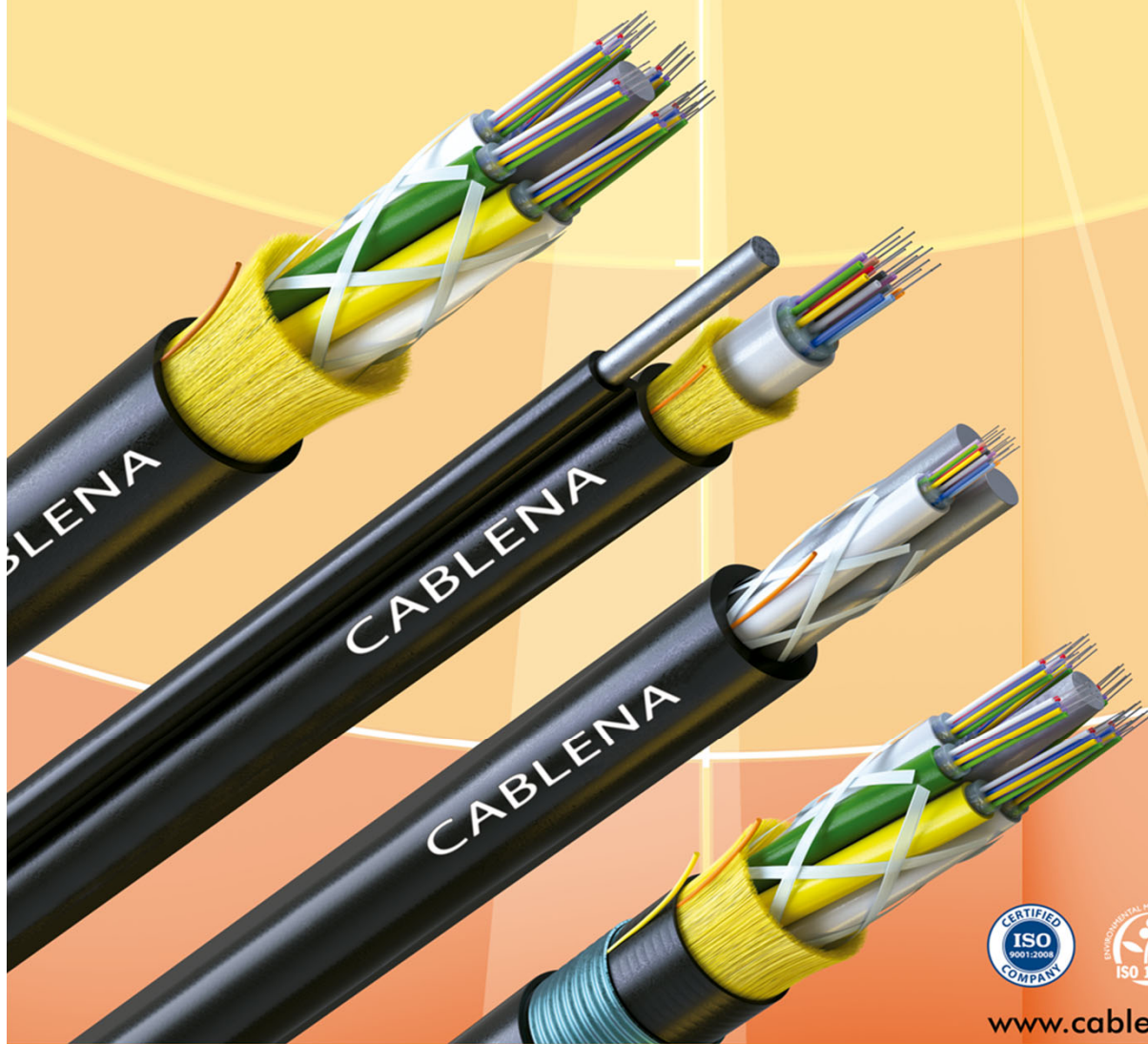




CABLENA
BRASIL

Guia de Cabos Ópticos



www.cablerna.com.br

CABLENA M.R.

<i>Capitulo 1</i>	FUNDAMENTOS DE ÓPTICA	4
	1.1 - Índice de Refração	4
	1.2 - Espectro Eletromagnético	4
	1.3 - Refração - Lei de Snell	5
	1.4 - Reflexão de Fresnel	7
<i>Capitulo 2</i>	FIBRAS ÓPTICAS	8
	2.1 - Guia de Onda Óptica	8
	2.2 - Tipos de Fibra Óptica	9
	Classificação das fibras de acordo com ITU-T Recommendation	10
	Código de Fibras	11
	Tipos de Redes	11
	2.3 - Características	12
	Atenuação	12
	Dispersão	14
	Largura de Banda	16
	Efeitos não Lineares	17
	2.4 - Modulação	17
	2.5 - Fibra Óptica Corning / Cablena	19
<i>Capitulo 3</i>	CABOS ÓPTICOS	23
	3.1 - Cabos para Interiores	24
	3.2 - Cabos para Exteriores	26
	Cabos Autossustentados	27
	Cabos Direto em Duto	28
	Cabos Anti Roedor	29
	Cabos Drop	30
	3.3 - Cabos Especiais	31
	Cabos OPGW	31
	Cabos Submarinos	32
	3.4 - Padrão de Cores	33

<i>Capitulo 4</i>	SISTEMAS ÓPTICOS	34
	4.1 - Conectores e Emendas	34
	4.2 - Fontes e Detectores de Luz	36
	4.3 - Divisores Ópticos	40
	4.4 - Amplificadores Ópticos	40
	4.5 - Medição de Potência	41
	4.6 - Projeto de um link	42
<i>Capitulo 5</i>	APLICAÇÕES	43
	5.1 - Telefonia Urbana	43
	5.2 - Rede Digital Integrada	44
	5.3 - Longa Distância	45
	5.4 - Televisão a Cabo	47
	5.5 - Rede de Banda Larga	47
	5.6 - Redes Locais	49
	5.7 - Indústria	50
	5.8 - Fibras ópticas em linhas de alta tensão	50
<i>Capitulo 6</i>	RECOMENDAÇÕES	52
	6.1 - Qualidade	52
	6.2 - Manuseio	52
	6.3 - Armazenamento	53
	6.4 - Instalação	54
	6.5 - Boas Práticas de Instalação de cabos ópticos de acesso - Drop Fig 8	56
	6.6 - Boas Práticas de Instalação de cabos Ópticos Autossustentados	63
-	PRESEÇA NO BRASIL	69
-	PRESEÇA INTERNACIONAL	70

Guia de Fibras Ópticas

Direitos Reservados 1998 por ConduTel S.A de C.V

Tradução por Cablena do Brasil Ltda

Cablena do Brasil LTDA
Av. Américo Simões, 1400 - Itupeva - São Paulo - SP - CEP. 13295-000
55 11 2175 -9250
www.cablena.com.br

1.1 - Índice de Refração

A luz viaja no vácuo em uma velocidade de 300.000km/s. Em um ambiente gasoso como a ar, a velocidade é similar e para cálculos práticos deve-se utilizar o mesmo valor; No entanto, em qualquer material a velocidade sempre é menor.

Em sólidos ou líquidos a redução do valor mencionado é mais significativo já que a velocidade que a luz alcança neste casos é uma característica própria de cada material, de forma análoga às características de condutividade elétrica de cada metal.

À relação que existe entre a velocidade da luz no vácuo e em um determinado material é chamada de “Índice de Refração”. Como a velocidade no vácuo é a máxima possível, o índice de refração sempre é maior a um.

Abaixo se mostram alguns exemplos:

Material	Índice
Vácuo	1.0
Ar	1.0003
Gelo	1.31
Água	1.33
Quartzo	1.55
Vidro	1.53
Mica	1.67
Diamante	2.5

Os valores da tabela são uma média da velocidade para a luz visível já que a velocidade da luz em um material varia segundo o seu comprimento da onda.

1.2 - Espectro Eletromagnético

A luz pode ser estudada de diferentes maneiras:

- Para prever seu comportamento em lentes e espelhos, a óptica geométrica a define como raios que viajam em movimento retilíneo
- Para analisar os seus efeitos fotoelétricos, a luz é vista como composta por pacotes de energia chamados fótons
- Finalmente, para explicar os diferentes comportamentos e estudar a fundo seu mecanismo de propagação, devemos estudá-la utilizando a teoria de propagação de ondas eletromagnéticas.

Partindo deste ponto de vista, a luz constitui-se por uma gama continua de energia do mesmo tipo (campos elétricos e magnéticos transversais) que se distingue pela frequência de oscilação dos campos. O conjunto destas frequências forma o espectro eletromagnético que cobre desde as energias de frequência subsônica até os raios cósmicos, passando pelas bandas de áudio, de radiofrequência e micro-ondas que se usam para diferentes serviços de comunicação e navegação.

A velocidade angular (ω) de uma onda e sua frequência (f) estão relacionadas com seu comprimento de onda (λ) segundo as equações:

$$\omega = 2 \pi f \qquad \omega \times \lambda = C$$

C é a velocidade da luz no vácuo = 300.000km/s

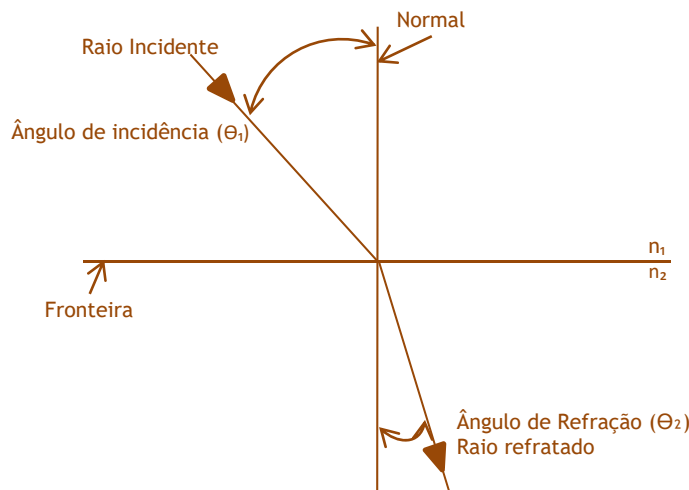
Nas bandas de áudio até as de micro-ondas, classificamos as ondas por sua frequência. A partir da banda de infravermelho as classificamos segundo o seu comprimento de onda.

Na luz visível, a diferença de comprimento de onda é o que o olho capta como cores distintas. Nas comunicações ópticas a luz é infravermelha, não visível pelos seres humanos.

Os valores de índices de refração mencionadas são uma média entre os valores para a luz visível e infravermelha. Com o comprimento de onda este índice muda, da mesma forma que a atenuação, por isso é necessário selecionar certos valores de comprimento de onda para operação de um sistema de comunicação óptica, valores estes denominados “janelas de transmissão”.

1.3 - Refração - Lei de Snell

A luz que se propaga em um material com índice de refração n_1 ao encontrar um outro material com índice de refração distinto n_2 sofre um desvio na passagem, como mostra a figura 1:



O ângulo resultante se determina pela Lei de Snell, que o relaciona com o ângulo de incidência e o índice de refração de cada material.

$$n_1 \text{ sen } \theta_1 = n_2 \text{ sen } \theta_2$$

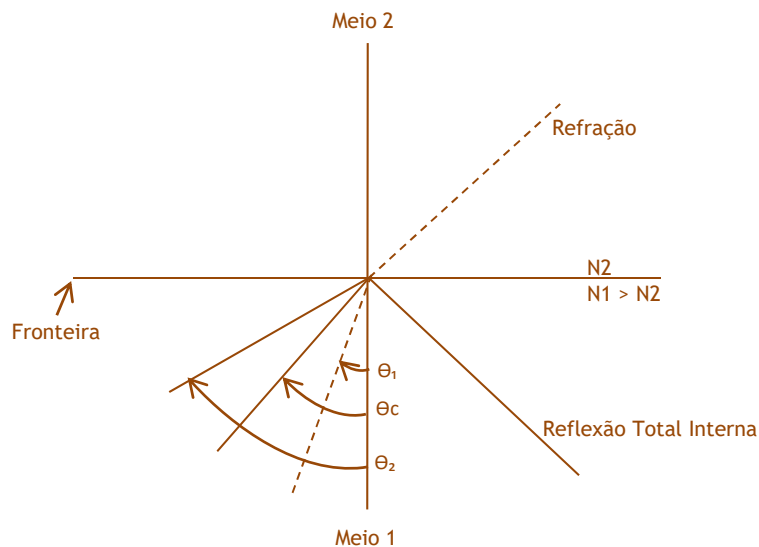
Se n_2 é maior que n_1 , o ângulo de refração aproximará o raio de luz à normal, distanciando o mesmo da fronteira entre os dois meios.

Ao contrário, se n_1 é maior que n_2 o ângulo de refração aproximará o raio à fronteira. O ângulo de incidência pode aumentar até alcançar o valor crítico θ_c , que fará com que o raio incidente não seja refratado para o outro meio, mas propague-se paralelamente à fronteira entre os dois meios. A partir desse ângulo crítico, já não é possível ter refração.

O ângulo crítico é obtido considerando que o seno do ângulo de refração é 1 (90°).

$$n_1 \times \text{sen } \theta_c = n_2 \times 1 ; \quad \text{sen } \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

Quando o ângulo de incidência da luz for maior que o crítico, o raio de luz não se refratará, passando a ser refletido no mesmo meio com um ângulo simétrico ao de incidência, como se a fronteira fosse um espelho. A este fenômeno se conhece como reflexão total interna e é o princípio que rege o funcionamento das fibras ópticas.

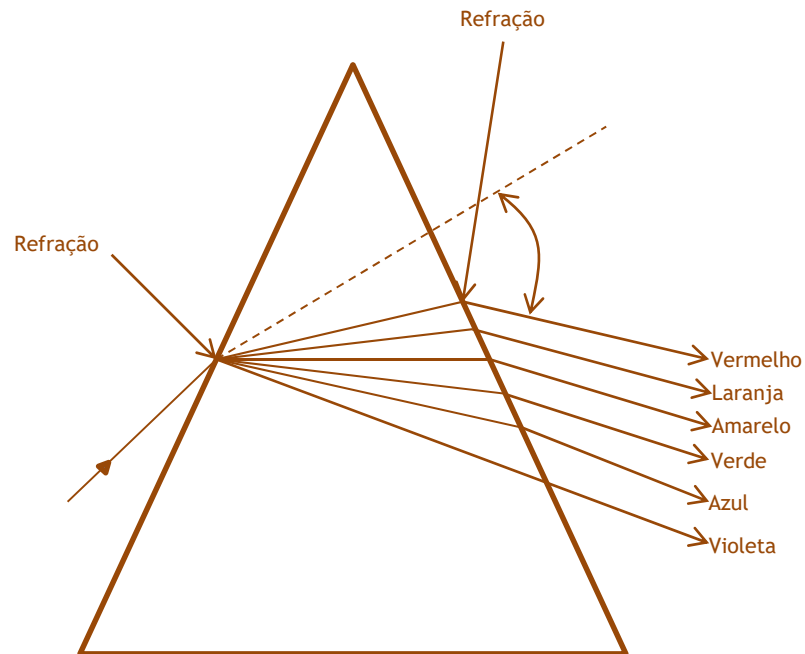


Se a esta análise de óptica geométrica se agrega o conceito óptica ondulatória e seu espectro, se obtém um novo conceito, que demonstra que o índice de refração varia com o comprimento de onda da luz.

De acordo com a lei de Snell, o índice de refração variável permite que distintos comprimentos de onda tenham ângulos de refração distintos. Um exemplo é a separação da luz branca em seus componentes por meio de um prisma.

O prisma é um corpo poligonal que apresenta a trajetória da luz em 2 fronteiras não paralelas; os raios de luz sofrem uma refração ao entrar ao prisma e outra ao sair.

Prisma



Nas fibras ópticas esta mudança de índice de refração resulta em um efeito adverso chamado dispersão cromática.

1.4 - Reflexão de Fresnel

Ao passar a luz de um meio a outro com índice de refração (η) distinto, sempre há uma pequena fração que se reflete, na proporção da diferença de índices. Para o caso da luz saindo ou entrando da fibra ao ar, cujo índice de refração de aproxima a 1, a reflexão de Fresnel (ρ) se determina pela equação:

$$\rho = \left(\frac{\eta - 1}{\eta + 1} \right)^2$$

A perda de potência luminosa (α) devido a esta reflexão expressa em decibéis é:

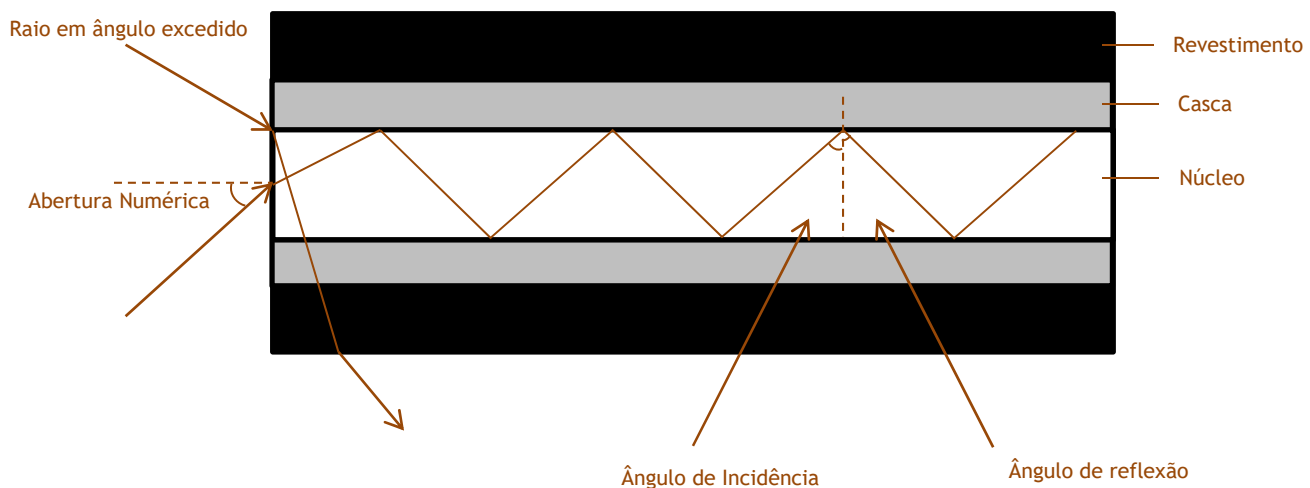
$$\alpha = 10 \log (1 - \rho)$$

2.1 - Guia de Onda Óptico

A fibra óptica é um filamento fino de material transparente, geralmente vítreo, cujo índice de refração se obtém com a adição controlada de outros materiais.

O nome técnico da fibra óptica é guia de onda óptico, já que sua função é fazer com que a luz portadora de informação não viaje em linha reta mas no trajeto da fibra. Contém 2 elementos concêntricos que tem índices de refração diferentes:

- A parte central, chamada de núcleo, onde viaja a maior parte da luz
- Uma cobertura que envolve o núcleo, formando a fronteira necessária para produzir o fenômeno de reflexão total interna



A figura 4 mostra um corte transversal de fibra. Um feixe de luz que entra pelo extremo da fibra em uma direção determinada, chega até a fronteira entre as 2 zonas com um ângulo maior ao crítico e regressa pelo núcleo por reflexão interna. Ao chegar ao outro lado do núcleo, encontra uma fronteira paralela e se repete o fenômeno. Através deste mecanismo a luz pode ser guiada e propaga-se ao longo do comprimento da fibra.

Se a luz que entra pelo extremo da fibra o faz com um ângulo demasiadamente inclinado, fe forma a encontrar a fronteira entre o núcleo e a casca com um ângulo inferior ao ângulo crítico, não ocorre a sua transmissão, ela é refratada para a casca e se perde. O ângulo máximo que a luz pode entrar e ser transmitida é um parâmetro da fibra. Ao seno deste ângulo se denomina abertura numérica e é determinada pela relação de índices de refração de núcleo e casca:

$$NA = \sqrt{n^2_1 - n^2_2}$$

2.2 - Tipos de Fibra Óptica

A fibra óptica pode ser fabricada utilizando-se como matéria prima básica o vidro ou o plástico. As fibras feitas com material plástico são utilizadas para transmitir luz para fins de iluminação, instrumentação ou decoração. Para telecomunicações se utilizam fibras ópticas de vidro porque tem melhores características para transmitir informação.

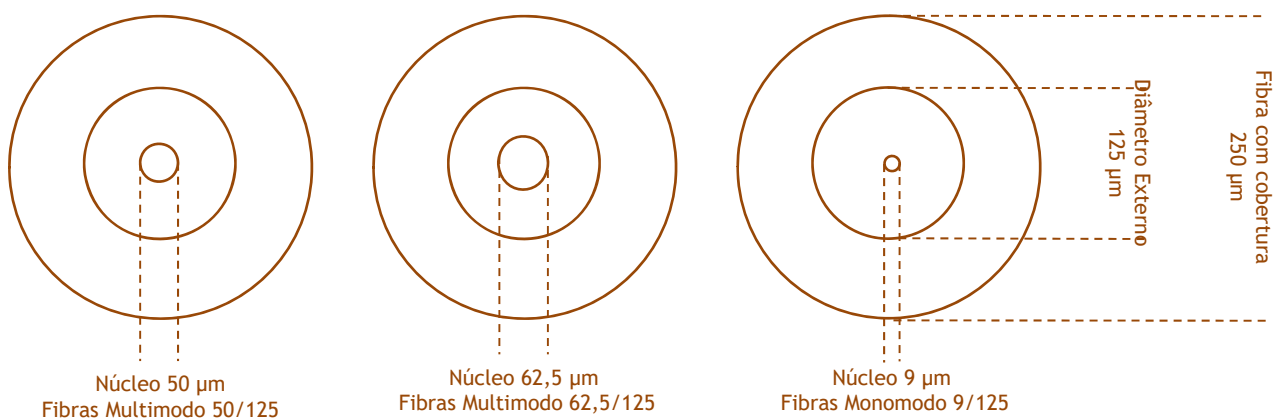
As fibras ópticas têm grande vantagem para transmissões de sinais em comparação com os cabos de cobre:

- Atenuação muito baixa, o que permite alcançar grandes distâncias sem necessidade de repetidores
- Grande capacidade de transmissão de informação, em formato analógico ou digital
- Imunidade contra interferência eletromagnética
- Leves e Compactas

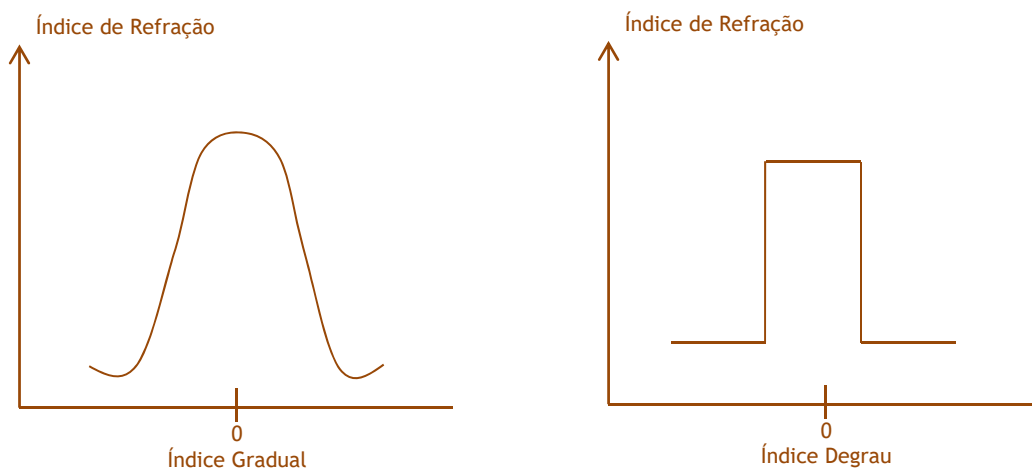
As fibras são classificadas como singlemode, monomodo ou unimodo (SM ou UM) e multimodo (MM) de acordo com o diâmetro do núcleo. Como se mostra na figura abaixo, as fibras monomodo tem um diâmetro pequeno, cerca de 8 ou 9 microns, onde se pode transmitir um único feixe de luz, ou seja, um modo de propagação. Ao contrario, nas fibras multimodo podem viajar vários feixes de luz de forma simultânea. Como podem existir distintos diâmetros de núcleo que cumpram esta condição, se costuma identificar as fibras multimodo com o diâmetro expressado em microns: 50, 62,5 ou 85 e 100 (menos comuns).

Nas fibras SM e MM o diâmetro externo da fibra é uma medida padrão de 125 microns (exceto a de 100 que tem 140 microns de revestimento). Em torno do vidro há uma cobertura plástica de proteção com 250 microns.

Dimensões da Fibra Óptica



As fibras também se diferenciam por seu perfil de índice de refração, que se refere à forma como varia o índice de refração do material ao passar da casca ao núcleo. Se a mudança é abrupta, se a fibra é denominada de índice degrau; se é mais suave, se chama índice gradual. A figura abaixo mostra um gráfico como exemplo; no eixo das abscissas se representa o deslocamento transversal na fibra atravessando o núcleo. No eixo das ordenadas se representa o índice de refração.



Nas fibras MM para comunicações o perfil é gradual e nas SM standard é degrau. Nas fibras SM DS (Dispersão deslocada) usadas em grandes distâncias se modifica o perfil, permitindo uma diminuição da dispersão cromática.

Outro tipo de fibra SM DS está projetada para transmitir simultaneamente vários comprimentos de onda.

Classificação das fibras de acordo com as Recomendações da ITU-T (União Internacional de Telecomunicações)

Códigos de Fibras:

G.652D

Fibras Monomodo Standard

É o tipo de fibra mais comum encontrada no mercado. Opera em todas as faixas do espectro óptico (Bandas O, E, S, C, L e U), baixo pico d'água e baixo PMD.

Seu uso se adapta bem a sistemas WDM.

Raio Mínimo de Curvatura - 30mm

G.653

Fibra Monomodo DS

Quando foi lançada acreditava-se que seria a fibra ideal para longos enlaces por sua dispersão zero. A limitação relativa à dispersão cromática levou-a no entanto, em pouco tempo, ao desuso sendo substituída pela fibra NZD

G.655

Fibra Monomodo NZD (non zero dispersion)

Foi criada para corrigir as falhas da fibra DS

Pode ser utilizada em sistema WDM, CWDM e DWDM

Ideal para transmissões de sinais por longas distâncias

G.651

Fibra Multimodo

Ideal para ambientes internos e de curtas distâncias.

50/125 μ m - 10 Gbps

62,5/125 μ m - 2,5 Gbps

G.657

Fibras Monomodo BLI

Sua principal característica é a baixa sensibilidade à curvatura (que chega a 5mm contra os 30 mm da fibra SM standard)

Ideal para usos internos, em cordões e com manuseio por usuários em geral.

Tipos de redes

WDM (Wave Division Multiplex): sistema de multiplexação que possui espaçamento de 12,5 GHz e pode variar a quantidade de canais de 4 a 8

Capacidade para tráfego simultâneo de 8 comprimentos de onda por FO

CWDM (Coarse Wave Division Multiplex): sistema de multiplexação que possui espaçamento de 200 GHz e pode variar a quantidade de canais de 4 a 20.

Capacidade para tráfego simultâneo de 20 comprimentos de onda por FO



DWDM (Dense Wave Division Multiplex): sistema de multiplexação que possui espaçamento que varia de 100 GHz a 25 GHz, e pode variar a quantidade de canais de 16 a 128.
Capacidade para tráfego simultâneo de até 160 comprimentos de onda por FO

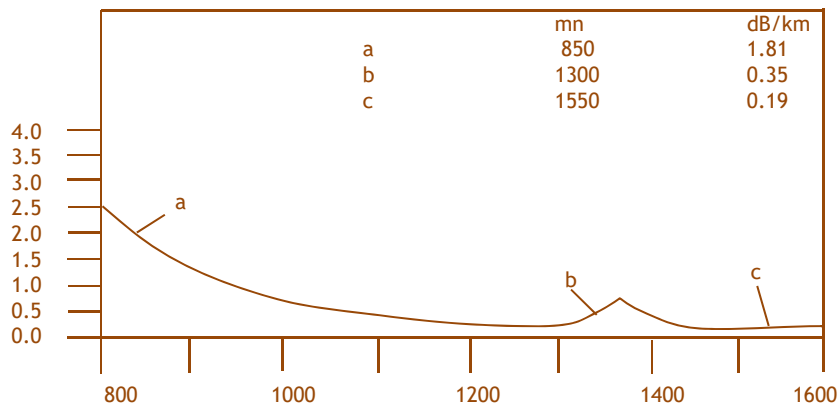
UDWDM (Ultra Dense Wave Division Multiplex): sistema de multiplexação que possui espaçamento menor que 25 GHz e possui uma quantidade de canais superior a 128.
Este sistema ainda encontra-se em desenvolvimento

2.3 - Características

Atenuação

A principal vantagem que têm as fibras para telecomunicações é a baixa perda de potência ao transmitir informação, o que permite fazer enlaces longos sem necessidade de repetidores.

A atenuação que sofre a luz na fibra depende do comprimento de onda. Na figura abaixo é mostrado o gráfico para a zona de espectro de infravermelho que se usa para comunicações ópticas.

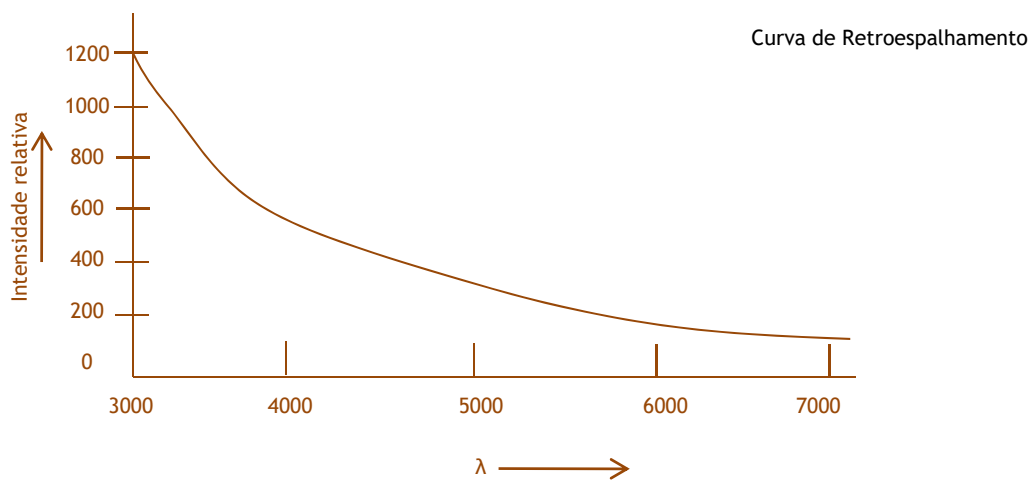


Atenuação Espectral

Os fenômenos que produzem a perda de potência óptica são: Absorção e Retroespalhamento

A absorção é uma propriedade dos materiais que permite que um objeto iluminado com luz branca seja visto com outra cor, já que ele absorve certos comprimentos de onda e reflete outros. As linhas do espectro que se formam quando um material absorve a luz são um meio de identificação para cada uma delas da mesma forma que acontece com a impressão digital de uma pessoa. Esse tipo de perda de potência é intrínseca à fibra e só o que se pode fazer é escolher comprimentos de onda de baixa absorção para a transmissão de sinais.

O retroespalhamento (difração) ocorre porque a fibra não é um material totalmente homogêneo, mas uma estrutura cristalina de átomos. Isto faz que parte da luz emitida se reflita nas partículas atômicas e subatômicas e não se transmita ao longo do comprimento da fibra. A energia perdida desta maneira é inversamente proporcional ao comprimento de onda, como se mostra no gráfico da figura 8 baseado na equação de Rayleigh.



A soma de destes 2 efeitos determina os valores mínimos teóricos da atenuação das fibras. Em situações reais é necessário agregar perdas por impurezas ou imperfeições no material ou em esforços mecânicos, que provocam micro curvaturas na fibra que afeta a reflexão total interna.

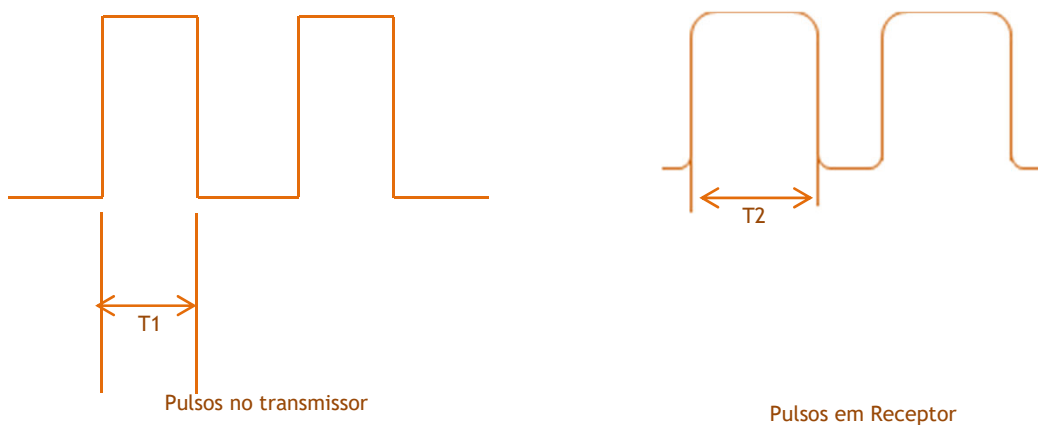
As fibras multimodo foram as primeiras a serem desenvolvidas e ainda que a atenuação de sinal (1 a 3 dB/km) seja comparativamente alta em relação com as fibras monomodo (0,25 a 0,47 dB/km), ela é muito menor que a que se teria na transmissão do sinal utilizando cabos de cobre. O núcleo relativamente grande das fibras multimodo permite o alinhamento mais fácil do mesmo nas emendas e conectorização, e por isso se podem usar conectores e fontes de luz mais econômicos. Desta forma, estes tipos de fibras são usadas em enlaces curtos, por exemplo em instrumentação e especialmente em sistemas que se utilizam de muitos pontos de conexão como em redes locais de voz e dados. Neste caso se fala em enlaces curtos de 2 ou 3 km sem repetidores.

As fibras monomodo, ao contrario, são recomendadas quando se transmite um alto volume de informação a grandes distâncias. Podem alcançar facilmente distâncias de 3 a 70km e até 200km sem a necessidade do uso de repetidores.

Para enlaces de grande distância e alto volume de informação, se desenvolveram inicialmente as fibras monomodo conhecidas como de dispersão deslocada.

Dispersão

Através da fibra óptica se pode transmitir sinais tanto na forma analógica quanto na forma digital. Com esta ultima tecnologia é mais simples entender o efeito da dispersão que se mostra na figura a seguir. Ao se propagar ao longo da fibra, os pulsos ópticos, a princípio estreitos, se fazem mais largos; no caso extremo em que os pulsos alargados se sobreponham teremos o surgimento de erros na transmissão. A dispersão é um limitante para a velocidade de transmissão digital ou largura de banda analógica.



T2 é maior que T1 por efeito da dispersão

A dispersão ocorre porque parte da luz se atrasa na fibra por várias razões, devido a diferentes fenômenos.

Dispersão Modal

Nas fibras multimodo nem todos os raios viajam como mesmo ângulo por isso não chegam no final da fibra simultaneamente. A energia de um pulso se distribui em um tempo maior (T_2) que a duração original do pulso (T_1).

Este tipo de dispersão é o mais importante, é o que faz que as fibras multimodo tenham uma largura de banda mais limitada. Como a dispersão é crescente com a distância, a largura de banda é inversamente proporcional ao comprimento da fibra em um enlace e se expressa em MHz-km.

Dispersão Cromática

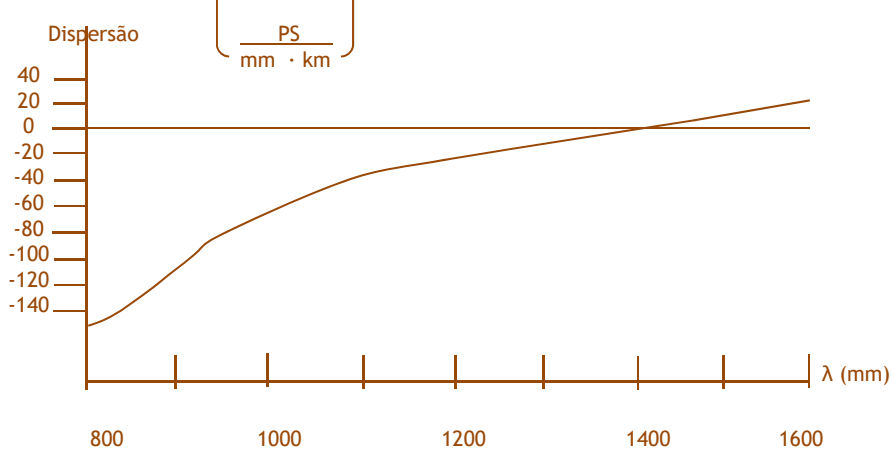
A luz que se obtém em um diodo luminoso (LED) ou em um diodo laser não é monocromática, ou seja, contém vários comprimentos de onda. Como cada comprimento de onda se propaga com diferentes velocidades em um mesmo meio de transmissão, ocorre o atraso na propagação entre um e outro, levando à dispersão do sinal.

A intensidade do efeito é proporcional à diferença entre o comprimento de onda mínimo e máximo da luz propagada. Um LED tem uma gama ampla de comprimentos de onda, o que produz alta dispersão cromática; um laser apresenta maior concentração de energia em uma pequena banda, por isso a dispersão é muito menor.

Com a fibra multimodo se pode usar LED porque a dispersão que predomina é a modal; como esta não se apresenta na monomodo, se usam fontes laser.

A dispersão cromática é a soma de 2 efeitos: A dispersão do material e a do guia de onda. A primeira se cria simplesmente pela diferença existente no índice de refração do vidro para cada comprimento de onda. A segunda se produz porque parte da luz viaja no núcleo e parte na casca, por isso apresentam velocidades distintas.

Há um ponto no espectro em que os 2 efeitos se compensam e resulta uma dispersão praticamente nula. Este comprimento de onda de 1310 nm é um ponto ótimo de transmissão para fibra monomodo.



Quando a dispersão é negativa, os comprimentos de onda maiores viajam a maior velocidade que a curtas. Se a dispersão é positiva, os comprimentos de onda curtos viajam mais rápido que os maiores. A baixa dispersão faz com que a largura de banda das fibras monomodo seja muito grande.

Dispersão por Modos de Polarização

Para entender este efeito deve-se recordar que de acordo com a teoria ondulatória, a luz tem 2 componentes (campo elétrico e campo magnético) polarizados em forma ortogonal. Se um sinal, ao propagar-se pela fibra encontra variações dimensionais no núcleo ou na interface núcleo/casca, é gerado um atraso entre os 2 componentes. A este fenômeno se chama dispersão por modos de polarização ou PMD. Esta dispersão tem valores pequenos e seu efeito só é notado em sistemas em que tenha sido eliminada a dispersão cromática.

Largura de Banda

Nas fibras monomodo a largura de banda é muito grande, tanto que nem faz parte das especificações. No caso das fibras multimodo, deve-se levar em consideração este parâmetro da fibra ao projetar o sistema óptico. A largura de banda depende da janela de transmissão. Abaixo os valores de largura de banda das fibras MM mais comuns:

Largura de Banda em MHz-km

<i>Tipo de Fibra</i>	<i>a 850 nm</i>	<i>A 1300 nm</i>
<i>50/125</i>	<i>400 a 600</i>	<i>400 a 1000</i>
<i>62,5/125</i>	<i>160 a 200</i>	<i>200 a 600</i>

A seleção da largura de banda se faz de acordo com as necessidades que devem ser cumpridas.

Efeitos não Lineares

A potência óptica necessária em comunicações é muito baixa, de tal modo que não é conveniente aumentar a energia luminosa excessivamente no interior da fibra óptica, para evitar que apareçam efeitos não lineares que afetem a informação. Nos sistemas atuais esta condição simplesmente estabelece um limite à potência das fontes luminosas. Contudo existe um efeito denominado auto modulação que poderá ser útil no futuro. Isto porque o resultado deste efeito nos pulsos pode chegar a compensar a dispersão cromática da fibra, o que permite pensar em sistemas que transmitam um tipo de pulso de alta potência e que se regenerem na dispersão, chamado Sóliton, o que permitirá enlaces de maior velocidade e por maiores distâncias que os sistemas atuais.

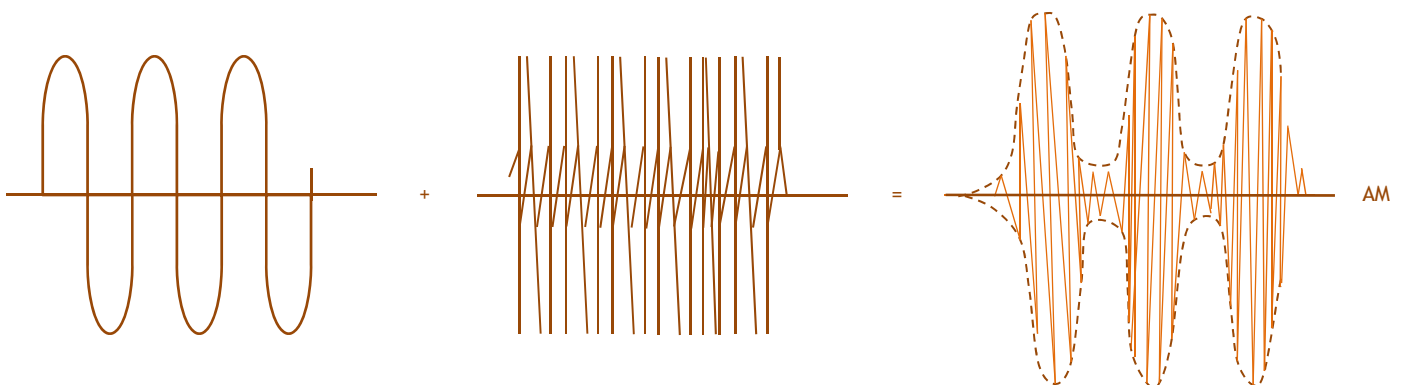
Para evitar efeitos não lineares indesejáveis, se desenvolveram fibras monomodo com um diâmetro de campo modal (MFD) maior; ao distribuir a energia luminosa em uma área efetiva maior, se pode elevar o limite da potência necessária para a produção destes efeitos.

2.4 - Modulação

Em um sistema de comunicação, a informação se incorpora à luz portadora por um processo de modulação, que pode ser analógica ou digital.

A modulação analógica permite que o sinal ou informação tenham qualquer valor dentro de certos limites preestabelecidos; em um sistema digital só se reconhecem 2 condições ao sinal, designados como “0” e “1” lógicos. Qualquer valor intermediário que não chegue ao limiar para mudar de estado lógico não é identificado pelo sistema.

A modulação analógica pode ser realizada em amplitude ou em frequência. Um portador óptico modulado em amplitude resulta em uma luz que muda em intensidade. Em uma modulação em frequência a intensidade pode ser constante, o que varia é a fase ou frequência do sinal que a transporta.



Modulação Analógica

Em um sistema digital o sinal é uma sequência de pulsos cujo significado depende do tipo de codificação que se use. A informação não se transmite de forma contínua mas por meio de amostras periódicas que permitem reconstruir o sinal no receptor sem perda de informação.

Na modulação digital é possível que vários sinais compartilhem um portador, viajando as amostras uma na continuação da outra e formando uma só série de pulsos binários (0 e 1).

O sistema de modulação por codificação de pulsos (PCM) usa 8 pulsos ou bits para cada amostra analógica e de cada canal de voz se tomam amostras a uma frequência de 8 kHz o que resulta em uma taxa digital de 64.000 pulsos ou 64Kb/s por canal de voz. A seguinte tabela mostra as taxas normais de transmissão digital em telefonia - expressadas em bits por segundo (b/s) - para diferentes ordens de multiplexação.

<i>Ordem</i>	<i>Velocidade</i>	<i>Capacidade em canais de voz</i>
<i>1°</i>	<i>2,048 b/s</i>	<i>30</i>
<i>2°</i>	<i>8,448 b/s</i>	<i>120</i>
<i>3°</i>	<i>34 Mb/s</i>	<i>480</i>
<i>4°</i>	<i>140 Mb/s</i>	<i>1.920</i>
<i>5°</i>	<i>565 Mb/s</i>	<i>7.680</i>
<i>6°</i>	<i>2,4 Gb/s</i>	<i>30.720</i>
<i>7°</i>	<i>10 Gb/s</i>	<i>122.880</i>

A grande capacidade dos enlaces ópticos permite chegar no mesmo enlace sinais PCM contendo informação de voz, vídeo e dados; exemplos de tecnologias digitais neste caso são os sistemas síncronos SDH e SONET e a transferência assíncrona ATM.

Para obter uma capacidade maior de transmissão de informação em cada fibra óptica foi desenvolvida uma técnica denominada multiplexação por divisão de comprimento de onda (WDM), complementando a transmissão digital com uma técnica de caráter analógico, que consiste em transmitir de forma simultânea quatro portadores distintos, todos próximos ao comprimento de onda nominal da janela de transmissão.

2.5 - Fibra Óptica Corning / Cablena

Como a qualidade da fibra óptica utilizada no seu projeto faz diferença no resultado final do seu sistema???

Menor Atenuação

- Maior Alcance
- Possibilita Eliminação de Amplificadores
- Facilidade para transição para sistemas de 40 e 100G
- Maior margem para reparos adicionais

Menor PMD

- Permite o uso de sistemas de 40G e 100G menos sofisticados (menor custo)
- Oferece maior segurança contra possíveis desafios a serem enfrentados nas tecnologias do futuro

	Cablana	Concorrente
Atenuação 1310nm (dB/km)	≤ 0,32	≤ 0,35
Atenuação 1550nm (dB/km)	≤ 0,18	≤ 0,21
Atenuação 1625nm (dB/km)	≤ 0,20	≤ 0,23
PMDQ (ps/√km)	≤ 0,04	≤ 0,06

Fonte: Especificação da fibra Corning® SMF-28e+® LL, Julho 2011



plus
CORNING
Optical Fiber

PMD:

Compare as 2 fibras e seus coeficientes de PMD:

$$PMD_Q \leq 0.06 \text{ ps/km}^{1/2}$$

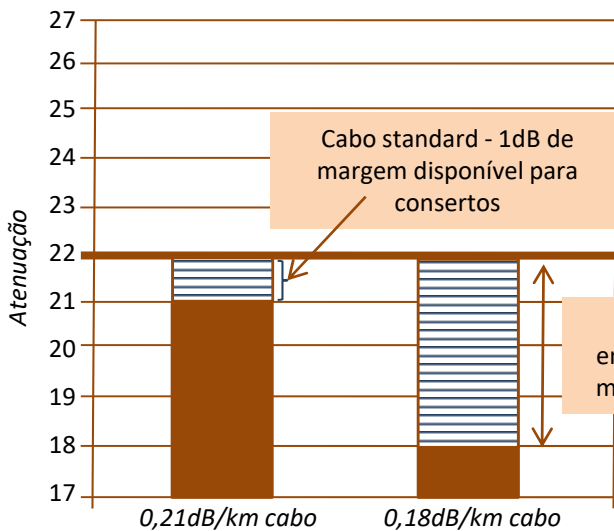
$$PMD_Q \leq 0.04 \text{ ps/km}^{1/2}$$

A diferença parece pequena mas note que o limite de alcance devido a PMD tem uma diferença de mais de 2X!

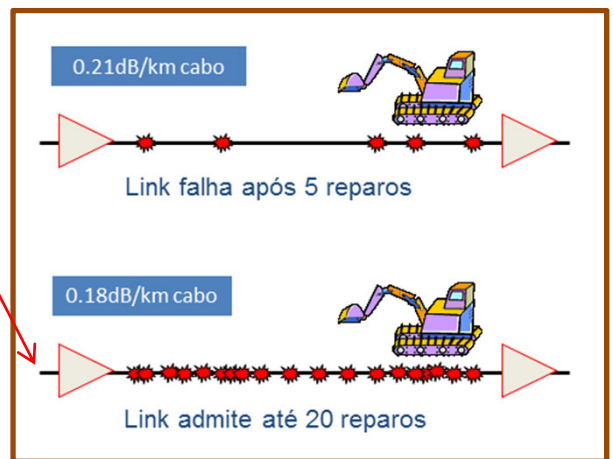
$$\frac{L_{\text{Fibra Conc.}}}{L_{\text{Fibra Cablena}}} = \left(\frac{PMD_2}{PMD_1} \right)^2 = \left(\frac{0,06}{0,04} \right)^2 = 2,25!$$

ATENUAÇÃO:

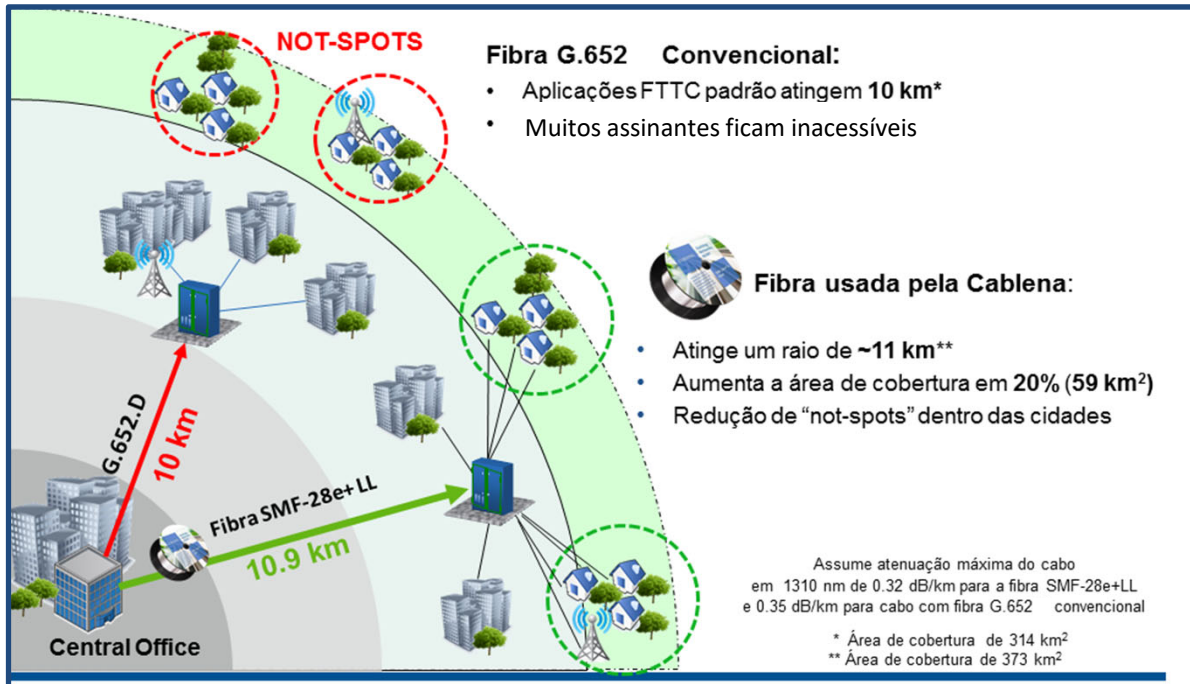
Impacto de emendas em um link de 100km
(assumindo 0,2dB por conserto)



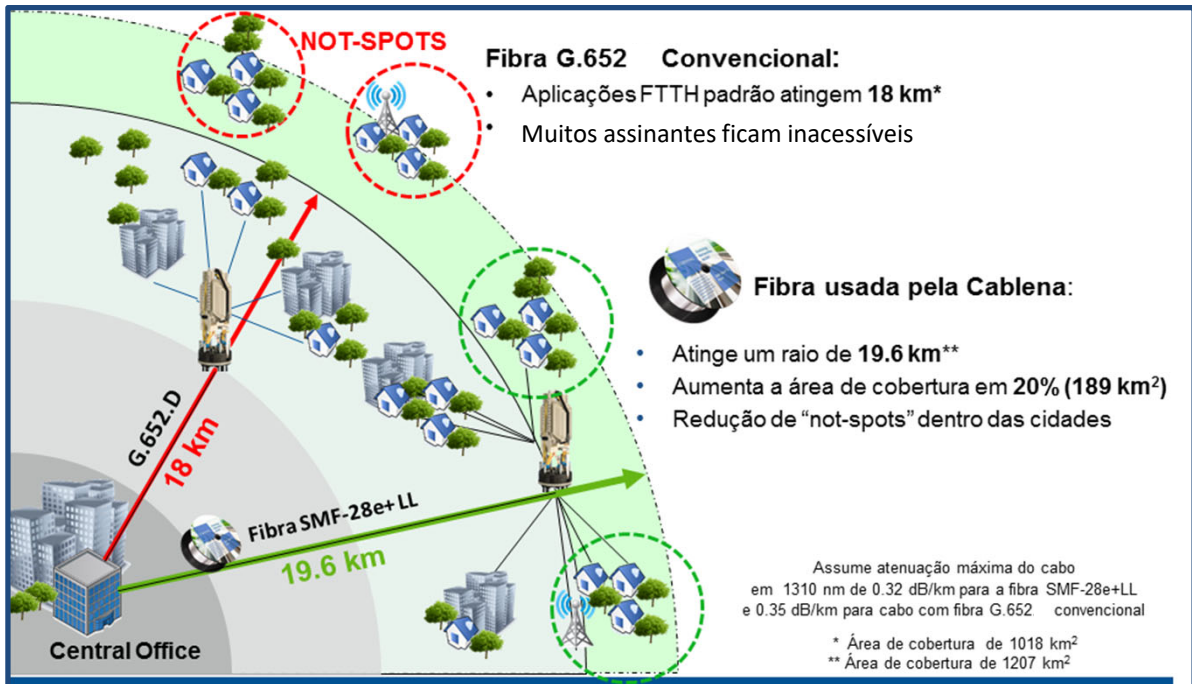
Fonte: Análise interna da Corning



Incremento de 59 km² em FTTC

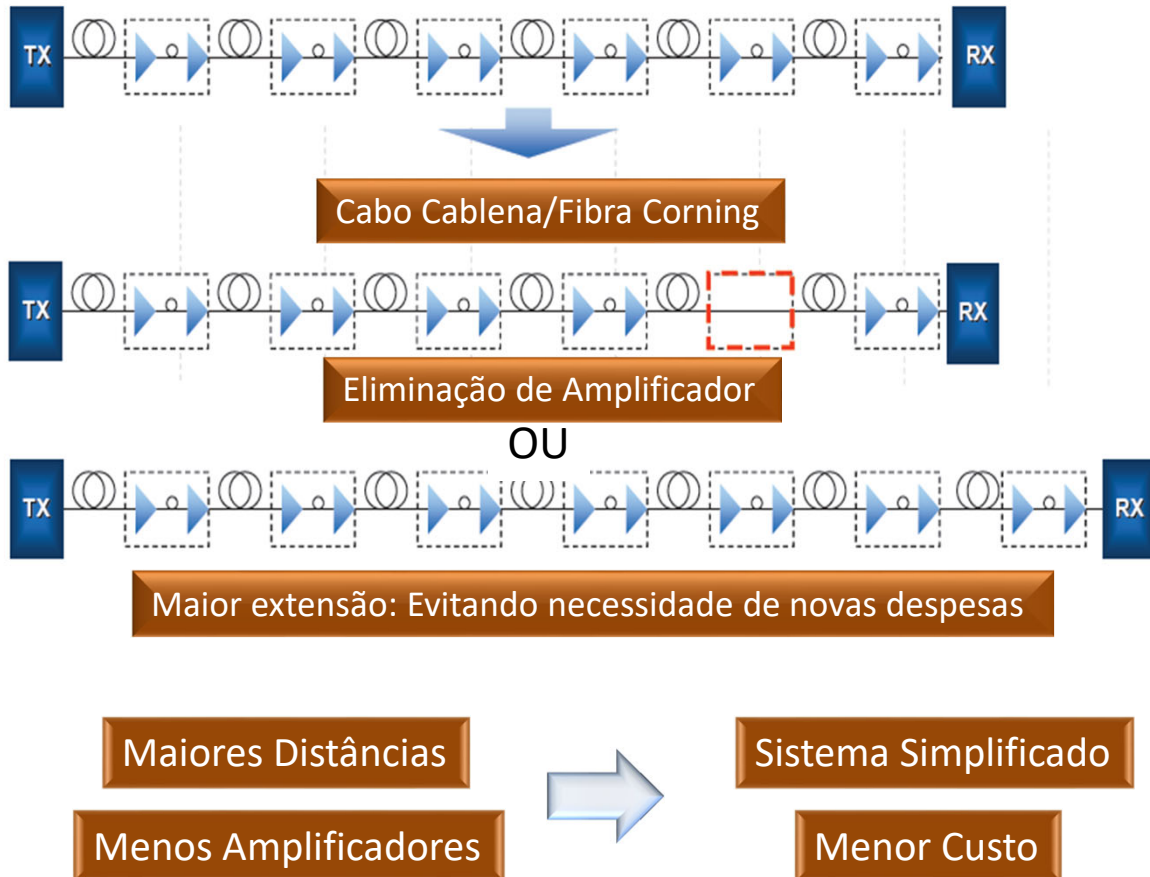


Incremento de 189 km² em FTTH



Fonte: Análise interna da Corning

Maiores Distâncias e Menos Amplificadores



Fonte: Análise interna da Corning

Conclusão:

- ✓ *As perdas são relevantes!*
 - ✓ *Atenuação é o atributo mais importante*
- ✓ *O feedback dos usuários finais demonstra que a fibra SMF-28e+® LL oferece importante valor agregado*
- ✓ *Diminuição do gasto de orçamento, reduzindo os custos através de alcances maiores e menos amplificadores*
- ✓ *Os benefícios são tangíveis para o usuário final*

Corning e SMF-28e+ são marcas registradas da Corning Incorporated. Para mais informações, por favor visite www.corning.com/opticalfiber

A função do cabo óptico é permitir o manejo da fibra óptica com técnicas de instalação adequadas protegendo-a do meio ambiente durante a sua vida em operação. A fibra precisa ser protegida contra a presença de água, esforços mecânicos de tensão, flexão ou torção que podem quebrar a fibra ou aumentar a atenuação do sinal transmitido.

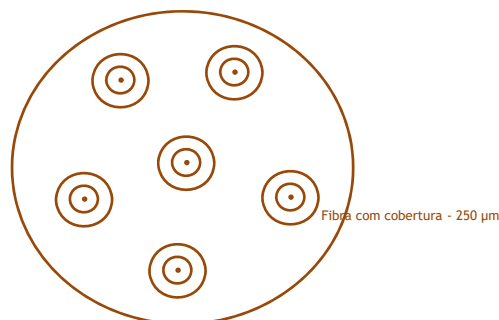
Independentemente da fibra óptica utilizada, a primeira proteção que a fibra ou conjunto de fibras recebe para formar um cabo óptico pode ser constituída por dois distintos tipos: Tipo tight (aderido) ou Loose (geleado) como mostrado na Figura abaixo. A proteção tight é composta por uma camada de material plástico que se aplica diretamente sobre o revestimento externo da fibra e que a aumenta o seu diâmetro para 900 microns. Esta proteção promove uma grande flexibilidade à fibra óptica, adequada para uso em ambientes internos.

Na proteção loose, tubos preenchidos com um composto (geleia) para evitar a entrada de água em seu interior recebem fibras de cores diversas. Cabos com este tipo de proteção são mais rígidos e robustos, utilizados geralmente em aplicações externas.

Proteção Tipo Tight Buffer
900µm



Proteção Tipo Loose
Tubos de 2 a 3 mm



A fibra óptica utiliza a luz para transmitir informações e não há corrente elétrica que intervenha no processo. São feitas de vidro, material isolante, tornando possível a construção totalmente dielétrica do cabo, eliminando os componentes de proteção de metal.

Um cabo dielétrico é conveniente quando instalado em subestações, próximos a linhas de alta tensão ou a altos campos eletromagnéticos e áreas industriais com campos eletromagnéticos intensos.

Mesmo com elementos metálicos no cabo, a indução eletromagnética não afeta a transmissão das fibras, mas pode ser um perigo para as pessoas que o manipulam ou ainda podem danificar o cabo no caso de uma descarga elétrica muito forte.

O número de fibras contidas em um cabo depende da capacidade de tráfego de informação a ser transmitida e do número de pontos para se conectar, pois a transmissão da fibra é basicamente do tipo ponto a ponto. Apesar da enorme largura de banda, em algumas aplicações pode ser necessário o emprego de um cabo com um elevado número de fibras.

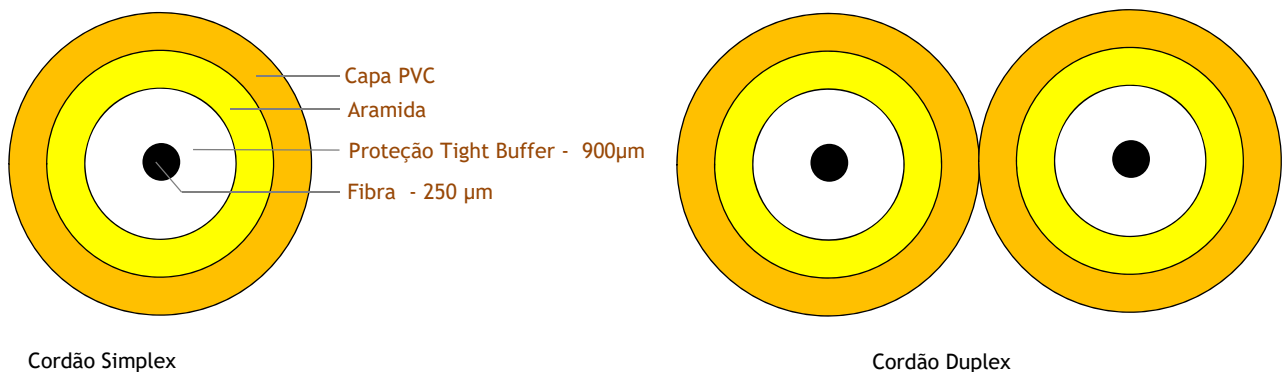
3.1 - Cabos para Interiores

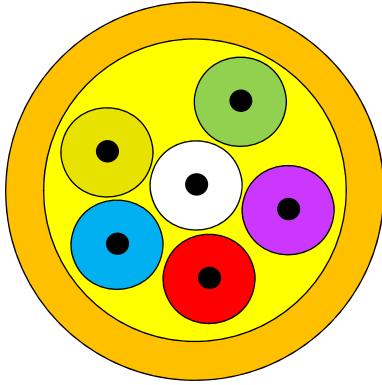
O cabo mais simples é o que contém uma única fibra de 900 μm ao qual é aplicado um reforço de aramida e capa de PVC. Em cada ponta usa-se um conector São os chamados cordões Simplex. São usados para interligar os distribuidores ópticos, ou os equipamentos de transmissão e recepção. Com cabos conectorizados em uma única ponta, é feita a transição entre um cabo de várias fibras e o distribuidor. São chamados de cabos terminais ou pigtaills. Todos os elementos do cabo são projetados para permitir o acoplamento ao conector e a transferência dos esforços mecânicos.

A transmissão em fibras ópticas utilizando apenas um comprimento de onda é feita em uma única direção. Quando você tem sistemas de fluxo bidirecional, regularmente usados nas telecomunicações, é preciso utilizar pelo menos duas fibras. Neste caso, é apropriado o uso dos cordões duplex. Nada mais são que 2 fibras tipo tight encapadas em formato de fig.8.

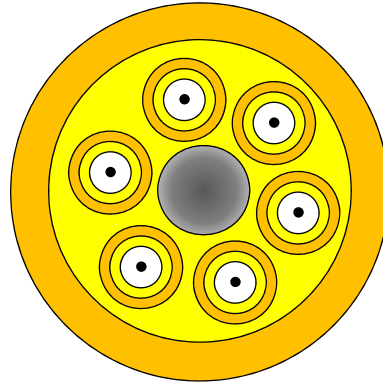
Para mais de duas fibras em uma rede de distribuição interna, o cabo se forma com as fibras tight agrupadas, envoltas por elementos de sustentação mecânica e recobertas com uma capa de PVC. O cabo fica flexível, compacto e fácil de instalar.

Nestes cabos, é necessário emendar os extremos com cabos terminais. Evitar este passo é possível com um cabo de muitas fibras, cada uma com reforço têxtil e capas individuais que permitam fixar um conector. Estes elementos se unem em torno de um elemento de tração e sobre o conjunto é aplicada uma capa comum.

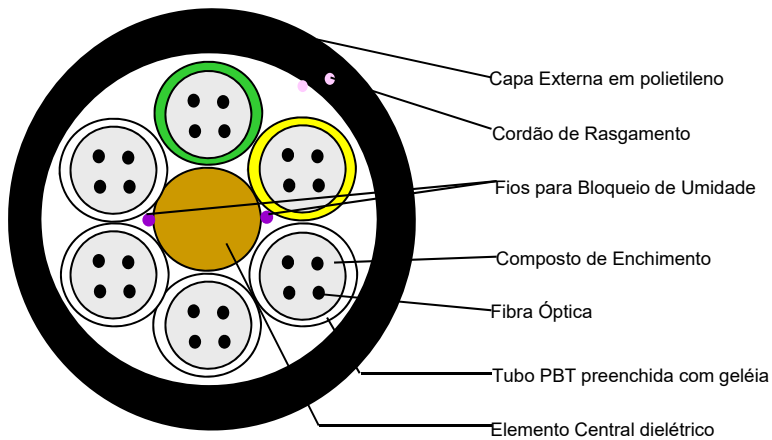




Cabo Tight (> 2 fibras)



Cabo Tight com elemento central



CFOT UB até 144FO

Todos os cabos para uso interior, sejam de 1 fibra, 2 ou mais, com ou sem elemento central, são passíveis de certificação junto à Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações).

3.2 - Cabos para Exteriores

Para os cabos de uso externo, a construção mais comum é a de tubo loose, que proporciona maior proteção às fibras. Nessa construção, o cabo é composto por tubos de plástico com um diâmetro entre 2 e 3mm. Cada tubo contém várias fibras revestidas e pintadas. O número de fibras por tubo varia de 2, 4, 6, 8 12, podendo até existir mais de 12 fibras em um tubo, mas com o inconveniente de manuseio difícil e uma maior probabilidade de dano à fibra durante a abertura do tubo.

As fibras são soltas dentro dos tubos e têm um pequeno excesso de comprimento, ou seja, em um metro do tubo existe um pouco mais de um metro de fibra, o que isola a tensão mecânica no tubo de fibra por estresse mecânico ou contração térmica. O passo de torcimento a que os tubos são posteriormente submetidos proporciona um excesso adicional às fibras com relação ao comprimento do cabo. O sentido de torção com que os tubos são reunidos são alternados, mudando de direção a cada pequeno trecho. Isto torna possível cortar a capa e separar um tubo para fazer uma derivação no meio do trajeto sem danificar o cabo.

A reunião dos tubos é feita sobre um elemento de reforço cilíndrico e os interstícios podem ou não ser impregnados com um composto para evitar a penetração de umidade (geleia). Sobre todo o conjunto se aplica uma fita dielétrica e um fio de amarração que mantém em formação todo o cabo, o que se denomina núcleo do cabo.

Sobre o núcleo se aplicam vários tipos de proteção dependendo da aplicação final do cabo. No mercado brasileiro o mais comum é a aplicação Auto Suportada.

A imunidade à interferência eletromagnética da fibra óptica é comumente explorada para instalar cabo em linhas de transmissão aérea.

Projetos que precisem de uma proteção extra contra umidade podem requerer uma nova camada de composto para evitar a penetração de umidade (geleia).

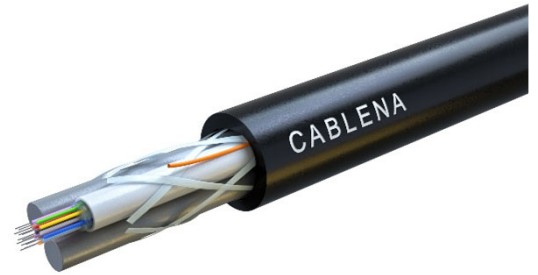
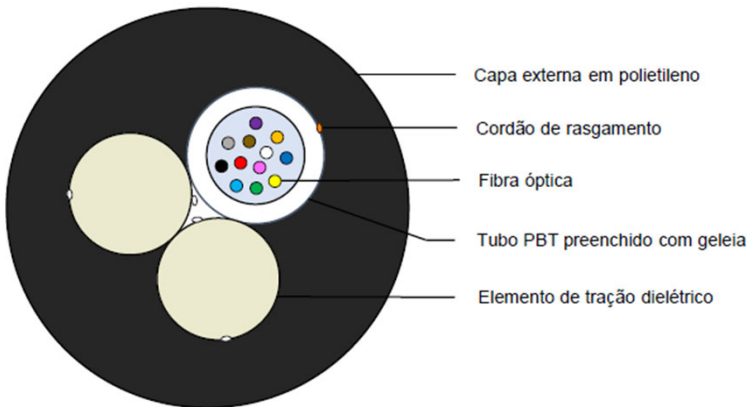
O projeto pode ainda contar com capa de polietileno normal ou retardante à chama. A capa retardante à chama (comumente chamada RC) é ideal para locais isolados onde a proximidade com a mata pode colocá-lo em meio à queimadas, ou próximos a fios elétricos onde um curto circuito pode danificar a capa e expor as fibras a interpéries.

Cabo Autossustentado

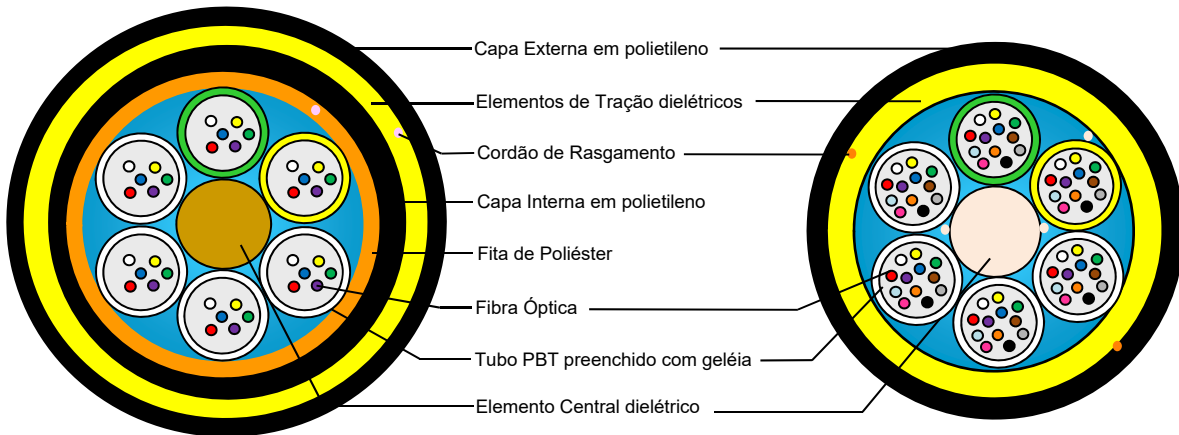
O cabo Autossustentado é dielétrico pois sua sustentação se dá através de fios de fibras de vidro ou de aramida, totalmente livre de metais.

Os cabos mais comuns são para vãos de 80, 120 e 200 metros mas outros vãos (até 1000 metros) podem ser produzidos em projetos especiais.

Os 2 modelos mais comuns são o ASU (até 12 fibras em um único tubo - para vãos de 80 e 120 metros):



E o AS com 1 ou 2 capas, até 144FO:



Cabo Direto em Duto

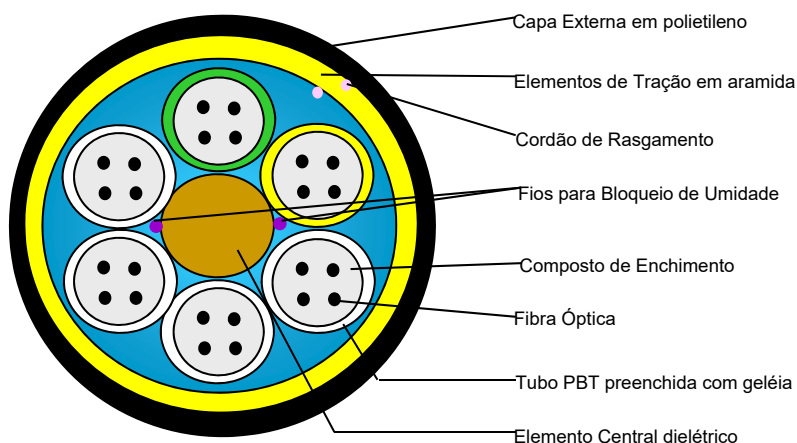
Depois do cabo Auto Suportado o cabo mais comumente utilizado é o cabo para uso direto em duto. A instalação subterrânea foi preferida para aumentar a proteção contra os danos externos. A exemplo do cabo auto suportado ele é totalmente dieletrico, dispensando o seu aterramento.

O cabo DD tem maior proteção mecânica a abrasão e impacto, o que lhe permite maior resistência a atritos a que será submetido durante sua instalação. Possui porém uma menor quantidade de elementos de sustentação, o que não permite aplicações auto suportadas.

O cabo pode ser Seco e Geleado sendo que o mais recomendado para áreas onde o alagamento é frequente e o escoamento difícil é o uso do cabo geleado.

A capa pode ser NR (não retardante a chama) e RC (retardante a chama).

O cabo DD pode ser projetado para ter uma capa sobre o núcleo e a aramida ou 2 capas, em situação que o suporte a tração seja mais severo.



Cabo Anti Roedor

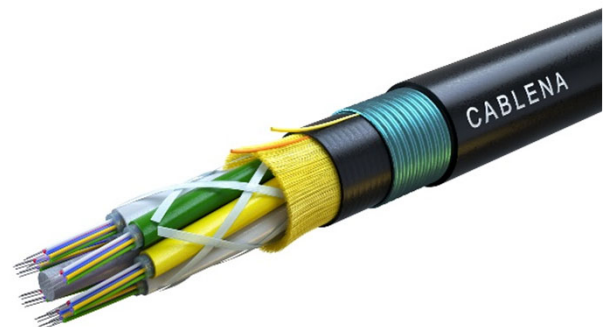
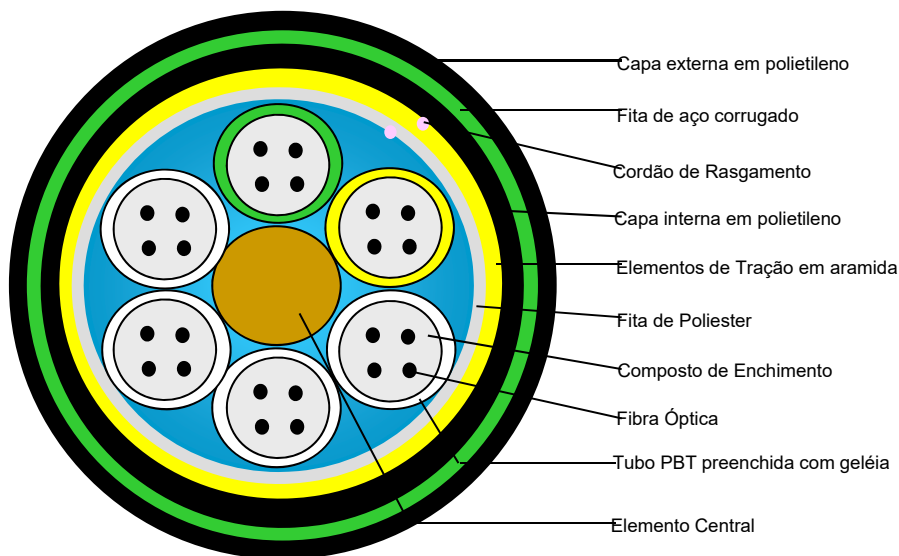
Em caso de instalações diretamente enterradas e/ou com necessidade de proteção anti roedores, deve ser utilizado o cabo blindado com fita de aço corrugado.

Embora o cabo AR requiera maior cuidado no aterramento, ele elimina a necessidade da instalação do duto antes da instalação.

A fita de aço proporciona uma maior proteção mecânica o que lhe permite maior suporte de tração tanto na instalação quanto na operação.

O cabo pode ser Seco e Geleado sendo que o mais recomendado para áreas onde o alagamento é frequente e o escoamento difícil é o uso do cabo geleado.

A capa normalmente é composta por material NR (não retardante a chama), pois a sua aplicação enterrada não exige proteção retardante à chama.

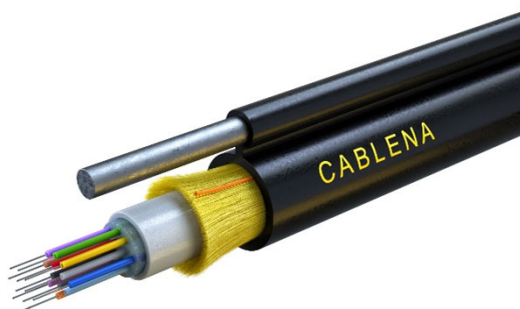
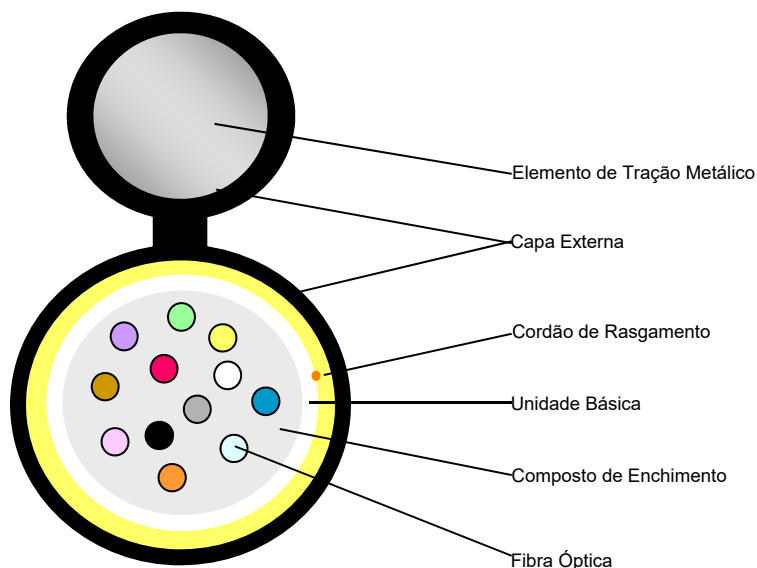


Cabo Drop Fig8

Quando você precisa de 12 fibras ou menos em um cabo para uso externo e/ou interno, recomendamos o uso do cabo DROP, que tem um único tubo de maior diâmetro.

O elemento de sustentação é uma camada fina de aramida ao redor do tubo com capa de polietileno externa. Na cobertura também foi incorporada um mensageiro de fio de aço de 3mm.

Este projeto conhecido como figura oito é suficiente para uma instalação separada por postes em vãos de até 80 metros na forma auto suportada.

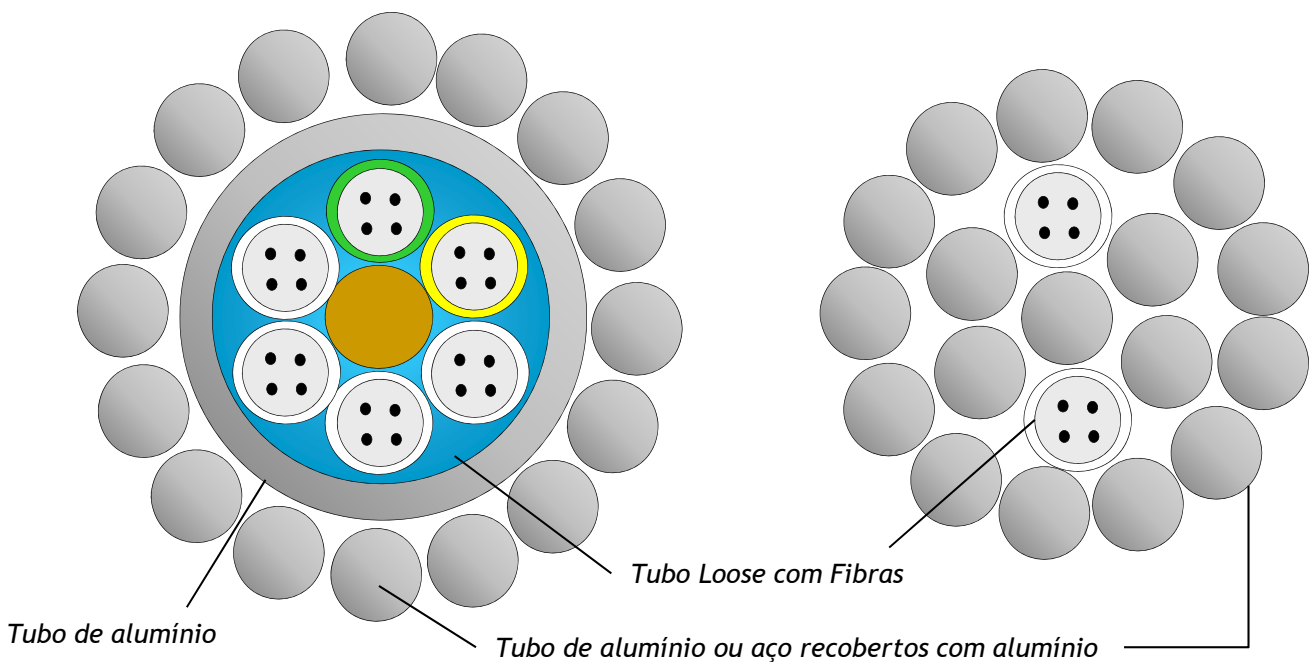


3.3 - Cabos Especiais

OPGW

O cabo OPGW é utilizado para transportar as fibras ópticas por dentro do cabo metálico utilizado como guarda (para raios) na parte superior das torres das linhas de transmissão. O projeto deve considerar, além da proteção da fibra, a condutividade elétrica e a resistência mecânica necessária para combinar as duas funções.

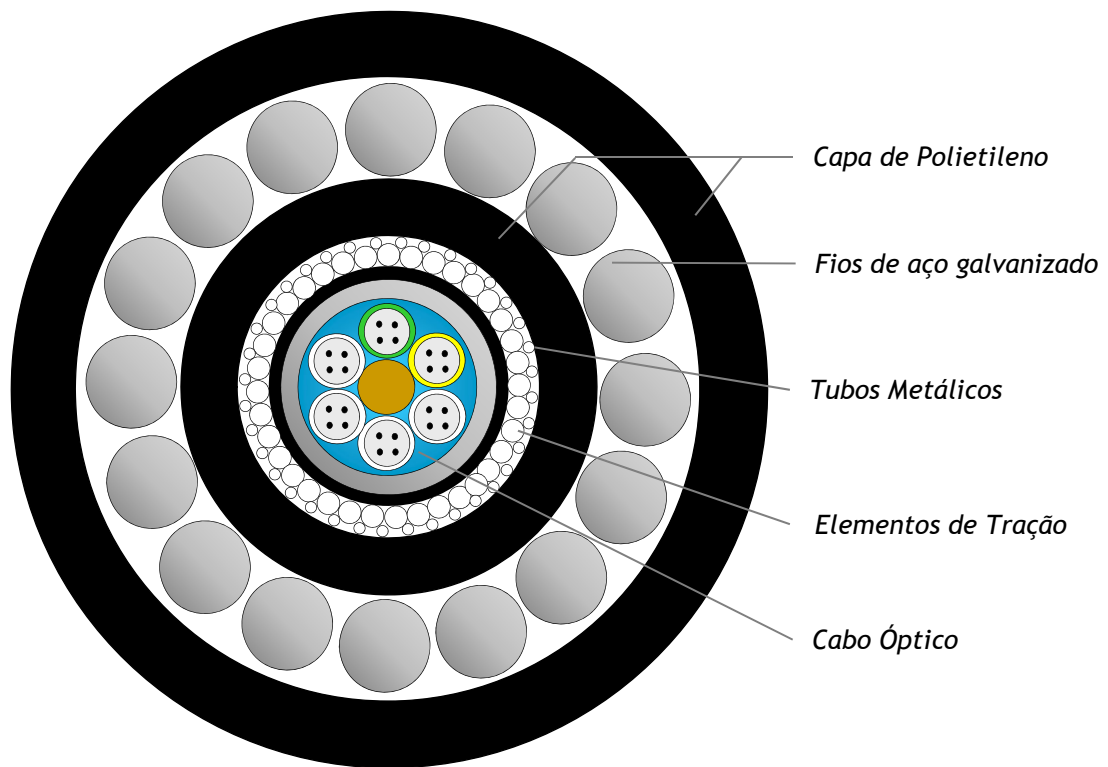
Existem várias versões de cabo, em alguns, o núcleo óptico é incluído em um tubo selado de alumínio, e em torno há uma ou mais camadas de fios de aço revestido com alumínio ou alguma liga. Em outros, não há núcleo óptico central, as fibras vão dentro de um ou mais tubos loose de aço inoxidável de diâmetro similar aos fios e se colocam na primeira camada de um cabo de alumínio e fio revestido de aço alumínio.



Cabos Submarinos

Existem muitos modelos diferentes de cabos submarinos. Antes de uma instalação deve-se realizar um estudo para conhecer a fundo as mudanças necessárias no mesmo tramo, de acordo com as condições existentes.

Os elementos comuns em qualquer projeto são a vedação do invólucro das fibras e uma proteção mecânica robusta. Um projeto típico tem o núcleo e uma primeira camada de elementos de tração dentro de um tubo selado de metal, coberto por uma espessa camada de polietileno. Finalmente, há uma ou mais camadas de fios de aço de acordo com a profundidade de instalação, visto que a função é de proteção contra os danos externos e pressão hidrostática.

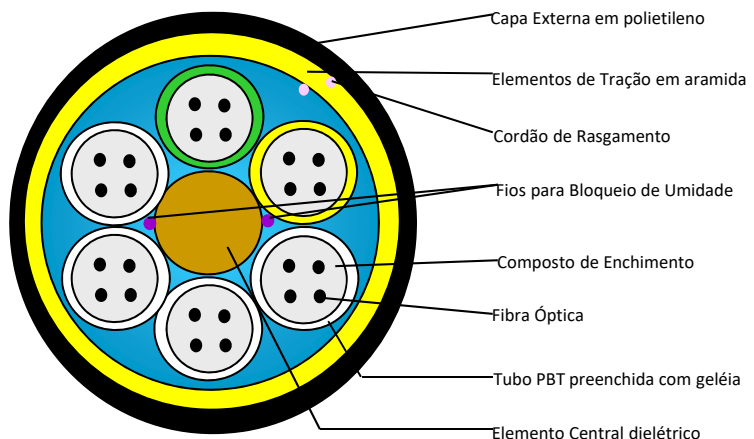


3.4 - Padrão de Cores

ABNT

Código de Cores das Fibras Ópticas			
Nº	Cor	Nº	Cor
01	Verde	07	Marrom
02	Amarela	08	Rosa
03	Branca	09	Preta
04	Azul	10	Cinza
05	Vermelho	11	Laranja
06	Violeta	12	Aqua

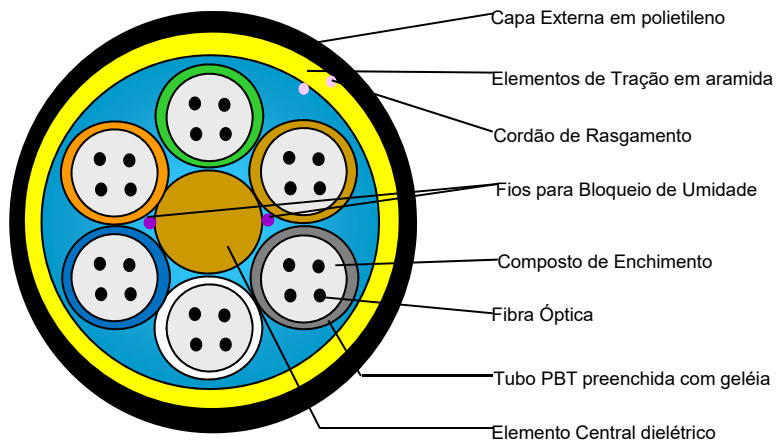
Código de Cores das Unidades Básicas	
Nº	Cor
01	Verde (piloto)
02	Amarela (direcional)
Demais	Branças



Bellcore

Código de Cores das Fibras Ópticas			
Nº	Cor	Nº	Cor
01	Azul	07	Vermelha
02	Laranja	08	Preta
03	Verde	09	Amarela
04	Marrom	10	Violeta
05	Cinza	11	Rosa
06	Branca	12	Aqua

Código de Cores das Unidades Básicas							
Nº	Cor	Nº	Cor	Nº	Cor	Nº	Cor
01	Azul	04	Marrom	07	Vermelho	10	Violeta
02	Laranja	05	Cinza	08	Preto	11	Rosa
03	Verde	06	Branco	09	Amarelo	12	Acqua



Para analisar o desempenho de um sistema de transmissão óptica completo é necessário conhecer não só as características das fibras, mas os dos outros elementos, emendas e conectores, transmissores e receptores, uma vez que os resultados de comunicação dependem de sua ação combinada.

4.1 - Conectores e Emendas

A conectividade é um complemento importante para os cabos tanto óptico como de cobre, pois são necessários conectores nos 2 extremos do enlace onde há um equipamento ativo. Em relação às emendas, elas são usadas para unir duas extremidades do cabo, seja para reparar um dano, ou para unir lances em situações que o comprimento do enlace requer vários comprimentos de cabo.

Conectores

Há várias semelhanças entre o uso de conectores de fibra óptica, de cobre ou de coaxiais. No mercado há uma imensa variedade, mas o conector adequado depende tanto do tipo de fibra como do equipamento ativo. Em ambos os casos, o conector é um ponto de perda relativamente alto, mas não crítico, por ser apenas um par no link (no transmissor e receptor).

Uma diferença importante é que a instalação de um conector óptico é mais delicada. Estão desenvolvidos alguns procedimentos simplificados para a aplicação em campo, mas é comum comprar cabos com conector em uma extremidade, como cabos terminais ou em ambas as extremidades para conexões de distribuição, especialmente se a fibra é monomodo.

Os conectores para fibras multimodo são mais baratos que os de fibra monomodo, porque requerem menor precisão para alinhar os núcleos das fibras, que são relativamente grandes (50 e 62.5 μm), e as tolerâncias de fabricação podem ser mais abertas do que as adotadas para as fibras monomodo.

O menor custo e a facilidade de instalação no campo têm permitido que as fibras multimodo sejam mais usadas em redes locais onde há abundância de conexões mas as distâncias são curtas.

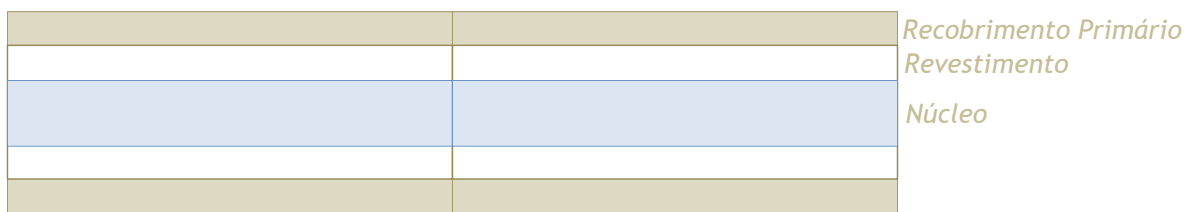
Emendas

A emenda de duas fibras ópticas é uma operação completamente distinta quando comparada com emendas realizadas em fios de cobre, que é mais simples, mais acessível e cujo poder de perda é insignificante. Ao contrário, as emendas de fibra óptica são um processo delicado, seu custo é alto e a perda de potência deve ser considerada quando se analisa o o enlace. A atenuação em uma emenda bem feita não é muito elevada, 0,1 a 0,2 dB, mas esse valor é equivalente ao de várias centenas de metros de cabo óptico, especialmente os que se utilizam de fibra monomodo. Por esta razão, enlaces para telefonia ou TV buscam ter o mínimo possível de emendas.

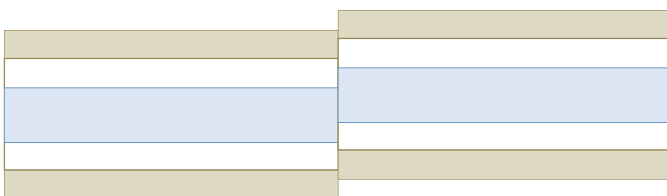
As fibras são emendadas por fusão ou mecanicamente. No primeiro caso, uma descarga elétrica solda as duas fibras que se tornam um elemento contínuo, no segundo é mantida a posição por sujeição mecânica.

Em ambos os casos a preparação das fibras é a mesma: toda a proteção é removida, incluindo o revestimento primário. Se faz um corte limpo em 90 graus em ambas as fibras e se alinha com cuidado para então proceder a emenda.

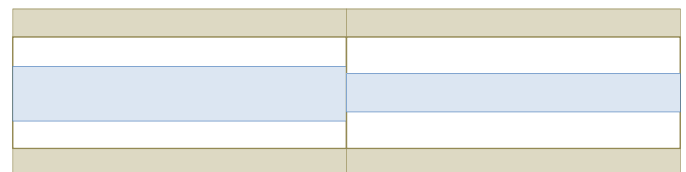
A perda de potência óptica em um sistema é aumentada pelas perdas nas emendas. Algumas imperfeições nas fibras (diâmetros distintos, excentricidades, ovalizações) podem comprometer a qualidade da emenda. Uma preparação inadequada da superfície das fibras a serem emendadas (corte imperfeito, sujeira, desalinhamento) também diminuirá a qualidade da emenda.



Emenda Ideal



Emenda Desalinhada



Diferença de Núcleos

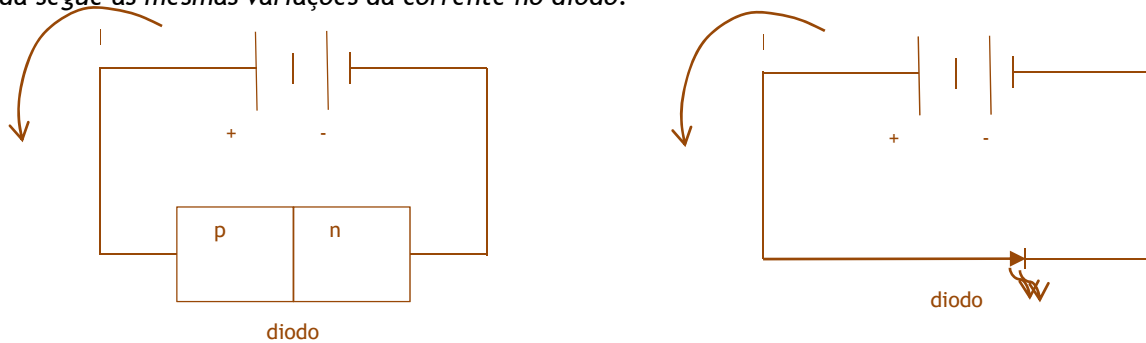
Os equipamentos utilizados para emenda por fusão têm a vantagem de alinhar as fibras antes de aplicar a descarga de forma a encontrar o ponto ótimo de transmissão, o que reduz as perdas de potência devido a mudanças ou modificações no núcleo da fibra, ou de diâmetro. Atualmente, algumas fibras têm tolerâncias mais apertadas e permitem emendas com perda de 0,1 dB ou menos, apenas alinhando-as em suportes em forma de "V".

Em qualquer tipo de emenda a fibra estará nua, então, a união deve ser protegida contra umidade, pressão ou qualquer tipo de esforço mecânico. A seleção adequada da caixa de emenda é muito importante para evitar falhas posteriores no sistema.

4.2 - Fontes e Detectores de Luz

Fontes

Os sistemas ópticos de comunicação operam na faixa de luz infravermelha produzida por transdutores fotoelétricos que convertem sinais elétricos em luz. Do ponto de vista elétrico, estes elementos são diodos, que conduzem a corrente em uma direção, mas não no sentido inverso. Os diodos utilizados para as comunicações ópticas possuem uma característica especial: quando conduz corrente elétrica, parte da energia é dissipada na forma de luz. Estes componentes são chamados diodos emissores de luz (LEDs). A luz emitida segue as mesmas variações da corrente no diodo.



Pode-se obter melhores propriedades para a transmissão em fibras ópticas empregando-se um diodo LASER ao invés de um LED. O nome LASER é a sigla em inglês do processo de amplificação de luz por emissão estimulada de radiação.

A fim de explicar o funcionamento dos emissores é oportuno mencionar alguns conceitos da teoria quântica. Para que haja corrente elétrica em um material o mesmo deve conter elétrons livres, pois quando os elétrons estão presos na estrutura atômica o material se comporta como um isolante.

Os diodos são feitos de elementos semicondutores que sob certas condições têm os elétrons presos (funciona como um isolante), e sob outras permitem a sua saída (atua como um condutor). Quando um elétron se encontra em sua órbita dentro do átomo, possui uma certa quantidade de energia que chamamos de nível de valência que, quando é liberada, fornece energia em um nível mais alto chamado de condução.

Para ir para o nível de condução o elétron absorve energia, e quando volta para o nível de valência emite energia. Em um LED a energia absorvida é adquirida a partir da corrente elétrica circulante e é emitida como luz. De acordo com a teoria quântica, as diferenças entre os níveis são valores específicos, um elétron em particular irá emitir a mesma quantidade de energia sempre que passar ao nível de valência, isto significa que o comprimento de onda será o mesmo, uma vez que se relacionam com os níveis quânticos de um fóton pela seguinte fórmula:

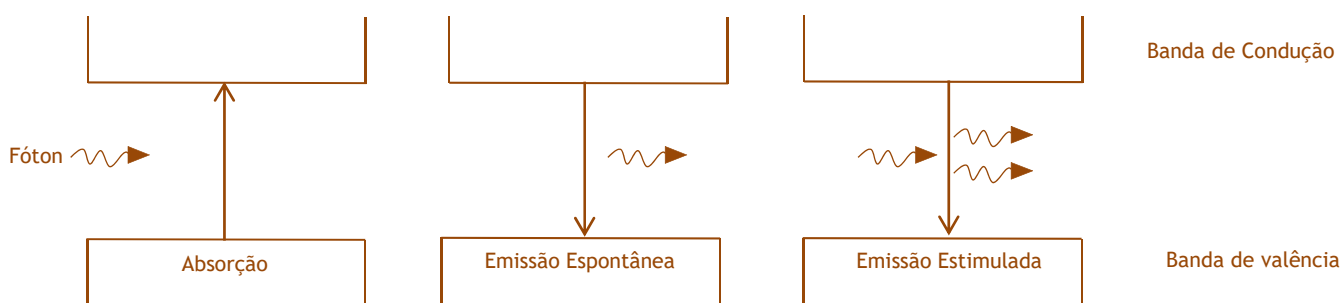
$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

Onde h é a constante de Planck, c é a velocidade da luz e ΔE é a diferença de energia entre os dois níveis.

Quando a corrente flui através de um LED, o movimento dos elétrons gera um processo de recombinação entre elétrons que sobem ao nível de condução e outros caem ao de valência, que são aqueles que emitem luz.

Os comprimentos de onda que contém uma luz de LED, que é conhecido como distribuição espectral, são determinados pela distribuição dos elétrons em diferentes níveis de energia e pode ser da ordem de 50nm.

A emissão de um LED é chamado espontânea, pois se origina diretamente da resposta do material à corrente elétrica circulante. No caso de um diodo laser a emissão é estimulada em uma etapa complementar, já que um diodo deste tipo tem uma primeira emissão espontânea, que entra em uma cavidade com paredes refletidas (câmara de Fabry Perot), onde alguns dos fótons ficam presos na câmara e ao refletir-se sobre o diodo pode afetar um elétron que já se encontra no nível de condução. Neste caso, este elétron se recombina gerando um novo fóton idêntico ao que o afetou. Ambos os fótons são refletidos na câmara e podem continuar com o efeito multiplicador.



Nem todos os fótons da primeira emissão produzem o efeito Laser, apenas aqueles que têm a energia ou comprimento de onda adequado para produzir ressonância na câmara. Por este efeito, um laser de diodo concentra sua emissão em certos comprimentos de onda. Além de ter mais potência do que uma luz LED, a distribuição espectral é de cerca de 2 nm, diminuindo muito o efeito da dispersão cromática na fibra óptica.

O padrão de radiação de um laser é também mais fechado do que um LED, a luz se concentra em uma determinada direção para que seu aproveitamento seja mais eficiente para transmissão em fibras. As características ópticas de um laser são superiores em todos os aspectos às de um LED, mas seu custo é sempre maior, por isso em sistemas com fibra multimodo, onde os enlaces são mais curtos, se usam preferencialmente fontes de luz do tipo LED, mas nos enlaces que utilizam fibras monomodos são aplicadas fontes LASER.

Detectores

Para converter o sinal óptico em elétrico se empregam fotodiodos, onde ocorre o efeito contrário ao de um LED, ou seja, neste dispositivo a incidência de luz provoca a geração de uma corrente elétrica. Em um fotodiodo, dispositivo comumente usado em polarização reversa, não há geração de corrente no escuro. Ao incidir fótons com a quantidade certa de energia, alguns elétrons sobem do nível de valência ao de condução e se produz uma corrente proporcional à luz incidente.

Os fotodiodos são sensíveis à diferentes comprimentos de onda, dependendo das diferenças resultantes do nível de energia entre seus elétrons de valência e de condução. Aqui estão alguns exemplos:

Material do fotodiodo	λ de operação (nm)
Silício	400 - 4000
Germânio	600 - 1600
GaAs	800 - 1000
InGaAs	1000 - 1700

Os fotodetectores podem ser integrados em circuitos que fornecem algum ganho para a potência do sinal. Para comparar diferentes opções é necessário considerar o comprimento de onda de operação do sistema, a eficiência e sua velocidade de resposta.

A eficiência quântica indica quantos fótons que atingem o detector são convertidos em elétrons de condução, na prática, isso representa quantos μA de corrente de obtém por μW de luz incidente. A velocidade de resposta é o tempo que transcorre desde que incide a luz até que a energia é produzida.

Para evitar problemas de ruído, é vantajoso ter um sinal de saída de alta potência, mas se o nível é muito alto a linearidade pode ser perdida na resposta, que é especialmente importante para sistemas analógicos.

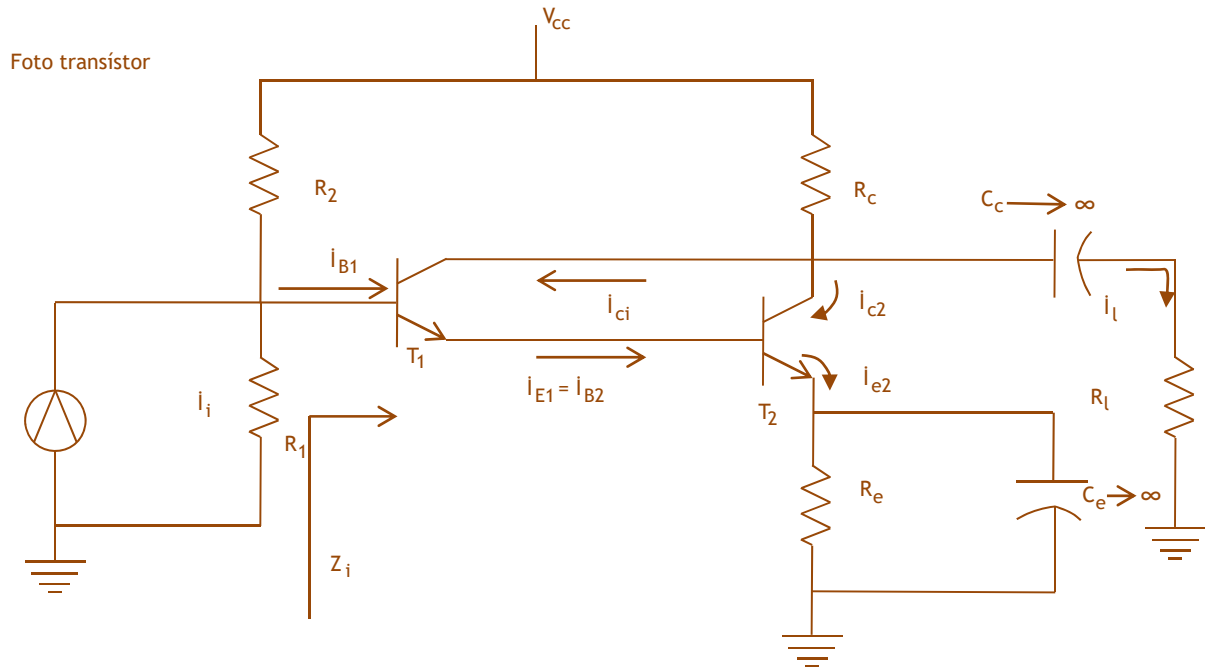
Tipo de Fotodetector	Eficiência $\mu\text{A} / \mu\text{W}$	Tempo de resposta	Corrente de escuro
Diodo PIN Si	0,5	0,1 - 5 ns	10 nA
Diodo PIN InGaAs	0,8	0,01 - 5 ns	0,1 - 3 nA
Fototransistor Si	18	2,5 μs	25 nA
Fototransistor Darlington	500	24 μs	100 nA
Diodo de Avalanche GE	0,6	0,3 - 1 ns	400 nA
Diodo de Avalanche InGaAs	0,75	0,3 ns	30 nA
Diodo com amplificador FET InGaAS	5000	1 - 10 ns	-----

Os fotodiodos, além das zonas P e N, têm uma zona intermediária com baixo teor de contaminantes, que por isso é intrinsecamente neutra, resultando a denominação de diodo PIN.

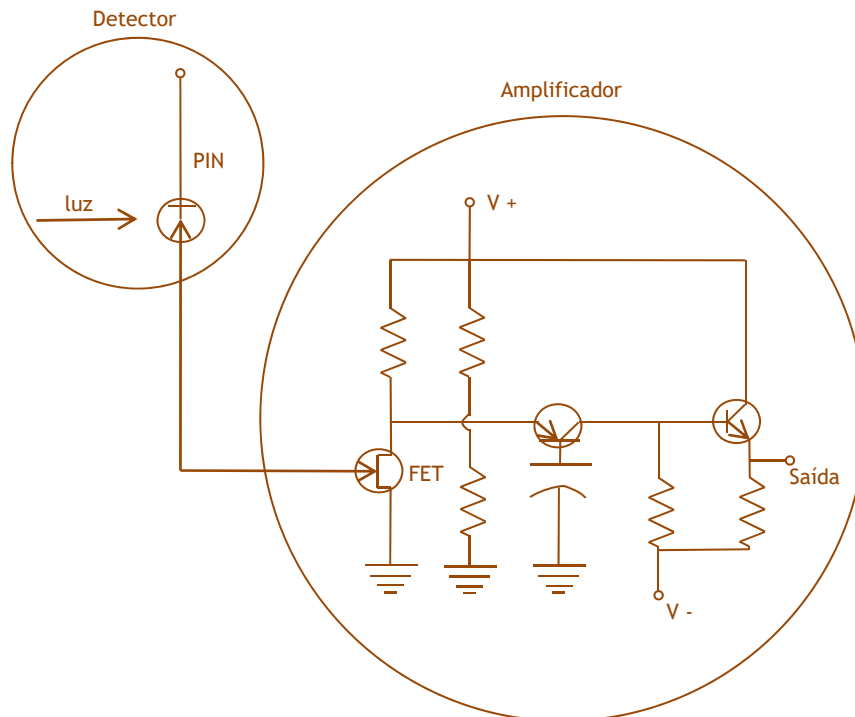
O fototransistor é uma forma imediata para amplificar o sinal do detector. O fotodiodo é a união base-emissor de um transistor, que pode estar sozinho ou acoplado a outro em uma configuração Darlington.

Em um diodo de avalanche a amplificação é realizada pelo efeito em cadeia com elétrons em condução que estimulam outros, para o qual se precisa de um campo mais forte e portanto, uma polarização com mais tensão no diodo.

Em alguns circuitos integrados, o diodo PIN se acopla a um amplificador FET cuja saída é a tensão (Volts) e se elimina a corrente de escuro.



Fotodiodo a amplificador FET

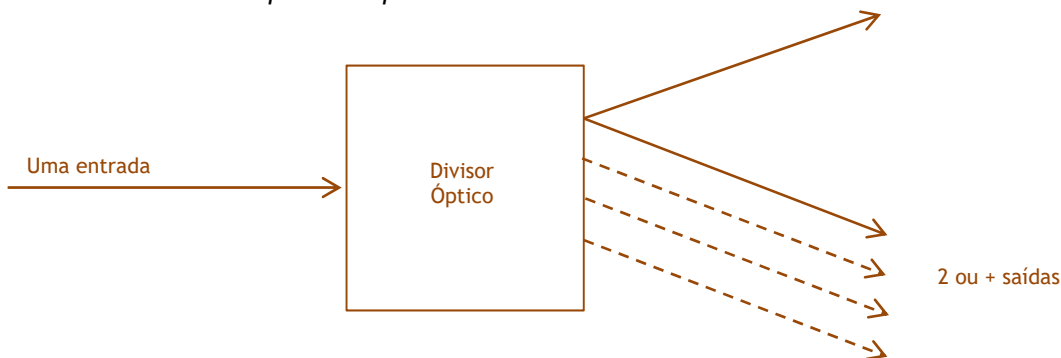


4.3 - Divisores Ópticos

As fibras ópticas são a melhor maneira de transmitir grandes volumes de informações ponto a ponto. A característica de não poder extrair informações parciais a partir de uma fibra, tem sido uma vantagem de privacidade e segurança, mas é uma limitação para algumas aplicações. Atualmente, existem divisores ópticos que tornam possível separar o feixe em duas ou mais fibras, não é uma separação de sinal pois o que se obtém em cada fibra é um sinal com a mesma informação, apenas com menos potência do que o original.

Os divisores de duas saídas podem ser assimétricos fornecendo mais potência a uma saída que a outra; 90%/10% ou 60%/40%, etc ou saídas 50%/50%. Existem também divisores com múltiplas saídas, até 10 ou 15 saídas de potência igual. Todos os divisores adicionam uma perda de 0,2 a 0,3 dB ao sistema.

Os divisores proporcionam maior flexibilidade ao projeto da rede óptica, e a segurança da privacidade pode ainda ser válida pois qualquer extração de sinal em um ponto intermediário da rede é detectada no final do enlace como uma perda de potência.



4.4 - Amplificadores Ópticos

O amplificador óptico consiste em uma fibra óptica dopada com Érbio no núcleo e que tem um efeito não-linear. Ao mesclar na fibra um sinal de comunicação a 1550 nm com outro sinal de 980nm, a potência deste último, chamado laser-bomba, se transfere ao sinal de comunicação obtendo o efeito de um amplificador.

O efeito só funciona em comprimentos de onda em que a fibra dopada com Érbio apresente a resposta não-linear. Não foram desenvolvidos amplificadores para 1300 nm, mas para 1550 nm existem modelos em comercialização. O aumento de potência no portador não afeta a modulação ou codificação da informação. O amplificador é um divisor óptico conectado de forma invertida.



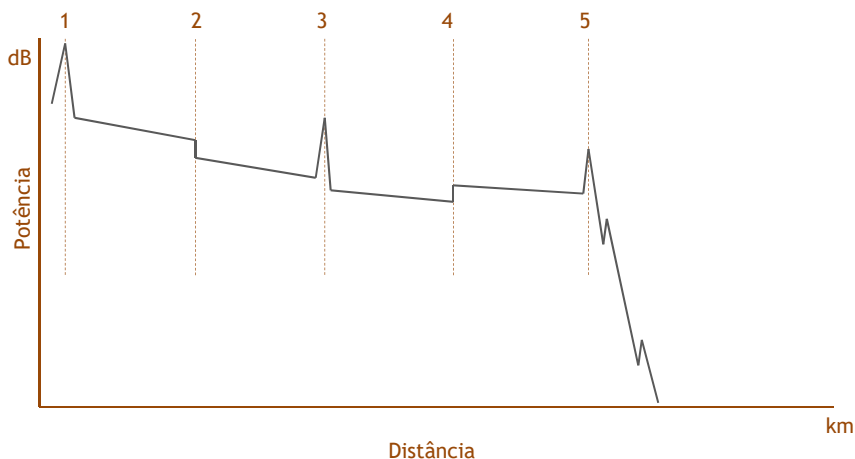
4.5 - Medição de Potência

A baixa atenuação é a principal vantagem da fibra óptica no campo das comunicações. É importante notar esta característica durante a fabricação de cabos, durante sua instalação e com o sistema já em operação.

A medição tradicional é realizada conectando uma fonte conhecida em uma extremidade e um medidor de potência em outro. Este método requer acesso a ambas as extremidades e seu relatório mostrará apenas a perda total, uma vez que não permite o estudo de eventos individuais e localizar danos.

Um método alternativo de uso mais frequente é a utilização de um reflectômetro no domínio do tempo (OTDR). Este instrumento é conectado a uma extremidade da fibra, envia um pulso de luz e detecta a luz refletida por retroespalhamento ao longo da fibra. Este processo gera um gráfico em que se relaciona a potência com o comprimento da fibra.

Gráfico de OTDR



De acordo com o gráfico, a inclinação da linha representa a atenuação na fibra por unidade de comprimento (dB/km). A escala de distância no eixo horizontal permite localizar eventos específicos, que no exemplo são interpretados da seguinte forma:

1. O pulso de luz impede a visualização de eventos no início da fibra óptica. Para minimizar o fenômeno intercala-se uma fibra de lançamento entre o OTDR e a fibra sob medida, com um comprimento maior do que a zona morta do aparelho.

2. O item é uma alta perda, que pode ser uma emenda, conexão ou uma curva na fibra.

3. O pico é um reflexo da luz deixando a fibra, mostra um conector de emenda mecânica ou união de conectores.

4. O item significaria um ganho de potência na fibra, o que é impossível. Na realidade é uma interpretação errônea de emenda do OTDR na junção de fibras com diferentes diâmetros do núcleo. Por esta razão, na mesma junção, ao observar o enlace na direção contrária, o item perda descrito no parágrafo 2, terá um erro e apresentará um valor exagerado. Devido a esse comportamento típico, as medições com OTDR devem ser efetuadas nas 2 direções. O valor correto apurado é obtido pela média das duas leituras.

5. Reflexão indicando o fim da fibra.

4.6 - Projeto de um Link

O gráfico do OTDR mostra a queda de potência de cada um dos elementos, desde o emissor até o receptor. Fazer uma estimativa preliminar de perdas é parte essencial no projeto de um enlace, e pode ser tomado como referência para esse cálculo os valores:

Tipo de Fibra	850 nm	1310 nm	1550 nm
Multimodo 50/125	2,7	1,2	-----
Multimodo 62,5/125	3,2	0,9	-----
Monomodo	-----	0,4	0,25
Perdas por emendas	0,2dB	0,2dB	0,2dB
Perdas por conector	1,0dB	1,0dB	1,0dB

Além da calculo prévio de perdas, deve-se conhecer a potência óptica disponível, ou seja, a diferença em dB entre a saída do emissor e o limiar de sensibilidade do receptor. Comparando os dois valores se conhece a margem do sistema, que representa a potência restante após as perdas. Esta margem permitirá absorver perdas adicionais por reparos futuros ou a diminuição de potência por envelhecimento do transmissor.

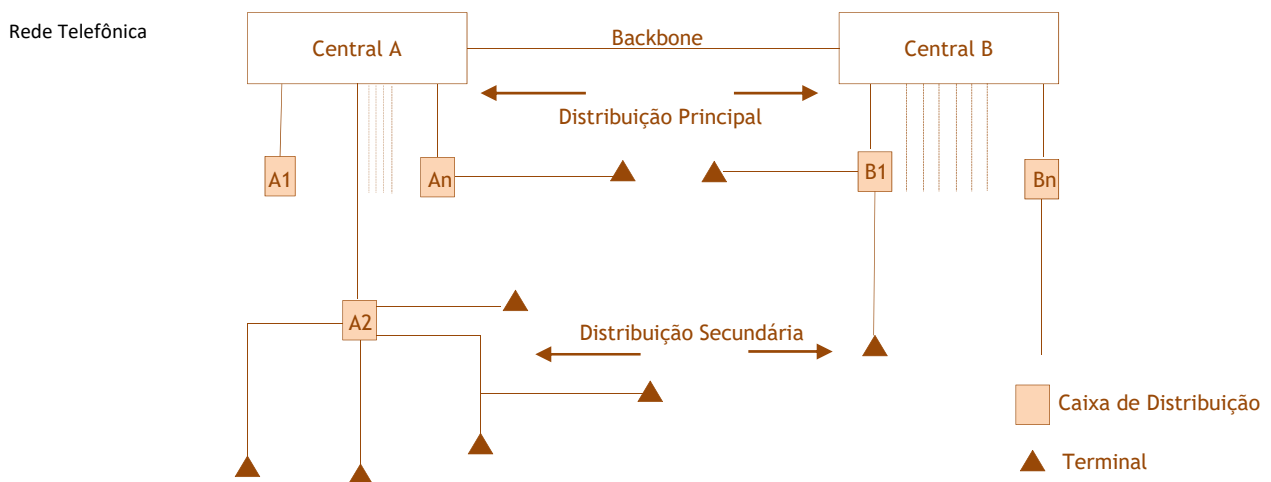
Em fibra multimodo é também necessário verificar a largura de banda com o comprimento final e confirmar a sua capacidade para transmitir o sinal desejado. Na transmissão digital com fibras monomodo, deve-se verificar se a dispersão acumulada no sistema é menor que o período entre dois pulsos ópticos na velocidade mais alta da transmissão. Neste cálculo envolvem-se tanto o fator de dispersão da fibra e sua extensão, como o comprimento de onda e a distribuição espectral do transmissor.

O projeto deve considerar a quantidade total de fibras, que é sempre maior que o comprimento da instalação devido ao excesso de cabo necessário nos pontos de emenda como reserva em caso de danos. Esta reserva pode ser entre 5 e 10 por cento do comprimento total do enlace.

Os links ópticos que são feitos com os elementos descritos no capítulo anterior, ganharam amplas aplicações em telefonia, televisão, transmissão de dados e instrumentação. Abaixo estão as características específicas para cada caso.

5.1 - Telefonia Urbana

A rede de telefonia foi um dos primeiros campos em que as fibras ópticas foram utilizadas em larga escala, nas conexões entre as centrais. Neste caso, se combinam as condições mais favoráveis para o uso da fibra: ponto a ponto, alto volume de informações e distâncias de vários quilômetros.



No backbone da rede já se utilizava a transmissão digital de sinais há vários anos por meio dos cabos de cobre multipares, utilizando a técnica de modulação por codificação de pulsos (PCM), em que vários canais, originalmente analógicos, são transformados em um canal digital. O objetivo é reduzir o número de pares necessários no backbone. No sistema T1 dos Estados Unidos, cada sinal PCM carrega 24 canais de telefone a uma taxa de 1,5 Mb/s, no sistema E1, usada no Brasil e em outros países, a taxa é de 2048 Mb/s e se transportam 30 canais de voz. E1 e T1 se transmitem por cabos de cobre, com repetidores a cada 1.000 metros ou menos.

A capacidade adicional que se atinge usando fibras ópticas no PCM é enorme, e os sinais podem ser transmitidos a distâncias de 40 a 50 km sem repetidores, em sistemas E4 com 1.920 canais de voz a uma taxa de 140 megabits por segundo (Mb/s) a 1300nm, com uma atenuação máxima de 0,4 dB/km.

Os cabos utilizados neste caso são quase sempre com fibra monomodo instalados em uma tubulação subterrânea, por duas razões:

- A quantidade de dutos disponíveis nas ruas principais é grande, já que os cabos de cobre anteriores eram maiores e bem mais pesados.
- A proteção que um duto subterrâneo traz é importante, para evitar paralisações na transmissão por qualquer problema que surja, devido ao alto volume de tráfego nestas redes.

Alguns países (incluindo o Brasil) preferem utilizar o cabo de fibra óptica totalmente dielétrico e só em casos especiais se utiliza cabos armados.

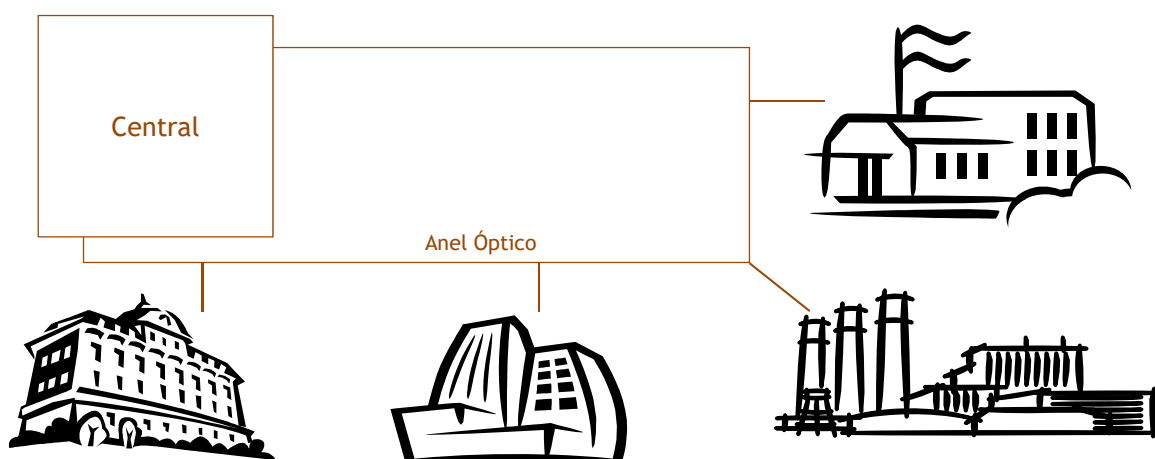
Na rede de distribuição que conecta os usuários ao seu telefone, o uso de fibra ainda não é amplo, mas esta situação vem rapidamente se invertendo. Em clientes residenciais ou pequenas empresas o custo da rede totalmente óptica ainda é alto. O comum são projetos híbridos, onde a fibra óptica leva sinal de vários usuários desde a central até um ponto intermediário, onde são convertidos em sinais elétricos e distribuídos até o usuário final por cabos de pares de cobre ou coaxiais.

5.2 - Rede Digital Integrada

Aa necessidades de serviço de telefonia dos grandes usuários são diferentes daquelas de usuários individuais ou pequenas empresas, que muitas vezes não estão ligados à rede pública normal de distribuição, mas recebem conexões de alta velocidade digital em uma rede independente da rede de cobre.

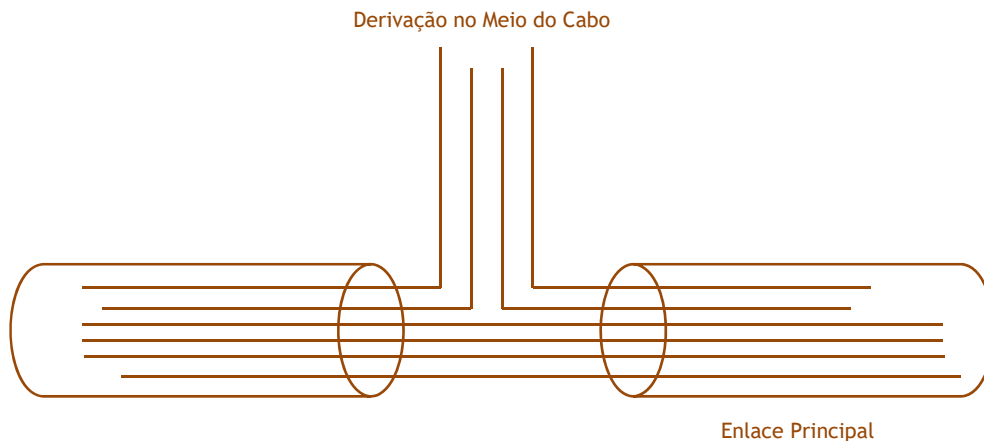
Como ambas redes compartilham o espaço físico, a nova rede às vezes é chamada de rede sobreposta e pode trafegar sinais na forma digital: voz, dados de alta e baixa velocidade além de integrar os serviços adicionais como a videoconferência, redes privadas virtuais, etc. O uso de fibra óptica é muito intenso nesta aplicação e pode ser complementado por redes wireless (sem fios), onde o volume de tráfego não justifique o investimento em redes ópticas ou de cobre. Na maioria dos casos a rede é 100% óptica a partir da companhia telefonica até a instalação do cliente final.

Para um único usuário isolado, o mais eficiente é um enlace óptico direto desde a central telefônica mais próxima. Sempre que possível se realiza o mesmo tipo de instalação de rede de backbone, ou seja, redes subterrâneas. Se não houver dutos disponíveis até onde está o cliente pode-se fazer a instalação aérea de cabos auto-sustentados ou cabos direto em duto espinados.



Quando existem vários usuários potenciais de RDSI em uma pequena área geográfica, é mais conveniente mudar o projeto da rede, alterando a concepção ponto a ponto ou estrela para a construção de anéis ópticos com cabos de alto número de fibras, 36, 48, 72 ou mais. Com isso se ganha flexibilidade e a longo prazo se reduzem os custos de instalação.

Sob este conceito, o cabo com um elevado número de fibras atravessa a região selecionada e forma um anel que inclui uma ou mais centrais, desta forma, quando você solicita um serviço, 2 ou 4 fibras derivam a partir do ponto mais próximo do usuário. Fazer uma derivação apenas em um ponto onde já se havia deixado saídas para emendas, limitaria a flexibilidade da rede. O que é recomendado é uma intervenção em um ponto intermediário do cabo, cortando a capa vagamente e um tubo onde as fibras selecionadas a ir para o cliente estão. A ele se conecta um cabo de poucas fibras que chega ao usuário final. Para facilitar esta operação se recomendam cabo de tubo loose com a alternância de sentido (S-Z) que permite soltar um único tubo no ponto de intervenção.

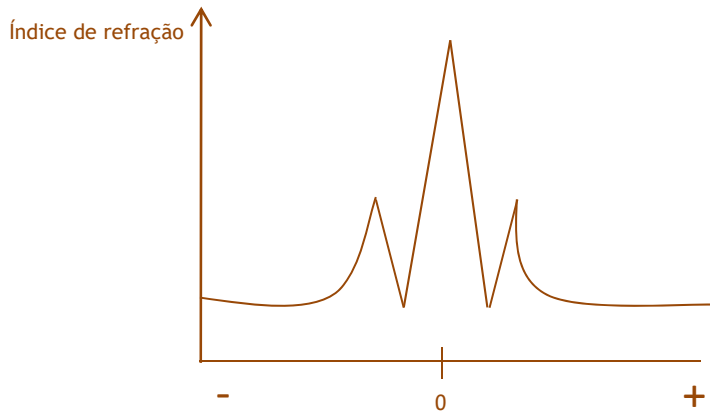


5.3 - Longa Distância

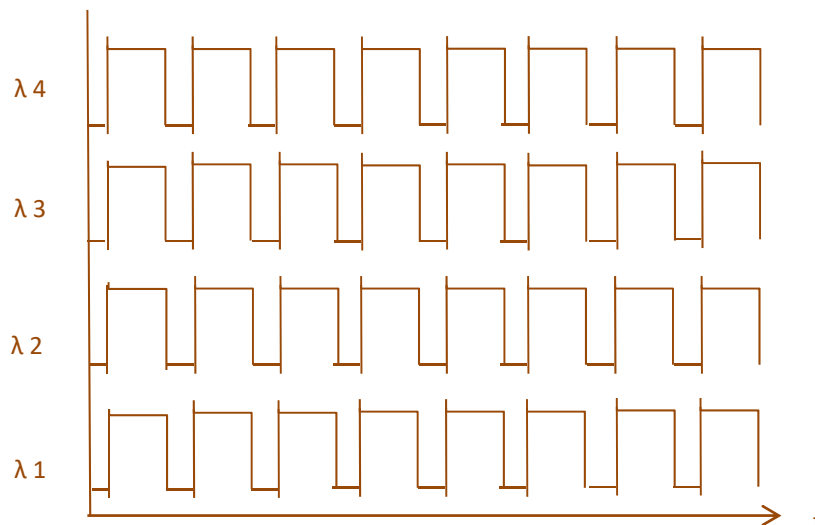
As interligações das redes entre as cidades fornecem condições ainda mais favoráveis para o uso de fibra óptica que a rede urbana, uma vez que os comprimentos dos enlaces são muito maiores. Por esta razão, desde o início dos anos oitenta, os enlaces ópticos complementam e substituem com sucesso os sistemas de microondas ou de satélite com trechos de até 200 km sem repetidores.

Como mencionado, as fibras monomodo tem a 1310 nm uma atenuação maior (0,4 dB/km) que a 1550 nm (0,25 dB/km). Em longa distância, nos sistemas mais longos, essa diferença faz-se importante. Por exemplo, no caso de 100 km a diferença de atenuação representa uma vantagem de 15 dB ao transmitir em 1550 nm, mas neste comprimento de onda a dispersão limita a velocidade de transmissão, ou a distância que se pode alcançar ao operar fora do ponto de dispersão mínima (1310 nm).

Para esta aplicação, se desenvolveu um tipo de fibra chamado NZD (non zero dispersion) com dispersão baixíssima em 1550nm e 1310nm. Com esta fibra e amplificadores ópticos é possível transmitir sinais ópticos em distâncias de até 200 km sem o emprego de repetidores e a uma taxa muito alta, que podem chegar a dezenas de Gb/s.



Para aumentar a capacidade de um enlace, foi desenvolvida a técnica de multiplexação do sinal por divisão de comprimento de onda (WDM), que consiste em transmitir de forma simultânea vários portadores com diferentes comprimentos de onda, cada um levando um sinal independente dos demais. Desta forma, pode-se transmitir 10 Gb/s com 4 portadoras a 2,5 Gb/s; 40 Gb/s com 16 portadoras a 2,5 Gb/s; 80 Gb/s com 8 portadoras de 10Gb/s.



O número de portadoras e a taxa de transmissão de cada canal em um sistema WDM depende do equipamento desenvolvido. Não existe uma regra geral e um limite sobre o assunto. As fibras ópticas têm sido desenvolvidas e otimizadas para esta aplicação.

Todos os portadores devem ter comprimentos de onda dentro da janela de transmissão, em torno de 1550nm. Por esta proximidade existe um risco de intermodulação entre os portadores e a dispersão cromática ajuda a reduzir esse efeito, por isso desenvolveu-se para WDM fibras modificadas com o ponto de dispersão zero não em 1550nm, mas além de 1560nm.

O uso de vários portadores e de enlaces muito longos permite que se utilizem fontes de luz de maior potência, o que pode ser um fator para que se apresentem efeitos não lineares indesejados. Para reduzir essa possibilidade pode-se aumentar o diâmetro do campo modal da fibra óptica, a fim de reduzir a potência óptica transmitida por unidade de área.

Para essas altas taxas, se utilizam fibras de 12,24 e 36 em cabos de tubo loose, semelhante aos de uso urbano. A instalação é quase sempre subterrânea.

Em muitas condições, a fibra óptica é uma opção mais eficiente que o satélite ou microondas, mas a tendência geral é usar os 3 meios de forma complementar.

5.4 - Televisão a Cabo

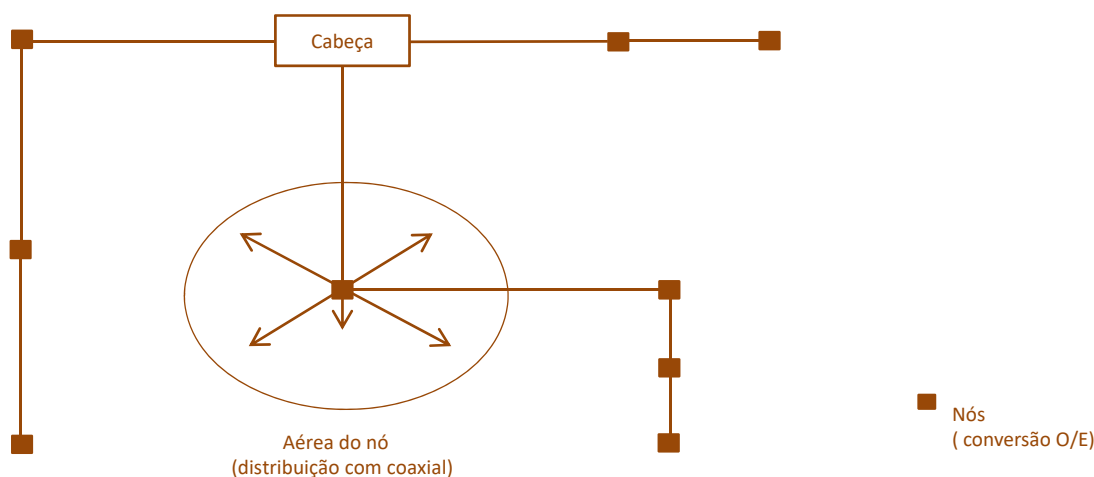
Redes tradicionais de TV a cabo têm um projeto em forma de árvore com uma linha troncal saindo do transmissor e se subdividindo para distribuir o sinal. Neste caso, o sinal passa por uma série de amplificadores, resultando em degradação gradual do sinal e, portanto, limita a cobertura.

Para atingir distâncias maiores, se utilizam sistemas ópticos. Esta situação mudou radicalmente com o projeto de redes de TV a cabo baseado em nós, em que são utilizadas centenas de fibras ópticas instaladas de forma subterrânea ou aérea.

5.5 - Rede de Banda Larga

O projeto de rede em árvore para a televisão por cabo está sendo substituído pela arquitetura em nós, que consiste em dividir a área geográfica em pequenas células ou nós, cada um contendo cerca de 2.000 usuários. Dentro de cada nó existe um transmissor conectado à cabeça com fibras ópticas, que fornece o serviço apenas para usuários do mesmo nó via coaxial, e amplificadores de rádio frequência (RF). Esta rede é chamada híbrida, por ser parte óptica e parte coaxial, com vantagens importantes:

- A cascata de amplificadores em série é muito curta, o que resulta um sinal uniforme e de alta qualidade em toda a rede;
- Permite projetar a rede apenas em função de usuários e não do alcance da central, uma vez que a fibra óptica permite percorrer vários quilômetros (cerca de 30), sem equipamentos ativos intermediários;
- Torna a rede mais confiável e mais fácil de manter, por possuir menos equipamentos ativos e ser uma rede modular, de forma que, se um equipamento falha afeta um grupo reduzido de usuários.



As vantagens desta rede permitem oferecer um serviço de melhor qualidade e, em alguns casos, com um menor custo. Outra vantagem adicional é a possibilidade de torná-la bidirecional, ponto de grande importância, já que ter uma trajetória de retorno permite oferecer novos serviços.

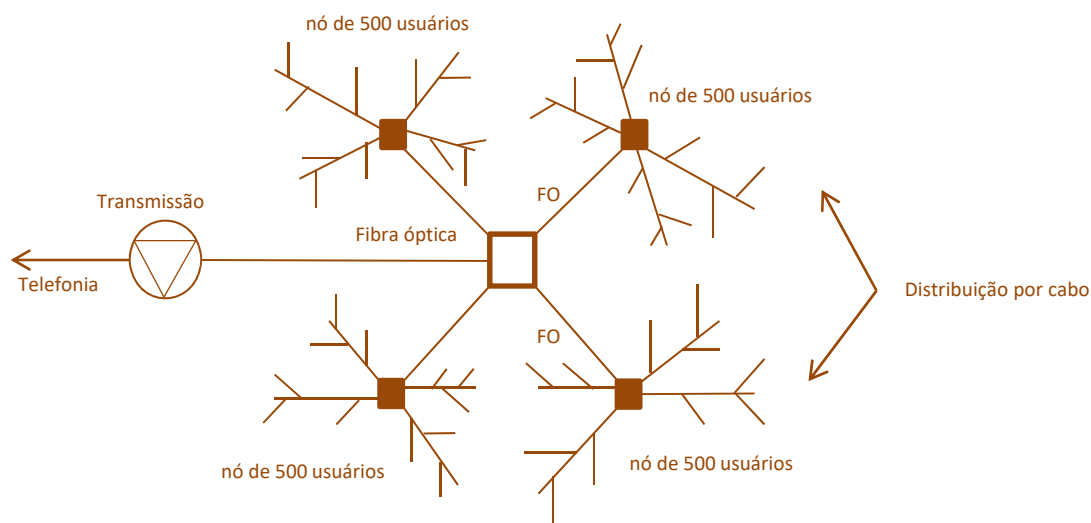
Existem basicamente dois tipos de rede para comunicações: a rede telefônica que permite uma transmissão bidirecional de sinais de voz ou de dados de baixa velocidade, e a rede de televisão por cabo que permite a transmissão de vídeo (sinal banda larga), em forma unidirecional da cabeça transmissora para os assinantes. A possibilidade de combinar a alta largura de banda com a transmissão direcional da outra, abre a porta para a introdução de novos serviços com valor agregado.

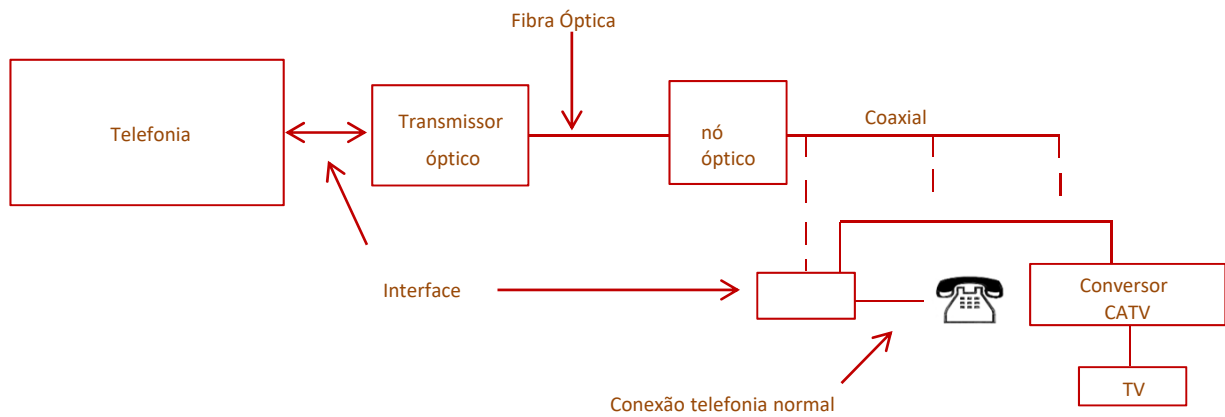
O uso de fibra óptica e avanços em equipamentos de transmissão, comutação, multiplexação e gestão de informação torna possível sua aplicação para o tráfego elevado que irá gerar serviços futuros. É preciso definir a rede que permita a prestação destes serviços em um edifício corporativo. Existem várias soluções possíveis: desde a instalação de duas redes paralelas até uma rede com 100% de fibras ópticas, passando por estágios de rede intermediárias como o projeto com nós de CATV.

A Rede de fibra-coaxial exige algum ajuste para fornecer estes serviços:

- Se usam 3 fibras entre o transmissor e cada nó, a de TV normal (analogica), a de sinal digital e a de retorno.
- Todos os equipamentos de RF (radiofrequencia) devem ser bidirecionais (os sinais de ida e de retorno vão pelo mesmo cabo coaxial).
- Para a gestão do tráfego nos nós deve-se reduzir para aproximadamente 500 usuários ou menos.
- O transmissor deve estar conectado à rede pública para voz e dados.
- Do lado do usuário, é preciso um equipamento que separe a informação geral (TV) das que tem destino específico (dados, telefone, etc)...

Alguns exemplos de serviços bidirecionais em rede de banda larga incluem videoconferência, transmissão de dados em alta velocidade, televisão de alta definição, videotelefone, consultoria de banco de dados, compras, reservas e VOD.



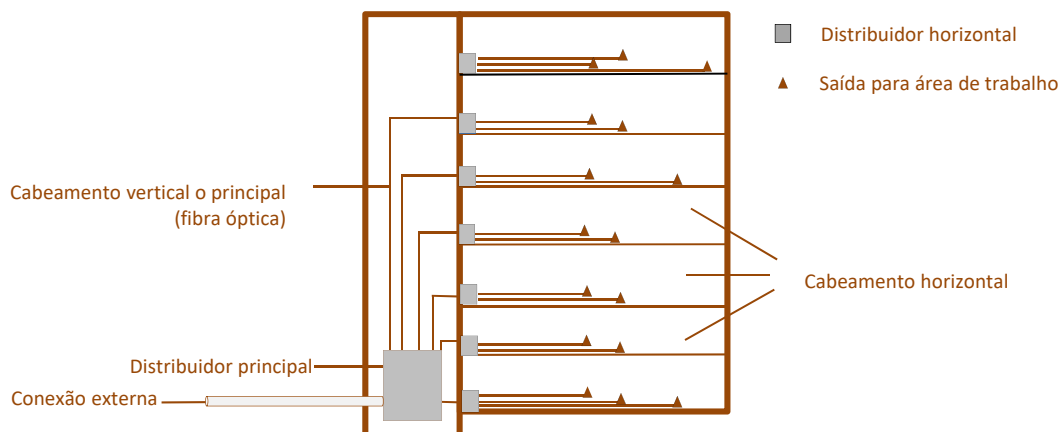


5.6 - Redes Locais

O conceito de cabeamento estruturado, permite um projeto ordenado que pode suportar redes de voz e dados e topologias de diferentes fornecedores, para evitar a obsolescência e para facilitar a manutenção e gerenciamento de rede.

Nesta área, há uma crescente utilização de fibras ópticas, pois esta elimina a limitação de distância do fio de cobre para alta velocidade (90 m) e permite a interligação de vários edifícios. De fato, mesmo uma rede com fibras ópticas na vertical e par trançado na horizontal, pode atender a qualquer rede existente e planejada para os próximos anos. Há também o conceito de cabeamento com 100% de fibra para eliminar qualquer limite de largura de banda no futuro. Ambas as opções são tecnicamente viáveis e o custo-benefício é o que definirá a tendência.

As fibras usadas são multimodo, a norma EIA/TIA 568A indica fibras de 62,5 μm de diâmetro de núcleo, a norma ISO 11801 permite que 50 μm ou 62,5 μm , e por serem principalmente instalações internas, os cabos devem obedecer a classificação de flamabilidade recomendada.



5.7 - Indústria

Em diversas indústrias as fibras ópticas são utilizadas devido a vantagem de serem imunes a interferências e não usarem corrente elétrica que poderia causar uma faísca, o que é de especial interesse na indústria química e do petróleo.

Dentro de uma instalação fabril ou em qualquer outro setor, podem-se utilizar fibras multimodo para instrumentação ou comunicações locais, para controle de processo ou redes de computadores.

Se o cabo é protegido na instalação (dutos, tubos), você pode usar cabos flexíveis para uso interno. Se o cabo está exposto a danos recomenda os cabos para exterior que combinam proteção mecânica com a resistência a chama espalhados e capas resistentes a raios UV.

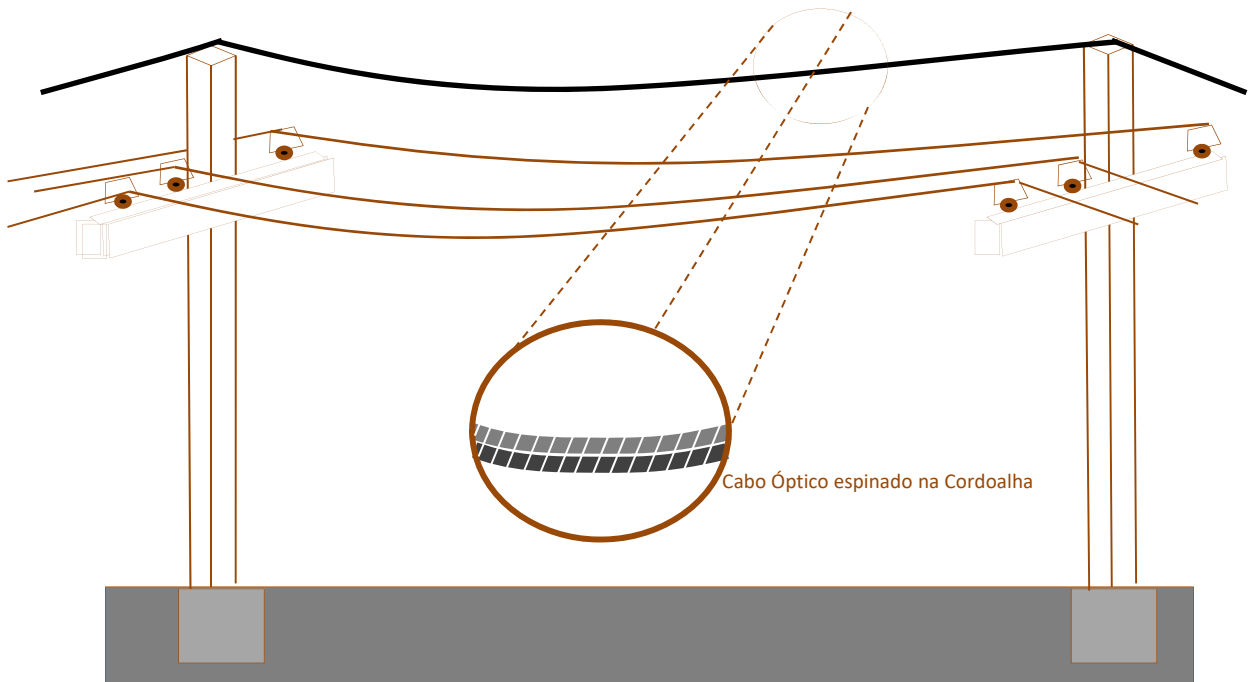
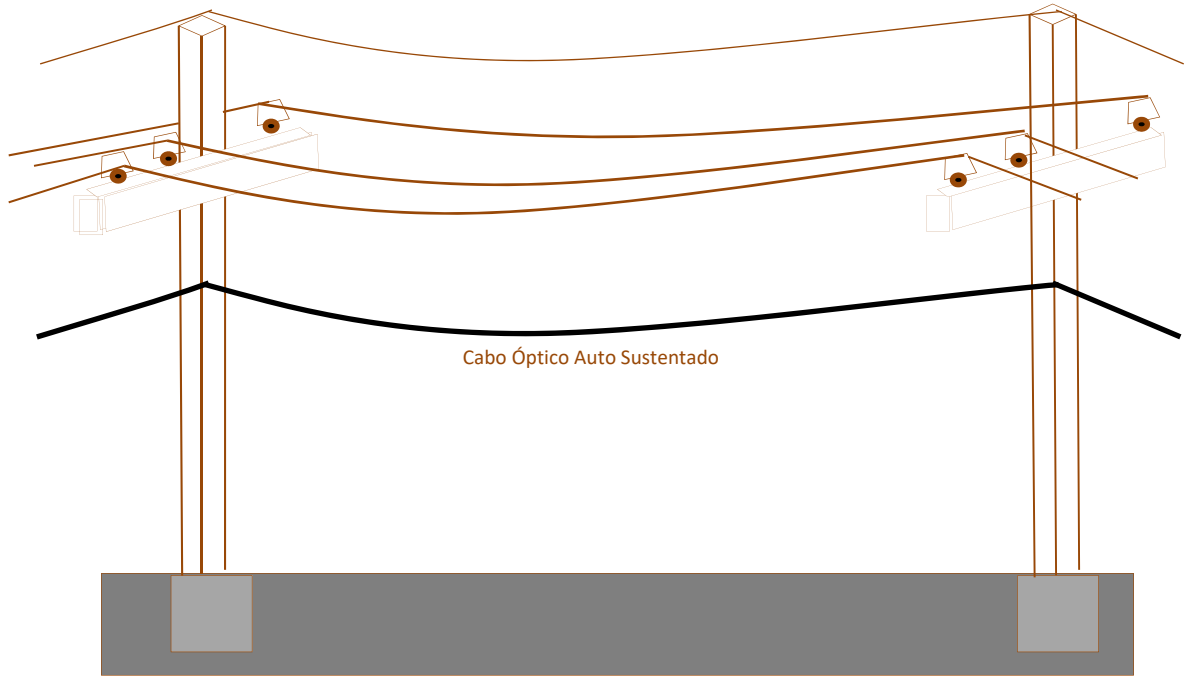
A aplicação com maior potencial é em enlaces muito longos com fibras monomodo, utilizando infraestrutura da própria empresa para dar direito de passagem e proteger o cabo, como gasodutos e linhas de transmissão de energia elétrica.

5.8 - Fibras Ópticas em Linhas de Alta Tensão

Por causa de sua imunidade a interferências eletromagnéticas, a fibra óptica é um elemento muito importante para atender às necessidades de comunicação nas companhias elétricas, usando a infraestrutura de suas linhas de transmissão. A grande capacidade de transmissão de informação permite ter cabos com fibras suficientes para a operação da rede podendo usar as fibras sobrantes para outros serviços próprios ou alugados.

Existem várias opções para instalar o cabo de fibra: pode ser subterrânea aproveitando o traçado de rodovias, ruas ou avenidas, pode ser em duto ou via aérea utilizando-se o cabo auto-sustentável dielétrico suspenso em postes ou torres. Se a linha é de mais de 115 kV, a capa do cabo deve resistir ao efeito da corrente superficial (tracking), devido ao campo elétrico gerado.

Uma cordoalha pode ser usada para a acomodação dos cabos de fibras, utilizando um fio de cabo dielétrico para uso em duto na cordoalha existente (espinado), ou através da instalação de um cabo OPGW, tendo as fibras incorporadas. Nestes cabos o projeto deve levar em conta o aumento de peso e diâmetro, bem como a perda de área de condução de corrente, além de proteger as fibras contra esforços mecânicos, umidade e temperatura causada pela corrente de falhas ou relâmpagos.

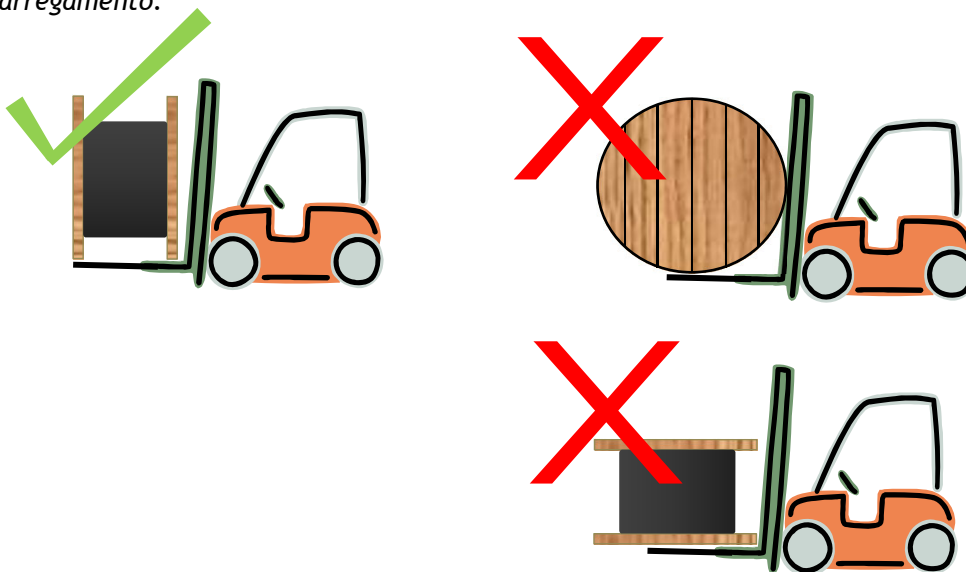


6.1 - Qualidade

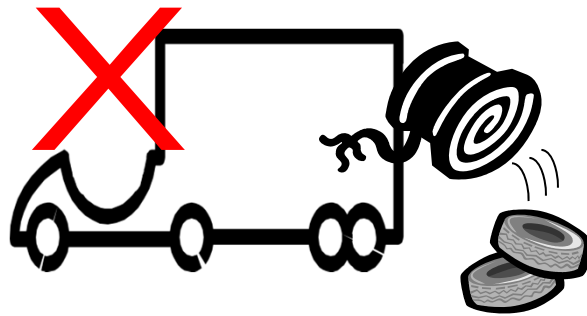
- Todas as bobinas de cabos ópticos são testadas individualmente quanto a atenuação, continuidade, uniformidade de atenuação, ovalização do núcleo, diâmetro externo, espessura da capa e penetração de umidade.
- Na capa do cabo óptico, bem como na etiqueta de identificação da bobina, é colocada o número da OP (ordem de produção) que permite sua identificação mesmo depois da instalação em campo. É o número da OP que permite a rastreabilidade de todas as fases do processo bem como de toda a matéria prima utilizada.
- O relatório de inspeção de cada bobina fica arquivado na fábrica. Caso uma via seja necessária, uma copia pode ser disponibilizada eletronicamente em pdf a qualquer tempo.
- Recomenda-se que imediatamente após a entrega, seja realizada uma inspeção nas bobinas recebidas, verificando visualmente a existência de danos nas mesmas. É altamente recomendado que seja realizada uma inspeção óptica (medição com OTDR) em todas as fibras ópticas de todas as bobinas, como forma de contenção, para certificar-se de que nenhuma fibra óptica foi afetada pelo manuseio e transporte.

6.2 - Manuseio

- As bobinas de fibra óptica devem ser manuseadas pela flange e nunca pelas ripas.
- As bobinas devem ser movimentadas sempre na posição vertical (em pé).
- O descarregamento deve ser feito com empilhadeira, com içamento por caminhão munck ou por rampas de descarregamento.



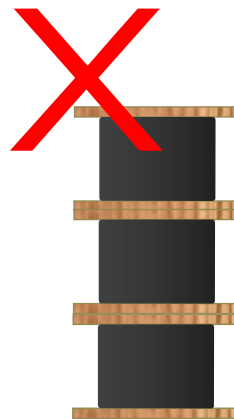
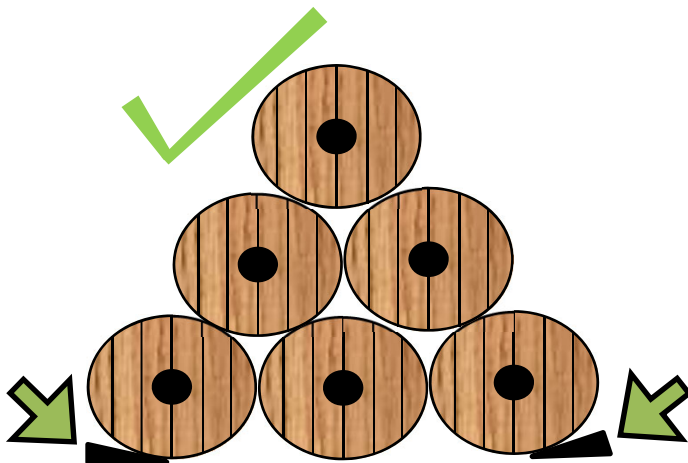
- O descarregamento por lançamento sobre pneus é terminantemente proibido pois qualquer impacto, por mínimo que seja, pode danificar definitivamente a fibra óptica.



6.3 - Armazenamento

- A bobina de madeira não foi desenvolvida para ficar armazenada por anos, especialmente em intempéries. Em caso de longos períodos, guarde a bobina em ambiente seco e livre de pragas.

- O empilhamento máximo é de 2 bobinas tomando-se o cuidado de calçar as bobinas inferiores com cunhas para evitar o rolamento



6.4 - Instalação

- Teste os cabos com um OTDR antes da instalação.
- O cabo nunca deve ser desenrolado pelo puxamento direto do cabo. A tração pode fazer com que a fibra se parta. É a bobina que deve ser girada no sentido indicado na flange gerando o desenrolamento do cabo.
- Respeite o raio mínimo de curvatura informado no catálogo do cabo. Os cabos foram projetados para fazerem curvas porém um cabo demasiadamente dobrado vai deformar a fibra e terá problemas no final do projeto.

Observe que há 2 valores para o raio mínimo de curvatura. Um para o cabo em repouso e outro para o cabo durante a instalação (com carga). O raio mínimo durante a instalação é consideravelmente inferior ao raio mínimo em repouso (após instalado ou armazenado). Exemplo:

Cabo AS80 72FO

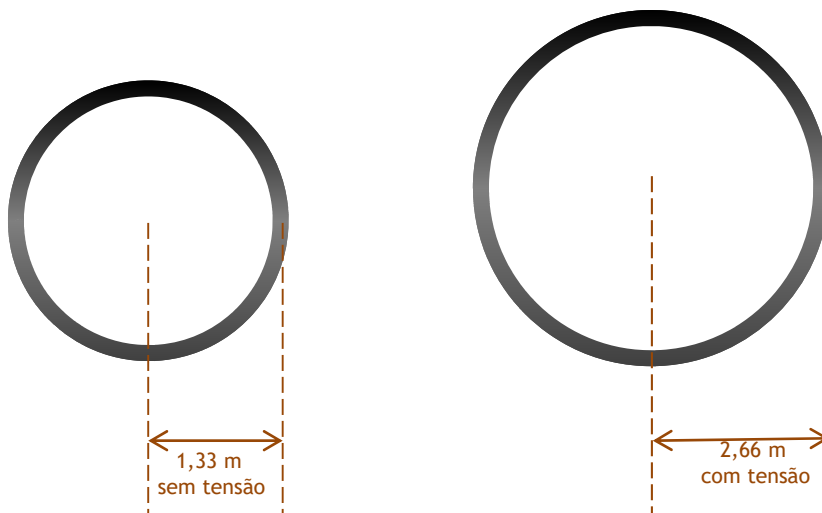
Raio Mínimo de Curvatura:

10 x diâmetro do cabo sem tensão

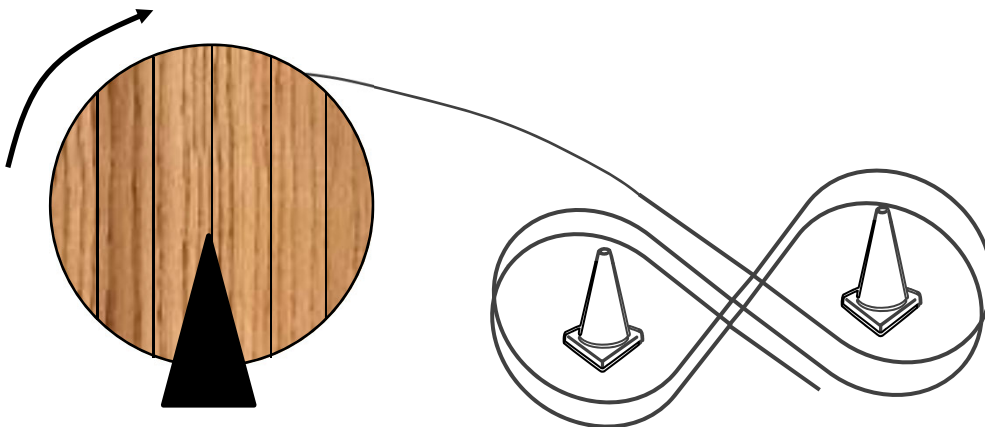
20 x diâmetro do cabo com tensão

Diâmetro do Cabo:

13,3 mm



- Respeite também as cargas máximas de instalação e de operação informados. Com isso se evitam excessos mecânicos no cabo, que podem causar a diminuição da sua vida útil ou mesmo danificá-lo irremediavelmente.
- Em instalações longas é recomendado o uso de equipamentos com controle automático de tensão e usar um fusível com a tensão máxima recomendada pelo fabricante do cabo.
- Intercale um destorcedor entre o cabo e a guia para evitar que se transfira a torsão proveniente da instalação para o cabo.
- Evite arranques bruscos que provoquem danos no cabo.
- Para instalar lances longos é comum desenrolar o cabo da bobina em pontos intermediários, para dividir a distância total. É necessário acomodar o cabo no chão formando uma figura 8 para equilibrar esforços e evitar torcer o cabo.



- Não é aconselhável manusear fora da bobina comprimentos de cabo muito grandes (mais de 2 km).
- Evite a formação de torções no manuseio do cabo, pois eles podem facilmente quebrar as fibras.
- Evite outros esforços mecânicos ao cabo: impacto, compressão, etc.
- Depois de fazer as emendas, deve ser medido com um OTDR em ambas as direções e manter arquivo das leituras.
- No caso dos cabos autossuportados, o uso do preformado recomendado é fundamental para manter as características originais das fibras.
Em especial, não se recomenda o uso de preformados de cabos metálicos em cabos ópticos. Os preformados em aço não foram projetados para aliviar a pressão da instalação gradualmente o que pode comprimir a ponta do cabo instalado.

6.5 - Boas Praticas para Instalação do Cabo Óptico de Acesso Drop Figura 8

REFERÊNCIAS

Na redação deste documento foram consultadas as seguintes referências:

- Norma ABNT NBR 15596 – Cabo óptico de acesso ao assinante – Especificação.
- Prática TELEBRÁS – Procedimento de instalação de cabo óptico aéreo autossustentado.
- Site da empresa Infortel Telecom.
- Site da empresa PLP.

RECOMENDAÇÕES PARA A INSTALAÇÃO

01 – Com o auxílio de uma lâmina, retirar a cobertura do elemento de tração (fio de aço galvanizado), no comprimento necessário para a aplicação da alça preformada que será posteriormente aplicada. Para esta operação, utilizar sempre luvas adequadas que protejam o técnico contra a ocorrência de cortes. Outros equipamentos de proteção individuais indispensáveis são o capacete e os óculos de proteção.



02 – Separar o fio de aço galvanizado da parte do cabo que contém os elementos ópticos, tomando o cuidado de não dobrar ou forçar mecanicamente os mesmos.



03 – Aplicar o elemento pré-formado diretamente sobre o fio de aço galvanizado, de forma suave e controlada, sem transferir esforços de tração, torção, compressão ou curvaturas para o elemento óptico. A alça é torcida sobre o fio de aço, moldando-se ao mesmo. NUNCA aplicar a alça pré-formada sobre o elemento óptico do cabo. O conjunto deve ser fixado ao poste por meio de abraçadeiras e roldanas, conforme mostram os exemplos abaixo. Deve-se também deixar uma pingadeira de cerca de 10 cm no ponto de fixação, como forma de alívio ao cabo.



04 – Ao tracionar o cabo (sempre pelo fio de aço galvanizado), seguir os raios máximos de curvatura indicados na Especificação do produto (normalmente o raio mínimo de curvatura não deve ser menor do que 20 vezes o diâmetro do cabo a ser instalado. Uma boa referência é um raio mínimo de 150 mm).

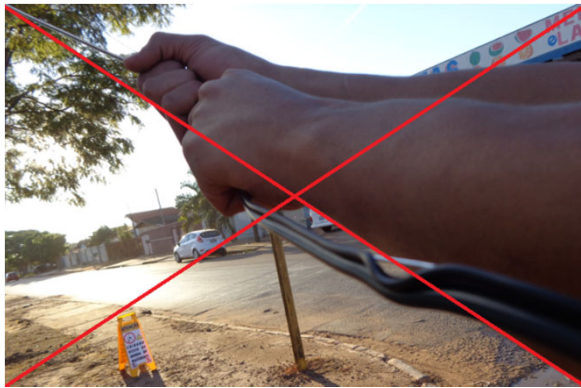
05 – A força de tração máxima indicada durante a instalação também deve respeitar o disposto na Especificação do produto (neste caso, recomendamos a tração máxima de 60 kgf).

06 – Este produto deve ser instalado em um vão máximo de 80 m, com uma flecha mínima de 1% (o cabo deve apresentar uma leve curvatura após sua fixação), e o comprimento máximo de instalação é de 400 m entre a última caixa e a entrada do cliente, ou entre duas caixas de emendas consecutivas (conforme estabelecido na Norma ABNT NBR 15596 – Cabo óptico de acesso ao assinante – Especificação).

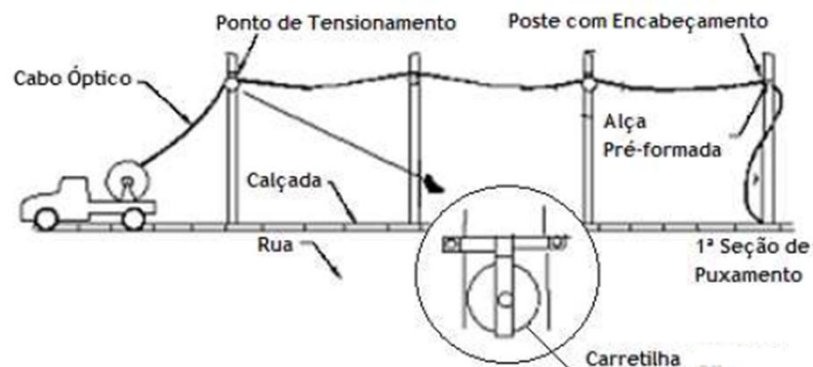


07 – Não se esquecer de deixar, nas extremidades do cabo, a folga técnica estabelecida no projeto da rede.

08 – Para tracionar o cabo durante o puxamento, amarrar no fio de aço galvanizado uma corda ou outro tipo de dispositivo, e realizar o puxamento apenas pelo mesmo, de modo a não transferir esforços mecânicos para o elemento óptico. NUNCA realizar o puxamento do cabo como um todo, utilizando as mãos ou braços, e mesmo durante o puxamento deve-se atentar para que o raio de curvatura do elemento óptico não seja inferior a 150 mm.



09 – Se for instalar um trecho com mais de um vão simultaneamente, recomenda-se a utilização de carretilhas ou roldanas de passagem, que servem de apoio durante a condução do cabo. Estas carretilhas devem ter um diâmetro mínimo de 200 mm para garantir que o cabo não sofra danos com curvaturas excessivas durante o manuseio, e devem ser instaladas a cada 02 postes. O método de instalação mais adequado para este tipo de produto é o de bobina móvel, onde a bobina é montada sobre um cavalete fixo na carroceria de um veículo e deslocada do início ao fim do lance. O cabo deve ser passado pela carretilha, puxado manualmente e utilizando dispositivos de medição que garantam que a tensão máxima estabelecida para o processo não seja ultrapassada.

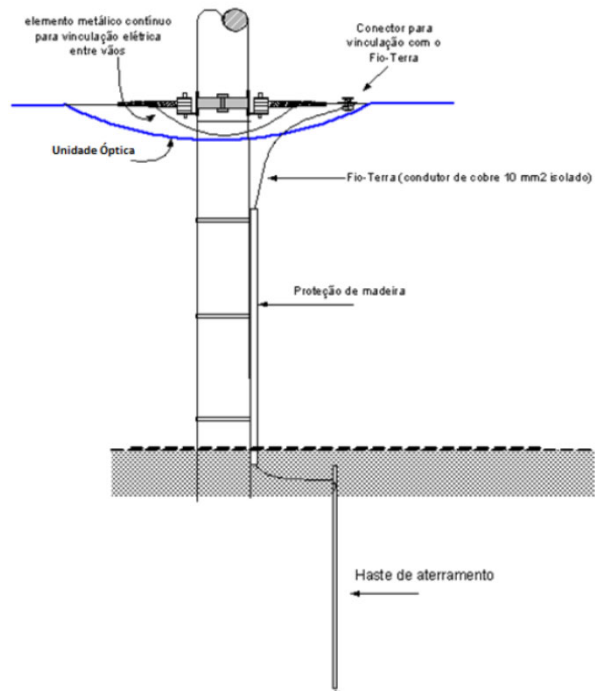


10 – NUNCA desenrolar o cabo com a bobina “deitada”, pois isso certamente causará uma torção do produto e com certeza comprometerá o mesmo mecanicamente. A retirada do cabo com a bobina “deitada” também ocasiona a sobreposição das espiras do cabo, o que pode causar trancos, embaraçamentos e até a ruptura do produto.



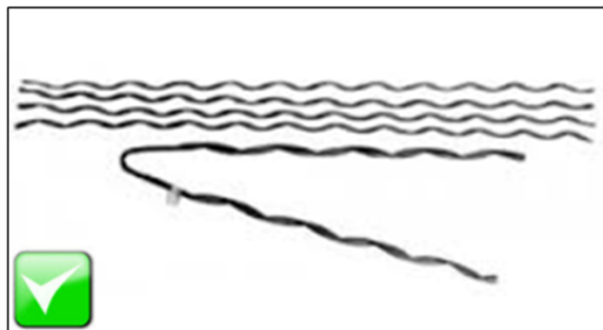
Torção do cabo após desenrolamento inadequado

11 – No primeiro e no último poste o fio de aço galvanizado deve ser aterrado, conforme mostra a figura abaixo:



12 – Não apoiar sobre o cabo esticado, plataformas, escadas ou quaisquer outros dispositivos. Nos postes intermediários (onde não há ancoragem) o cabo deve ser apoiado em um conjunto de suspensão.

13 – A Cablena recomenda sempre o uso de elementos prefabricados para a ancoragem do cabo. Dispositivos alternativos não são indicados.



14 – Os elementos preformados devem ser constituídos por fios de alumínio, e não de aço.



6.6 - Boas Praticas para Instalação do Cabo Óptico Autossustentado - AS e ASU

REFERÊNCIAS

Na redação deste documento foram consultadas as seguintes referências:

- Norma ABNT NBR 14.160 – Cabo óptico aéreo dielétrico autossustentado – Especificação.
- Prática TELEBRÁS SDT 565-270-304 – Procedimento de instalação de cabo óptico aéreo autossustentado.
- Site da empresa PLP.

RECOMENDAÇÕES PARA A INSTALAÇÃO

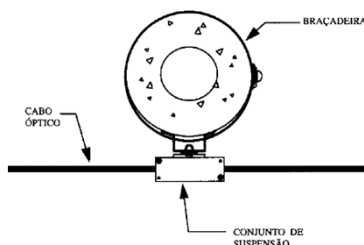
(A) CONDIÇÕES GERAIS

01 – Os materiais principais a serem utilizados na instalação dos cabos ópticos aéreos autossustentados são: o conjunto de ancoragem (recomendamos fortemente somente o uso de alças preformadas para a fixação dos cabos), o conjunto de suspensão para a fixação do cabo ao poste onde não é necessário o uso do conjunto de ancoragem, braçadeiras, olhal reto e seu suporte (para os casos onde será fixado o conjunto de ancoragem). Além desses, outros acessórios podem ser utilizados, dependendo da particularidade de cada instalação.

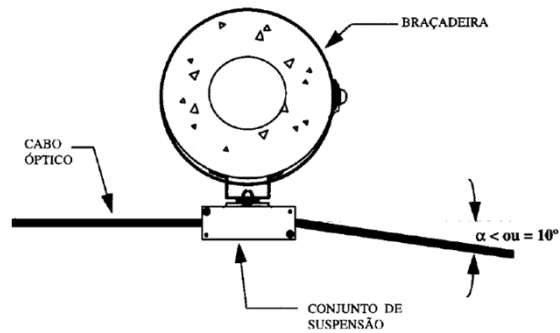
02 – O cabo óptico deve ser instalado entre a rede de energia elétrica e o último cabo telefônico existente.

03 – Os conjuntos de suspensão e de ancoragem devem ser fixados ao poste através de braçadeira específica, conforme o tipo de poste, ou também através de parafuso, no caso dos postes de madeira.

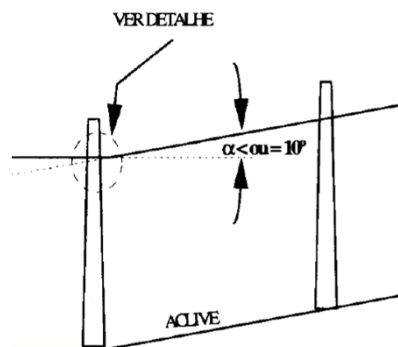
04 – Quando o cabo passar de forma tangente ao poste (estrutura alinhada) pode ser utilizado um conjunto de suspensão da seguinte forma:



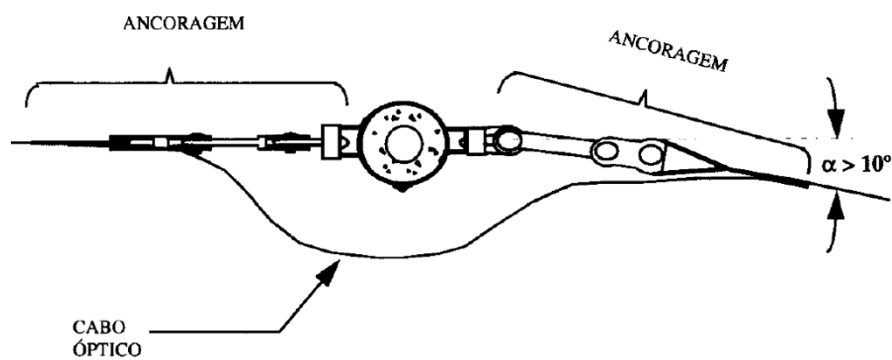
06 – Quando a instalação do cabo óptico se der em postes com deflexão no plano horizontal (estrutura em ângulo) de até 10° , o conjunto de suspensão pode ficar da seguinte forma:



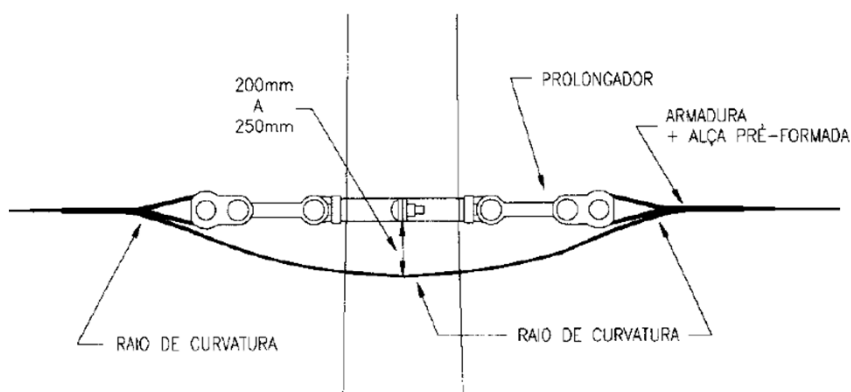
07 – Quando os postes possuírem deflexão no plano vertical de até 10° deve ser utilizado um conjunto de suspensão no início ou no fim do aclave:



08 – Se as deflexões possuírem ângulos maiores que 10° o conjunto de suspensão deve ser substituído por dois conjuntos de ancoragem, conforme exemplo abaixo:



09 – A folga de cabo verificada acima é chamada de “pingadeira”, cuja função é evitar que o cabo fique tensionado ou encoste-se à estrutura do poste, eliminando a possibilidade de tensionamentos e de atrito entre o cabo e o poste. A pingadeira deve ter um raio entre 200 mm e 250 mm. Em alguns casos, pode ser necessária a utilização de prolongadores para permitir a construção de uma pingadeira adequada. Sempre que existir uma ancoragem do cabo, a construção de uma pingadeira se faz necessária.



(B) INSTALAÇÃO E TENSIONAMENTO DO CABO ÓPTICO

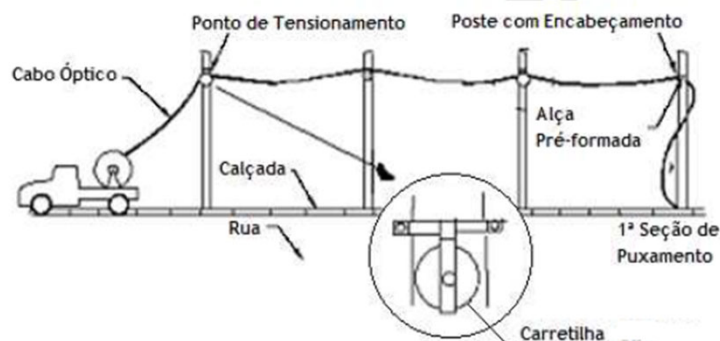
01 – Algumas precauções devem ser seguidas no momento da instalação do cabo:

- verificar se as extremidades do mesmo estão devidamente vedadas;
- cuidar para que os raios mínimos de curvatura do cabo não sejam menores do que 20 vezes o seu diâmetro externo, em qualquer situação;
- Antes de iniciar a instalação propriamente dita, examinar a rota proposta, certificando-se que as condições para a instalação do cabo são adequadas (existência de curvas e/ou desníveis acentuados, existência de obstáculos que dificultem ou impeçam a passagem e fixação dos cabos, verificar se a distância entre os postes respeita o vão máximo do cabo a ser instalado, se existirá a necessidade de interrupção das vias de trânsito, etc.);
- utilizar um dinamômetro para monitorar a tensão de puxamento do cabo durante a sua instalação;
- em hipótese alguma deverão ser apoiadas sobre o cabo escadas, plataformas ou outros dispositivos;
- ter à sua disposição todos os equipamentos de proteção individual necessários,

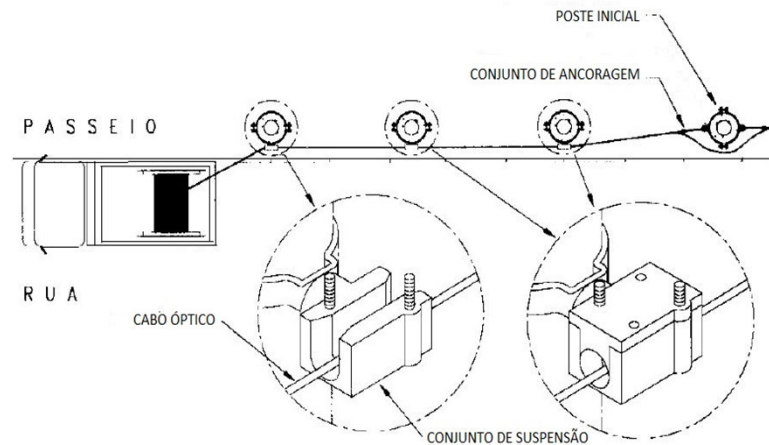


02 – Definir o sentido de lançamento e o poste inicial. Escolher qual o método de puxamento do cabo óptico que será utilizado: bobina móvel (o cabo é posicionado sobre a carroceria de um caminhão, que segue ao lado da posteação) ou bobina fixa (a bobina é posicionada em um cavalete ao lado do primeiro poste) quando a rota de instalação não for trafegável.

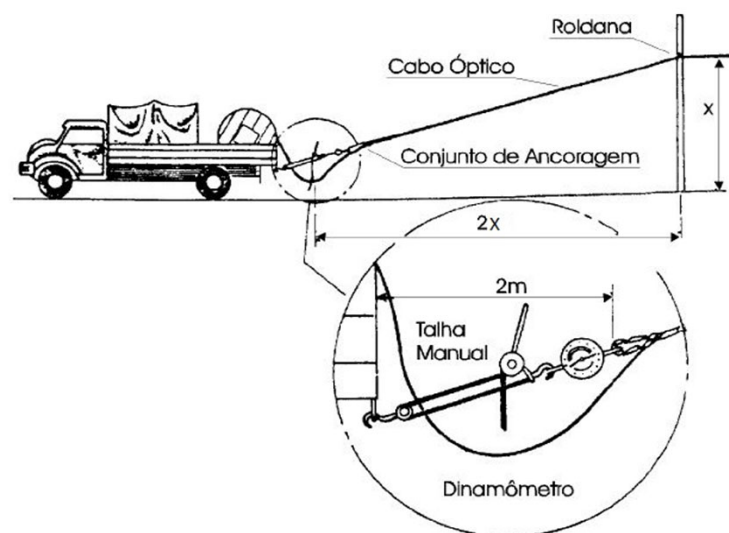
03 – Instalar previamente as braçadeiras e conjuntos de suspensão em todos os postes do trecho onde ocorrerá a instalação. No primeiro poste, instalar um conjunto de ancoragem. Se for instalar um trecho com mais de um vão simultaneamente, recomenda-se a utilização de carretilhas ou roldanas de passagem, que servem de apoio durante a condução do cabo. Estas carretilhas devem ter um diâmetro mínimo de 200 mm para garantir que o cabo não sofra danos com curvaturas excessivas durante o manuseio, e devem ser instaladas a cada 02 postes. O cabo deve ser passado pela carretilha, puxado manualmente utilizando dispositivos de medição que garantam que a tensão máxima estabelecida para o processo não seja ultrapassada.



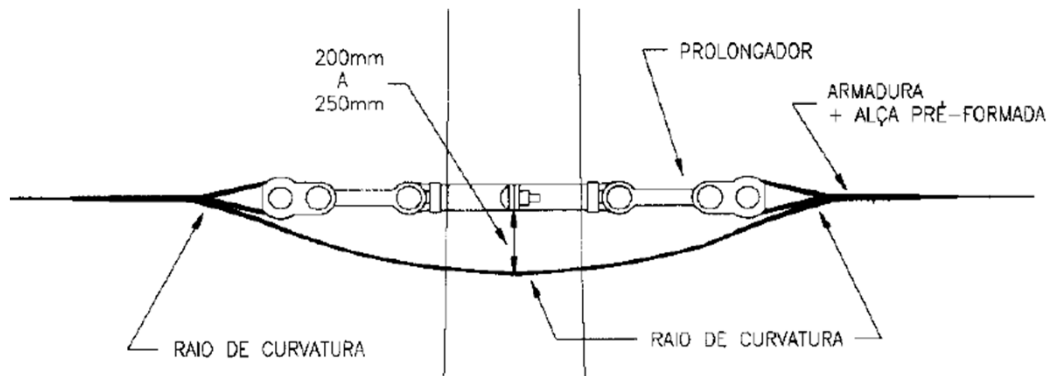
04 – Estender o cabo ao longo do trecho, colocando-o sobre o suporte de suspensão aberto. Ao passar o cabo óptico por cada suporte, fechá-lo, mas sem apertá-lo (ver figura abaixo).



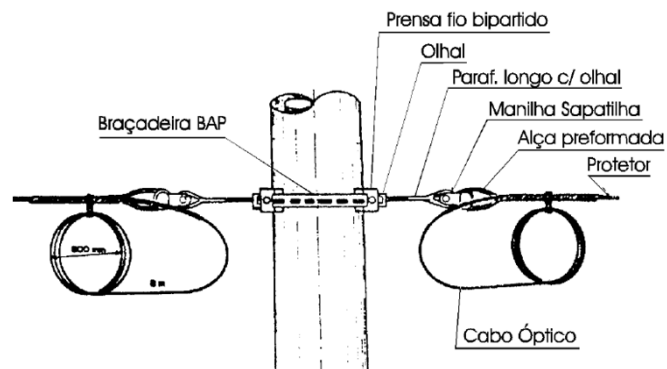
05 – Tencionar a seção de puxamento, obedecendo ao valor máximo prescrito na Especificação do fabricante do cabo. Utilizar uma talha manual e um dinamômetro para o processo, conforme figura abaixo.



06 – Efetuar a ancoragem do cabo no poste, e proceder ao puxamento e tencionamento da próxima seção do cabo, mas ao invés de executar uma ancoragem final no poste inicial da nova seção, executar a pingadeira aplicando nova ancoragem do lado oposto do poste.



07 – No início e no final de cada lance (pontos de emenda) deve ser deixada uma folga de pelo menos 10 m de cabo, além da altura da braçadeira ao solo. As folgas devem ser enroladas com diâmetro de pelo menos 800 mm e amarradas próximo ao poste.



Este documento é de propriedade da Cablena do Brasil Ltda. Não pode ser modificado de nenhuma forma, parcial ou totalmente, sem autorização expressa da Cablena do Brasil Ltda. O conteúdo deste documento pode ser divulgado a quaisquer pessoas, desde que citada a fonte. As informações reportadas neste documento não são contratuais, e podem ser alteradas sem aviso prévio. Para maiores informações contate nossa Área Técnica (sac-telecom@cablerna.com.br).



Presença no Brasil:

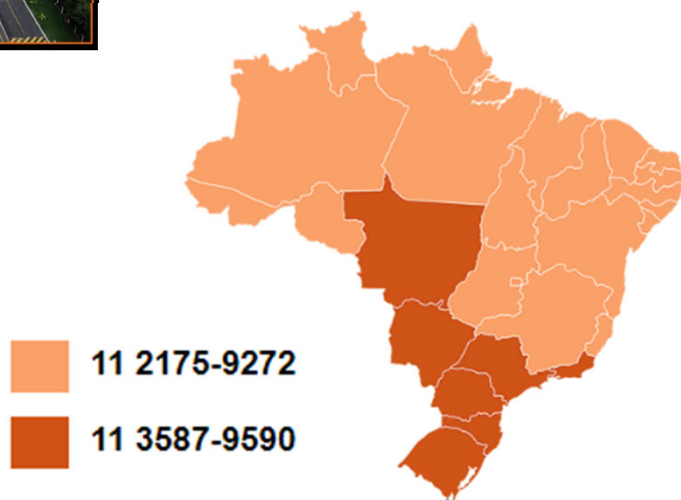


Planta Telecom:
Av. Américo Simões, 1400
Itupeva - SP - 13295-000
55 11 2175-9250



Planta Elétricos:
Rod. Vinhedo-Viracopos, km 80,5
Itupeva - SP - 13295-000
55 11 2175-9200

Vendas:





Presença Internacional

ALEMANHA

Condumex, Inc.

Lise Meitner Str. 25
42119 Wuppertal, Alemanha
Phone: 00 (49 202) 291 2610
Fax: 00 (49 202) 430 3908

CHILE

Consutel Austral Ltda.
Cerro San Cristobal No. 9620 - A
Quilicura - Santiago - Chile
Phone: 00 (562) 738 6988
Fax: 00 (562) 738 6598
Email: condumex@condumex.cl

CHINA

Condumex, Inc.
1266 NanJing West Road 39/F, Plaza 66
Shangai, 200040, P.R. of China
Phone: 00 (8621) 6288 1928
Fax: 00 (8621) 6288 1481

ESPAÑA

Cablena, S.A.
Poligono Industrial Malpica
Calle E, Parcelas 43 - 44
50016, Zaragoza, Espanha Phone: 00 (34 976) 46 5650
Fax: 00 (34 976) 46 5651 / 46 5652

ESTADOS UNIDOS

Condumex, Inc.

Corporate Office

Grand Prairie, TX, 75050 Phone: 001 (972) 352 2300
Fax: 001 (972) 352 2400
Toll Phone (800) 925 6473
U.S.A. & Canadá 1 (800) 925 Wire (9473)

Charlotte Sales Branch
2701 ? Hutchison-MacDonald Road
Charlotte, NC, 28269
Phone: 001 (704) 921 2106
Fax: 001 (972) 921 9888
U.S.A. & Canada 1 (800) 925 Wire (9473)

Dearborn Customer Service Center

5800 Mercury Drive
Dearborn, MI, 48126-2757
Phone: 001 (313) 996 3667
Fax: 001 (313) 996 3667
U.S.A. & Canada 1 (800) 925 Wire (9473)

GUATEMALA

Nacel deCentroamérica S.A.
Km 17,5 Carretera a San José Pinula Centro Empresarial San José
- Bodegha No. 9 - Guatemala, C.A.
Phone: 00 (502) 637 5294 / 637 5295 / 637 5296
Fax: 00 (502) 637 5298

MÉXICO

Gerencia General de Exportaciones
Grupo Condumex
Poniente 140 No. 720 ? Col. Industrial Vallejo
México, D.F. C.P. 02300
Phone: (55) 5328 3340 / 5328 3344 / 5328 3343
Fax: (55) 5328 3345 / 5328 3346
Site: www.condumex.com
Grand Central Blvd.
Laredo, TX, 78045
Tel: 001 (956) 717 2001
Fax: 001 (956) 722 6074
U.S.A. & Canada 1 (800) 925 Wire (9473)

Indianapolis Office

7950 Georgetown Rd. Suite 500
Indianapolis, IN.46268
Tel: 001 (317) 337 0863
Fax: 001 (317) 337 0866
U.S.A. & Canada 1 (800) 925 Wire (9473)