

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Campus São José – Área de Telecomunicações

SISTEMAS ÓPTICOS

Prof. Márcio Henrique Doniak

e Saul Silva Caetano

HISTÓRICO – Formas de comunicações ópticas

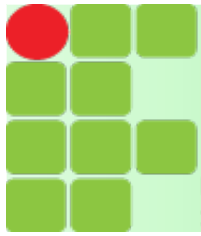
INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Sinais de
Fumaça
Fogo
Luz refletida em espelhos



Telegrafo óptico (Claude Chappe 1792)

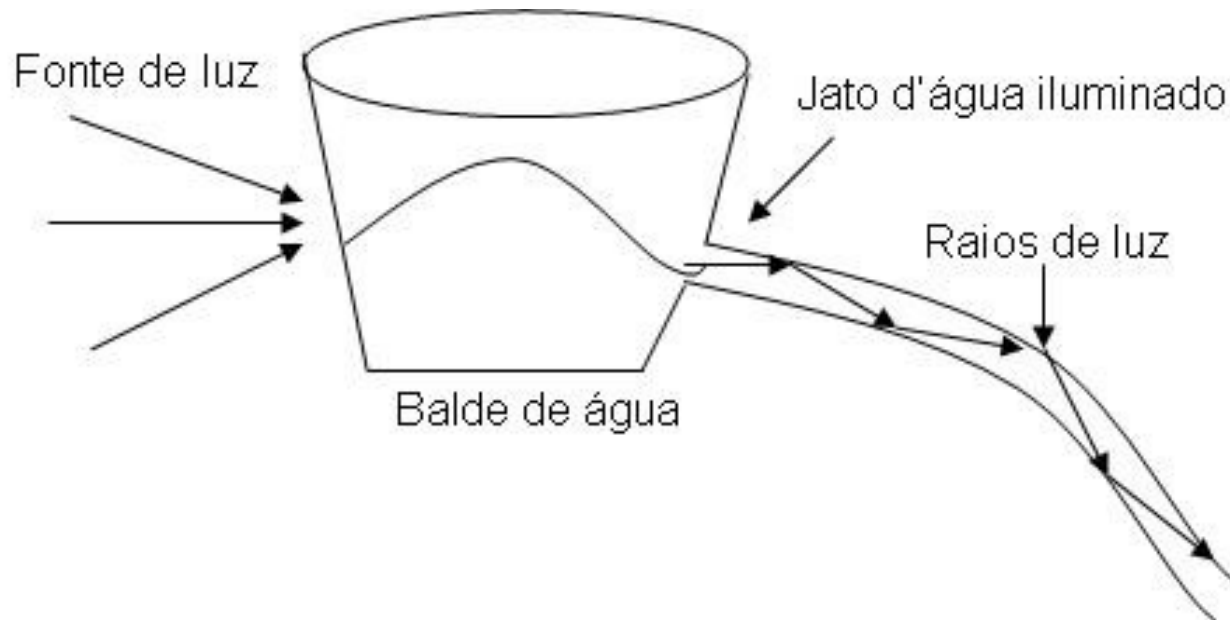




HISTÓRICO – Experimento de guiamento da luz

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

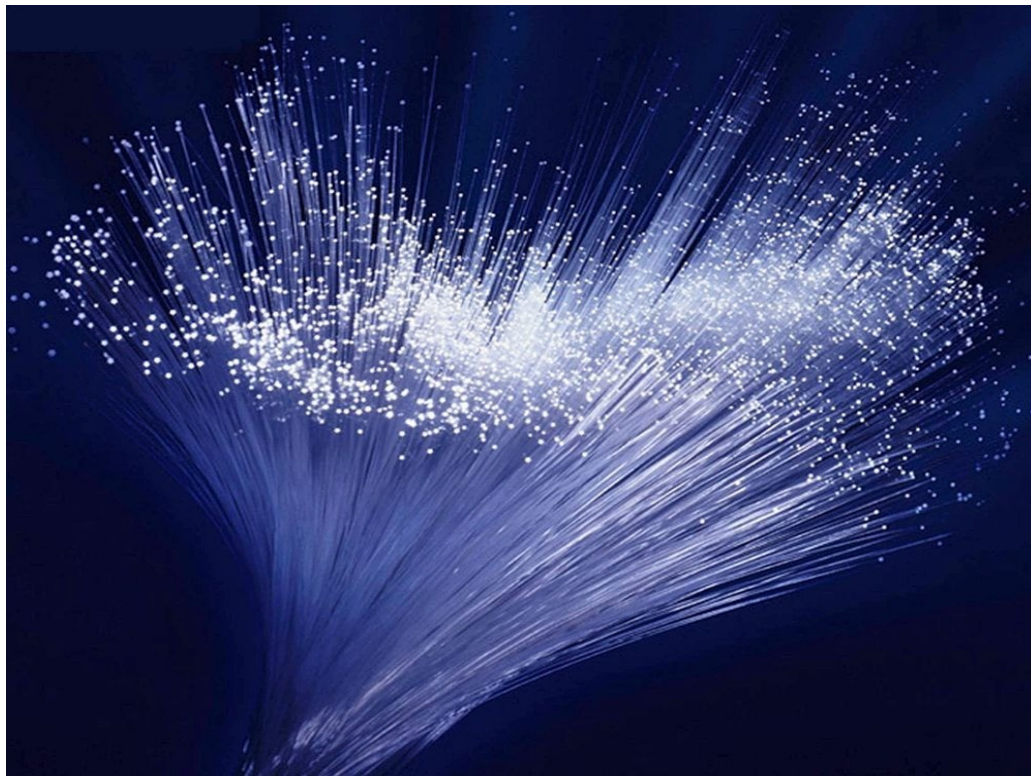
1870: o físico inglês John Tyndall demonstrou o princípio do guiamento da luz:



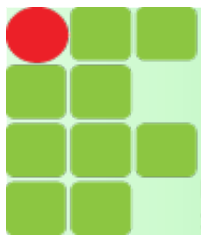
HISTÓRICO – Fibra Óptica

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

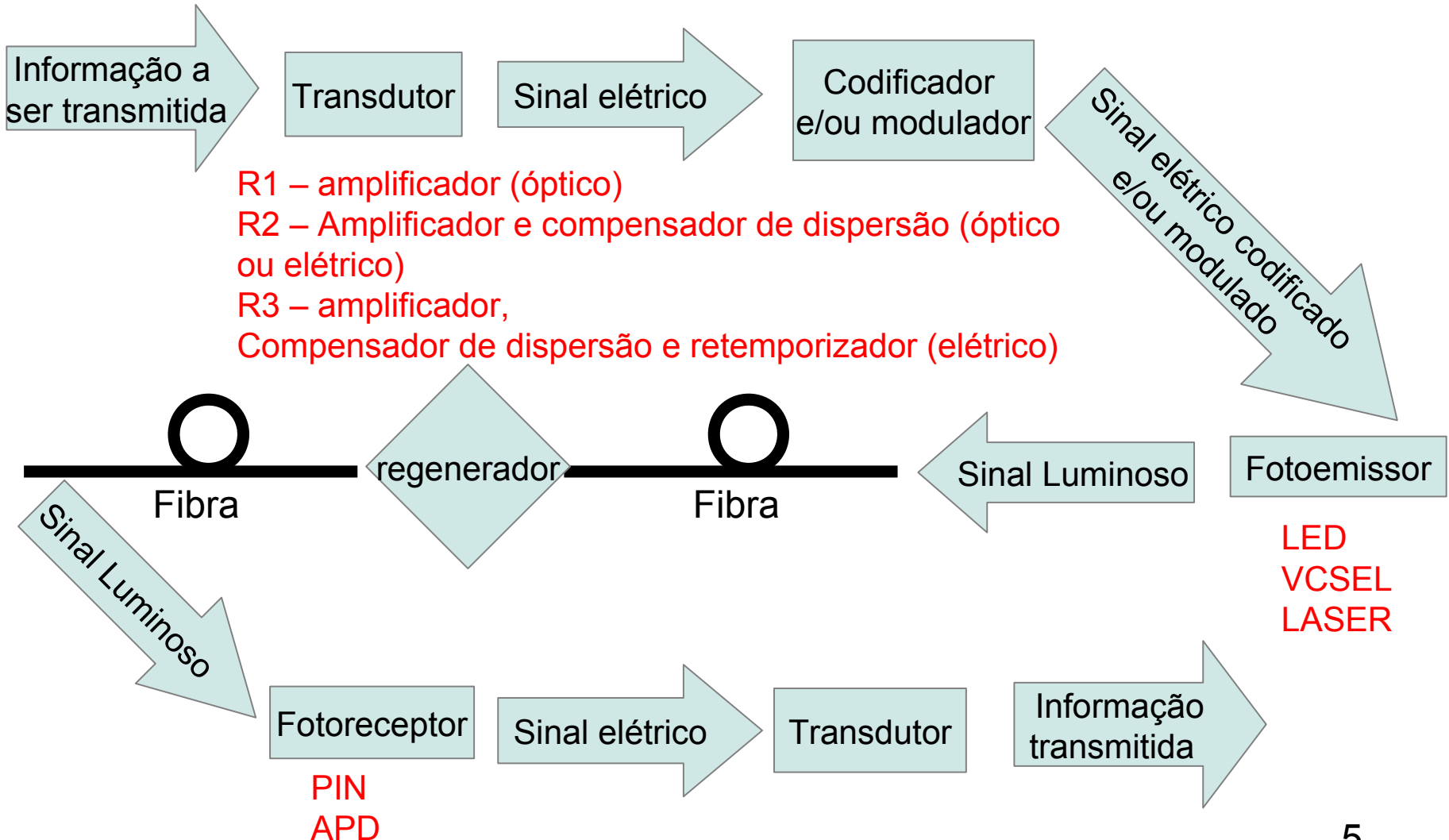
1970 Uma equipe da Corning Glass Works (USA) fabricou uma Fibra Óptica com atenuação da ordem de 20 dB/Km.

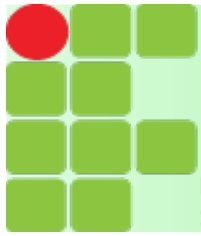


Breve Histórico da Fibra Óptica



Visão geral do sistema óptico

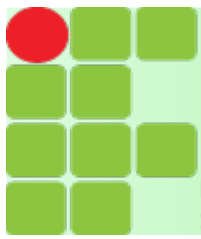




Tipos de Modulação

Em comunicações ópticas, assim como nos sistemas eletromagnéticos, existem dois tipos de modulação:

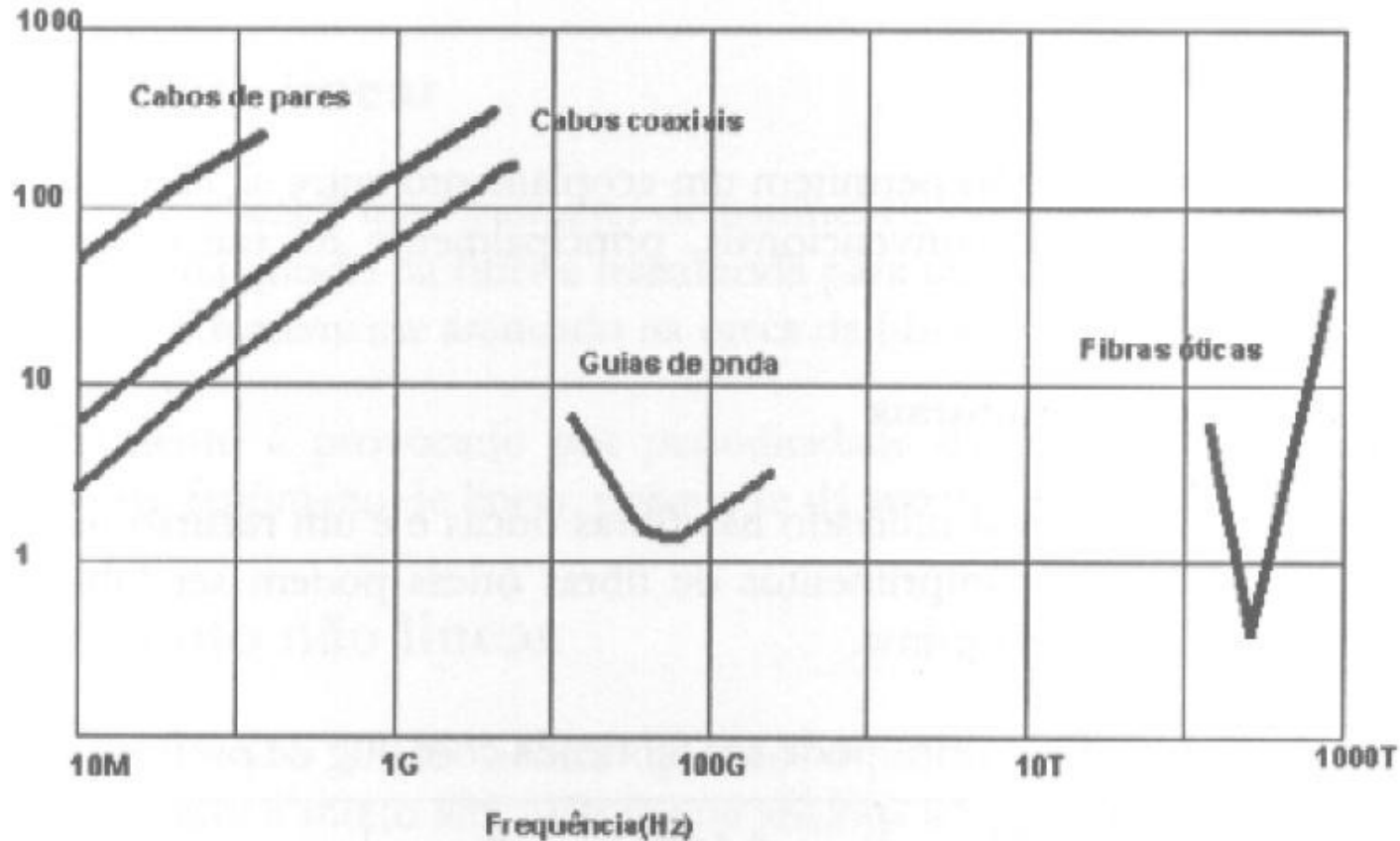
- **Modulação Analógica:** Onde a intensidade do feixe de luz portador varia continuamente;
- **Modulação Digital:** A variação da portadora luminosa é discreta, na forma de pulsos luminosos.

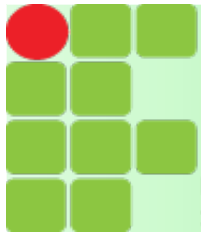


VANTAGENS

- **Baixas perdas:** chega a ser inferior a 0,3 dB/km;

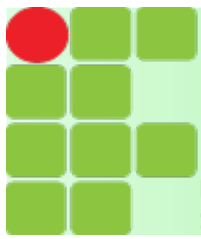
As atenuações típicas em diferentes meios de comunicação:





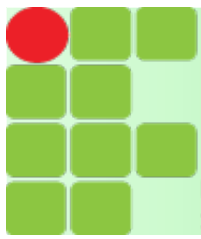
VANTAGENS

- **Largura de banda:** Teoricamente, a fibra óptica permite uma capacidade de transmissão dez mil vezes maior que os sistemas de microondas. O aumento da banda passante implica em um maior número de canais de voz e/ou de dados em um mesmo circuito. A maior banda passante da fibra óptica ocorre devido a sua faixa de frequência de transmissão ser muito mais elevada do que as dos demais sistemas;
- **Pequenas Dimensões:** Comparados com os cabos de pares trançados ou com os cabos coaxiais, os cabos ópticos possuem dimensões reduzidas, para a mesma capacidade de transmissão;



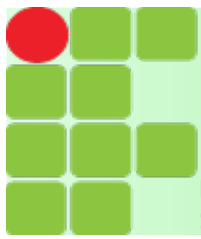
VANTAGENS

- **Baixo peso:** A fibra óptica pesa aproximadamente 30 g/km, e se comparar com um cabo coaxial, o cabo óptico é dez vezes mais leve. Um dos cabos disponíveis comercialmente tem uma fibra com 125 μm de diâmetro, envolta por uma capa plástica com diâmetro externo de 2,5 mm. O peso deste cabo é de 6 kg/km e sua perda é de 5 dB/km. O cabo coaxial RG-19/U tem uma atenuação de 22,6 dB/km quando transporta um sinal de 100 MHz. Seu diâmetro externo é de 28,4 mm e seu peso é de 1.110 kg/km;
- **Imunidade à interferência eletromagnética:** Por serem compostas de material dielétrico, ao contrário dos suportes de transmissão metálicos, as fibras ópticas não sofrem interferências eletromagnéticas. Além disso, o excelente confinamento dos sinais dentro das fibras impede a interferência óptica entre cabos próximos, eliminando os ruídos oriundos da diafonia;



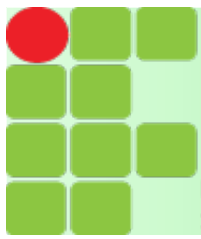
VANTAGENS

- **Isolação elétrica:** O material dielétrico da fibra óptica é responsável pelo excelente isolamento elétrico entre os receptores e transmissores. Assim, não existem problemas de aterramento e interface entre componentes do sistema, mesmo quando instalados em prédios diferentes. Também pode ser utilizada em áreas cuja atmosfera é explosiva, pois as fibras ópticas não produzem faísca;
- **Resistência física e flexibilidade:** As fibras ópticas são surpreendentemente fortes e flexíveis. Algumas fibras são tão finas que são enroladas ao redor de curvas de apenas alguns centímetros de diâmetro. A flexibilidade da fibra é atraente para instalações contendo muitas voltas ao longo do caminho de transmissão. Quando há raios de grande curvatura, as fibras guiam a luz com perdas desprezíveis. Há, entretanto, alguma perda no tocante a raios de curvatura muito pequena.



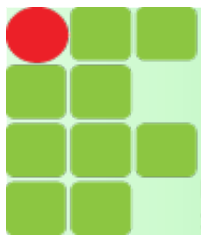
VANTAGENS

- **Maior segurança da informação:** Como praticamente não existe irradiação da luz propagada e a realização de derivações do sinal luminoso é de fácil detecção, os sistemas ópticos apresentam maior segurança quanto à detecção de “intrusos” no sistema. Ou seja, devido à impossibilidade de colocar e retirar sinais ópticos ao longo da fibra óptica sem prejudicar o sistema, torna este sistema altamente sigiloso e seguro;
- **Alta resistência a agentes químicos e a variações de temperatura:** Corrosões provocadas por água ou agentes químicos são menos severas para o vidro do que para o cobre. Entretanto, a água pode penetrar no vidro. As fibras ópticas podem suportar temperaturas muito elevadas antes de deteriorarem. Temperaturas próximas a 800°C não afetam a fibra de vidro. O plástico de revestimento do cabo, entretanto, pode derreter, distorcendo-a, provocando perdas.



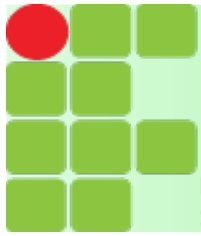
DESVANTAGENS

- Fragilidade das fibras ópticas sem encapsulamento;
- Dificuldade de conexão das fibras ópticas devido às pequenas dimensões;
- Acopladores do tipo T (derivação) com perdas muito altas;
- Impossibilidade de alimentação remota dos repetidores;
- Alto custo para implementação;
- Dificuldade de alimentação até o assinante, no caso de voz, requerendo soluções alternativas adicionais de no-breaks e baterias, que encarecem a instalação e a manutenção interna.



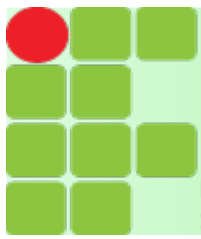
COMUNICAÇÃO À LONGA DISTÂNCIA:

- A fibra óptica é o meio utilizado em mais de 90% dos links de longa distâncias
- Atenuação inferior a 0,3 dB/km;
- Velocidade de transmissão supera 40 Gbps. Atualmente a sistemas operando com dezenas de canais (WDM) operando cada um com 40 Gbps ou 100 Gbps ;
- Usada para interligar países e continentes ([mapa de cabos submarinos](#));
- Utiliza-se amplificadores ópticos, R2 ópticos e eletrônicos e R3 eletrônicos;
- Utiliza-se laser como transmissores;
- Operação na janela de transmissão correspondente ao comprimento de onda de ou 1550 nm;
- Fibra do tipo monomodo (menor dispersão e atenuação).



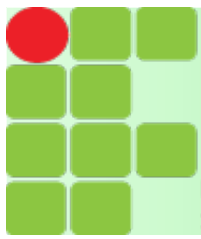
COMUNICAÇÃO EM REDES METROPOLITANAS:

- Utilizada para interligar centrais telefônicas, armários de rua com as centrais telefônicas, os nós das redes de dados, as estações radiobase da telefonia celular e nas redes de CATV e nos anéis ópticos de empresas que fornecem conexões à internet.
- Nos últimos anos começou a surgir no Brasil sistemas de fibra óptica que interligam os assinantes aos nós centrais da rede, trazendo a fibra para a última milha dos sistemas de telecomunicações (redes PON);
- O uso da fibra em sistemas metropolitanos iniciou nos links maiores, os quais os meios metálicos obrigavam o uso de regeneradores.
- São utilizados nesses sistemas fibras monomodo na janela de transmissão de 1550 nm, em alguns casos a transmissão pode ocorrer na janela de 1330 nm.
- A fonte óptica utilizada é o Laser.



REDES LOCAIS:

- Em redes locais as fibras são empregadas nos enlaces que necessitam grande transferência de dados, iniciando sua implementação pelos backbones das redes estruturadas.
- O custo dos equipamentos ativos ópticos (switch, placa de redes, telefones, roteadores, modems), limitam a difusão do uso da fibra nas redes locais.
- Em ambientes industriais, chão de fábrica, onde há várias fontes de interferência eletromagnética, os sistemas ópticos também são empregados, aproveitando a imunidade aos ruídos da fibra óptica.
- Na maioria das aplicações são utilizadas fibras ópticas multimodo na janela de transmissão de 1330 nm.
- Como fonte são utilizados os VCSEL e os LEDs.



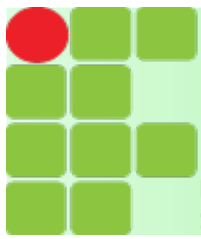
Índice de refração

A velocidade de propagação da onda eletromagnética em outros meios ilimitados é menor do que o valor no vácuo. A maior parte dos materiais tem características magnéticas semelhantes ou muito próximas à do vácuo. Nesses casos, a velocidade de propagação fica na dependência das propriedades dielétricas do meio. Este parâmetro é variável com a frequência, principalmente quando se refere aos valores muito elevados, como na faixa de microondas, de ondas milimétricas e nas faixas ópticas. O número que relaciona a velocidade no vácuo com a velocidade em outro meio qualquer é conhecido como índice de refração (N):

$$n = \frac{c}{V_p}$$

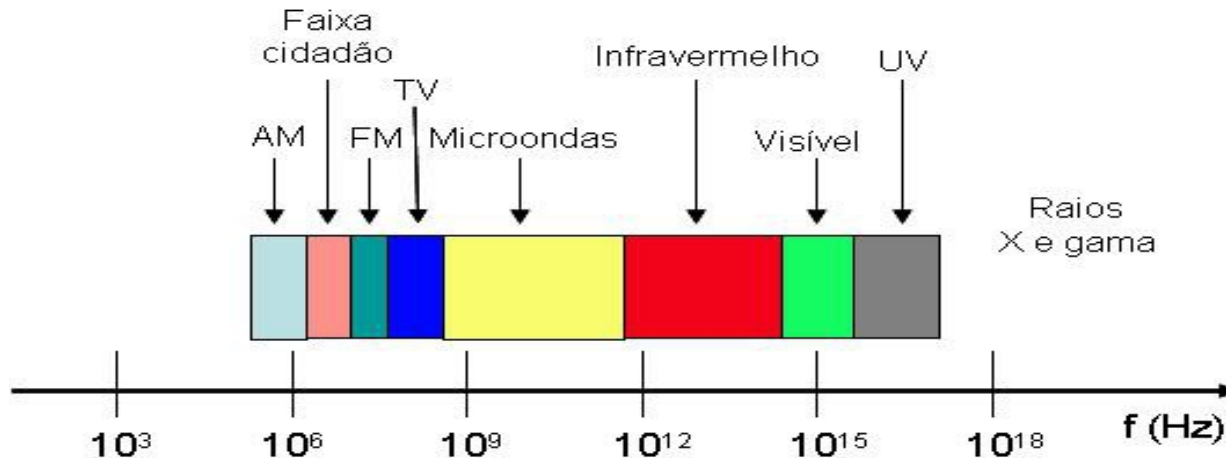
Onde: c – velocidade da luz no vácuo ($\cong 3,00 \times 10^8$ m/s)

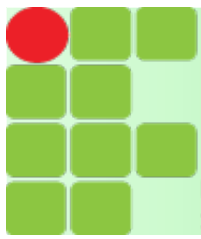
V_p – velocidade da luz no meio que se deseja calcular o índice de refração



Espectro de frequência

- Velocidade da luz no vácuo: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- Frequência da luz para um determinado comprimento de onda: $f = \frac{c}{n\lambda}$
onde **n** é o índice de refração do meio.
- Frequências do espectro magnético:





Capacidade de Transmissão

- Capacidade de transporte de informação de uma fibra óptica:

Exemplo 1: Considere a capacidade de transporte de um sinal de frequência central f_0 seja igual a 1% de f_0 . Calcule a quantidade de canais de voz que podem ser transmitidos simultaneamente por:

- a) Um sistema de micro-ondas que opera com $f_0 = 5$ GHz.
- b) Um sinal luminoso, com comprimento de onda de 1330 nm.