

---

# Camada Física

---

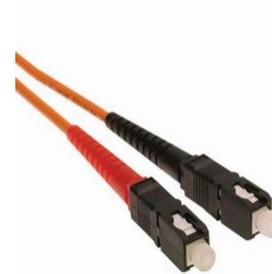
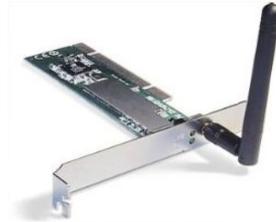
---

# Sumário

- Introdução;
- Taxa máxima de dados em um canal;
- Meios de Transmissão Guiados;
- Transmissão sem Fio;
- Transmissão de microondas;
- Bibliografia.

# Introdução

- A **camada mais baixa** da arquitetura híbrida proposta por Tanenbaum (2003) define as interfaces mecânicas, elétrica e de sincronização para a rede;
- Veremos os limites impostos pela Natureza (leis físicas) e **três meios de transmissão**:
  - Guiado  
(fio de cobre e fibra óptica)
  - Sem fio  
(rádio terrestre)
  - Satélite



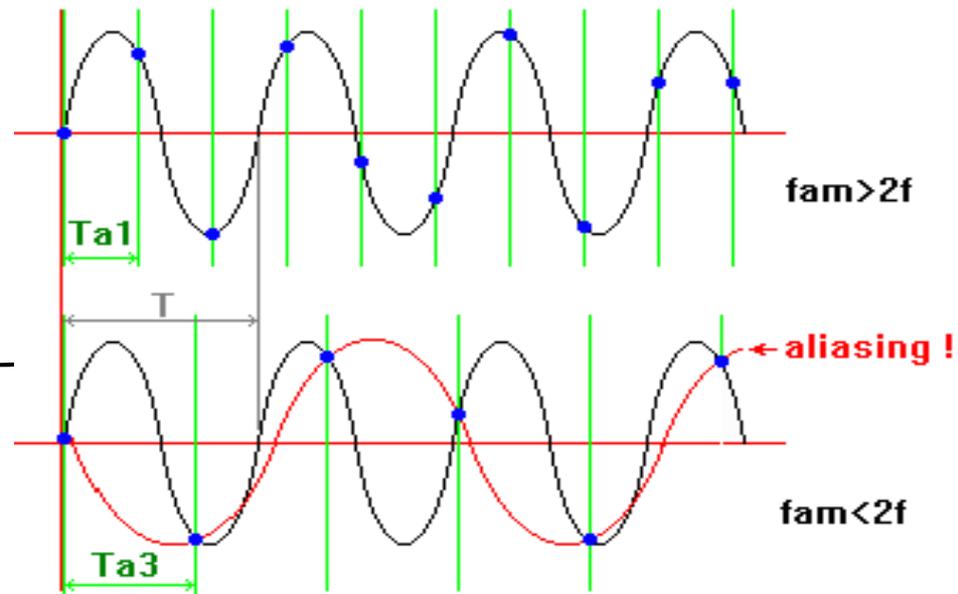
# Taxa máxima de dados de um canal

- Em 1924, **Henry Nyquist**, um engenheiro da AT&T, percebeu que até mesmo um canal perfeito tem uma capacidade de transmissão finita;
- De acordo com o **Teorema de Nyquist**, se um sinal é transmitido através de um canal de largura de banda  $B$  Hz, o sinal resultante da filtragem pode ser completamente reconstruído pelo receptor através da amostragem do sinal transmitido, a uma frequência igual a no mínimo  $2B$  vezes por seg.



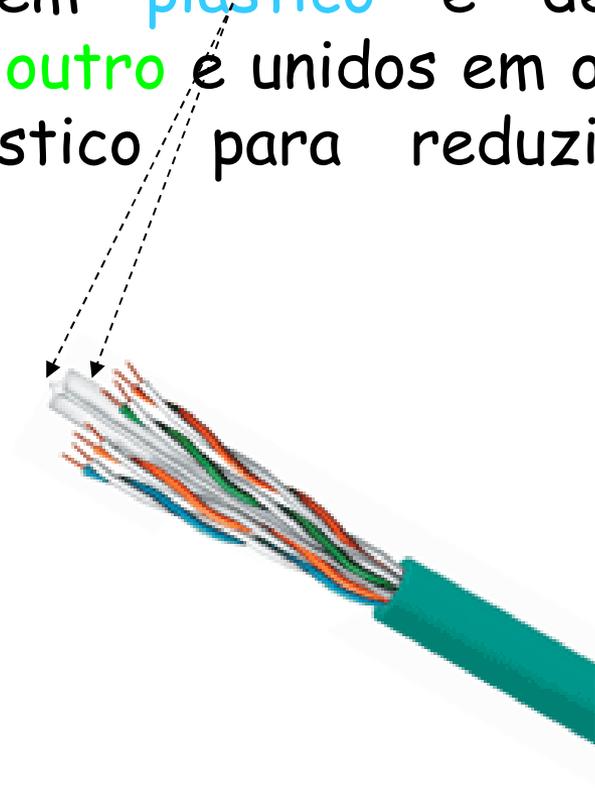
# Taxa máxima de dados de um canal

- A faixa de frequências transmitidas sem serem fortemente atenuadas denomina-se **largura de banda**;
  - Fazer uma amostragem da linha com uma rapidez mais alta que  $2H$  vezes por segundo seria inútil.
  - Ao se tentar reproduzir uma frequência menor do que a frequência de Nyquist ocorre um fenômeno chamado alising (ou foldover), em que a frequência é "espelhada" ou "rebatida" para uma região mais grave do espectro.



# Meios de Transmissão Guiados

- O fio de Par Trançado consiste em **dois fios de cobre**, envolvidos individualmente em **plástico** e depois **entrelaçados um em torno do outro** e unidos em outra camada de isolamento plástico para reduzir a interferência elétrica;
  - São baratos;
  - Comumente chamados UTP (Unshielded Twisted Pair)
  - Suscetíveis a interferência elétrica ou ruídos;
    - Equipamentos de alta voltagem, relâmpagos e até mesmo o Sol;



# Meios de Transmissão Guiados

- O Cabo Coaxial consiste em um **condutor** envolto por uma **camada de isolamento**, que, por sua vez, é envolta pelo **condutor metálico** externo entrelaçado. O cabo inteiro então é revestido por uma **bainha protetora**;
  - Largura de banda maior (10/100Mbps);
  - Menos suscetíveis a ruídos do que o fio par trançado;



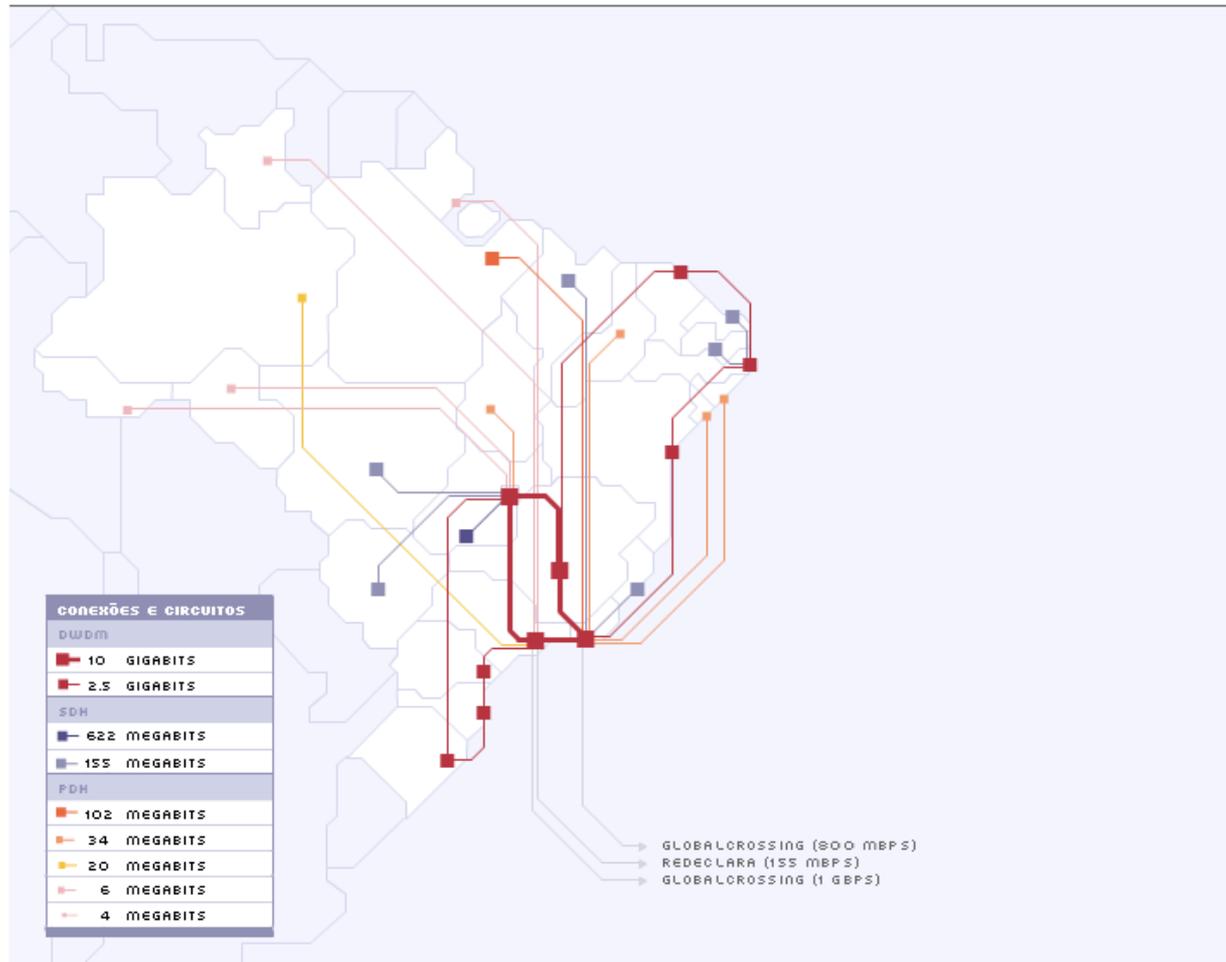
# Meios de Transmissão Guiados

- A fibra óptica é um meio delgado e flexível que conduz pulsos de luz, sendo que cada um desses pulsos representa um bit;
- Uma única fibra óptica pode suportar taxas de transmissão na casa de 50.000 Gbps.
  - O limite prático atual é de cerca de 100Gbps devido à nossa incapacidade para realizar a conversão entre sinais elétricos e ópticos
  - Fibras são imunes à interferência eletromagnética, têm baixíssima atenuação de sinal de até cem quilômetros



# Meios de Transmissão Guiados

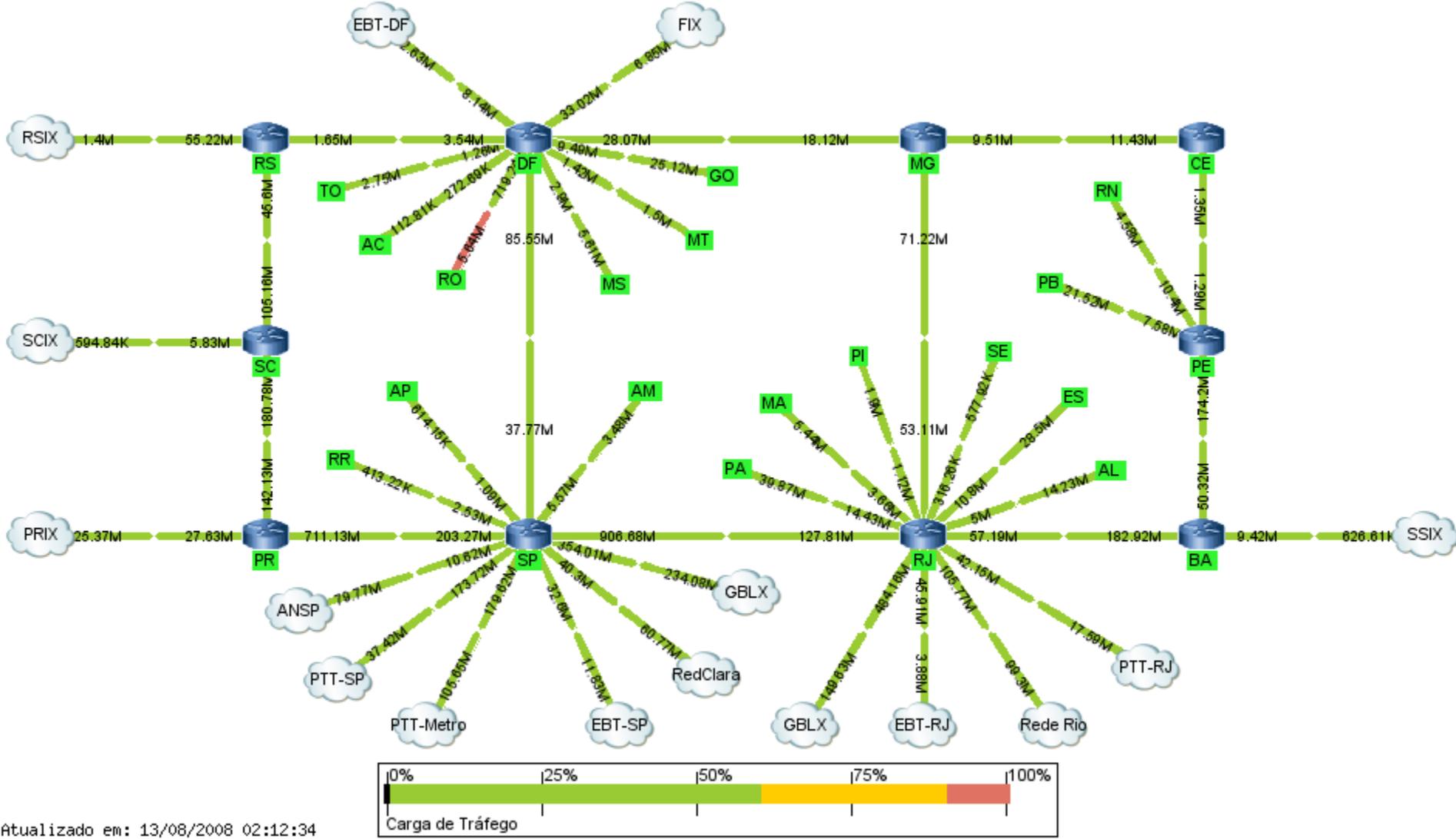
- Hoje, muitas redes telefônicas de longa distância usam exclusivamente fibras ópticas, que também predominam nos backbones da Internet;
- Um exemplo de rede que usa fibra óptica no Brasil é a Rede Nacional de Pesquisa (RNP)  
[www.rnp.br/backbone](http://www.rnp.br/backbone)



# Meios de Transmissão Guiados

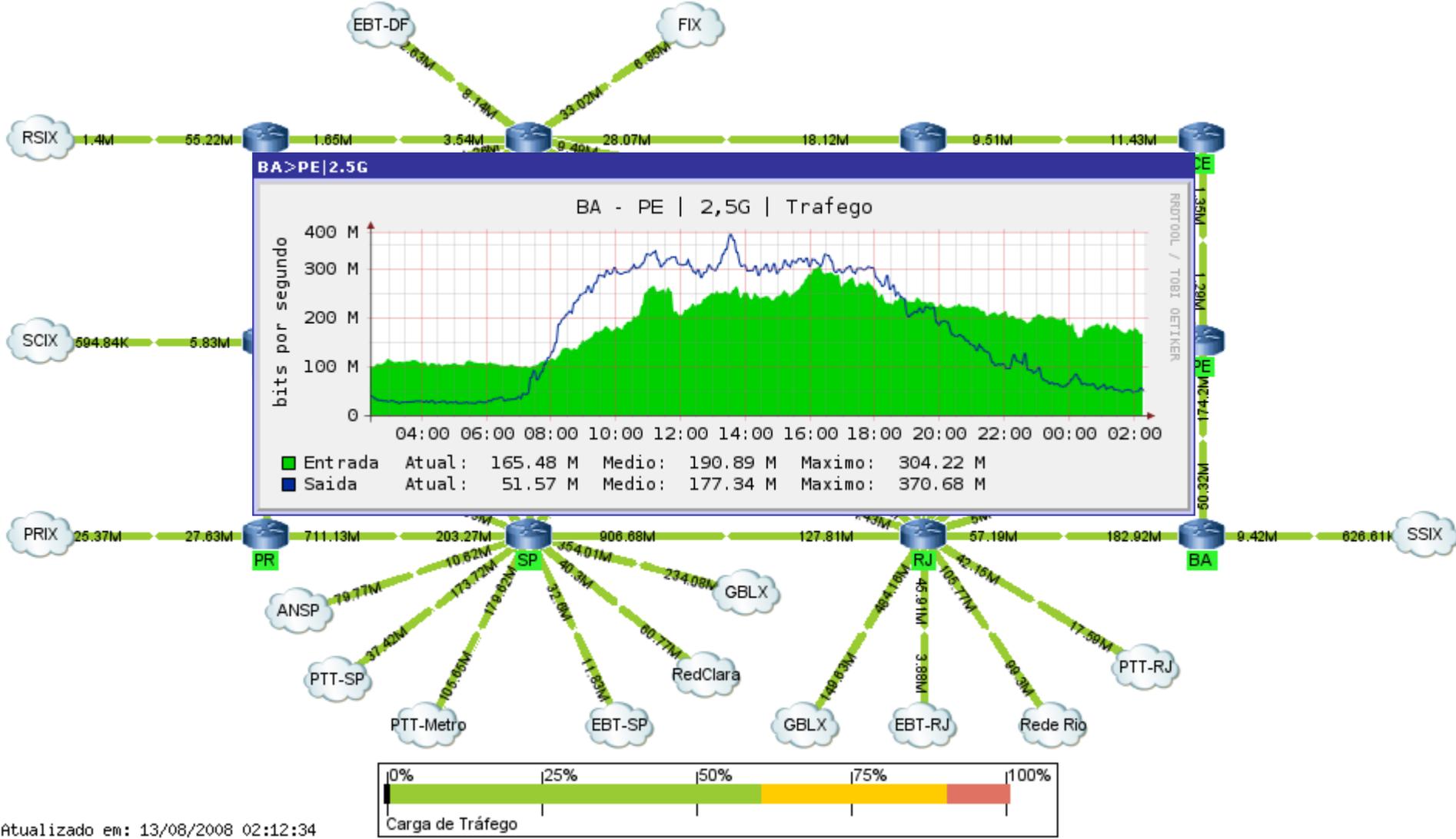
- Primeira rede de acesso à Internet no Brasil, a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) integra mais de 300 instituições de ensino e pesquisa no país, beneficiando a mais de um milhão de usuários. Em 2005, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) lançou a Nova RNP.
- Veja a operação dos backbones da RNP (legenda abaixo):
  - EBT-DF            Embratel (DF)
  - FIX                Ponto Federal de Interconexão de Redes (FIX)
  - EBT-RJ            Embratel (RJ)
  - PTT-Metro Interligação Metropolitana de Pontos de Interconexão de Redes (PIXes)
  - EBT-SP            Embratel (SP)
  - PRIX              Ponto de troca de tráfego do PoP-PR
  - BRT                Brasil Telecom
  - RSIX              Ponto de troca de tráfego do PoP-RS
  - GBLX              Global Crossing
  - CLARA-BR        PoP da Rede Clara no Brasil
  - ANSP              Academic Network at São Paulo

# Meios de Transmissão Guiados



Atualizado em: 13/08/2008 02:12:34

# Meios de Transmissão Guiados



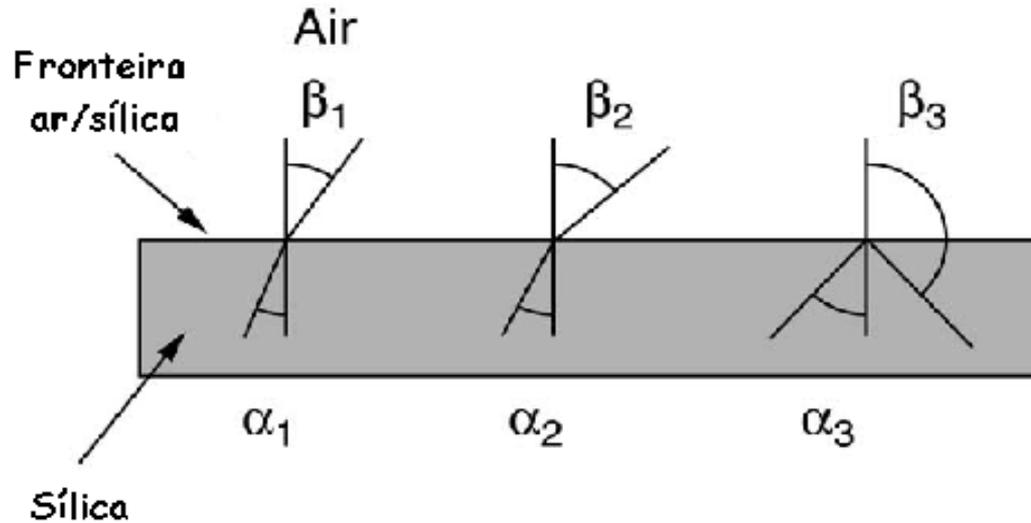
Atualizado em: 13/08/2008 02:12:34

# Meios de Transmissão Guiados

- Um sistema de transmissão óptico tem três componentes fundamentais:
  - **A fonte de luz:** um pulso de luz indica um bit 1 e a ausência de luz representa um bit zero;
  - **O meio de transmissão:** é a própria fibra de vidro ultrafina;
  - **O detector:** gera um pulso elétrico quando entra em contato com a luz;
- Quando instalamos uma fonte de luz em uma extremidade de uma fibra óptica e um detector na outra, temos um sistema de transmissão de dados unidirecional;

# Meios de Transmissão Guiados

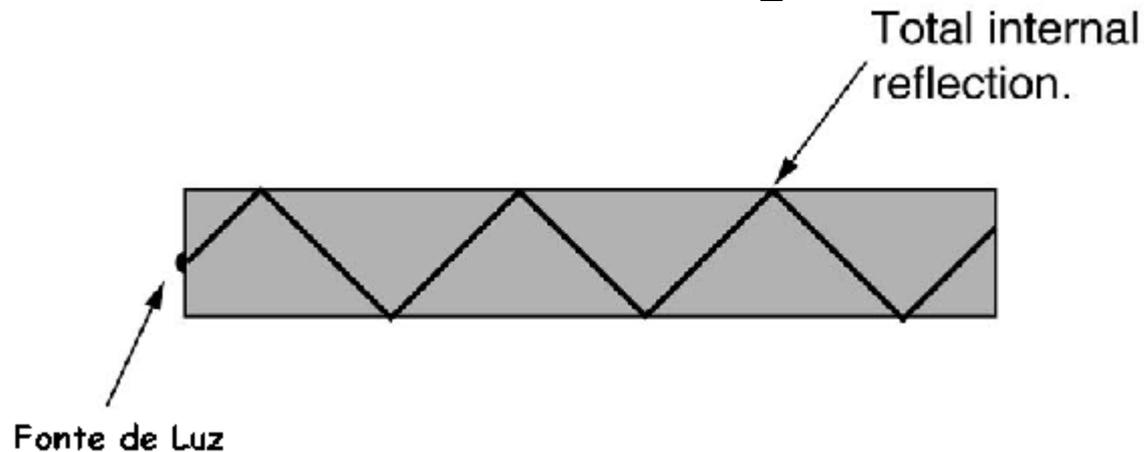
- Mas como funciona a transmissão do sinal dentro da fibra? Veja e **com ajuda da física** tente entender:



- Quando o raio de luz passa de um meio para outro (sílica/ar) o raio é refratado (desviado) na fronteira.

# Meios de Transmissão Guiados

- A intensidade da refração depende dos **índices de refração** dos dois meios físicos.
- Para ângulos de incidência que ultrapassam um certo valor crítico, a luz é refletida de volta para a sílica (**ângulo crítico**) como mostra a figura abaixo:



# Meios de Transmissão Guiados

- No exemplo anterior, certamente, outros raios estão incidindo acima do ângulo crítico, portanto, esses raios são refletidos internamente;
  - Dizemos que cada raio tem um modo específico; assim, uma fibra que apresenta essa propriedade é chamada de **fibra multimodo**;
- Se o diâmetro da fibra for reduzido a alguns comprimentos de onda de luz, a fibra agirá como uma guia de onda;
  - Dessa forma a luz poderá se propagar em linha reta, produzindo uma fibra de modo único, ou **fibra monomodo**. São mais caras;

# Meios de Transmissão Guiados

- As fibras podem ser conectadas de três maneiras diferentes:
  - Plugadas em um soquete de fibra: 10-20% de perda
  - Unidas mecanicamente: 10% de perda
  - As fibras podem ser fundidas: depende da fusão (média de 5% de perda);
  - Uma quebra da fibra implica em custos;

## TELECOM E REDES

### SERVIÇOS

#### **Quebra de cabo óptico da Embratel causa problemas de acesso à web**

Por [Redação](#) do IDG Now!

Publicada em 19 de junho de 2006 às 19h37

Atualizada em 19 de junho de 2006 às 23h35

**São Paulo - Cabo com problemas está localizado em Vitória da Conquista, na Bahia. Alguns usuários não acessam sites internacionais.**

Uma interrupção de um dos cabos ópticos da rede nacional da Embratel está causando problemas de acessos à internet para os usuários brasileiros.

O cabo óptico com problema está localizado em Vitória da Conquista, no interior da Bahia.

A Embratel, por meio de sua assessoria de imprensa, informou que uma equipe técnica já foi acionada para providenciar os reparos, sem fornecer mais detalhes sobre o problema.

Ao longo da tarde desta segunda-feira (19/06), o IDG Now! recebeu relatos de usuários que estão com problemas para acessar sites internacionais.

# Meios de Transmissão Guiados

- As fibras podem ser usadas em LANs e nas transmissões de longa distância:

PLANTÃO INFO / 05/2007 / TI

## Telefônica testa fibra óptica em residências

Terça-feira, 08 de maio de 2007 - 14h33

SÃO PAULO - A Telefônica iniciou testes de acesso à internet por fibra ótica junto a 4 mil clientes residenciais em São Paulo.

A companhia informou que investirá 500 milhões de reais em seu serviço de acesso rápido à Web, Speedy, este ano. Os recursos serão aplicados em ampliação de cobertura e aumento da velocidade ofertada.

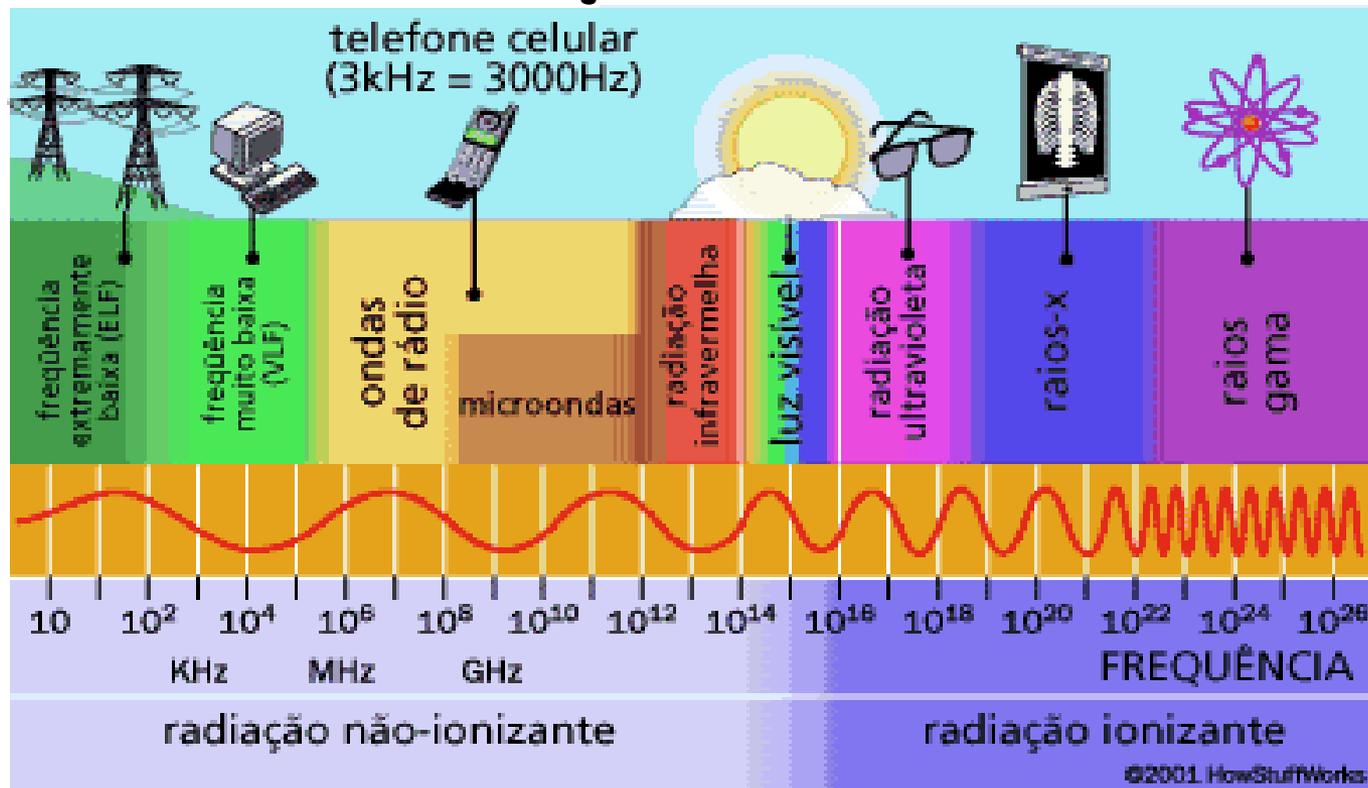
Os testes "abrem caminho para conexão à Web com velocidade de até 30 megabits por segundo, tornando possível obter qualidade digital em TV por assinatura, videoconferência, vídeo sob demanda, entre outros serviços", informou a companhia em comunicado à imprensa.

# Transmissão sem Fio

- Algumas pessoas acreditam que no futuro só haverá **dois tipos de comunicação**: por fibra e as comunicações sem fio;
- Existem algumas circunstâncias em que a **comunicação sem fio** apresenta vantagens até mesmo para dispositivos fixos:
  - Dificuldades para instalar cabos em um prédio devido a acidentes geográficos (montanhas, florestas, pântanos etc);
  - Não é à toa que a moderna comunicação digital sem fio teve início nas ilhas havaianas, onde os usuários estavam separados por grandes distâncias no oceano Pacífico e onde o sistema de telefonia era totalmente inadequado;

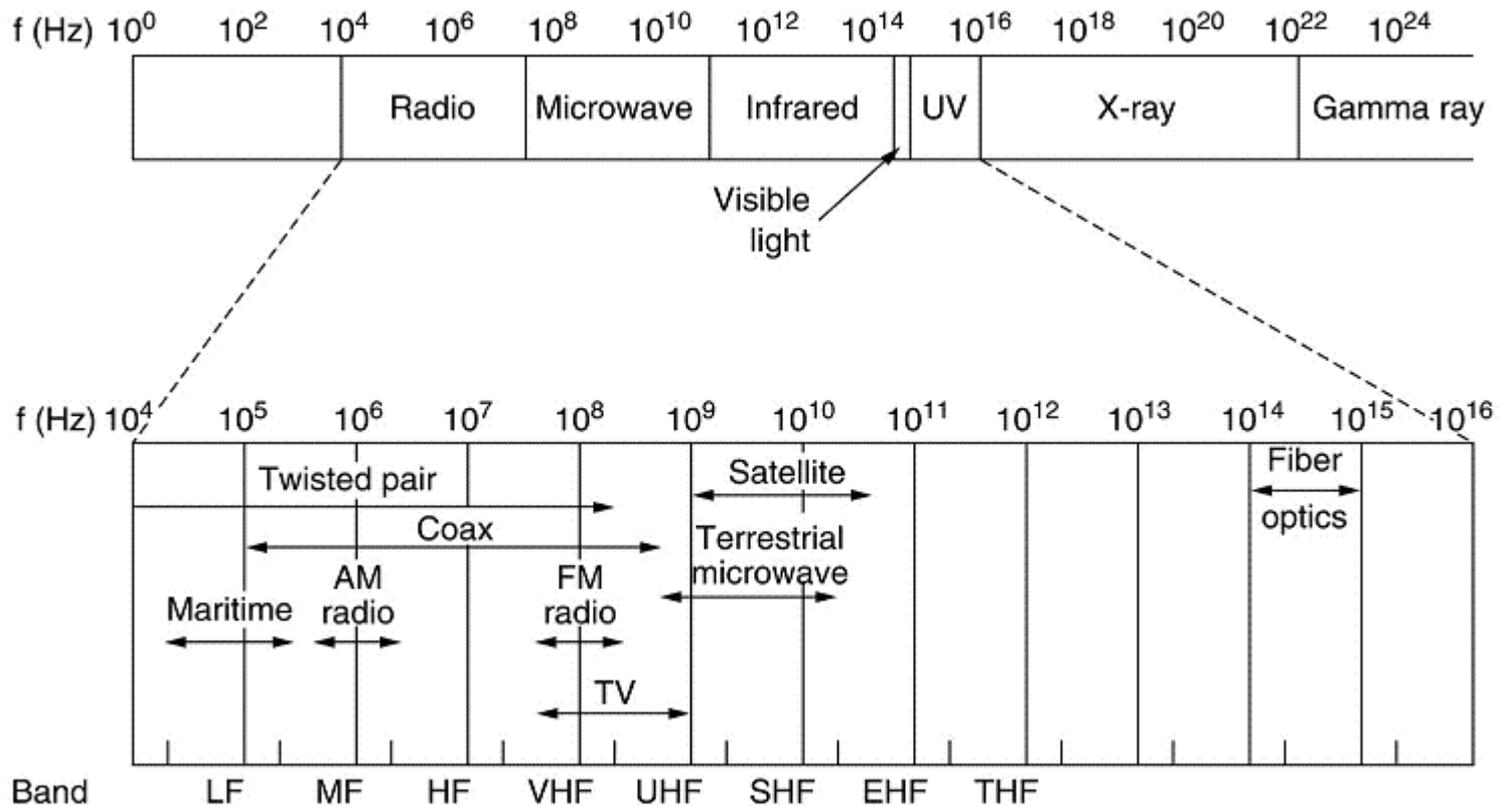
# Transmissão sem Fio

- Vejamos o espectro eletromagnético e a maneira como ele é usado na comunicação:



# Transmissão sem Fio

- Zoom na faixa de maior interesse para nossos estudos:



# Transmissão sem Fio

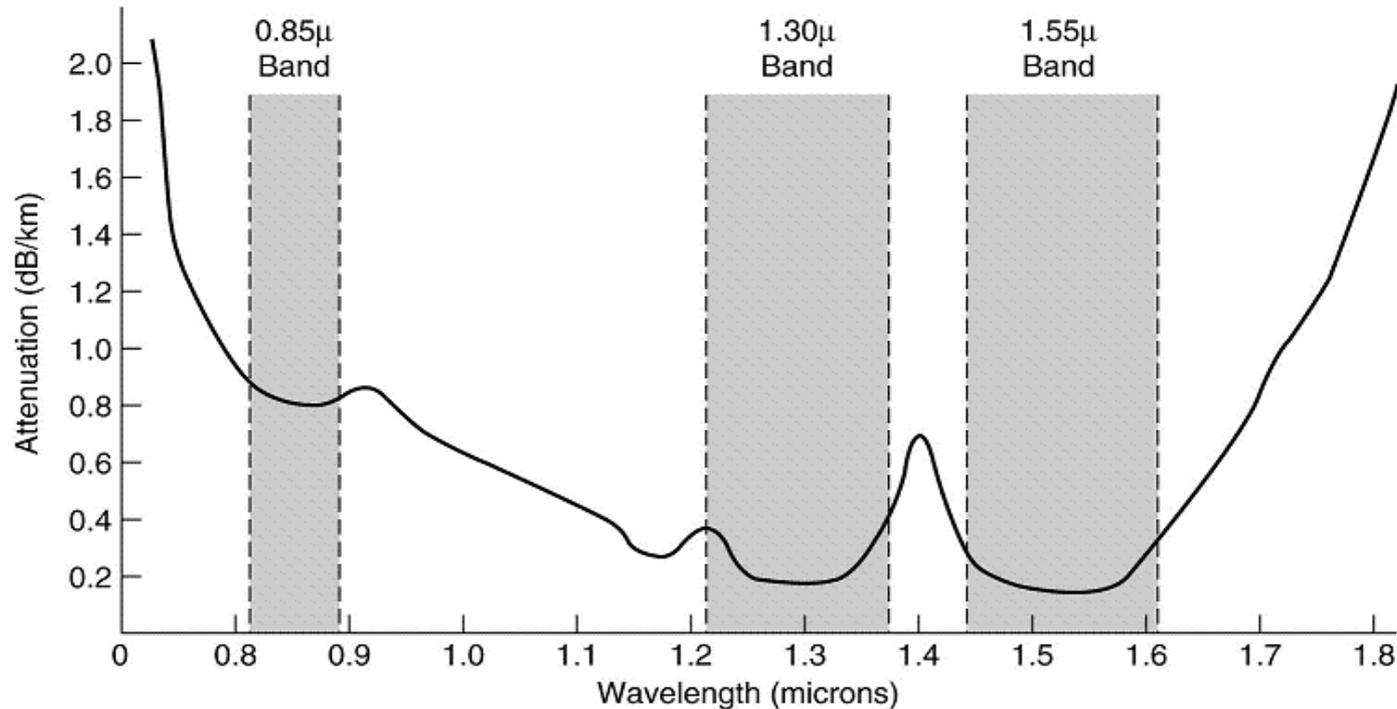
- O volume de informação que uma onda eletromagnética é capaz de transportar está diretamente relacionado à sua largura de banda;

$$\Delta f = \frac{c \Delta \lambda}{\lambda^2}$$

- Com base na largura de uma banda de comprimentos de onda ( $\Delta \lambda$ ), podemos calcular a banda de frequências correspondente,  $\Delta f$  e, a partir dela, a taxa de dados que a banda pode produzir:
  - Quanto mais larga a banda mais alta a taxa de dados;

# Transmissão sem Fio

- Considere a banda de 1,30 micrón da figura abaixo. Nesse caso, temos  $\lambda = 1,3 \times 10^{-6}$  e  $\Delta\lambda = 0,17 \times 10^{-6}$ ; assim,  $\Delta f$  é aproximadamente 30THz.



# Transmissão sem Fio

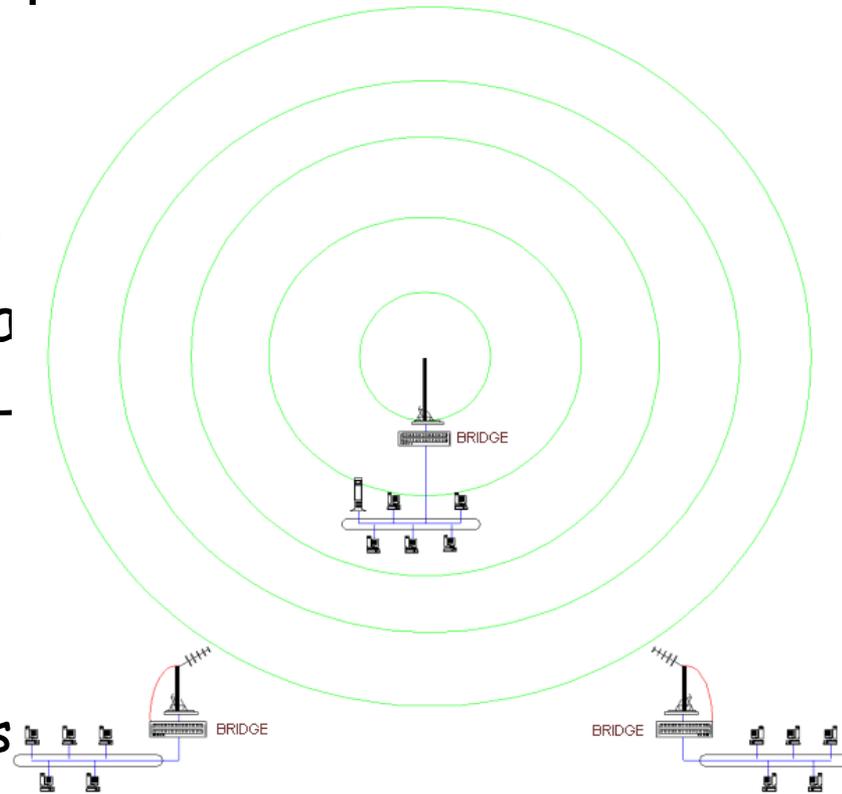
- Atualmente é possível codificar alguns bits por Hertz em frequência baixas; no entanto, comumente esse número pode chegar a 8 em altas frequências;
  - No exemplo anterior, se tivermos 8 bits/Hz teremos 240 Tbps;
- A maioria das transmissões utiliza uma banda de frequência estreita (ou seja,  $\Delta f/f \ll 1$ ) para obter a melhor recepção (muitos watts/Hz)

# Transmissão sem Fio

- No entanto, em alguns casos, é usada uma **banda larga**, com **duas variações**:
  - No espectro de dispersão de salto de frequência: o transmissor salta de um frequência para outra centras de vezes por segundo;
  - Há poucos anos, essa técnica também foi aplicada comercialmente - por exemplo, tanto as redes 802.11 quanto as Bluetooth a utilizam;
  - No espectro de dispersão de seqüência direta: dispensa o sinal por uma ampla banda de frequências, também está ganhando popularidade no mundo comercial (telefonia 3G)

# Transmissão de Rádio

- As ondas de rádio são fáceis de gerar, podem percorrer longas distâncias e penetrar facilmente nos prédios;
- As ondas de rádio também são omnidirecionais, o que significa que elas viajam em todas as direções a partir da fonte;
  - Dessa forma, o transmissor e o receptor não precisam estar cuidadosa e fisicamente alinhados

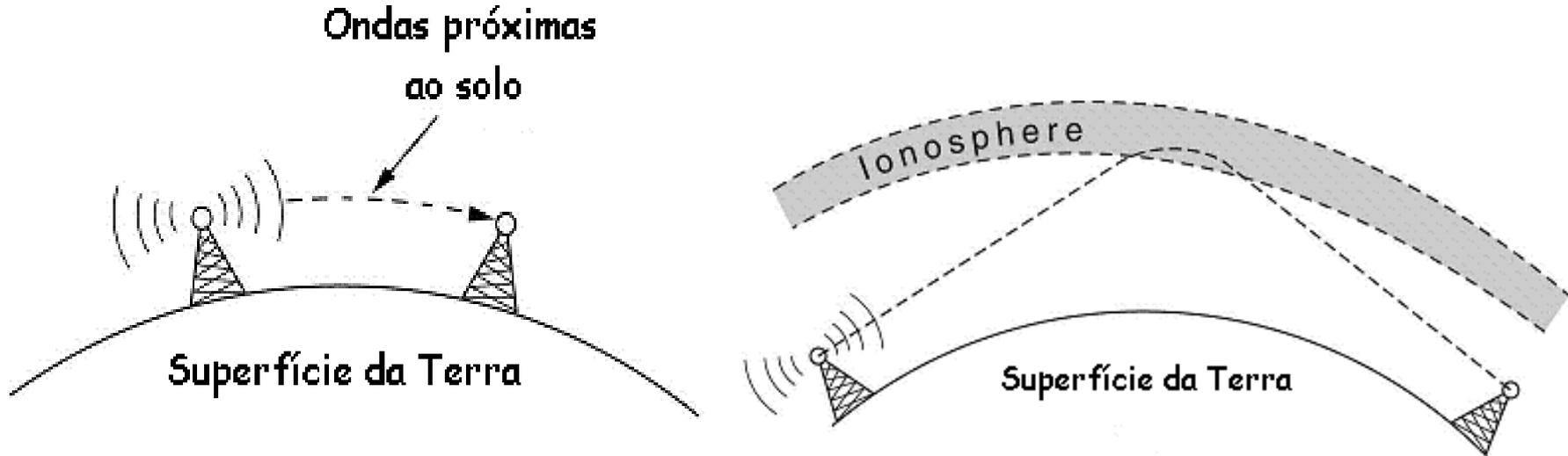


# Transmissão de Rádio

- As propriedades das ondas de rádio dependem da frequência.
  - Em baixas frequências, as ondas de rádio atravessam os obstáculos, mas a potência cai abruptamente à medida que a distância da fonte aumenta;
- Em **altas frequências**, as ondas de rádio tendem a viajar em **linha reta** e a **ricochetear** nos obstáculos.
  - Elas também são absorvidas pela chuva.
  - Em todas as frequências, as ondas de rádio estão sujeitas à interferência de motores e outros equipamentos elétricos;

# Transmissão de Rádio

- Nas bandas VLF, LF e MF, as ondas de rádio se propagam perto do solo. Nas **freqüências mais altas**, esse raio de ação é bem menor porém, pode ser **ricocheteado**, vejamos:



# Transmissão de Microondas

- Acima de 100MHz, as ondas trafegam praticamente em linha reta e, portanto, podem ser concentradas em uma **faixa estreita**;
- Ao contrário das ondas de rádio, nas frequências mais baixas, as **microondas** não atravessam muito bem as paredes dos edifícios;
  - Quanto mais altas são as torres, mais distantes elas podem estar umas das outras;
  - A distância entre os **repetidores** aumenta de acordo com a raiz quadrada da altura da torre. Torre com 100m de altura devem ter repetidores a cada 80Km.

# Transmissão de Microondas

- A comunicação por microondas é muito usada na **telefonia** a longa distância, em **telefones celulares**, na distribuição de **sinais de televisão**, etc;
- Uma das principais vantagens desse tipo de comunicação é que as microondas dispensam a necessidade de ter direitos sobre um caminho.
  - Basta comprar um lote de terra a cada 50Km e nele é instalada uma torre para retransmissão do sinal;

# Transmissão de Microondas

- Basta estar no lugar certo...

Vivo procura terrenos e edifícios para instalar antenas

Emílio Moreno | 1 junho, 2008 | 9:56 am

vivo

**A Vivo está à procura de terrenos e topo de edifícios para instalar suas antenas. Queremos oferecer o melhor sinal para você.**

Se você se interessou em alugar sua propriedade para a Vivo, mande um e-mail para [antenasvivo@vivo.com.br](mailto:antenasvivo@vivo.com.br) ou carta para Antenas Vivo, Av. Roque Petroni Jr., 1.464, Morumbi, CEP 04707-000, São Paulo - SP,



Em anúncio publicado neste sábado em jornais cearenses, a companhia Vivo solicita contato de interessados em alugar propriedades para instalação de antenas de telefonia celular. As pessoas interessadas na parceria devem enviar fotos do local e da vista ao redor, além do nome completo, telefone, endereço e nome das ruas adjacentes por e-mail ou carta. O anúncio não especifica quanto será pago pelo aluguel, mas esclarece que a instalação estará sujeita a análise técnica e formalização contratual. Não há garantia que todos os interessados serão atendidos.

# Satélites de Comunicações

- Na década de 50 e no início da década de 60, as pessoas tentavam configurar sistemas de comunicações emitindo sinais que refletiam em **balões meteorológicos metalizados**;
- Em seguida, a Marinha dos EUA detectou que a **Lua** poderia fazer o papel dos balões meteorológicos;
  - O progresso no campo da comunicação celeste esperou até o primeiro satélite de comunicação lançado ao espaço.
  - A principal diferença entre a Lua e os satélites artificiais é a **amplificação do sinal**;

# Satélites de Comunicações

- De acordo com a **Lei de Kepler**, o período orbital de um satélite varia de acordo com o raio da órbita elevado à potência 3/2;

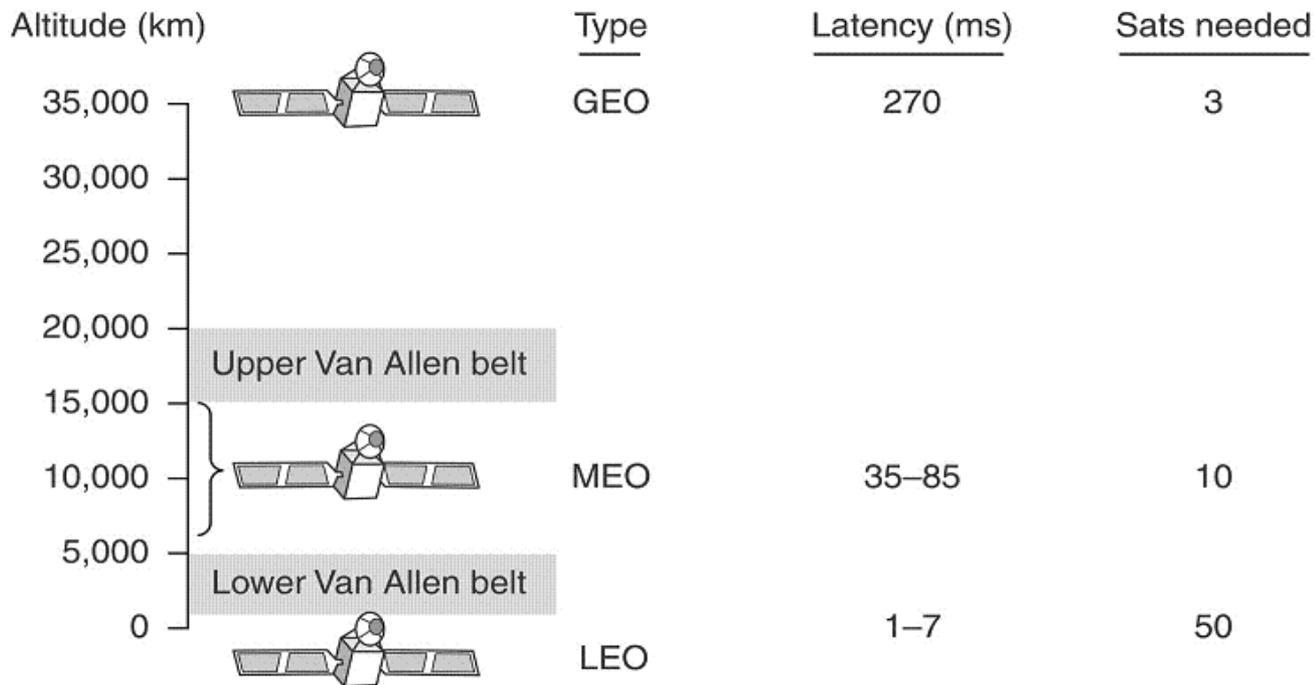
$$T^2/r^3 = \text{constante}$$

É constante para todos os planetas a razão entre o tempo (T) que o planeta leva para dar uma volta completa em torno do Sol elevado ao quadrado e o raio médio (r) de sua órbita elevado ao cubo.

- O período é importante, mas não o único fator para se determinar onde posicioná-lo.
  - ▣ Outra questão é a presença dos cinturões de Van Allen, camadas de partículas altamente carregadas que são capturadas pelo campo magnético;

# Satélites de Comunicações

- Esses fatores nos levam a identificar **três regiões** nas quais os satélites podem ser posicionados com segurança:



# Satélites de Comunicações

- Para evitar o caos no céu, a alocação de slots de órbitas é feita pela **International Telecommunication Union - ITU**;

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth	Problems
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz	Low bandwidth; crowded
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz	Low bandwidth; crowded
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz	Terrestrial interference
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Rain
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Rain, equipment cost

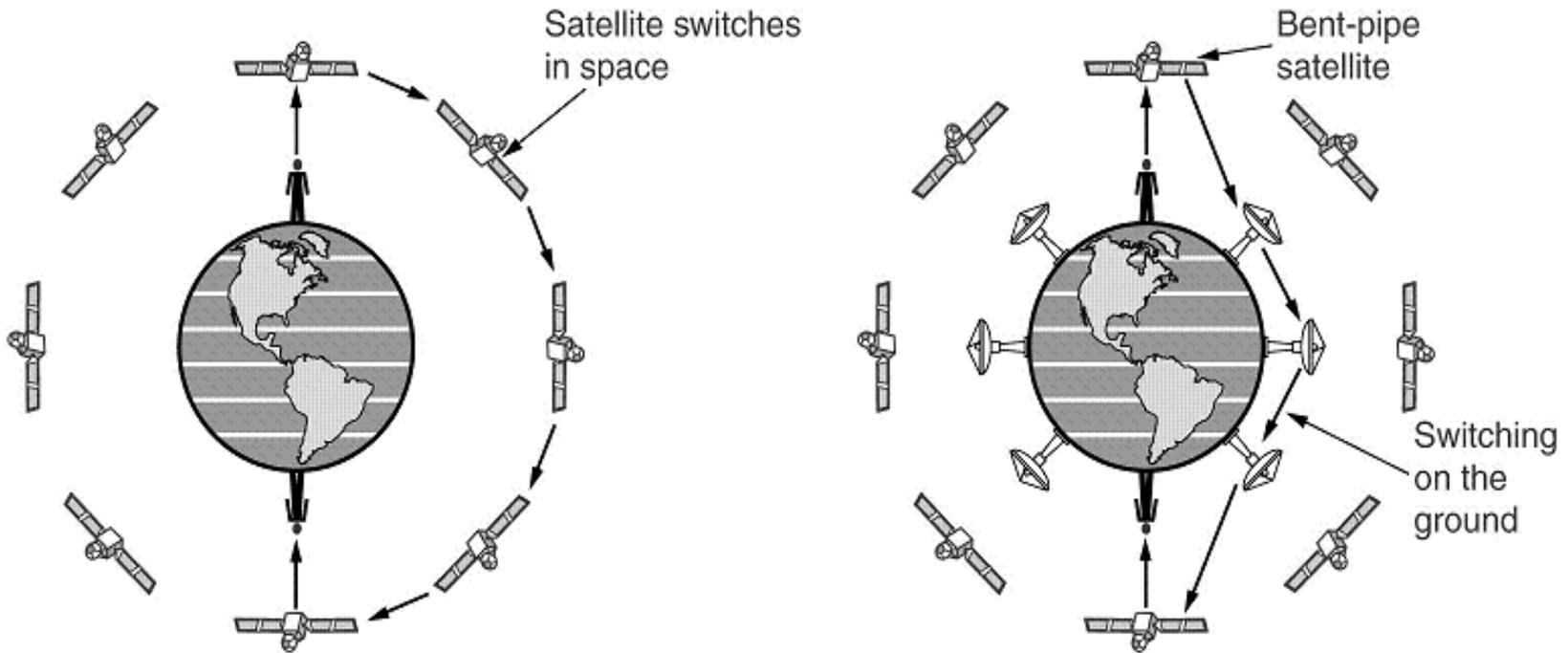
- Esse processo é bastante político, com países que mal saíram da idade da pedra exigindo "seus" slots de órbita;
- Outros sustentam que os direitos de propriedade não estendem para cima até a Lua;

# Satélites de Comunicações

- Em 1990, a Motorola deu início a um novo empreendimento e enviou um requerimento à Federal Communications Commission - FCC solicitando permissão para lançar **77 satélites de baixa órbita** (Low-Earth Orbit - LEO);
  - Essa proposta (**Projeto Iridium**) criou uma agitação entre outras empresas de comunicação e, de repente, todas elas quiseram lançar uma cadeia de satélites de baixa ordem;
  - Infelizmente, a demanda comercial por grandes e pesados telefones via satélite era desprezível e o projeto Iridium foi um grande fiasco;

# Satélites de Comunicações

- Um projeto alternativo ao Iridium é o Globalstar, que é baseado em roteamento terrestre, veja:



# Bibliografia

- TANENBAUM, A.S.: *Redes de Computadores*, Elsevier, Rio de Janeiro: 2003.
- KUROSE, J.F e ROSS, K.W.: *Computer Networking hird edition a top-down approach featuring the Internet*, 3 ed, São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006.
- <http://www.rnp.br/backbone>