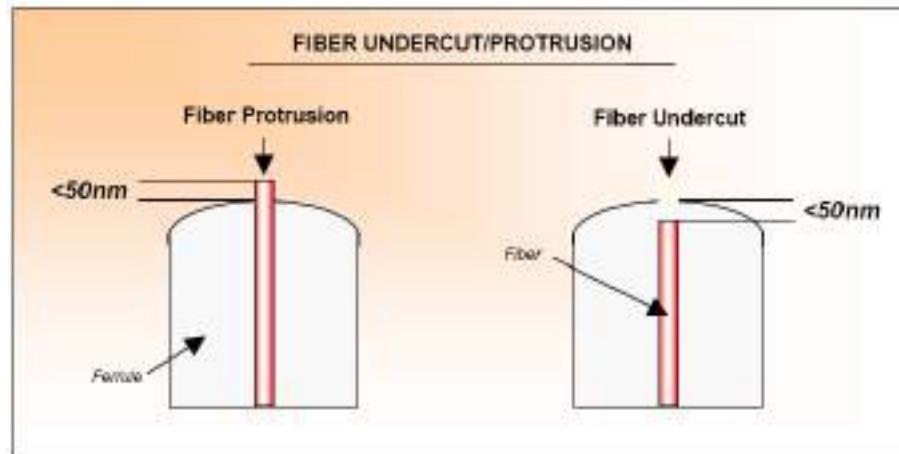
Raio de Curvatura

- É a medida do raio de curvatura de um polimento esférico na extremidade do conector, variando normalmente de 10 a 25mm.

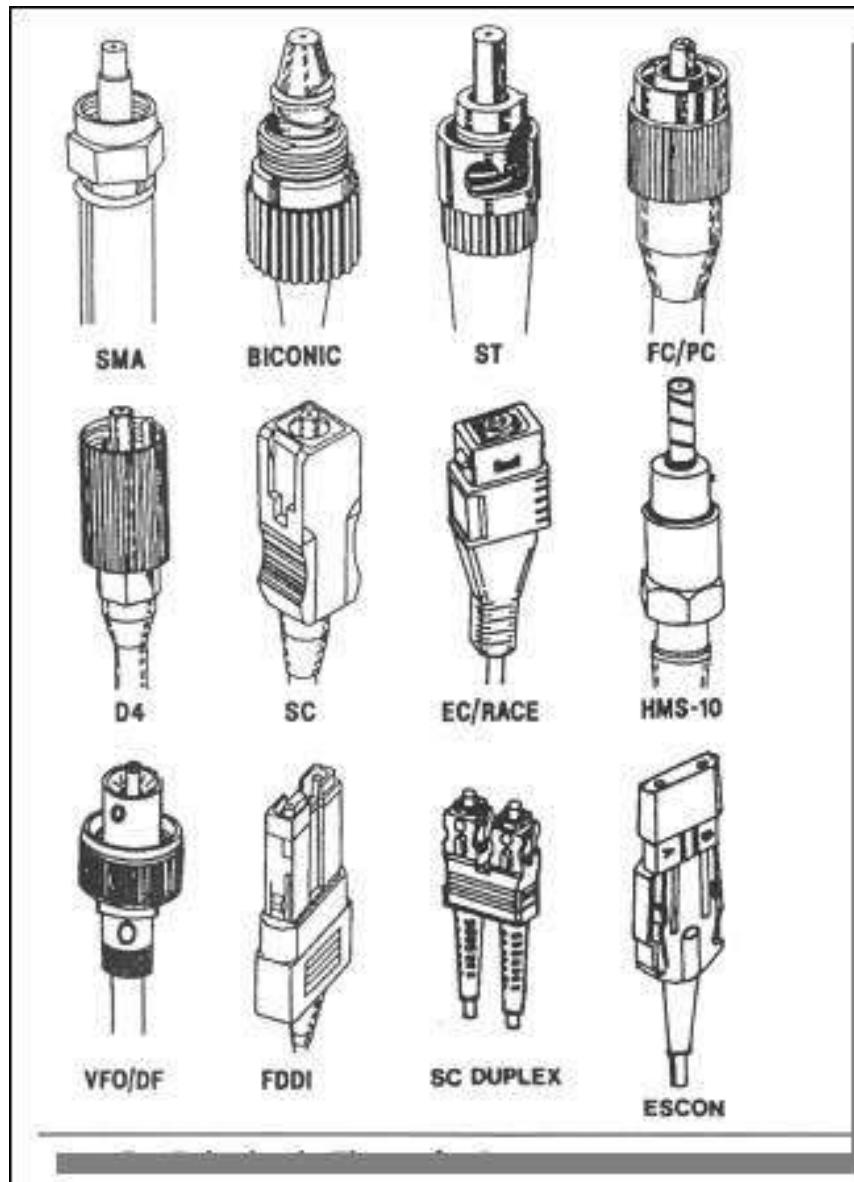


Fiber Undercut/Protusion

- Esta medida esta relacionada com o fato da fibra estar além dos limites da borda do ferrolho (protusion) ou aquém deste (undercut)
- Existe um limite de 50nm onde estas duas situações são consideradas aceitáveis.
- O problema mais comum é o “undercut” onde um polimento excessivo remove parte do ferrolho junto com a fibra e no espaço resultante cria uma região com ar (air gap), o que aumenta as perdas.

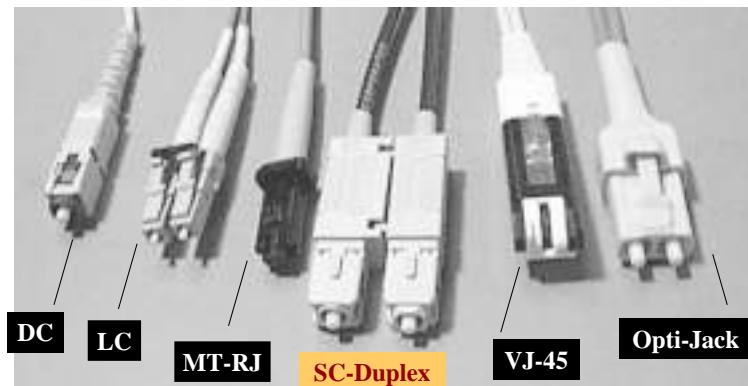


Tipos de conectores



Conectores ópticos tipo SFF

- A norma ANSI/TIA/EIA-568-A definiu como conector padrão o SC e na sua revisão ANSI/TIA/EIA-568-B.3, passou a aceitar novos modelos chamados de *Small Form Factor (SFF)*.
- Estes conectores devem estar de acordo com o TIA FOCIS (Fiber Optic Connector Intermateability Standard) e quanto à performance segue o Anexo A desta norma.
- Para identificação usa-se a cor bege para os conectores, adaptadores e tomadas com fibra multimodo, à cor azul para os sistemas monomodo, e a cor verde identifica conectores com polimento APC.

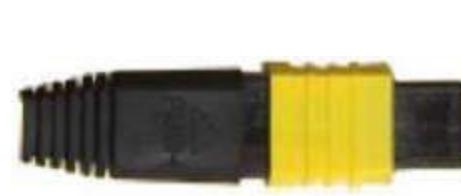


Conectores para alta densidade

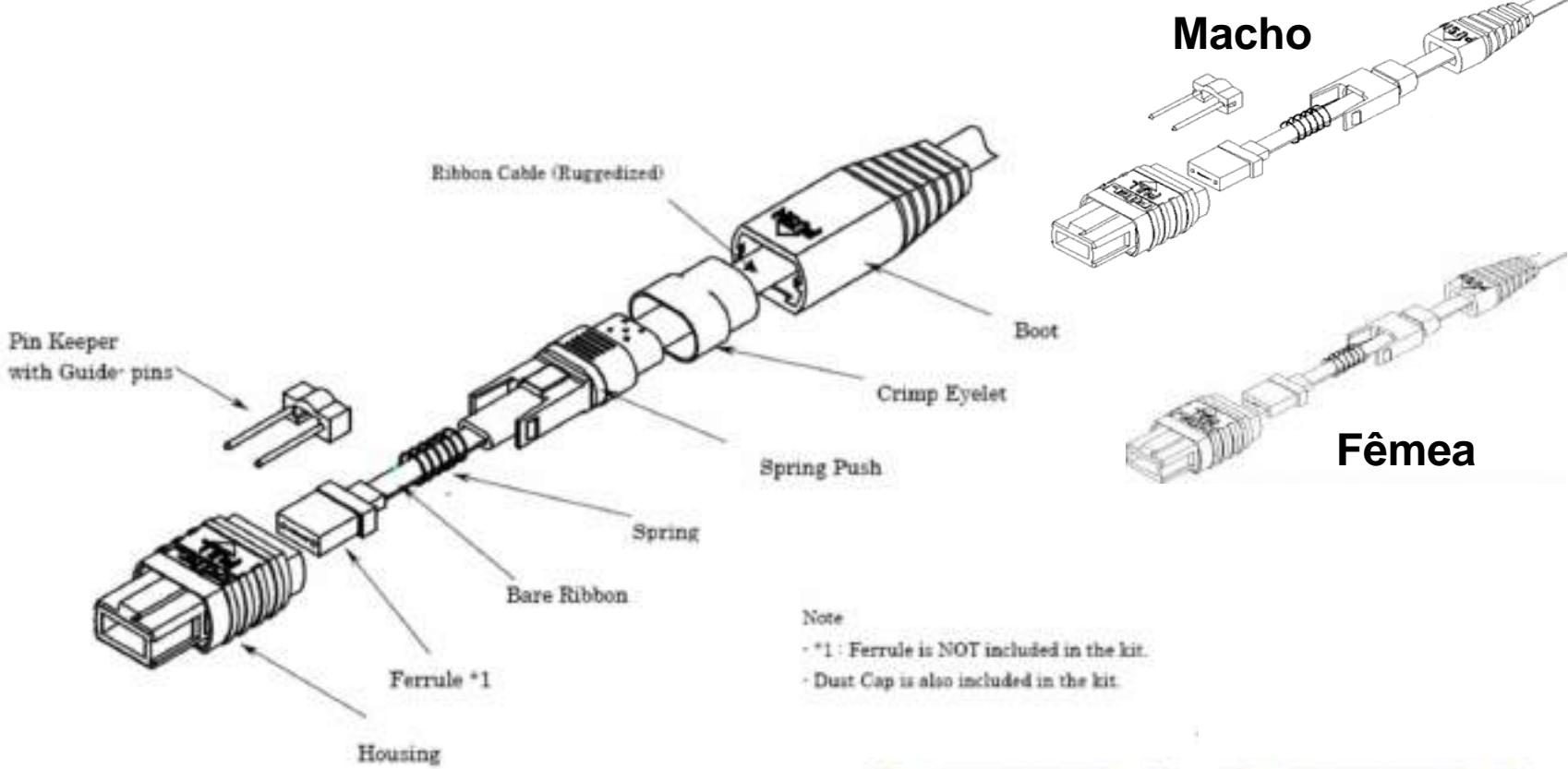
- Aplicações como Data Centers e Storage Área Networks (SAN), utilizam uma grande quantidade de fibras num espaço relativamente reduzido, exigindo soluções de alta densidade e capacidade de gerenciamento.
- Então, foram desenvolvidos produtos baseados em 6 fatores:
 - Gerenciamento
 - Alta Densidade
 - Escalabilidade
 - Disponibilidade
 - Performance
 - Segurança

Conektor MPO

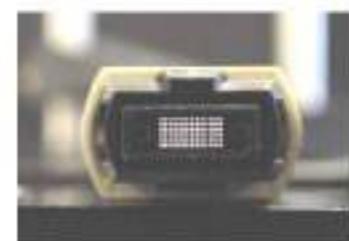
- O conector **MPO - MULTI-FIBER PUSH ON** é o principal conector óptico para várias fibras (4, 8, 12, 24, 36, 72) com sistema de alinhamento de alta performance. Este conector foi desenvolvido pela NTT (Nippon Telegraph & Telephone Corp - 1991) e está padronizado na Europa (IEC-61754-7) e nos Estados Unidos (TIA-604-5 – FOCIS 5).
- A versão com 12 fibras possui aproximadamente o mesmo dimensional do conector SC Simplex, porém com capacidade de atender 6 canais ópticos (TX e RX) tornando-o adequado para ambientes de alta densidade tais como Data Centers e Storage Area Networks.



Conektor MPO



12-fiber MPO



72-fiber MPO

Cordões e Extensões Ópticas

- Tanto as extensões ópticas como os cordões ópticos são montados em fábrica, em condições de processo controlado, com cabos ópticos do tipo “tight” e com os principais tipos de conectores ópticos, fornecidos nas cores laranja ($62,5\mu\text{m}$), amarelo ($50\mu\text{m}$) e azul (SM).
- As extensões ópticas ou pig-tail, são utilizadas para a interface entre os cabos e os equipamentos ou acessórios ópticos. O conector é aplicado em uma das extremidades da fibra óptica, e a outra extremidade será utilizada para emenda por fusão ou emenda mecânica às fibras do cabo óptico.



Cordões e Extensões Ópticas

- Os cordões se aplicam à interligação entre os equipamentos, e entre equipamentos e acessórios ópticos.
- São cabos do tipo tight, dotados de conectores ópticos nas duas extremidades da fibra.
- Podem ser simplex (monofibra) ou duplex com dois cabos monofibra unidos pela capa externa.

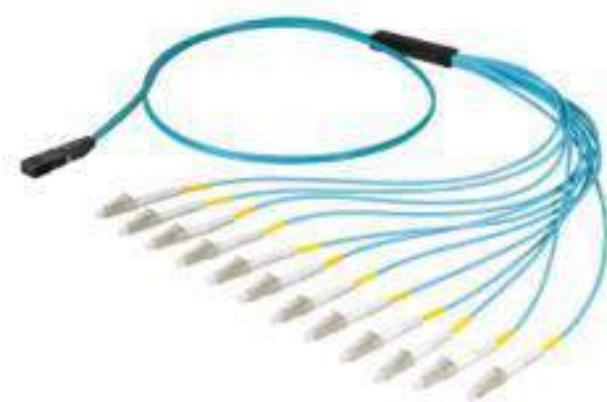


Cabos para Cordões e Extensões

- O cabo tipo “**Zip-Cord**” é composto por duas fibras ópticas multimodo (MM) ou monomodo (SM), com revestimento primário em acrilato e secundário em PVC, e sobre este são colocados elementos de tração de fios dielétricos e capa em PVC não propagante à chama, com diâmetro externo de 2mm por cordão.
- O cabo tipo **Monofibra** é composto por uma fibra óptica multimodo (MM) ou monomodo (SM), com revestimento primário em acrilato e secundário em PVC e sobre este são colocados elementos de tração de fios dielétricos e capa em PVC não propagante à chama, com diâmetro externo de 2mm.

Soluções de alta densidade

- Nas soluções de alta densidade, podemos ter cordões com até 72 fibra no mesmo cabo com conectores MPO nas duas extremidades ou cordões do tipo FanOut, onde temos o conector MPO numa extremidade e na outra conectores simplex para cada fibra.

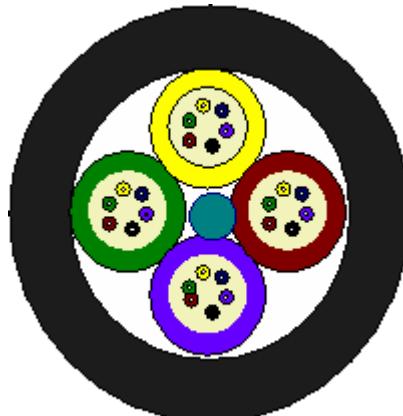


Soluções de alta densidade

- Uma aplicação bastante importante dos cordões pré-terminados, é na montagem de Data Center e SAN podem utilizar conectores MPO-MPO, LC ou SC, fornecidos em tamanhos que chegam a 100m, totalmente montados e testados em fábrica, e com classificação PLENUM.
- Nestes ambientes também é utilizada uma solução onde o cordão, com MPO nas duas extremidades, é ligado a um módulo (chamado comercialmente de CASSETE), onde na parte traseira encontra-se um conector MPO e na frontal um conjunto de conectores individuais ou duplex tipo LC ou SC.

Soluções de alta densidade

- Com os cabos pré-terminados MPO-MPO (Trunk Cables), podemos instalar de 12 a 144 fibras, simultaneamente numa única operação de lançamento.
- Utilizando CASSETES com conectores LC e trunk cable de 12 Fibras, após o lançamento do cabo, conecta-se as terminações MPO e os dois DIO estão prontos para uso. Este método pode-se reduzir em até 75% o tempo de instalação, em relação às instalações tradicionais.



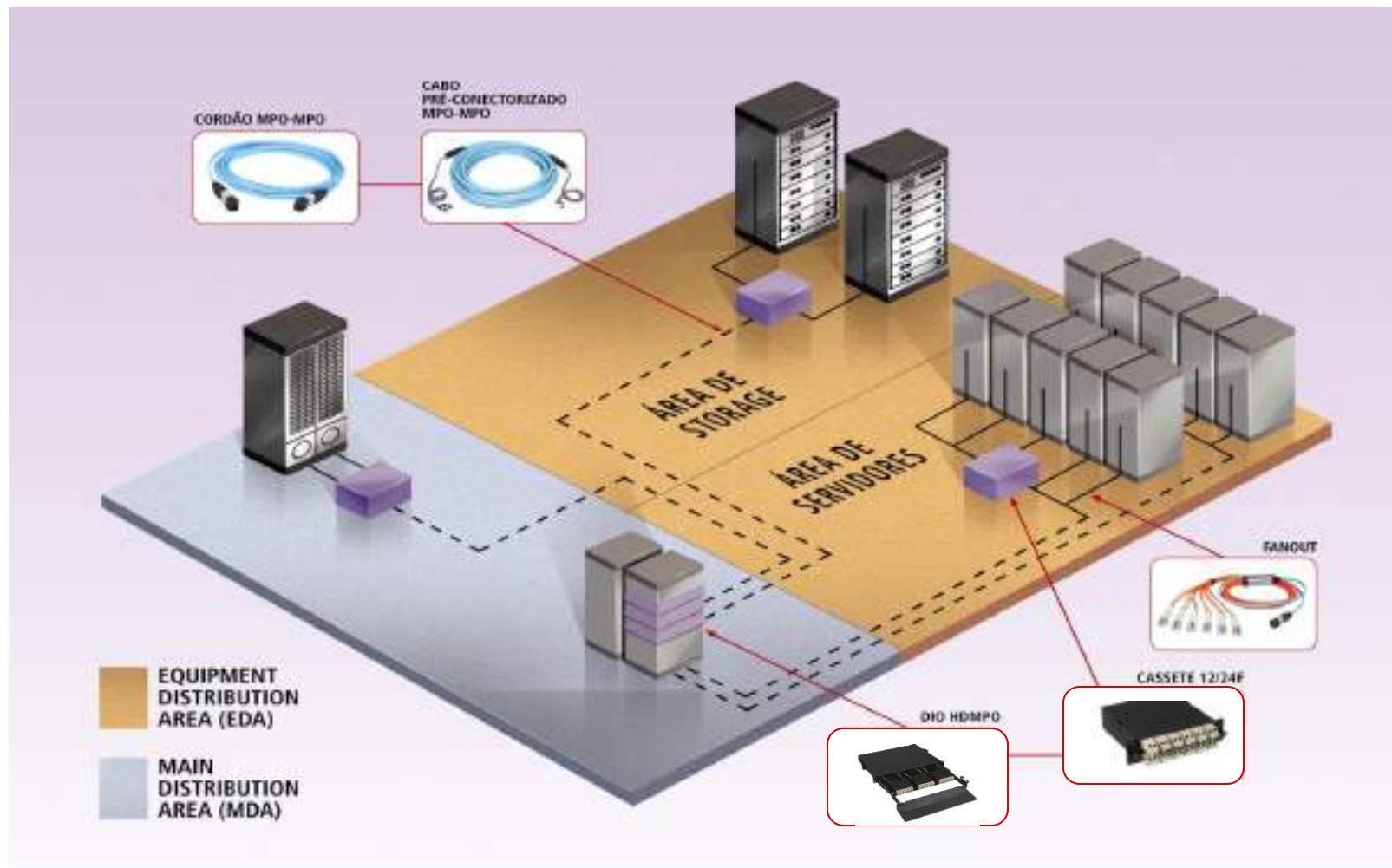
CASSETES



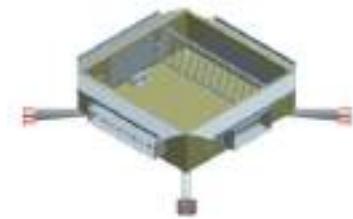
cabos
pré-terminados



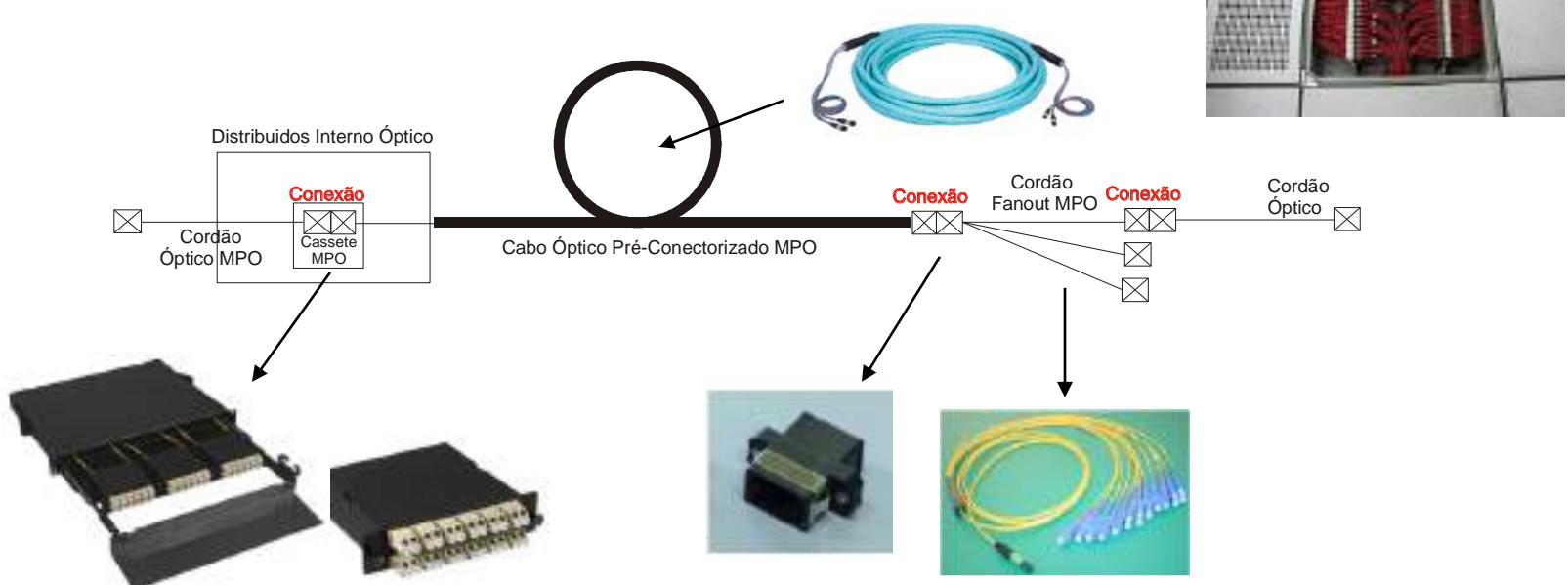
Data Center



Data Center



- Esta facilidade de instalação, com a utilização de cassette e trunk cables, foi incluída nas soluções de data center. Como são soluções de alta densidade, um modelo de ponto de consolidação (CP), que também pode ser usado como Zone Distribution Área (ZDA), foi desenvolvido para aceitar conectores MPO podendo alcançar até 768 fibras.



Distribuidor interno óptico (DIO)

- O DIO - Distribuidor Óptico tem a finalidade de acomodar e proteger todas conexões ópticas existentes, devendo ser dimensionado levando-se em consideração as diversas variáveis de um sistema com cabeamento estruturado óptico.
- É importante observar fatores como a segurança e confiabilidade na fixação dos cabos ópticos, flexibilidade através de alternativas para a chegada dos cabos ópticos, performance respeitando os raios mínimos de curvatura dos cabos, tipos de cordões e pigtails ópticos, sistema de identificação das conexões ópticas.

Escolha do DIO

- **Aplicação** - O primeiro passo é definir a aplicação desejada para o sistema de conexão óptica. Caso se opte, por exemplo, por aplicações do tipo FTTx é desejável que o DIO permita instalação de acessórios ópticos passivos tais como divisores (splitters). No caso de aplicações em Data Center é desejável que o DIO atenda a altas densidades ocupando o menor espaço possível nos racks com aplicação de tecnologias que possibilitem rapidez, flexibilidade e modularidade como o MPO.
- **Ambiente** - É importante levantar a capacidade de fibras que o sistema óptico suportará, seja no momento presente ou no futuro, para que possa se definir o dimensionamento do DIO, com base na baixa, média ou alta densidade de fibras ópticas da rede.
- **Topologia** - Defini-se pela utilização de produtos que possibilitem emendas por fusão, ou utilização de cabos terminados em fábrica ou em campo.

Componentes do DIO



Detalhes da bandeja de emenda de um DIO.



Aplicações dos DIOs

- Distribuição e administração da seção óptica do cabeamento estruturado, para instalação em Data Center, SAN, Salas de Equipamentos ou Salas de Telecomunicações, compondo os Distribuidores de Campus (Main Cross Connect), de Edifício (Intermediate Cross Connect) e de andar(Horizontal Cross Connect).
- Redes com backbone de altas velocidades distribuídas em campus
- Gerenciamento de soluções FTTD (Fiber To The Desk) e cabeamento centralizado;

Montagem do DIO

Ferramentas e consumíveis

- Álcool isopropílico e gaze;
- Cortador de tubo loose;
- Cortador de cabo e trena;
- Alicate universal;
- Chave de fenda e chave phillips;
- Chave de boca 8mm;
- Estilete e tesoura;
- Equipamento de fusão.

Montagem do DIO

- 1. Monte o suporte lateral de fixação de cabos (lado esquerdo ou direito);



- 2. Prepare a extremidade do cabo e limpe adequadamente as unidades básicas. Corte 250 mm do elemento central do cabo a partir da capa;



- 3. Identifique os tubos loose;
- 4. Proteja as unidade básicas com corrugado flexível;



Montagem do DIO

- 5. Retire a tampa traseira do DIO e introduza as unidades básicas pela abertura lateral, passando o elemento central pela presilha de ancoragem;



- 6. Posicione o tubo corrugado sobre a capa do cabo e fixe-o no suporte com braçadeiras;



- 7. Fixe o elemento central do cabo na presilha lateral e corte o excesso;



Montagem do DIO

- 8. Fixe o cabo no rack, respeitando o raio de curvatura;
- 9. Abra a bandeja deslizante e passe as unidades básicas para a parte frontal e acomode os tubos na entrada da bandeja.
- 10. Acomode as unidades básicas na parte inferior dos acomodadores, até a entrada na bandeja de emenda. É necessário deixar o cabo no interior do DIO esticado;



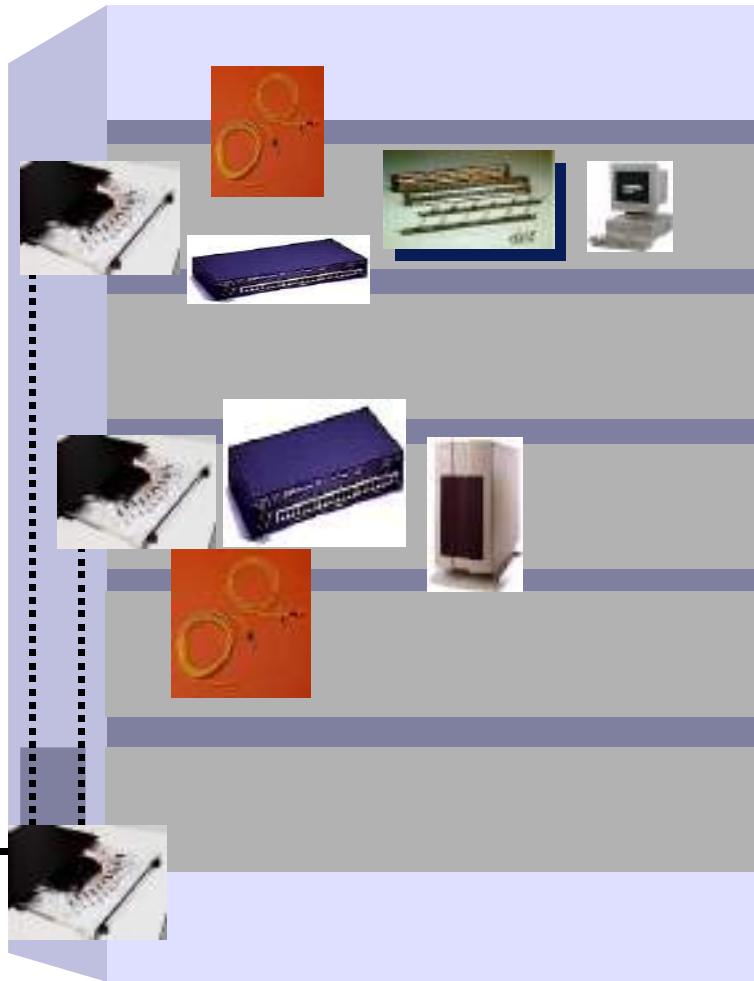
- 11. Cada bandeja permite até 12 fibras, com 4 acessos laterais para entrada de cabos ou cordões ópticos.

Aplicação de Fibras Ópticas em Cabeamento Estruturado

Backbone Interbuilding

- O **backbone interbuilding** é composto pelos cabos que interligam os prédios, para os serviços de comunicação de dados. São utilizados cabos de fibra óptica, MMF ou SMF, de acordo com a distância e taxa de transmissão.
- Os cabos de uso externo podem INDOOR/OUTDOOR ou LOOSE, sendo que, existe uma restrição em norma, onde cabos geleados não devem penetrar mais do que 15m no prédio, sendo necessária a sua conversão para cabo de uso interno (TIGHT), com classificação de flamabilidade.
- Esta conversão deve ocorrer no EF e podem ser utilizadas caixas de emenda ou DIO

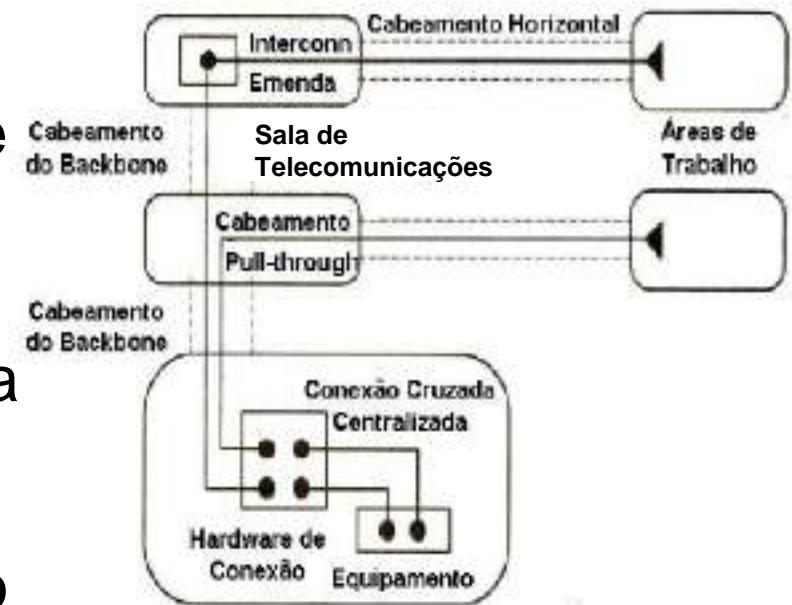
Backbone Intrabuilding



- O **backbone intrabuilding** é composto pelos cabos que ligam a ER aos TR e EF, sendo específicos para uso interno (TIGHT) com classificação de flamabilidade. Estes cabos devem ser terminados em DIO em ambas as extremidades. Os conectores e o tipo da fibra, serão definidos conforme normas, distâncias e taxas de transmissão.

Cabeamento Óptico Centralizado

- O cabeamento óptico centralizado é direcionado a instalações que atendem a um mesmo usuário, sendo assim ele pode centralizar o seu equipamento óptico, tendo a alternativa de instalar o DIO na Sala de Equipamentos e a Sala de Telecomunicações torna-se apenas um ponto de passagem .
- Esta escolha diminui a capacidade de manobra do cabeamento, já que o backbone e o horizontal são interligados sem cross-connect .
- A distância máxima permitida da SEQ à área de trabalho, incluindo os patch cords, é de 300m com cabos de uso interno (TIGHT).



FTTD

- O **FTTD (Fiber To The Desk)** é a utilização de cabos de fibra óptica no cabeamento horizontal para atender as áreas de trabalho.
- Os cabos são específicos para uso interno (TIGHT) com classificação de flamabilidade.
- Serão terminados em DIO na TR e nas áreas de trabalho serão conectorizados e conectados a adaptadores nos espelhos das tomadas.
- São utilizadas duas fibras MM por tomada, e a distância total, incluindo os cordões ópticos, deve ser 100m.

Polaridade de Conectores

- As interfaces ópticas dos switch são montadas com, um conector para transmissão (Tx) e outro para recepção (Rx).
- Elas não apresentam a função auto-MDIX, ou seja, não conseguem corrigir automaticamente a conexão enganada das posições TX e RX.
- Nos conectores SC simplex, manualmente, podemos mudar sua posição e estabelecer o contato.
- Com a utilização de **conectores duplex** (os dois conectores estão unidos), como **MT-RJ**, não é possível fazer este tipo de correção.

Polaridade de Conectores

Soluções

- A ligação entre os DIOs do MC (CD) com os DIOs do HC (FD) ou IC (BD) é do tipo direta e os cordões ópticos são do tipo crossover;
- A ligação entre os DIOs do MC (CD) com os DIOs do HC (FD) ou IC (BD) é do tipo crossover e os cordões ópticos são do tipo direto;
- Nas ligações do cabeamento horizontal (FTTD), entre tomada de telecomunicações e DIO do HC (FD) ou com cabeamento centralizado, é do tipo crossover e os cordões ópticos são do tipo direto (TIA/EIA568B).

Infra-estrutura para cabeamento óptico

- Para que uma instalação de uma rede óptica seja considerada de boa qualidade, é necessário que a infra-estrutura seja adequada e esteja em boas condições;
- Existem vários tipos de infra-estrutura para os mais variados tipos de rede óptica, logo, suas características poderão variar, fazendo com que a sua instalação deva ser baseada em normas e parâmetros destinados a esta finalidade.

Infra-estrutura para cabeamento óptico

Encaminhamento dos Cabos

- As tubulações, canaletas, eletrocalhas, caixas de passagem, derivações, curvas, etc, deverão ter dimensões adequadas e proporcionar proteção suficiente para o cabeamento óptico que irão comportar.
- Além disso, as mesmas não poderão estar ocupadas por outros cabos que não sejam da rede.
- Apesar de os cabos ópticos serem totalmente imunes às interferências eletromagnéticas, é totalmente recomendável que a infra-estrutura para rede seja separada da rede elétrica para que possíveis acidentes sejam evitados.
- Devem ser tomados cuidados com relação às dimensões da infra-estrutura pois, os cabos ópticos em especial possuem certas restrições relacionadas com as condições da instalação.

Infra-estrutura para cabeamento óptico

Raio de Curvatura dos Cabos

- Nos cabos ópticos não se permite em nenhuma hipótese torções ou nós, portanto, existem recomendações rigorosas com relação ao raio de curvatura mínimo dos cabos ópticos, cujo valor varia de acordo com o diâmetro de cada cabo óptico.
- Contudo, recomenda-se que o raio de curvatura mínimo não seja inferior a 200 mm, limite a partir da qual, a possibilidade de se aumentar a atenuação na fibra óptica torna-se grande, independentemente do cabo a ser instalado.

Infra-estrutura para cabeamento óptico

Número de Curvas

- Além do raio de curvatura, deve se atentar para o número de curvas em um encaminhamento de um cabo óptico pois, como as curvas contribuem para o aumento da atenuação, é recomendável que o número de curvas seja minimizado.
- Este detalhe também está relacionado ao tracionamento do cabo, isto é, quanto maior o número de curvas, maior será o tracionamento e, considerando-se que existe um limite quanto à capacidade máxima de tração para cada cabo, isto também poderá trazer danos como o aumento irreversível da atenuação.

Infra-estrutura para cabeamento óptico

Terminações dos Cabos Ópticos

- Nas terminações deverá existir uma infra-estrutura que proporcione uma proteção aos cabos até próximo aos equipamentos ou acessórios.
- Logicamente, esta infra-estrutura irá variar de uma situação para outra, mas em geral baseiam-se em tubulações, caixas de passagem, eletrocalhas, etc.
- Deve se tomar bastante cuidado nas terminações pois, são os pontos de maior fragilidade da rede.

Infra-estrutura para cabeamento óptico

Infra-Estrutura para os Equipamentos

- Deverá ser a mais adequada e protegida possível, pois neste local estarão concentrados todos os equipamentos que irão realizar o controle operacional da rede.

Emendas Ópticas

Emendas ópticas

- As emendas surgem da necessidade de se dar continuidade a um lance de cabo óptico que esteja sendo instalado:
 - **unindo esse cabo a uma extensão óptica dotada de um conector**
 - **converter um tipo de cabo (loose) para outro tipo de cabo (tight)**
 - **conexão de um equipamento de teste, entre outras aplicações.**
- Quanto às terminações ópticas, elas são constituídas de **conectores ópticos** que realizam a **conexão do cabo óptico ao terminal do equipamento.**

Emendas ópticas

- 1. Decapar o cabo – o primeiro passo para a emenda é decapar o cabo e remover a fibra de aramida, sendo que cada tipo de cabo, possui um processo de decapagem de acordo com a sua proteção;



- 2. Remover o tubo loose – para os cabos loose, deve ser removido o tubo loose e executada a limpeza de toda a geléia;



Emendas ópticas



- 3. Decapagem da fibra – após efetuar a limpeza do acrilato (remoção da geléia), com o uso do decapador, deve-se remover o acrilato;



- 4. Limpeza da fibra – a limpeza deve ser executada com álcool isopropílico e gaze ou lenço de papel, sempre no sentido para fora da fibra;
- 5. Clivagem da fibra – o processo de clivagem, trata-se do corte da fibra em 90º, com o uso do clivador. Após o processo de clivagem, a fibra não deverá mais ser limpa.



S 321



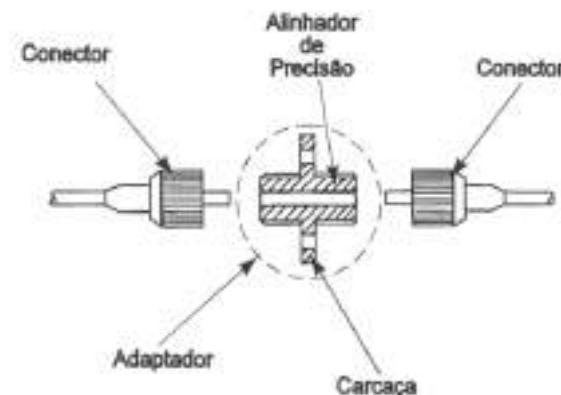
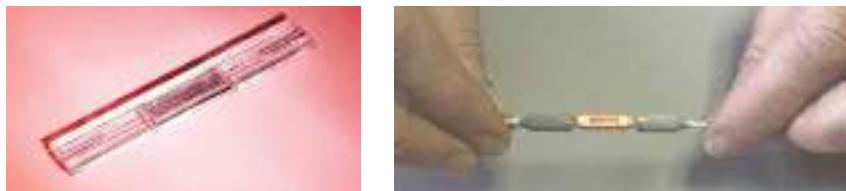
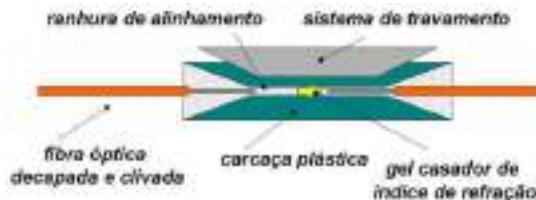
S310



S 323

Emendas ópticas

- 6. Emenda da fibra – A emenda poderá ser executada por processo mecânico, por conectorização ou por fusão.



Processo de emenda por fusão de fibras ópticas

- Esse processo caracteriza-se por “fundir” as extremidades das fibras ópticas com o uso de uma máquina de fusão. É o processo mais utilizado e com o menor nível de atenuação.



S - 199



S - 175

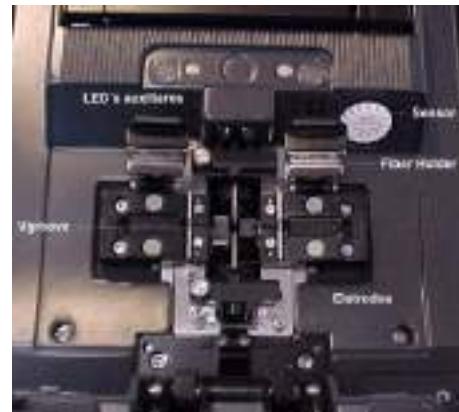


S - 148



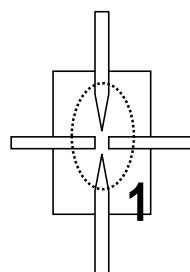
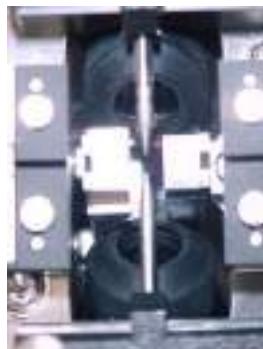
S - 174

- As fibras devem ser inseridas no V-Groove, que irá alinhar as fibras de forma que as faces cortadas delas fiquem paralelas entre si.

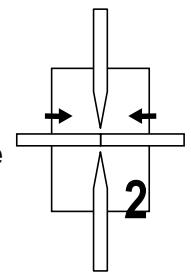


Processo de emenda por fusão de fibras ópticas

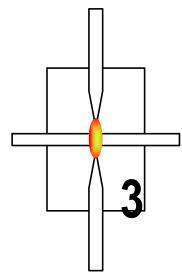
- Após isso, as fibras são aproximadas pelo V-Groove, até a distância de aproximadamente 1 μm entre elas e são inspecionadas e fundidas.



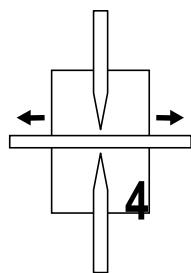
Inspeção,
alinhamento e
aquecimento
dos eletrodos



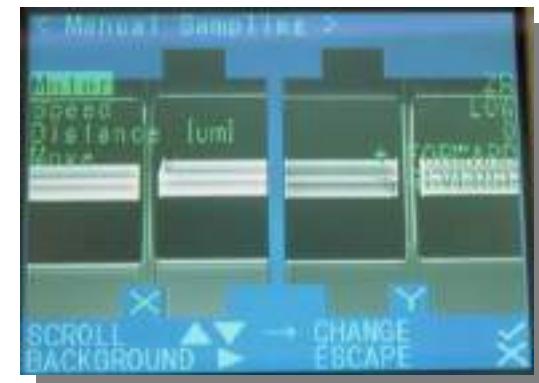
Aproximaçã
o das fibras
em
velocidade
controlada



Geração de
arco voltaico
e fusão a
aprox. 2000°C



Inspeção da
emenda, com
estimativa de
atenuação e
teste de tensão



Certificação e Testes em Fibras Ópticas

Certificação e testes em fibras ópticas

- Após a instalação da **rede óptica**, com todos os seus componentes, devemos executar os testes de certificação do cabeamento óptico da rede, para verificar se a rede está disponível para o uso e apontar as falhas a corrigir.
- Portanto, é de fundamental importância, que a rede seja **certificada** convenientemente antes de ativada.

Medições realizadas em laboratório

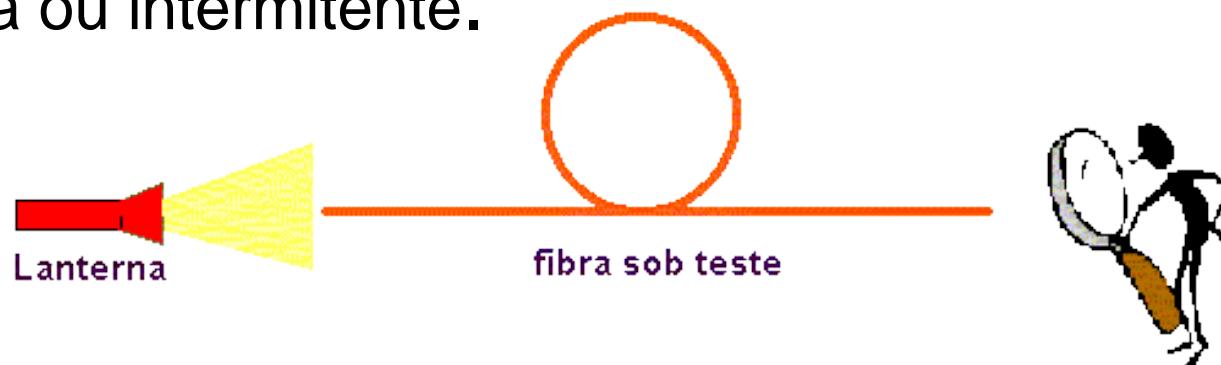
- Dispersão cromática;
- Largura de banda;
- Comprimento de onda de corte;
- Diâmetro do campo modal;
- Características geométricas;
- Atenuação espectral.

Apesar dos cabos e acessórios já saírem **pré-testados** da fábrica, faz-se necessário realizar testes em campo depois da instalação, para avaliar a continuidade e atenuação dos lances ópticos.

Medições realizadas em campo

Testes de Continuidade

- São testes que verificam se a luz passará de uma extremidade do enlace para outra.
- Um teste consiste em utilizar uma fonte luminosa, por exemplo uma lanterna, em uma das extremidades e observa-se na outra.
- Outro teste utiliza um dispositivo chamado de **Visual Fault Locator (VLF)**, que é uma fonte luminosa, normalmente laser, na cor vermelha, operando de forma contínua ou intermitente.



Medições realizadas em campo

Cuidado

Nunca olhe diretamente para a extremidade de um cabo de fibra que esteja conectado em um dispositivo ativo na outra extremidade.

As fontes de luz por LED ou Laser, usadas pelos fabricantes do equipamento, geralmente operam em infravermelho e podem prejudicar a visão.

Medições realizadas em campo

Testes de Atenuação

- Os testes de atenuação verificam a perda de potência que sofrerá o sinal luminoso ao percorrer o canal óptico.
- Cada aplicação (Ethernet, ATM, etc.) suporta uma atenuação máxima relacionada a taxa de erros.
- Ao elaborar o projeto do enlace, é calculada a **atenuação total**, composta pela soma das atenuações das fibras, emendas e conectores, para atender as aplicações desejadas na distância existente.
- Se as fibras forem acomodadas com raios de curvatura inadequados, as emendas forem mal feitas, os conectores forem de baixa qualidade ou a fibra for danificada no puxamento, a atenuação total poderá aumentar e ultrapassar o valor crítico.

Medições realizadas em campo

Testes de Atenuação

- As perdas associadas à atenuação são chamadas de perdas de inserção e são medidas em dB, e seguem as normas ANSI/TIA/EIA 568B.
- Para as fibras multímodo (MM), os testes são baseados nas referências da TIA/EIA-526-14 método B e para as fibras monomodo (SM) na TIA/EIA-526-7 método A.1.
- São reconhecidos por norma os seguintes testes:
 - **Teste de atenuação absoluta**
 - **Testes analíticos.**

Testes de Atenuação Absoluta

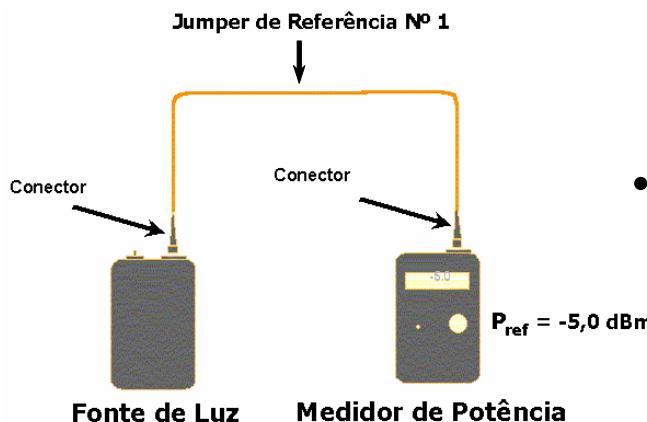
- Comprendem as medidas de atenuação dos links ópticos em 850nm e 1300nm para fibras multimodo e 1.310nm e 1.550 nm para fibras monomodo. O objetivo é determinar quanto de potência óptica é perdida no enlace, por meio dos testes executados com o Power Meter.



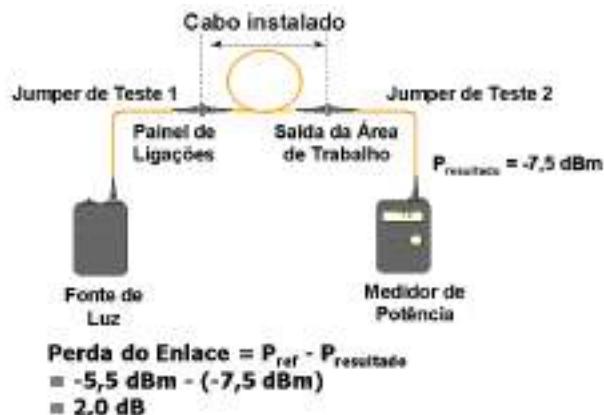
Referência para Calibragem

- Os níveis de potência óptica são medidos em dBm, que é uma medida de potência com relação a 1 miliWatt, onde 0dBm é igual a 1mW da potência.

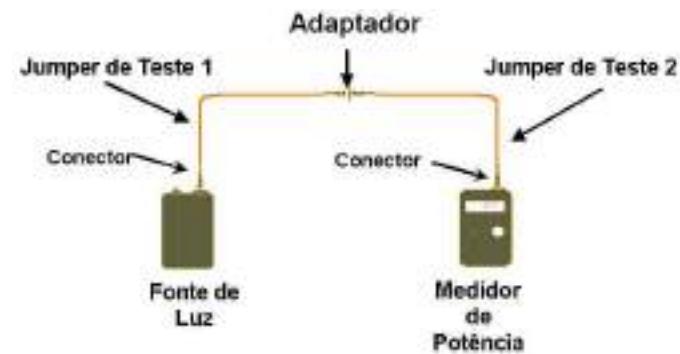
Testes de Atenuação Absoluta



- 1. Calibrar o aparelho com o jumper de teste e medir a potência de referência;
- 2. Incluir o segundo jumper de teste e medir a potência que deverá ser de no máximo 0,75db acima da potência de referência;

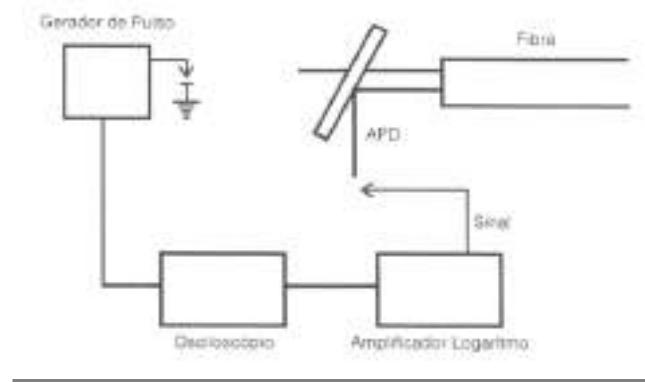


- 3. Medir a perda do lance e diminuir o valor da potência de referência;



Testes Analíticos

- Os testes analíticos são executados por equipamentos denominados reflectômetros ópticos no domínio do tempo (OTDR - Optical Time Domain Reflectometer), cujo funcionamento se baseia na emissão de pulsos de luz de curta duração com comprimentos de onda em 850, 1.300, 1.310, 1.330 e 1.550 nm.
- Os pulsos de luz são gerados por um laser controlado por um gerador de pulsos, e o sinal refletido é captado por um fotodetector, que o transmite a um estágio que se encarregará de realizar a análise do sinal.
- O sinal refletido fornece informações a respeito do estado do enlace óptico e indica o comprimento pela medida do tempo de propagação do pulso.

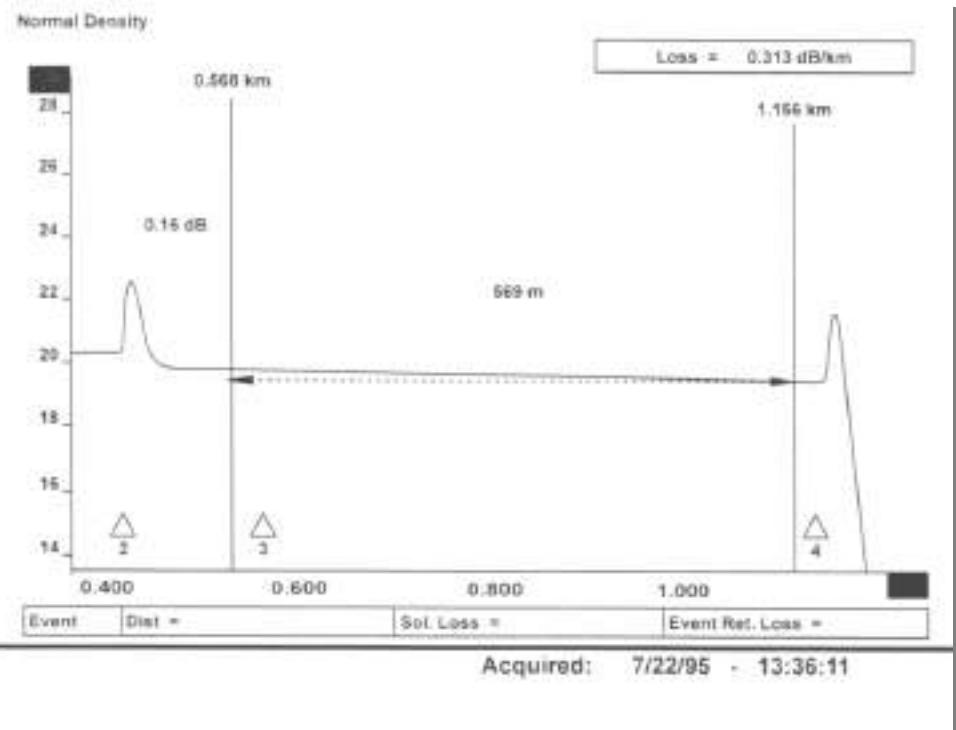
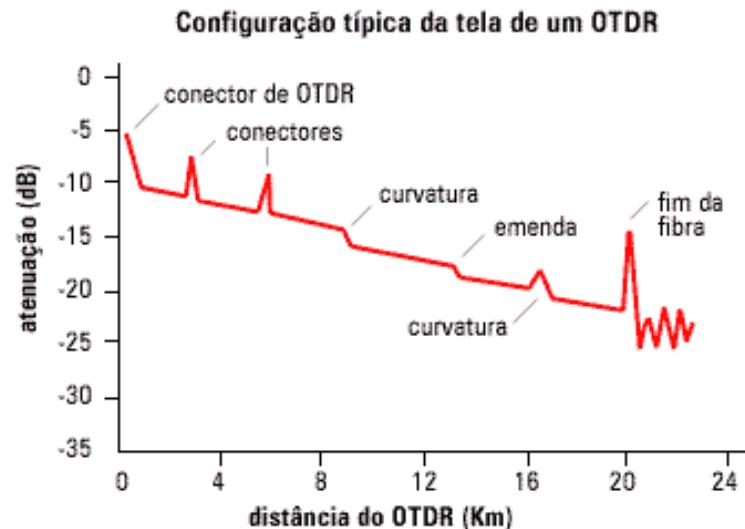


Testes Analíticos

- O OTDR proporciona uma curva que relaciona atenuação e o comprimento do enlace óptico, tornando possível uma análise mais apurada.
- O OTDR, proporciona condições para diagnosticar eventuais defeitos devido à atenuação do cabo óptico, atenuação localizada, conectores com defeito ou cabos com elevada atenuação e ruptura.



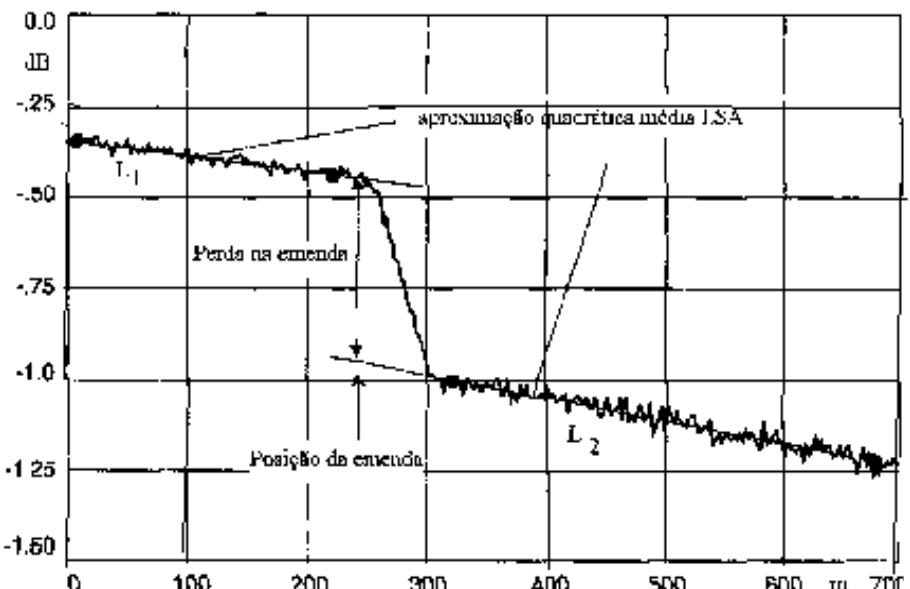
Curva característica de um OTDR



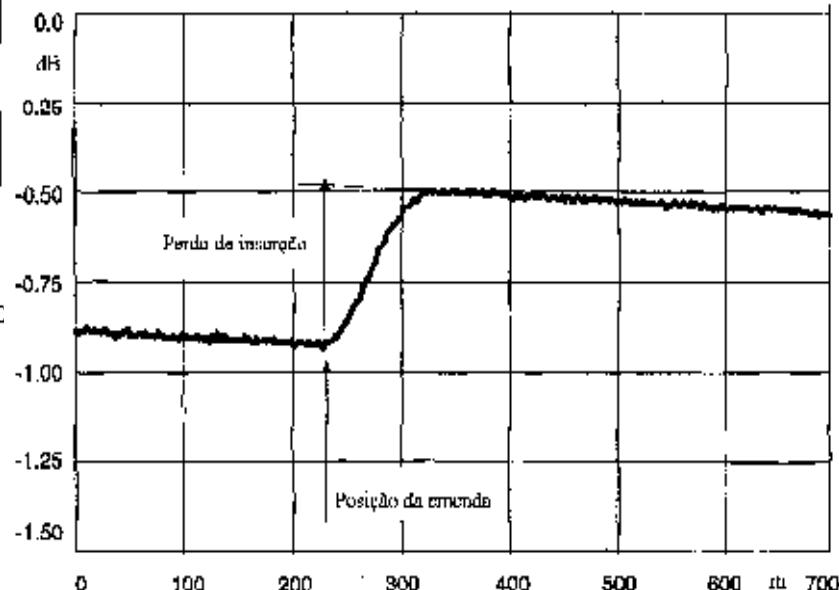
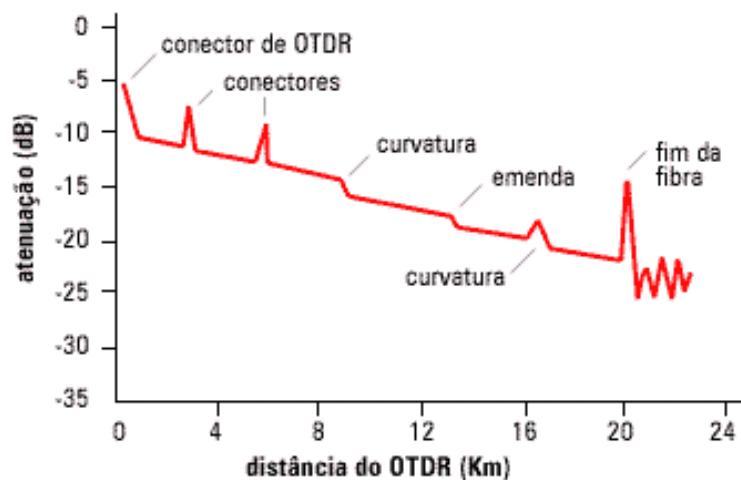
Detalhes de medição do OTDR

- Em pequenos lances medidos com o OTDR encontramos uma região onde a energia dos sinais refletidos satura o receptor óptico. Neste caso, quando o OTDR converte o tempo em distância, a medida não é precisa, sendo esta região conhecida por zona morta.
- Um recurso utilizado para evitar os efeitos da zona morta em pequenos trechos de fibra é a utilização da **fibra de lançamento**, que consiste numa bobina com no mínimo 500m de fibra, com as mesmas características da extremidade conectorizada, para ligação ao OTDR e a outra extremidade, por exemplo, para ligação a um DIO, melhorando a precisão da medida.

Medidas em Emendas

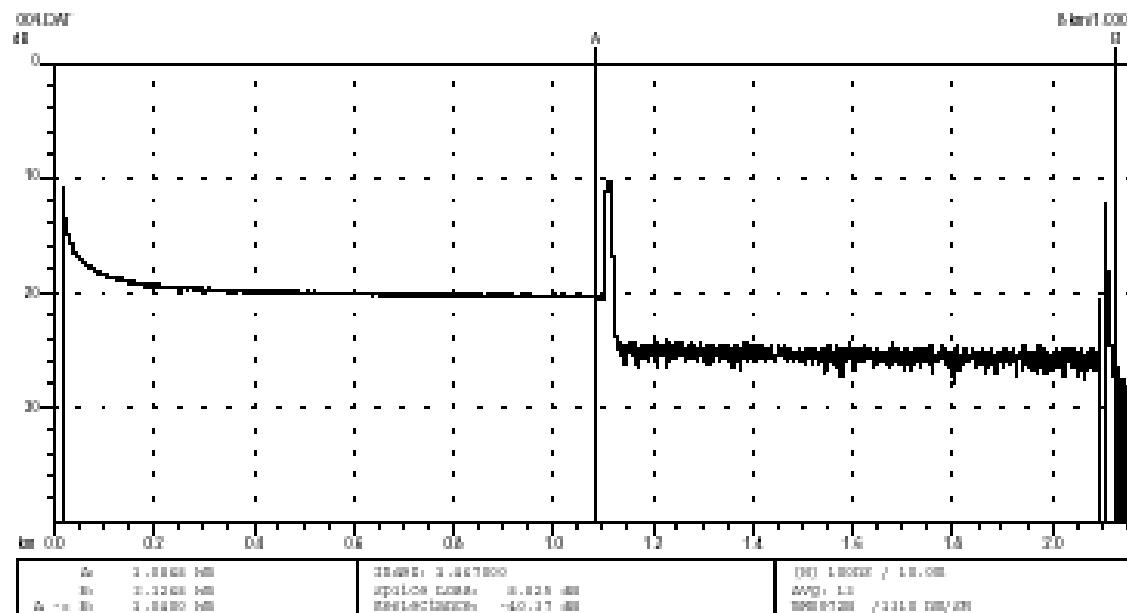


Configuração típica da tela de um OTDR



Relatório de teste de OTDR

Anritsu TraceView - Version 3.1a
Data: 04/05/08 Time: 09:18 AM



----- Page 1 -----
|Cable I.D.: |
|Fiber No.: |Fiber Type: |
|Sheath Length: |
|Test Site: |
|Far Site: |
|Date: - - - (mm-dd-yy)|
|Operator: |
|Notes: |

Primary Trace: 084.DWT
Date: 01/14/08 Range: 2 Km
Time: 01:02 PM Resolution: 1.000 m
Product Type: Unknown Pulse Width: 100 ns
Opt. Module: mWOTDR Index: 1.447010
Fiber Type: Singlemode Wavelength: 1310 nm
RNG Thresholds:
Loss: 0.01 dB Vert. Shift: 0.000 km
Reflectance: 0.01 dB No. Averages: 12
Fiber Break: 0.01 dB Backscatter: -80.01 Trace Type: Anritsu
Trace Flags:
OFL: N/A

Certificação

- Chamamos de link ou enlace de fibra óptica o cabeamento passivo que inclui o cabo, conectores e emendas entre dois pontos de terminação em hardwares de conexão de fibra óptica. Este cabeamento pode estar instalado em três segmentos básicos:
 - **Cabeamento Horizontal ou Centralizado**
 - **Backbone Interbuilding**
 - **Backbone Intrabuilding**

Cabeamento Horizontal ou Centralizado

- O **cabeamento horizontal** engloba o cabo de fibra óptica, a tomada de telecomunicações da área de trabalho e do DIO, instalado no TR.
- No **link horizontal** necessitamos testar o comprimento de onda de 850 nm e 1300 nm, numa única direção. Os valores de atenuação devem ser inferiores a 2 dB, e quando existir um ponto de consolidação inferiores a 2,75 dB.
- No **link óptico centralizado**, considera-se o trecho da tomada de telecomunicações até SEQ. Deve ser testado da mesma forma do link horizontal, observando que as perdas de atenuação devem ser inferiores a 3,3 dB e se existir um ponto de consolidação a 4,1 dB.
- A certificação será executada com o **Powermeter** não sendo necessária a utilização do OTDR.

Backbone Intrabuilding

- O caso de **backbones intrabuilding** temos três situações:
 - Main cross-connect até o Intermediate cross-connect;
 - Main cross-connect até o Horizontal cross-connect;
 - Intermediate cross-connect até o Horizontal cross-connect.
- Em todas estas situação devemos testar, nas duas direções, nos comprimentos de 850nm e 1300nm para fibras multímodo e 1310nm e 1550nm para fibras monomodo.
- A certificação será dada pelos resultados do Powermeter e a utilização do OTDR é obrigatória quando os resultados estiverem com problemas.

Backbone Interbuilding

- No caso de **backbones interbuilding** devemos testar, nas duas direções, nos comprimentos de 850nm e 1300nm para fibras multímodo e 1310nm e 1550nm para fibras monomodo.
- A certificação será dada pelos resultados do powermeter e do OTDR.

Cálculo de Atenuação (Power Budget)

- Para as fibras óptica multímodo a Perda de Inserção deve ser testada em 850 nm e 1300 nm de acordo com ANSI/EIA/TIA-526-14A, Method B, One Reference Jumper ou método equivalente.
- Para as fibras ópticas monomodo a Perda de Inserção deve ser testada em 1310 nm e 1550 nm de acordo com ANSI/TIA/EIA-526-7, Method A.1, One Reference Jumper ou método equivalente.
- As **emendas de fibras ópticas**, sejam elas mecânicas ou por fusão, não podem exceder o valor máximo de atenuação de **0,3 dB**, quando medido de acordo com as normas EIA/TIA-455-59 (em campo) ou EIA/TIA-455-34, Método A (em fábrica). Recomenda-se que sejam utilizadas, emendas por fusão, que proporcionam menor atenuação.
- Os pares de **conectores ópticos** não poderão apresentar atenuações superiores a **1,0 dB (0,5 + 0,5)**, pela norma EIA/TIA-455-34. Este valor de atenuação é apresentado para pares de conectores porque, estes estão sempre aos pares.

Cálculo de Atenuação (Power Budget)

- Além dos resultados de perda de inserção medidos devem ser fornecidos o comprimento de cada fibra e o valor esperado de perda de inserção deve ser calculado pela fórmula E3 do Anexo E da ANSI/TIA/EIA-568B.1:

$$\text{AtenLINK} = \text{AtenCABO} + \text{AtenCONECTOR} + \text{AtenEMENDAS}$$

- Aten CABO = é a atenuação em dB/km constante no catálogo do Fabricante multiplicada pelo comprimento do cabo;
- Aten CONECTOR = número de pares de conectores multiplicado por 0,75 dB;
- Aten EMENDAS = número de emendas multiplicado por 0,3dB;
- A perda medida deverá ser dividida pelo comprimento da fibra, em km, para encontrar o valor em dB/km, que deverá ser no máximo igual aos valores da tabela 11, caso contrário o canal deverá ser reinstalado.

Valores de referência do ANSI/TIA/EIA-568B.1 – Anexo E

Tipo da Fibra Óptica	Comprimento de onda do transmissor (nm)	Atenuação (dB/km)	Comprimento de onda do transmissor (nm)	Atenuação (dB/km)
Multimodo 50/125 µm 62,5/125 µm	850	3.5	1300	1.5
Monomodo em cabos internos	1310	1.0	1550	1.0
Monomodo em cabos externos	1310	0,5	1550	0,5

Identificação das fibras ópticas

- Cabos ópticos: deverão ser identificados em ambas as extremidades nos locais visíveis, com materiais identificadores adequados e resistentes às condições de manuseio dos cabos.

ABCD X EFGH, onde:



EFGH: Abreviatura do prédio-destino.
X: Separação das abreviaturas.
ABCD: Abreviatura do prédio de origem

- Plaquetas ópticas: Deverão constar a identificação citada acima e sua rota.



Identificação das fibras ópticas

- **Acessórios ópticos:** Também devem conter uma identificação, cuja característica irá depender de cada acessório óptico. Nas caixas de passagem ou de emenda ópticas e deverá existir uma identificação dos cabos ópticos (identificação e rota) e a numeração dessa caixa para controle. Nos distribuidores ópticos, deve existir uma identificação frontal para distinguir o destino de cada porta óptica.
- **Extensões e cordões ópticos:** Nas extensões, cordões ópticos e terminações ópticas, deve constar a identificação de transmissão (TX) ou recepção (RX) para cada fibra óptica. Essa identificação é necessária para que não ocorram dúvidas entre os terminais de transmissão e recepção, isto é, o terminal de transmissão de um equipamento deve ser interligado ao terminal de recepção do equipamento da outra extremidade do cabo óptico e vice-versa.

Fim