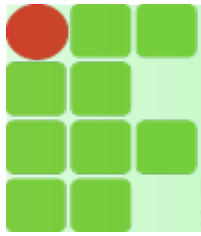


DISPERSÃO

Quando a luz se propaga em meios dispersivos a sua velocidade de propagação muda com o comprimento de onda. Além disso a luz se propaga de diferentes modos (por diferentes caminhos) gerando distintos tempos de propagação para as parcelas de energia que compõem o sinal.

Essa diferença de tempo de propagação dos comprimentos de onda pertencentes a um pulso que se propaga na fibra óptica produz a alargamento do pulso no tempo.

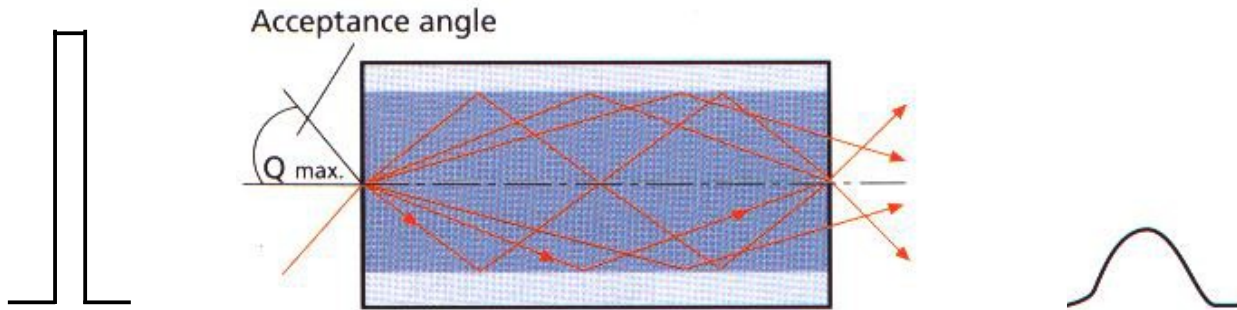


INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

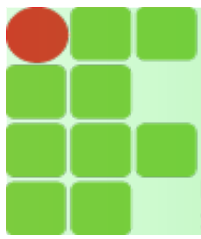
DISPERSÃO

Fibre longitudinal section
showing typical ray propagation

Transmission properties



Esse alargamento limita a banda passante e, conseqüentemente, a capacidade de transmissão de informação na fibra;



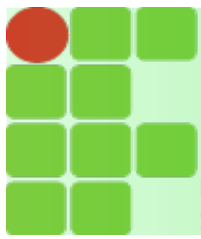
Existem quatro mecanismos básicos da dispersão em fibras ópticas.

Dispersão Modal

Dispersão Cromática

{ Dispersão Material +
Dispersão do Guia de Onda

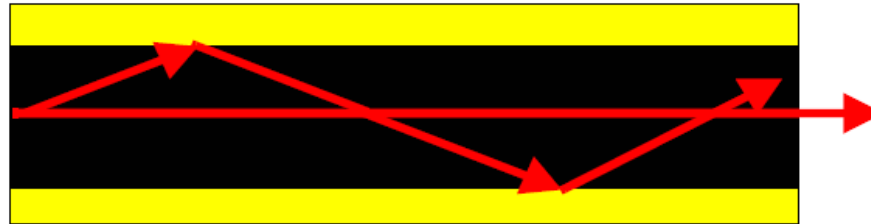
Dispersão por Modo de Polarização (PMD)



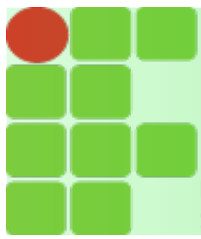
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

DISPERSÃO MODAL

Característica de Fibras Multimodo provocada pelos vários caminhos de propagação possíveis (modos de alta ordem demoram mais para percorrer a fibra)



Modos de alta ordem corresponde aos modos que se propagam mais próximos a interface núcleo-casca, isto é possuem ângulo de incidência nesta interface próximos ao ângulo crítico.



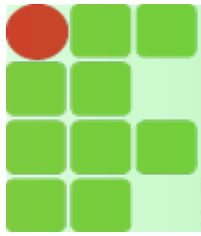
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

DISPERSÃO CROMÁTICA

Material: Dispersão dos comprimentos de onda que constituem o sinal, devido a propagação em um meio dispersivo (a V_p da onda é função do λ).

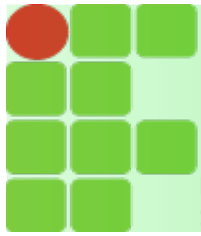
Guia de Onda: Espalhamento do sinal em função λ e das características do guia de onda, tais como a distribuição do N (perfil) e as características geométricas do meio.





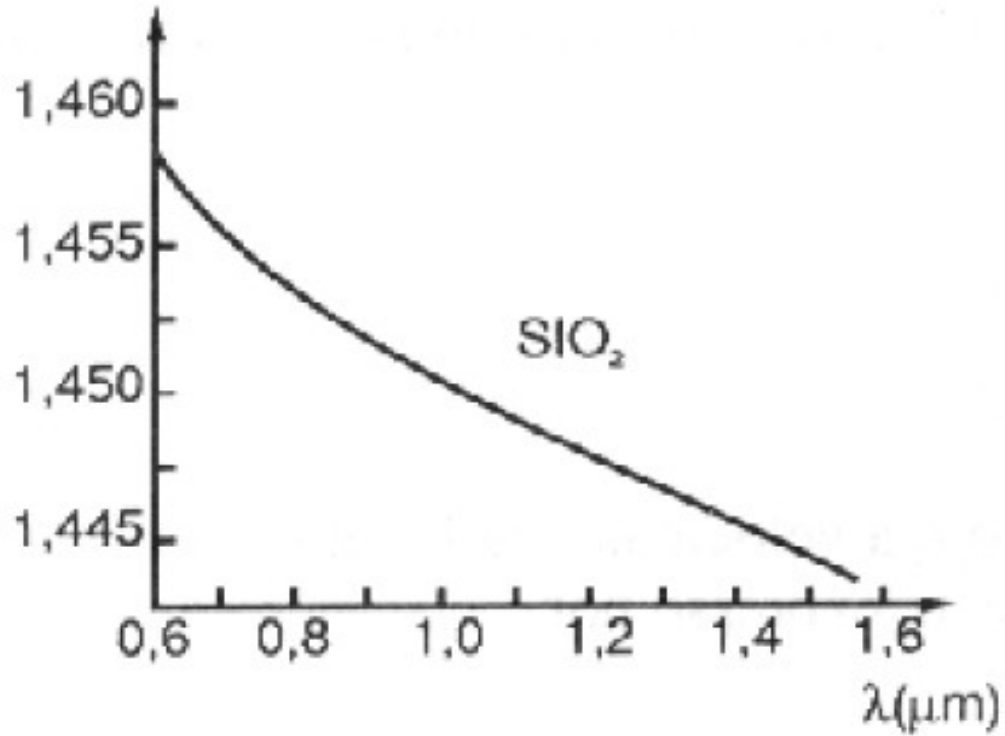
DISPERSÃO MATERIAL

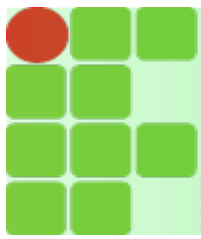
- O índice de refração do material que compõe a fibra tem uma dependência não-linear com o comprimento de onda transmitido;
- Isto implica em diferentes atrasos (velocidades) de propagação, resultando na chamada dispersão material;
- A diversidade de componentes espectrais nos modos transmitidos é imposta pelas fontes luminosas que se caracterizam, de uma maneira geral, por emissão de luz policromática, isto é, emissão em vários comprimentos de onda em torno de um comprimento de onda central;
- Para minimizar a dispersão material é necessário diminuir a largura espectral das fontes luminosas e utilizá-las em fibras ópticas de baixa dispersão.



DISPERSÃO MATERIAL

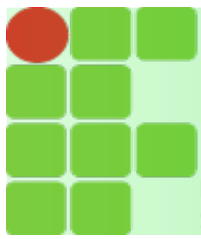
Índice de refração





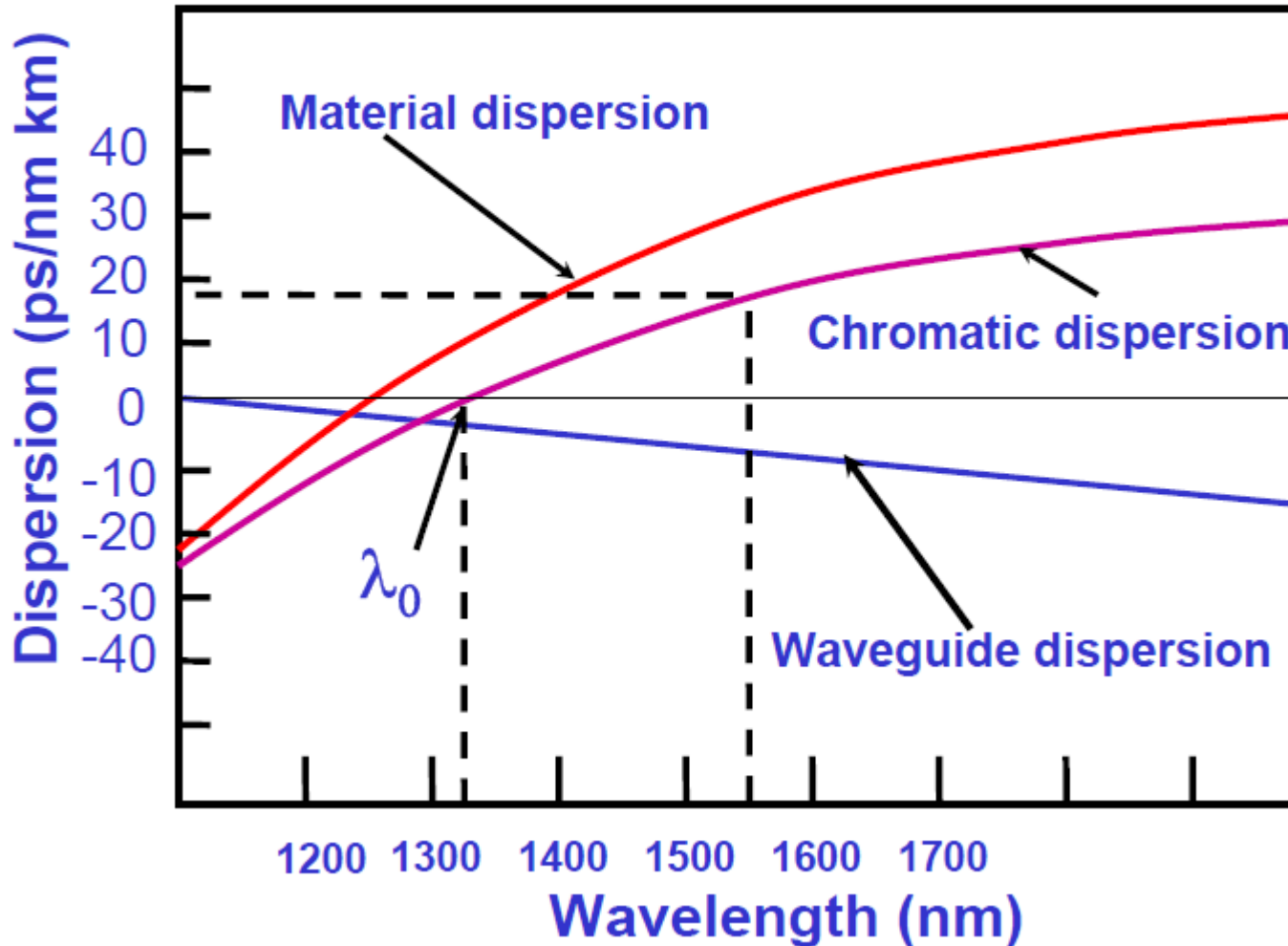
DISPERSÃO GUIA DE ONDA

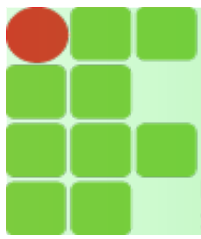
- Nas fibras monomodo esta dispersão assume uma grande importância, pois, além de ser de magnitude equivalente a dispersão material, tem a propriedade de, em determinados comprimentos de onda, compensá-la;
- A dispersão do guia de onda na fibra monomodo ocorre em função da variação do índice de refração do núcleo e da casca ao longo da fibra. Esta variação resulta na propagação da luz com diferentes velocidades durante a trajetória;
- Outro fator que provoca este tipo de dispersão é a variação da dimensão do núcleo ao longo da fibra, pois a propagação de um modo é função do seu comprimento de onda e do diâmetro do núcleo. Dependendo do diâmetro do núcleo, parcela da potência luminosa será propagada pela casca.



DISPERSÃO CROMÁTICA

Standard Single Mode Fiber With λ_0 at 1310nm

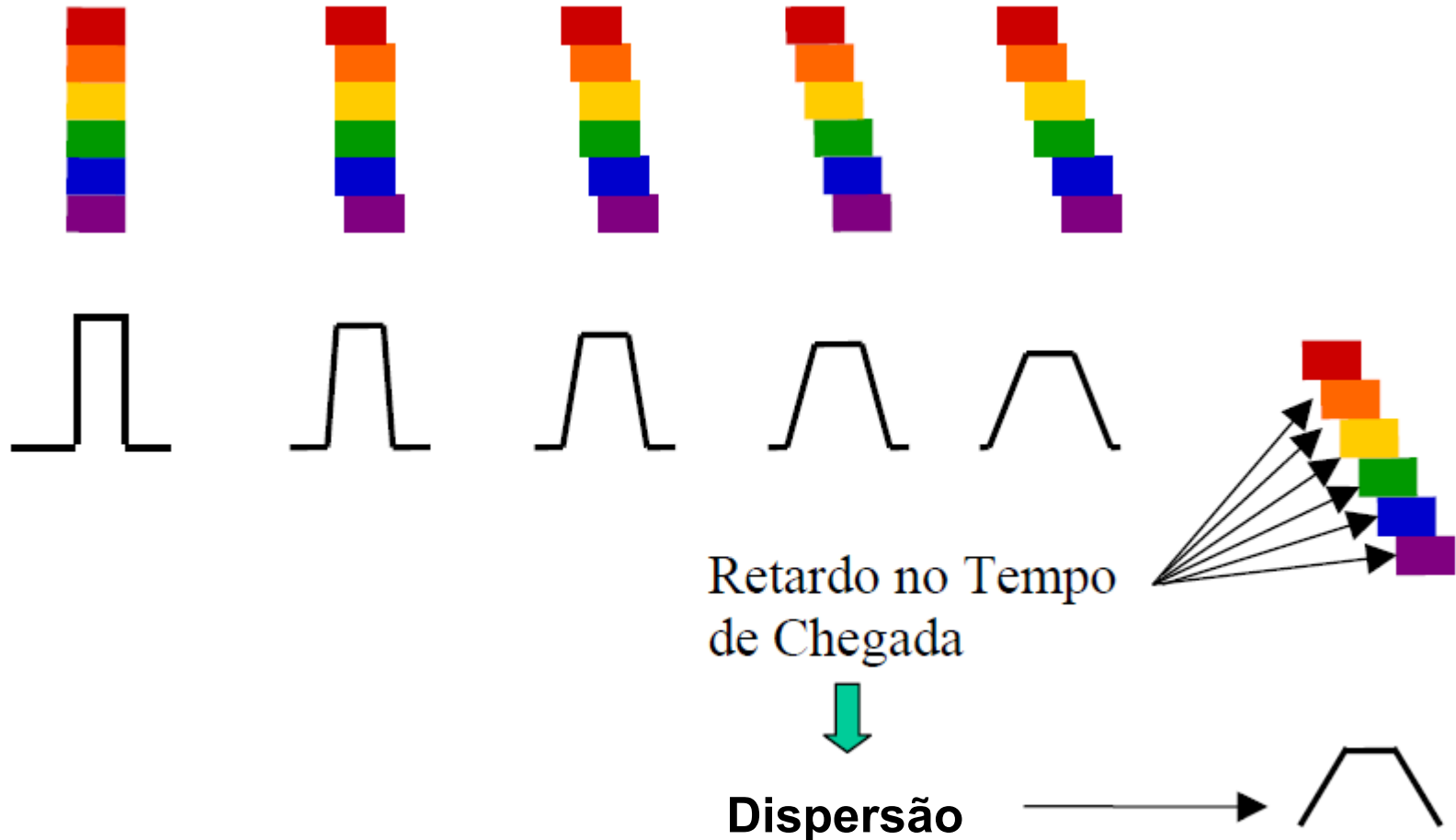


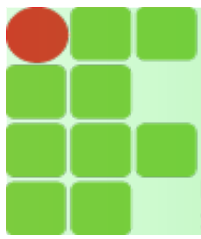


INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

DISPERSÃO CROMÁTICA

Efeitos da dispersão cromática na forma de onda do sinal



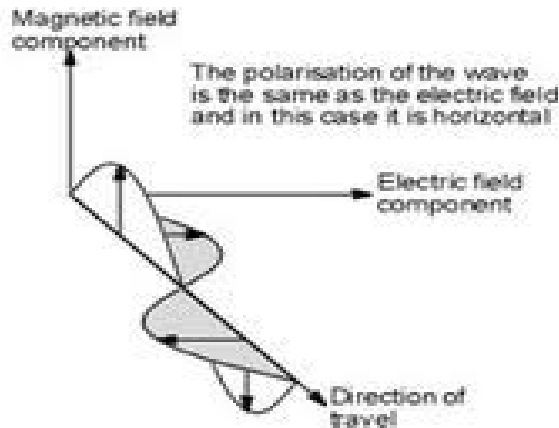


INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

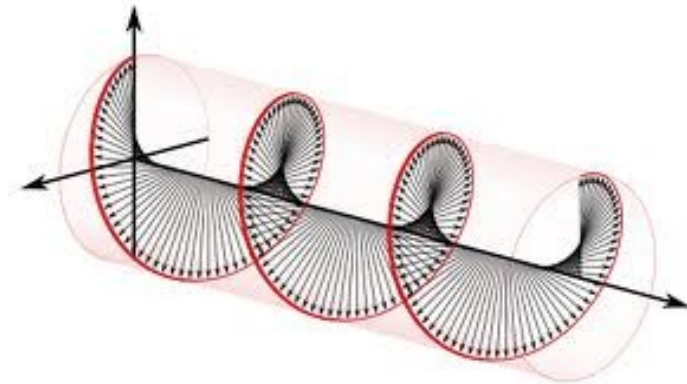
DISPERSÃO POR MODO DE POLARIZAÇÃO

O que é Polarização?

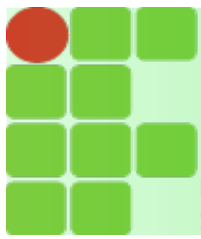
É definida em termos do padrão (figura) desenhado no plano transversal à direção de propagação da onda eletromagnética devido a variação do campo elétrico em função do tempo.



Polarização horizontal

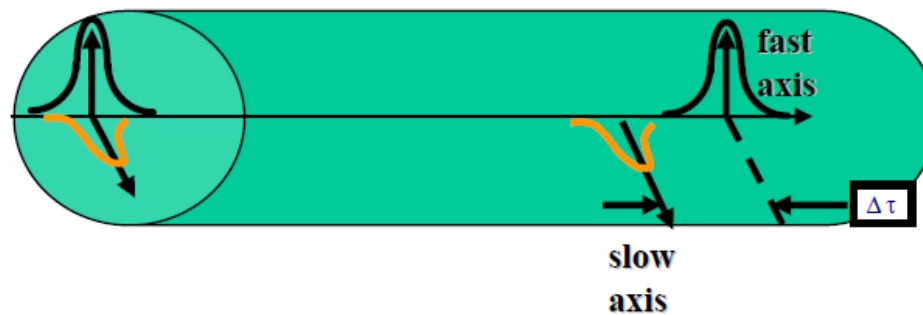


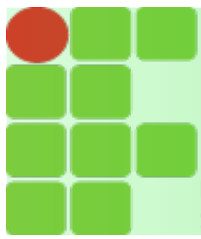
Polarização circular



DISPERSÃO POR MODO DE POLARIZAÇÃO

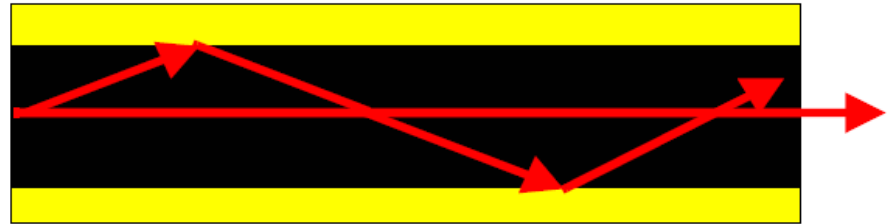
Polarization Mode Dispersion (PMD) é uma propriedade fundamental dos meios ópticos (fibras e componentes) no qual a energia do sinal num dado comprimento de onda é distribuída em dois modos de polarização ortogonais que “viajam” com velocidades de propagação diferentes.





DISPERSÃO

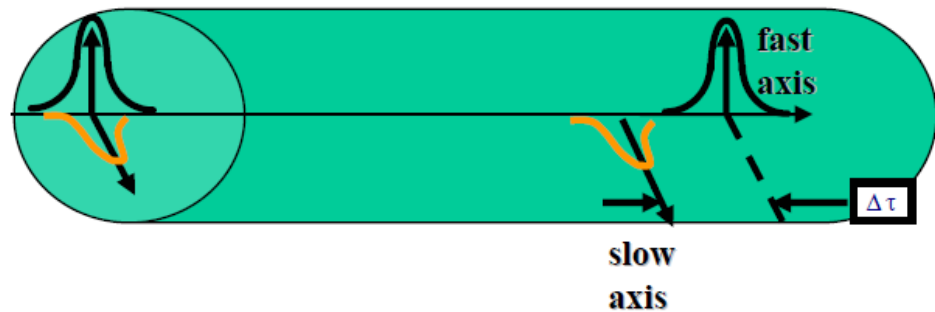
➤ **Modal**

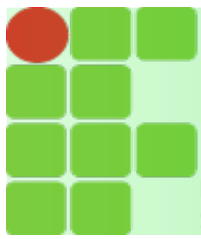


➤ **Cromática**



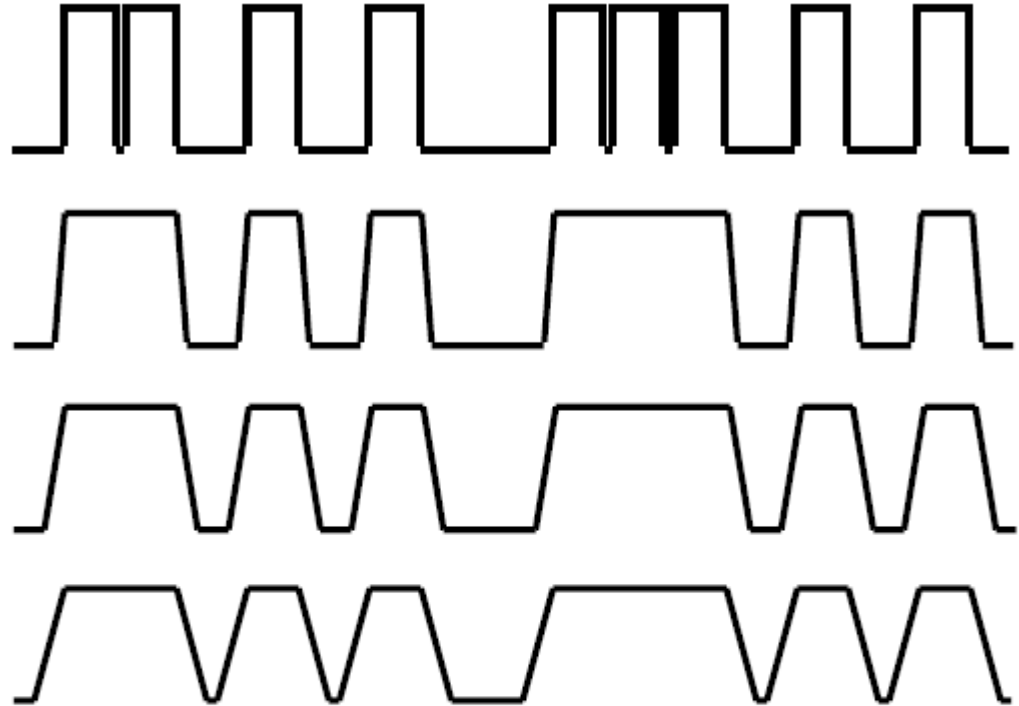
➤ **Polarização**



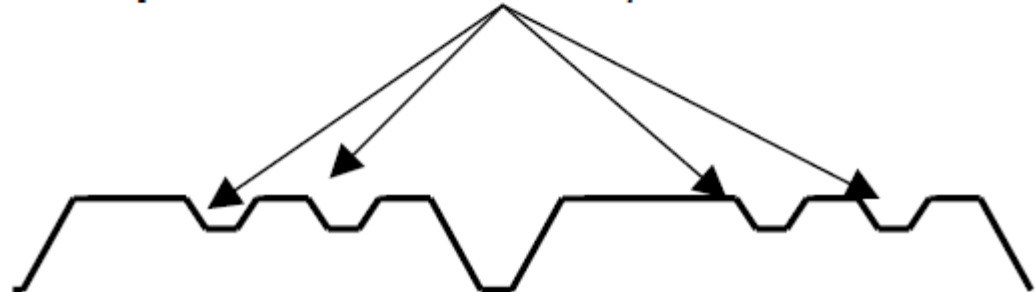


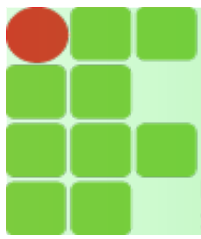
Interferência Intersimbólica

Efeitos da dispersão no pulso do sinal, aumentando a BER



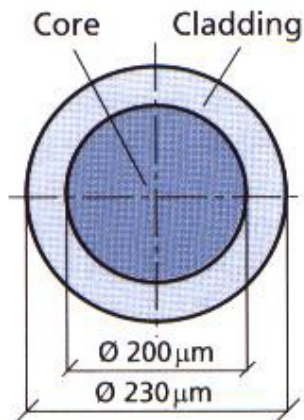
Impossibilidade de Detecção de “1” ou “0”



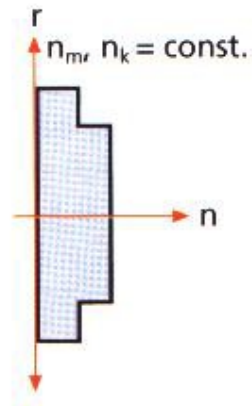


Fibra multimodo índice degrau

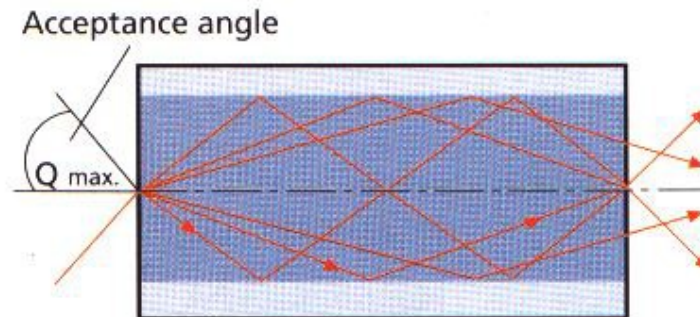
Fibre cross section



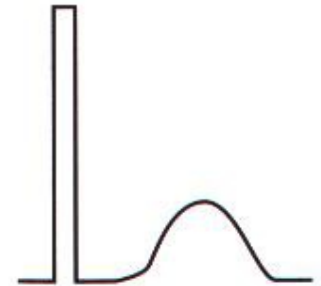
Index profile

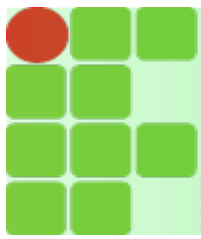


Fibre longitudinal section showing typical ray propagation



Transmission properties

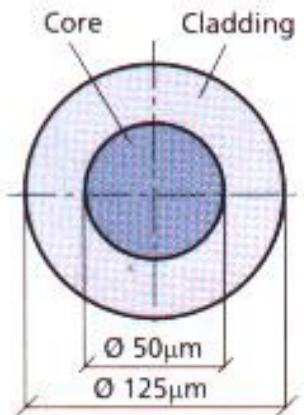




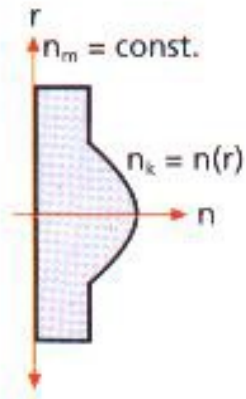
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Fibra multimodo índice gradual

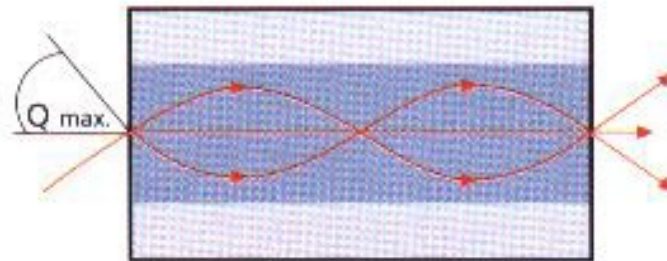
Fibre cross section



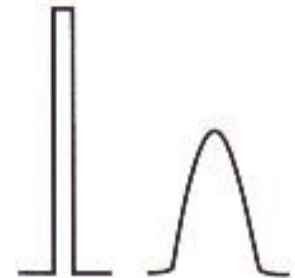
Index profile

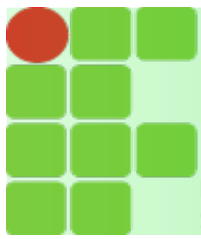


Fibre longitudinal section showing typical ray propagation



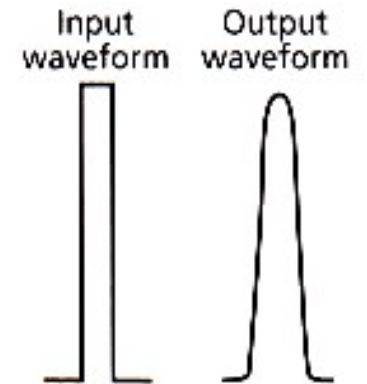
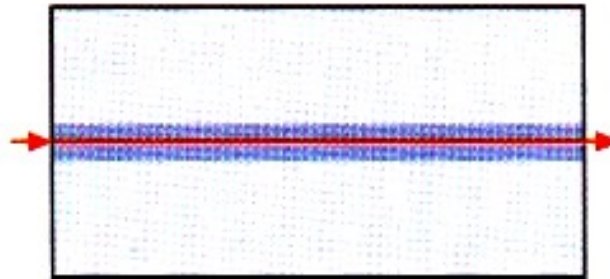
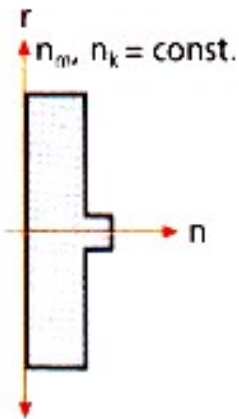
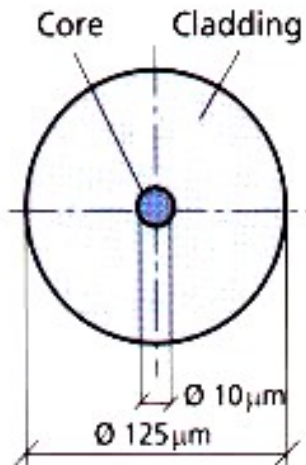
Transmission properties

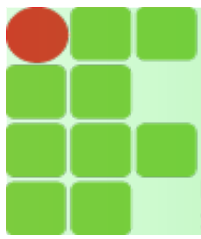




INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Fibra monomodo índice degrau





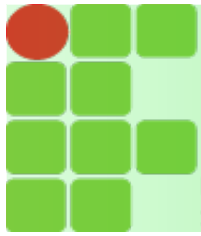
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Coeficiente de Dispersão Cromática (DC)

Coeficiente de DC: ps/nm.km (significa que um pulso é alargado de 1 ps quando um sinal óptico de 1 nm de largura espectral percorre 1 Km de fibra)

Ex.: Um sinal com largura espectral de 0.02nm é transmitido numa fibra SM de 1550 nm com DC=17 ps/nm.km e percorre 100 km. Qual é a dispersão cromática total sofrida pelo sinal?

$$D_t = 34 \text{ ps}$$



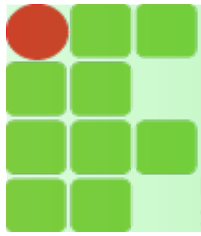
Dispersão e limitação da banda passante da fibra.

Na medida em que a dispersão causa a interferência intersimbólica ela limita a taxa de transmissão possível na fibra óptica.

Considerando um mesmo código de linha, uma taxa de transmissão maior implica em uso de uma banda passante maior também. Sendo assim a dispersão limita a banda passante da fibra.

Uma outra forma de compreender essa limitação da banda passante é considerando que para taxa de transmissões maiores são necessários intervalos de símbolos menores, o que aumentará a interferência intersimbólica provocada pela dispersão.

O aumento dessa interferência inviabilizará o uso de símbolos com intervalos mais estreitos, os quais correspondem a sinais com frequências mais elevadas.



Dispersão e limitação da banda passante da fibra.

Como a dispersão total que um sinal sofre na fibra óptica depende do comprimento da fibra os valores de banda passante da fibra são fornecidos com base na unidade de comprimento (Km).

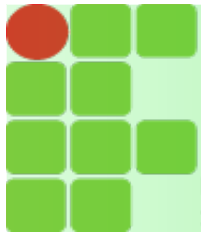
Banda passante das fibra conforme padrão ISO – 11801

OM1 – (multimodo 62,5 μm) BW= 200 MHz.Km em 850 nm e 500 MHz.Km em 1310 nm

OM2 – (multimodo 50,0 μm) BW= 500 MHz.Km tanto em 850 como em 1310 nm.

OM3 - (Laser-optimized 50 μm fibers) 2000 MHz.Km em 850 nm

OS1 - (monomodo) 10 a 100GHz.Km em 1550nm.



Banda passante da fibra óptica

- 1) Qual a fibra que devemos utilizar para cobrir um enlace de 9 Km, considerando que a BW do sistema deverá ser de 150 MHz?
- 2) Qual a BW suportada por uma fibra OM1 operando na janela de transmissão de 850 nm. Considere que a fibra tem:
 - a) 700 metros de comprimento.
 - b) 2,0Km de comprimento.