

Universidade Federal de Santa Catarina  
Departamento de Informática e de Estatística  
Curso de Ciência da Computação

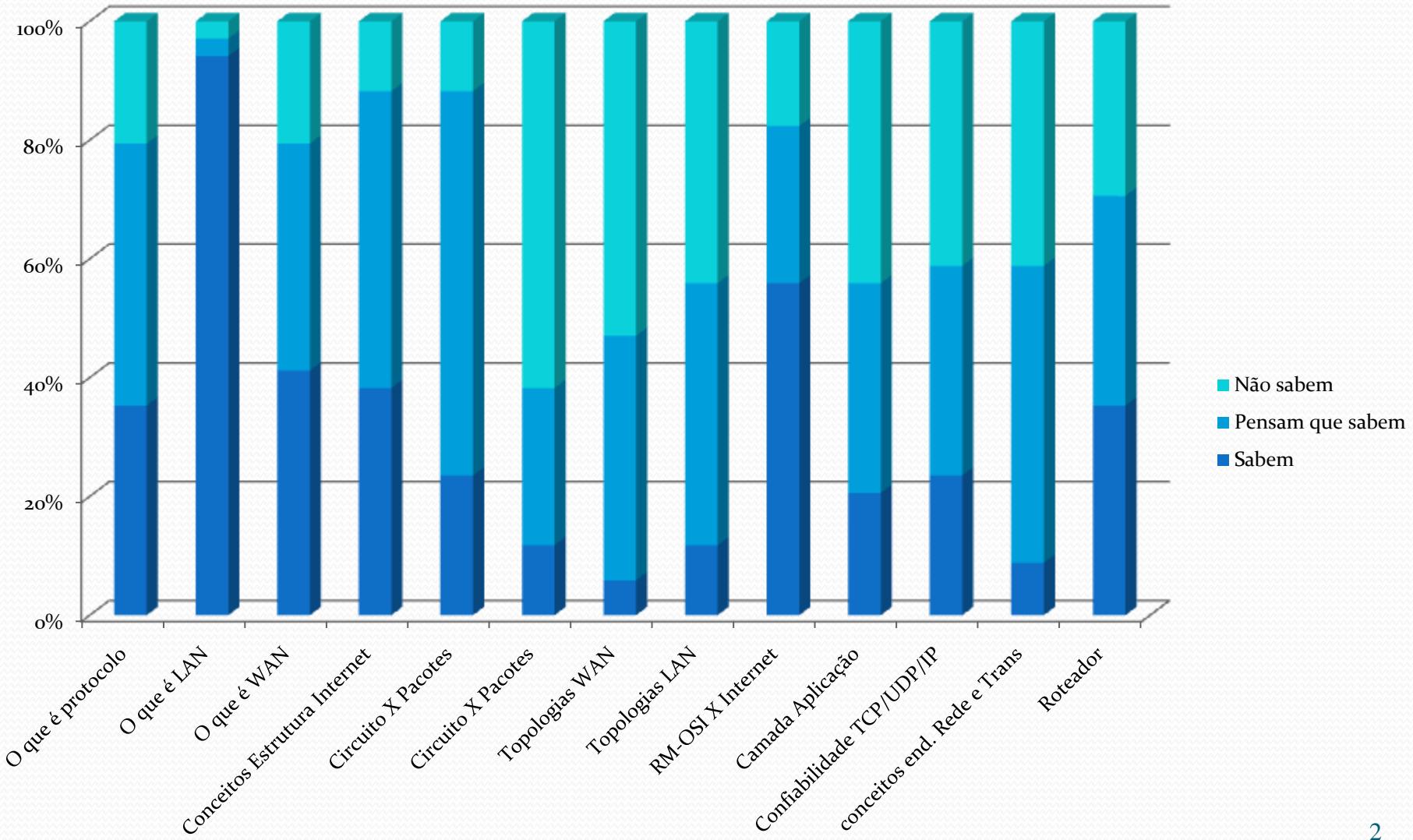


## Capítulo 1

# Introdução às Redes de Computadores

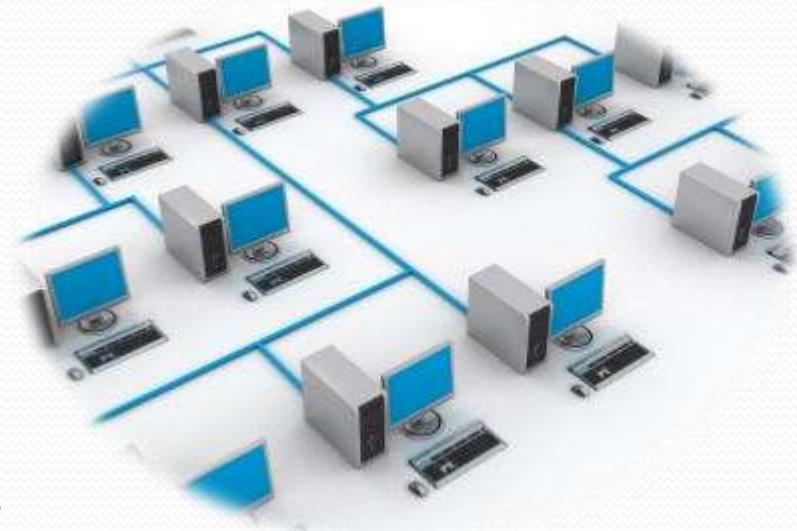
**Prof. Roberto Willrich**  
**INE - UFSC**  
**[willrich@inf.ufsc.br](mailto:willrich@inf.ufsc.br)**

# Da aferição do conhecimento dos alunos



# Plano do Capítulo

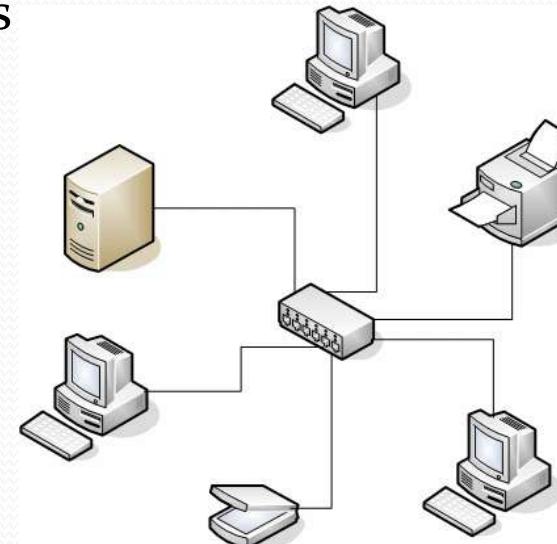
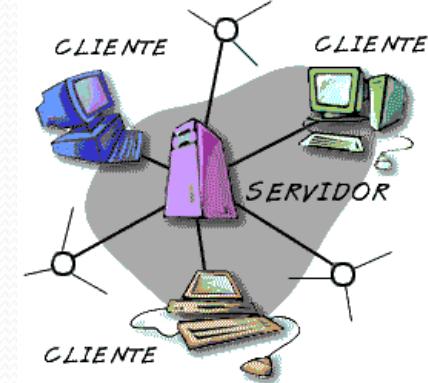
- Motivações para o uso de redes de computadores
- O que é protocolo?
  - Definição de Redes e de Protocolo
- LAN, MAN, WAN?
  - Classificação das Redes
- O que é Internet
  - Estrutura das redes
    - Borda da rede
    - Núcleo da rede
      - Comutação a Circuito e Pacotes
    - Redes de acesso e meios físicos
  - Parâmetros de desempenho



# Motivações para o uso de Redes

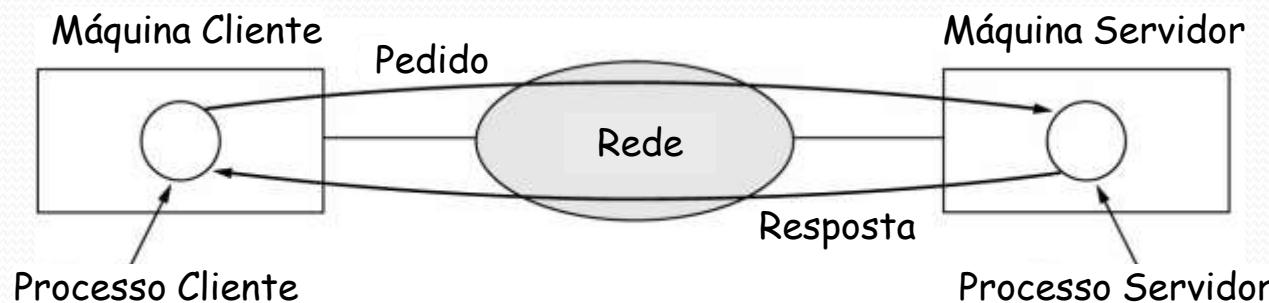
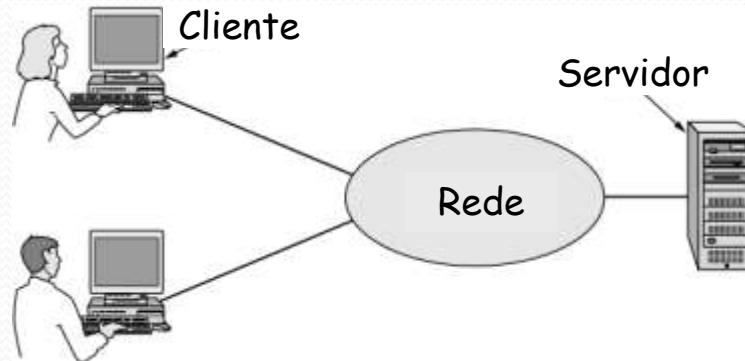
## • Redes Corporativas

- Compartilhamento de Recursos
  - Usando geralmente o **modelo cliente/servidor**
  - Recursos compartilhados: softwares, impressora, disco, scanners, base de dados
    - ao alcance de todos os clientes na rede
    - úteis para usuários ou processos



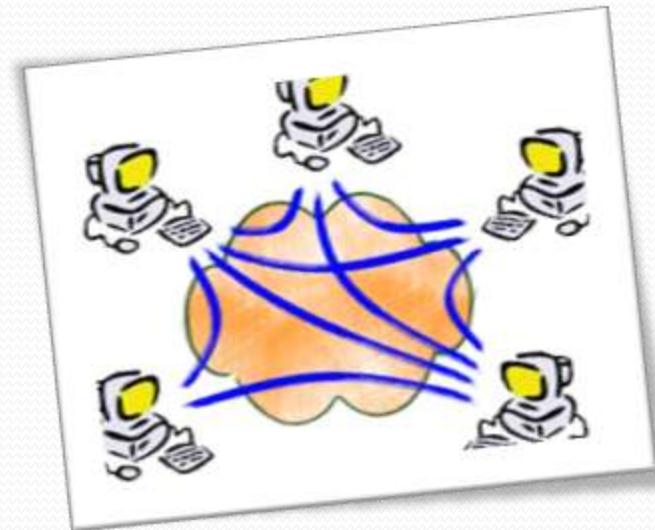
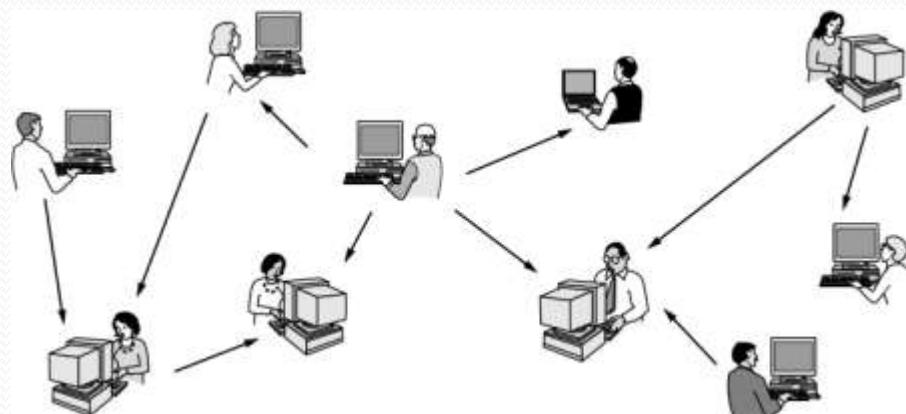
# Motivações para o uso de Redes

- **Modelo Cliente-Servidor**



# Motivações para o uso de Redes

- **Rede par-a-par:**
  - Nós da rede atuam como clientes e servidores



# Motivações para o uso de Redes

- **Redes Corporativas**

- Meio de comunicação
  - Ganho de agilidade na troca de informações.
  - Possibilita o trabalho colaborativo entre os funcionários
- Economia
  - Relação custo/benefício dos pequenos computadores em rede é muito melhor do que a dos computadores de grande porte
    - mainframes são dezenas de vezes mais rápidos do que os computadores pessoais, mas seu preço é milhares de vezes maior.



# Motivações para o uso de Redes

- **Redes para Pessoas**

- Acesso a informações
  - acesso a informações remotas de interesse pessoal, como informações bancárias, notícias, compras on-line, pesquisas diversas em bibliotecas digitais, etc.
- Comunicação pessoa a pessoa
  - troca de mensagens via e-mail, chat, voz sobre IP, vídeoconferência, etc.
- Entretenimento
  - Streaming de vídeo e áudios, jogos em tempo real, etc.

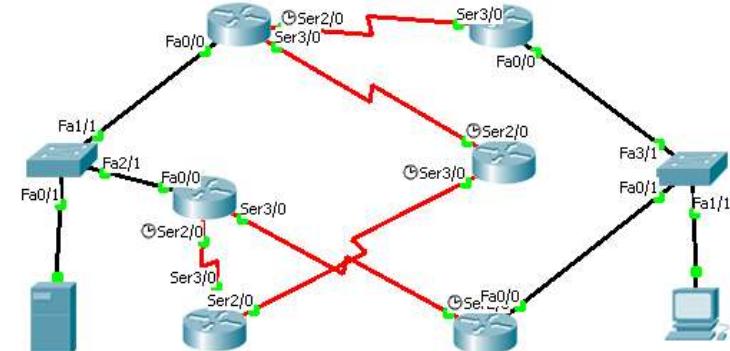


# Definição de Redes de Computadores

**Rede de Computadores** é um sistema formado por um conjunto de nodos processadores capazes de trocar informações e compartilhar recursos, interligados por um sistema de comunicação

- **Sistema de comunicação**

- um arranjo topológico interligando os vários nodos processadores através de enlaces físicos (meios de transmissão)
- um conjunto de regras com a finalidade de organizar a comunicação (protocolos)



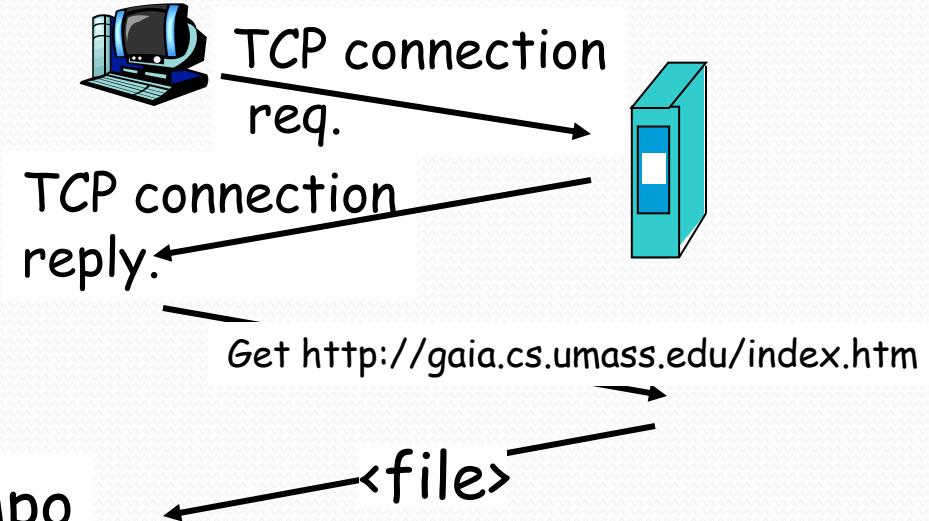
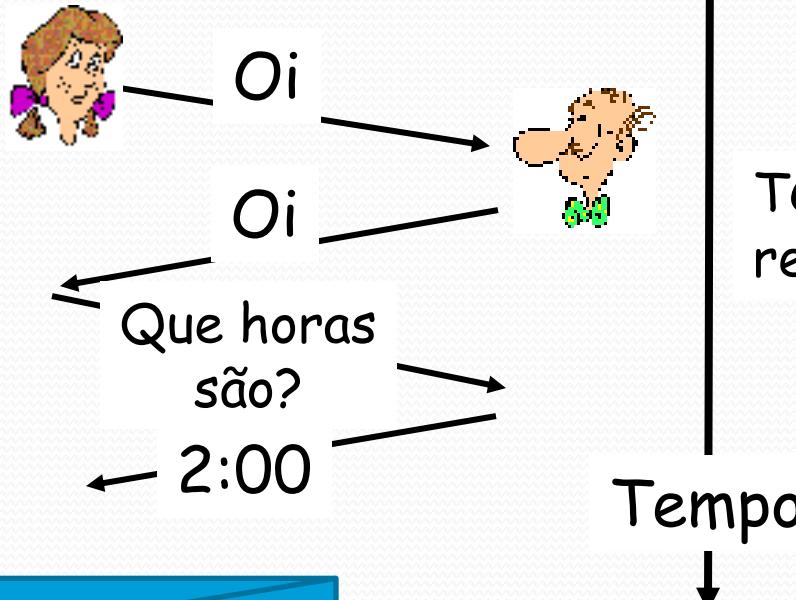
# O que é um protocolo?

- Comunicação humana segue protocolos, onde:
  - msgs específicas são enviadas
  - ações específicas são realizadas quando as msgs são recebidas, ou acontecem outros eventos
  - Exemplos:
    - “que horas são?”
    - “tudo bem?”
    - apresentações
- Protocolos de rede:
  - máquinas ao invés de pessoas
  - todas as atividades de comunicação na rede são governadas por protocolos



# Definição de Protocolo

- Um protocolo humano e um protocolo de redes de computadores



Protocolo define o formato e a ordem das mensagens trocadas entre duas ou mais entidades comunicantes, bem como as ações realizadas na transmissão e/ou no recebimento de uma mensagem ou outro evento.

# Classificação das Redes de Computadores

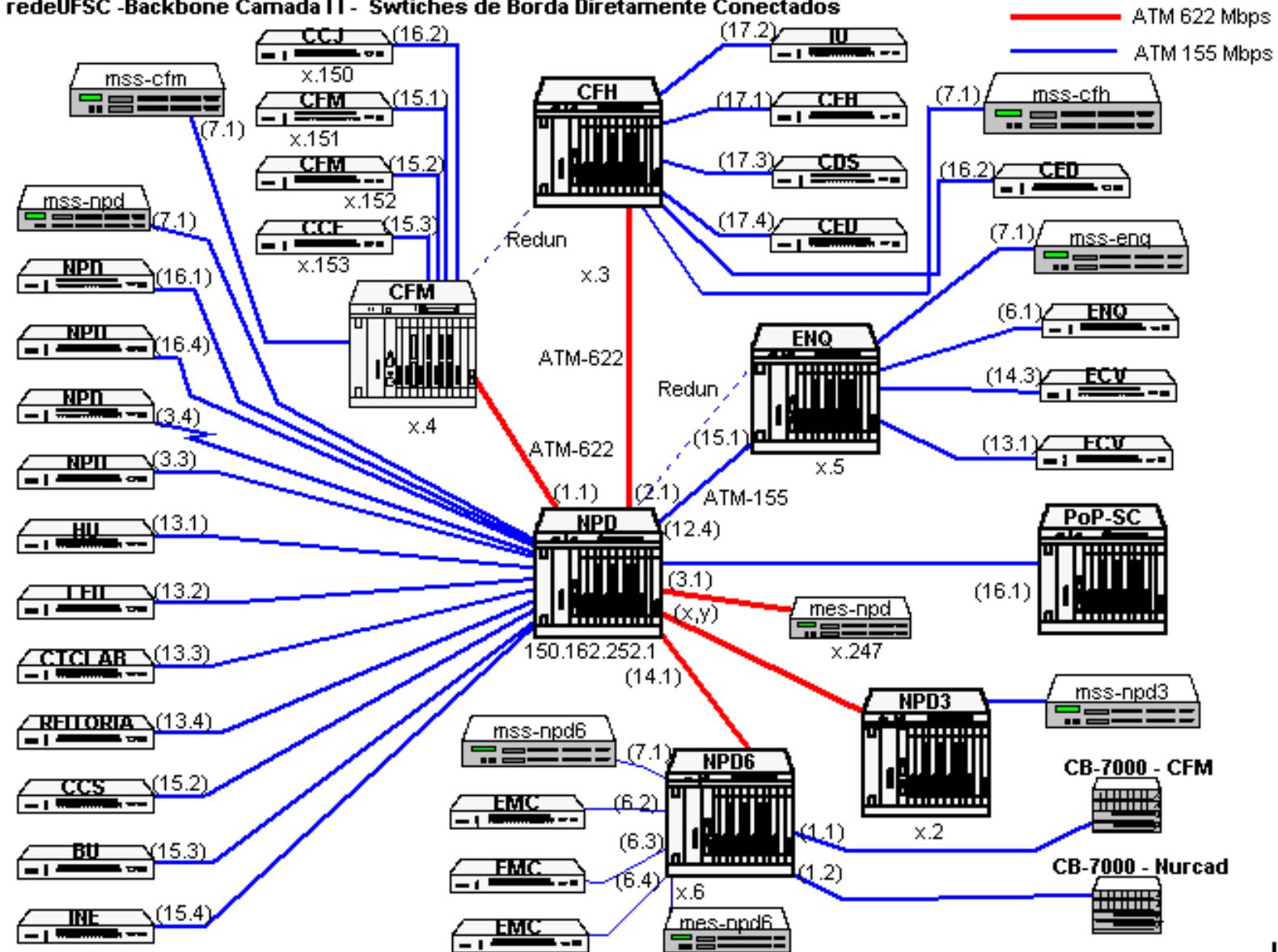
- As redes de computadores podem ser classificadas de acordo com seu alcance geográfico:
  - Redes são ditas **confinadas** quando as distâncias entre os módulos processadores são menores que alguns poucos metros
  - **Redes Locais de Computadores (LANs)** são sistemas cuja distância entre os nodos processadores está na faixa de alguns poucos metros a alguns poucos quilômetros
  - **Redes Metropolitanas (MANs)** são sistemas que cobrem a área de uma cidade
  - Sistemas cuja dispersão é maior do que alguns quilômetros são chamadas **Redes Geograficamente Distribuídas (WANs)**

# Classificação das Redes de Computadores

- **Redes locais (LANs, Local-Area Networks)**
  - Cobre uma ou várias construções localizadas em um mesmo campus
    - é possível utilizar apenas cabos e sistemas de transmissão privados
  - Permite a interconexão de equipamentos de comunicação de dados numa pequena região que são distâncias entre 100m e 25Km
    - embora as limitações associadas às técnicas utilizadas em redes locais não imponham limites a essas distâncias
  - Outras características típicas
    - alta taxas de transmissão (de 10 Mbps a Gbps)
    - baixas taxas de erro (de  $10^{-8}$  a  $10^{-11}$ )

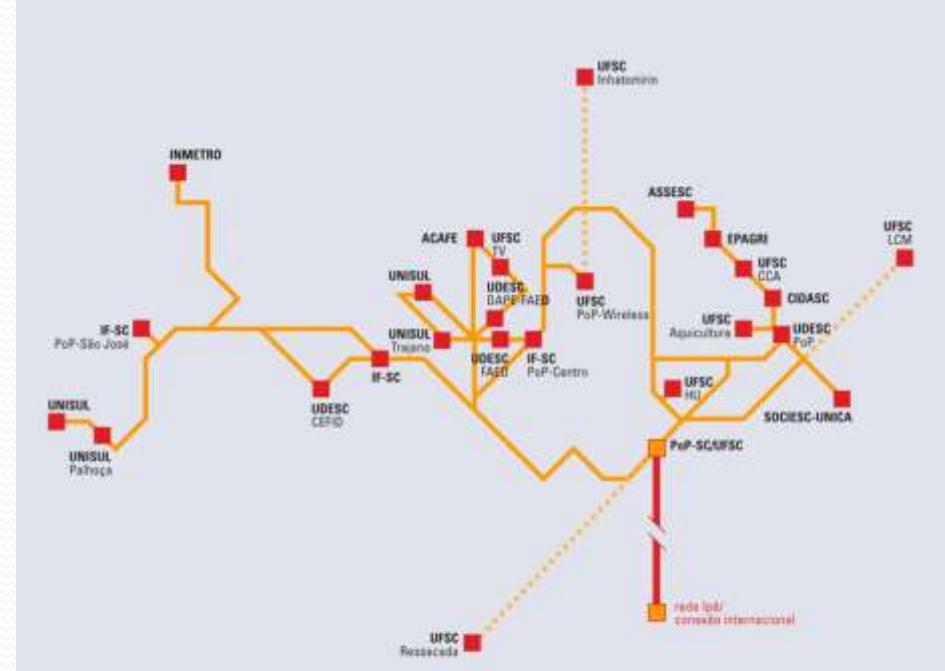
# Rede Campus UFSC

redeUFSC - Backbone Camada II - Swtches de Borda Diretamente Conectados



# Classificação das Redes de Computadores

- **Redes Metropolitanas (MAN, Metropolitan-Area Networks)**
    - Cobrem uma cidade com distâncias abaixo de 200 Km
    - necessita a intervenção de operadoras públicas

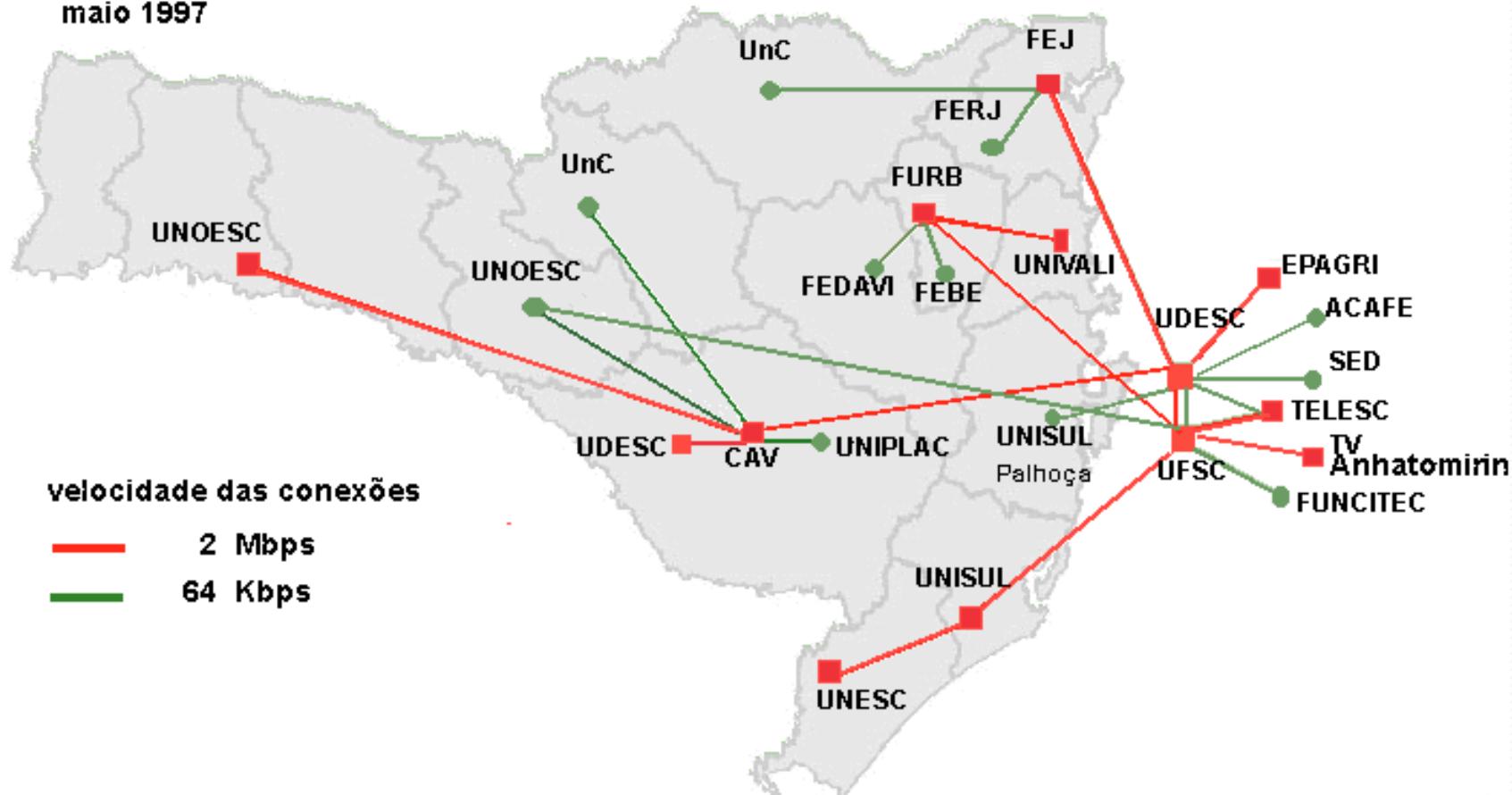


# Classificação das Redes de Computadores

- **Redes de Longa Distância ou Redes Geograficamente Distribuídas (WANs, Wide-Area Networks)**
  - Necessita a intervenção de operadoras públicas
    - Por terem um custo de comunicação bastante elevado
  - Face a várias considerações em relação ao custo
    - É utilizado um arranjo topológico específico e diferente daqueles utilizados em redes locais
  - Caminhos alternativos devem ser oferecidos de forma a interligar os diversos módulos por questão de confiabilidade

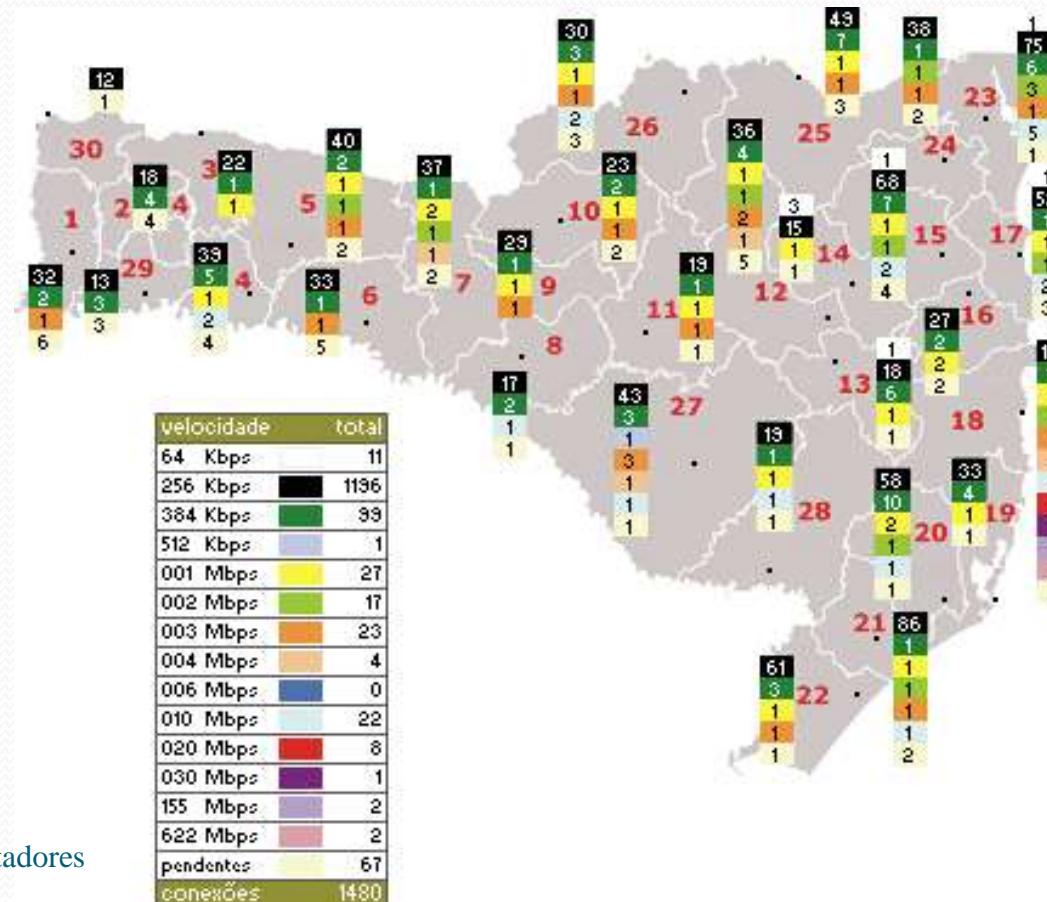
## Rede Catarinense de Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

maio 1997



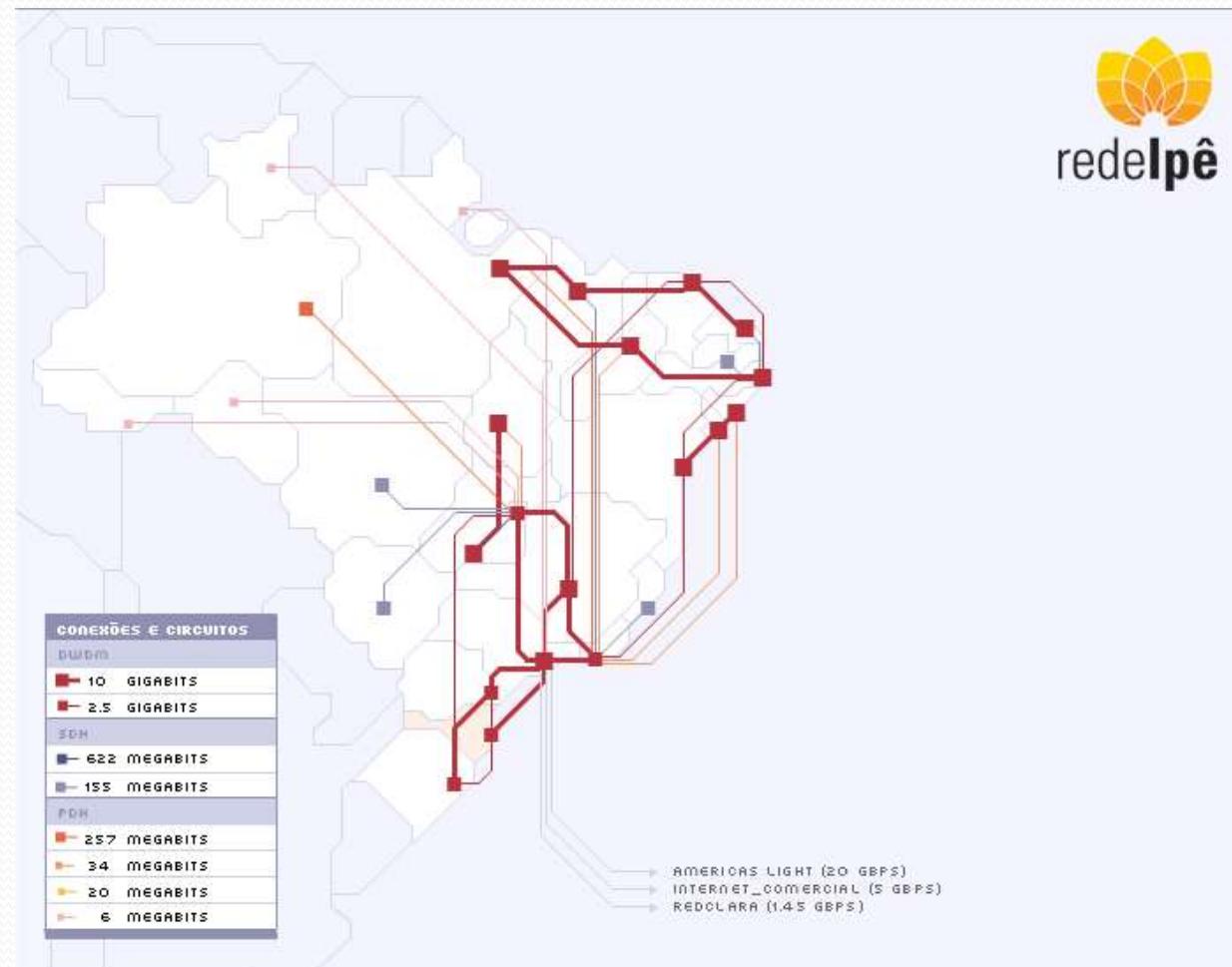
# Exemplos de WANs

- RCT: Estado atual  
(<http://www.rnp.br/redes/estaduais/rct.html>)



# Exemplos de WANs

- Rede Nacional de Pesquisa (RNP)  
<http://www.rnp.br/backbone/index.php>



# Classificação por escala

Distância do interporcessador	Processadores localizados no(a) mesmo(a)
0,1 m	Placa de circuitos
1 m	Sistema
10 m	Sala
100 m	Prédio
1 Km	Campus
10 Km	Cidade
100 Km	País
1.000 Km	Continente
10.000 Km	Planeta

Exemplo

Máquina de fluxo de dados

Multicomputador

Rede Local

Rede Metropolitana

Rede geograficamente distribuída

Inter-rede

# História da Internet - 1957



- Em 1957 a União Soviética lançou ao espaço o primeiro satélite artificial da Terra, o Sputnik.
- O governo norte-americano então criou o Advanced Research Projects Agency (ARPA), uma divisão do Departamento de Defesa para tentar voltar a liderar a corrida espacial.



# História da Internet - 1962

- Devido a iminência de uma guerra nuclear e o fato de os sistemas de defesa serem extremamente dependente dos computadores, a rede de computadores deveria ser extremamente confiável.
- Foi dado inicio ao desenvolvimento de uma rede distribuída, que não dependia de um computador central.

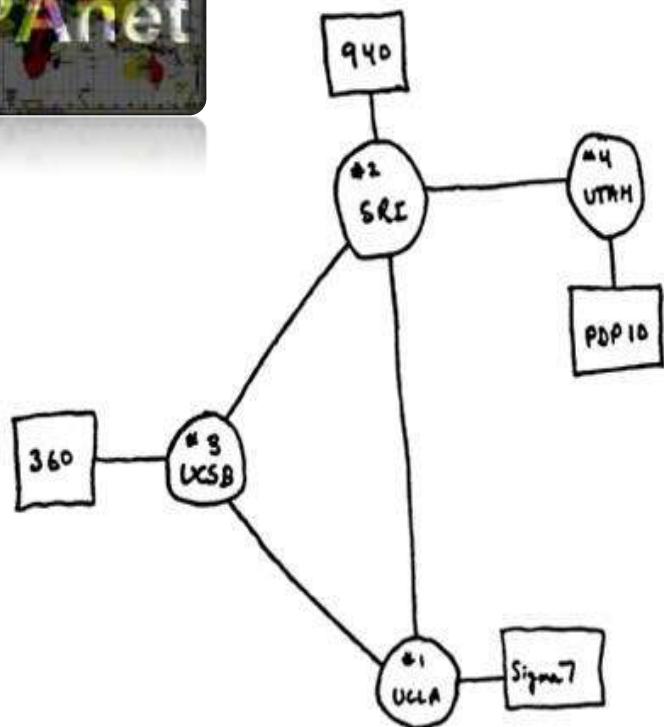


# História da Internet - 1965



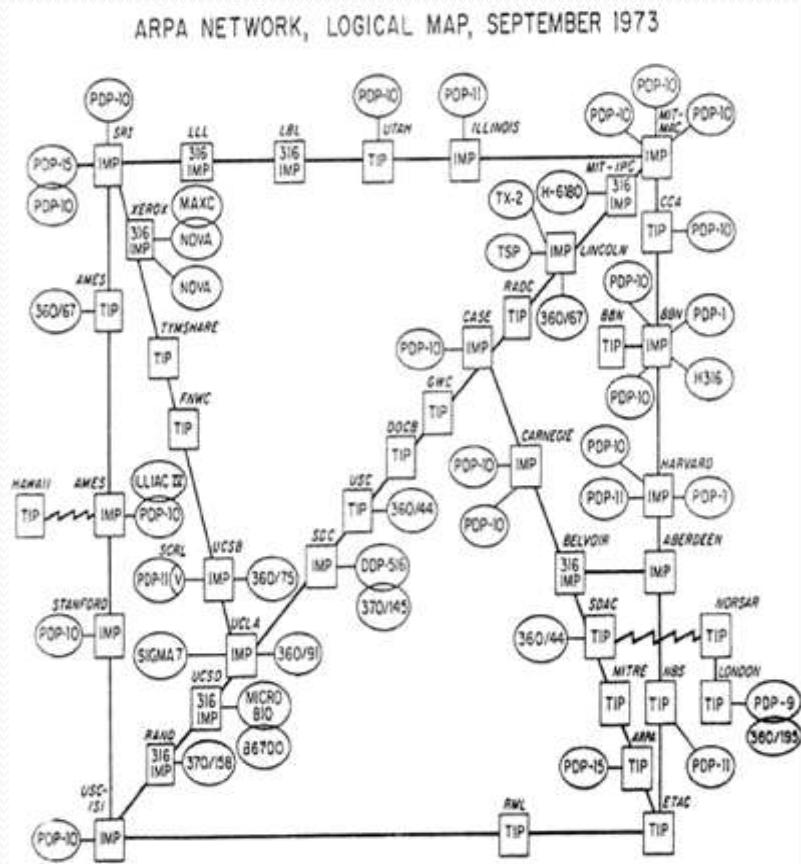
- Foi criado o primeiro mini-computador. Pequeno o suficiente para caber em uma mesa e com preço mais acessível (U\$18.000) foi um grande sucesso comercial.
- Milhares de laboratórios e indústrias tiveram seu primeiro computador instalado.

# História da Internet - 1968



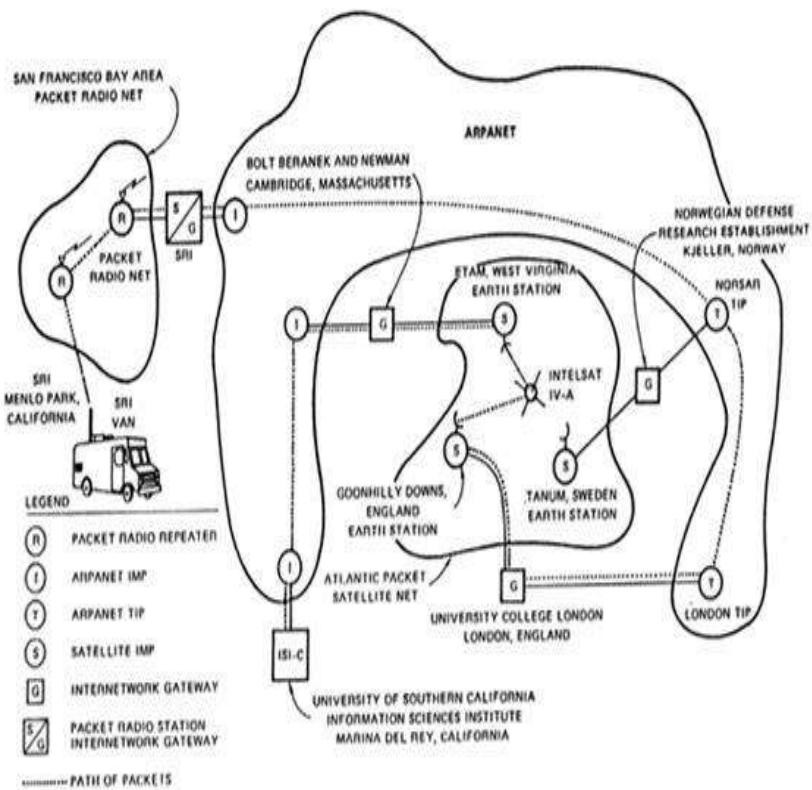
- O sistema de comunicação distribuída entra no ar tendo, no final de 1968, quatro computadores conectados.
- A velocidade máxima de transferência era de 50 Kbps
- Esta criada a ARPANET!

# História da Internet - 1973



- Desenvolvido o primeiro programa de e-mail.
- Primeiro computador internacional conectado (Inglaterra) via rádio
- Surge a necessidade de conectar outras redes na ARPANET e com isso a necessidade de padronização de comunicação (TCP/IP começa a ser desenvolvido).

# História da Internet - 1977



- Protocolo TCP/IP desenvolvido e incorporado no sistema Unix.
- Aumento da velocidade da rede com novos cabos de comunicação.
- Conexão via satélite na rede com o SATNET.
- Integração de outras redes à ARPANET, inicio da internetting
- Primeira conexão do Brasil com a rede ARPANET via ligação telefônica.

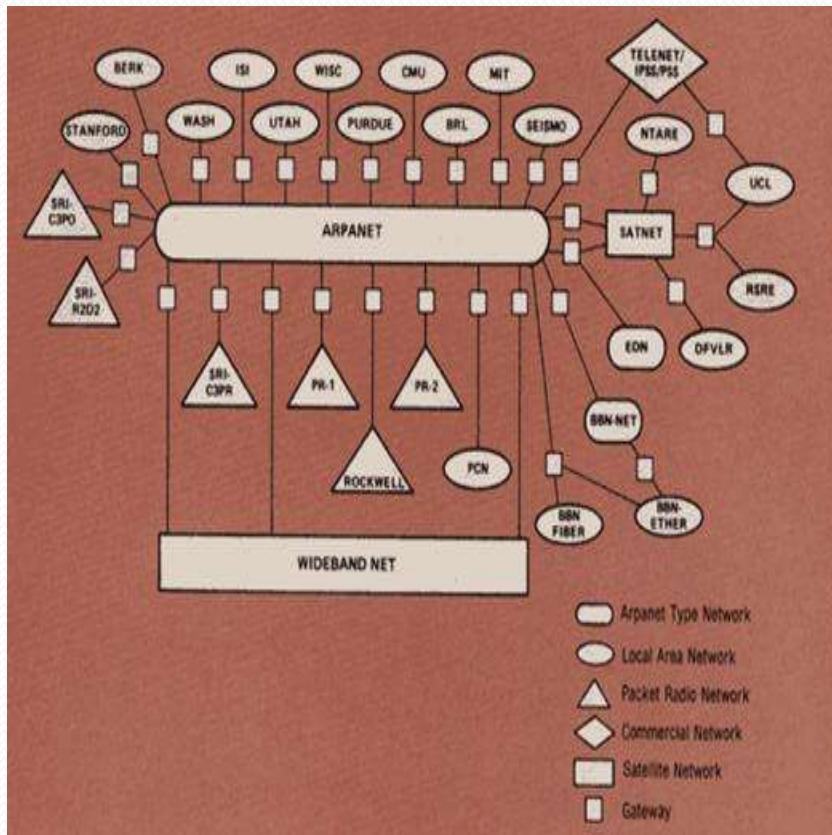
Computadores Conectados: 110

# História da Internet - 1981



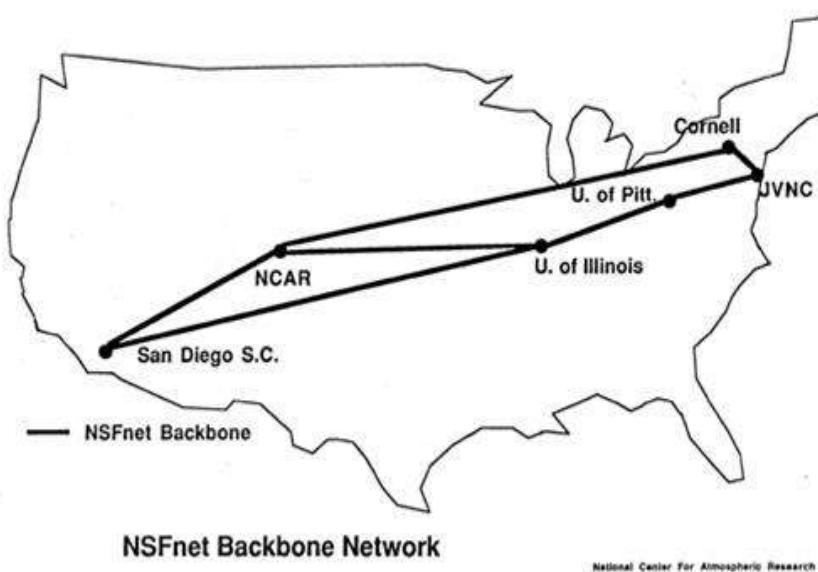
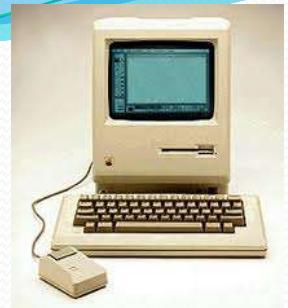
- Criado o IBM-PC com preço acessível para o público.
- Integração de redes universitárias (CSNET e BITNET) à ARPANET.

# História da Internet - 1983



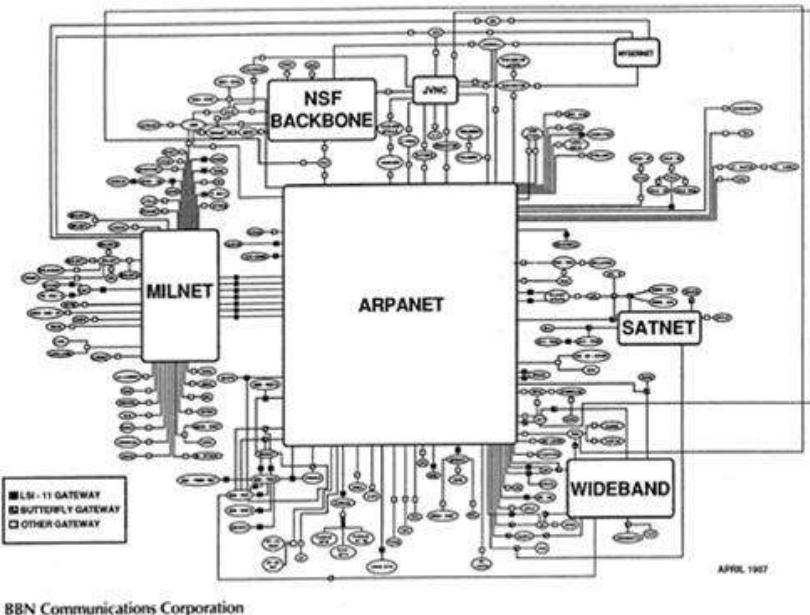
- TCP/IP se torna padrão
- Criado o DNS (Domain Name Service) pela universidade de Wisconsin
  - permitindo que cada computador tenha um nome ao invés de um número

# História da Internet - 1984



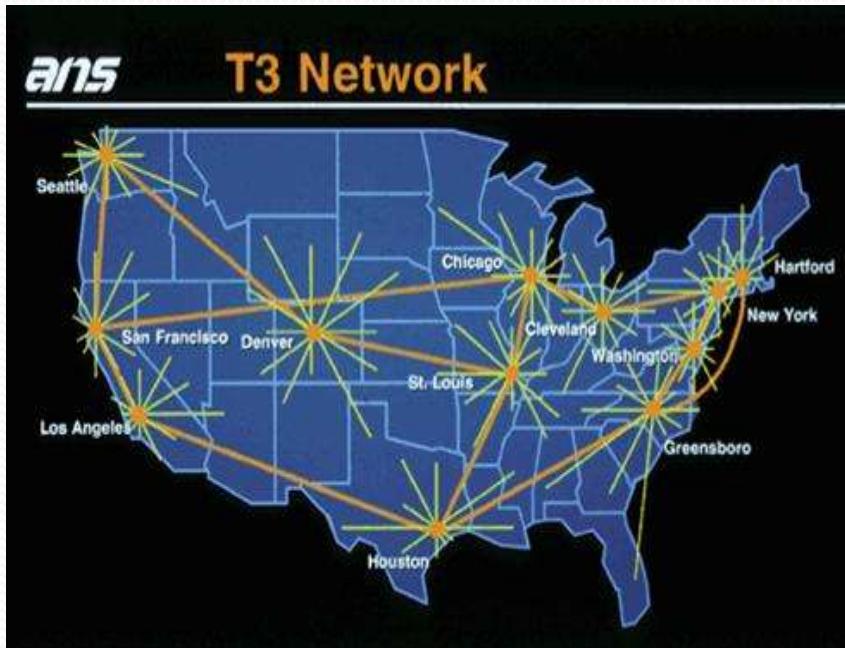
- Apple anuncia o Macintosh
  - um sistema operacional gráfico de fácil usabilidade
- ARPANET dividida em ARPANET e MILNET
- Velocidade de conexão sobe para 1.5Mbps
- Introdução de sufixos nos nomes
  - (.com,.org,.gov,.mil,.edu)

# História da Internet - 1988



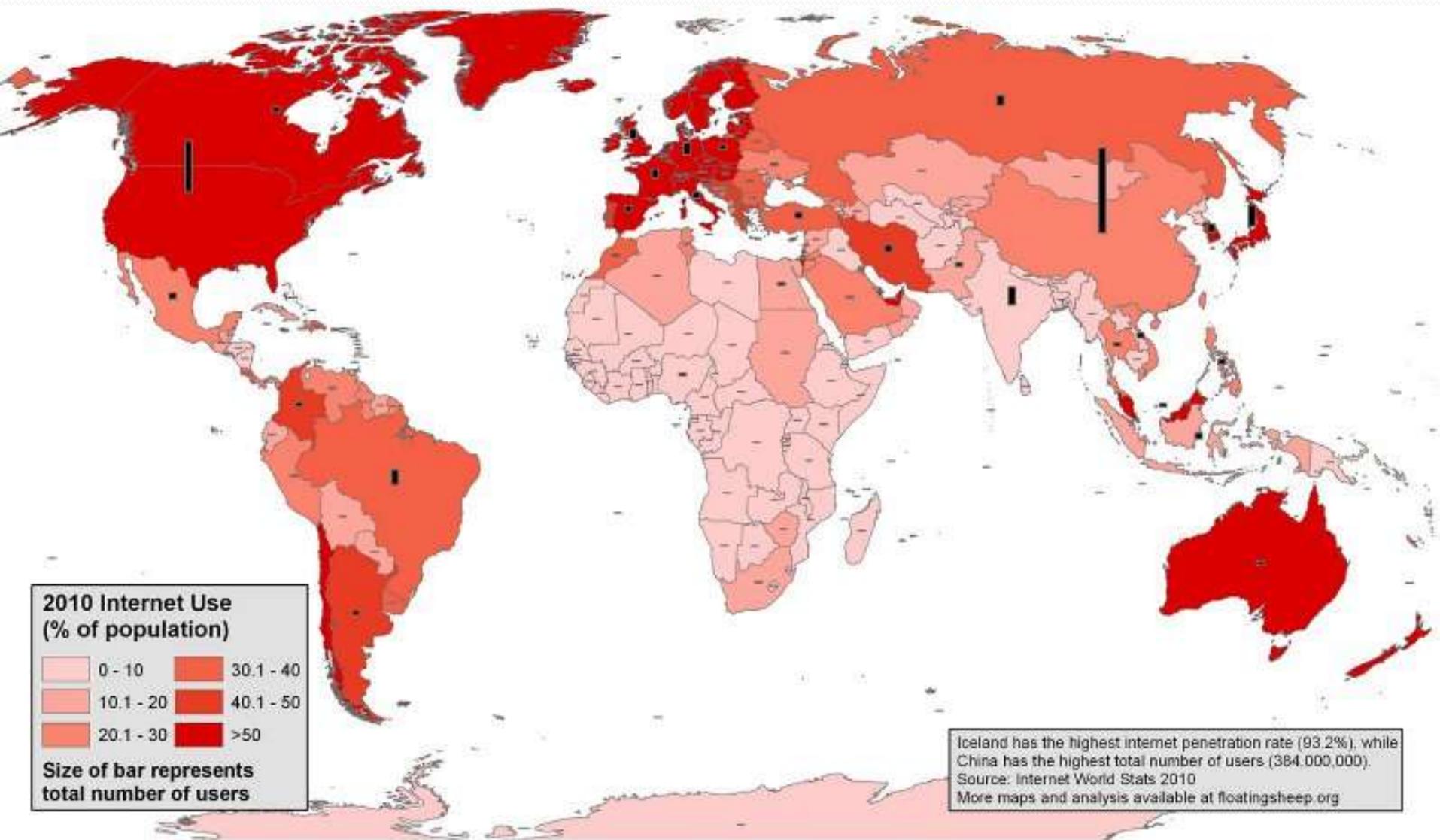
- Devido ao grande crescimento do número de computadores conectados (mais de 56.000) surge a necessidade de aumentar ainda mais a velocidade da rede.
- Conexão de outros países como Canadá, Finlândia, França, Dinamarca, etc...
- Primeiro Vírus na rede (1986).
- Primeira reunião para o estabelecimento de uma rede para fins acadêmicos no Brasil.

# História da Internet - 1991

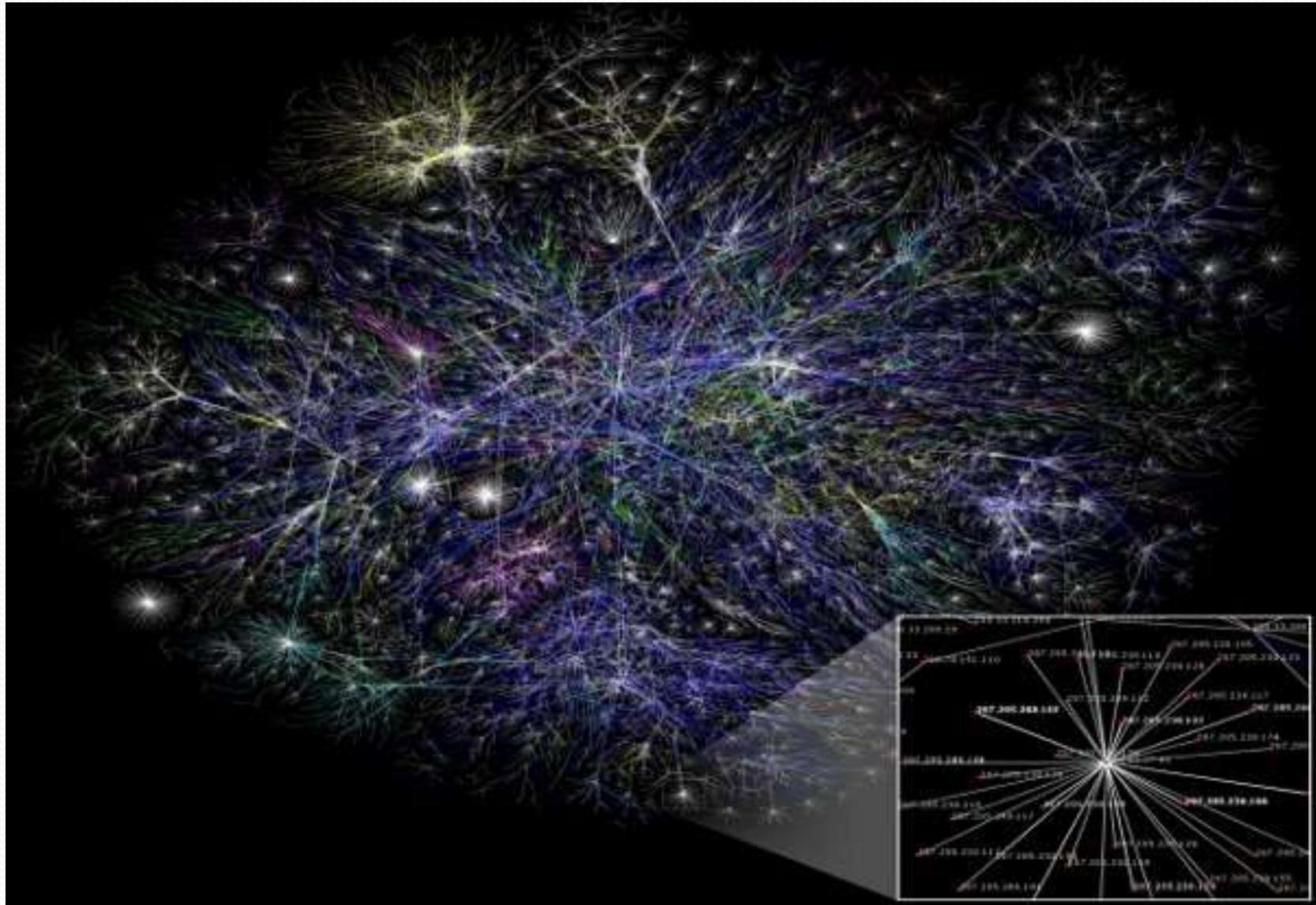


- DARPA fecha definitivamente a rede ARPANET em 1990
- Mais países são conectados (Brasil, Argentina, Chile, Bélgica, Índia, dentre outros)
- É criado o conceito de HTML: Início da World Wide Web - WWW

# História da Internet: Usuários em 2010

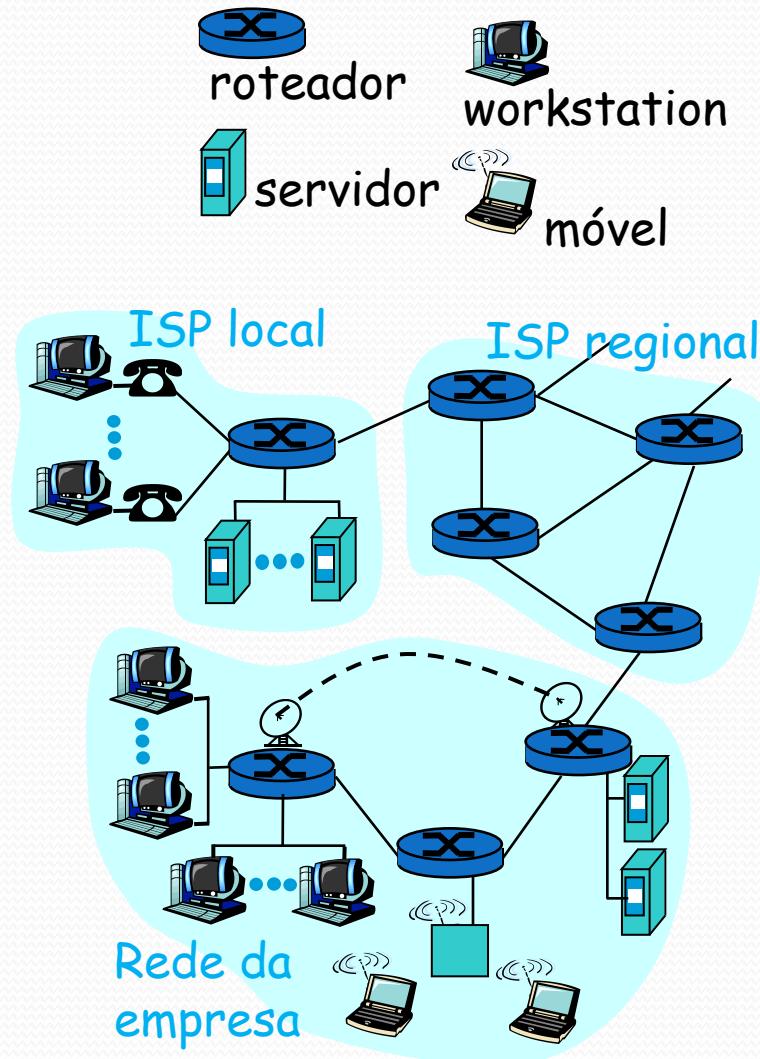


# História da Internet: Capilaridade



# O que é a Internet: visão dos componentes

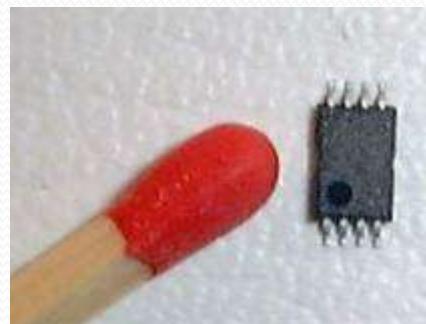
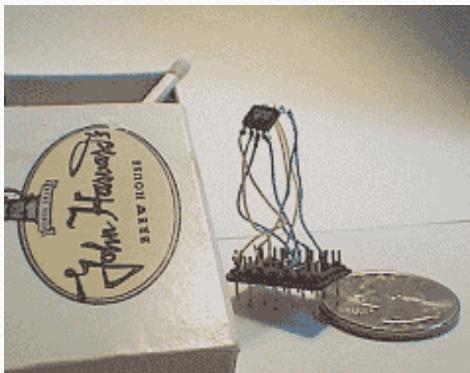
- **Milhões de dispositivos de computação conectados:**
  - Hosts, sistemas finais
    - Estações de trabalho, servidores, celulares, microondas
    - rodando aplicações de rede
  - Enlaces (canais) de comunicação
    - fibra, par trançado, rádio, satélite
  - Roteadores: encaminham pacotes de dados através da rede
  - ISP = Provedoras de Serviço Internet



# Aplicações IP “quentes”



Moldura IP para retratos



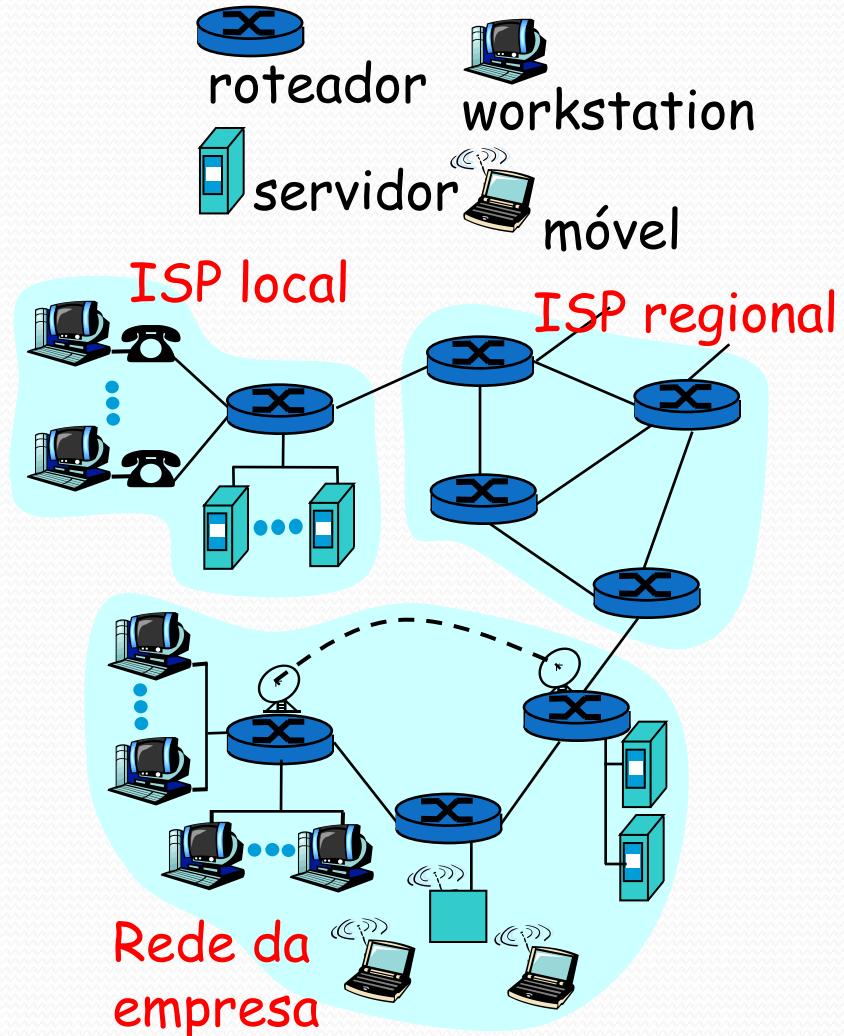
O menor servidor Web do mundo



Torradeira e previsão do tempo pela Web

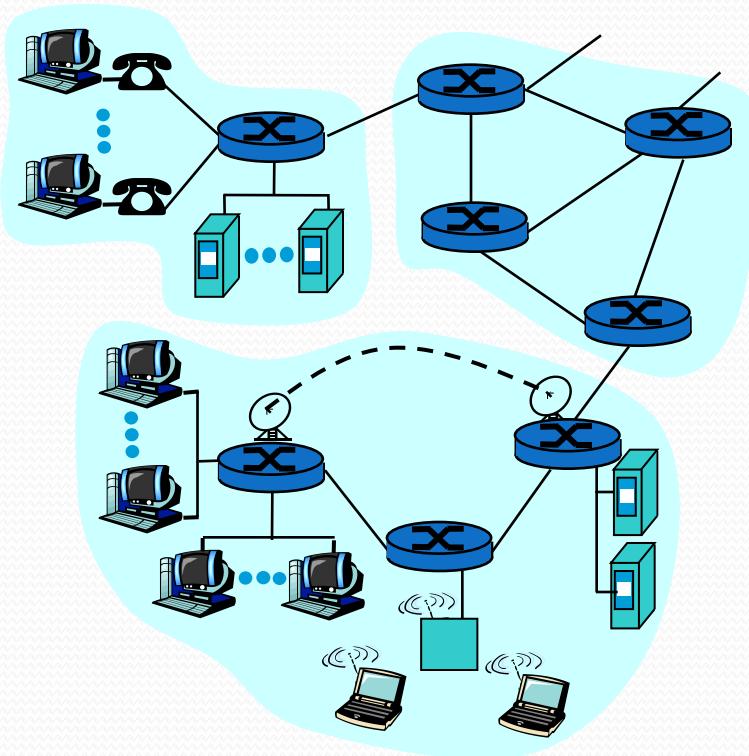
# O que é a Internet: visão dos componentes

- Protocolos: controla o envio e recepção de mensagens
  - ex., TCP, IP, HTTP, FTP, PPP
- Internet: “rede de redes”
  - livremente hierárquica
  - Internet pública versus intranet privada
- Padrões Internet
  - IETF: Internet Engineering Task Force
    - <http://www.ietf.org>
  - RFC: Request for comments
    - <http://www.ietf.org/rfc.html>
    - Ex. RFC 793 Transmission Control Protocol



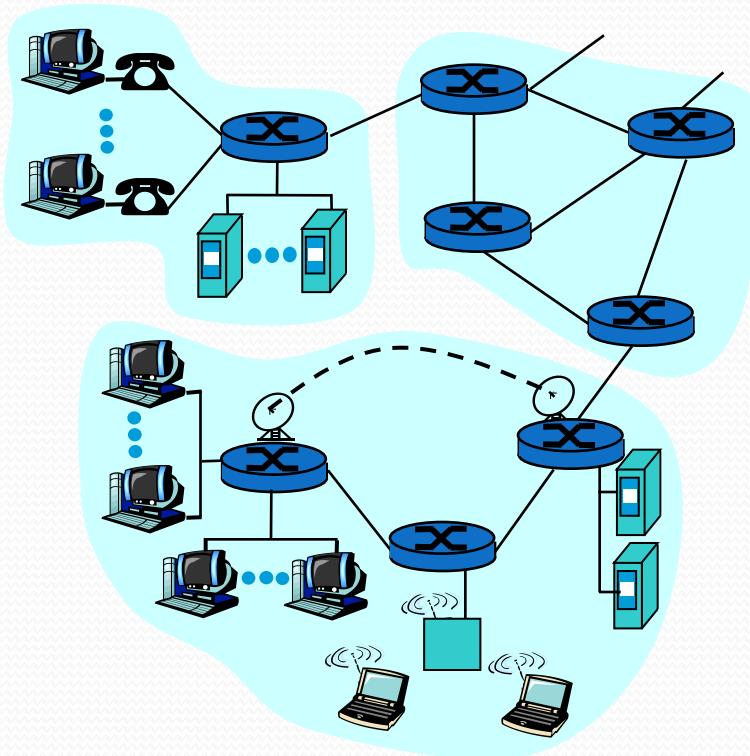
# O que é a Internet: visão dos serviços

- A infra-estrutura de comunicação dá suporte às aplicações distribuídas:
  - WWW, email, jogos, comércio eletrônico, bd., votações, compartilhamento de arquivos
- Serviços de comunicação disponibilizados:
  - sem conexões
  - orientado a conexões



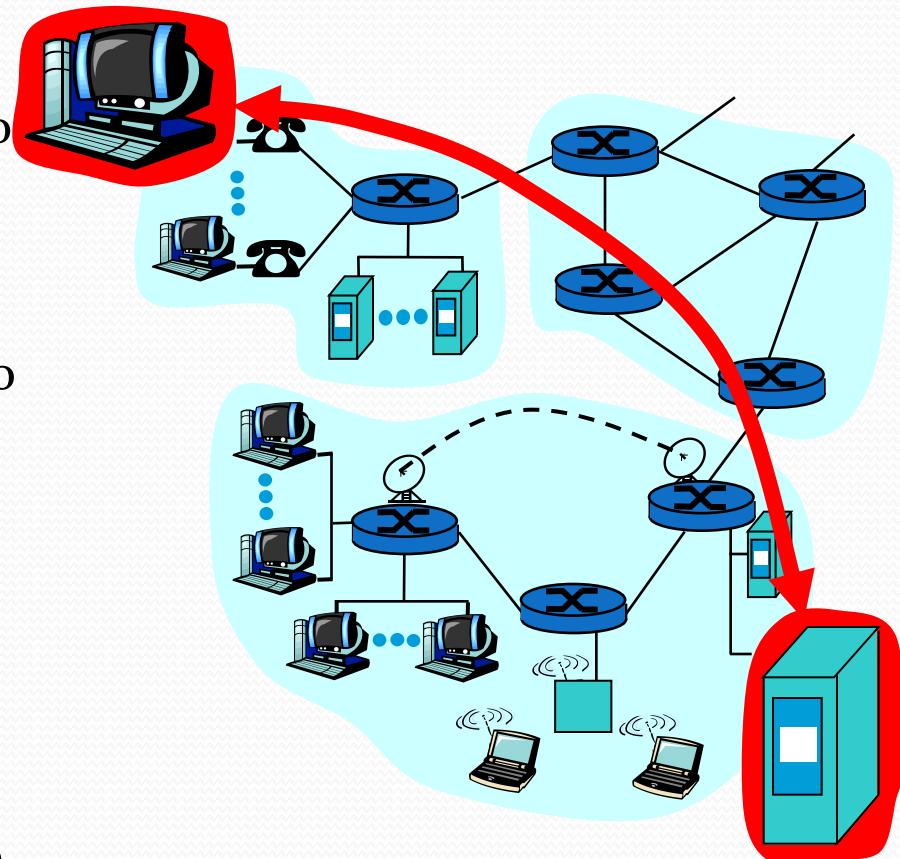
# Uma olhada mais de perto na estrutura da rede:

- Borda da rede: aplicações e hospedeiros (hosts)
- Núcleo da rede:
  - roteadores
  - rede de redes
- Redes de acesso, meio físico: enlaces de comunicação



# A borda da rede:

- Sistemas finais (hosts):
  - rodam programas de aplicação
  - ex., WWW, email
  - na “borda da rede”
- Modelo cliente/servidor
  - host cliente faz os pedidos, são atendidos pelos servidores
  - ex., cliente WWW (browser)/ servidor; cliente/servidor de email
- Modelo peer-peer :
  - interação simétrica entre os hosts
  - ex.: Gnutella (limewire), KaZaA, eDonkey, Kad (emule)



# Borda da rede: serviço orientado a conexões

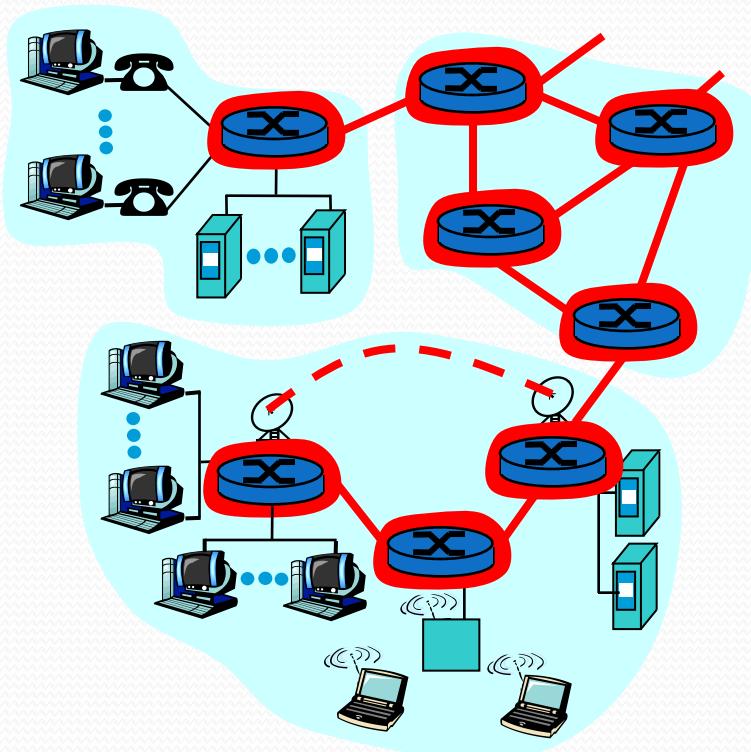
- Objetivo: transferência de dados entre sistemas finais.
- Handshaking: inicialização (prepara para) a transf. de dados
  - Alô, alô protocolo humano
  - inicializa o “estado” em dois hosts que desejam se comunicar
- TCP - Transmission Control Protocol
  - serviço orientado a conexão da Internet
- serviço TCP [[RFC 793](#)]
- Transferência de dados através de um fluxo de bytes ordenados e confiável
  - perda: reconhecimentos e retransmissões
- Controle de fluxo
  - Transmissor não inundará o receptor
- Controle de congestionamento
  - transmissor “diminui a taxa de transmissão” quando a rede está congestionada.

# Borda da rede: serviço sem conexão

- Objetivo: transferência de dados entre sistemas finais
  - mesmo que antes!
- UDP - User Datagram Protocol [[RFC 768](#)]: serviço sem conexão da Internet
  - transferência de dados não confiável
  - não controla o fluxo, nem congestionamento
- Aplicações que usam TCP:
  - HTTP (WWW), FTP (transferência de arquivo), Telnet (login remoto), SMTP (email)
- Aplicações que usam UDP:
  - streaming media, teleconferência, telefonia Internet

# O Núcleo da Rede

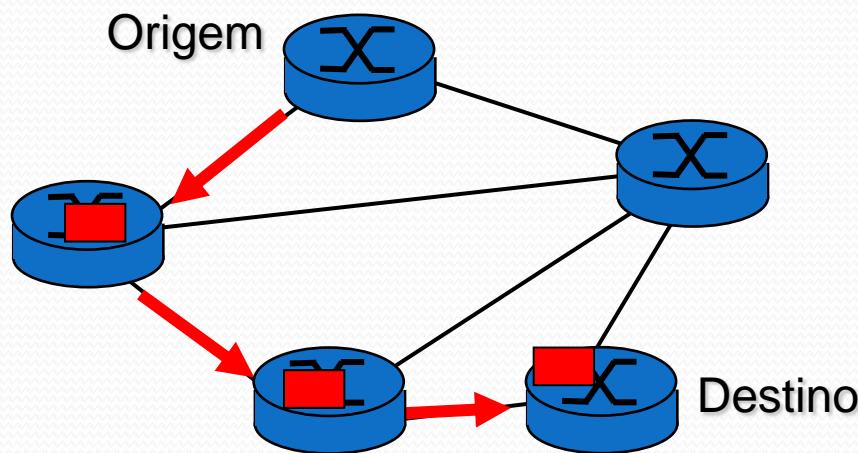
- Malha de roteadores interconectados
- A pergunta fundamental: como os dados são transferidos através da rede?
  - Comutação de circuitos: circuito dedicado por chamada (ex. rede telefônica)
  - Comutação de mensagens
  - Comutação de pacotes



# O Núcleo da Rede

## • Comutação de mensagens

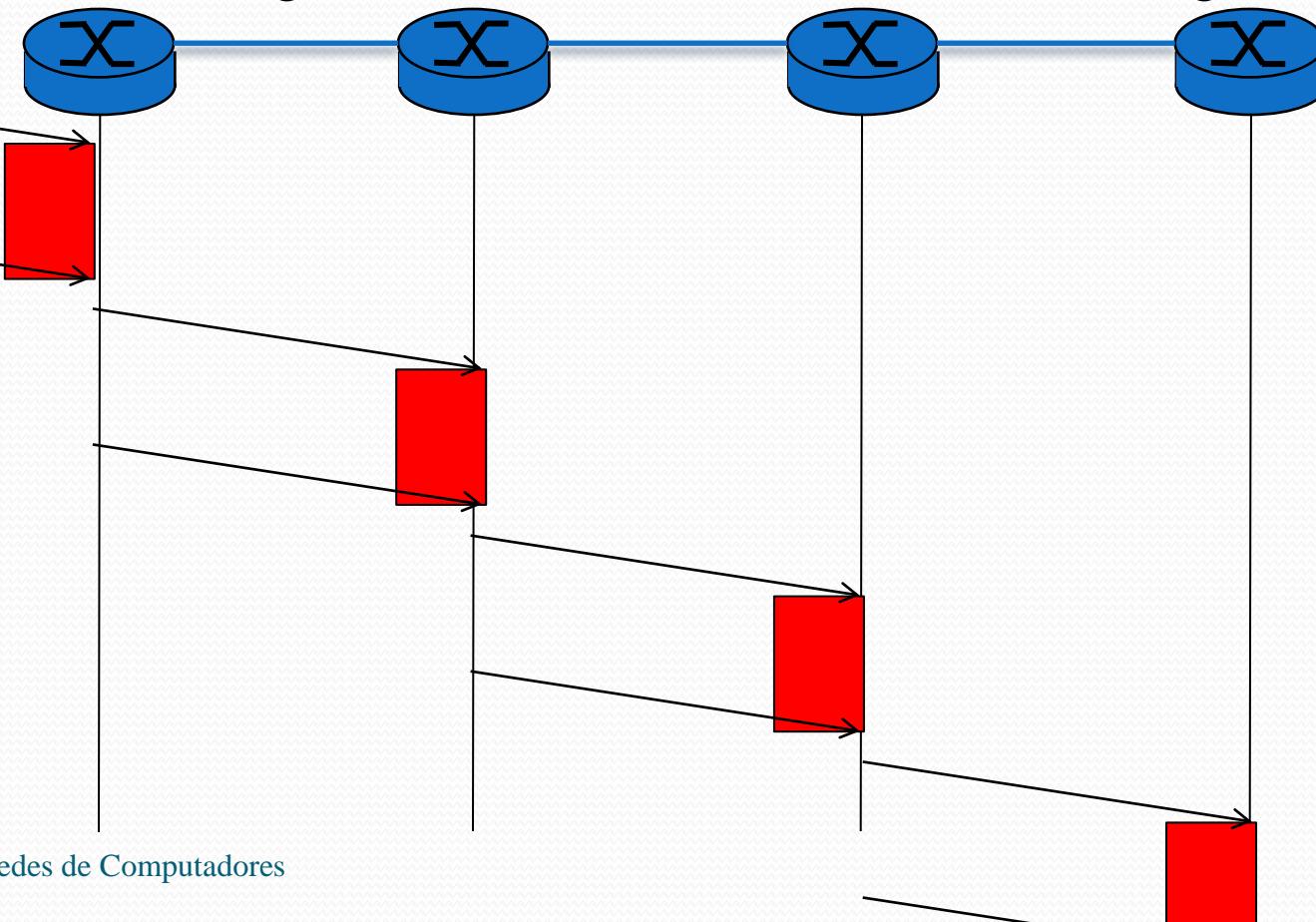
- Mensagem é completamente enviada ao longo de uma rota da fonte ao destino
- Cada mensagem usa toda a banda disponível ao ser transmitida
- Em cada nó do caminho, a mensagem é primeiro armazenada, e depois passada à frente, ao próximo nó
  - quando o canal de transmissão que liga esses nós estiver disponível.



# O Núcleo da Rede

- **Comutação de mensagens**

- Mensagem pode monopolizar o enlace por muito tempo
- Provoca atrasos grandes de transmissão de outras mensagens

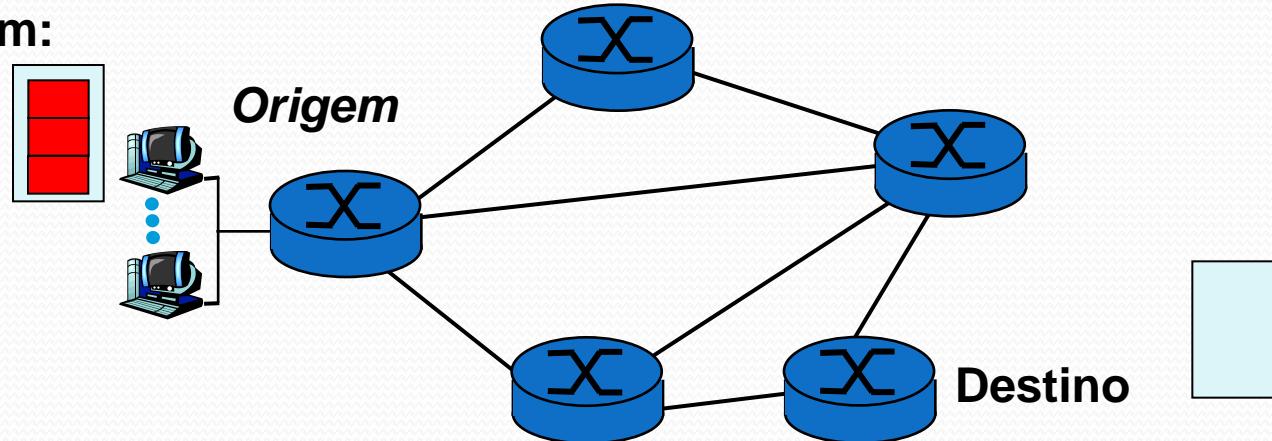


# O Núcleo da Rede

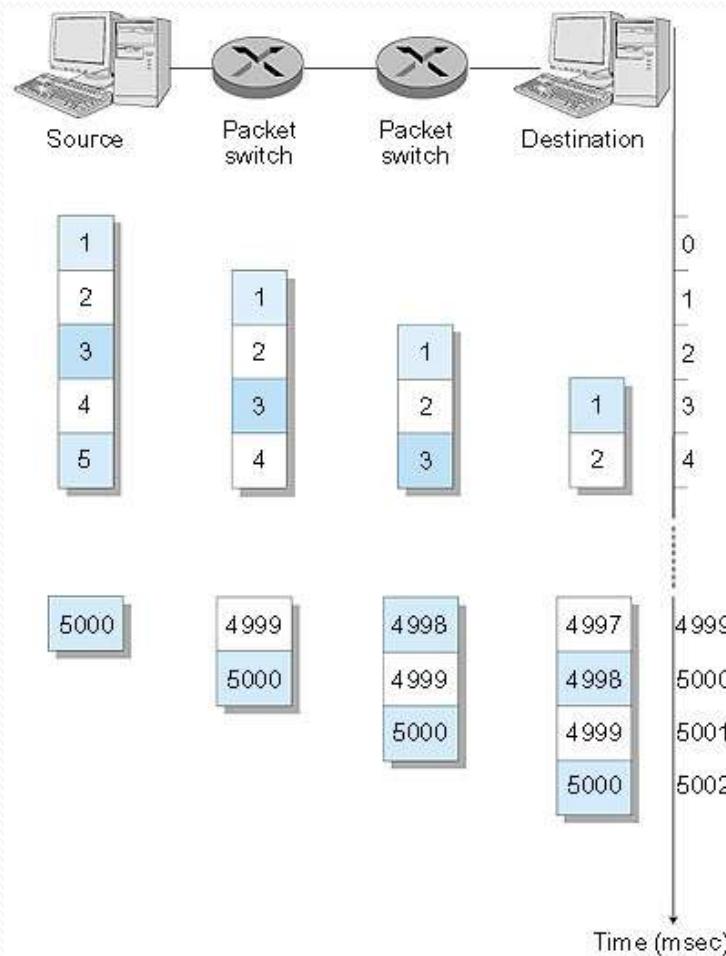
- **Comutação de pacotes**

- mensagem é quebrada em quadros ou pacotes antes da transmissão ser efetuada
  - pacotes têm uma certa quantidade de informação (em bits)
- cada pacote usa toda a banda disponível ao ser transmitido
- transmissão de cada pacote pode ser feita por um único caminho ou por caminhos diferentes sendo a mensagem reagrupada quando chega ao destino

Mensagem:



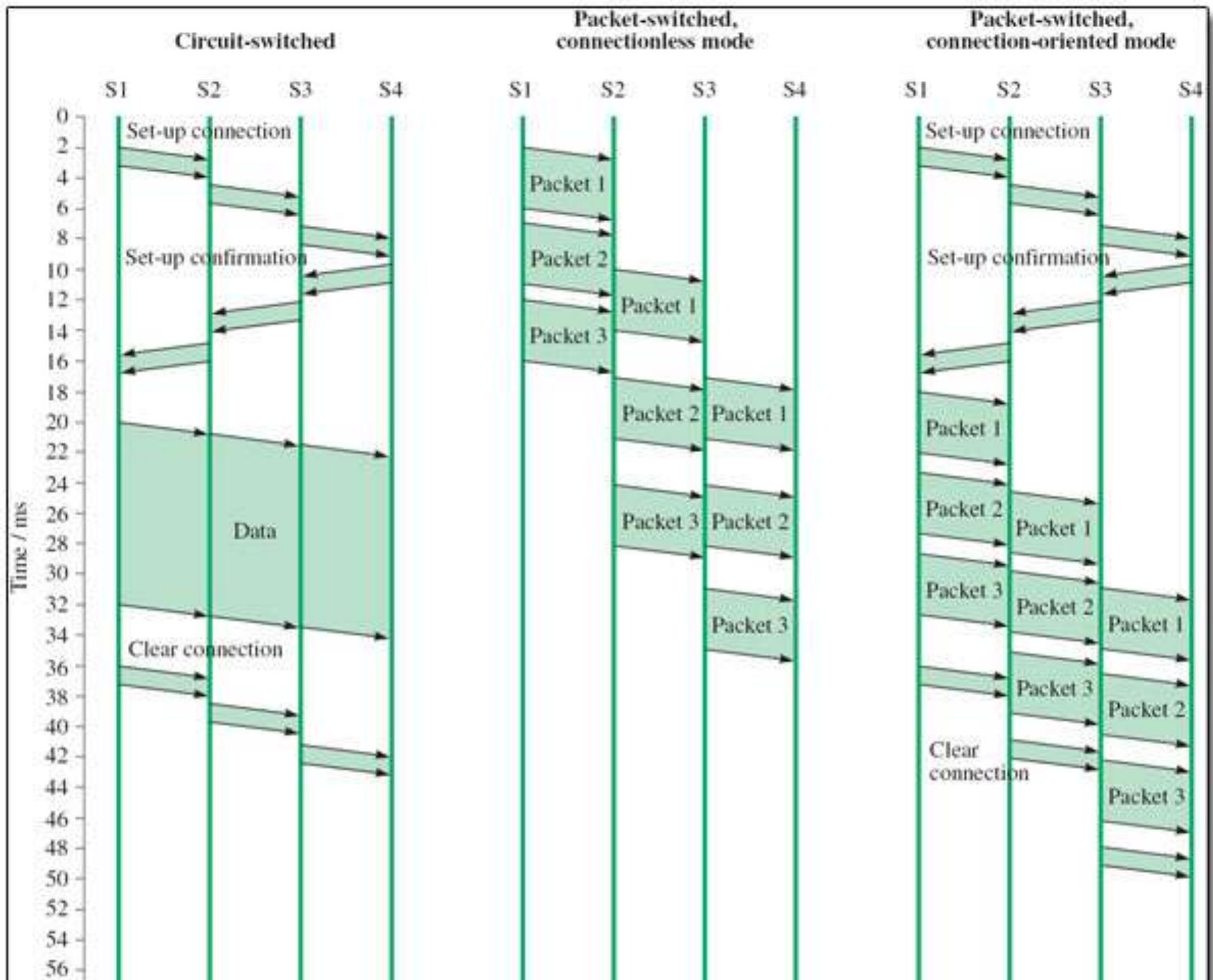
# Núcleo da rede: Comutação de Pacotes



- Comutação de pacotes:
  - comportamento  
armazenar e  
retransmitir

# O Núcleo da Rede

- **Comutação**
  - Processo de alocação de recursos para a transmissão.
- **Existem dois tipos básicos de comutação**
  - **Comutação de pacotes e mensagens**
    - Não são reservados recursos
    - Os pacotes de uma comunicação usam os recursos sob demanda e, como consequência, poderão ter de aguardar (entrar na fila) para conseguir acesso ao enlace de rede.
  - **Comutação de circuito**
    - Recursos necessários ao longo de um caminho (bufers, taxa de transmissão de enlaces) para prover a comunicação entre os sistemas finais são reservados pelo período da sessão de comunicação
    - Circuito é implementando em um enlace por Multiplexação por Divisão de Freqüência (FDM) ou Multiplexação por Divisão de Tempo (TDM)



# O Núcleo da Rede

- **Comutação a Circuito**

- Alocação de um canal para a comunicação
- Garante taxa de transmissão

- **Comutação de mensagens e de pacotes**

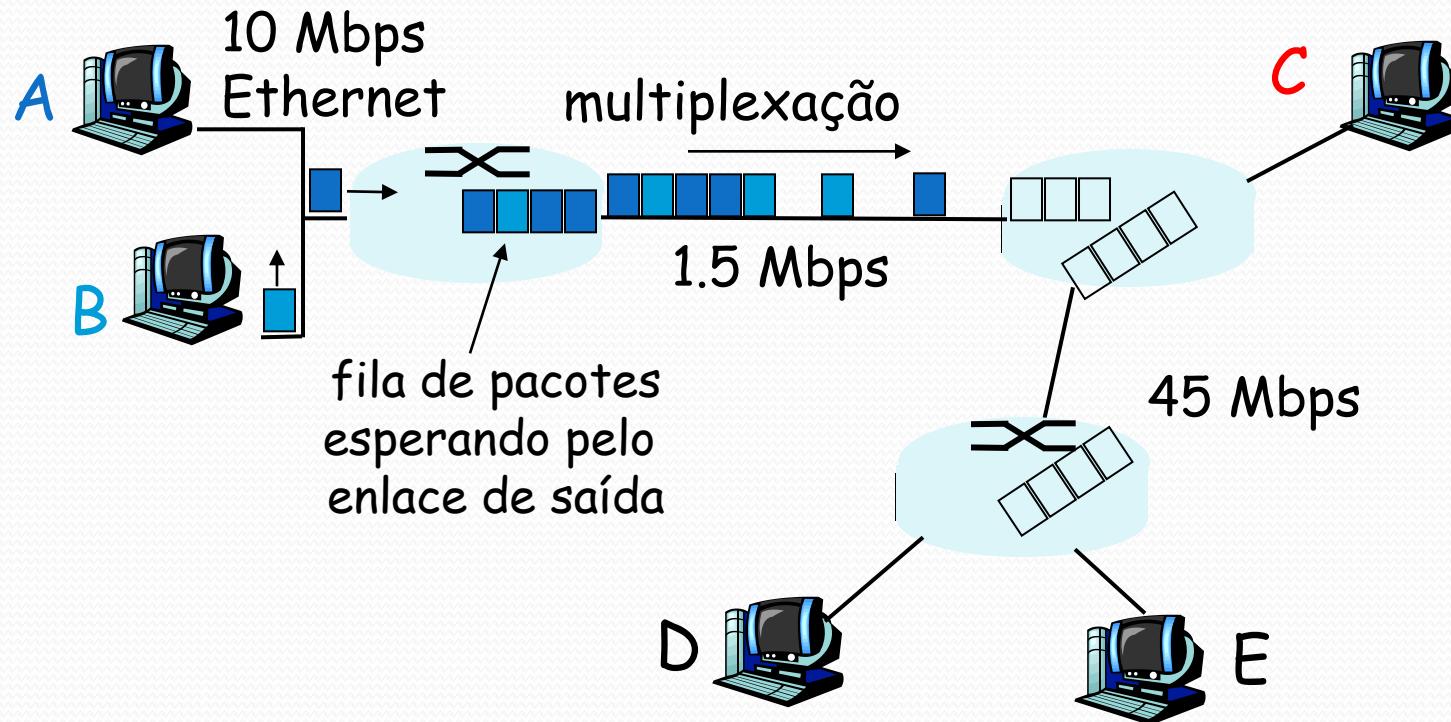
- Não existe a alocação de um canal dedicado da estação fonte à destino
  - de uso exclusivo da comunicação, como no caso da comutação de circuitos
- Otimiza o uso dos meios de comunicação
  - tentando evitar a monopolização de todo o caminho durante uma conversação.
- Não há garantias de taxa

# Núcleo da rede: comutação de pacotes

- **Contenção de recursos**

- a demanda agregada por recursos pode exceder a capacidade disponível
- armazenar-e-retransmitir: pacotes se movem de um roteador para o outro antes de serem retransmitidos
  - espera vez no enlace (aguardando em filas de encaminhamento)
  - transmite no enlace
- congestionamento: filas de pacotes, aumento do tempo de envio, perda de pacotes

# Núcleo da rede: comutação de pacotes



Usaremos animações disponíveis em

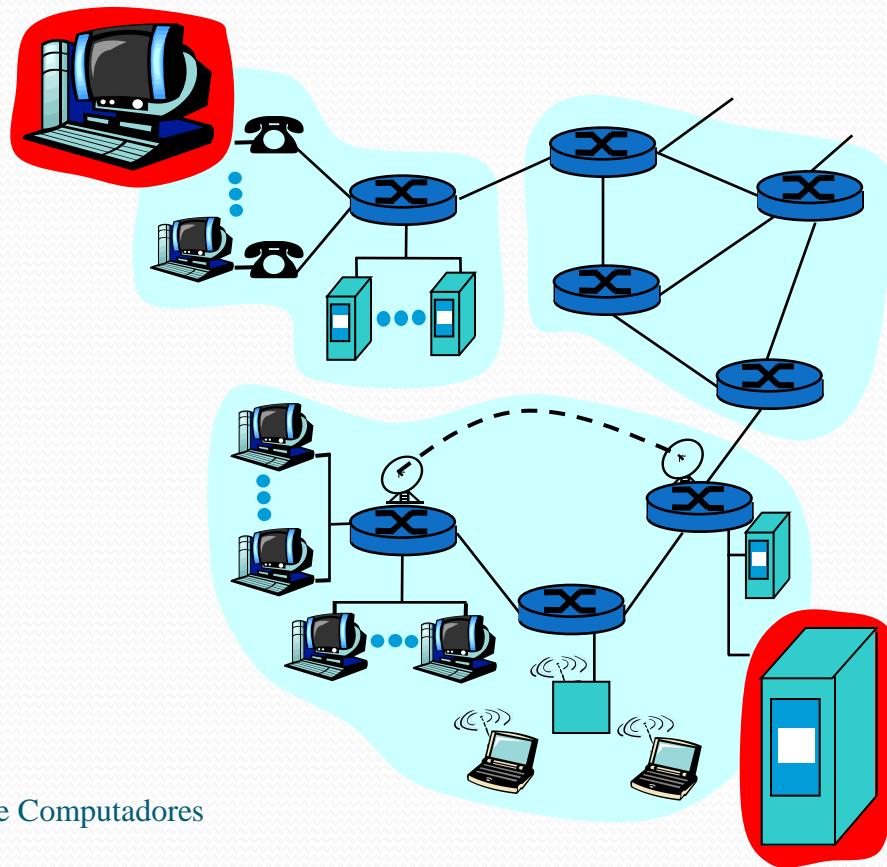
[http://wps.aw.com/br\\_kurose\\_redes\\_3/40/10271/2629597.cw/index.html](http://wps.aw.com/br_kurose_redes_3/40/10271/2629597.cw/index.html)

[http://media.pearsoncmg.com/aw/aw\\_kurose\\_network\\_2/applets/queuing/queuing.html](http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kurose_network_2/applets/queuing/queuing.html)

# Núcleo da rede: roteamento

- **Roteamento**

- A escolha do caminho fim a fim entre o módulo de origem ao nó de destino
  - Podem existir várias alternativas



# Núcleo da rede: roteamento

- **Tipos de roteamento**

- A priori, antes do envio da mensagem
  - é estabelecida uma conexão entre os nós de origem e destino
    - é definida a rota por onde deverão transitar as mensagens enquanto perdurar a conexão
- Passo a passo
  - cada nó intermediário do caminho é responsável pela escolha do próximo nó do caminho no instante que recebe a mensagem a despachar

# Núcleo da rede: roteamento

- **Roteamento passo a passo**

- Baseado na existência de tabelas de rotas nos roteadores
- Caminho de transmissão é escolhido dinamicamente
  - com base nas condições da rede
  - rede é capaz de contornar efeitos adversos: um canal ou dispositivo de comunicação sobrecarregado, ou ainda uma falha de componentes

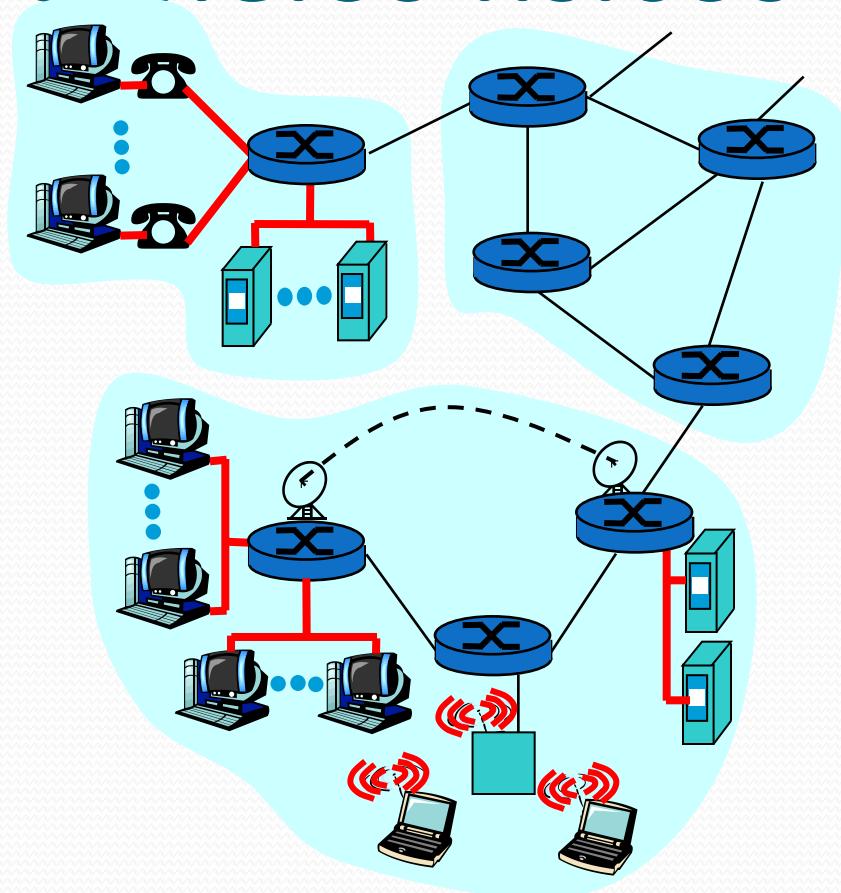
# Núcleo da rede: roteamento

- **Roteamento**

- Necessária a definição de mecanismos de endereçamento
  - que permitam aos módulos processadores decidir que atitude devem tomar ao receber uma mensagem ou pacote
  - endereço identifica univocamente cada uma das estações conectadas à rede

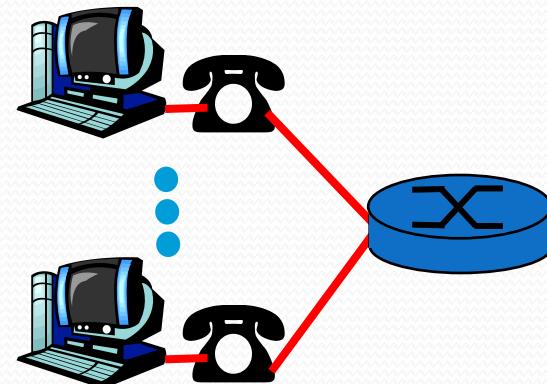
# Redes de acesso e meios físicos

- P: Como conectar os sistemas finais aos roteadores de borda?
- redes de acesso residencial
- redes de acesso institucional (escola, empresa)
- redes de acesso móvel
- Características:
- largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso
- compartilhada ou dedicada



# Acesso residencial: acesso ponto a ponto

- Discado (Dialup) via modem
  - acesso direto ao roteador de até 56Kbps (teoricamente)
  - Enlace ponto a ponto dedicado
- RDSI/ISDN:
  - rede digital de serviços integrados
  - Comutação de circuito
  - Permite alocar canais de 64 kbps.
  - Acesso de até 2 Mbps (30 canais de 64kbps).
- ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line.  
Exemplo Oi:
  - até 14 Mbps de download
  - até 1 Mbps de upload
  - Enlace ponto-a-ponto dedicado

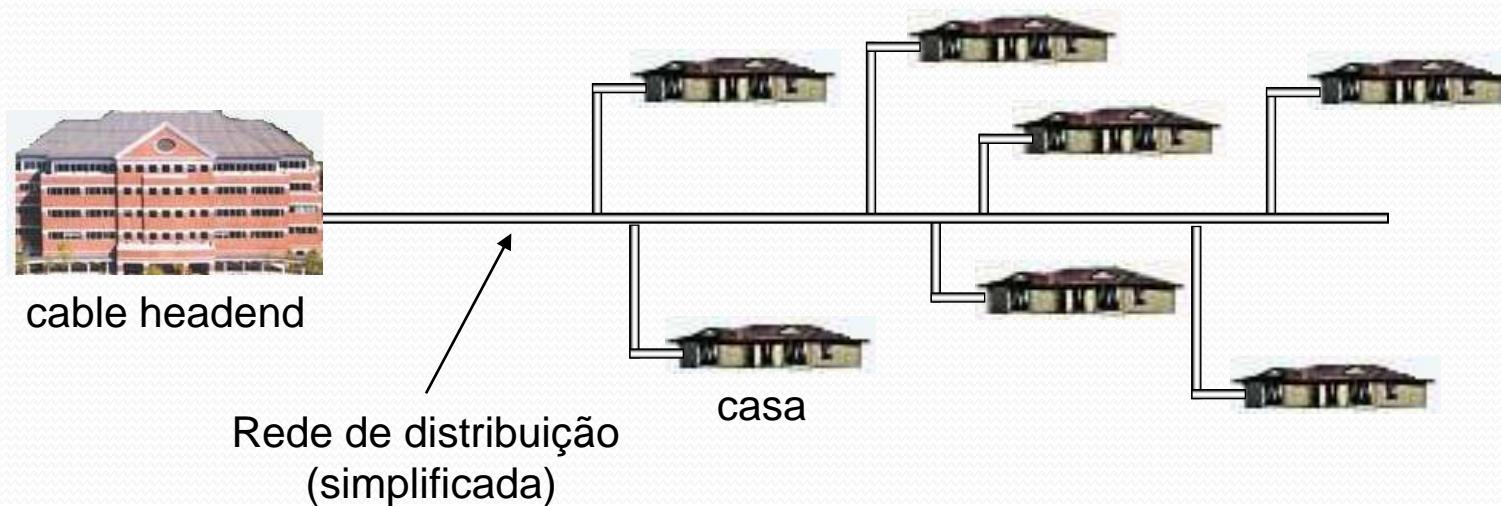


# Acesso residencial: cable modems

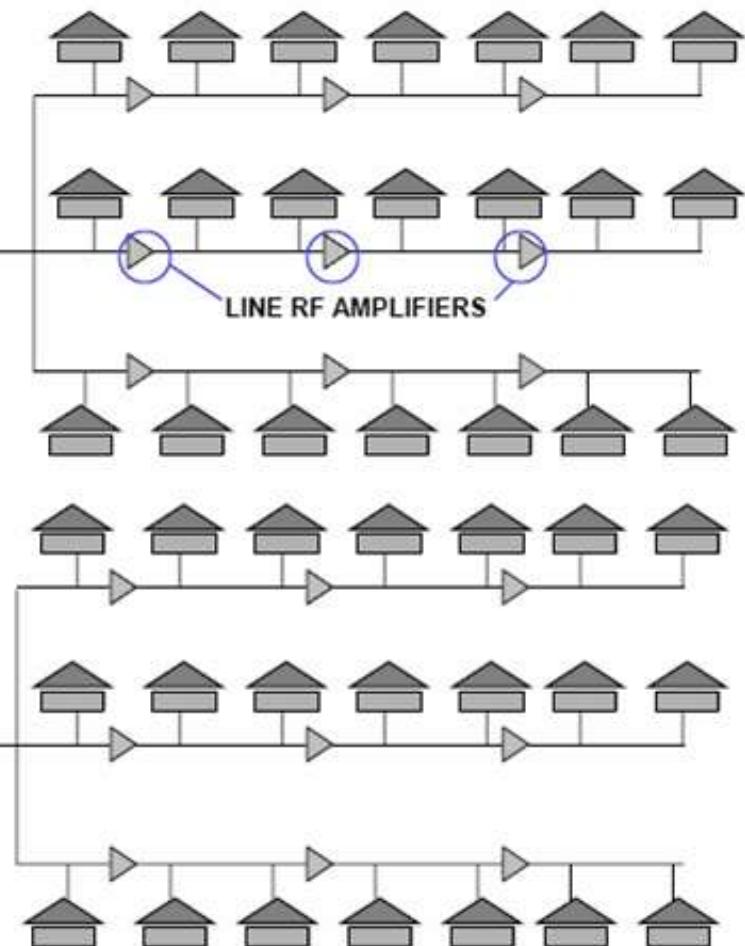
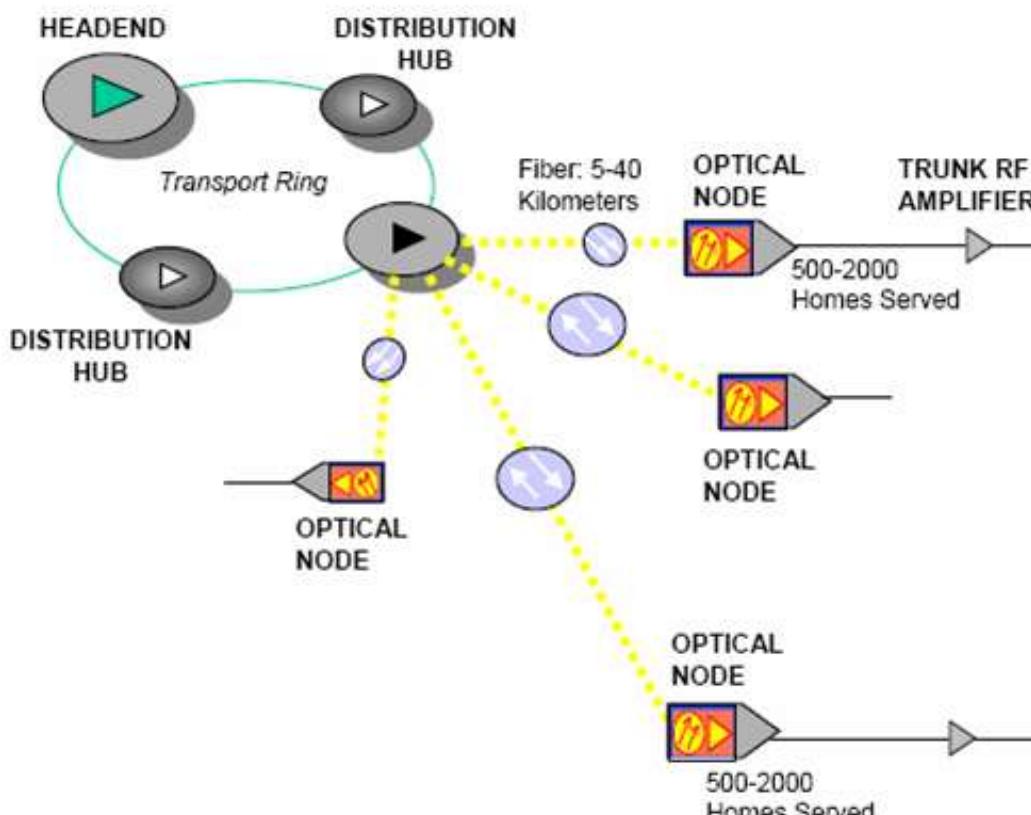
- **Tecnologia HFC: hybrid fiber coax**
  - Assimétrico:
    - até 16 Mbps descida (downstream), 1 Mbps subida (upstream).
    - Virtua: 12 Mbps/800kbps
  - Rede de cabos e fibra conectam as residências ao roteador do ISP
    - acesso compartilhado ao roteador pelas residências
    - questões: congestionamento, dimensionamento
  - Implantação: disponível através de empresas de TV a cabo, ex.: AJATO (TVA) e VIRTUA (Net)

# Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

Tipicamente entre 500 a 5.000 casas

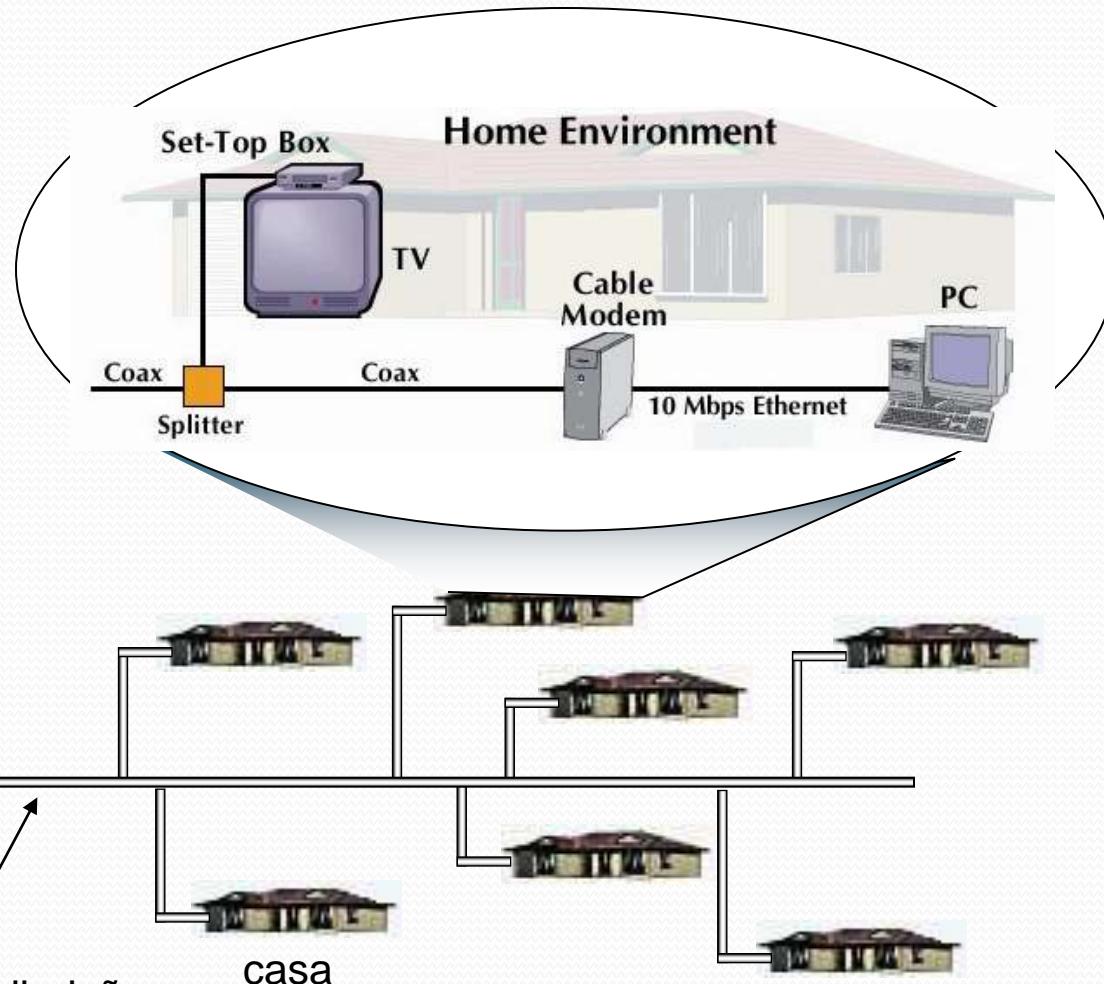
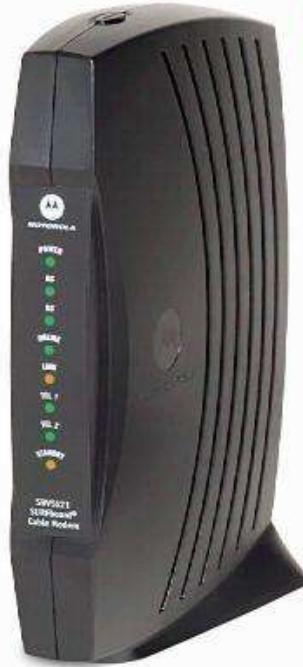


# Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

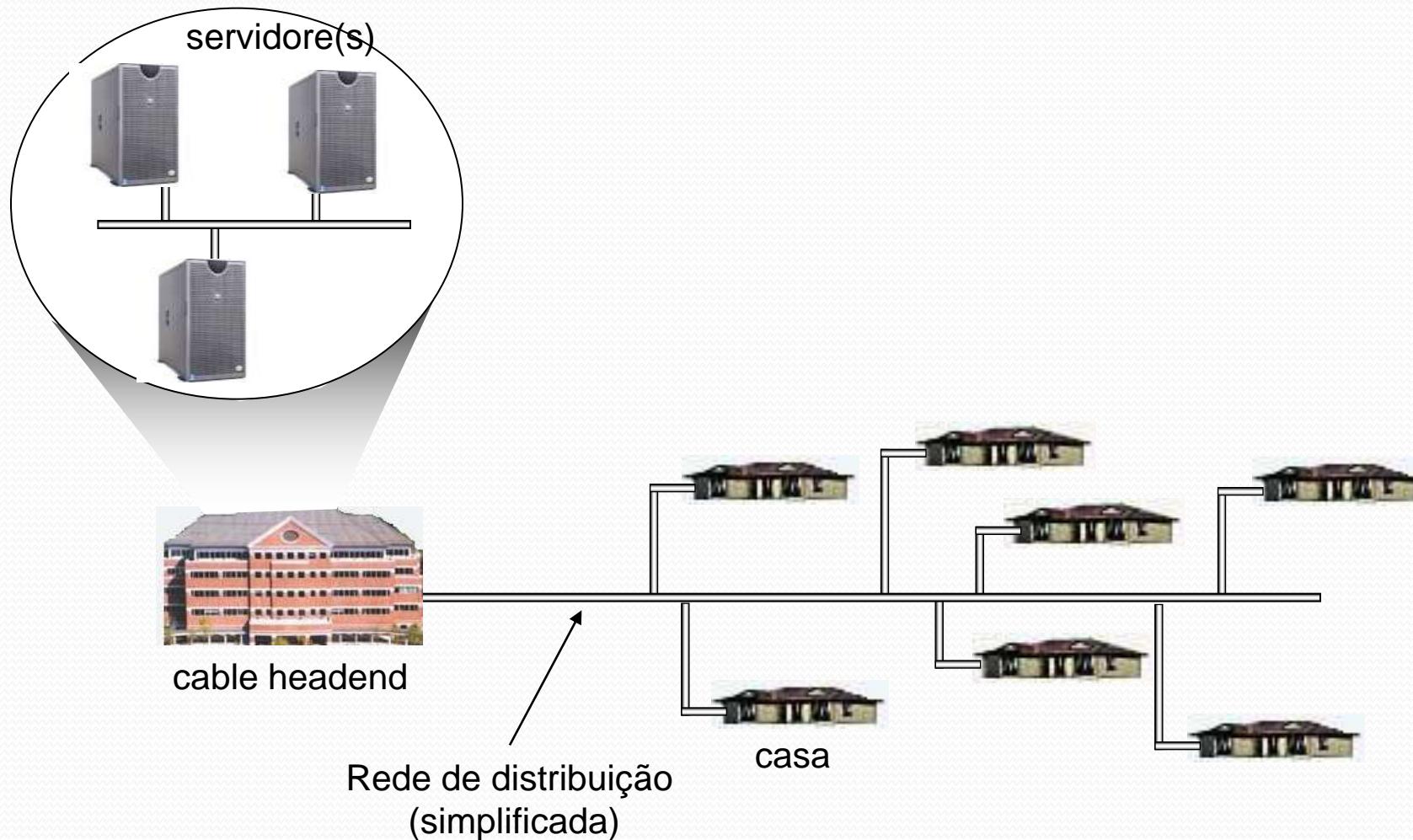


# Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

## VOIP

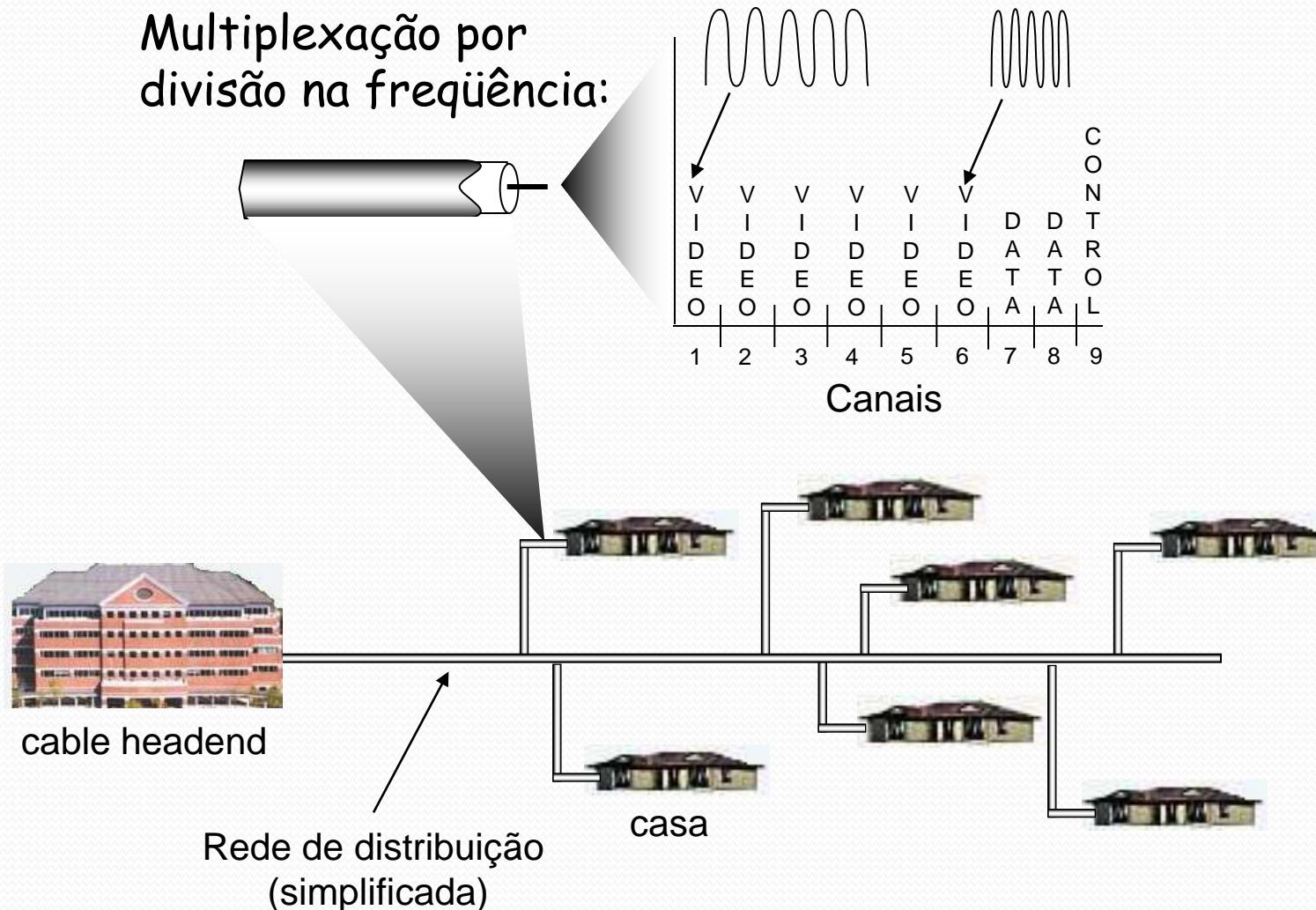


# Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral



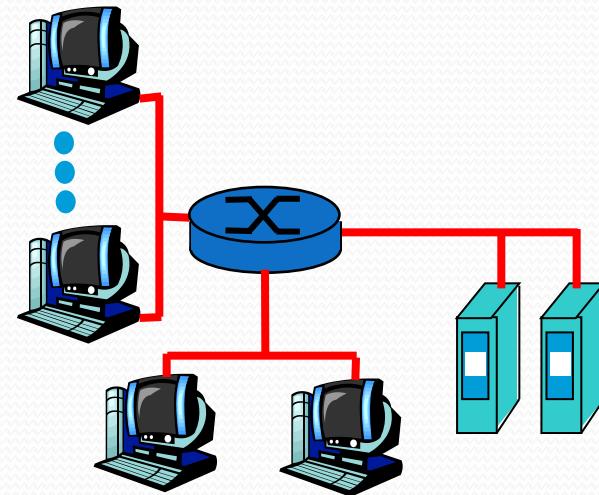
# Arquitetura de redes a cabo: Visão Geral

Multiplexação por  
divisão na freqüência:



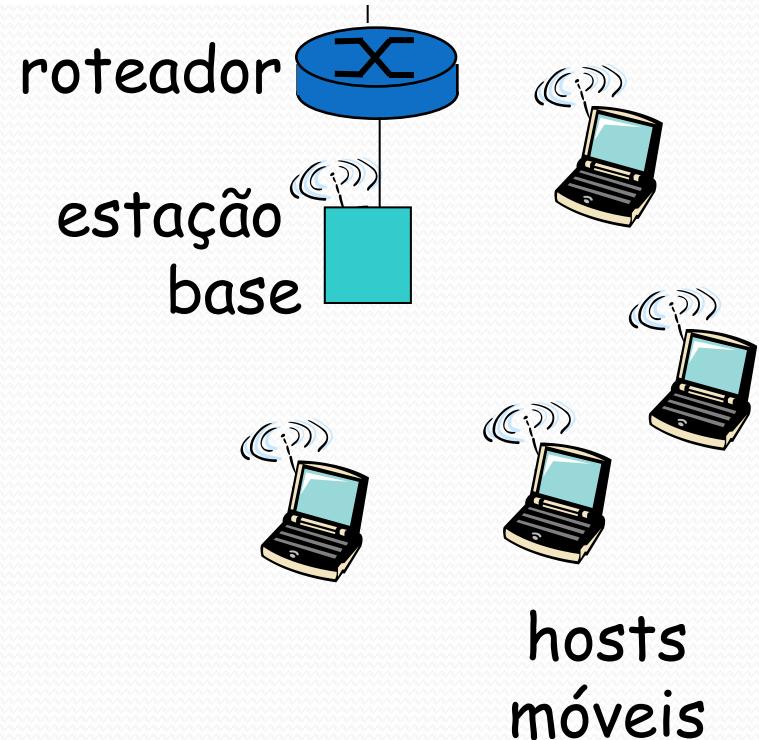
# Acesso institucional: rede local

- Rede local (LAN - Local Area Network) da empresa/univ. conecta sistemas finais ao roteador de borda
- Ethernet:
  - cabos compartilhados ou dedicados conectam o sistema final ao roteador
  - 10 Mbs, 100Mbps, Gigabit Ethernet



# Redes de acesso sem fio (wireless)

- Rede de acesso compartilhado sem fio conecta o sistema final ao roteador
- LANs sem fio
  - ondas de rádio substituem os fios
  - 802.11b (WiFi): 11 Mbps
  - 802.11g (WiFi): 54 Mbps
  - 802.11n (WiFi): 300 Mbps
- acesso sem fio com maior cobertura
  - Provido por uma operadora
  - 3G ~ 384 kbps
  - WAP/GPRS



# Meios Físicos

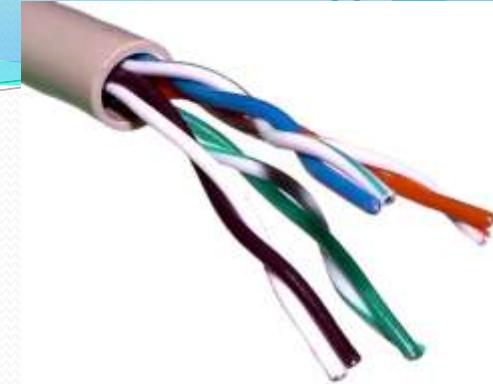
- Bit: Propaga-se entre o transmissor e o receptor
- enlace físico: o que está entre o transmissor e o receptor
- meios guiados:
  - os sinais se propagam em meios sólidos: cobre, fibra
- meios não guiados:
  - os sinais se propagam livremente, ex. rádio

# Meios Físicos

- **Par Trançado (TP - Twisted Pair)**

- Tipos

- UTP (Trançado sem Blindagem): mais usado devido ao fácil manuseio, instalação, permitindo taxas de transmissão de até 100 Mbps (CAT 5e);
  - é o mais barato para distâncias de até 100 metros;
  - Para distâncias maiores emprega-se cabos de fibra ótica
- STP (Par Trançado Blindado): UTP com blindagem de malha metálica
  - Para ambientes com interferências
  - Ambientes com umidade, grande interferência, distâncias maiores que 100m recomenda-se fibra óticas
- ScTP : película de metal é enrolada sobre cada par

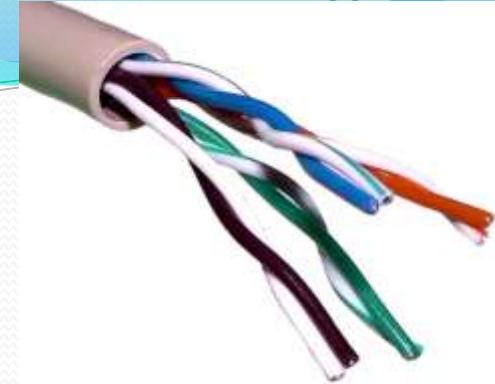


# Meios Físicos

- **Par Trançado (TP - Twisted Pair)**

- Categorias

- Não recomendadas
      - Categoria 3: fios tradicionais de telefonia, 10 Mbps
      - Categoria 4: 20 Mbps
      - Categoria 5 TP: 100Mbps Ethernet
    - Recomendados
      - Categoria 5e e 6: 1000Mbps
      - Categoria 6a e 7: 10.000 Mbps



# Meios físicos: cabo coaxial, fibra

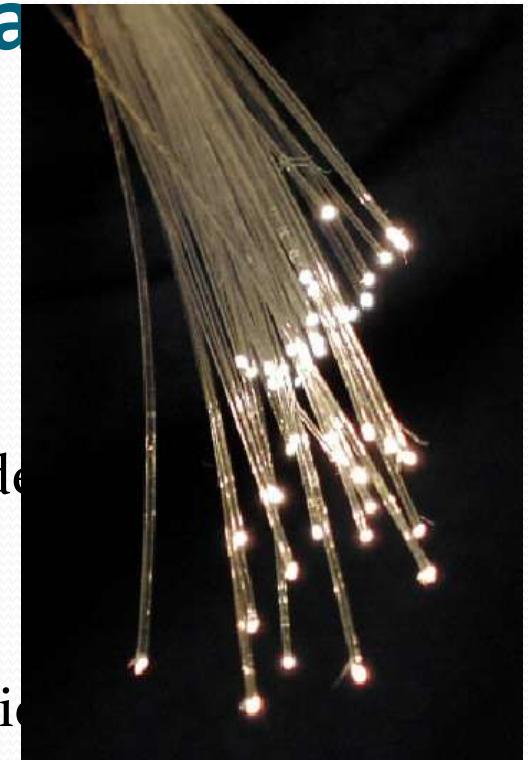
- **Cabo coaxial:**
- **Fio (transporta o sinal) dentro de outro fio (blindagem)**
  - banda básica (baseband): canal único no cabo
  - banda larga (broadband): múltiplos canais num cabo
  - Bidirecional
- **Os cabos coaxiais são usados em diferentes aplicações:**
  - Ligações de áudio
  - Ligações de rede de computadores até meados dos anos 90
  - Ligações de sinais radio freqüência de rádio e TV



# Meios físicos: cabo coaxial, fibra óptica

- **Cabo de fibra óptica:**

- Fibra de vidro transporta pulsos de luz
- Opera em alta velocidade:
  - Ethernet 100Mbps
  - transmissão ponto a ponto de alta velocidade
- Vantagens
  - Dimensões Reduzidas
  - Capacidade para transportar grandes quantidades de informação ( 100 Mbps a Gigabits);
  - Baixa taxa de erros, atenuação muito baixa, imunidade às interferências
- Desvantagens
  - Custo ainda elevado de compra e manutenção;

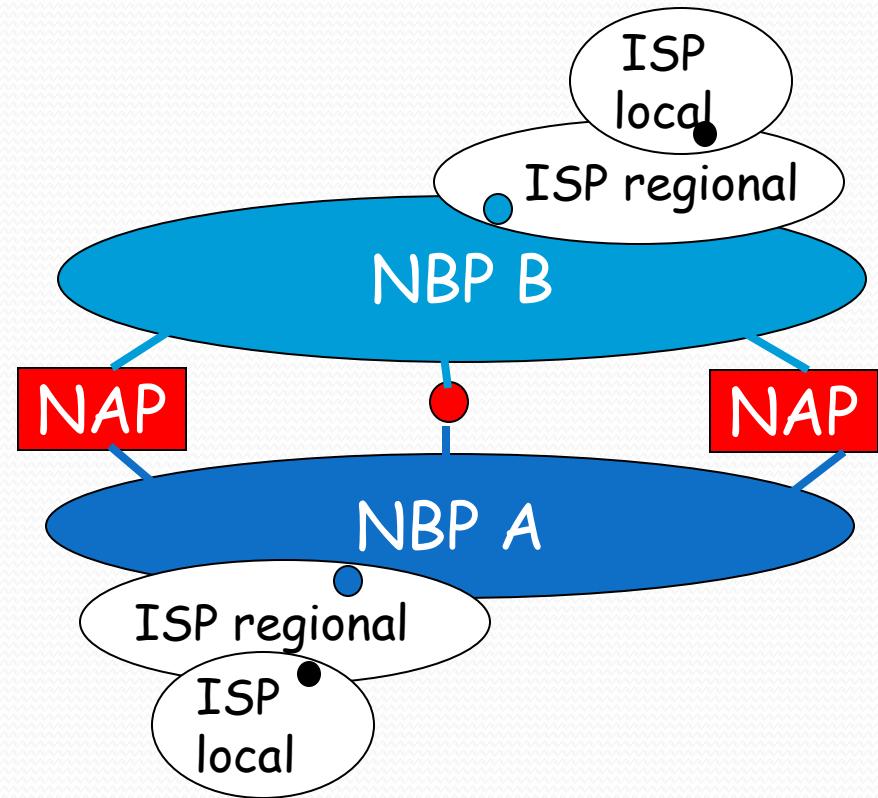


# Meios físicos: rádio

- sinal transportado em ondas eletromagnéticas
- não há “fio” físico
- bidirecional
- efeitos do ambiente de propagação:
  - reflexão
  - obstrução por objetos
  - interferência
- Tipos de enlaces de rádio:
  - microondas
    - ex.: canais de até 45 Mbps
  - LAN (ex., waveLAN)
    - 2, 11, 54, 108, 300 Mbps
  - longa distância (ex., celular)
    - ex. 3G, 100's kbps
  - satélite
    - canal de até 50Mbps (ou múltiplos canais menores)
    - atraso fim a fim de 250 mseg

# Estrutura da Internet: rede de redes

- Rede Quase Hierárquica
- Provedores de backbones nacionais/internacionais (NBPs) – “tier-1”
  - ex. Embratel, Oi, Global One
  - Tem enlaces de alta capacidade



# Provedor de Backbone Nacional

ex. Embratel

## Giga PoPs

- CR-RJO
- CR-RJO-MKZ
- CR-RJO-ARC
- CR-SPO-IG
- CR-SPO-LP
- CR-SPO-MB
- CR-CAS
- CR-CTA
- CR-PAE
- CR-SDR
- CR-BHE
- CR-BSA



## Maior

- \* diversidade
- \* capacidade
- \* qualidade
- \* confiabilidade



ATM 155 Mbps/622 Mbps

[http://www.embratel.com.br/Embratel02/cda/portal/0,2997,MG\\_P\\_951,00.html](http://www.embratel.com.br/Embratel02/cda/portal/0,2997,MG_P_951,00.html)

# Provedor de Backbone Nacional

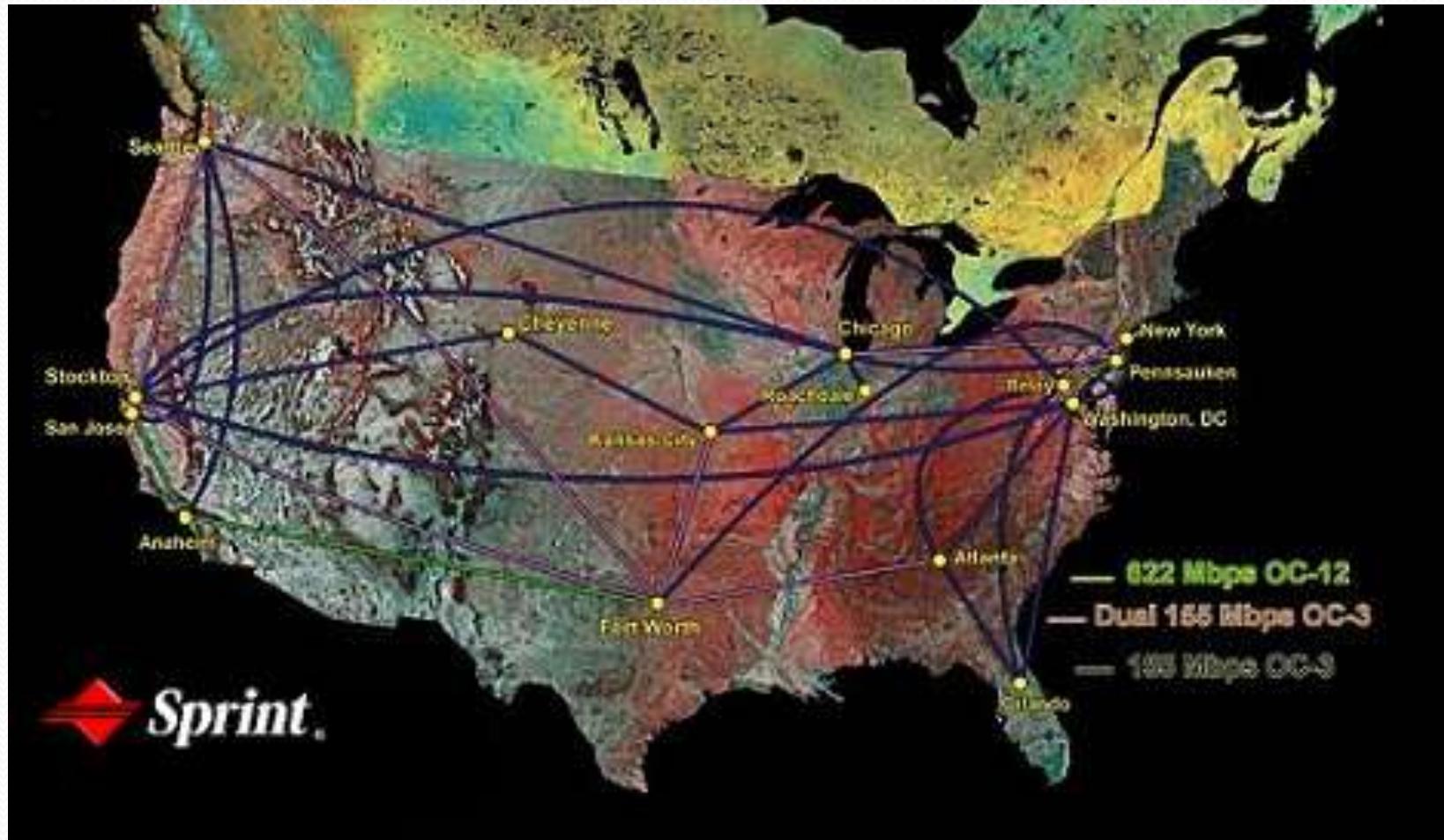
ex. Embratel



[http://www.embratel.com.br/Embratel02/cda/portal/0,2997,MG\\_P\\_951,00.html](http://www.embratel.com.br/Embratel02/cda/portal/0,2997,MG_P_951,00.html)

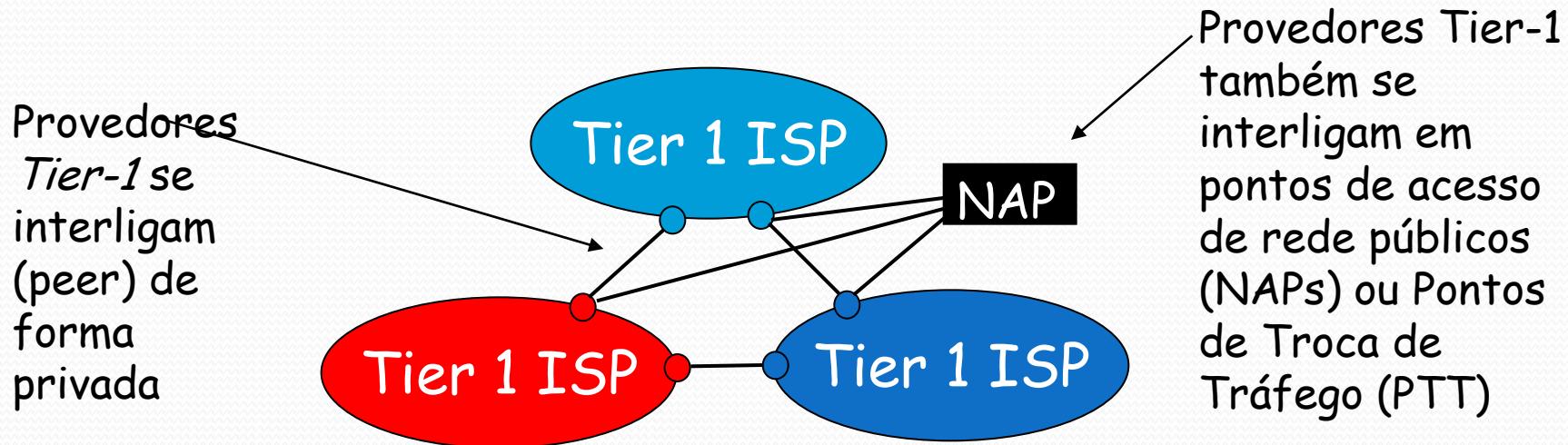
# ISP de Zona-1 – ex.: Sprint

Rede de backbone da Sprint US



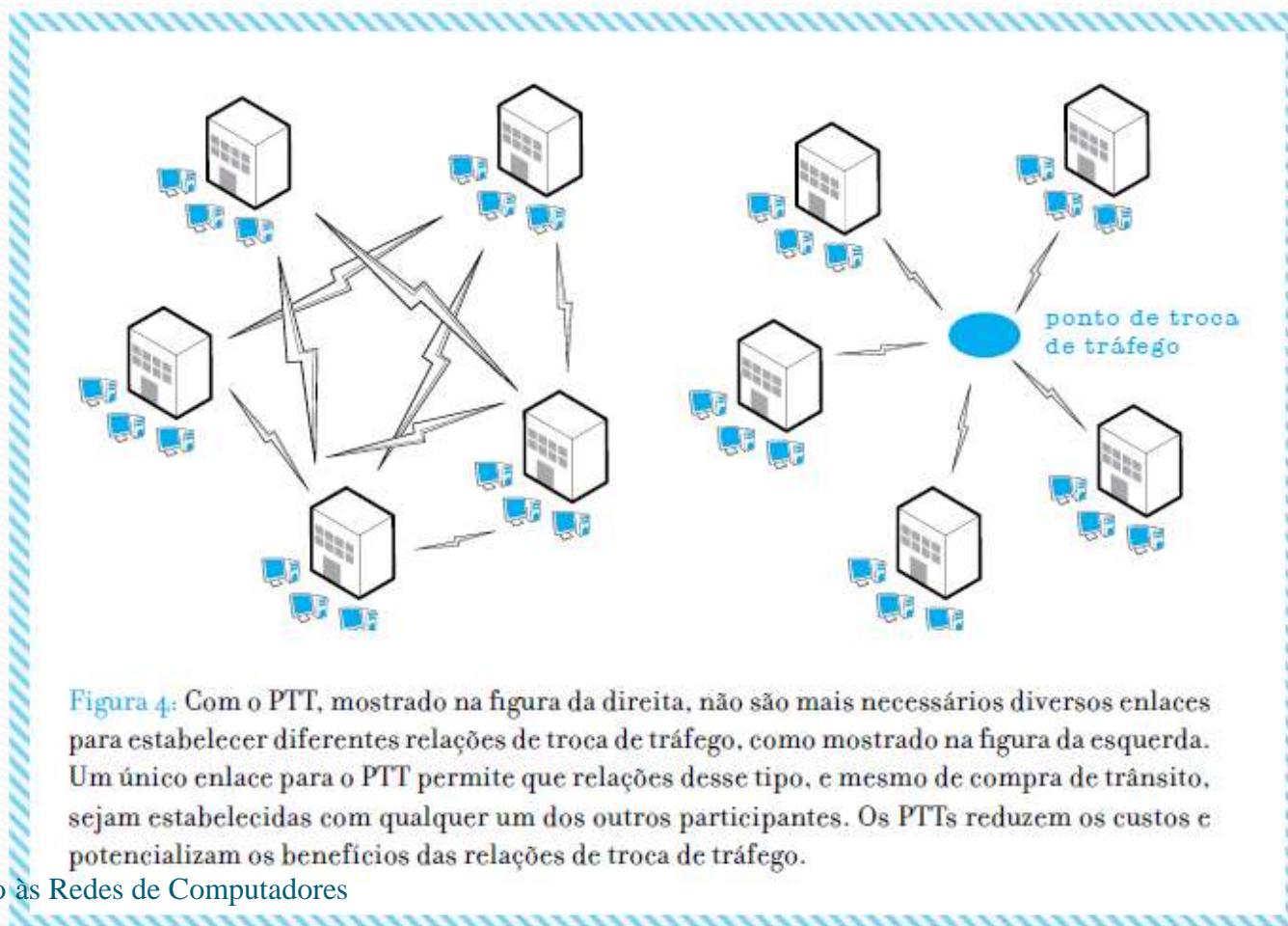
# Estrutura da Internet: rede de redes

- No centro: ISPs “tier-1” (ex., UUNet, BBN/Genuity, Sprint, AT&T), cobertura nacional/internacional
  - trata os demais como iguais



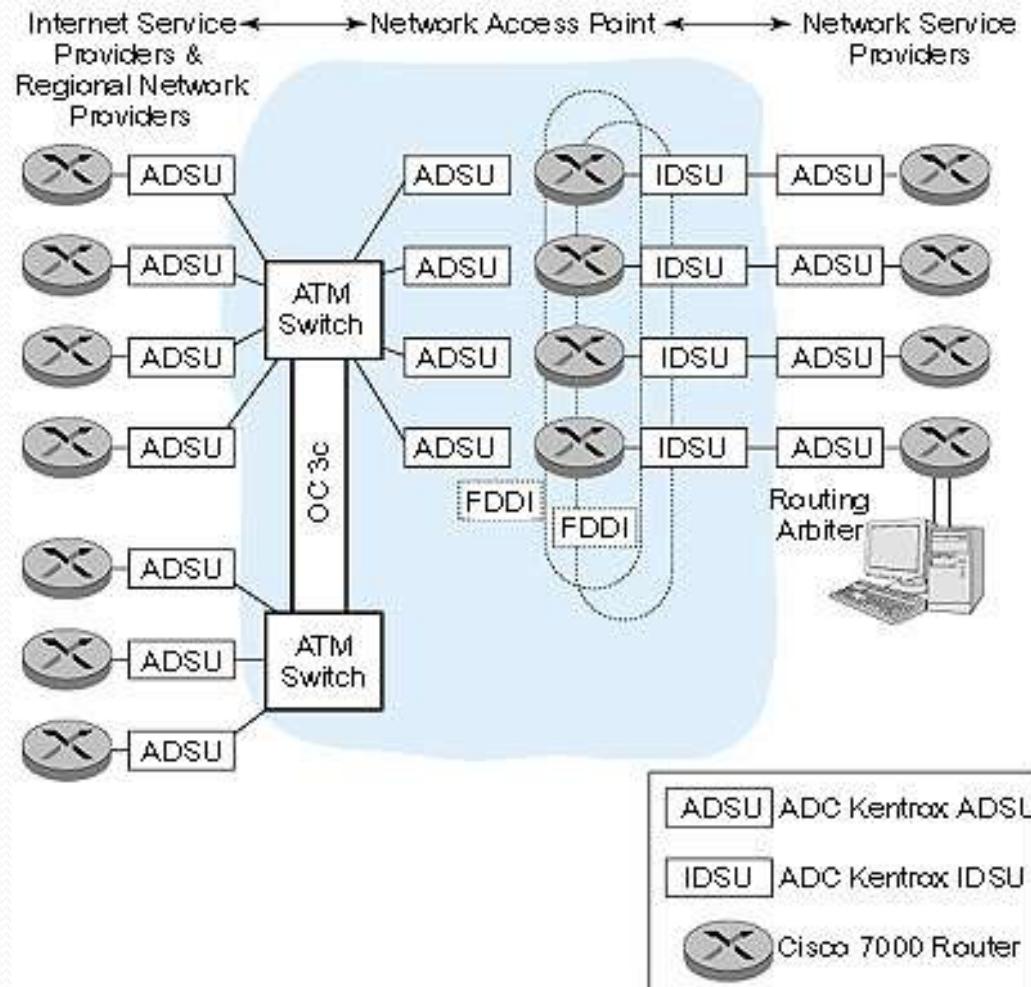
# PTT ou NAP

- Pontos de troca de tráfego (PTT)
  - interconexão de redes do mesmo nível



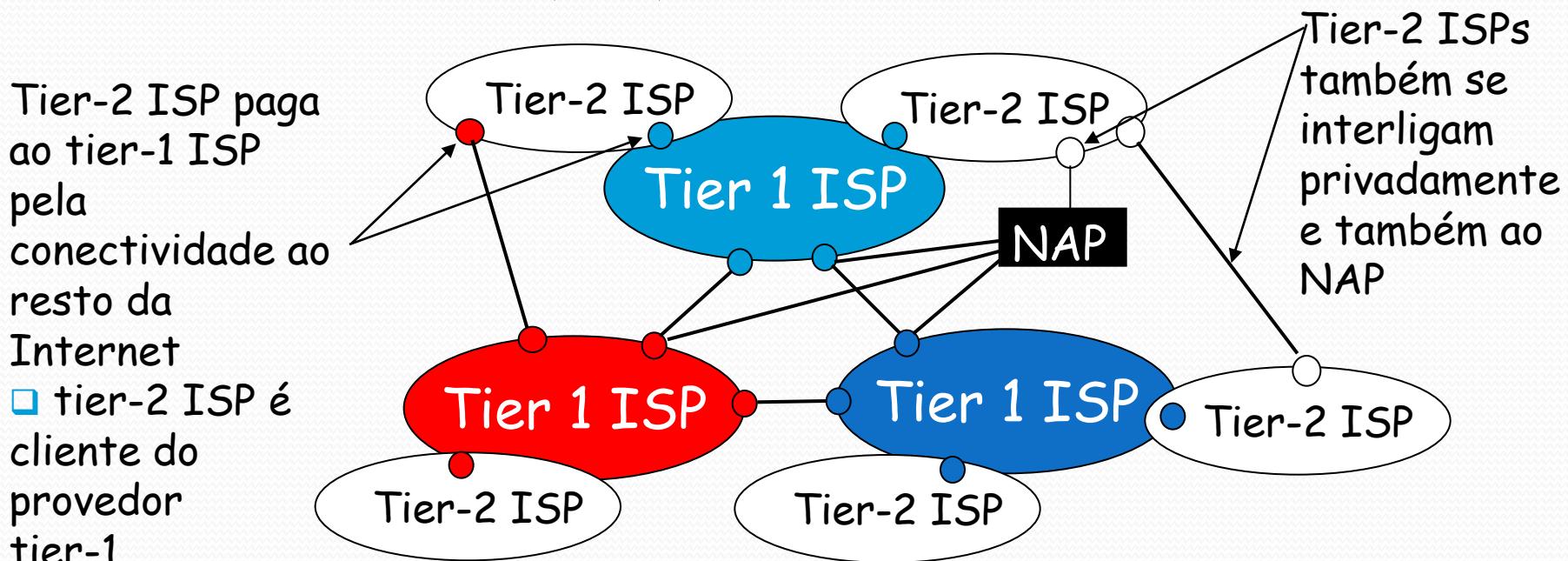
# NAPs – Ponto de Acesso a Rede

- Exemplo



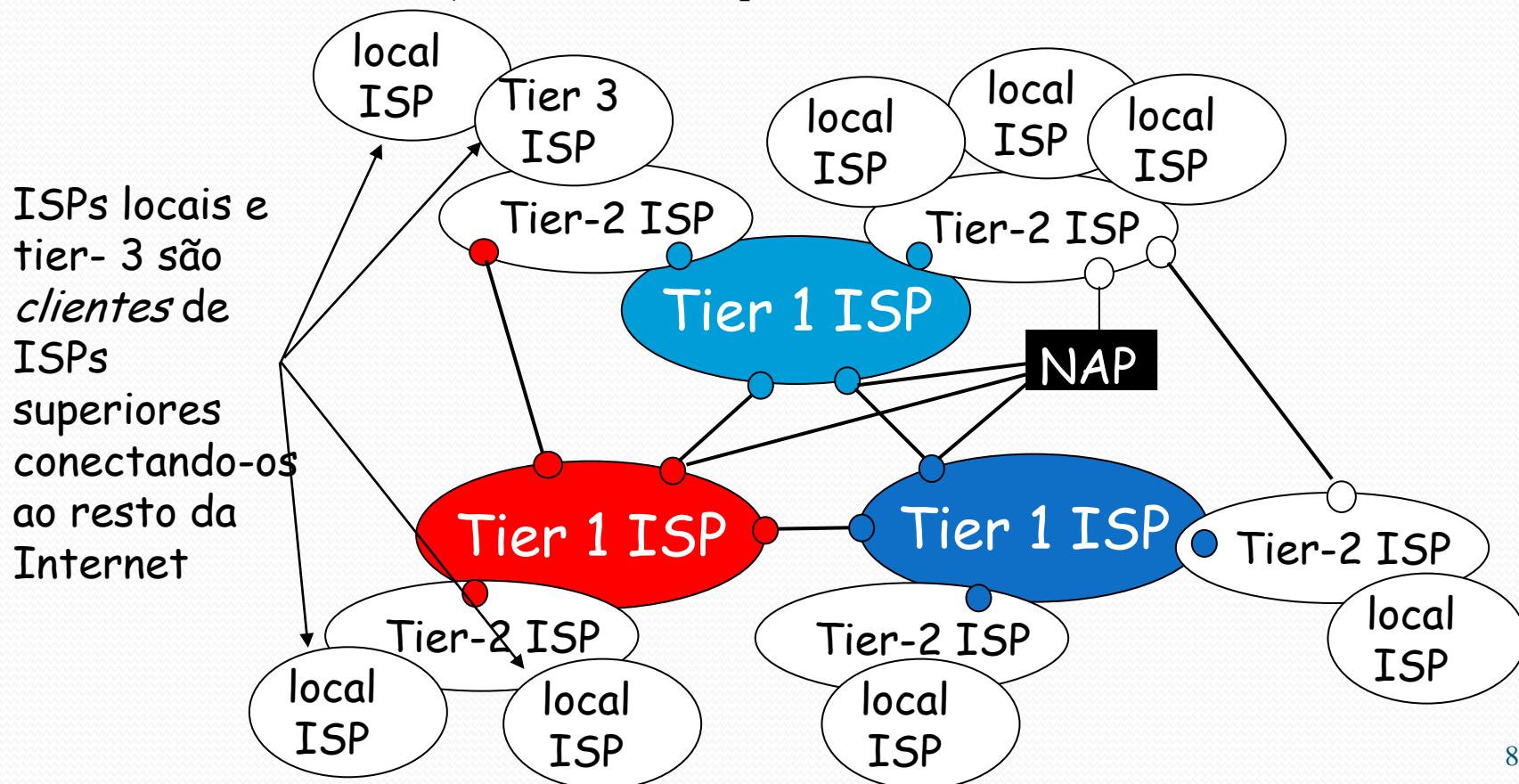
# Estrutura da Internet: rede de redes

- “Tier-2” ISPs: ISPs menores (frequentemente regionais)
  - Conexão a um ou mais ISPs tier-1, possivelmente a outros ISPs tier-2
  - Via distribuidores (hubs)



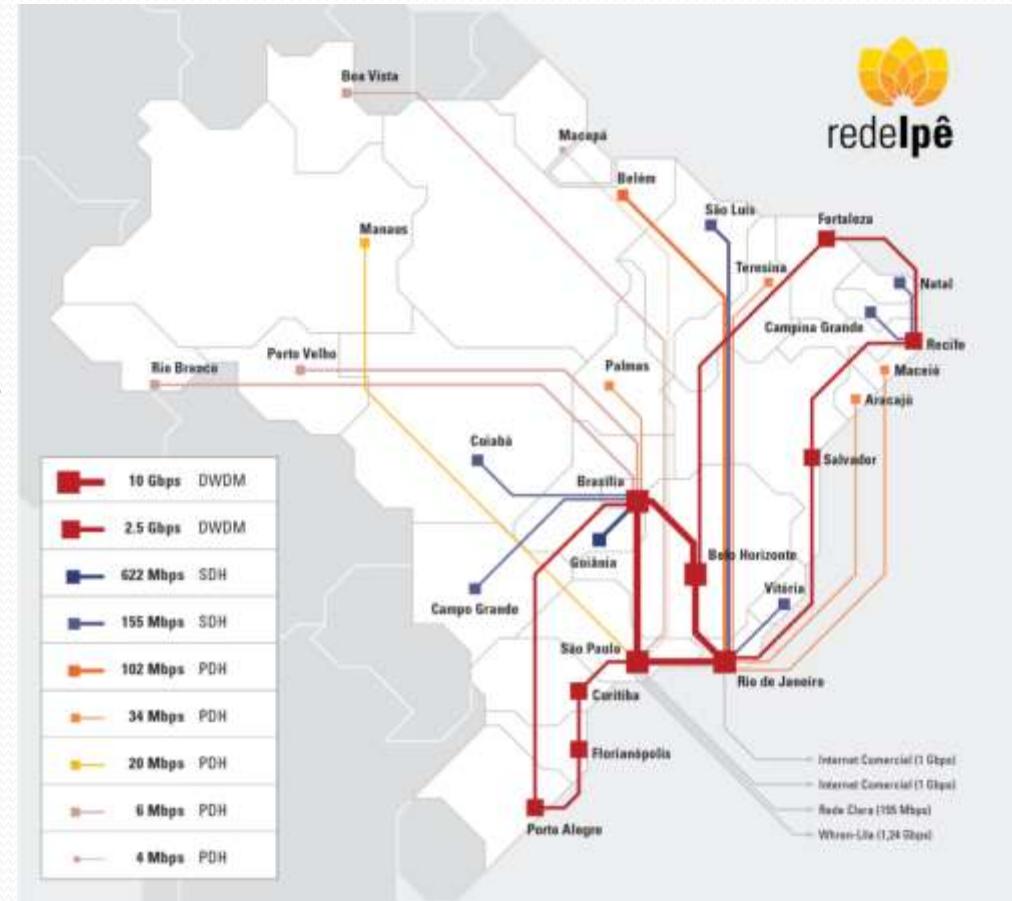
# Estrutura da Internet: rede de redes

- “Tier-3” ISPs e ISPs locais
  - Rede de última milha (“acesso”) (próximo aos sistemas finais)
  - Universidades e corporações podem agir como ISP locais
  - Provedor de serviço de backbone pode ser ISP local



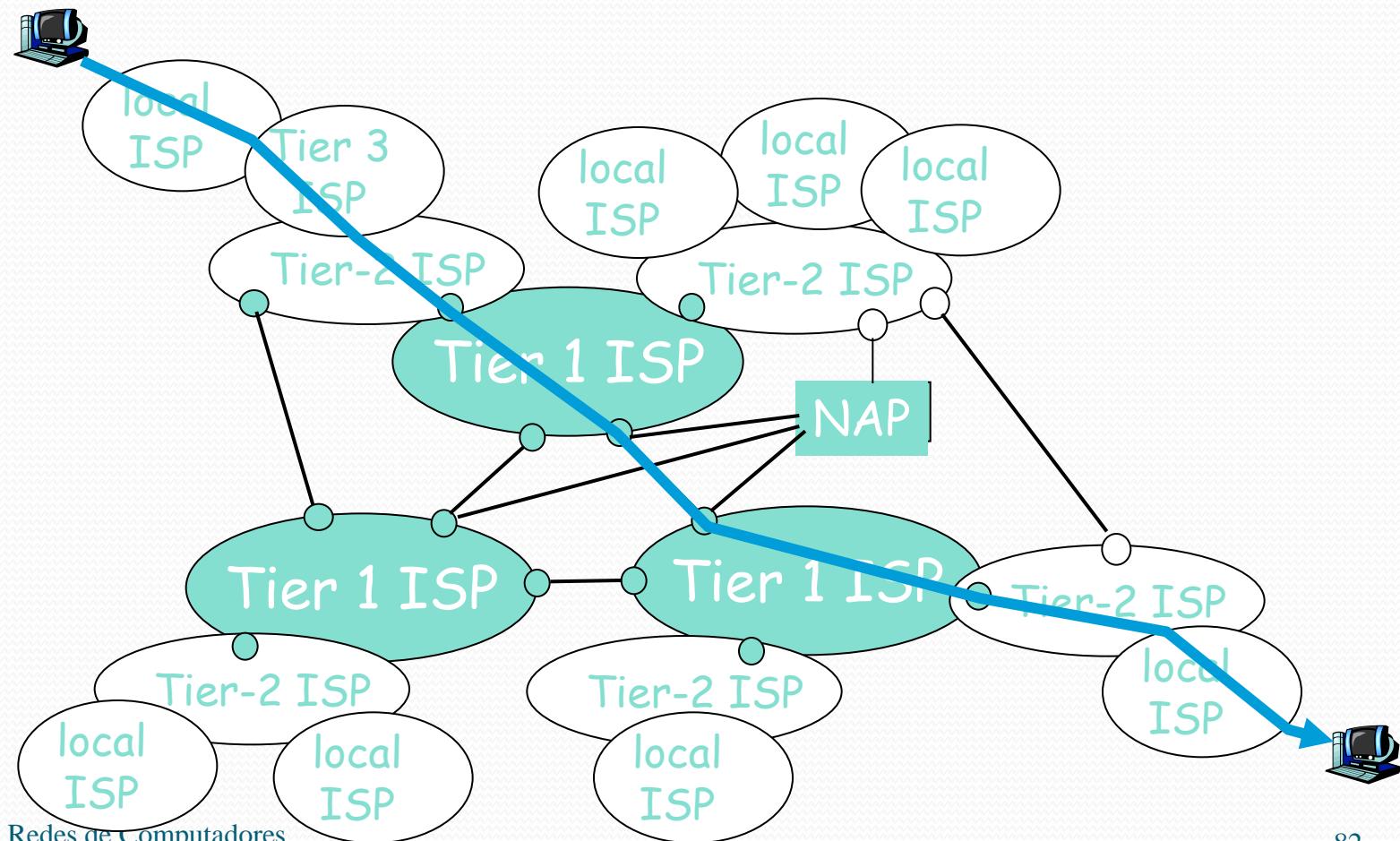
# POP: Pontos de Presença

- Pontos de acesso regionais
  - Local onde uma rede permite acesso a sub-redes e a provedores de serviços locais
  - Oferece serviço a Internet
  - PoPs RNP (Nacional) estão presentes nos 27 estados da federação



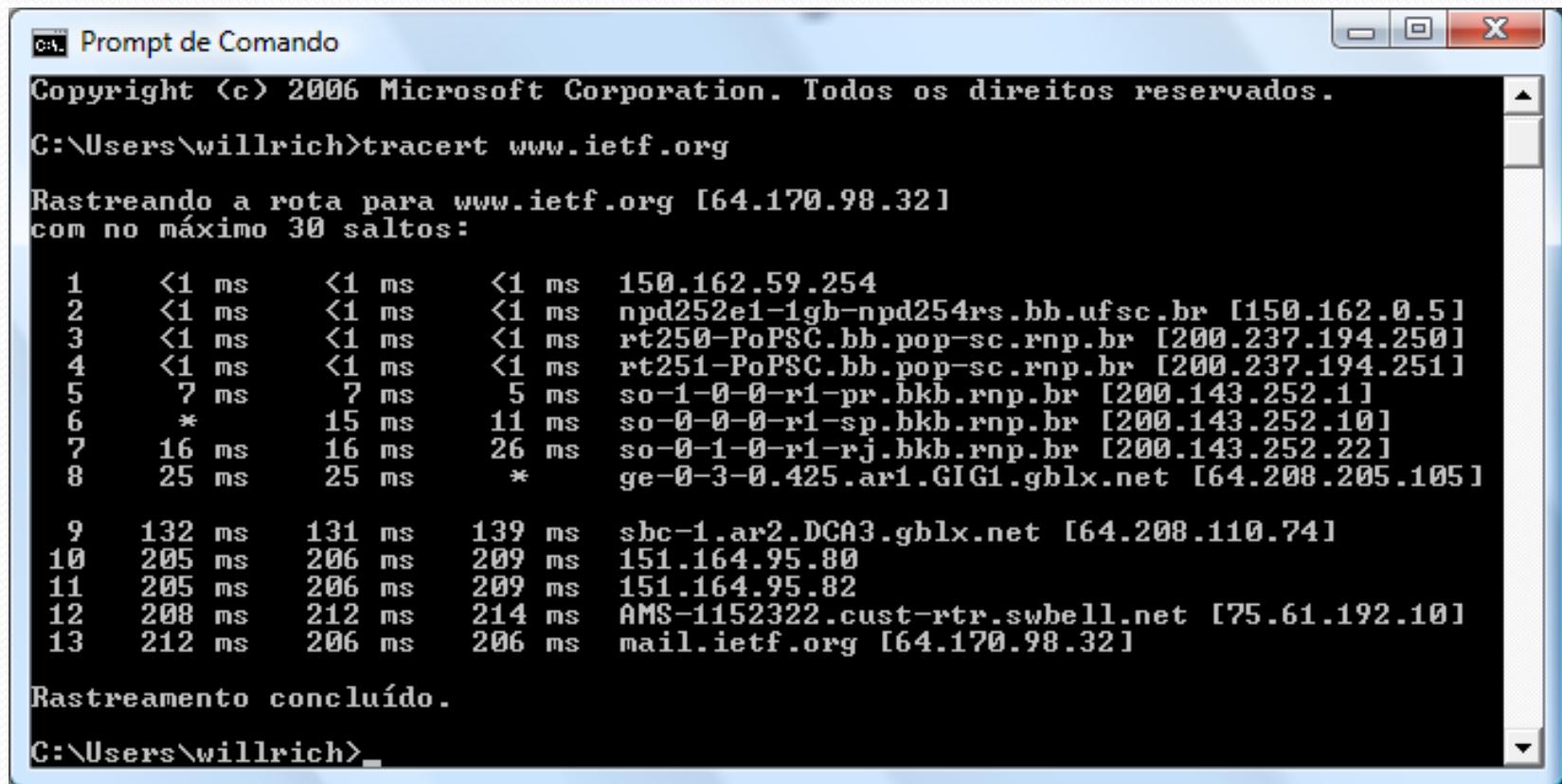
# Estrutura da Internet: rede de redes

- um pacote passa através de diversas redes!



# Estrutura da Internet: rede de redes

- **Traceroute: roteadores, atrasos de ida e volta no caminho da origem até o destino**



```
Prompt de Comando
Copyright <c> 2006 Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.

C:\Users\willrich>tracert www.ietf.org

Rastreando a rota para www.ietf.org [64.170.98.32]
com no máximo 30 saltos:

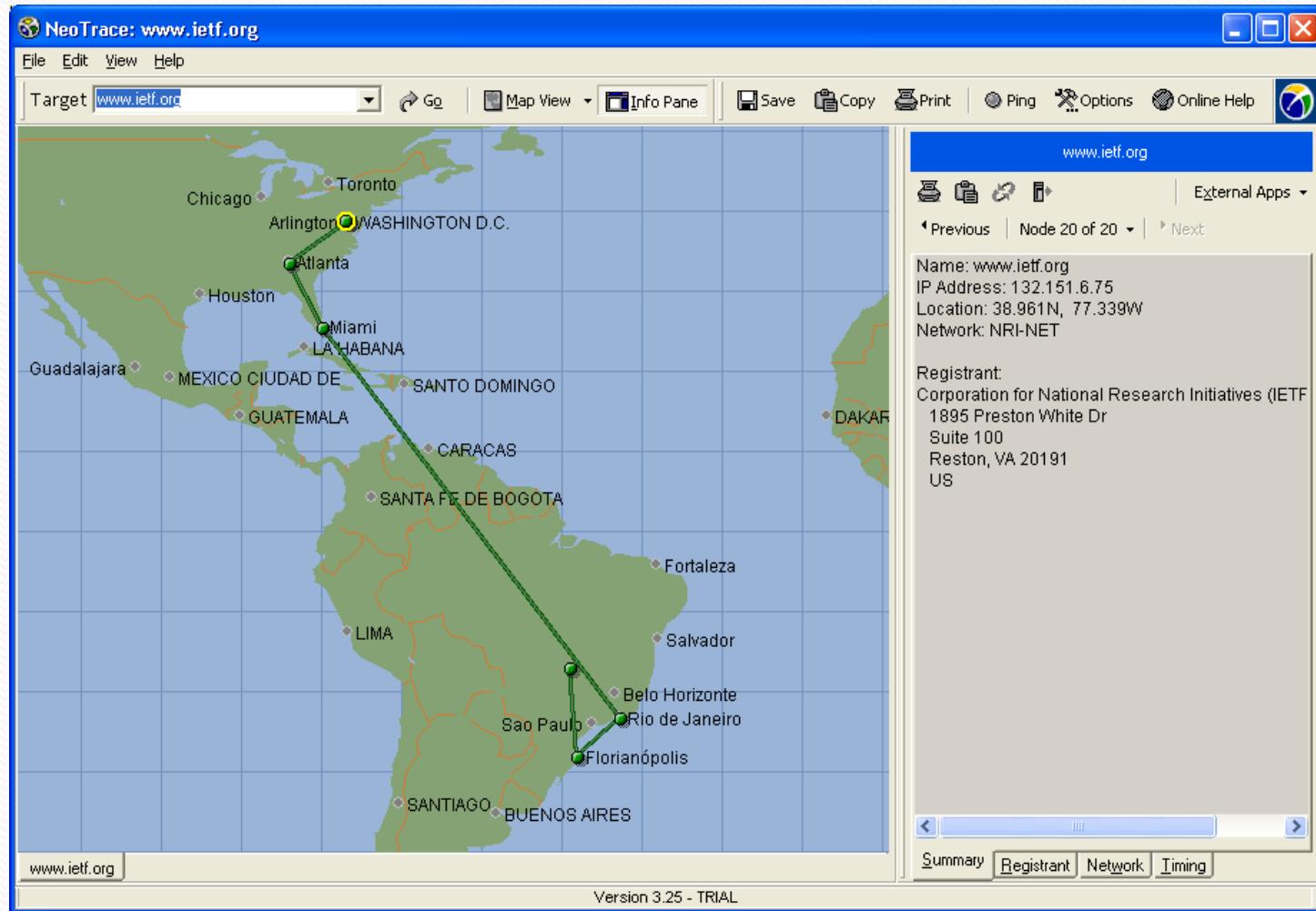
 1  <1 ms    <1 ms    <1 ms  150.162.59.254
 2  <1 ms    <1 ms    <1 ms  npd252e1-1gb-npd254rs.bb.ufsc.br [150.162.0.5]
 3  <1 ms    <1 ms    <1 ms  rt250-PoPSC.bb.pop-sc.rnp.br [200.237.194.250]
 4  <1 ms    <1 ms    <1 ms  rt251-PoPSC.bb.pop-sc.rnp.br [200.237.194.251]
 5   7 ms     7 ms     5 ms   so-1-0-0-r1-pr.bkb.rnp.br [200.143.252.1]
 6   *        15 ms    11 ms   so-0-0-0-r1-sp.bkb.rnp.br [200.143.252.10]
 7  16 ms     16 ms    26 ms   so-0-1-0-r1-rj.bkb.rnp.br [200.143.252.22]
 8  25 ms     25 ms    *      ge-0-3-0.425.ar1.GIG1.gblx.net [64.208.205.105]

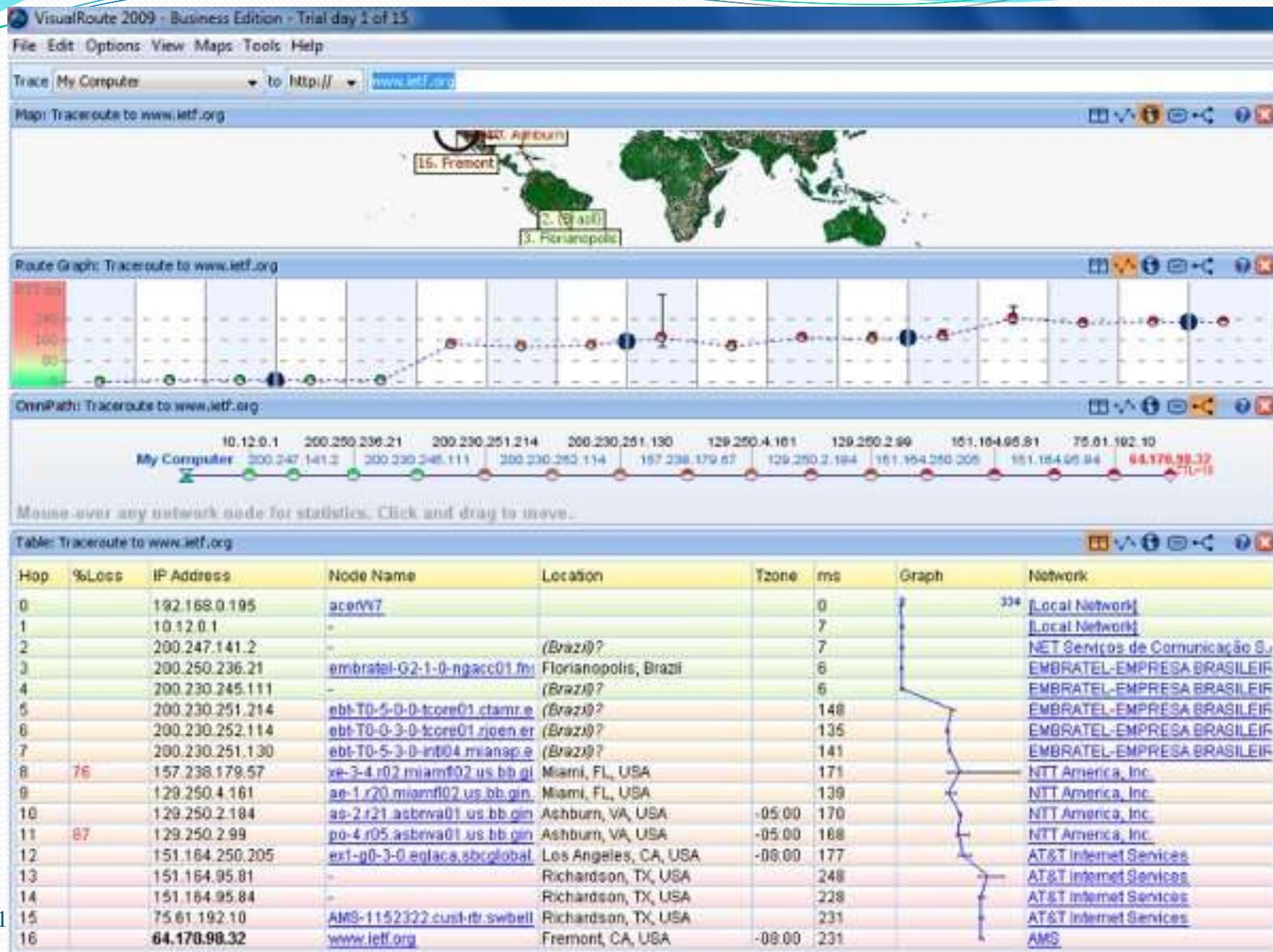
 9  132 ms   131 ms   139 ms  sbc-1.ar2.DCA3.gblx.net [64.208.110.74]
10  205 ms   206 ms   209 ms  151.164.95.80
11  205 ms   206 ms   209 ms  151.164.95.82
12  208 ms   212 ms   214 ms  AMS-1152322.cust-rtr.swebell.net [75.61.192.10]
13  212 ms   206 ms   206 ms  mail.ietf.org [64.170.98.32]

Rastreamento concluído.

C:\Users\willrich>
```

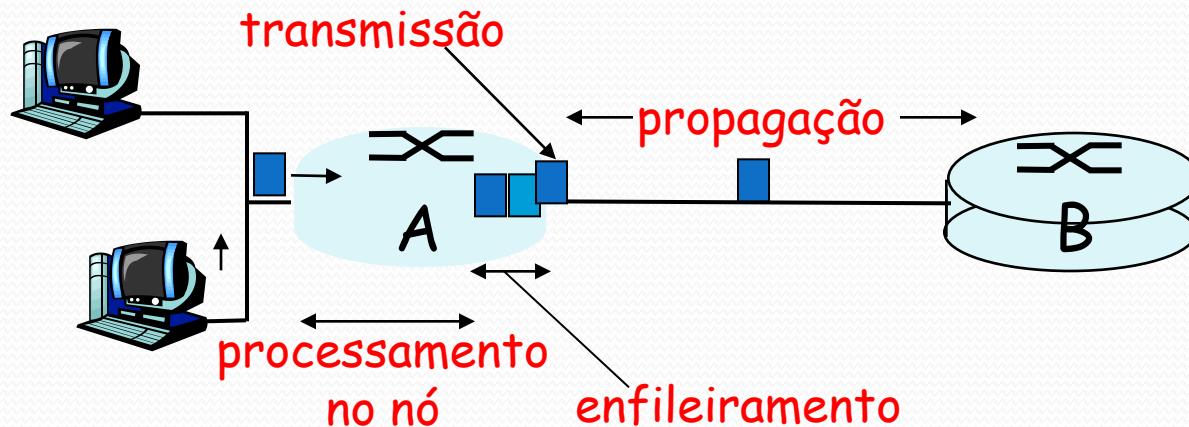
# Estrutura da Internet: rede de redes





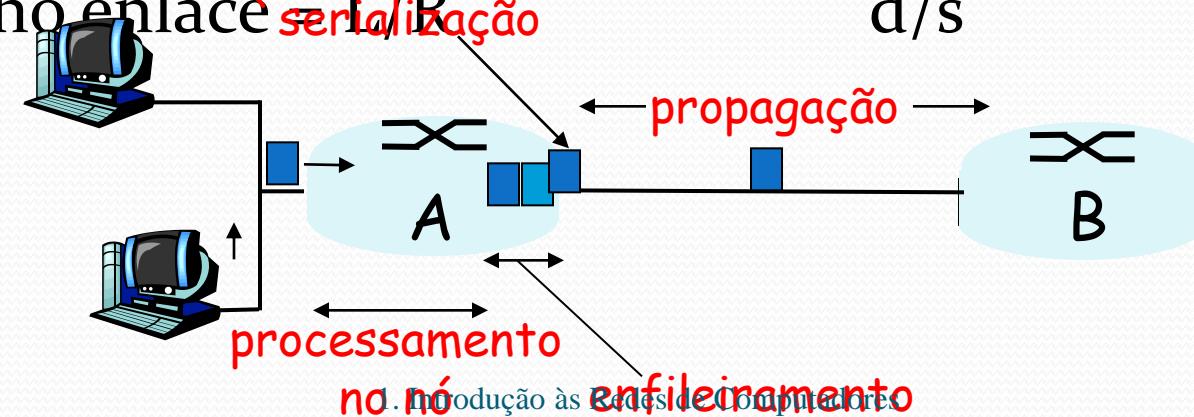
# Atraso em redes comutadas por pacotes

- Pacotes experimentam atraso no caminho fim a fim
- Quatro fontes de atraso em cada etapa
  - Processamento no nó:
    - verificação de bits com erro
    - identif. do enlace de saída
    - na ordem de microseg.
  - Enfileiramento
    - tempo de espera no enlace de saída até a transmissão
    - depende do nível de congestionamento do roteador
    - na ordem de mili ou microseg.



# Atraso em redes comutadas por pacotes

- Atraso de serialização:
- $R$ =largura de banda do enlace (bps)
- $L$ =compr. do pacote (bits)
- tempo para enviar os bits no enlace  $\frac{L}{R}$
- Atraso de propagação:
  - $d$  = compr. do enlace
  - $s$  = velocidade de propagação no meio ( $\sim 2 \times 10^8$  m/seg)
  - atraso de propagação =  $d/s$



# Analogia cbm uma Caravana

- Os carros se “propagam” a 100 km/h
- O pedágio leva 12 seg para atender um carro (tempo de transmissão)
- Em cada pedágio, o primeiro carro aguarda o último para formar a caravana
- carro~bit; caravana ~ pacote
- P: Quanto tempo leva até que a caravana esteja enfileirada antes do segundo pedágio?
- Tempo para “atravessar” toda a caravana através do pedágio para a estrada =  $12 * 10 = 120$  sec (2 min.)
- Tempo para que o último carro se propaga do primeiro para o segundo pedágio:  $100\text{km}/(100\text{km/h}) = 1 \text{ h}$
- R: 62 minutos

# Analogia com uma caravana (mais)

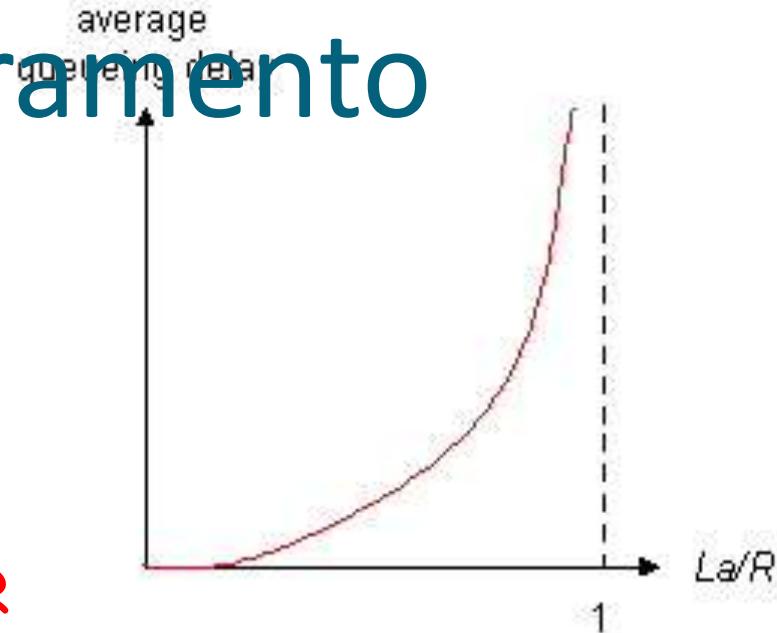
- 
- The diagram illustrates the analogy of a caravan with two toll stations (pedágios). The first pedágio is at 100 km from the start. The second pedágio is at 200 km from the start, which is also 100 km from the first. A horizontal line with arrows at both ends spans the 200 km distance between the two toll stations.
- Os carros agora no pedágio “de dez carros” propagam a 1000 km/h
    - 100 km em 6min.
  - Os pedágios agora levam 1 min para atender um carro
  - Atraso de 16 min
  - P: Os carros chegarão ao segundo pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no primeiro pedágio?
  - Sim! ~~Após~~ 7 min, o 10. Carro chega ao 2o. Pedágio e ainda há 3 carros no 1o. pedágio.
  - O 1o. bit do pacote pode chegar ao 2o. Roteador antes que o pacote tenha sido totalmente transmitido no 1o. roteador!

# Atraso no nó

- $d_{\text{proc}} = d_{\text{nó}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{enfil}} + d_{\text{serial}} + d_{\text{prop}}$ 
  - tipicamente de poucos microsegs ou menos
- **denfil = atraso de enfileiramento**
  - depende do congestionamento
- **dserial = atraso de serialização**
  - = L/R, significativo para canais de baixa velocidade
- **dprop = atraso de propagação**
  - poucos microsegs a centenas de msegs

# Atraso de enfileiramento

- $R$ =largura de banda do enlace (bps)
- $L$ =compr. do pacote (bits)
- $\frac{La}{R}$ : taxa média de chegada de pacotes
  - $\frac{La}{R} \approx 0$ : pequeno atraso de enfileiramento
  - $\frac{La}{R} \rightarrow 1$ : grande atraso
  - $\frac{La}{R} > 1$ : taxa média de chegada ( $La$ ) é maior que a taxa de saída ( $R$ ), atraso médio infinito!



# Perda de pacotes

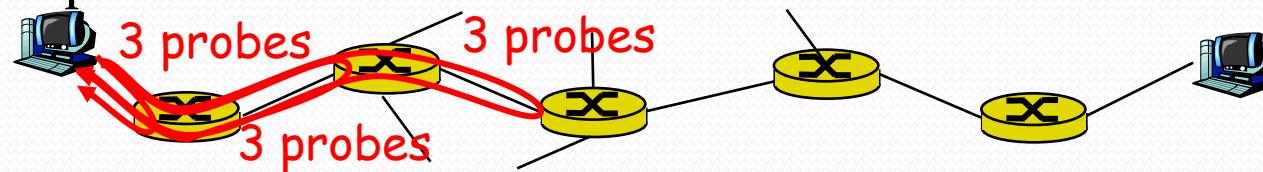
- **Fila (buffer) de encaminhamento associado a um canal possui capacidade finita**
  - quando um pacote chega numa fila cheia, o pacote é descartado (perdido)
- **Pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema origem, ou não ser retransmitido**

# Atraso fim-a-fim

- Atraso entre a transmissão na origem dos dados até sua recepção no destino
  - É o somatório dos atrasos de cada nó no caminho

# Atraso fim-a-fim

- **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 roteador  $i$  no caminho até o destino:
    - 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



## Traceroute: gaia.cs.umass.edu para www.eurecom.fr

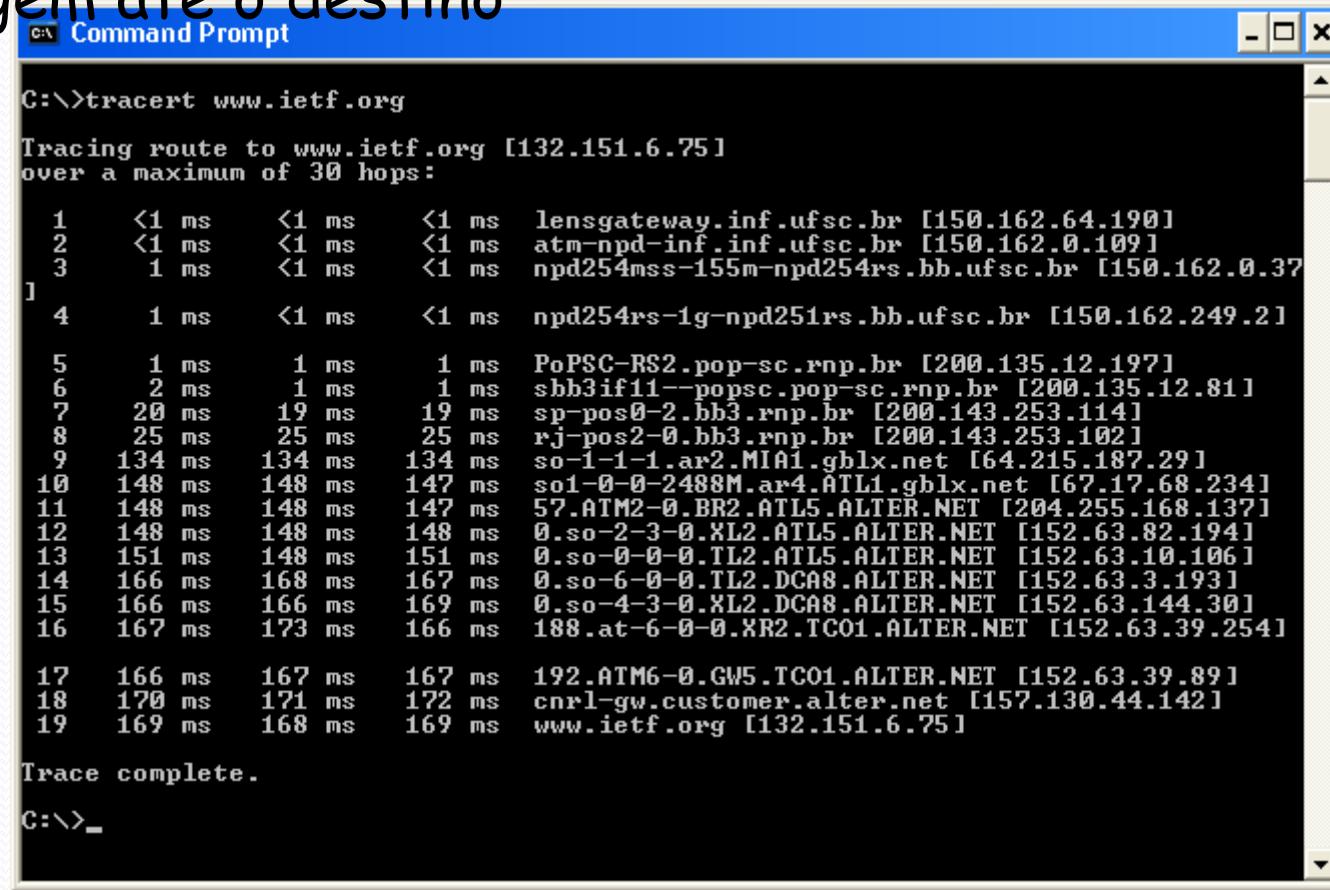
Três medidas de atraso de  
gaia.cs.umass.edu para cs-gw.cs.umass.edu

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	***	* sem resposta (perda de probe, roteador não responde)		
19	fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142)	132 ms	128 ms	136 ms

link  
transoceânico

# Atrasos e rotas “reais”

**traceroute:** roteadores, atrasos de ida e volta no caminho da origem até o destino



```
C:\>tracert www.ietf.org

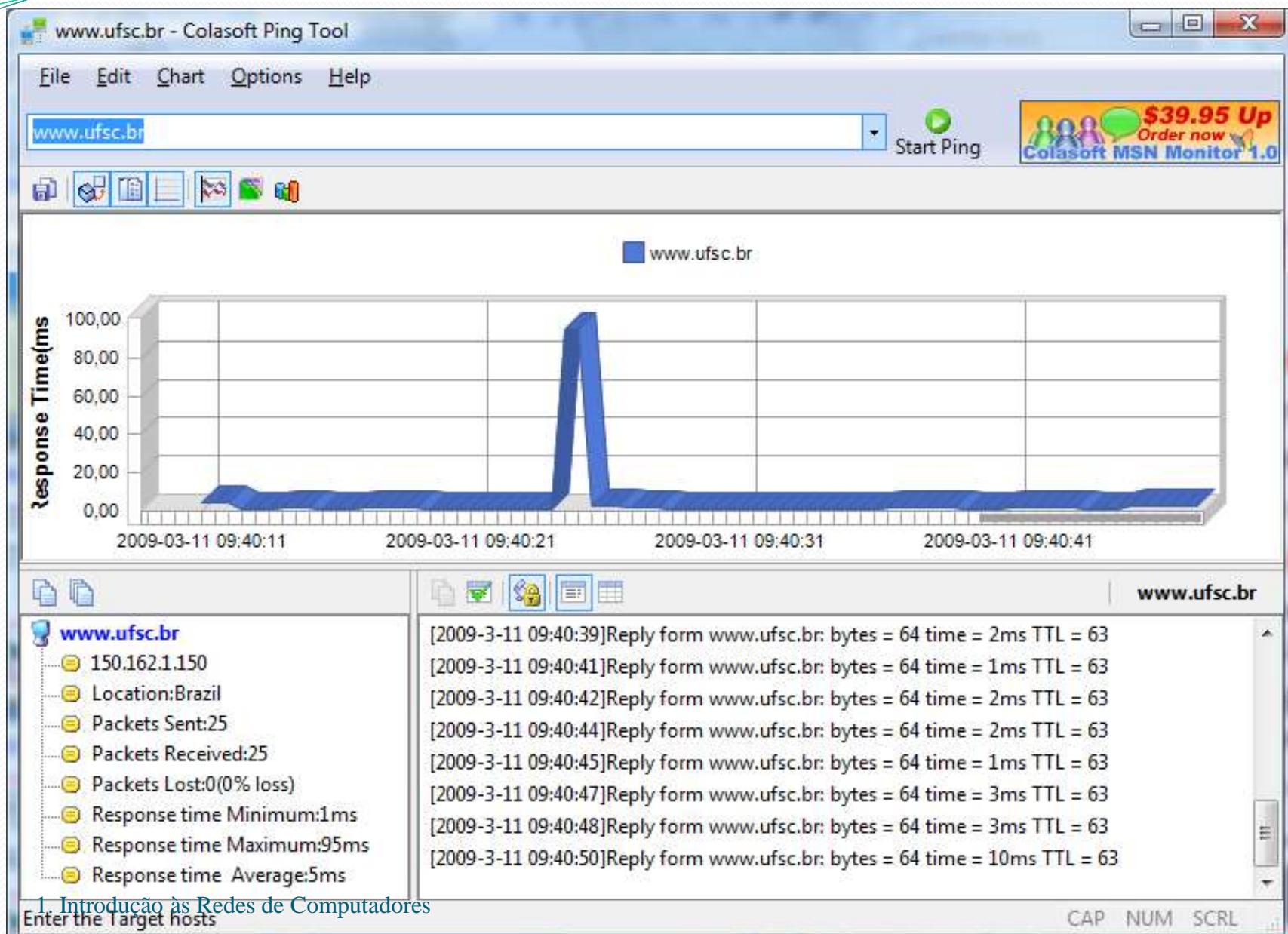
Tracing route to www.ietf.org [132.151.6.75]
over a maximum of 30 hops:

 1  <1 ms    <1 ms    <1 ms  lensgateway.inf.ufsc.br [150.162.64.190]
 2  <1 ms    <1 ms    <1 ms  atm-npd-inf.inf.ufsc.br [150.162.0.109]
 3  1 ms    <1 ms    <1 ms  npd254mss-155m-npd254rs.bb.ufsc.br [150.162.0.37]
] 4  1 ms    <1 ms    <1 ms  npd254rs-1g-npd251rs.bb.ufsc.br [150.162.249.2]

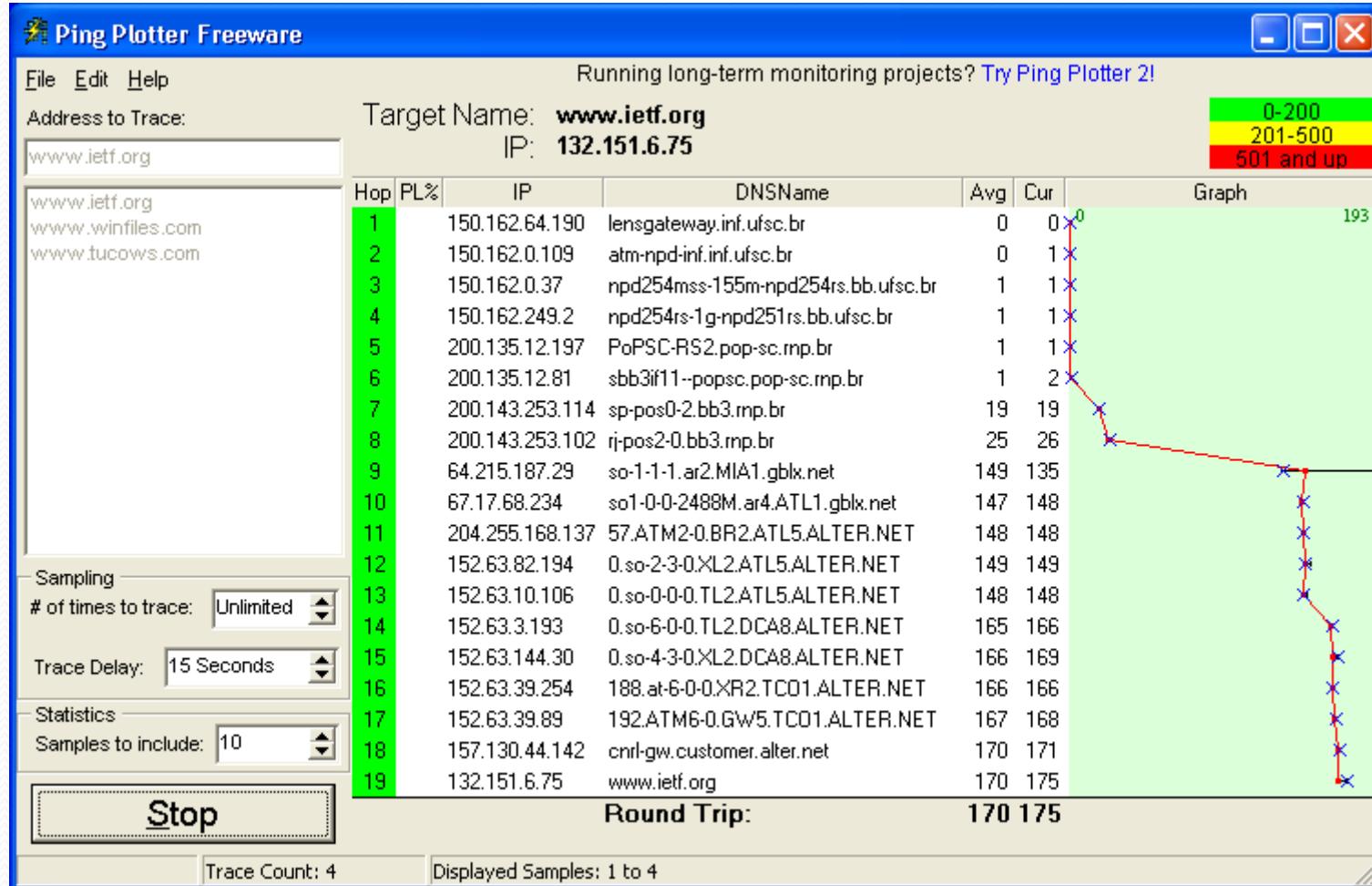
 5  1 ms      1 ms      1 ms  PoPSC-RS2.pop-sc.rnp.br [200.135.12.197]
 6  2 ms      1 ms      1 ms  sbb3if11--popsc.pop-sc.rnp.br [200.135.12.81]
 7  20 ms     19 ms     19 ms  sp-pos0-2.bb3.rnp.br [200.143.253.114]
 8  25 ms     25 ms     25 ms  rj-pos2-0.bb3.rnp.br [200.143.253.102]
 9  134 ms    134 ms    134 ms  so-1-1-1.ar2.MIA1.gblx.net [64.215.187.29]
10  148 ms    148 ms    147 ms  so1-0-0-2488M.ar4.ATL1.gblx.net [67.17.68.234]
11  148 ms    148 ms    147 ms  57.ATM2-0.BR2.ATL5.ALTER.NET [204.255.168.137]
12  148 ms    148 ms    148 ms  0.so-2-3-0.XL2.ATL5.ALTER.NET [152.63.82.194]
13  151 ms    148 ms    151 ms  0.so-0-0-0.TL2.ATL5.ALTER.NET [152.63.10.106]
14  166 ms    168 ms    167 ms  0.so-6-0-0.TL2.DCA8.ALTER.NET [152.63.3.193]
15  166 ms    166 ms    169 ms  0.so-4-3-0.XL2.DCA8.ALTER.NET [152.63.144.30]
16  167 ms    173 ms    166 ms  188.at-6-0-0.XR2.TC01.ALTER.NET [152.63.39.254]

17  166 ms    167 ms    167 ms  192.ATM6-0.GW5.TC01.ALTER.NET [152.63.39.89]
18  170 ms    171 ms    172 ms  cnrl-gw.customer.alter.net [157.130.44.142]
19  169 ms    168 ms    169 ms  www.ietf.org [132.151.6.75]

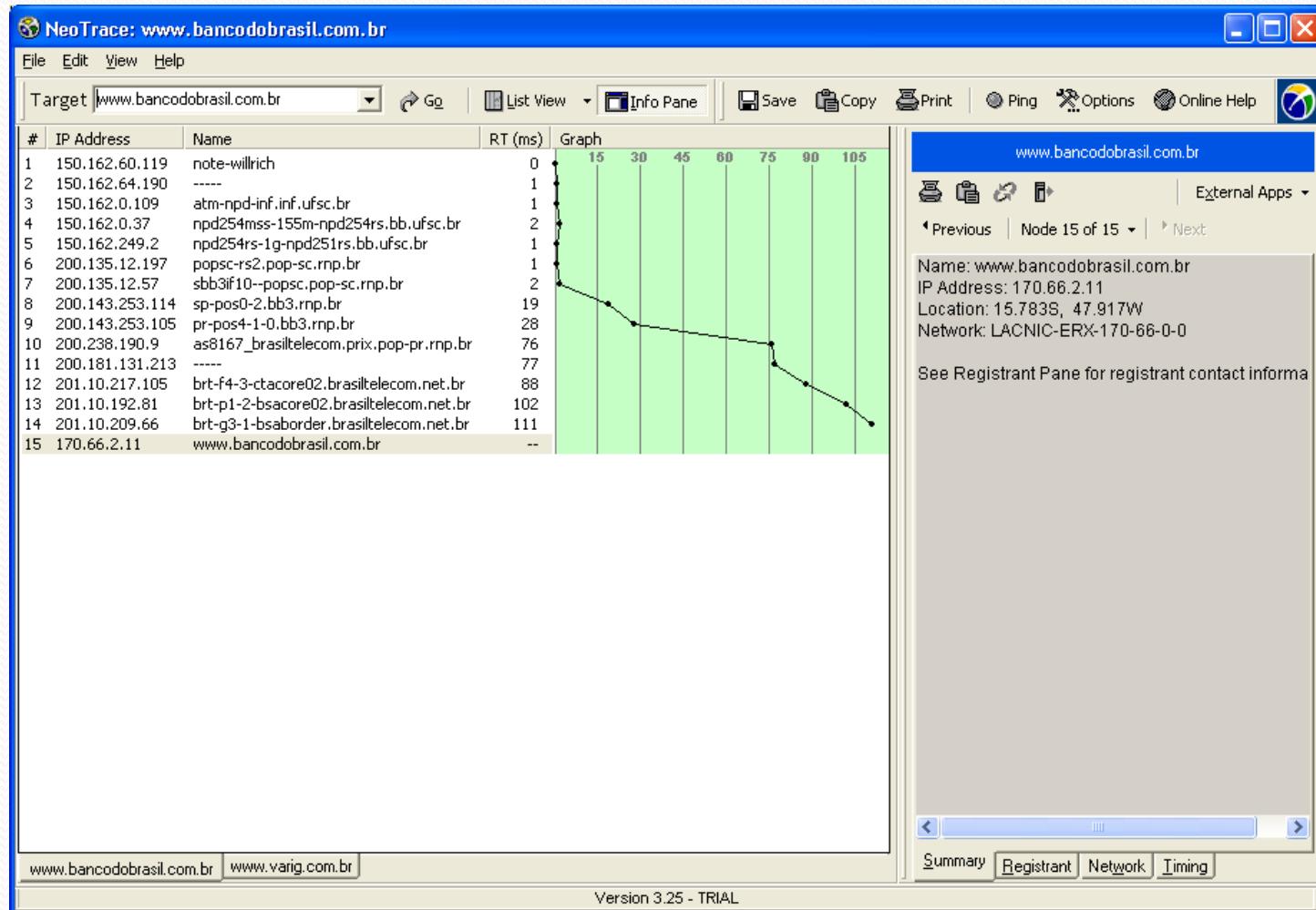
Trace complete.
```



# Atrasos e rotas “reais”



# Diferentes destinos x Diferentes Redes



# Diferentes destinos x Diferentes Redes

