

## Princípios de Comunicações

### Comunicações Ópticas – 2

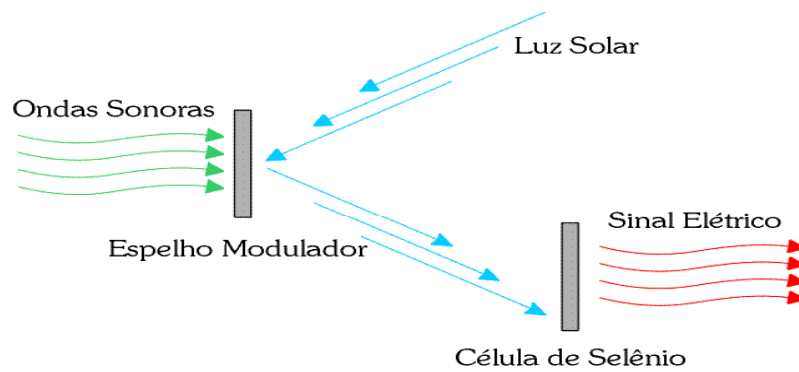
Prof. Eduardo **Mobilon**, MSc

2

## Precursores das Comunicações Ópticas

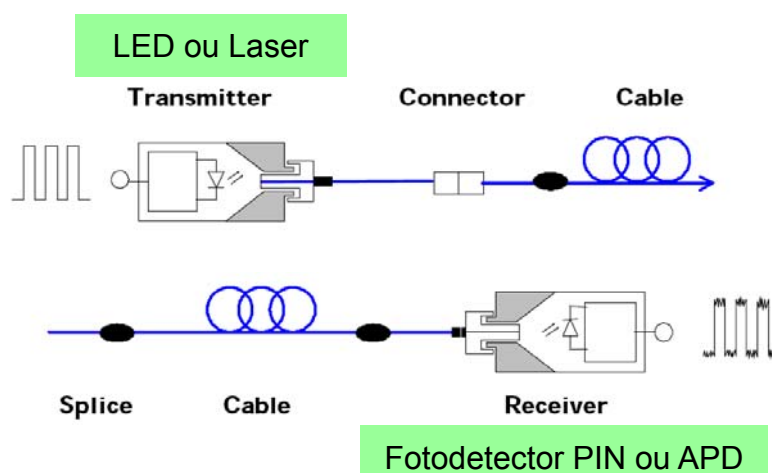
- Em 1880 Alexander Graham Bell inventa o *Photophone* – um sistema capaz de transmitir som por um feixe de luz solar ao longo de algumas centenas de metros;
- As ondas mecânicas (sonoras) faziam vibrar um espelho refletor móvel, sobre o qual incidia a luz solar. Na recepção, uma célula de selênio convertia as variações da intensidade luminosa em corrente elétrica, que era aplicada em um fone de ouvido;

## Precursores das Comunicações Ópticas

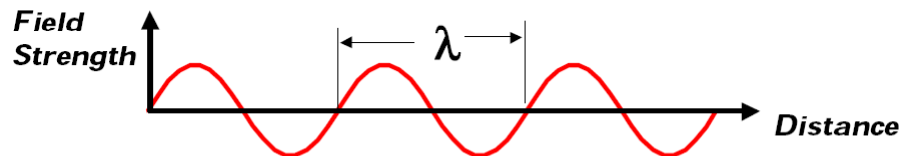


## Sistema Básico de Transmissão Óptica





## Luz – Uma Onda Eletromagnética

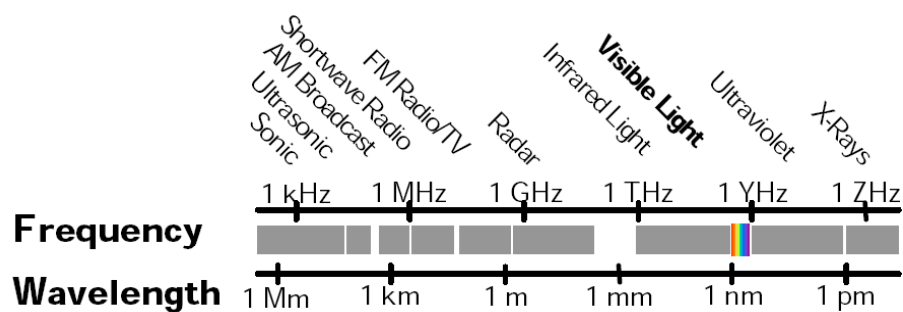


Wavelength  $\lambda$ : **distance to complete one sine wave**

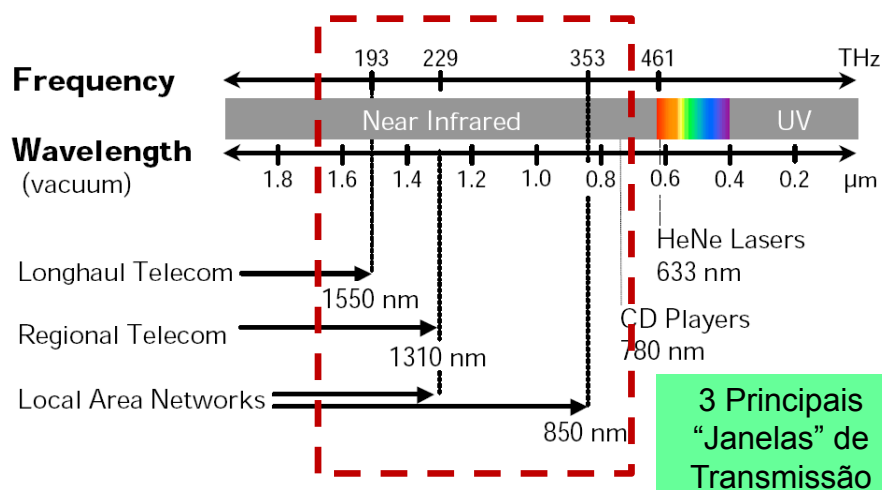
1000 pm (picometer)	= 1 nm (nanometer)	1000 $\mu$ m	= 1 mm (millimeter)
1000 nm (nanometer)	= 1 $\mu$ m (micrometer)	1000 mm	= 1 m (meter) (~40 inches)

Em comunicações ópticas utiliza-se o *comprimento de onda  $\lambda$*  ao invés da frequência da portadora

## Espetro Eletromagnético



## Comprimentos de Onda Utilizados em Sistemas de Com. Ópticas



## Escalas Logarítmicas – dB x dBm

$$\text{dB} = 10 \cdot \log_{10} (P_1 / P_0)$$

$$\text{dBm} = 10 \cdot \log_{10} (P / 1 \text{ mW})$$

$$0 \text{ dB} = 1$$

$$0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$$

$$+ 0.1 \text{ dB} = 1.023 (+2.3\%)$$

$$3 \text{ dBm} = 2 \text{ mW}$$

$$+ 3 \text{ dB} = 2$$

$$5 \text{ dBm} = 3 \text{ mW}$$

$$+ 5 \text{ dB} = 3$$

$$10 \text{ dBm} = 10 \text{ mW}$$

$$+ 10 \text{ dB} = 10$$

$$20 \text{ dBm} = 100 \text{ mW}$$

$$-3 \text{ dB} = 0.5$$

$$-3 \text{ dBm} = 0.5 \text{ mW}$$

$$-10 \text{ dB} = 0.1$$

$$-10 \text{ dBm} = 100 \text{ μW}$$

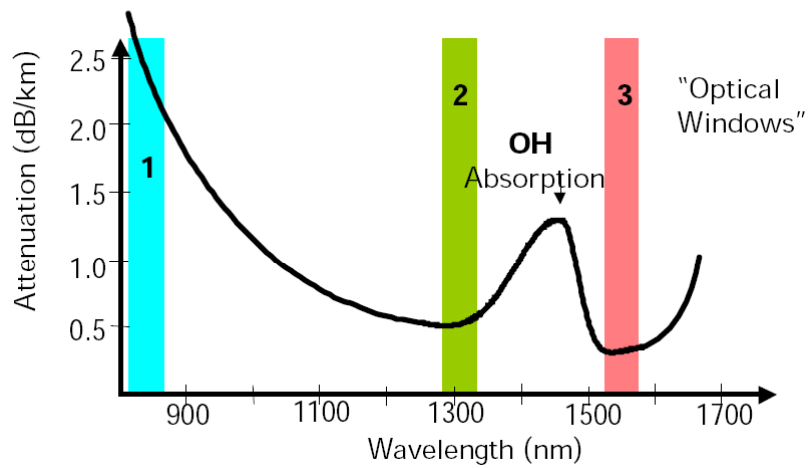
$$-20 \text{ dB} = 0.01$$

$$-30 \text{ dBm} = 1 \text{ μW}$$

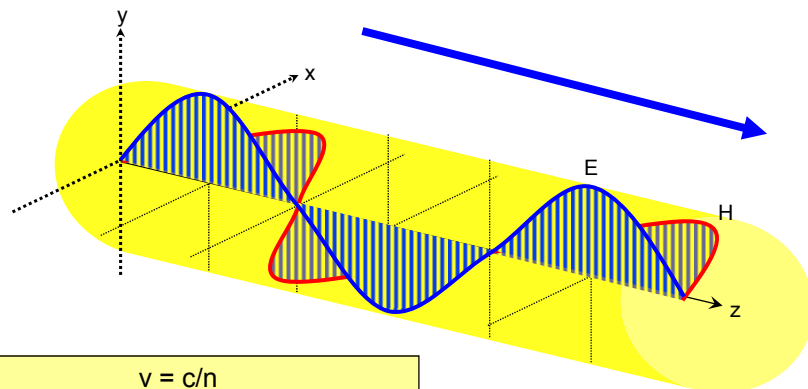
$$-30 \text{ dB} = 0.001$$

$$-60 \text{ dBm} = 1 \text{ nW}$$

## Atenuação em Fibras de Sílica



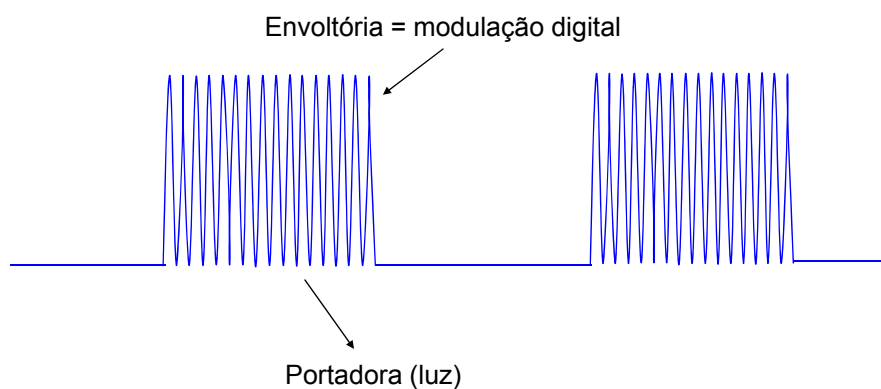
## Propagação da Luz



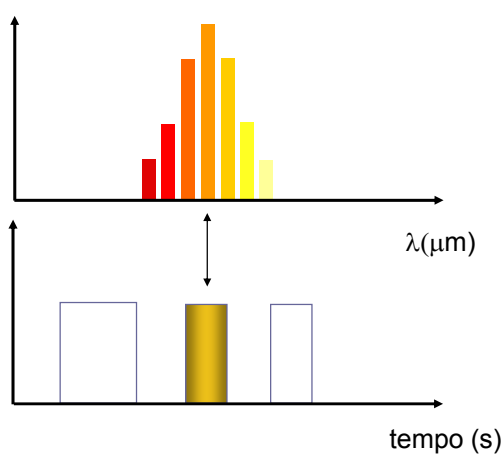
$$v = c/n$$

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

## Modulação da Portadora Óptica



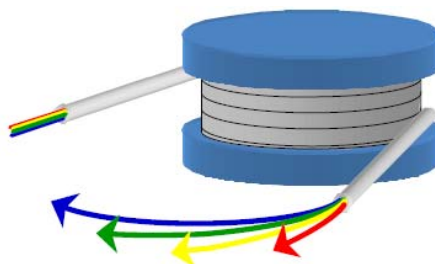
## Relação Tempo x Comprimento de Onda



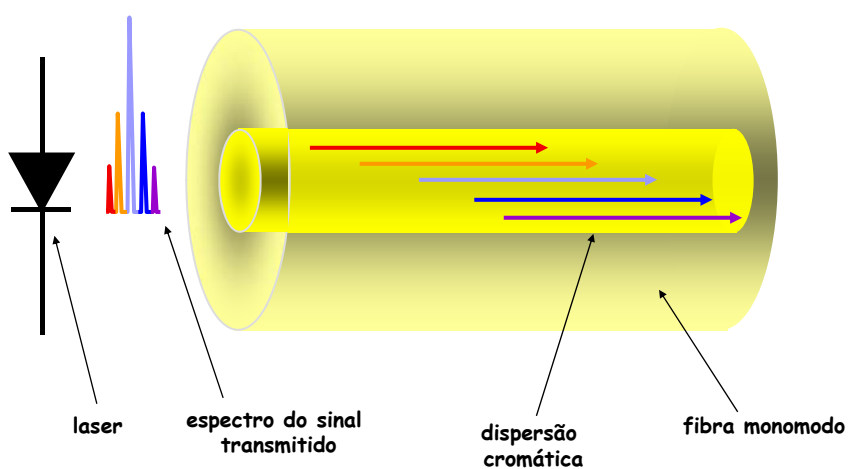
A luz é uma portadora de alta frequência modulada normalmente em intensidade (ASK).

## Dispersão Cromática (CD) (Dispersão Intramodal)

Componentes espectrais do pulso óptico se propagam com velocidades diferentes na fibra, causando um alargamento temporal no pulso recebido.

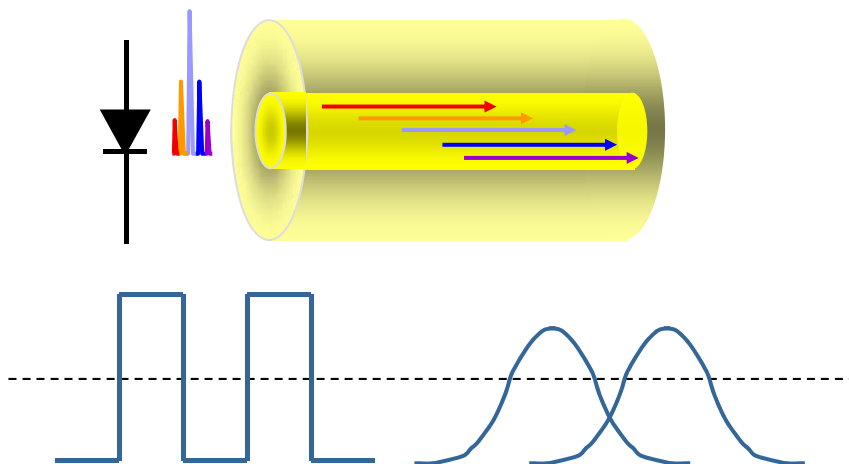


## Dispersão Cromática (CD) (Dispersão Intramodal)

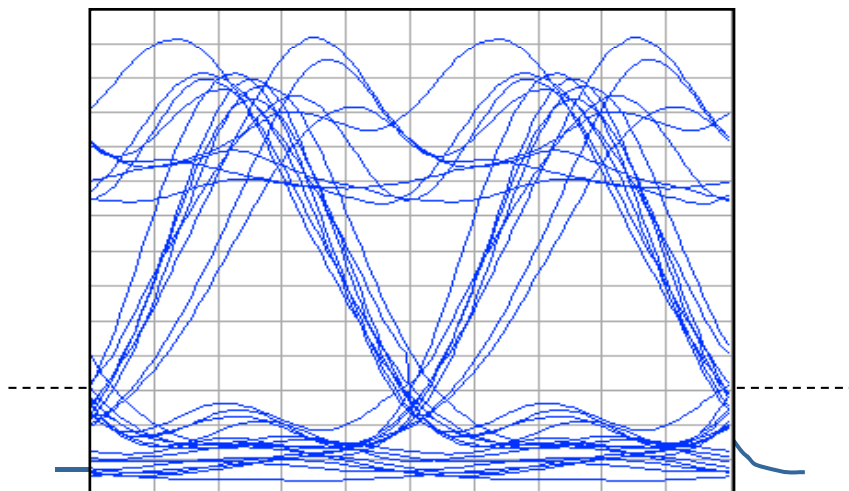




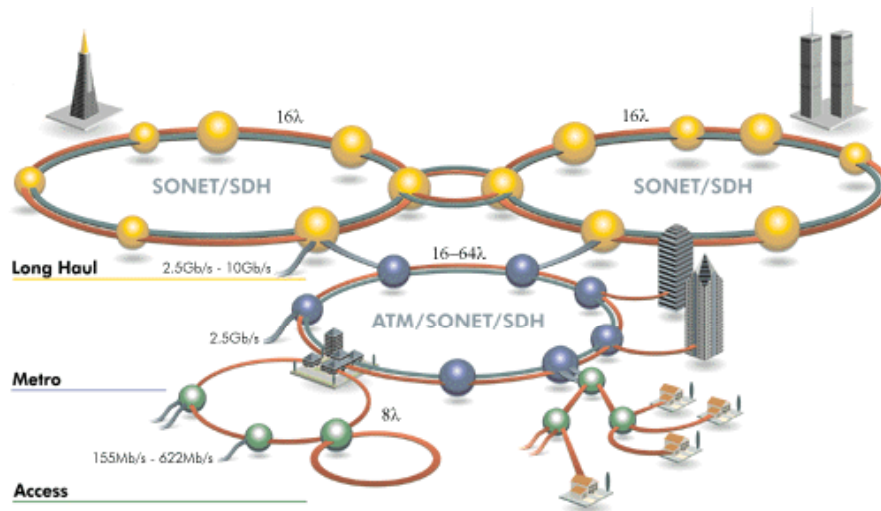
## Dispersão Cromática (CD) (Dispersão Intramodal)



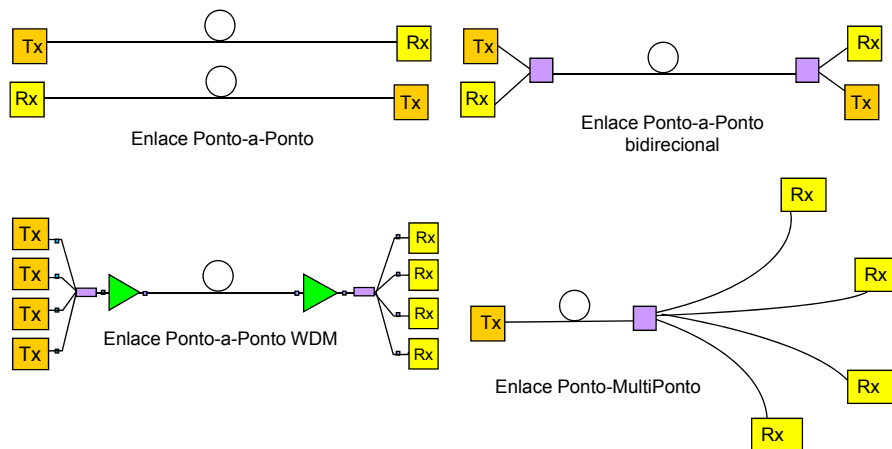
## Dispersão Cromática (CD) (Dispersão Intramodal)



# Redes Ópticas



# Enlaces Ópticos



## Dimensionamento do Enlace

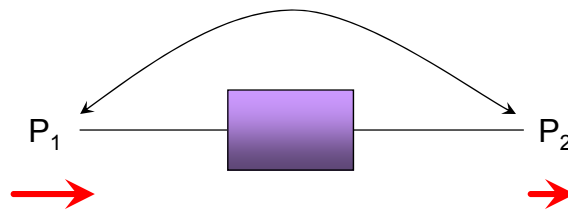
- **Faixa Dinâmica do Sistema de Transmissão:**  
diferença entre a potência do transmissor e a sensibilidade do receptor;  
$$FD = P_o - S_o \text{ (dB)}$$
- **Perdas do Enlace:**  
atenuações que o sinal óptico sofre ao longo de seu percurso pelo enlace, devido a fatores como absorção, espalhamento, reflexão, distribuição, derivação, etc;
- **Orçamento de Potência:**  
cálculo e análise das perdas do enlace, verificando se são absorvidas pela faixa dinâmica do sistema de transmissão.

## Dimensionamento do Enlace

$$\begin{array}{r}
 \text{Potência Transmitida (dBm)} \\
 - \\
 \text{Sensibilidade (dBm)} \\
 \hline
 \text{Faixa Dinâmica (dB)} \\
 - \sum \text{Perdas (dB)} \\
 - \text{Margem de Potência (dB)} \\
 \hline
 \geq 0
 \end{array}$$

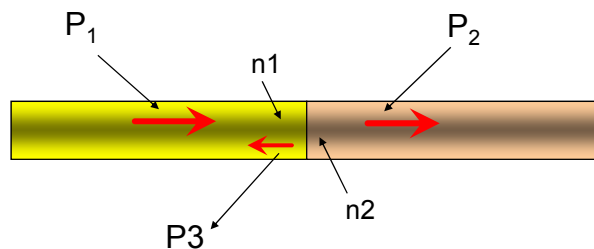
## Perda de Inserção

$$PI \text{ (dB)} = -10 \log (P_2/P_1)$$



## Perda de Retorno

$$PR = 10 \log (P_1/P_3) = 10 \log ((n1 - n2)/(n1 + n2))$$



## Tipos de Conectores Ópticos

Air Gap



Medium insertion loss:  
typ. 0.5 dB

Worst return loss:  
< 14 dB (Fresnel)

Common multimode  
fiber connector

Physical Contact (PC)

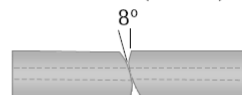


Lowest insertion loss:  
< 0.25 dB

Good return loss:  
> 40 dB

Common single-mode  
fiber connector

Angled Physical Contact (APC)



Highest insertion loss:  
0.4 to 0.9 dB

Best return loss:  
> 60 dB

Cable TV, high  
performance systems

## Perdas nas Conexões Ópticas

Offset



Angular Misalignment



Separation



Core Eccentricity



Core Ellipticity



Reflections &amp; Interference

