

**VIANNA JUNIOR**  
**INSTITUTO**





# Redes de Computadores

M.Sc. Camila Campos  
[camilamariacampos@gmail.com](mailto:camilamariacampos@gmail.com)

- Básica:
  - Kurose, James F. Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down/ James F. Kurose, Keith W. Ross ; tradução Daniel Vieira; revisão técnica Wagner Luiz Zucchi. – 6. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.
- Complementar:
  - SOARES, Luiz Fernando Gomes; GUIDO, Lemos; COLCHER, Sérgio. Redes de Computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM. 1995.

- **Nossos objetivos:**

- Obter contexto, terminologia, “sentimento” sobre redes
- Maior profundidade e detalhes serão vistos depois no curso
- Abordagem:
  - Usar a Internet como exemplo

- **Visão geral:**

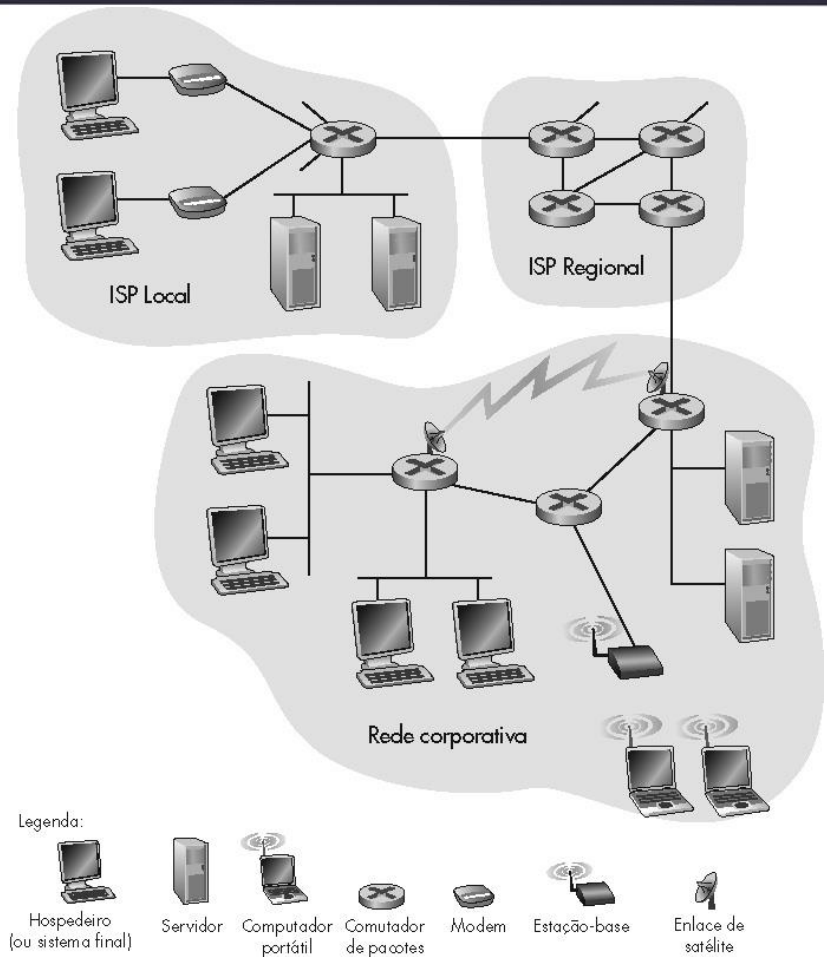
- O que é a Internet
- O que é um protocolo?
- Bordas da rede
- Núcleo da rede
- Rede de acesso e meio físico
- Estrutura de Internet/ISP
- Desempenho: perda, atraso
- Camadas de protocolo, modelos de serviços
- Modelagem de redes

# Redes de computadores e a Internet

- **1.1 O que é Internet?**
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
- 1.4 Acesso à rede e meio físico
- 1.5 Estrutura da Internet e ISPs
- 1.6 Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- 1.7 Camadas de protocolo, modelos de serviço
- 1.8 História

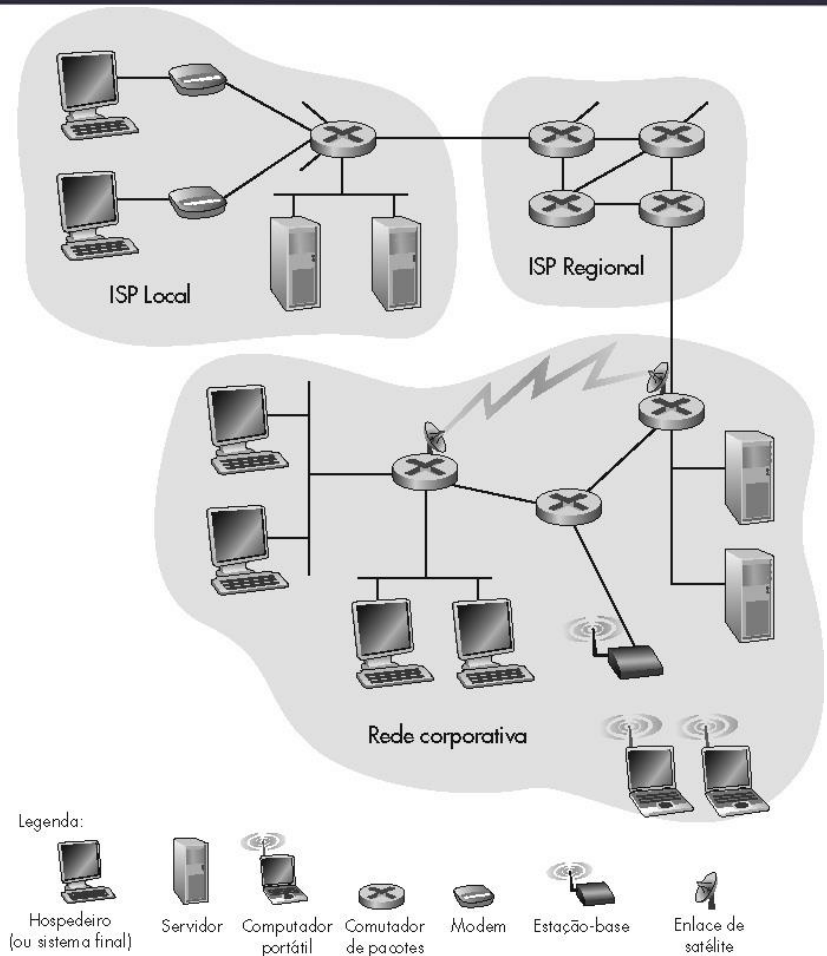
# O que é a Internet?

- Milhões de elementos de computação interligados:  
**hospedeiros = sistemas finais**
- Executando **aplicações distribuídas**
- **Enlaces de comunicação** fibra, cobre, rádio, satélite  
taxa de transmissão = **largura de banda**
- **Roteadores:** enviam pacotes (blocos de dados)



# O que é a Internet?

- **Protocolos:** controlam o envio e a recepção de mensagens  
ex.: TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- **Internet:** “rede de redes”  
fracamente hierárquica  
Internet pública e Internets privadas (intranets)
- Internet standards  
RFC: Request for comments  
IETF: Internet Engineering Task Force



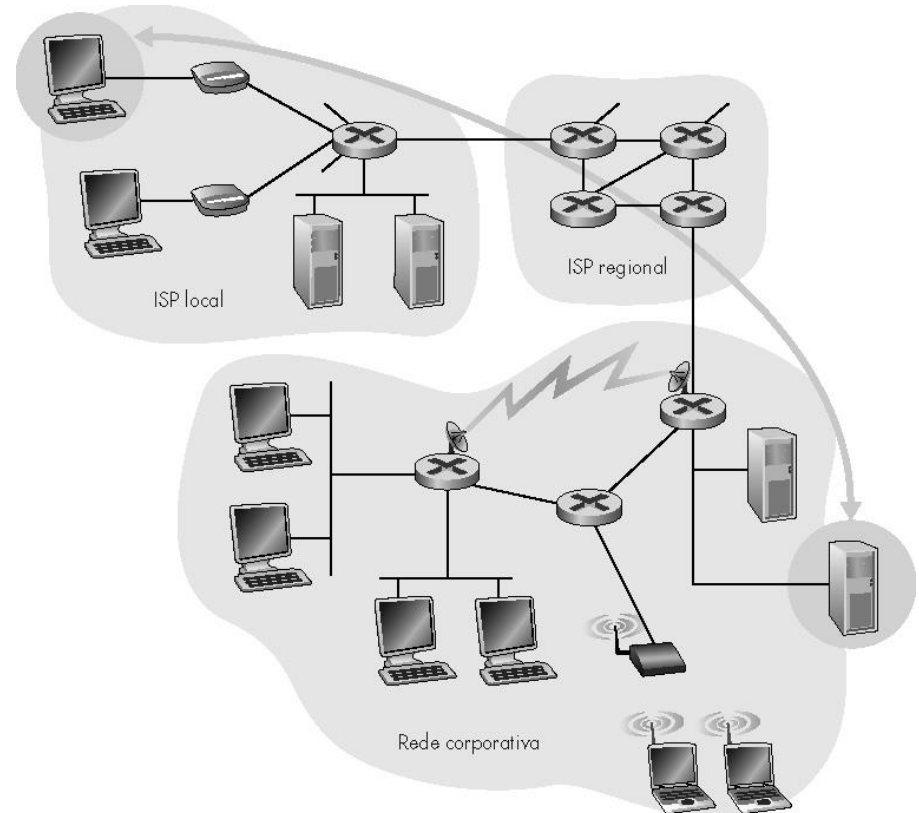
# Serviços de Internet

- **Infra-estrutura de comunicação**

- permite aplicações distribuídas:
- Web, e-mail, jogos, e-commerce,
- compartilhamento de arquivos

- **Serviços de comunicação oferecidos:**

- sem conexão
- orientado à conexão





# O que é um protocolo?

## Protocolos humanos:

- “Que horas são?”
- “Eu tenho uma pergunta.”
- Apresentações
- ... msgs específicas enviadas
- ... ações específicas tomadas quando msgs são recebidas ou outros eventos

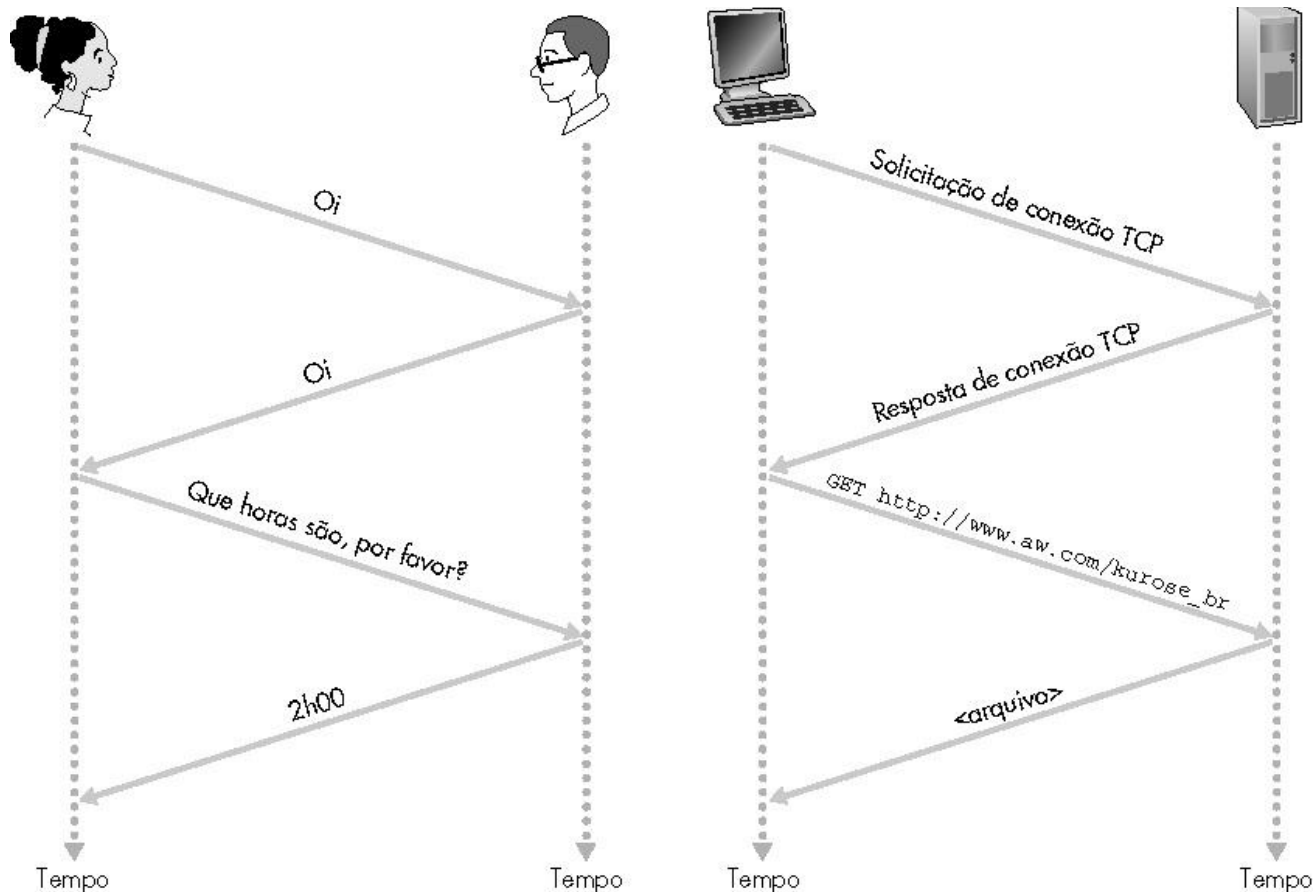
## Protocolos de rede:

- Máquinas em vez de humanos
- Toda atividade de comunicação na Internet é governada por protocolos

PROTÓCOLOS DEFINEM OS FORMATOS, A ORDEM DAS MSGS ENVIADAS E RECEBIDAS PELAS ENTIDADES DE REDE E AS AÇÕES A SEREM TOMADAS NA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE MENSAGENS

# O que é um protocolo?

Um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores:

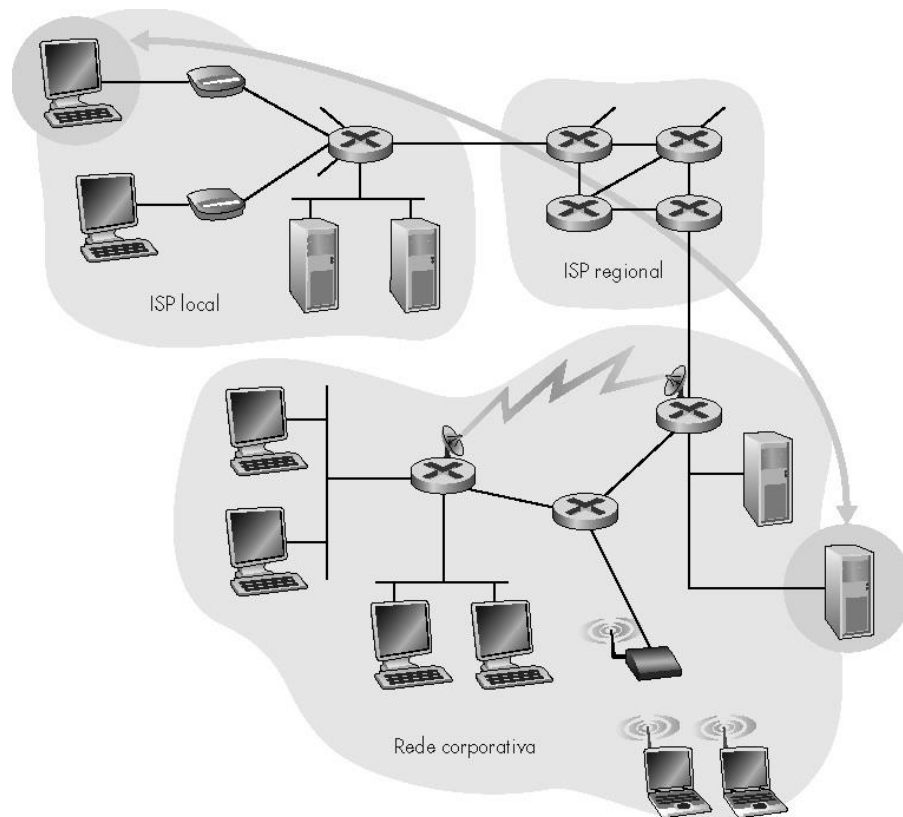


# Redes de computadores e a Internet

- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
- 1.4 Acesso à rede e meio físico
- 1.5 Estrutura da Internet e ISPs
- 1.6 Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- 1.7 Camadas de protocolo, modelos de serviço
- 1.8 História

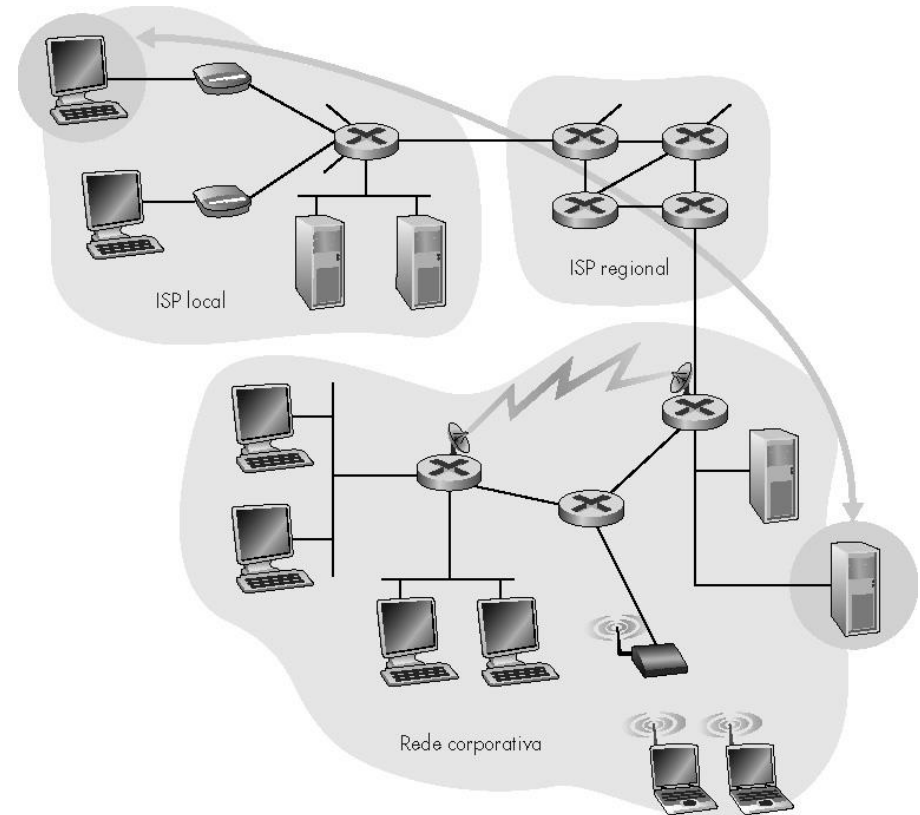
# Uma visão mais de perto da estrutura da rede:

- **Borda da rede:**
  - aplicações e hospedeiros
- **Núcleo da rede:**
  - Roteadores
  - Rede de redes
- **Redes de acesso, meio físico:**
  - enlaces de comunicação



# As bordas da rede

- **Sistemas finais (hospedeiros):**
  - Executam programas de aplicação
  - Ex.: Web, e-mail
  - Localizam-se nas extremidades da rede
- **Modelo cliente/servidor**
  - O cliente toma a iniciativa enviando pedidos que são respondidos por servidores
  - Ex.: Web client (browser)/server; e-mail client/server
- **Modelo peer-to-peer:**
  - Mínimo (ou nenhum) uso de servidores dedicados
  - Ex.: Gnutella,



# Borda da rede: serviço orientado à conexão

**Meta:** transferência de dados entre sistemas finais.

- **Handshaking:** estabelece as condições para o envio de dados antes de enviá-los
  - Alô: protocolo humano
  - **Estados de “conexão”** controlam a troca de mensagens entre dois hospedeiros
- TCP - Transmission Control Protocol
  - Realiza o serviço orientado à conexão da Internet

## **Serviço TCP** [RFC 793]

- **Transferência de dados confiável e sequencial, orientada à cadeia de bytes**
  - Perdas: reconhecimentos e retransmissões
- **Controle de fluxo:**
  - Evita que o transmissor afogue o receptor
- **Controle de congestionamento:**
  - Transmissor reduz sua taxa quando a rede fica congestionada

# Borda da rede: serviço sem conexão

**Meta:** transferência de dados entre sistemas finais

- O mesmo de antes!

**UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]: oferece o serviço sem conexão da Internet

- Transferência de dados não confiável
- Sem controle de fluxo
- Sem controle de congestionamento

**Aplicativos usando TCP:**

- HTTP (Web), FTP (transferência de arquivo), Telnet (login remoto), SMTP (e-mail)

**Aplicativos usando UDP:**

- Streaming media, teleconferência, DNS telefonia IP

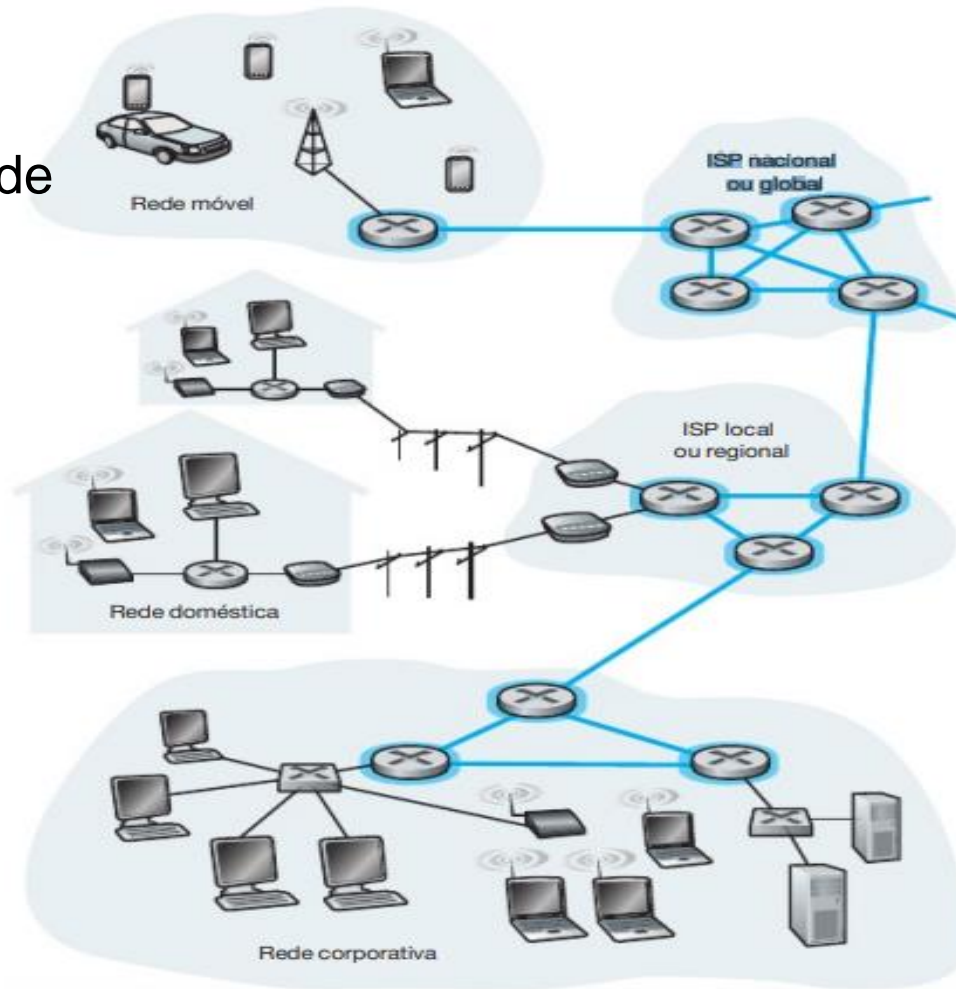
# Redes de computadores e a Internet

- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
  - Comutação de Circuitos
  - Comutação de Pacotes
  - Comutação de Circuitos x Pacotes
  - Roteamento
- 1.4 Acesso à rede e meio físico



# Internet – Periferia e Núcleo

Periferia da rede

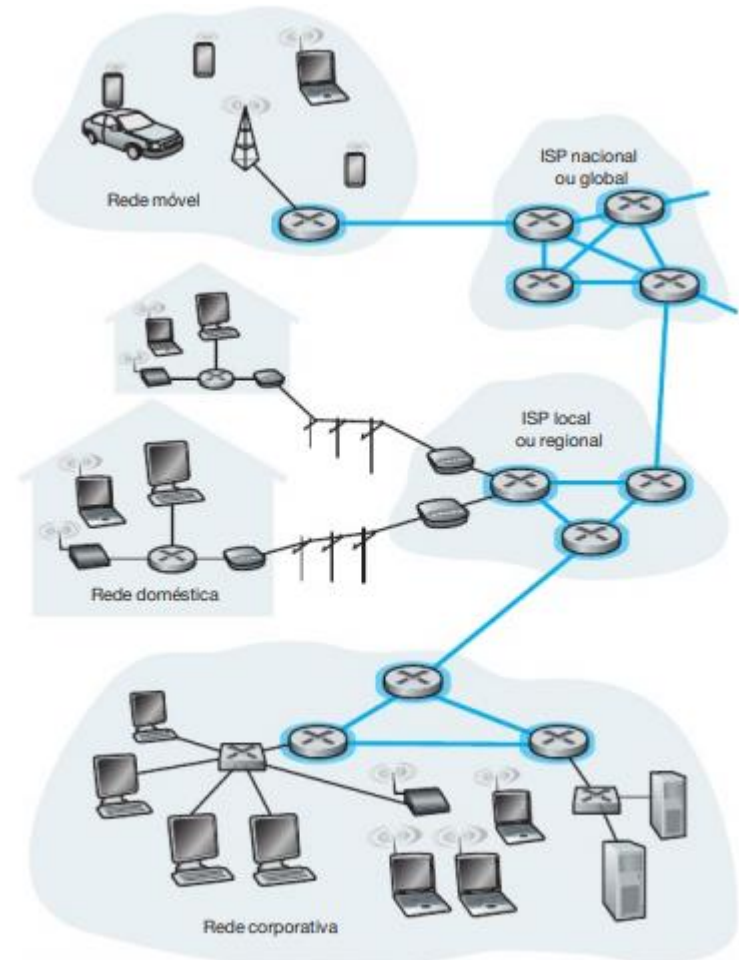


Núcleo da Rede

Rede de acesso

# O núcleo da rede

- Uma malha de roteadores interconectados.
  - Basicamente, encaminham os pacotes até seu destino.
- **A questão fundamental:** como os dados são transferidos através da rede?
  - Comutação de circuitos?
  - Ou Comutação de pacotes?



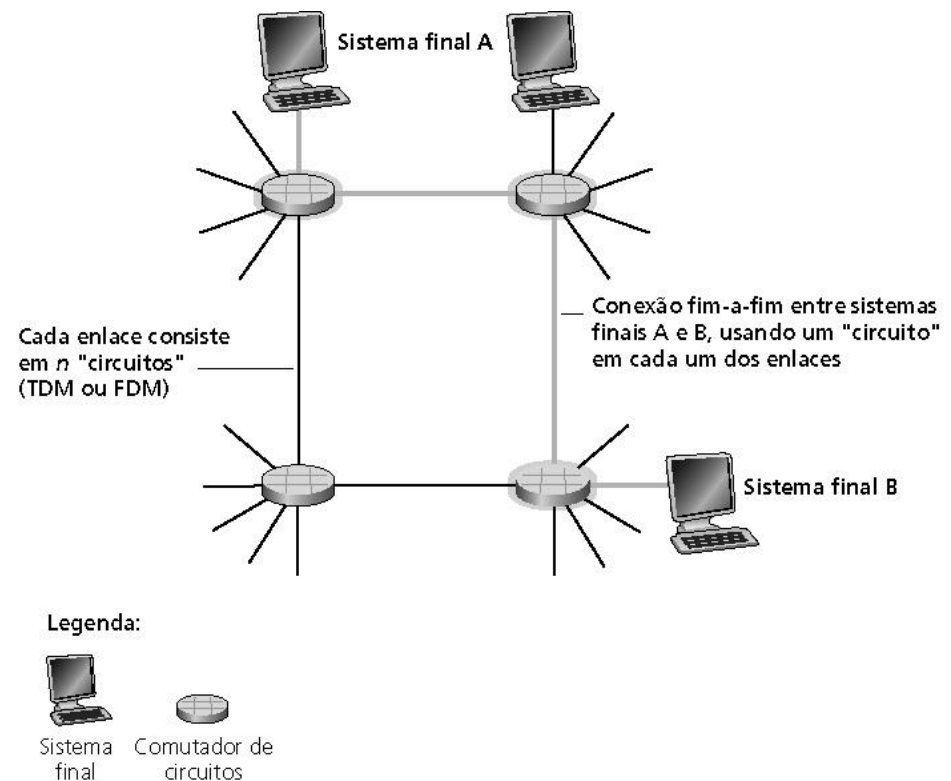
# Redes de computadores e a Internet

- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
  - Comutação de Circuitos
  - Comutação de Pacotes
  - Comutação de Circuitos x Pacotes
  - Roteamento
- 1.4 Acesso à rede e meio físico

# Comutação de circuitos

## Comutação de circuitos

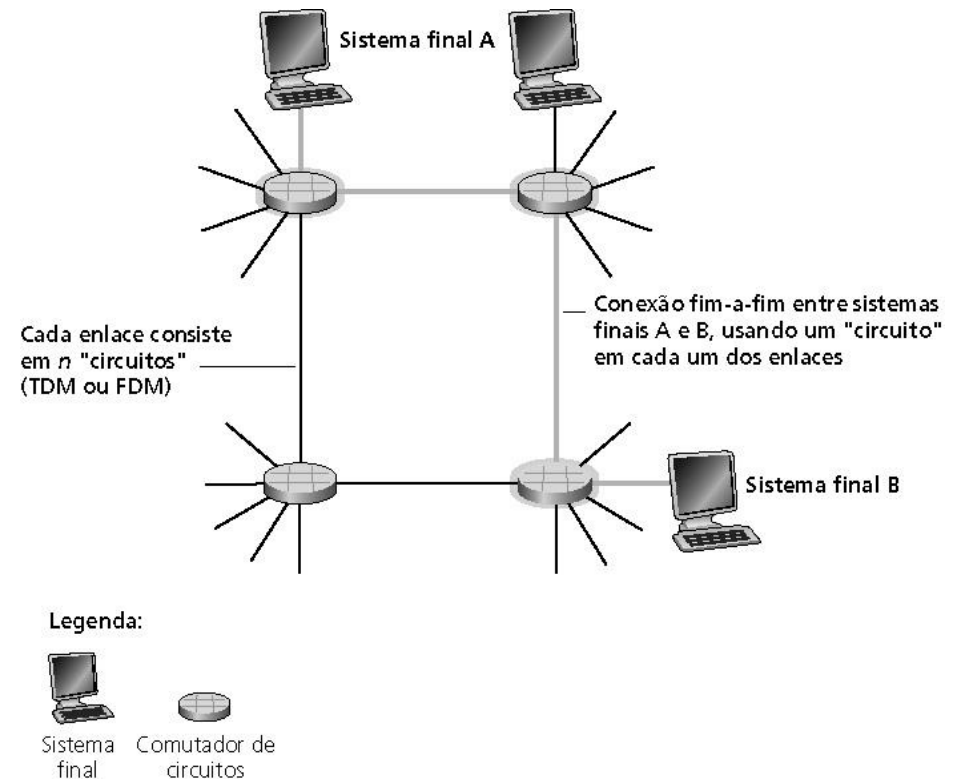
- Usa um canal dedicado para conexão.
- Não há compartilhamento de recursos.
- Desempenho análogo aos circuitos físicos (QoS garantido).
- Exige estabelecimento de conexão.



# Comutação de circuitos

## Comutação de circuitos

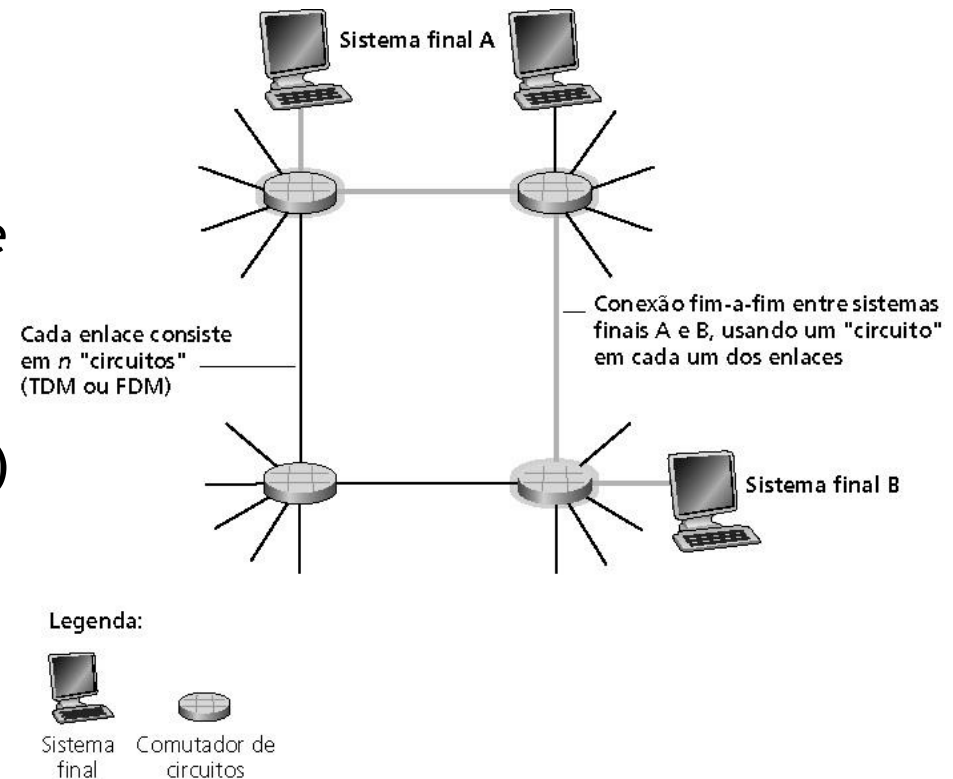
- Capacidade de transmissão é dividida em “pedaços”.
- Cada conexão aloca um “pedaço”.
- “Pedaço” desperdiçado se não estiver em uso durante a conexão.



# Comutação de circuitos

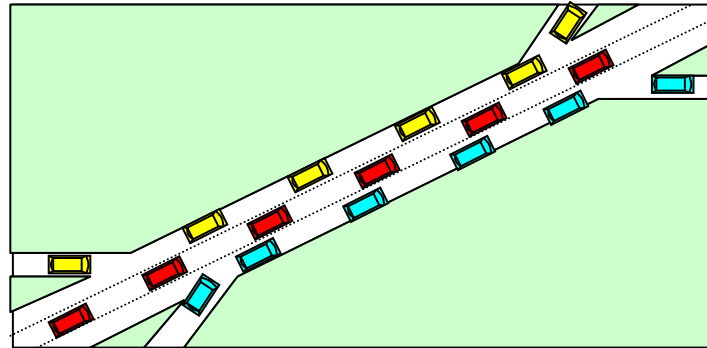
## Comutação de circuitos

- Formas de dividir a capacidade transmissão em pedaços
  - Divisão em frequência (FDM)
  - Divisão temporal (TDM)

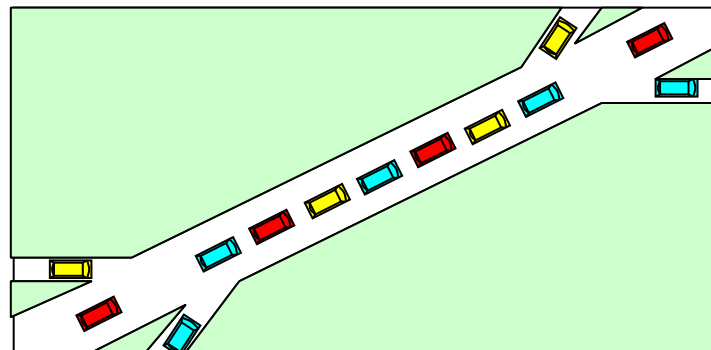


# Comutação de circuitos

Divisão em frequência



Divisão em tempo

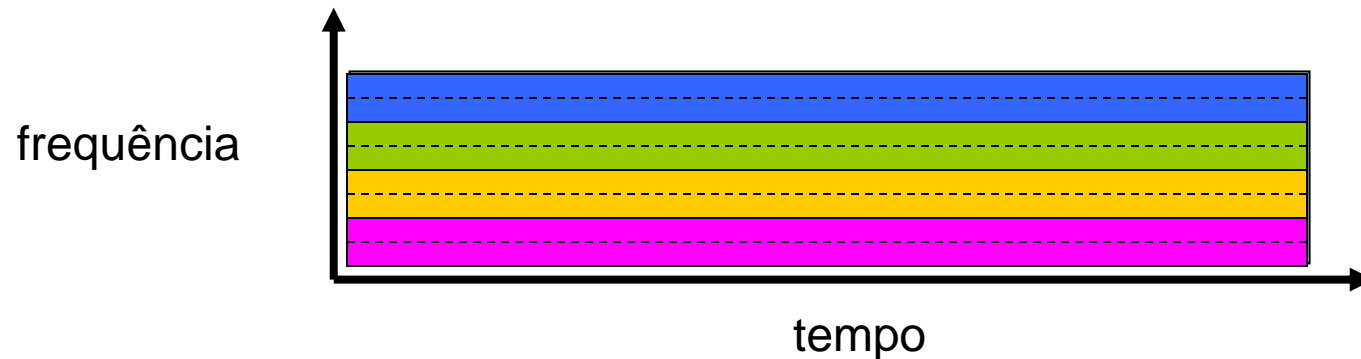


# Comutação de circuitos

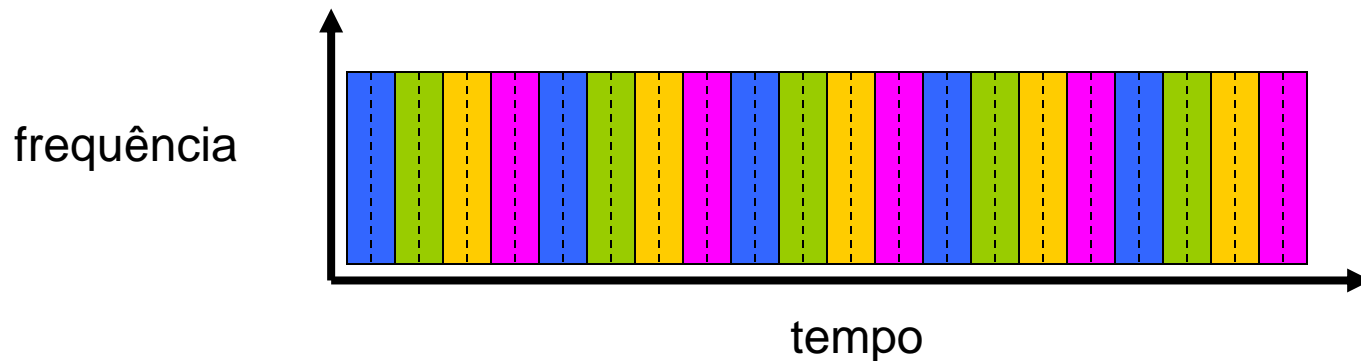
Exemplo:

FDM - *F*requency *D*ivision *M*ultiplexing

4 usuários



TDM - *T*ime *D*ivision *M*ultiplexing





# Redes de computadores e a Internet

- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
  - Comutação de Circuitos
  - Comutação de Pacotes
  - Comutação de Circuitos x Pacotes
  - Roteamento
- 1.4 Acesso à rede e meio físico

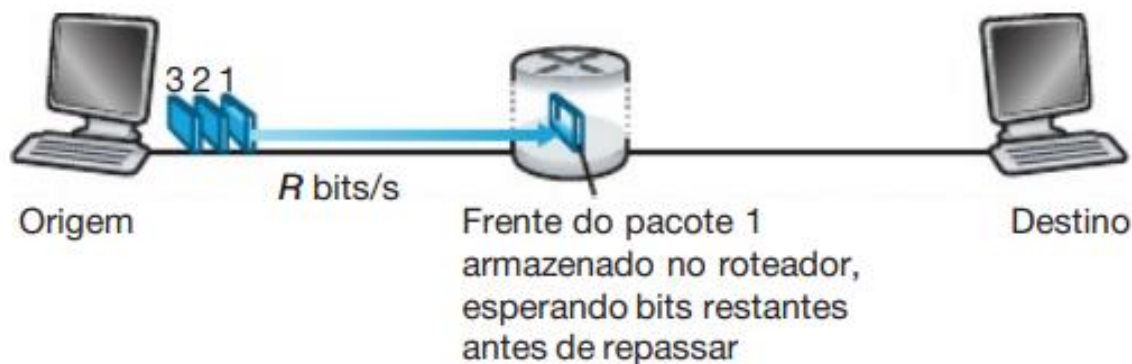
# Comutação de pacotes

- É a técnica que envia uma mensagem de dados dividida em pequenas unidades chamadas pacotes.
- O pacote pode ser transferido por diferentes caminhos e chega fora de ordem em que foram transmitidos.
- É utilizado o tipo de transmissão *store-and-forward* (armazenar e encaminhar).
- Pacotes são transmitidos por cada enlace de comunicação a uma taxa igual à da transmissão total.

# Comutação de pacotes: armazena e reenvia

*Store-and-forward*(armazenar e encaminhar).

- O comutador do pacote deve receber o pacote inteiro antes de poder começar a transmitir o primeiro bit para o enlace de saída.



# Comutação de pacotes

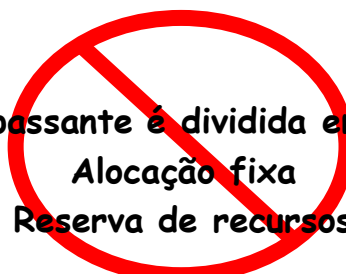
Cada fluxo de dados fim-a-fim é dividido em pacotes

- Os recursos da rede são compartilhados em bases estatísticas
- Cada pacote usa toda a banda disponível ao ser transmitido
- Recursos são usados na medida do necessário.

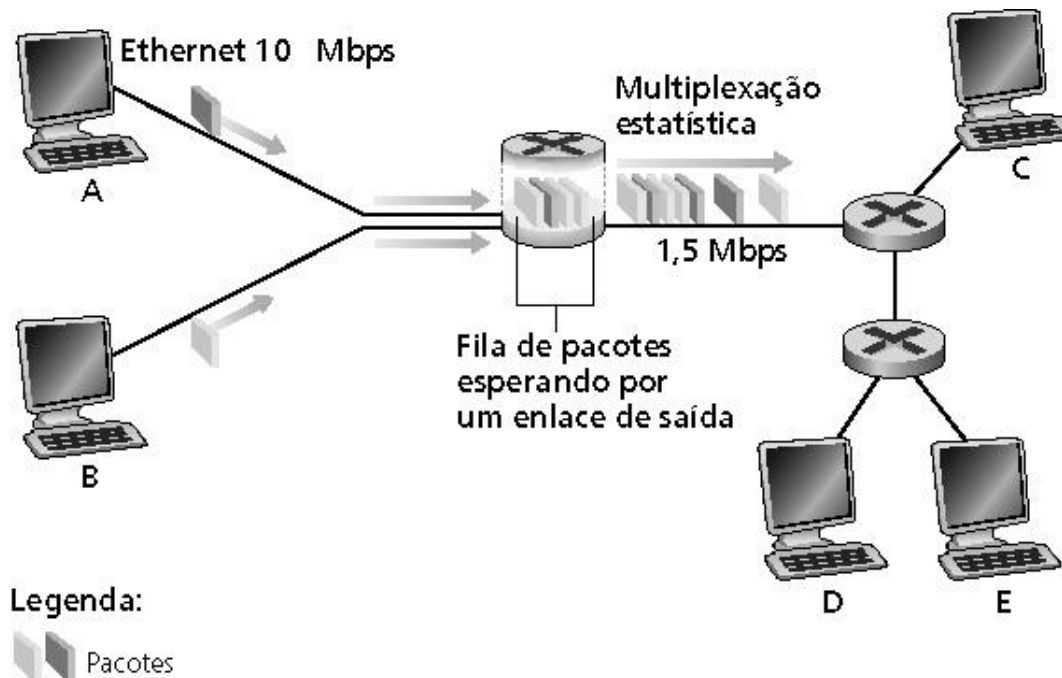
Contenção de recursos:

- A demanda agregada por recursos pode exceder a capacidade disponível.
- congestionamento: filas de pacotes, espera para uso do link
- Armazena e reenvia: pacotes se movem um “salto” por vez
- O nó recebe o pacote completo antes de encaminhá-lo

Banda passante é dividida em “slots”  
Alocação fixa  
Reserva de recursos



# Comutação de pacotes: multiplexação estatística



A sequência de pacotes A e B não possui padrão específico

→ **multiplexação estatística**

No TDM, cada hospedeiro adquire o mesmo slot dentro do frame TDM

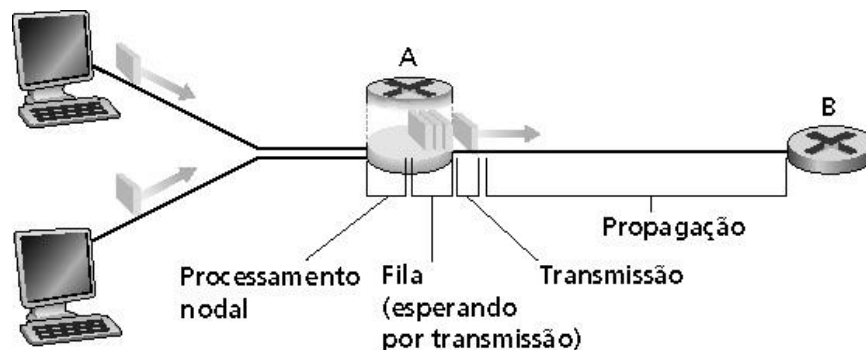
# Redes de computadores e a Internet

- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
  - Comutação de Circuitos
  - Comutação de Pacotes
  - Comutação de Circuitos x Pacotes
  - Roteamento
- 1.4 Acesso à rede e meio físico

# Comutação de pacotes x Comutação de circuitos

Comutação de pacotes permite que mais usuários usem a mesma rede!

- Enlace de 1 Mbit/s
- Cada usuário:
  - 100 Kbits/s quando “ativo”
  - Ativo 10% do tempo
- Comutação de pacotes:
  - 10 usuários comutação de pacotes:
  - Com 35 usuários, probabilidade > 10 ativos menor que 0,0004



# Comutação de pacotes x Comutação de circuitos

## A comutação de pacotes é melhor sempre?

- Ótima para dados esporádicos
  - Melhor compartilhamento de recursos
  - Não há estabelecimento de chamada
- **Congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
  - Protocolos são necessários para transferência confiável, controle de congestionamento
- **Como obter um comportamento semelhante ao de um circuito físico?**
  - Garantias de taxa de transmissão são necessárias para aplicações de áudio/vídeo
  - Problema ainda sem solução



# Comutação de pacotes x Comutação de circuitos

Item	Comutação de Circuitos	Comutação de Pacotes
Configuração de chamadas	Obrigatória	Não necessária
Caminho físico dedicado	Sim	Não
Pacotes seguem o mesmo caminho	Sim	Não
Pacotes chegam na mesma ordem	Sim	Não
Reserva de largura de banda	Fixa	Dinâmica
Largura de banda desperdiçada	Sim	Não
A falha de um equipamento é fatal	Sim	Não

# Redes de computadores e a Internet

- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
  - Comutação de Circuitos
  - Comutação de Pacotes
  - Comutação de Circuitos x Pacotes
  - Roteamento
- 1.4 Acesso à rede e meio físico

# Redes de comutação de pacotes: roteamento

- **Objetivo:** mover pacotes entre roteadores da origem ao destino
  - Iremos estudar vários algoritmos de seleção de caminhos (capítulo 4)
- **Na comutação de circuitos:**
  - O caminho até o destino é “traçado” previamente.
- **Na comutação de pacotes:**
  - Redes de datagramas.
  - Redes de circuitos virtuais.

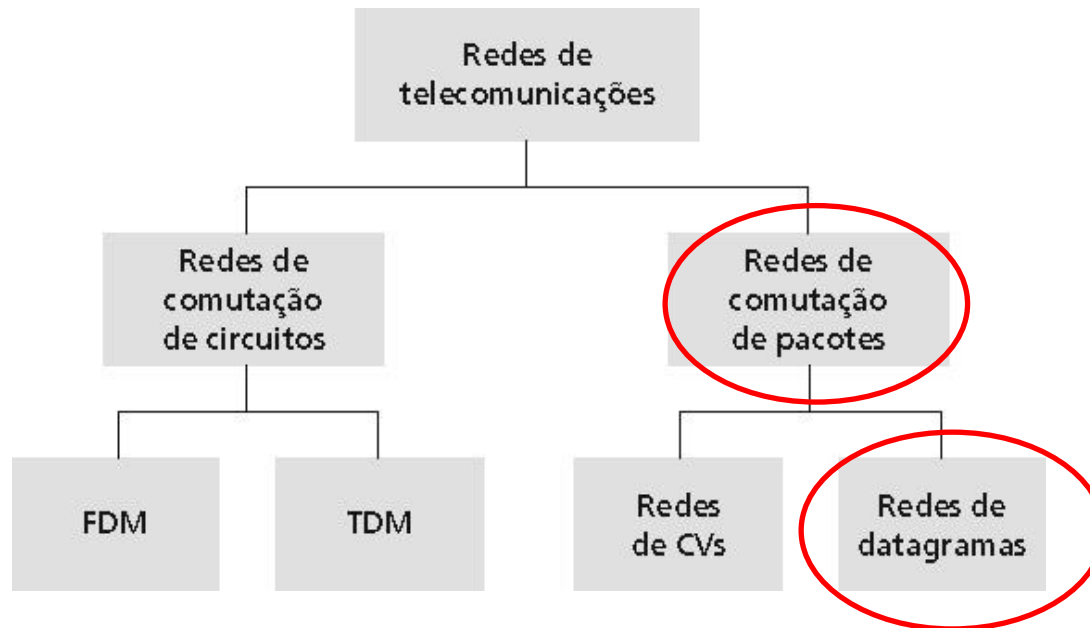
- **Rede de datagramas**

- O próximo “salto” é determinado em cada roteador.
- Rotas podem mudar durante uma sessão
- Analogia: dirigir perguntando o caminho.

- **Redes de circuitos virtuais**

- Cada pacote leva um número (virtual circuit ID) que determina o próximo “salto”.
- O caminho é fixo e escolhido no instante de estabelecimento da conexão, permanece fixo durante toda a conexão.
- Analogia: dirigir por percurso planejado previamente com um mapa.

- A internet



# Redes de computadores e a Internet

- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
  - Comutação de Circuitos
  - Comutação de Pacotes
  - Comutação de Circuitos x Pacotes
  - Roteamento
- 1.4 Acesso à rede e meio físico

# Redes de computadores e a Internet

- 1.4 Acesso à rede e meio físico

- Redes de acesso

- Acesso Residencial

- Discado ( Modem)

- Banda Larga (ADSL,HFC,GPON)

- Acesso Institucional

- Acesso móvel

- Meios Físicos

- Meios Guiados

- Meios não Guiados

- Bacbones

- Atrasos

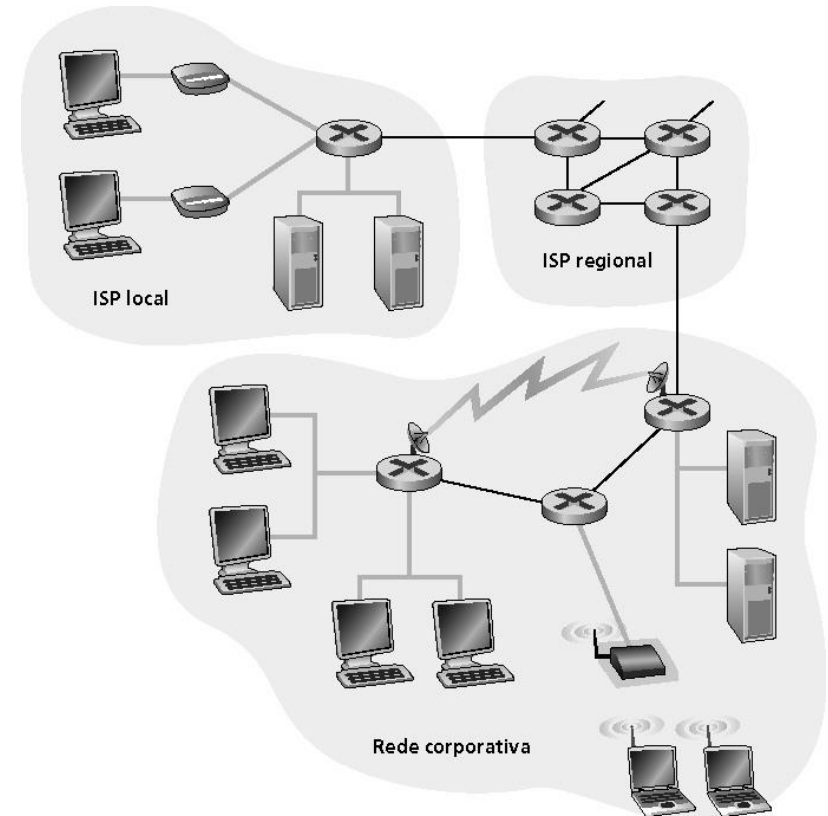
# Redes de acesso

**P.: Como conectar o sistema final ao roteador de borda?**

- Redes de acesso residencial
- Redes de acesso institucionais (escolas, bancos, empresas)
- Redes de acesso móveis

**Lembre-se :**

- largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso?
- Compartilhado ou dedicado?

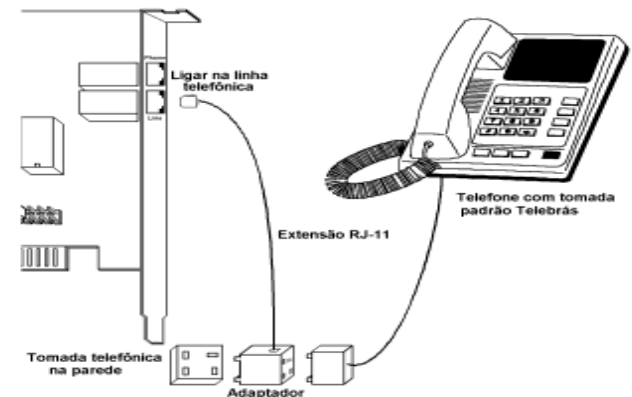




# Acesso residencial: Discado

## Modem discado (dial-up)

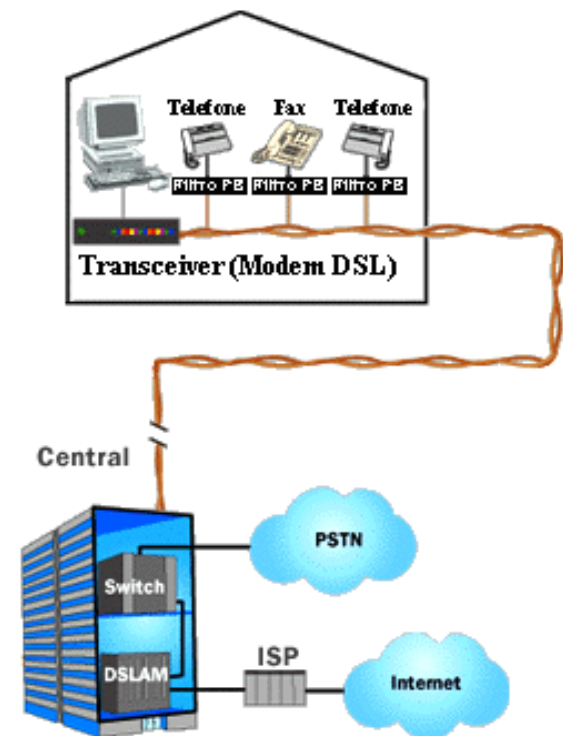
- Até 56 kbps( valor teórico)-> MP3( 3 min)/ Filme (24h)
- Atualmente em desuso( quase histórico)
- Não é possível navegar e telefonar ao mesmo tempo (1 canal de comunicação)
- Acesso não dedicado
  - Linha fica ocupada (e consumindo) durante o acesso.



# Acesso residencial: Banda Larga

## Banda Larga

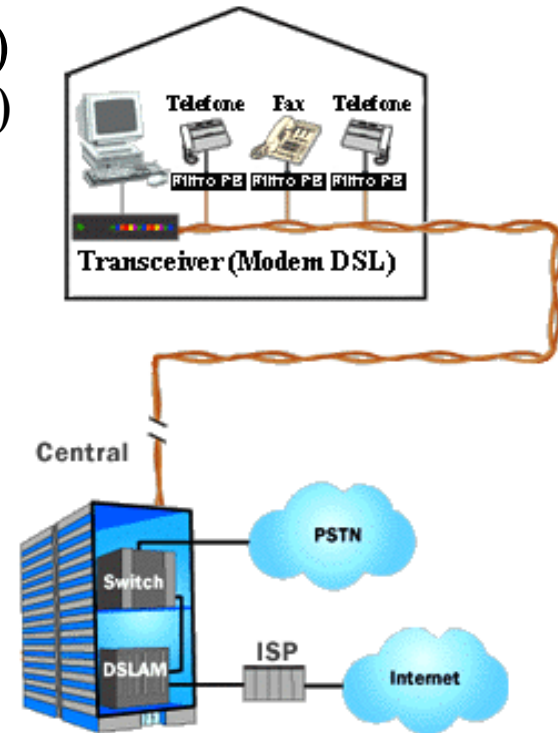
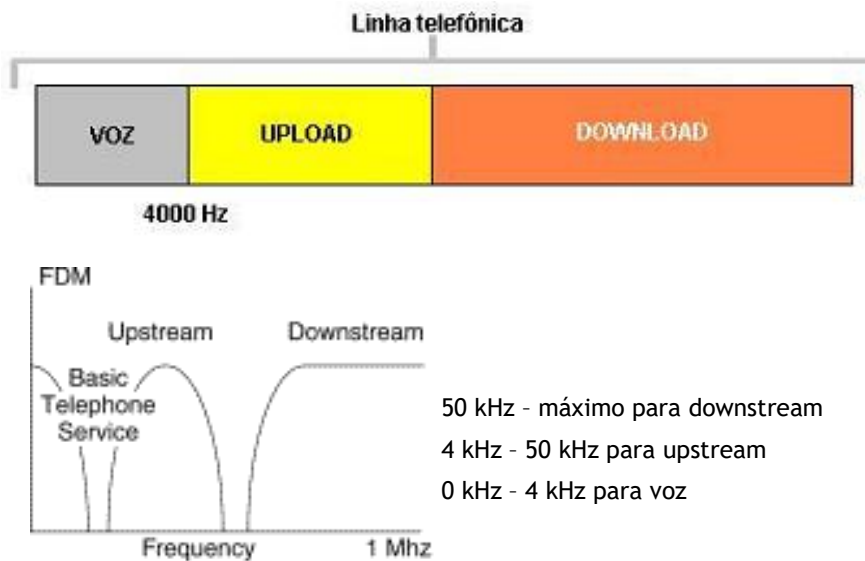
- Acesso mais comum nos dias atuais.
- Algumas dezenas de MBps para cada cliente.
- Normalmente é comercializado em taxas mais baixas do que oferece o enlace.
  - Planos de consumo.
- Ofertado em geral por empresas de telefonia e TV
  - ADSL( velox)
  - HFC( Cabo Telecom)
  - GPON(GVT)



# Acesso residencial: Banda Larga

## ADSL: *Asymmetric Digital Subscriber Line*

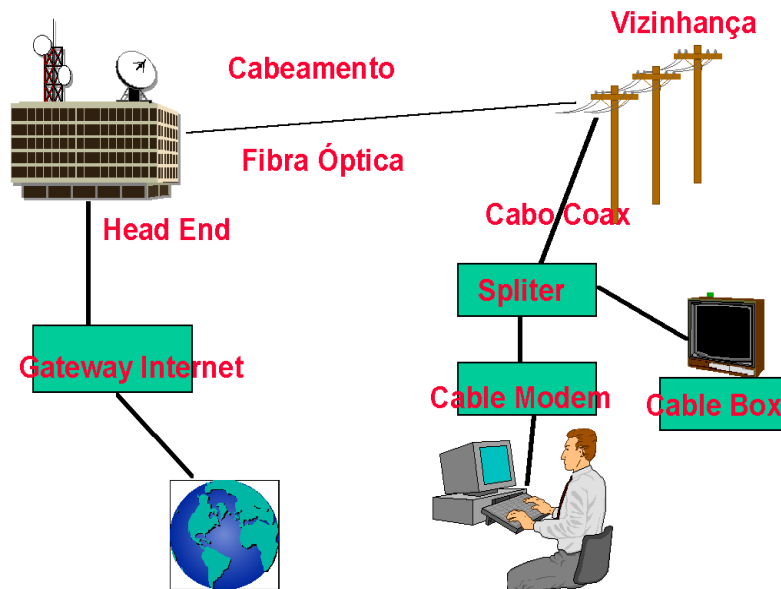
- Até 1 Mbit/s de upstream (hoje < 256 kbps)
- Até 8 Mbit/s de downstream (hoje < 1 Mbps)



Mais informações: [http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito\\_doc/adsl.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/adsl.htm)

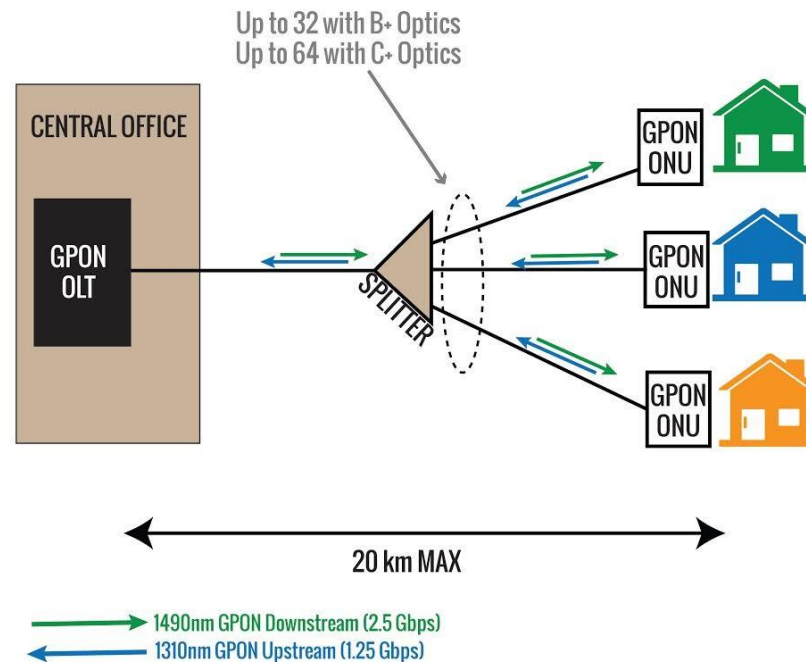
# Acesso residencial: Banda Larga

- **HFC: híbrido fibra e coaxial**
  - Assimétrico: até 30 Mbps upstream, 2 Mbps downstream
- **Rede** de cabo e fibra liga residências ao roteador do ISP
  - Acesso compartilhado das casas de um condomínio ou de um bairro
- Deployment: disponível via companhias de TV a cabo



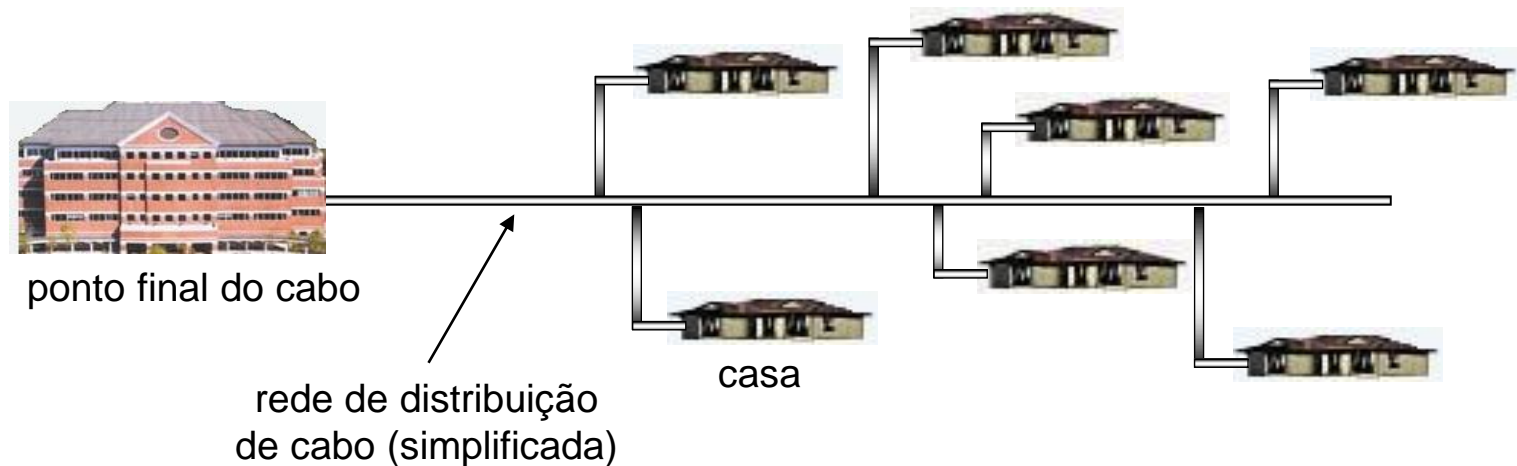
# Acesso residencial: Banda Larga

- **GPON - Gigabit Passive Optical Network**
  - Rede óptica passiva.
  - Capacidade de tráfego assimétrico: 2,5 Gbps downstream 1,25 upstream.

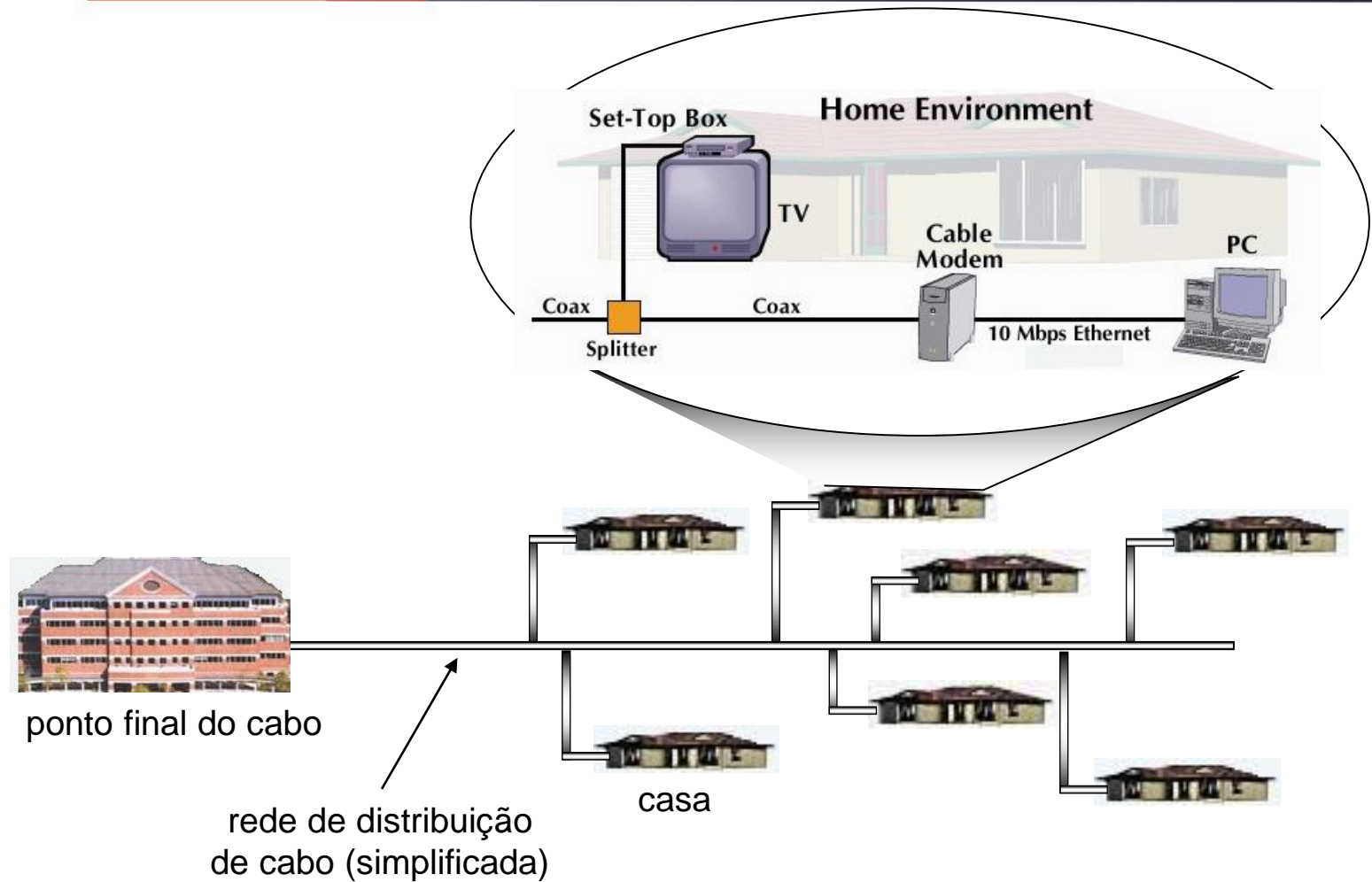


# Arquiteturas de redes a cabo: visão geral

Tipicamente 500 a 5.000 casas

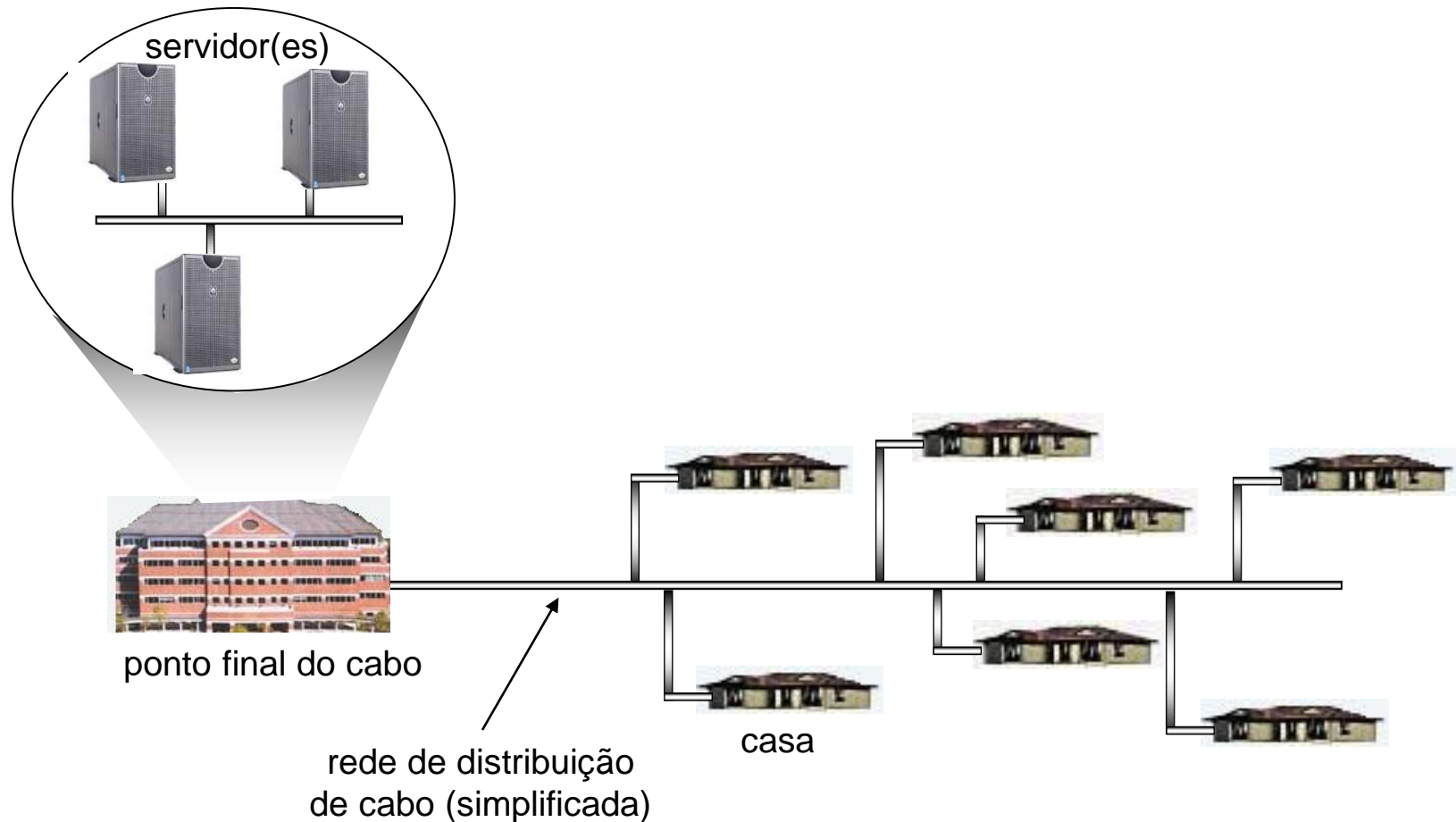


# Arquiteturas de redes a cabo: visão geral



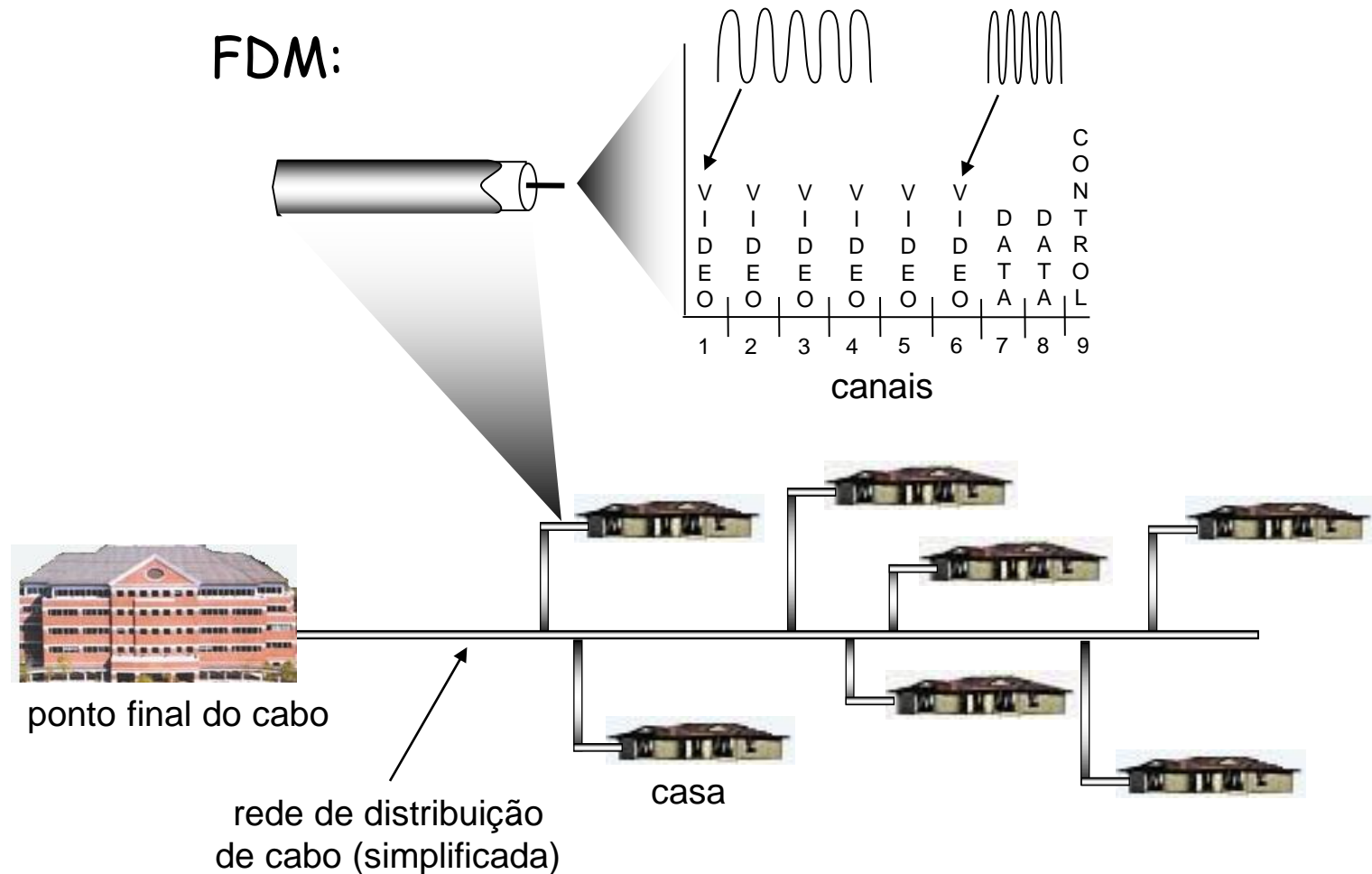


# Arquiteturas de redes a cabo: visão geral





# Arquiteturas de redes a cabo: visão geral



# Acesso institucional: Rede de área local

- A **rede local** (LAN) da companhia/univ conecta sistemas finais ao roteador de acesso
- **Ethernet:**
  - Cabo compartilhado ou dedicado conecta sistemas finais e o roteador
  - 10 Mbs, 100 Mbps, Gigabit Ethernet

# Redes de acesso sem fio

- Rede de acesso sem fio compartilhada conecta sistemas finais ao roteador através de “ponto de acesso” da estação base
- LANs sem fio:
  - 802.11b (WiFi): 11 Mbps
- Wide-area de acesso sem fio
  - Provido pela operadora de telecomunicação
  - 4G
  - 3G ~ 384 kbps
  - WAP/GPRS



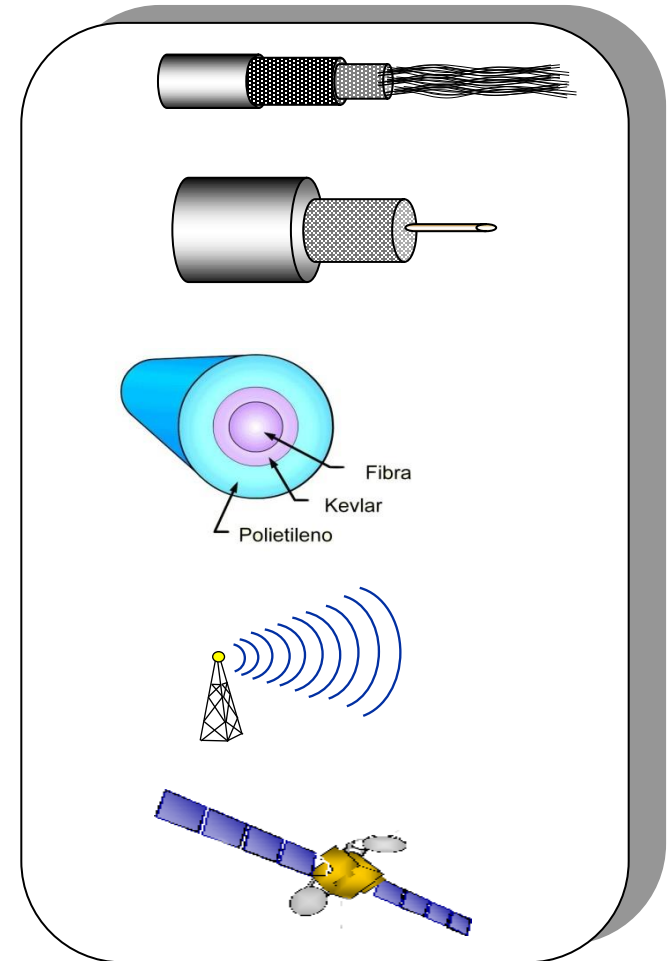
# Redes residenciais

## Componentes típicos de uma rede residencial:

- ADSL ou cable modem
- Roteador/firewall
- Ethernet
- Ponto de acesso sem fio
- Obs: atualmente os componentes 1,2 e 3 podem ser um único equipamento.

# Meios Físicos

- **Bit:** propaga-se entre os pares transmissor/ receptor
- **Enlace físico:** meio que fica entre o transmissor e o receptor
- **Meios guiados:**
  - Os sinais se propagam por meios sólidos com caminho fixo: cobre, fibra
- **Meios não guiados:**
  - Propagação livre, ex.: rádio



# Meios físicos: coaxial, fibra

## Cabo coaxial:

- Dois condutores de cobre concêntricos
- Bidirecional  
banda base:
  - Um único sinal presente no cabo
  - Legado da Ethernet
- Banda larga:
  - Canal múltiplo no cabo
  - HFC



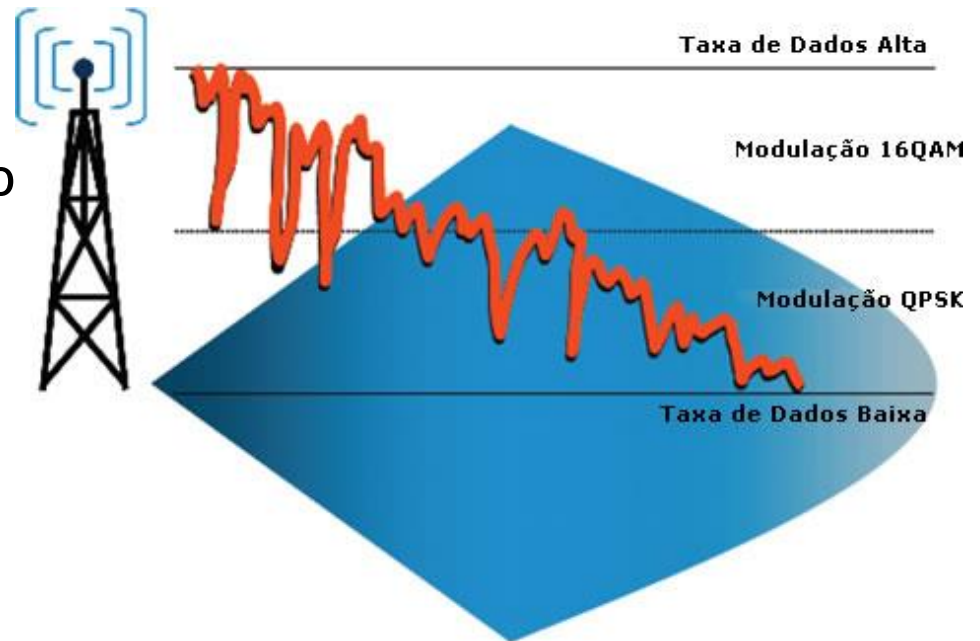
## Cabo de fibra óptica:

- Fibra de vidro transportando pulsos de luz, cada pulso é um bit
- Alta velocidade de operação:
  - Alta velocidade com transmissão ponto-a-ponto (ex.: 5 Gps)
- Baixa taxa de erros:
- Repetidores bem espaçados; imunidade a ruídos eletromagnéticos



# Meio físico: rádio

- Sinal transportado como campo eletromagnético
- Não há fios físicos
- Bidirecional
- O ambiente afeta a propagação
  - Reflexão
  - Obstrução por objetos
  - Interferência



## Tipos de canais de rádio:

- Microondas terrestre
  - Canais de até 45 Mbps

### LAN (ex.: WiFi)

- 2 Mbps, 11 Mbps, 54 Mbps

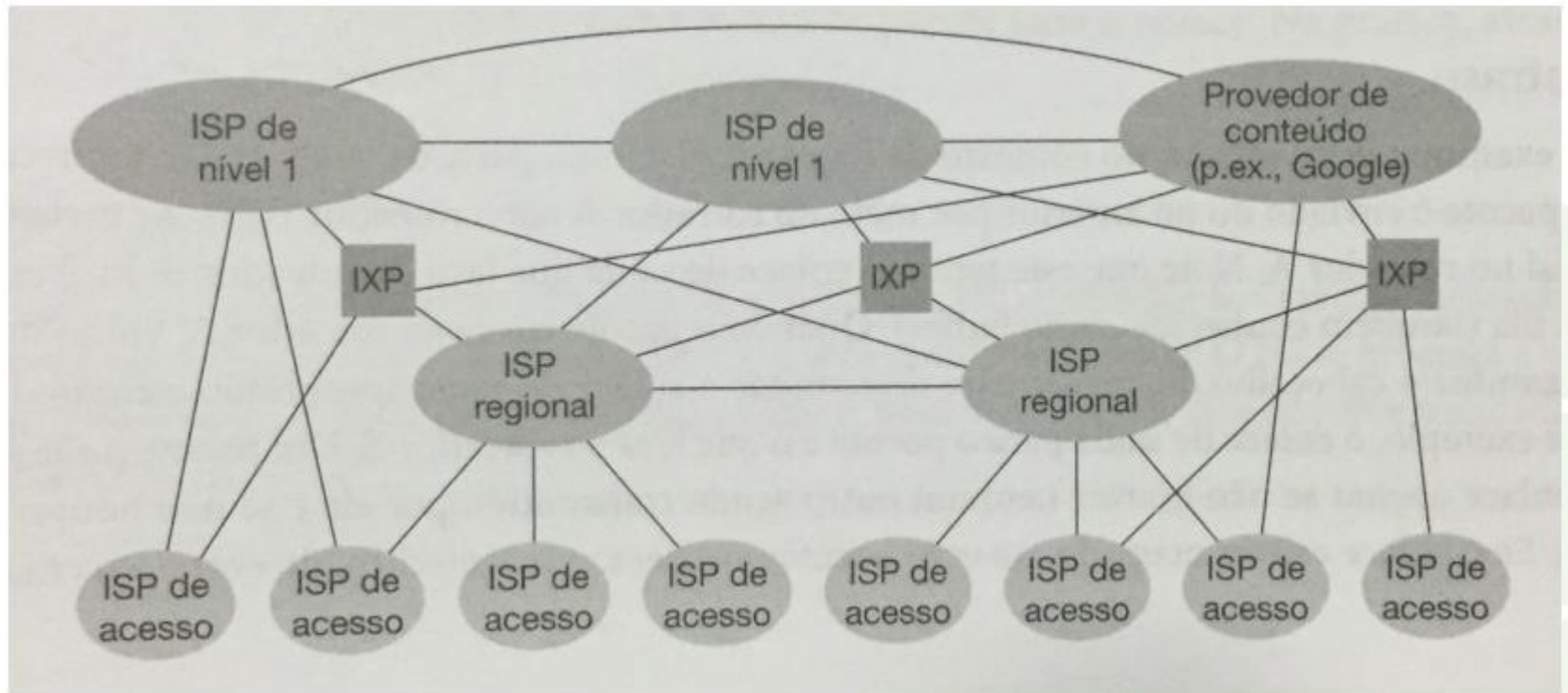
### Wide-area (ex.: celular)

- Ex., 3G: centenas de kbps
- Satélite
  - Canal de até 50 Mbps (ou vários canais menores)
  - 270 ms de atraso fim-a-fim
  - Geossíncrono *versus* LEOS



- Como as redes regionais, nacionais e globais se comunicam?
- **Backbones**
  - Espinha dorsal
  - Termo utilizado para identificar uma rede principal por onde passam diversos clientes.
- Os backbones da internet interligam centenas ou milhares de rede.
  - Domésticas
  - De provedores (ISP = Internet Service Provider)
  - De instituições

# Backbones

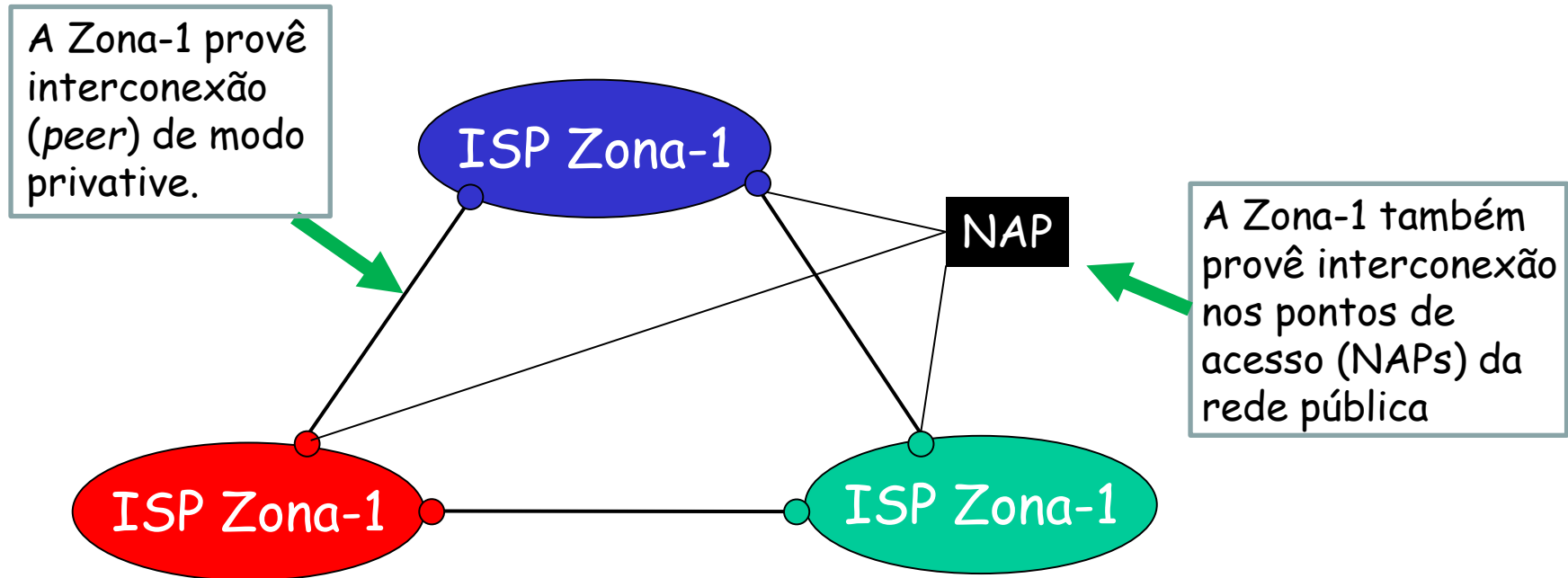


# Estrutura da Internet: rede de redes

- No centro da estrutura: ISPs de “zona-1”

Ex. Sprint, AT&T, Telemar, Embratel.

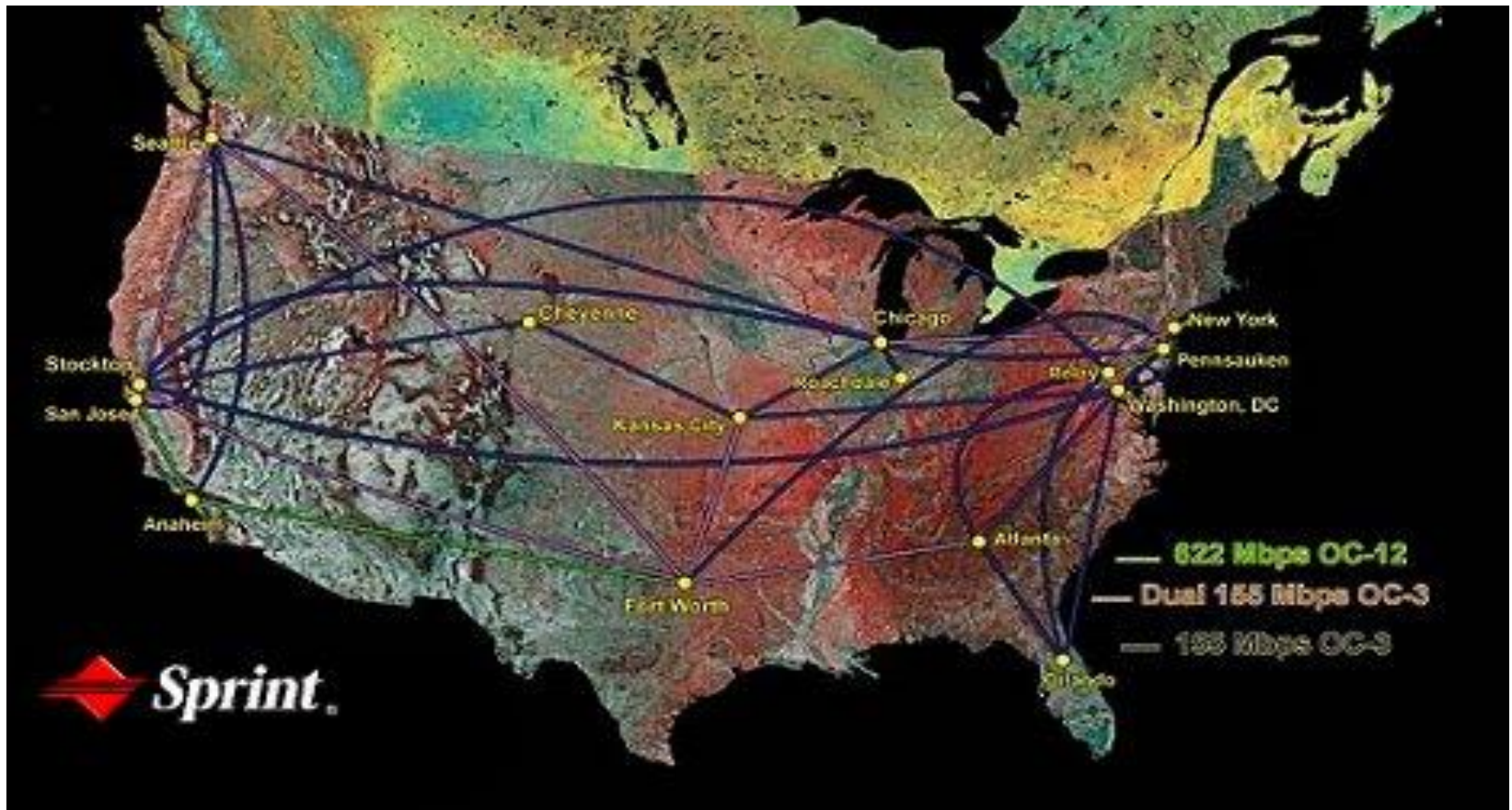
Cobertura nacional/ internacional.



Nap-> Network Access Protection( Proteção de acesso à rede)

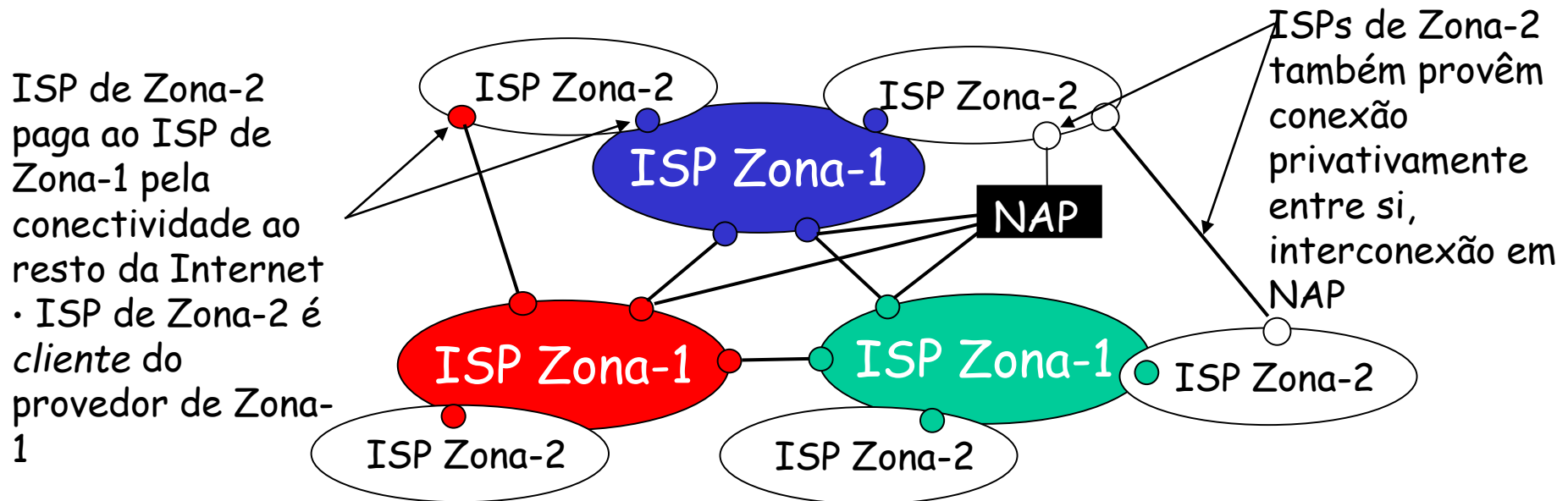
# ISP de Zona-1 ex.: Sprint

Rede de backbone da Sprint US



# Estrutura da Internet: rede de redes

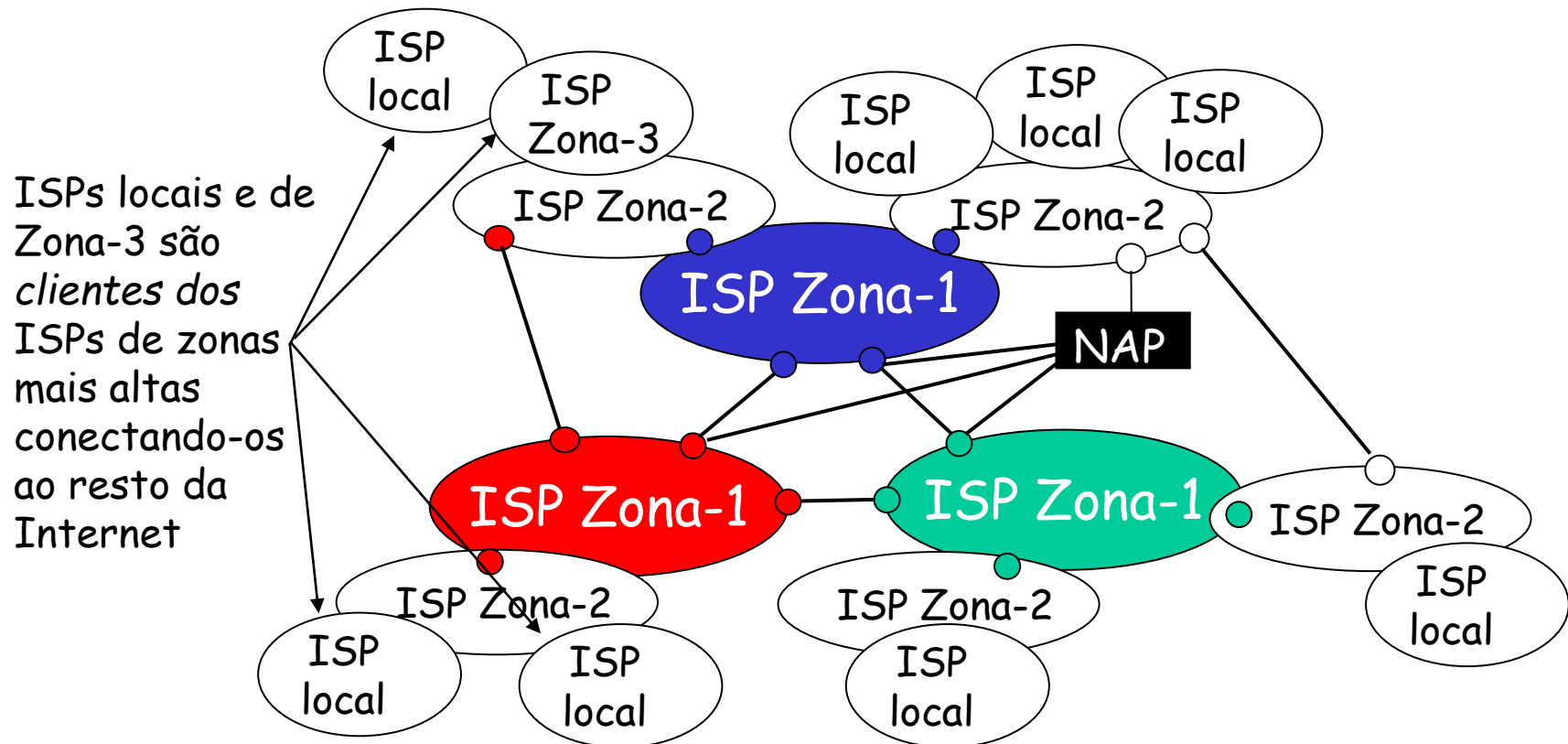
- ISPs de "Zona-2": ISPs menores (frequentemente regionais)
- Conectam-se a um ou mais ISPs de Zona-1, possivelmente a outros ISPs de Zona-2





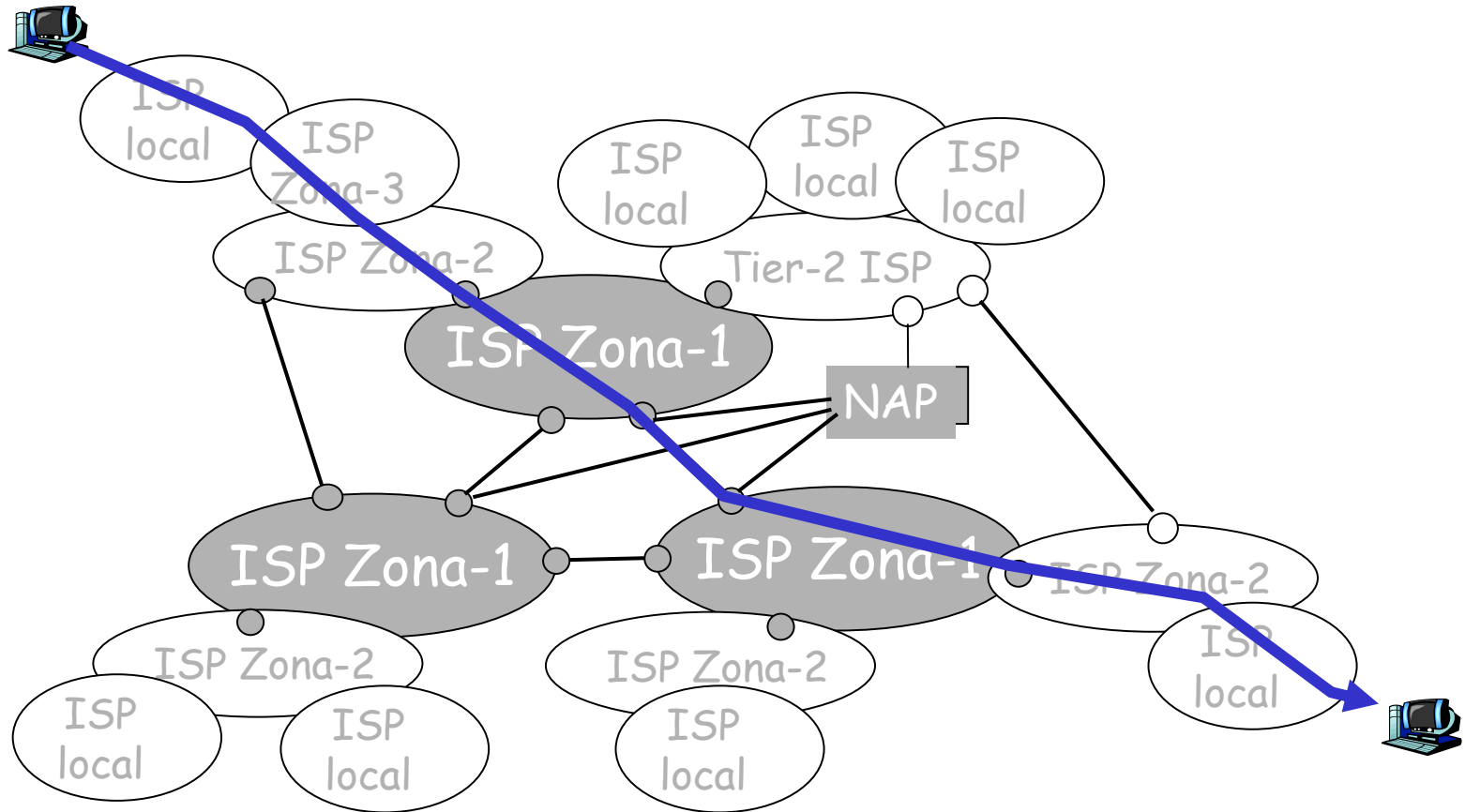
# Estrutura da Internet: rede de redes

- ISPs de “Zona-3” e ISPs locais
  - Última rede de acesso (“hop”) (mais próxima dos sistemas finais)



# Estrutura da Internet: rede de redes

- Um pacote passa através de muitas redes



- Uma informação enviada por uma rede não chega ao seu destino imediatamente.
- O tempo decorrido entre o envio de uma informação até sua efetiva chegada no destino é chamado **atraso**.



- Tipos de atraso
  - Atraso de Processamento;
  - Atraso de Fila;
  - Atraso de Transmissão;
  - Atraso de Propagação.

- **Atraso de Processamento**

- Tempos necessário para examinar o pacote
- Verificar cabeçalho, checagem de erros,...

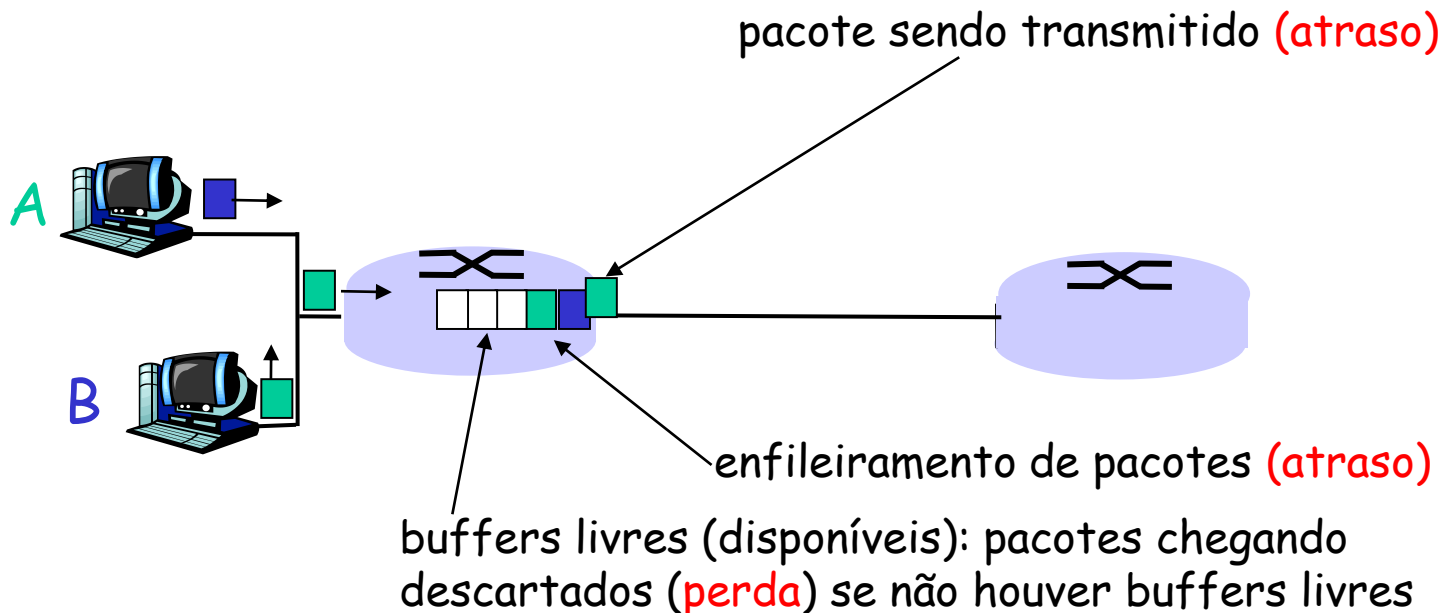
- **Atraso de Fila**

- Tempo de espera para o pacote ser selecionado para transmissão no enlace
- Depende do nível de congestionamento do roteador
  - Perda de pacotes.

# Como perdas e atrasos ocorrem?

## Filas de pacotes em buffers de roteadores

- Taxa de chegada de pacotes ao link ultrapassa a capacidade do link de saída
- Fila de pacotes esperam por sua vez



- Atraso de Transmissão

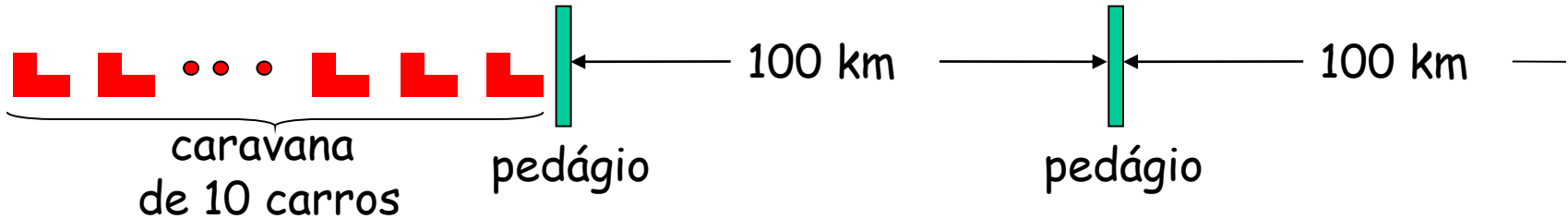
- Tempos para enviar bits do pacote para o enlace
- Atraso de transmissão =  $L/R$ .
  - L= tamanho do pacote, R = Largura de Banda

- Atraso de Propagação

- Tempo necessário para percorrer a distância do meio físico
- Atraso de propagação =  $d/s$ 
  - d= comprimento do enlace
  - s=velocidade de propagação do meio

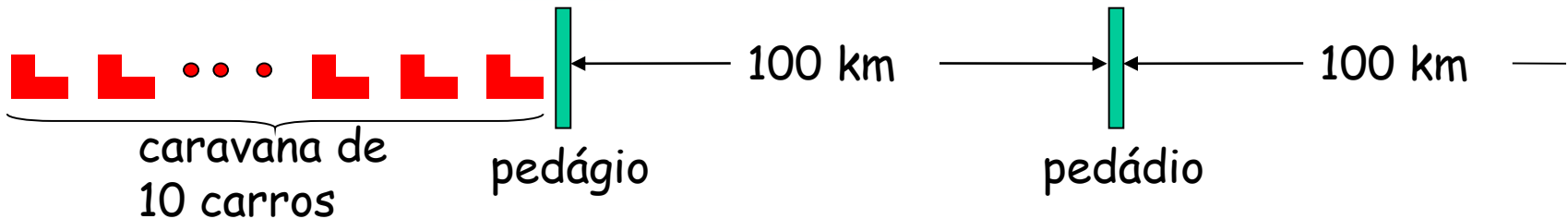
# Atrasos

## Transmissão x Propagação



- Carro = bit; Caravana = pacote
- Carros se viajam a 100 km/h( propagação)
- Pedágios levam 12s para atender um carro (tempo de transmissão)
- Quanto tempo para a caravana chegar ao 2º pedágio?
- Tempo para a caravana toda passar pelo pedágio.  
 $12s \times 10 \text{ carros} = 120 \text{ segundos} = 2 \text{ minutos}$
- Tempo para o último carro ir do primeiro até o 2º pedágio:  
 $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1 \text{ h e } 2 \text{ minutos.}$
- R.: 62 minutos

# Analogia de caravana



- Agora os carros se viajam a 1.000 km/h( propagação)
- Agora o pedágio leva 1 min para atender um carro( transmissão).
- **P.:** Os carros chegarão ao 2º pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no 1º pedágio?
- **R.: Sim!** Após 7 min, o 1º carro está no 2º pedágio e ainda restam 3 carros no 1º pedágio.
- 1º bit do pacote pode chegar ao 2º roteador antes que o pacote seja totalmente transmitido pelo 1º roteador!

- **Atraso Nodal**

- Atraso percebido em cada “salto” do pacote

$$d_{no} = d_{proc} + d_{fila} + d_{trans} + d_{prop}$$

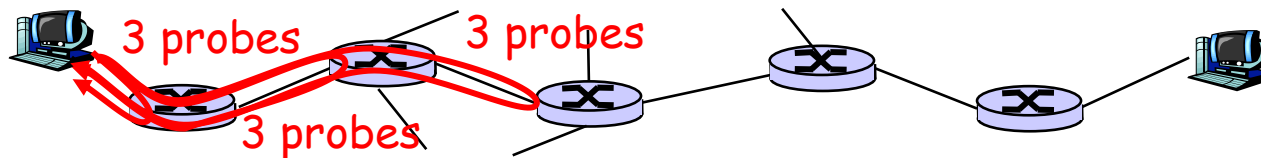
- $d_{proc}$  = atraso de processamento
  - Tipicamente uns poucos microssegundos ou menos
- $d_{fila}$  = atraso de fila
  - Depende do congestionamento
- $d_{trans}$  = atraso de transmissão
  - $= L/R$ , significativa para links de baixa velocidade
- $d_{prop}$  = atraso de propagação
  - Uns poucos microssegundos a centenas de milissegundos

# Atrasos e rotas da Internet “real”

- Como são os atrasos e perdas na Internet “real”?

**Programa Traceroute:** fornece medidas do atraso da fonte para o roteador ao longo de caminhos fim-a-fim da Internet até o destino. Para todo  $i$ :

- Envia três pacotes que alcançarão o roteador  $i$  no caminho até o destino
- O roteador  $i$  retornará pacotes ao emissor
- O emissor cronometra o intervalo entre transmissão e resposta



Obs: probes são mensagens enviadas por um roteador por exemplo com informações sobre utilização de Banda, carga, etc.



# Atrasos e rotas da Internet “real”

Traceroute: gaia.cs.umass.edu to www.eurecom.fr

Três medidas de atraso de gaia.cs.umass.edu para cs-gw.cs.umass.edu

```

1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * *
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms
  
```

link transoceânico

\* sem resposta (perda de probe, roteador não responde)

# Perda de pacotes

- A fila (isto é, buffer) no buffer que precede o link possui capacidade finita
- Quando um pacote chega a uma fila cheia, ele é descartado (isto é, perdido)
- O pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema final do emissor, ou não ser retransmitido