



EPUSP

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP
Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas - PEA
Av. Prof. Luciano Gualberto, Travessa 3, No.158
Butantã - São Paulo - SP
CEP: 05508-900

PEA-5716

COMPONENTES E SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO E SENSOREAMENTO A FIBRAS ÓPTICAS

3ª AULA

TECNOLOGIAS DE FABRICAÇÃO DE FIBRAS ÓPTICAS, CABOS ÓPTICOS, EMENDAS E CONECTORES

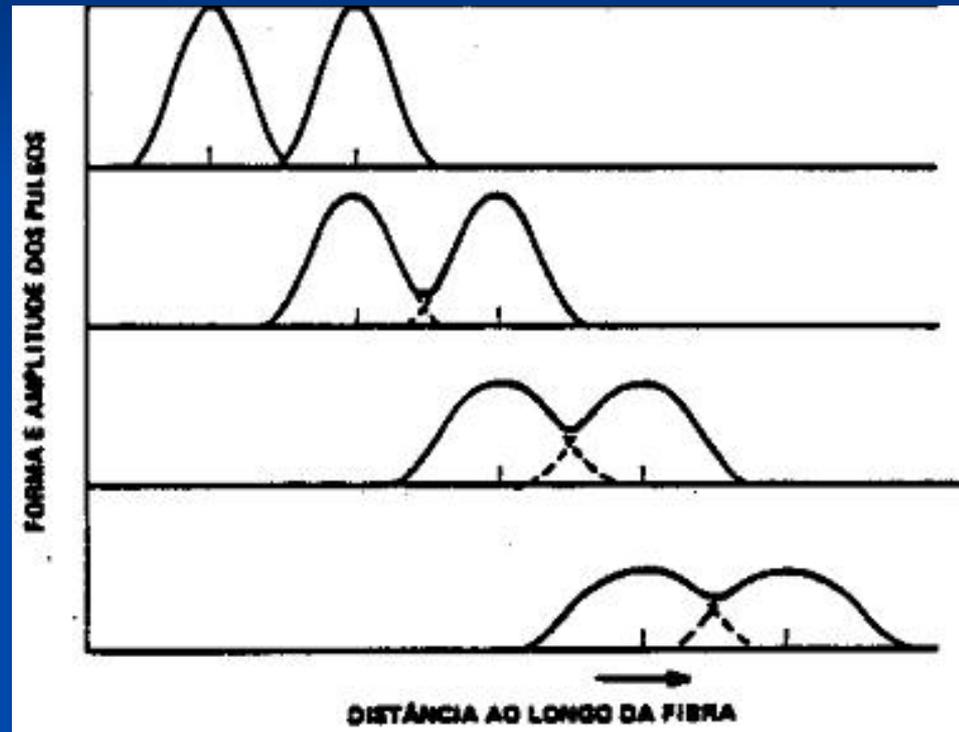
Prof. Dr. Josemir Coelho Santos

Contatos: josemir@pea.usp.br / ricardoelias@pea.usp.br
(011) 3091-5222 / 3091-5155

Horário: 14 h às 17 h (4ª Feira)

Dispersão

- A dispersão em fibras ópticas é uma característica de transmissão que exprime o alargamento dos pulsos transmitidos.



DISPERSÃO E ATENUAÇÃO DE DOIS PULSOS
ADJASCENTES SE PROPAGANDO NUMA FIBRA

Dispersão Modal e Cromática

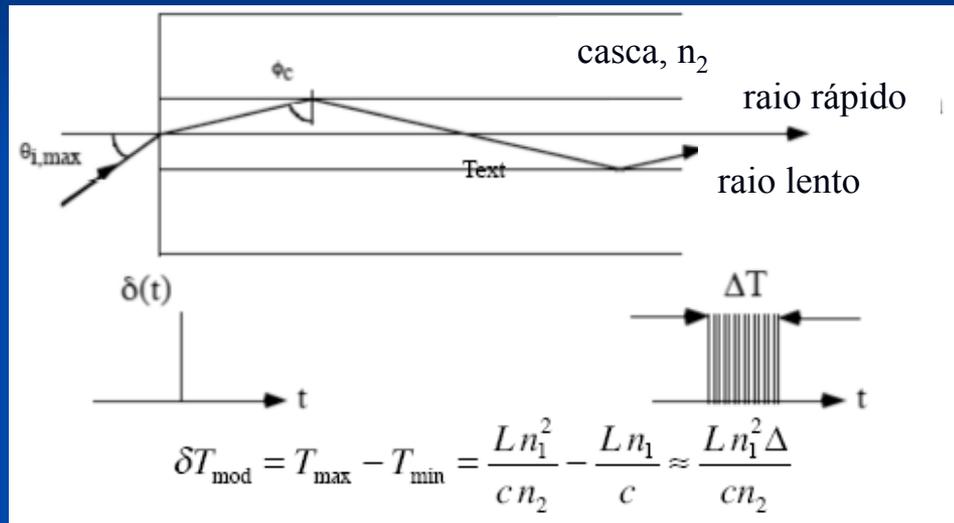
Modal

- Este tipo de dispersão só existe em fibras do tipo multimodo (degrau e gradual) e é provocada basicamente pelos vários caminhos possíveis de propagação (modos) que a luz pode ter no núcleo;
- O perfil de índice gradual foi criado para diminuir a distorção dos pulsos luminosos por dispersão modal presente nas fibras multimodo (energia de um pulso luminoso quando acoplada à fibra se distribui entre os vários modos).
- Como cada modo propaga-se por um percurso diferente ao longo da fibra a velocidade e o tempo de propagação da energia transmitida em cada modo é diferente.
- Quando o pulso luminoso deixa a fibra as energias dos diversos modos se combinam dando origem a um pulso mais "alongado".
- A dispersão modal inexiste em fibras monomodo, pois apenas um modo será guiado.

Dispersão Modal

Alargamento de impulsos por dispersão

A máxima taxa de transmissão (B_0) é limitada pelo alargamento do impulso



Assumindo que o máximo alargamento permitido é igual a metade do período de bit (δT): $T_B/2 = 1/(2B_0)$:

$$B_0 \leq \frac{c n_2}{2 n_1^2 \Delta} = \frac{c n_2}{2 n_1^2 \cdot \frac{n_1^2 - n_2^2}{2 n_1^2}} \approx \frac{c n_2}{N A^2}$$

Dispersão Cromática

Esse tipo de dispersão depende do comprimento de onda e divide-se em dois tipos:

- **Dispersão Material**
- **Dispersão de Guia de Onda**

Velocidade de Fase

- O atraso sofrido pela portadora é:

$$\tau_p = L \frac{\beta_0}{\omega_0}$$

- Velocidade de fase: $V_p \cdot \tau_p = L$

$$V_p(\omega_0) = \frac{L}{\tau_p} = \frac{\omega_0}{\beta_0} = \left(\frac{\beta_0}{\omega_0} \right)^{-1}$$

$$\beta = \frac{\omega n}{c} = \frac{2\pi n}{\lambda} = k \cdot n$$

Dispersão Cromática

Velocidade de Grupo

- Quando o sinal se propaga ao longo da distância L , o envelope (informação) sofre um atraso dado pelo “atraso de grupo”:

$$\tau_g = L \left(\frac{d\beta}{d\omega} \right)_{\omega=\omega_0} = \beta_1 L$$

- Velocidade de grupo: $V_g \tau_g = L$

$$V_g(\omega_0) = \frac{L}{\tau_g} = \left(\frac{d\beta}{d\omega} \right)^{-1} = \beta_1^{-1}$$

$$\beta = \frac{\omega n}{c} = \frac{2\pi n}{\lambda} = k \cdot n$$

Dispersão Cromática

- Caso a fonte seja caracterizada pelo seu valor rms σ_λ , o alargamento do impulso é num percurso L é dado por:

$$\sigma_g \approx \left| \frac{d\tau_g}{d\lambda} \right| \sigma_\lambda = |D| L \sigma_\lambda$$

- O parâmetro de dispersão define o alargamento de impulso lançado na fibra, em função do comprimento de onda (ps/(nm km)):

$$D = \frac{1}{L} \frac{d\tau_g}{d\lambda} = \frac{d}{d\lambda} \left(\frac{1}{V_g} \right) = -\frac{2\pi c}{\lambda^2} \beta_2$$

$$\beta = \frac{\omega n}{c} = \frac{2\pi n}{\lambda} = k \cdot n$$

Dispersão Cromática

$$\sigma_T = \sqrt{(\Delta\tau)^2 + (\sigma_g)^2}$$

σ_T = Dispersão Total (ps)

$\Delta\tau$ = Dispersão Modal (ps)

$\sigma_g = D \cdot \Delta\lambda \cdot L$ = Dispersão Cromática (ps)

onde:

D = Coeficiente de Dispersão Cromática (ps/nm.km)

σ_λ = Largura Espectral da Fonte Óptica (nm)

L = Comprimento da Fibra Óptica (km)

Em fibras monomodo a dispersão modal é nula:

$$\sigma_T = \sigma_g \text{ (ps)}$$

Dispersão Cromática

Dispersão Material

- Devido à não linearidade do índice de refração do material do núcleo em relação ao comprimento de onda da luz, gerada por microvariações na estrutura cristalina deste material;
- Cada comprimento de onda enxerga um valor diferente de índice de refração num determinado ponto. Logo, cada comprimento de onda viaja no núcleo com velocidade diferente, provocando uma diferença de tempo de percurso.

Dispersão Cromática

Dispersão Material

- A dispersão resulta da variação do índice de refração da fibra com o comprimento de onda, $n(\lambda)$:

$$\beta = \frac{2\pi n(\lambda)}{\lambda} = \frac{\omega n(\omega)}{c}$$

$$\beta = \frac{\omega n}{c} = \frac{2\pi n}{\lambda} = k \cdot n$$

- Índice de grupo é definido por:

$$n_g = \frac{c}{V_g} = c \left(\frac{d\beta(\omega)}{d\omega} \right) = \left(n(\omega) + \omega \frac{dn}{d\omega} \right)$$

- Para uma fonte com largura espectral rms σ_λ :

$$\tau_{mat} = \frac{L}{V_g} = L \cdot \frac{n_g}{c} = \frac{L}{c} \left(n - \lambda \frac{dn}{d\lambda} \right)$$
$$\sigma_{mat} = \left| \frac{d\tau_{mat}}{d\lambda} \right| \sigma_\lambda = \frac{L}{c} \left| \frac{dn_g}{d\lambda} \right| \sigma_\lambda = \frac{L \sigma_\lambda}{c} \left| \lambda \frac{d^2 n}{d\lambda^2} \right| = |D_{mat}(\lambda)| L \sigma_\lambda$$

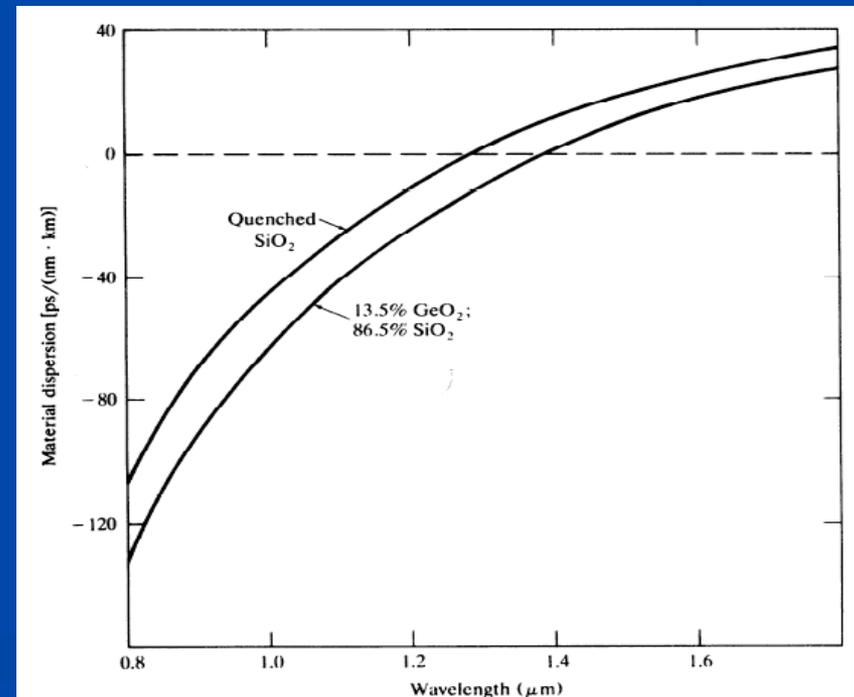
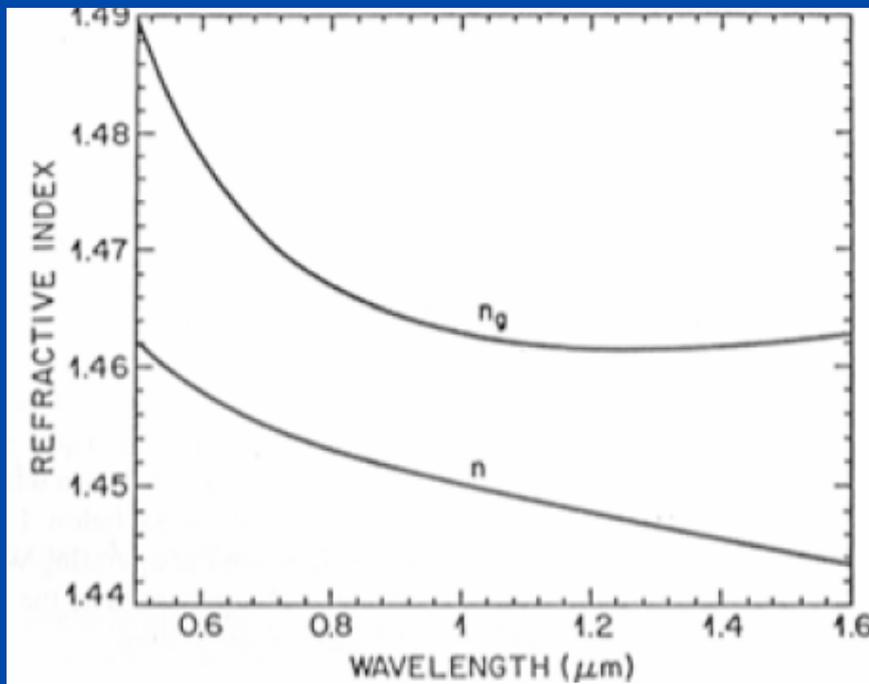
Dispersão Cromática

Dispersão Material

- Parâmetros de dispersão material:

$$D_{mat} = \frac{1}{L} \frac{d\tau_{mat}}{d\lambda} = \frac{1}{c} \frac{dn_g}{d\lambda} = -\lambda \frac{d^2n}{d\lambda^2}$$

- Fibras ópticas de sílica pura: $D_{mat} = 0$ com $\lambda_{ZD} = 1276$ nm



Dispersão Cromática

Dispersão de Guia de Onda

- Constante de propagação normalizada

$$b = \frac{(\beta / k_0)^2 - n_2^2}{n_1^2 - n_2^2} \quad \xrightarrow{\text{for small } \Delta} \quad b \cong \frac{(\beta / k_0) - n_2}{n_1 - n_2}$$

- Atraso de grupo:

$$\begin{aligned} \tau_{wg} &= \frac{L}{c} \frac{d\beta}{dk} = \frac{L}{c} \left[n_2 + n_2 \Delta \frac{d(kb)}{dk} \right] \\ &\cong \frac{L}{c} \left[n_2 + n_2 \Delta \frac{d(Vb)}{dV} \right] \end{aligned}$$

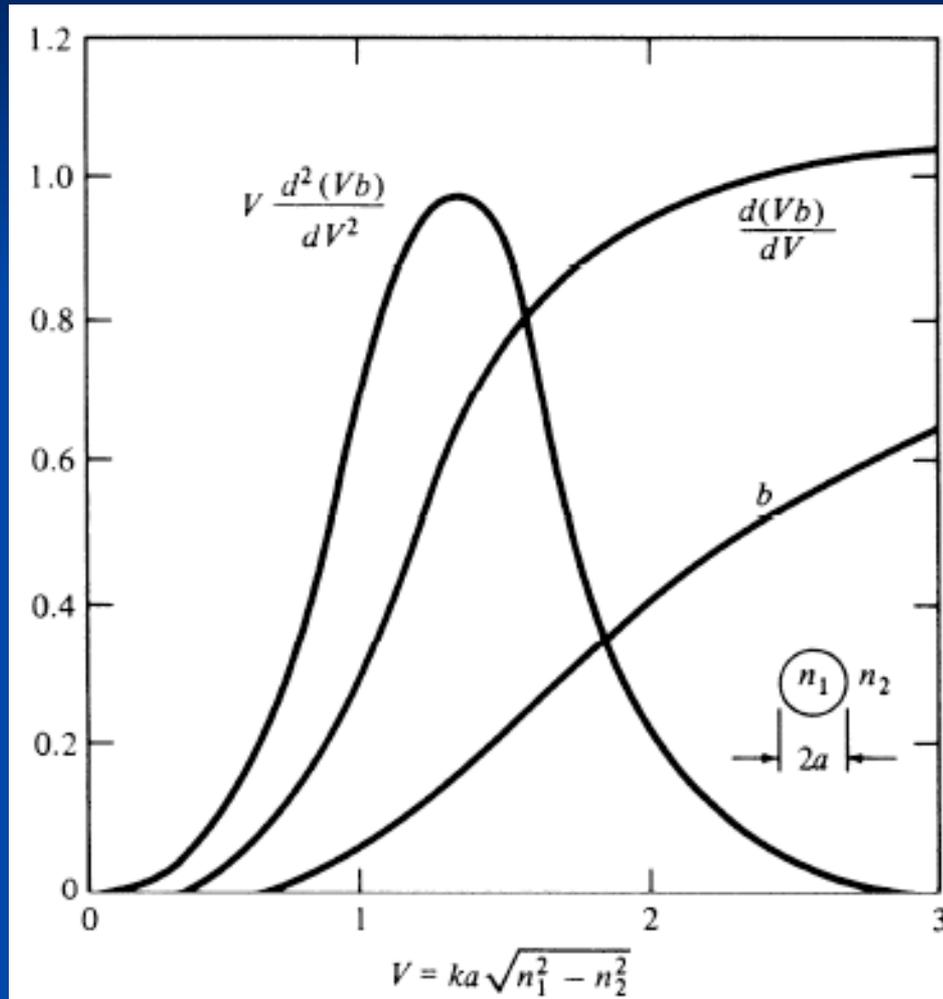
$$\beta = \frac{\omega n}{c} = \frac{2\pi n}{\lambda} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{n}$$

- Para uma fonte com largura espectral rms σ_λ :

$$\sigma_{wg} = \left| \frac{d\tau_{wg}}{d\lambda} \right| \sigma_\lambda = \sigma_\lambda L \left| D_{wg}(\lambda) \right|$$

Dispersão Cromática

Dispersão de Guia de Onda



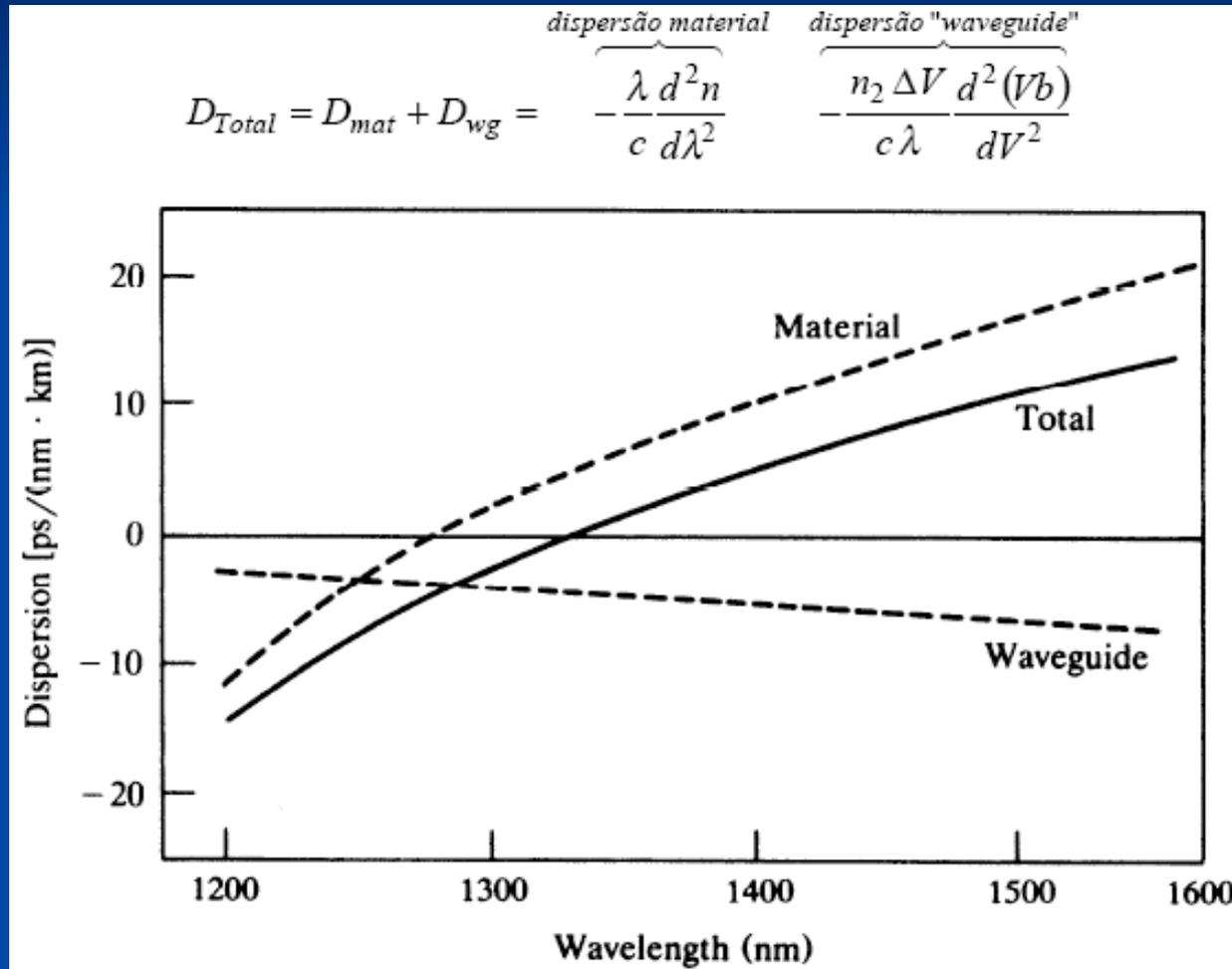
$$D_{\text{wg}}(\lambda) = -\frac{n_2 \Delta}{c \lambda} V \left[\frac{d^2(Vb)}{dV^2} \right]$$

Fibra SM: $V < 2,405$ e $D_{\text{wg}} < 0$

Dispersão Cromática

Dispersão Total

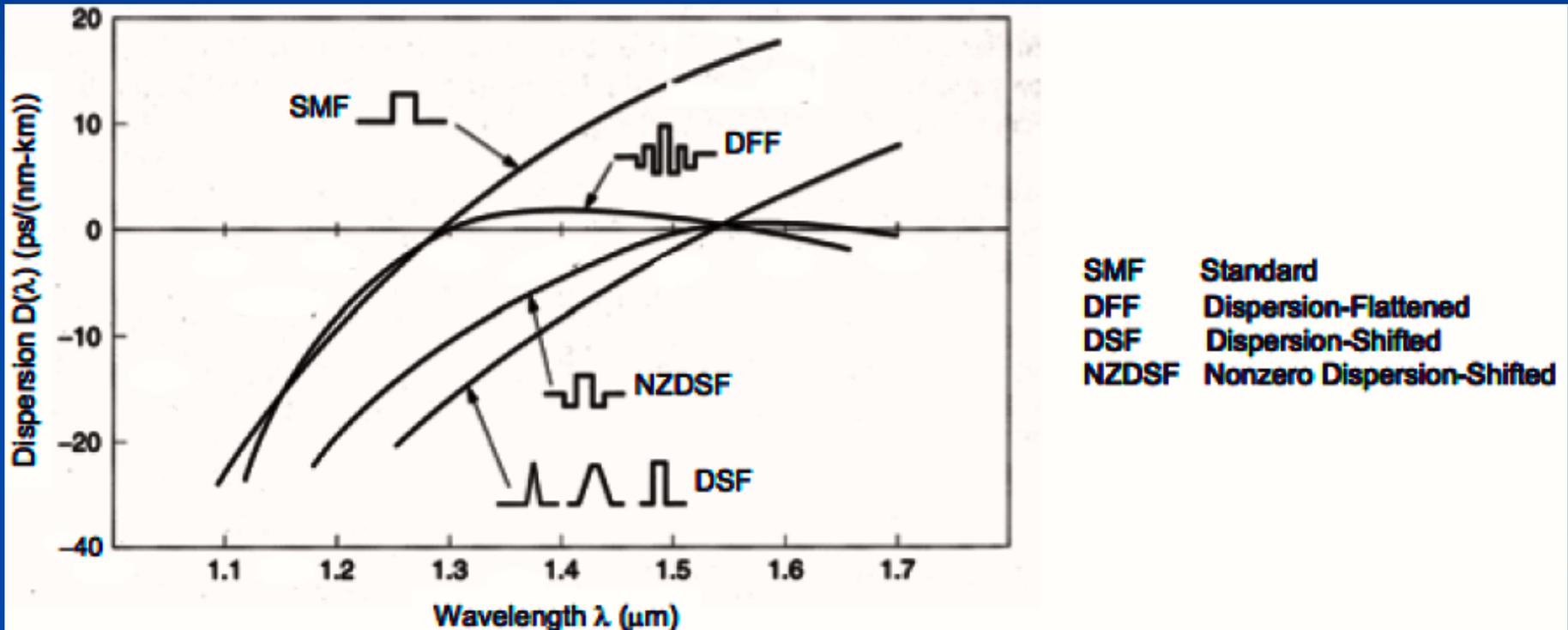
A dispersão de guia de onda desloca o ponto de dispersão zero



Dispersão Cromática

Dispersão Total

Fibras ópticas com dispersão modificada



Processos de Fabricação de Fibras Ópticas

Os materiais básicos usados na fabricação de fibras ópticas são sílica pura ou dopada, vidro composto e plástico.

O material dielétrico usado na fabricação de fibras ópticas deve atender os seguintes requisitos básicos:

- Transparência óptica elevada nas frequências de utilização;
- Materiais na casca e no núcleo com propriedades térmicas e mecânicas compatíveis e índices de refração ligeiramente diferentes;
- Possibilidade de realização de fibras longas, finas e flexíveis.

Processos de Fabricação de Fibras Ópticas

Métodos de Fabricação de Fibras Ópticas de Sílica Pura ou Dopada

- Método utilizando Pré-forma
C. V. D. - Chemical Vapour
Deposition

Processo MCVD

Processo PCVD

Processo OVD

Processo VAD

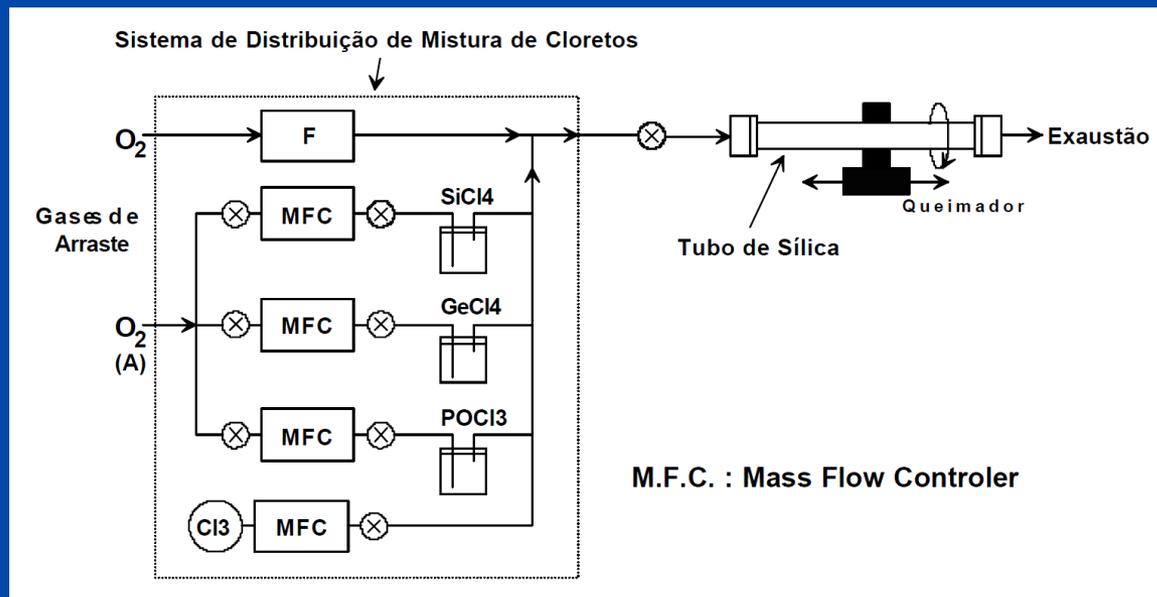
- Método Rod-In-Tube
- Método Duplo Cadinho (Double Crucible)

Método utilizando Pré-forma

Métodos que utilizam a pré-forma através C. V. D. (Chemical Vapour Deposition). O núcleo e a casca são de sílica, podendo ser a fibra óptica do tipo degrau ou gradual.

Processo MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition)

Obtenção da Pré-forma



Método utilizando Pré-forma

Processo MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition)

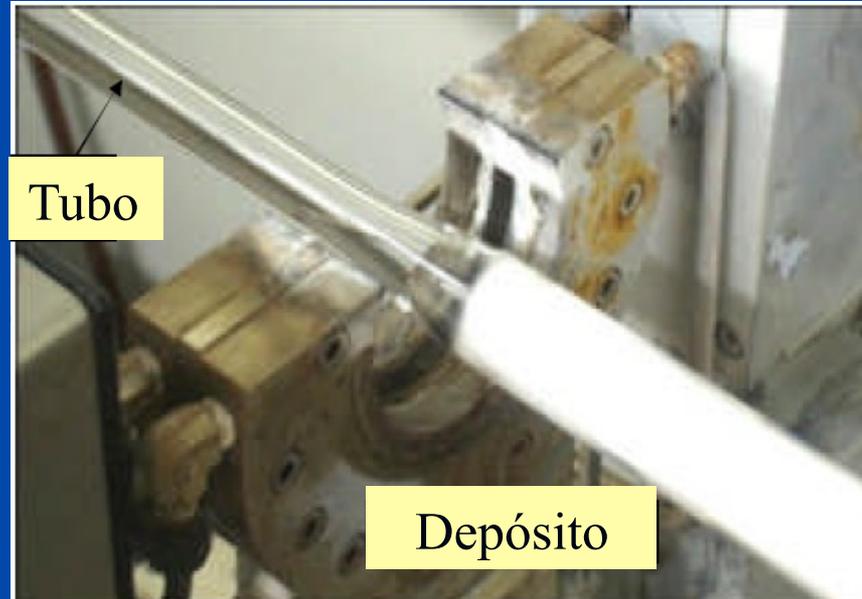
- Deposição de camadas de materiais (vidros especiais) no interior de um tubo de sílica pura (SiO_2);
- O torno óptico gira em torno de seu eixo, sendo que no seu interior são injetados gases tetracloreto de silício, germânio e hidrogênio (cloretos do tipo SiCl_4 , GeCl_4 e etc.) com concentrações controladas;
- Tocha transversal lenta ao longo do tubo.



Método utilizando Pré-forma

Processo MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition)

- Um queimador percorre o tubo no sentido longitudinal, elevando a temperatura no seu interior para 1500 °C;
- Os gases (região de alta temperatura) reagem com oxigênio (gás de arraste), formando óxidos como SiO_2 , GeO_2 e etc., liberando o Cl_2 ;
- Deposição de partículas submicroscópicas de vidro no interior do tubo, as quais formarão o núcleo da fibra.

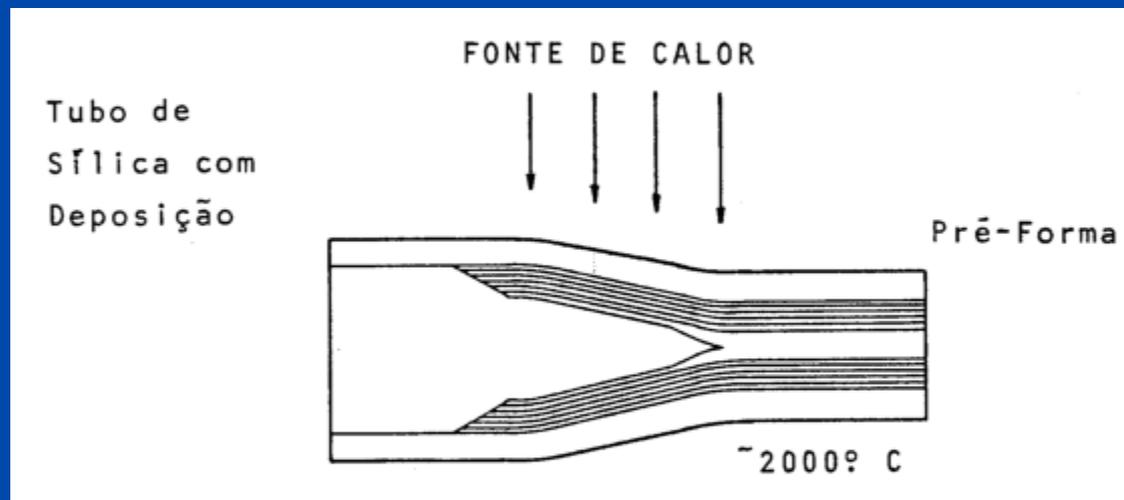


Método utilizando Pré-forma

Processo MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition)

- Colapsamento do tubo: eleva-se a temperatura do queimador entre 1800 e 2000 °C e o tubo fecha-se por tensões superficiais.

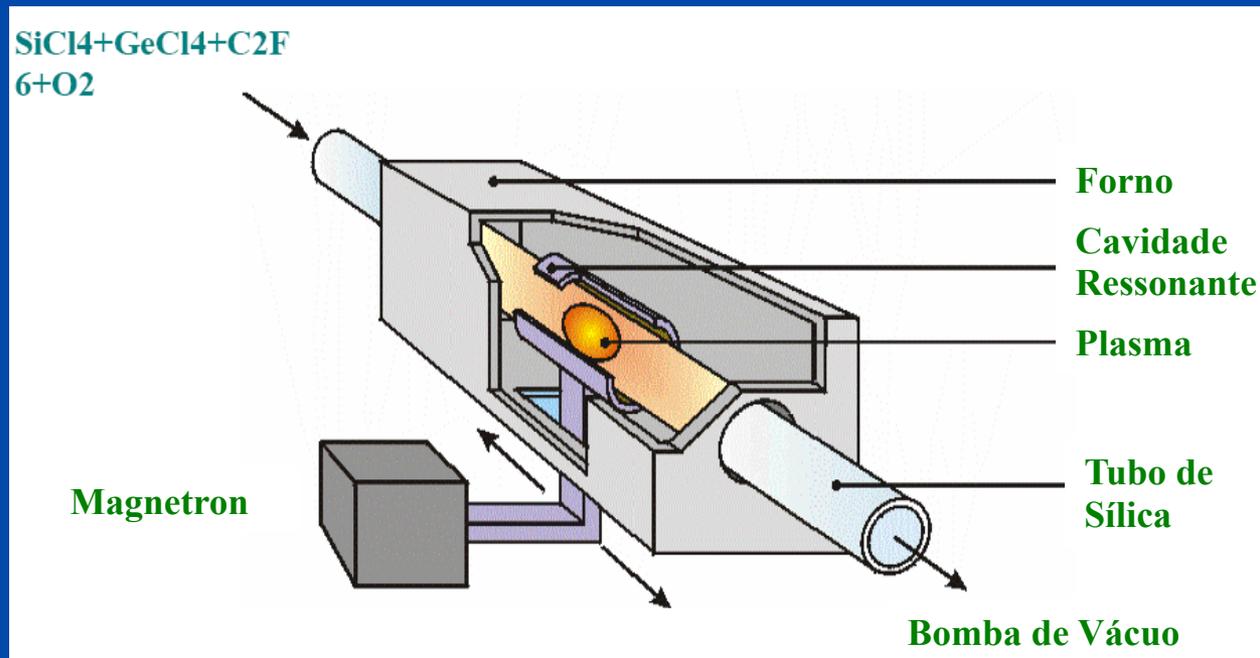
Processo de “Colapso”



Método utilizando Pré-forma

Processo PCVD (Plasma Activated Chemical Vapour Deposition)

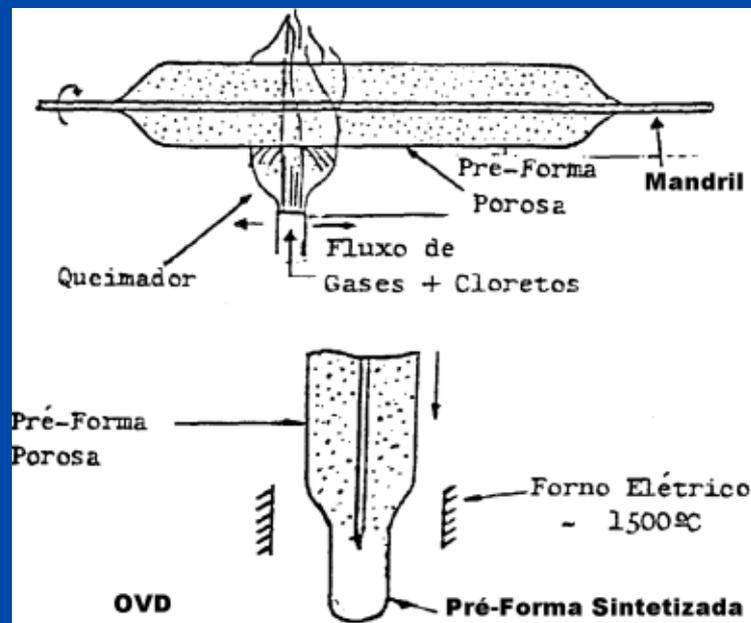
- Ao invés de usar um maçarico de oxigênio, usa-se um plasma não isotérmico formado por uma cavidade ressonante de microondas para a estimulação dos gases no interior do tubo de sílica;
- Não é necessária a rotação do torno de seu eixo;
- Temperatura para deposição é em torno de 1100 °C.



Método utilizando Pré-forma

Processo OVD (Outside Vapour Deposition)

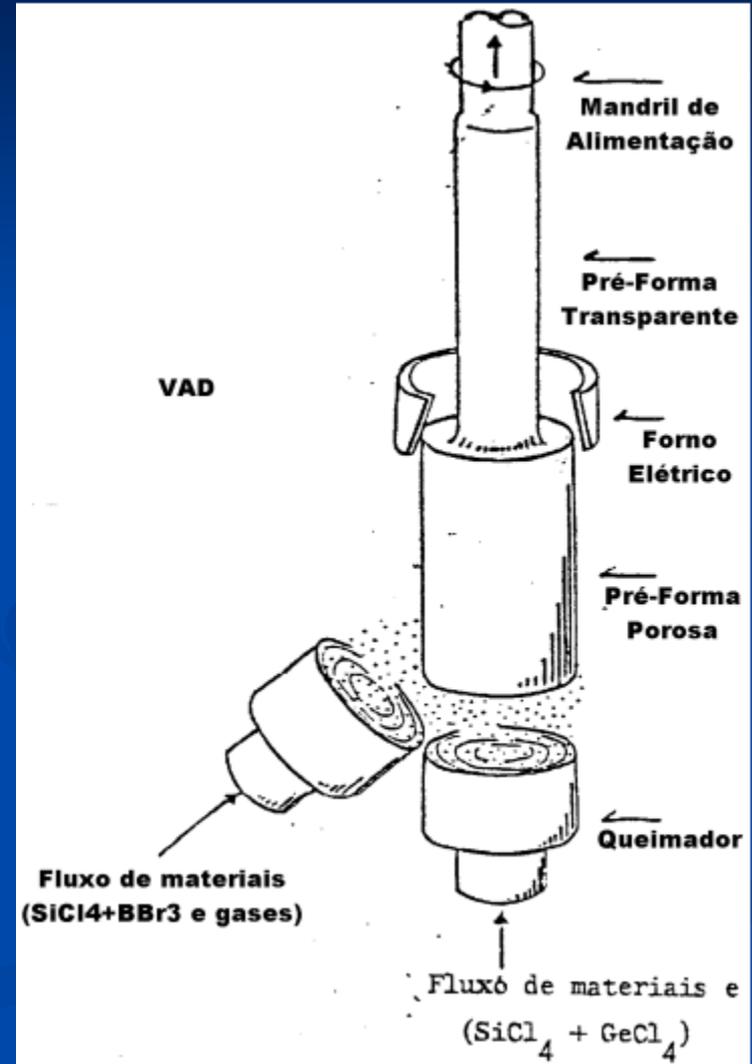
- Crescimento da pré-forma a partir de uma semente, que é feita de cerâmica ou grafite, também chamada de mandril;
- Os reagentes são lançados pelo próprio maçarico e os cristais de vidro são depositados em camadas sucessivas no mandril que gira em um torno;
- Para a retirada do mandril, coloca-se a pré-forma num forno aquecido a 1500 °C que provoca a dilatação dos materiais;
- O próprio forno faz também o colapsamento da pré-forma.



Método utilizando Pré-forma

Processo VAD (Vapour-phase Axial Deposition)

- A casca e o núcleo são depositados no sentido do eixo da fibra (sentido axial);
- Utilizam-se dois queimadores que criam a distribuição de temperatura desejada e também injetam os gases (reagentes);
- Cria-se uma pré-forma porosa que é cristalizada num forno elétrico a 1500 °C.



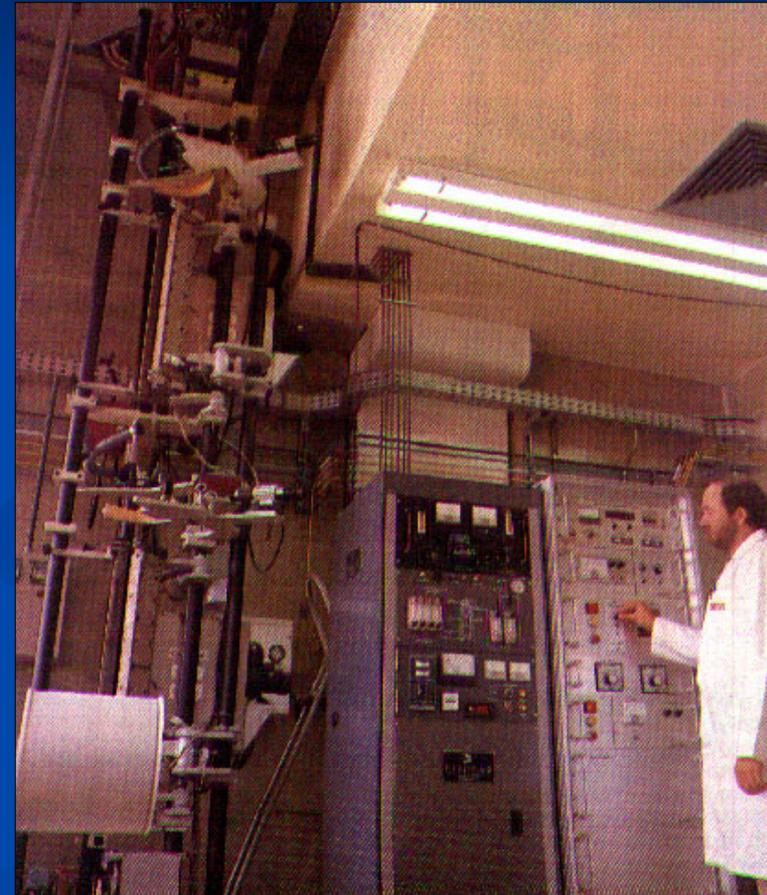
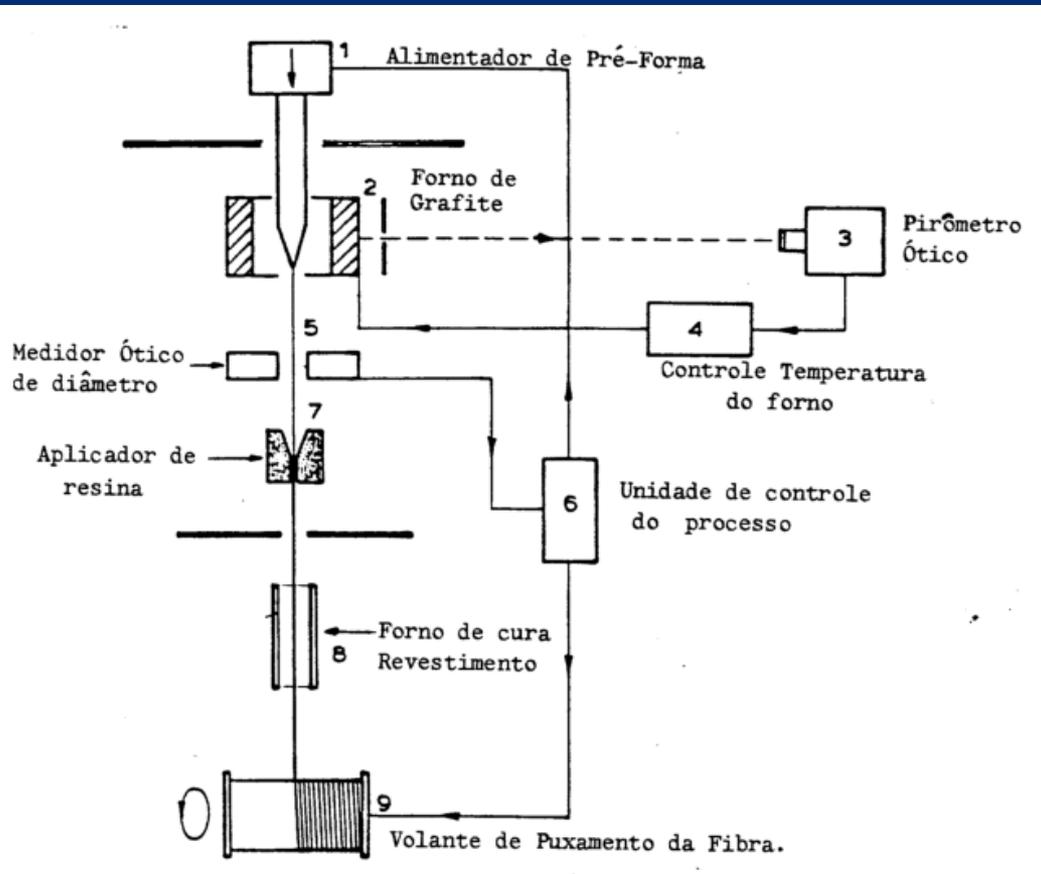
Método utilizando Pré-forma

Puxamento e Revestimento

- A pré-forma é levada a uma estrutura vertical (torre de puxamento) e é fixada num alimentador que a introduz num forno (grafite) com temperatura de 2.000 °C, a qual efetuarão o escoamento do material, formando um capilar de vidro;
- O diâmetro da fibra depende da velocidade de alimentação da pré-forma no forno e da velocidade de bobinamento da fibra;
- O controle desse processo é realizado através de um medidor óptico de diâmetro, o qual funciona a laser.

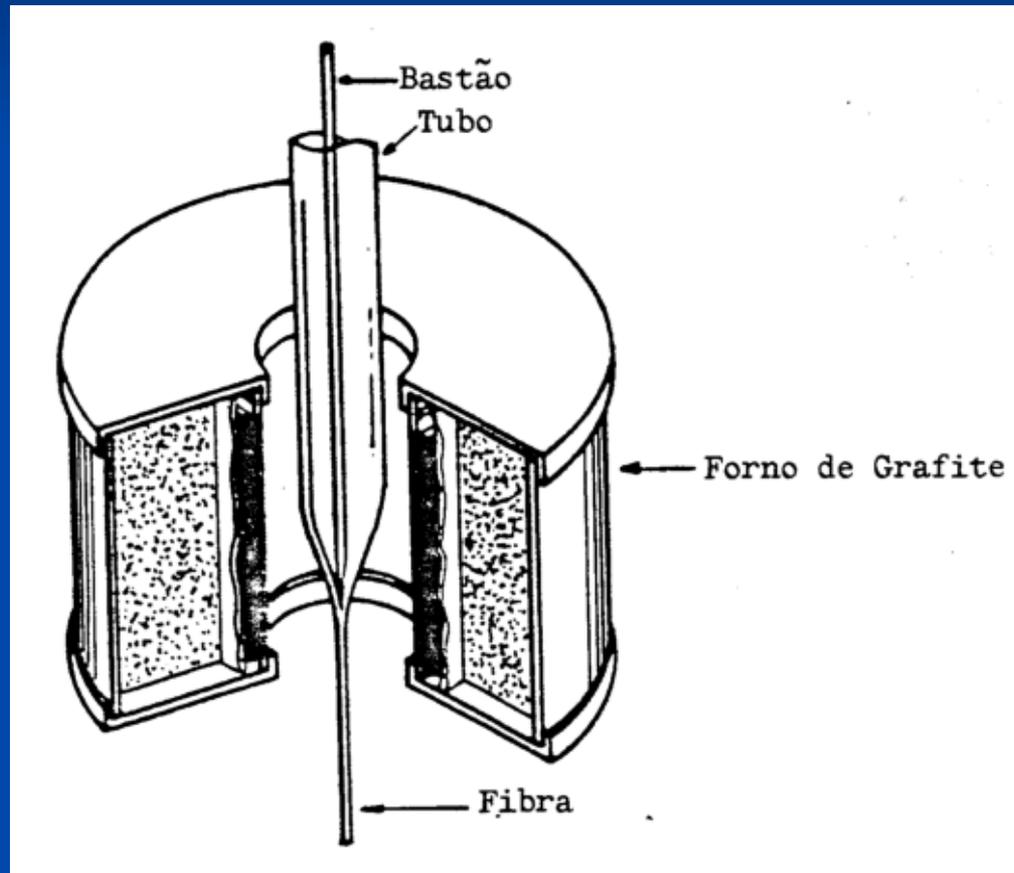
Método utilizando Pré-forma

Puxamento e Revestimento



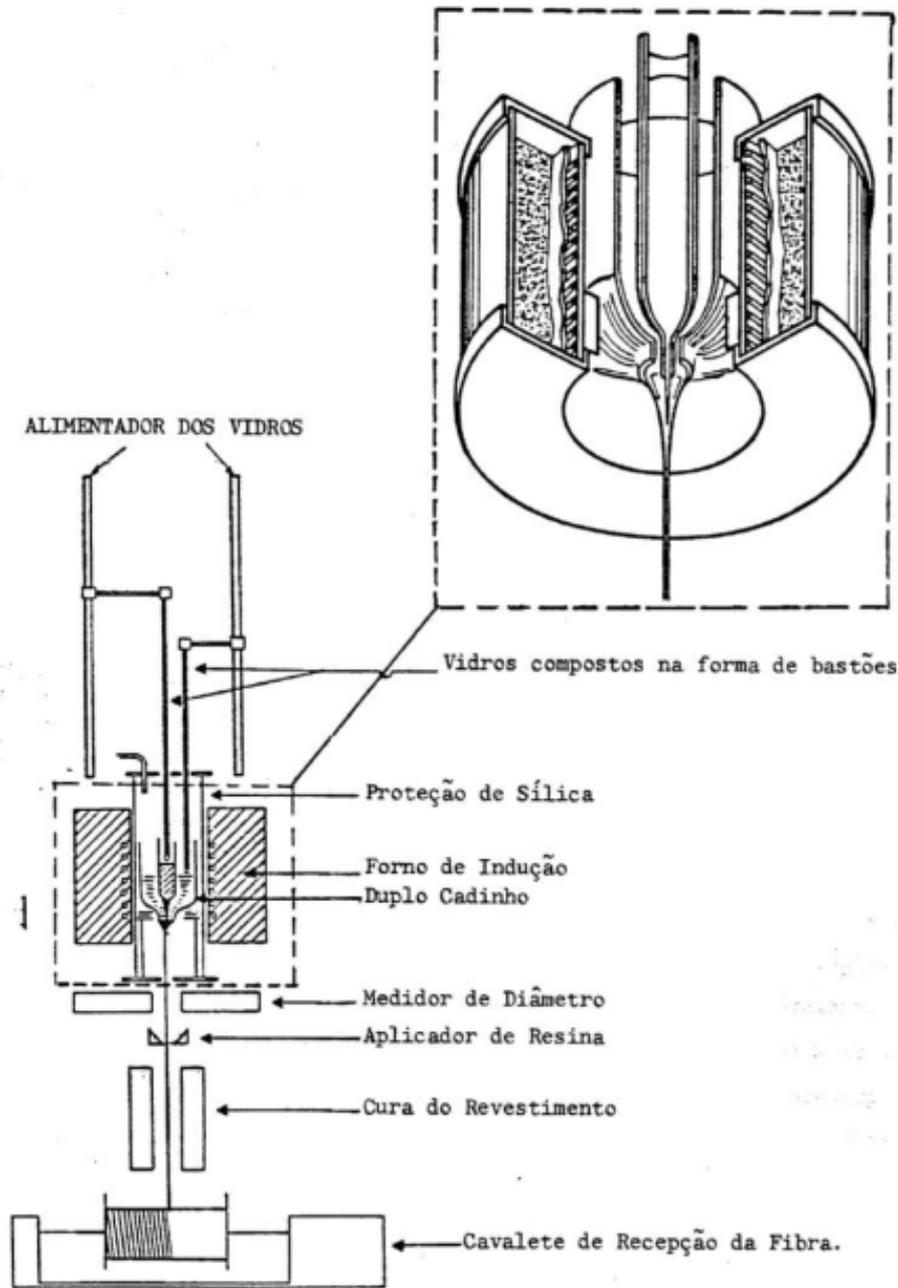
Método Rod-In-Tube (Bastão em Tubo)

- O núcleo e a casca são de sílica, sendo a fibra óptica do tipo degrau;
- Inserção de vidros na forma de bastão e tubo simultaneamente no forno de puxamento, o qual efetuam o escoamento dos materiais ao mesmo tempo.



Método Duplo Cadinho (Double Crucible)

- O núcleo e a casca são de vidros compostos, sendo a fibra óptica do tipo degrau ou gradual;
- Os vidros vêm na forma de bastão, os quais são introduzidos no forno do puxamento, que contém dois cadinhos;
- A variação do índice de refração ocorre através da migração de íons alcalinos, os quais mesclam a concentração dos vidros internos e externos.



Métodos de Fabricação de Fibras Ópticas

Material da Fibra Óptica		Tipo da Fibra	Processo de Fabricação
Núcleo e Casca	Sílica	Índice Degrau	C. V. D. - Chemical Vapour Deposition
		Índice Gradual	
		Índice Degrau	Rod-In-Tube
Núcleo e Casca	Vidros Compostos	Índice Degrau	Duplo Cadinho
		Índice Gradual	
Núcleo	Sílica	Índice Degrau	Estiramento de Bastão e Revestimento
Casca	Plástico		
Núcleo e Casca	Plástico	Índice Degrau	Extrusão

Cabos Ópticos

- Proteger as fibras ópticas que estão alojadas em seu interior;
- Facilitar a instalação e a manutenção das fibras ópticas em campo;
- Podem ser instalados em redes aéreas, redes subterrâneas (dutos ou diretamente enterrados), torres de transmissão de energia elétrica, leitos oceânicos, canais ou rios.

Revestimento Primário

- As fibras ópticas estão protegidas por uma fina camada de resina de silicone ou acrilato;
- Materiais não adequados aos esforços mecânicos, a umidade e a outras condições às quais as fibras ópticas estão submetidas;
- Necessário protegê-las com uma segunda camada de material.

Cabos Ópticos

Revestimento Secundário - “jacketing” ou “buffering”

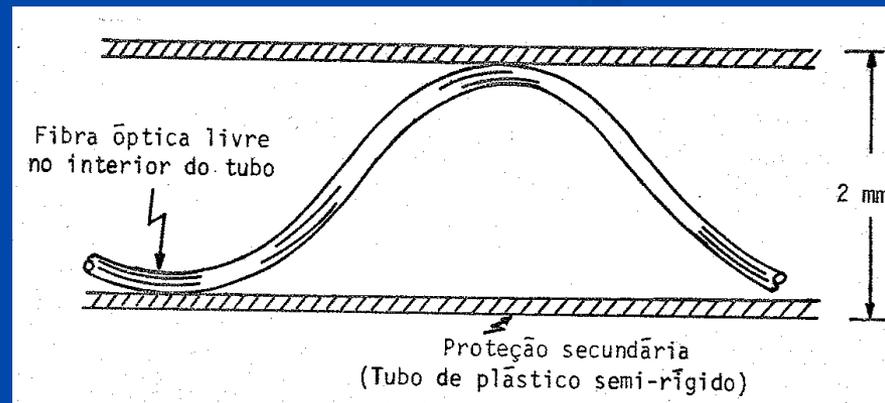
- Aplica-se uma camada de plástico, geralmente de nylon, sobre o seu revestimento primário, aderente ou não ao mesmo, através de extrusão termoplástica;
- Objetiva aumentar a resistência à tensão, além de fornecer um reforço radial à fibra óptica.

Tipos de estruturas de cabos ópticos

- 1) Tipo Solto - Não Aderente (“Loose”)
- 2) Tipo Compacto - Aderente (“Tight”)
- 3) Tipo Estrela - Não Aderente (“Groove”)
- 4) Tipo Fita - Aderente (“Ribbon”)

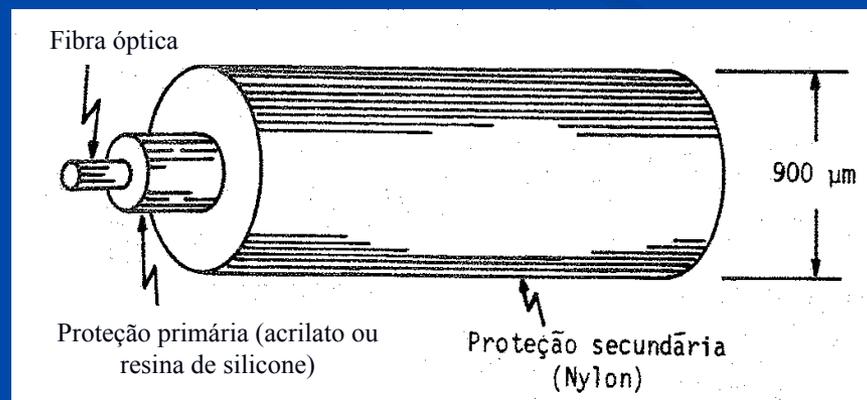
Tipo Solto - Não Aderente (“Loose”)

- Composto por um tubo plástico extrudado semirrígido que encobre a fibra óptica com um diâmetro maior que o diâmetro da mesma;
- A fibra é solta dentro desse tubo e desvinculada da estrutura do cabo óptico, formando a unidade básica;
- O tubo é denominado de tubo “loose” e normalmente tem um diâmetro interno que varia de 0,4 a 1,0 mm e um diâmetro externo de 0,6 a 3,0 mm;
- Encordoados helicoidalmente em torno do elemento central.



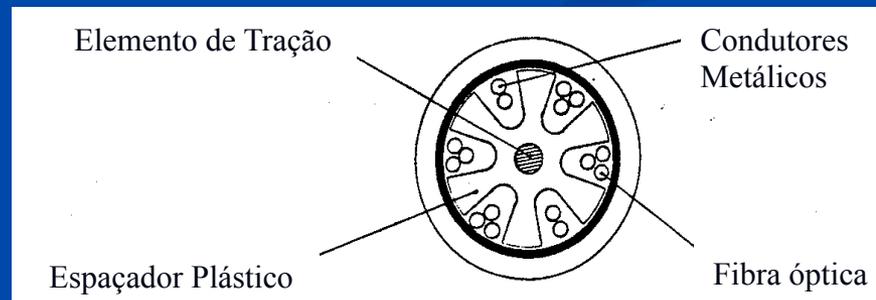
Tipo Compacto – Aderente (“Tight”)

- O revestimento secundário é aplicado diretamente sobre o revestimento primário da fibra óptica através da extrusão de uma cobertura plástica, geralmente de nylon, proporcionando reforço e proteção às fibras ópticas;
- Há aumento da atenuação da fibra óptica devido às microcurvaturas;
- As fibras ópticas são aderentes ao revestimento secundário, vinculadas aos elementos de reforço do cabo óptico e agrupadas em torno de um elemento de tração central, formando uma unidade básica;
- O conjunto dessas unidades formam o núcleo do cabo.



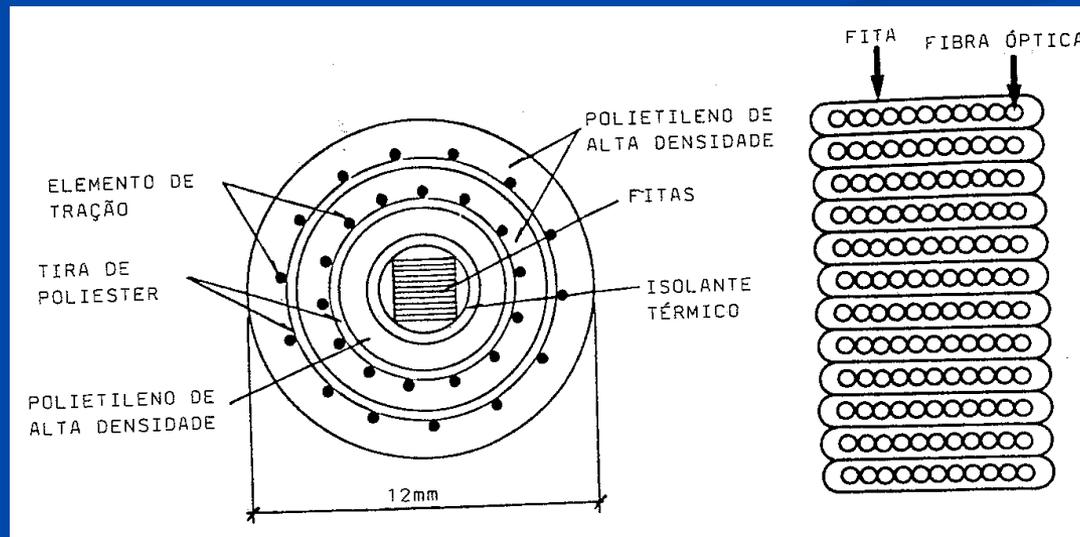
Tipo Estrela – Não Aderente (“Groove”)

- As fibras ópticas são acomodadas soltas, de modo não aderente, em uma ranhura que forma uma unidade básica;
- As ranhuras atuam como espaçadores das fibras ópticas, de um corpo plástico com estrutura interna do tipo estrela, formando o núcleo do cabo;
- Essa estrutura apresenta um elemento de reforço em seu centro e uma quantidade elevada de fibras ópticas.



Tipo Fita - Aderente (“Ribbon”)

- Estrutura em que as fibras ópticas são envolvidas por uma camada plástica plana e agrupadas horizontalmente em formato de uma fita, a qual constitui a unidade básica, sendo empilhadas umas sobre as outras, tornando-se um conjunto compacto;
- Acomodado em uma das ranhuras do cabo óptico tipo estrela, formando um cabo com uma elevada quantidade de fibras ópticas;
- A reunião desses conjuntos forma o núcleo do cabo óptico.



Cabos Ópticos

Elemento de Reforço ou Elemento de Tração

- Elemento do cabo óptico que é introduzido para aumentar a tensão que pode ser aplicada ao mesmo, sem haver risco de trinca ou rompimento da fibra óptica;
- Assegura a estabilidade dimensional, propicia uma forma cilíndrica ao cabo e evita a formação de microcurvaturas nas fibras ópticas.

Materiais empregados na sua fabricação

Arame de Aço: material de baixo custo, propiciando proteção e reforço longitudinal ao cabo óptico devido a sua alta resistência a tensões., sendo inserido no seu centro com ou sem revestimento, geralmente de polietileno;

Fibra Têxtil Múltipla ou Aramida: material dielétrico sintético constituído de poliéster aromático em forma de fibras, muito leve e de grande resistência mecânica à tração;

Monofilamento de Plástico: é uma extrusão especial de polietileno tereftalato (PET).

Cabos Ópticos

Isolantes

- Revestem condutores de cobre ou alumínio que podem ser incorporados ao cabo óptico para alimentação de repetidores ou para a comunicação de técnicos em campo;
- Constituídos de Cloreto de Polivinila (PVC), polietileno, polipropileno ou outros materiais.

Camada de Preenchimento

- Ao interior do cabo óptico e de tubos “loose” é normalmente adicionada um composto não higroscópico que assegure o enchimento de todos os seus espaços intersticiais;
- Limita a penetração e a propagação de umidade no interior do cabo;
- Utiliza-se usualmente a geleia de petróleo.

Cabos Ópticos

Fitas

- Mantêm unidos todos os elementos do cabo óptico, atuando como isolante térmico durante a extrusão do revestimento externo;
- Constituídas de papel celulose ou Mylar com alguns microns de espessura, sendo aplicadas helicoidalmente com sobreposição (enfaixamento).

Revestimento Externo

- Representado em sua estrutura pela capa externa e pela capa interna;
- Extrusão de um revestimento de plástico em torno dos seus elementos, devendo ser contínua, isenta de imperfeições, resistente à propagação da chama, à luz solar (raios Ultravioleta - UV) e às intempéries;
- Insere-se um ou mais fios de material não metálico, destinado ao corte e abertura longitudinal das capas externa e interna (cordão de rasgamento);

Cabos Ópticos

Revestimento Externo

- Materiais utilizados são o Alumínio Polietileno Laminado (APL), Cloreto de Polivinila (PVC) e poliuretano;
- Em cabos ópticos diretamente enterrados, dois outros componentes são de muita importância: a barreira contra umidade e o reforço radial.
 - Barreira contra umidade: pressurização do cabo ou uma fita de alumínio (APL) de alguns décimos de milímetro de espessura, enrolados longitudinalmente no cabo óptico, sob o revestimento externo;
 - Reforço radial: uma folha metálica, normalmente por extrusão de alumínio soldado ou aço corrugado, ou por meio de arames ou fitas enroladas em torno do núcleo do cabo óptico.
- Grava-se na capa externa o nome do fabricante, a marcação sequencial métrica, a designação do cabo óptico e o número de série, em intervalos de um metro, ao longo do eixo do cabo.

Revestimento Externo

Designação do cabo óptico utilizado em redes externas

CFOA - X - Y - W - Z - K

CFOA = Cabo com Fibra Óptica revestida em Acrilato

X – tipo de fibra óptica, que pode ser:

MM = Fibra Óptica Multimodo

SM = Fibra Óptica Monomodo Comum

DS = Fibra Óptica Monomodo de Dispersão Deslocada

NZD = Fibra Óptica Monomodo de Dispersão Deslocada Não Zero

Y - aplicação do cabo óptico e formação do núcleo, sendo os mais usuais designados por:

APL = Fita de Alumínio Polietileno Laminado

ARD = Protegido com Armadura em fita de aço corrugado para instalação em Duto

ARE = Protegido com Armadura em fita de aço corrugado para instalação diretamente Enterrada

AS-Y = Auto Sustentado para vãos de Y metros, sendo Y = 80, 120 ou 200 m

Revestimento Externo

Designação do cabo óptico utilizado em redes externas

CFOA - X - Y - W - Z - K

DD = Dielétrico para instalação em Duto

DDR = Dielétrico para instalação em Duto protegido contra ataque de Roedores

DE = Dielétrico para instalação diretamente Enterrada

DER = Dielétrico para instalação diretamente Enterrada protegido contra ataque de Roedores

DPE = Dielétrico e Protegido para instalação diretamente Enterrada

W - tipo de barreira à penetração de umidade, composta por dois tipos apenas:

G = Geleado - núcleo preenchido com composto não higroscópico

S = Seco - núcleo protegido com material hidroexpansível

Z - número de fibras ópticas do cabo, que podem ser as seguintes quantidades:

2, 4, 6, 8, 10, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120, 132, 144, 156, 168, 180, 192, 204, 216, 228, 240, 252, 264, 276 e 288.

Revestimento Externo

Designação do cabo óptico utilizado em redes externas

CFOA - X - Y - W - Z - K

A informação referente a letra K depende do tipo de aplicação do cabo óptico.

Na rede externa aérea, designa tipos de revestimentos externos, que podem ser:

NR = Normal

RC = Retardante à Chama

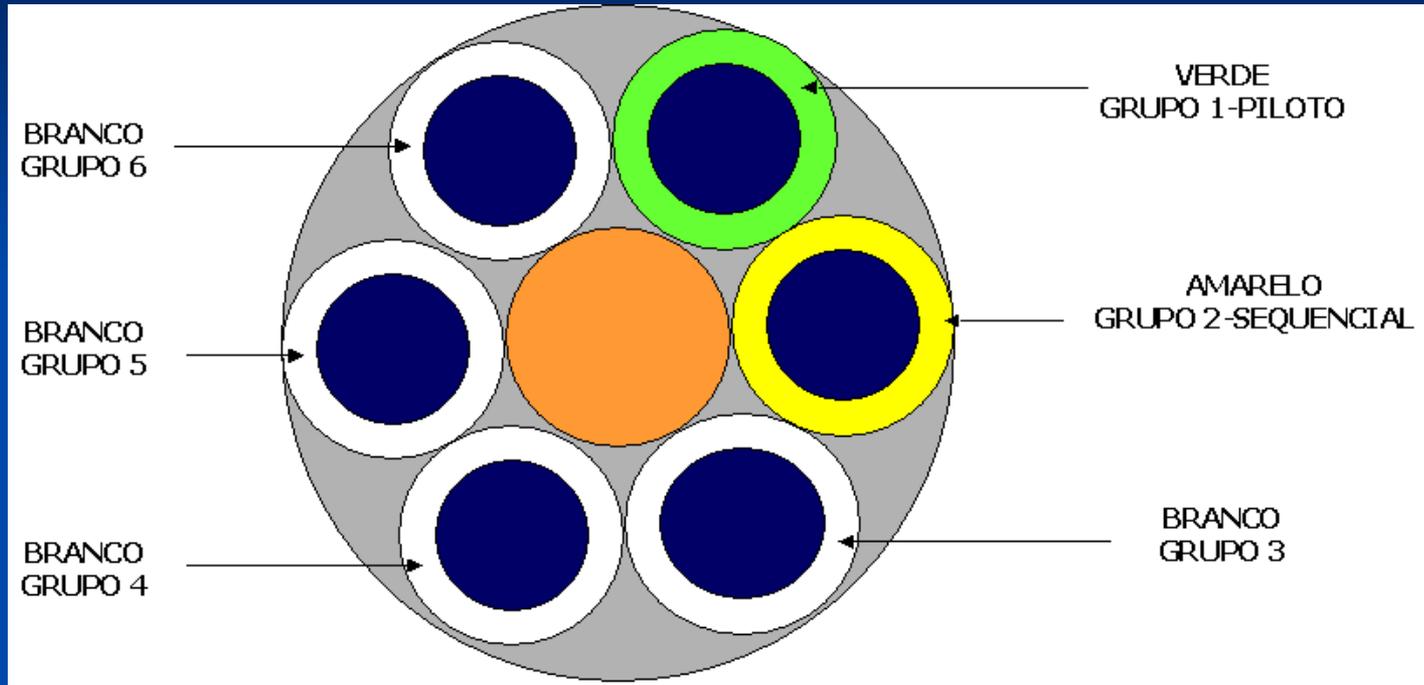
Na rede externa subterrânea, designa características especiais, que podem ser:

PFV = Proteção com Fibra de Vidro

PPU = Proteção com elemento Pultrudado, utilizando-se geralmente uma camada de Fibra Reforçada Plástica (FRP)

Estrutura dos Cabos Ópticos

Sequência de identificação dos tubos de proteção na estrutura Tipo “Loose”



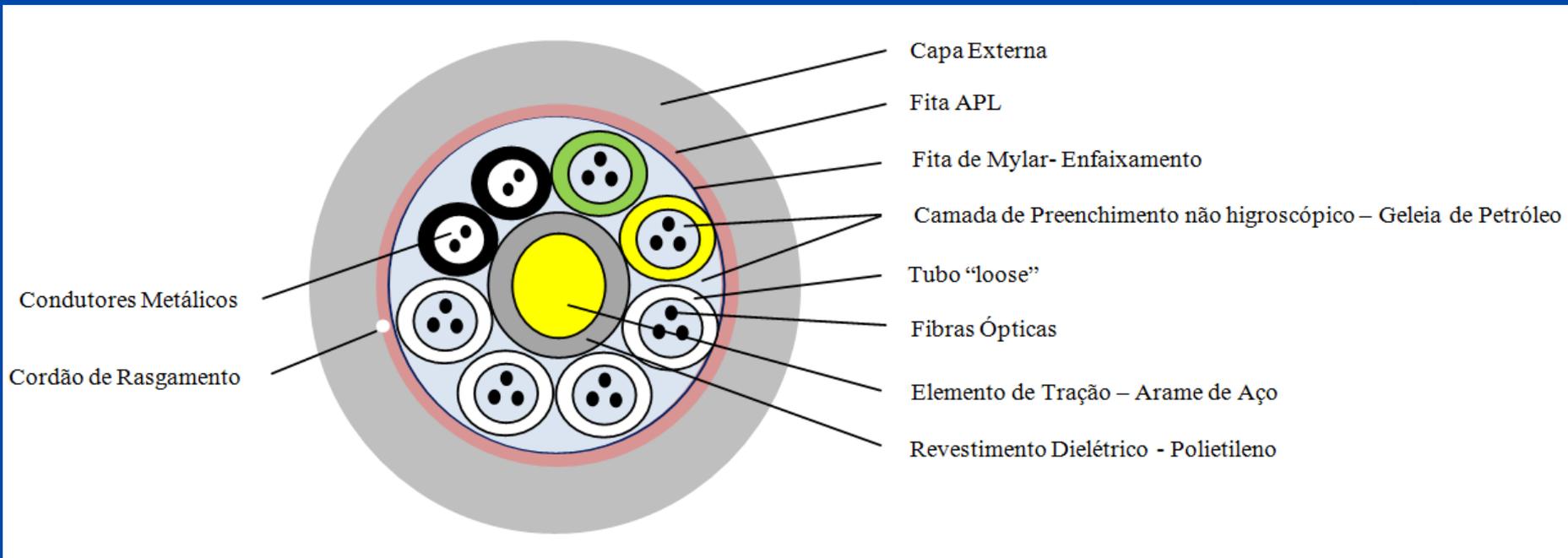
Código de cor sequencial das fibras ópticas: verde, amarela, branca, azul, vermelha, violeta, marrom, rosa, preta, cinza, laranja e água marinha.

Tipos de Cabos Ópticos

Cabo Subterrâneo (CS)

- Utilizado em canalizações subterrâneas formadas por dutos;
- Capacidade nominal de 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72 e 144 fibras ópticas.

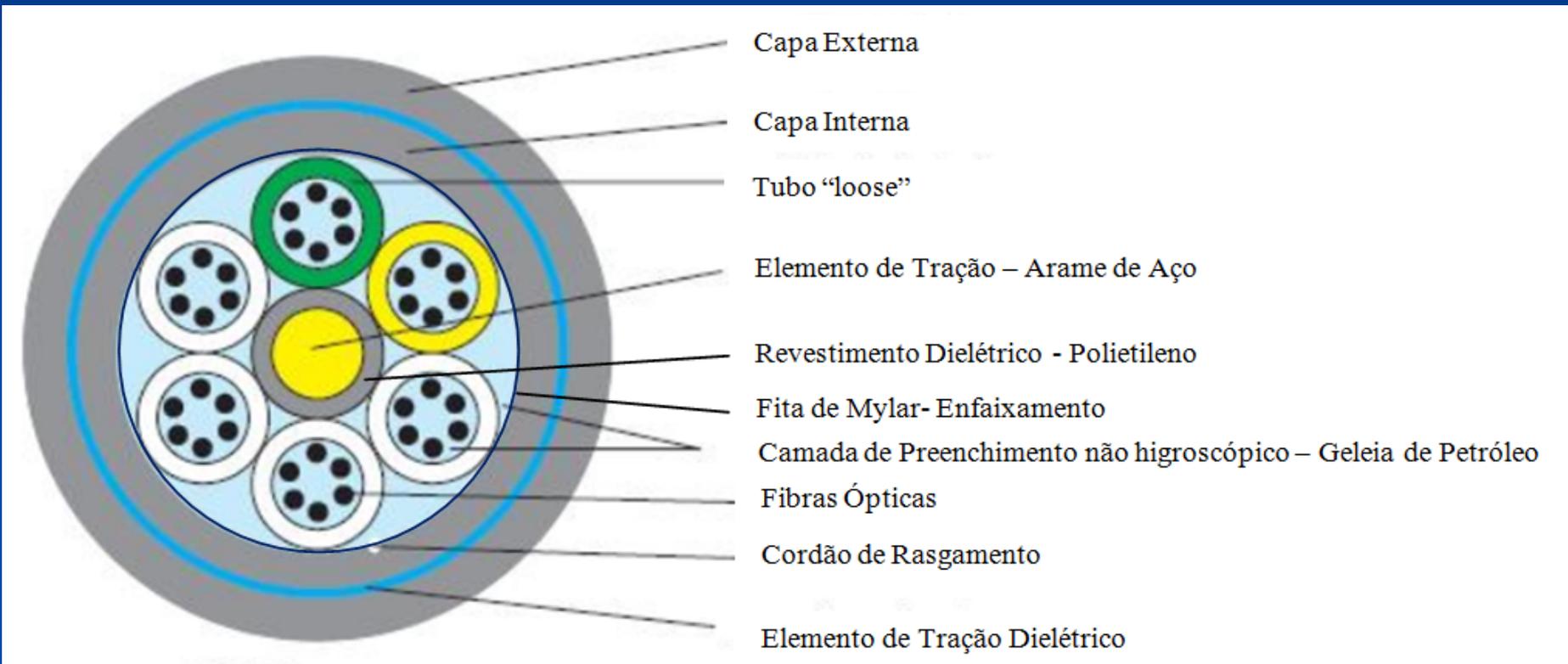
Cabo óptico protegido por fita APL (CFOA-SM-APL-G 18)



Tipos de Cabos Ópticos

Cabo Subterrâneo (CS)

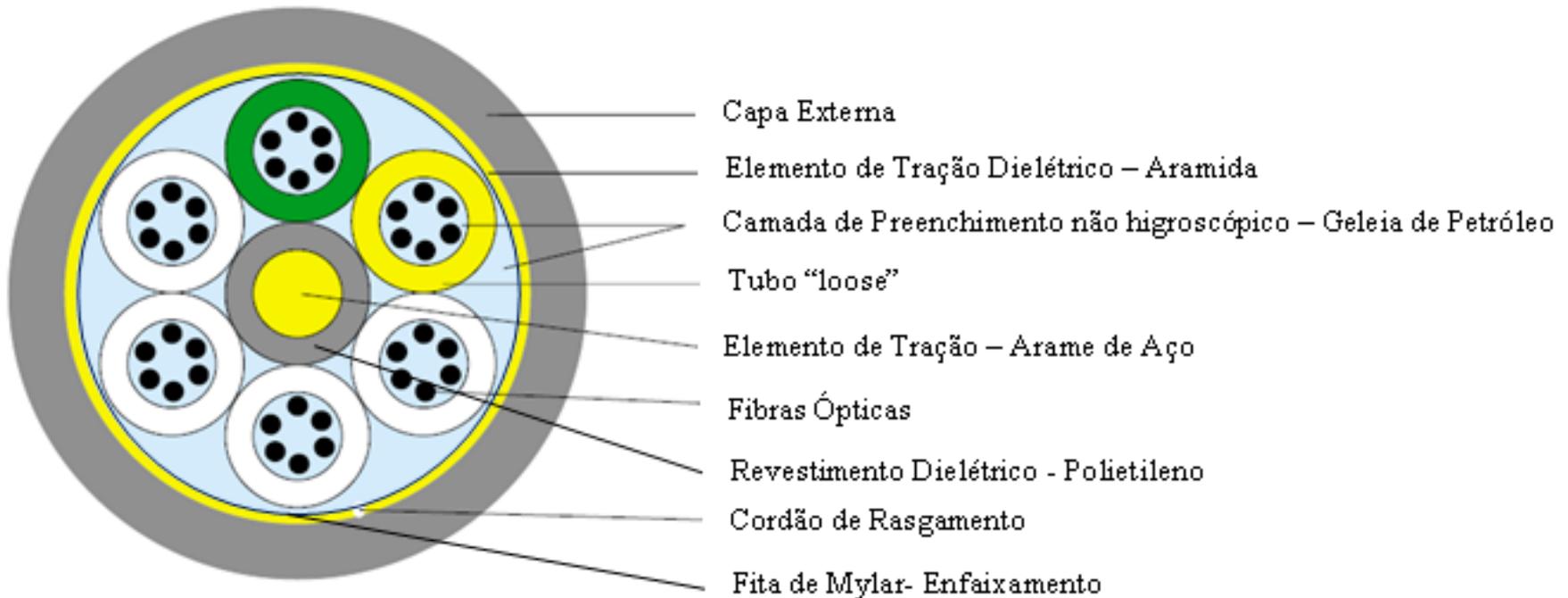
Cabo óptico dielétrico para instalação diretamente enterrada (CFOA-SM-DE-G 36)



Tipos de Cabos Ópticos

Cabo Subterrâneo (CS)

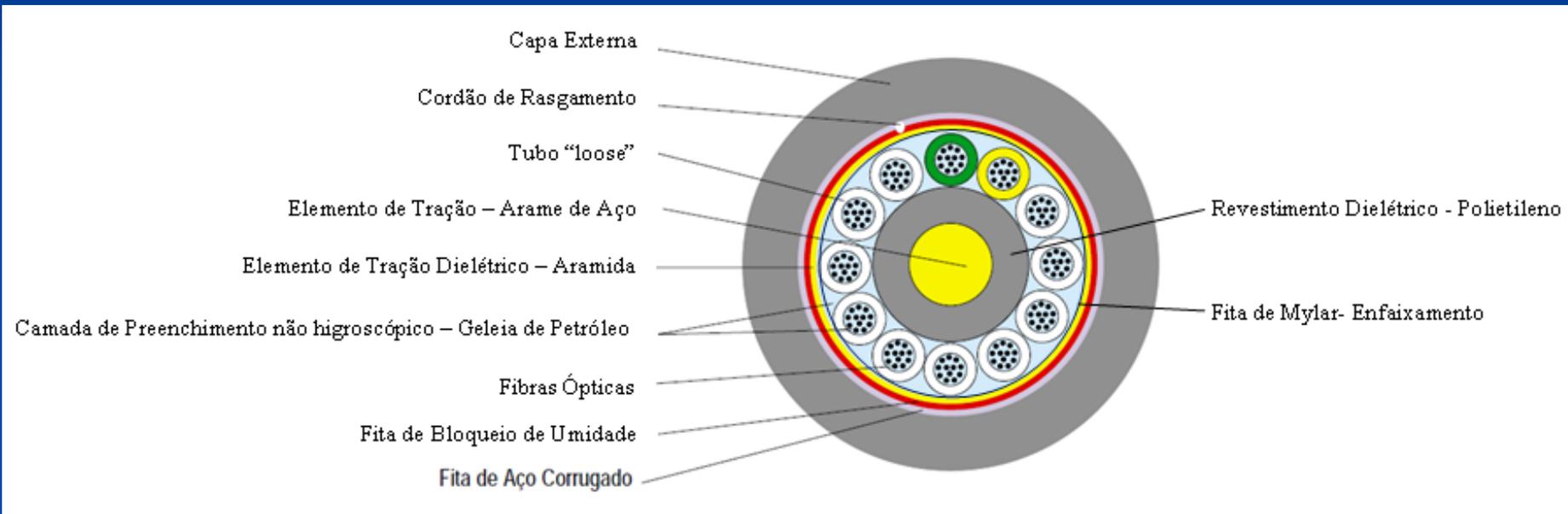
Cabo óptico dielétrico para instalação em duto (CFOA-SM-DD-G 36)



Tipos de Cabos Ópticos

Cabo Subterrâneo (CS)

Cabo óptico dielétrico protegido com armadura em fita de aço corrugado para instalação em duto (CFOA-SM-ARD-G 144)

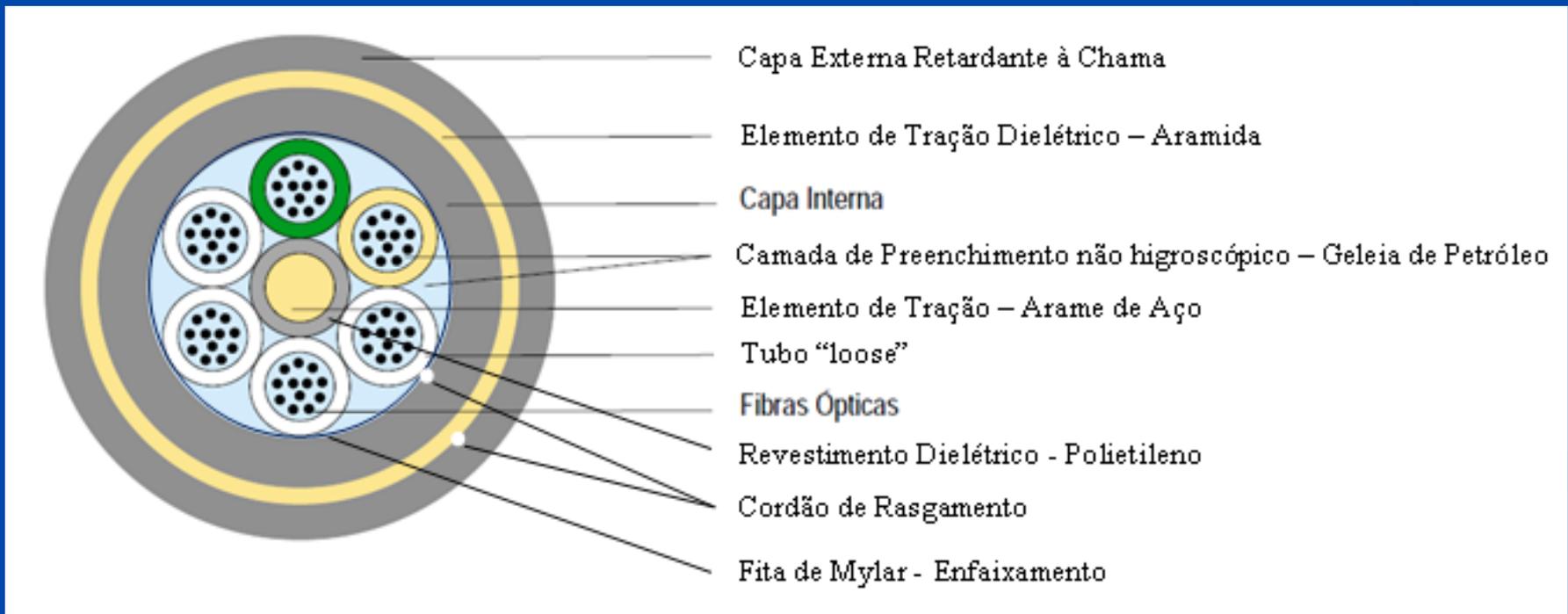


Tipos de Cabos Ópticos

Cabo Aéreo (CA)

- Utilizado em redes aéreas através de cordoalhas;
- Capacidade nominal de 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72 e 144 fibras ópticas.

Cabo óptico dielétrico aéreo auto sustentado (CFOA-SM-ASY-G 72 RC)



Emendas Ópticas

Consiste na junção de duas fibras ópticas, podendo ser permanente ou temporária, de cabos ópticos do mesmo tipo ou não.

Emenda Óptica por Fusão

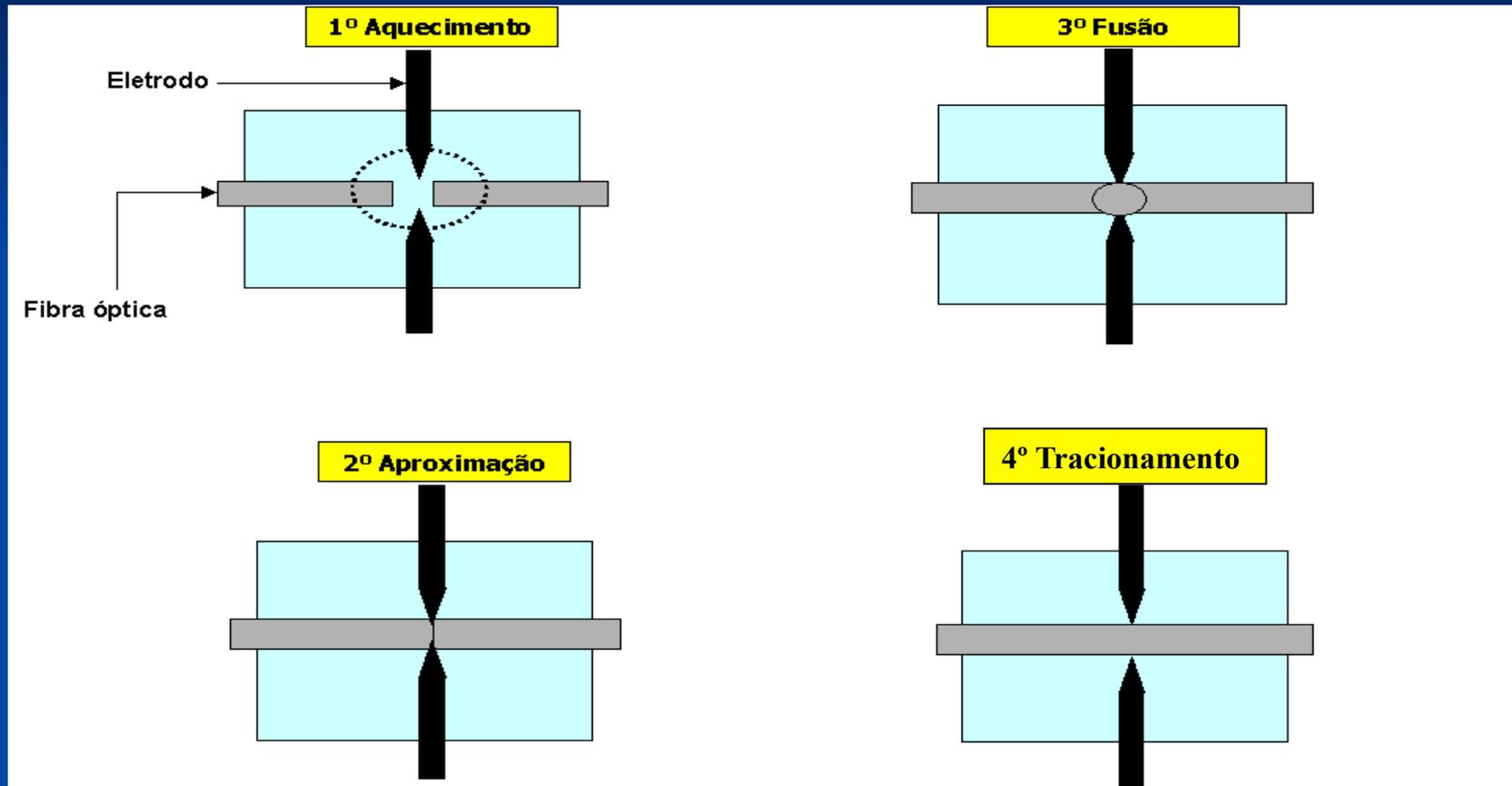
Caracteriza-se pela fusão entre as extremidades das fibras, de modo a permitir a continuidade óptica através das mesmas.

Procedimento

- A limpeza de uma fibra óptica é realizada através da retirada do seu revestimento primário em suas extremidades (decapagem);
- As extremidades dessa fibra óptica devem ser limpas com álcool isopropílico, utilizando-se usualmente estopa, gaze ou lenços de papel;
- Clivagem é o processo de corte transversal da extremidade dessa fibra, realizado através de um pequeno risco em sua casca, sendo tracionada e curvada sob esse risco, propagando-o transversalmente através da estrutura.

Emendas Ópticas

Emenda Óptica por Fusão



O ponto de emenda é protegido através da inserção de uma manta termocontrátil sob a mesma, realizada através de um forno especial acoplado à máquina (120 °C)

Emendas Ópticas

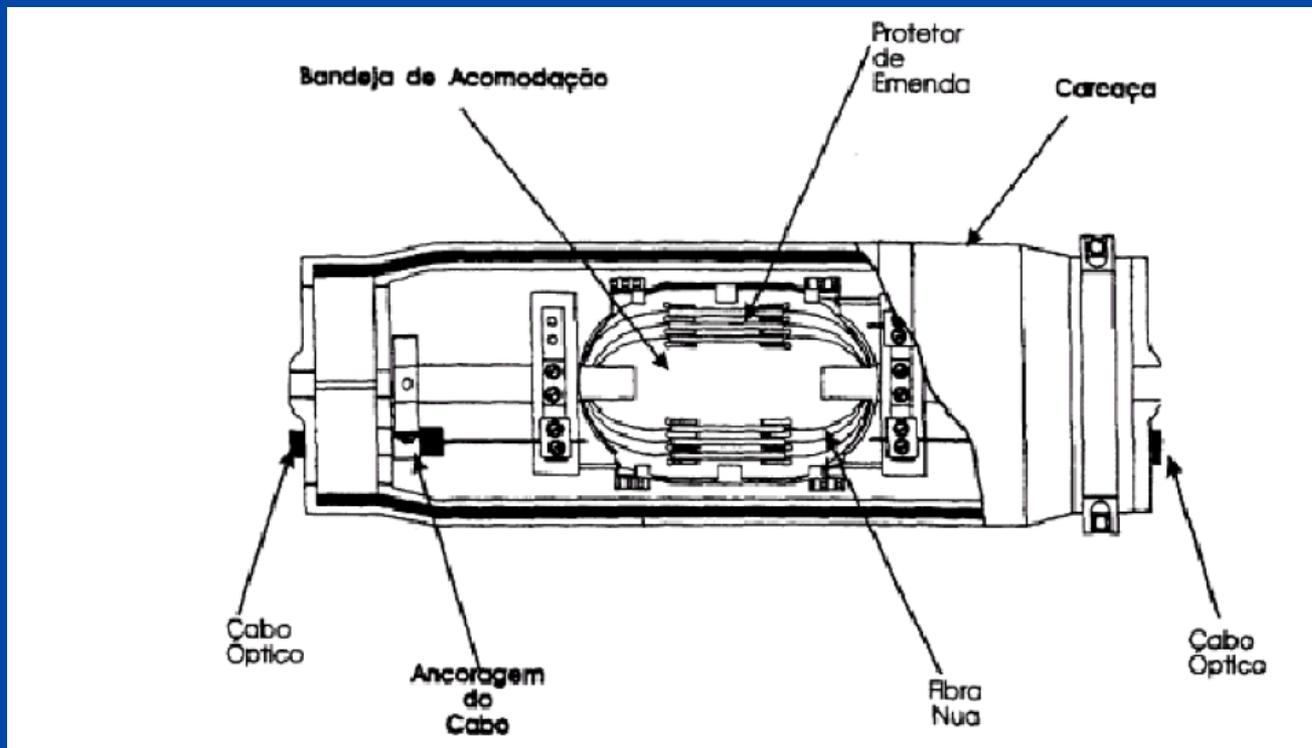
Valores máximos de atenuação numa Emenda Óptica por Fusão

TIPO DE FIBRA	$\lambda = 1310 \text{ nm}$	$\lambda = 1550 \text{ nm}$
SM-SM	0,13 dB	0,11 dB
DS-DS	-	0,15 dB
NZD-NZD	-	0,10 dB
NZD-DS	-	0,30 dB

Emendas Ópticas

Conjunto de Emenda Óptica (CEO)

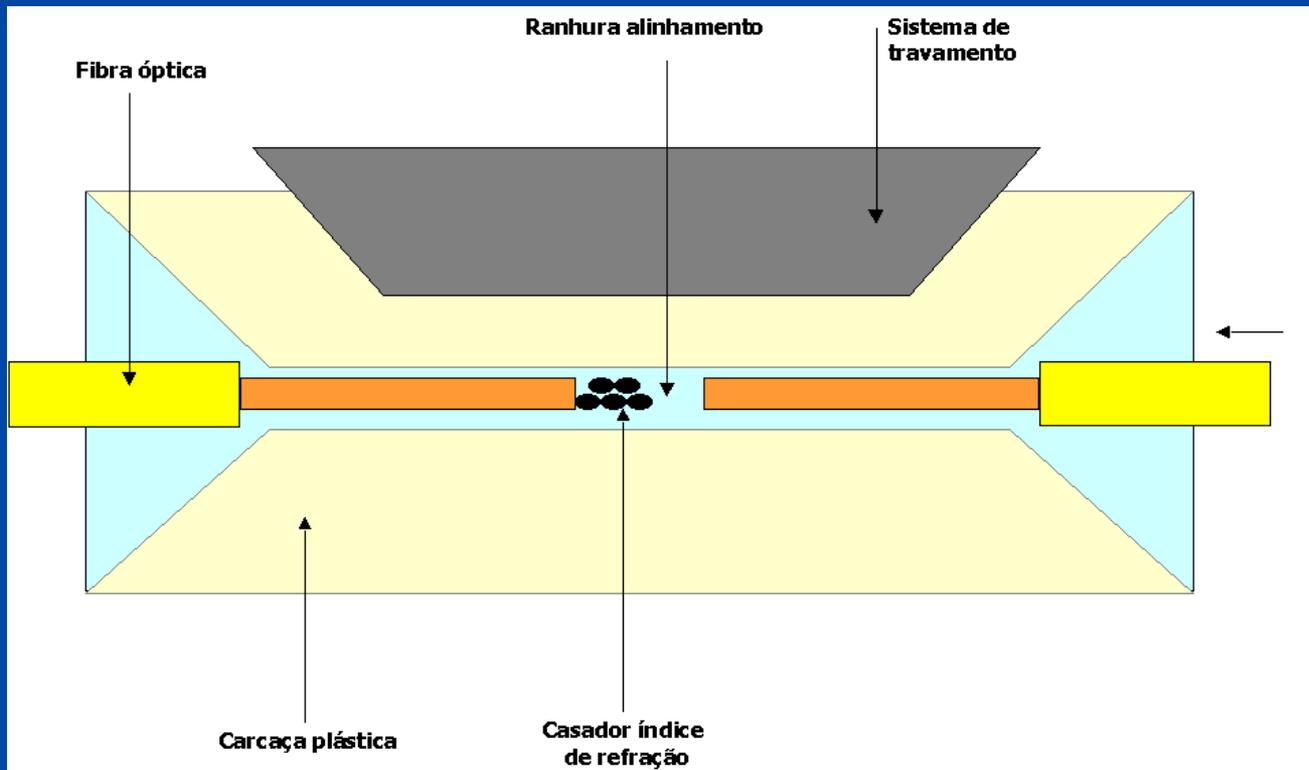
- Consiste numa estrutura que visa acomodar e proteger as emendas por fusão de cabos de fibra óptica;
- Composto de material termoplástico de alta resistência ao impacto e apresenta um fechamento hermético (estanqueidade).



Emendas Ópticas

Emenda Óptica Mecânica

- Caracteriza-se pela adequada preparação das extremidades das fibras ópticas a serem emendadas através da sua limpeza e clivagem;
- Tipo de ranhura especial que permite um alinhamento razoável dos núcleos da fibra, sem que haja a junção dos mesmos.



Emendas Ópticas

Emenda Óptica por Conectorização

- As fibras ópticas são alinhadas e não unidas definitivamente através da utilização de conectores nas extremidades das mesmas;
- Conector óptico é o principal recurso utilizado para interligar cabos ópticos a equipamentos de rede localizados nas centrais telefônicas ou no ambiente de clientes através do seu encaixe em adaptadores ópticos ou em orifícios de transmissores e receptores ópticos;
- Emenda executada de forma rápida, com montagem bastante simples, possibilitando várias conexões e desconexões a um baixo custo de operação e manutenção.

Composto por 3 componentes

Capa: é responsável por atenuar esforços mecânicos entre a carcaça e a fibra óptica que se encontra em seu interior, constituída geralmente por PVC;

Emenda Óptica por Conectorização

Carcaça: função de fornecer proteção mecânica ao conjunto ferrolho e fibra óptica e o tipo de encaixe do mesmo, podendo ser rosqueável, baioneta ou “push-pull”, constituída de plástico ou aço inox;

Ferrolho: é o componente central do conector, geralmente constituído de cerâmica, sendo responsável pela fixação da carcaça e de abrigar a terminação da fibra óptica. O ferrolho apresenta a sua face externa polida.

Utilização dos Conectores

Extensão óptica ou “pigtail”: o conector é inserido em uma das extremidades da fibra óptica e a outra extremidade é unida a uma outra fibra, proveniente de um cabo óptico, através de emenda por fusão ou mecânica;

Cordão óptico: cabo óptico flexível contendo uma ou mais fibras ópticas em seu interior com conectores inseridos em suas extremidades, sendo utilizados para a interligação de equipamentos de rede.

Emenda Óptica por Conectorização

Características dos Conectores

A) Perda por Inserção (P_I)

- A perda por inserção é a perda de potência óptica quando um novo componente é inserido na rede óptica;
- Essa perda é causada por irregularidades no alinhamento dos conectores e por polimentos de baixa qualidade executados em suas extremidades.

$$P_I = -10 \cdot \log \left(\frac{P_{\text{transmitida}}}{P_{\text{incidente}}} \right)$$

B) Perda de Retorno (P_R)

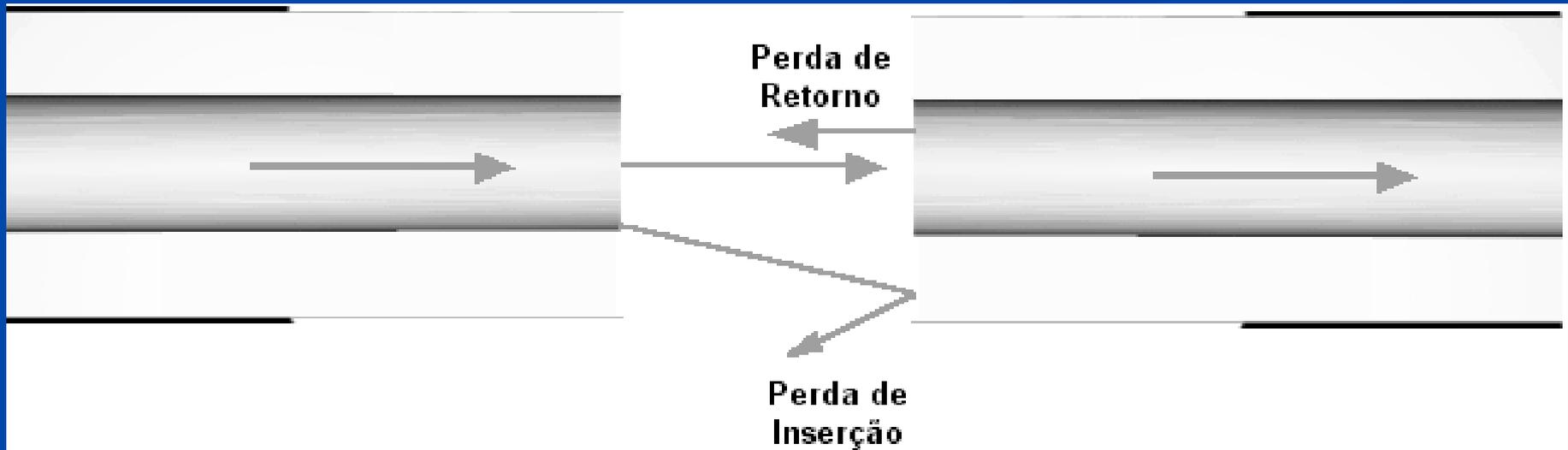
- A perda de retorno é a perda de potência óptica devido a reflexão do sinal óptico na emenda por conectorização, retornando parte do sinal para o emissor óptico;

Emenda Óptica por Conectorização

Características dos Conectores

- Causada por irregularidades na geometria do ferrolho, em função do polimento dos conectores, e contaminação das faces dos ferrolhos ópticos, sendo considerada na perda por inserção.

$$P_R = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{\text{incidente}}}{P_{\text{refletida}}} \right)$$



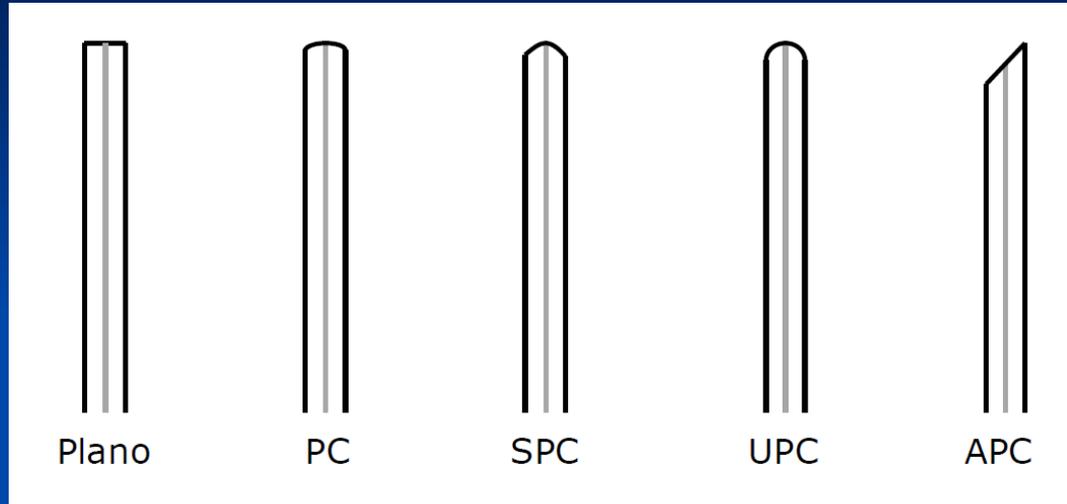
Emenda Óptica por Conectorização

Polimento

- Plano (“flat”): a superfície de conexão do ferrolho é plana. Quando conectados, formam-se pequenas lacunas de ar entre as superfícies dos conectores devido a pequenas imperfeições nessas superfícies de contato;
- PC (“Physical Contact”): quando conectado, as superfícies das duas fibras ópticas estão em contato direto, já que a face externa do ferrolho e a fibra óptica mantêm um perfil convexo;
- SPC (“Super Physical Contact”): apresenta um perfil convexo com menor raio de curvatura que o PC e o polimento UPC.
- UPC (“Ultra Physical Contact”): apresenta um perfil convexo com menor raio de curvatura que o SPC;
- APC (“Angled Physical Contact”): Suas superfícies também são curvas, porém, em um ângulo de 8 graus em relação ao plano de polimento. Isso mantém uma conexão firme, reduzindo as P_R e a P_I .

Emenda Óptica por Conectorização

Polimento



Tipo de Polimento	Perda de Inserção Valor Máximo em dB	Perda de Retorno Valor Máximo em dB
Plano	0,7	15
PC	0,5	25
SPC	0,4	40
UPC	0,3	45
APC	0,3	55

Emenda Óptica por Conectorização

Tipos de Conectores

ST (“Straight Tip”), FC (“Ferrule Connector” ou “Fiber Channel”)



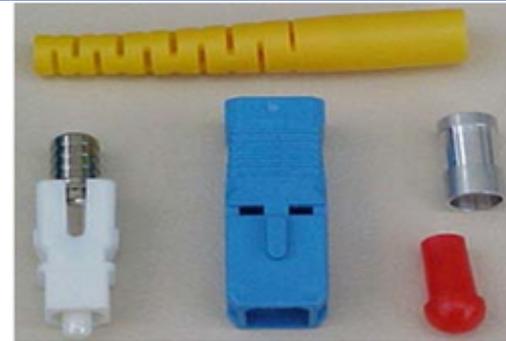
Emenda Óptica por Conectorização

Tipos de Conectores

SC (“Subscriber Connector”, “Square Connector” ou “Standard Connector”),
E2000, DIN (“Deutsches Institut für Normung”)



d) SC - APC



e) SC - PC



f) E2000 - APC



g) DIN