

Capítulo 1

Introdução

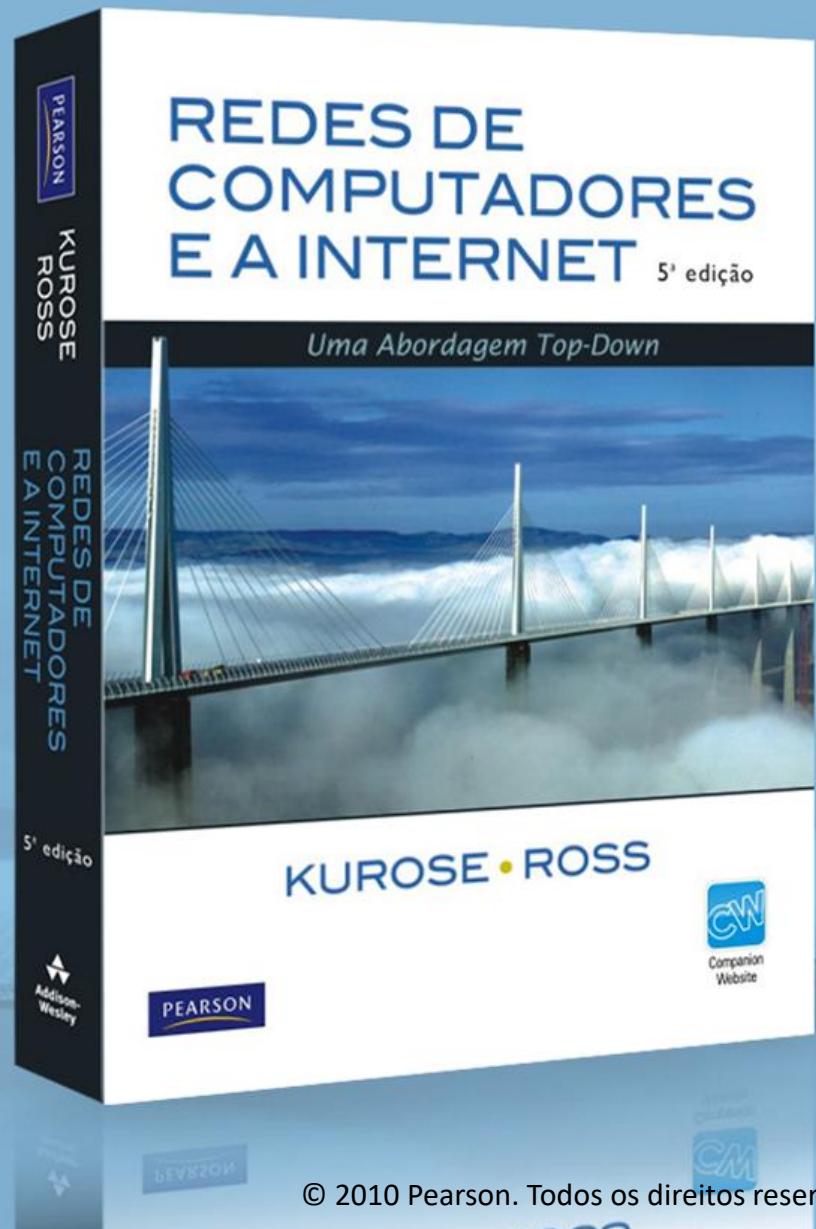
Nota sobre o uso destes slides ppt:

Estamos disponibilizando estes slides gratuitamente a todos (professores, alunos, leitores). Eles estão em formato do PowerPoint para que você possa incluir, modificar e excluir slides (incluindo este) e o conteúdo do slide, de acordo com suas necessidades. Eles obviamente representam *muito* trabalho da nossa parte. Em retorno pelo uso, pedimos apenas o seguinte:

- Se você usar estes slides (por exemplo, em sala de aula) sem muita alteração, que mencione sua fonte (afinal, gostamos que as pessoas usem nosso livro!).
- Se você postar quaisquer slides sem muita alteração em um site Web, que informe que eles foram adaptados dos (ou talvez idênticos aos) nossos slides e inclua nossa nota de direito autoral desse material.

Obrigado e divirta-se! JFK/KWR

Todo o material copyright 1996-2009
J.F Kurose e K.W. Ross, Todos os direitos reservados.



Capítulo 1: Introdução

Objetivos do capítulo:

- mostrar a “atmosfera” e a terminologia
- mais detalhes *mais adiante* no curso
- método:
 - usar Internet como exemplo

Visão geral:

- o que é a Internet?
- o que é um protocolo?
- borda da rede; hospedeiros, rede de acesso, meio físico
- núcleo da rede: pacote/comutação de circuitos, estrutura da Internet
- desempenho: perda, atraso, vazão
- segurança
- camadas de protocolo, modelos de serviço
- história

Capítulo 1: Roteiro

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

1.1 O que é a Internet?

1.2 Borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 Núcleo da rede

- comutação de circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

O que é a Internet: visão básica

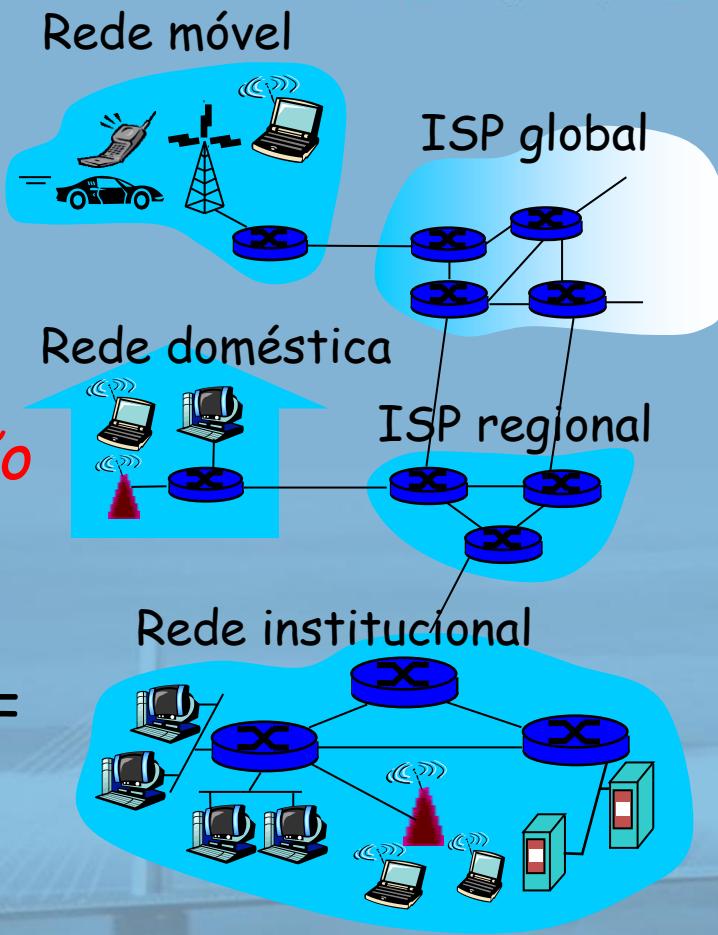


- milhões de dispositivos de computação conectados:
hospedeiros = sistemas finais
 - rodando *aplicações de rede*

□ *enlaces de comunicação*

- ❖ fibra, cobre, rádio, satélite
- ❖ taxa de transmissão = *largura de banda*

□ *roteadores:* encaminham pacotes (pedaços de dados)



Utensílios “legais” da Internet

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down



Quadro de imagens IP
<http://www.ceiva.com/>



Tostadora preparada para
Internet + previsor de tempo



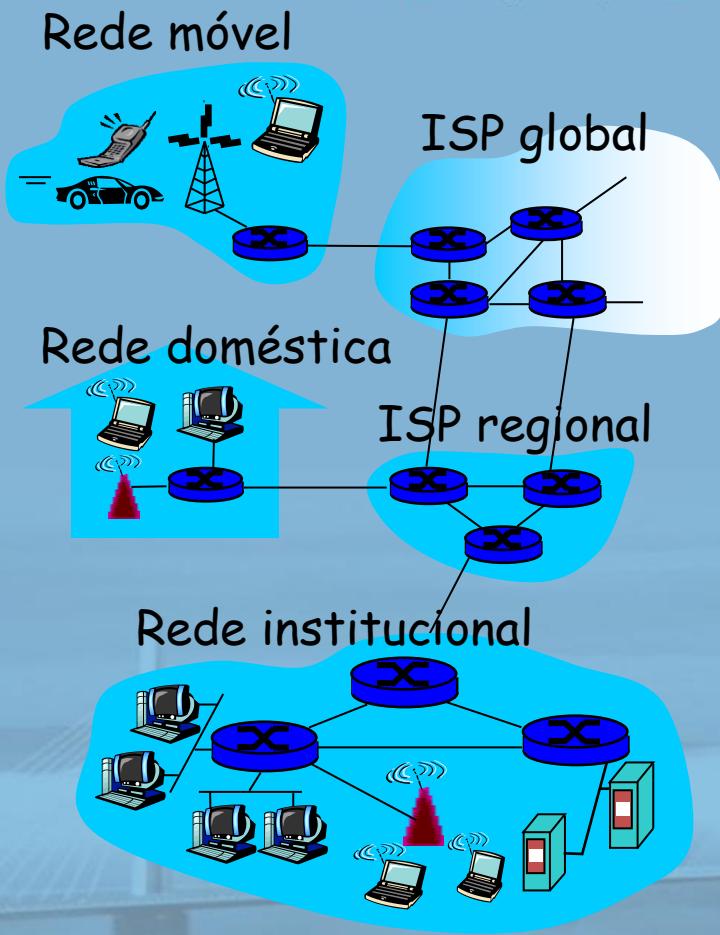
Menor servidor Web do mundo
<http://www-ccs.cs.umass.edu/~shri/iPic.html>



Telefones de Internet

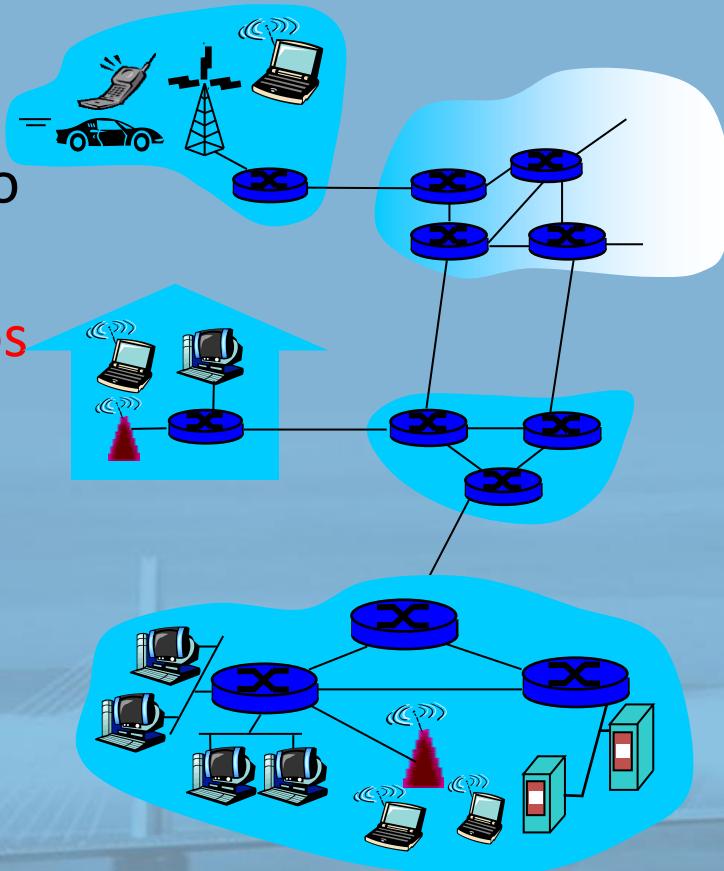
O que é a Internet: visão dos elementos básicos

- **protocolos** controle de envio e recepção de msgs
 - p. e., TCP, IP, HTTP, Skype, Ethernet
- **Internet: “rede de redes”**
 - vagamente hierárquica
 - Internet pública *versus* intranet privada
- padrões da Internet
 - RFC: Request For Comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force



O que é a Internet: uma visão de serviço

- *infraestrutura de comunicação* possibilita aplicações distribuídas:
 - Web, VoIP, e-mail, jogos, e-commerce, compartilhamento de arquivos
- *serviços de comunicação fornecidos às aplicações:*
 - entrega de dados confiável da origem ao destino
 - entrega de dados pelo “melhor esforço” (não confiável)



O que é um protocolo?

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

protocolos humanos:

- “que horas são?”
- “tenho uma pergunta”
- introduções

... msgs específicas
enviadas

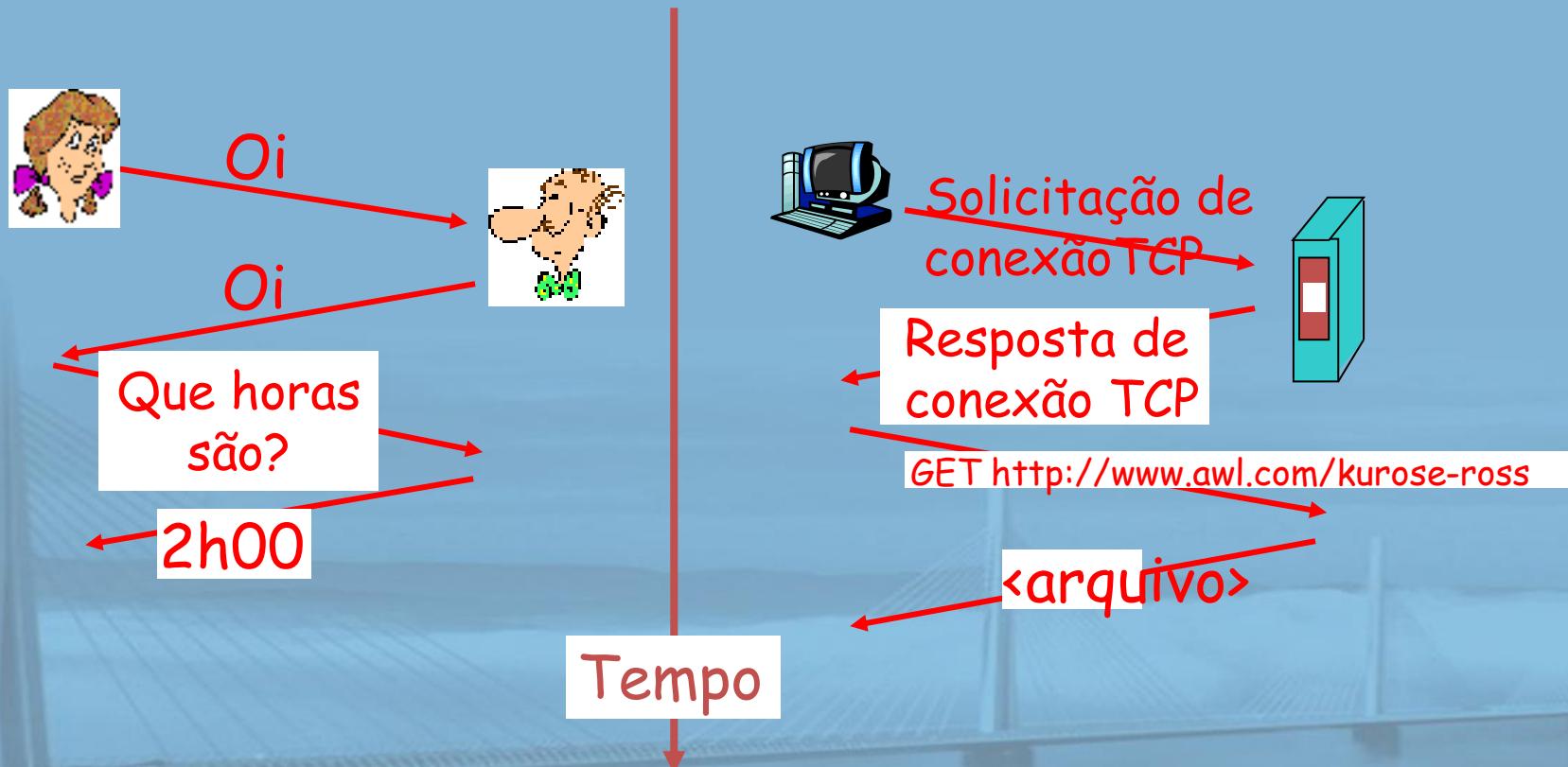
... ações específicas
tomadas quando msgs
recebidas, ou outros
eventos

protocolos de rede:

- máquinas em vez de
humanos
- toda atividade de
comunicação na Internet
controlada por protocolos

*Protocolos definem formato,
ordem de msgs enviadas e
recebidas entre entidades
de rede e ações tomadas
sobre transmissão e
recepção de msgs*

um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores:



P: Outros protocolos humanos?

Capítulo 1: Roteiro

1.1 O que é a Internet?

1.2 Borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 Núcleo da rede

- comutação de circuitos, comutação de pacotes,
estrutura da rede

**1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por
pacotes**

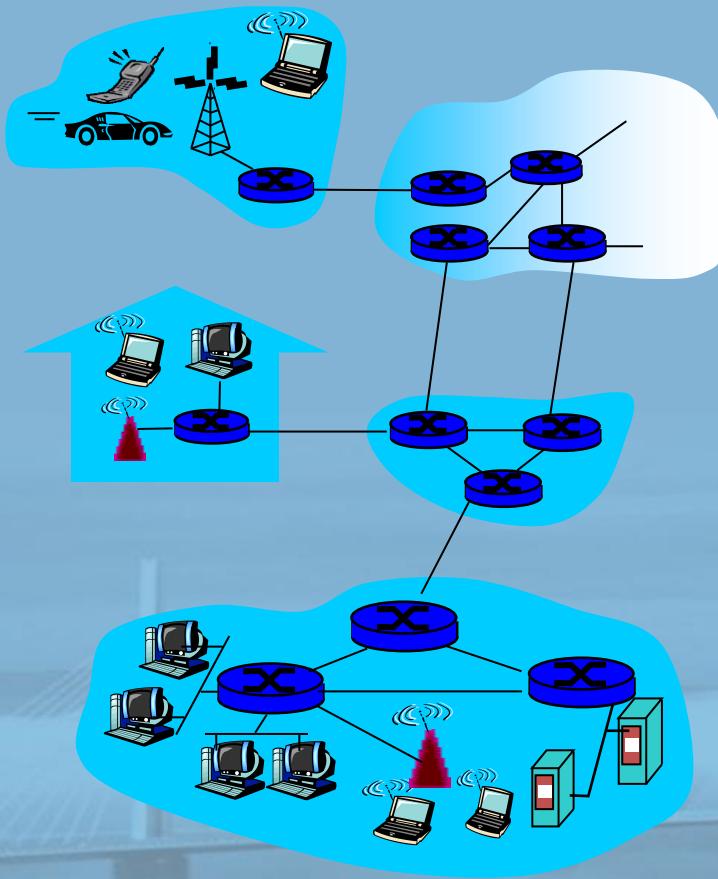
1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

Visão mais de perto da estrutura de rede:

- **borda da rede:**
aplicações e hospedeiros
- **redes de acesso, meios físicos:** enlaces de comunicação com e sem fio
- **núcleo da rede:**
 - ❖ roteadores interconectados
 - ❖ rede de redes



A borda da rede:

- **sistemas finais (hospedeiros):**

- executar programas de aplicação
- p. e. Web, e-mail
- na “borda da rede”

□ modelo cliente/servidor

- ❖ hospedeiro cliente solicita, recebe serviço de servidor sempre ativo
- ❖ p. e. navegador/servidor Web; cliente/servidor de e-mail

□ modelo peer-peer:

- ❖ uso mínimo (ou nenhum) de servidores dedicados
- ❖ p. e. Skype, BitTorrent



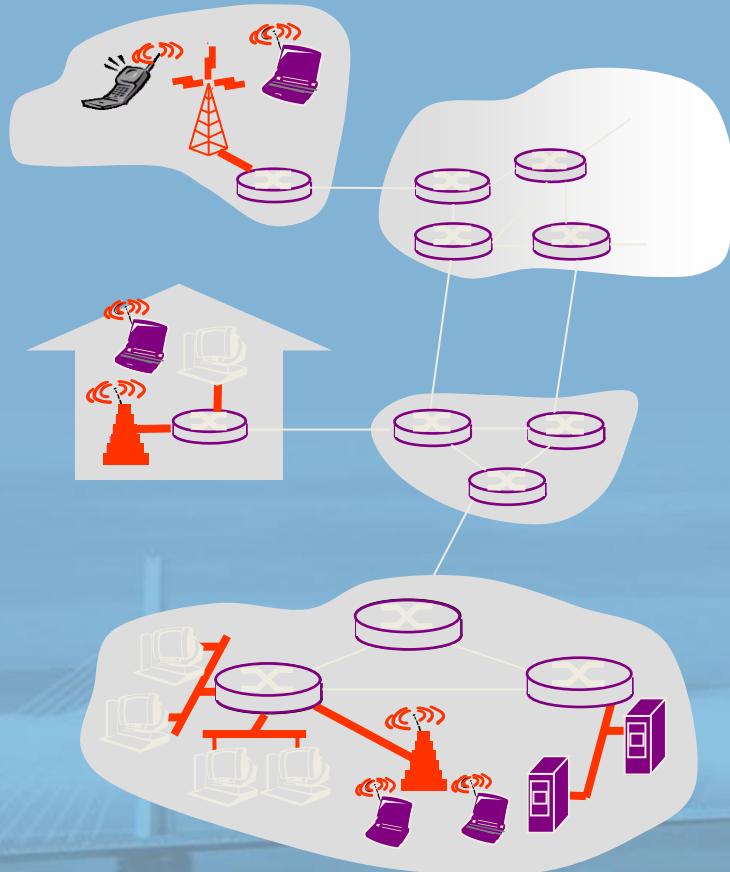
Redes de acesso e meios físicos

P: Como conectar sistemas finais ao roteador da borda?

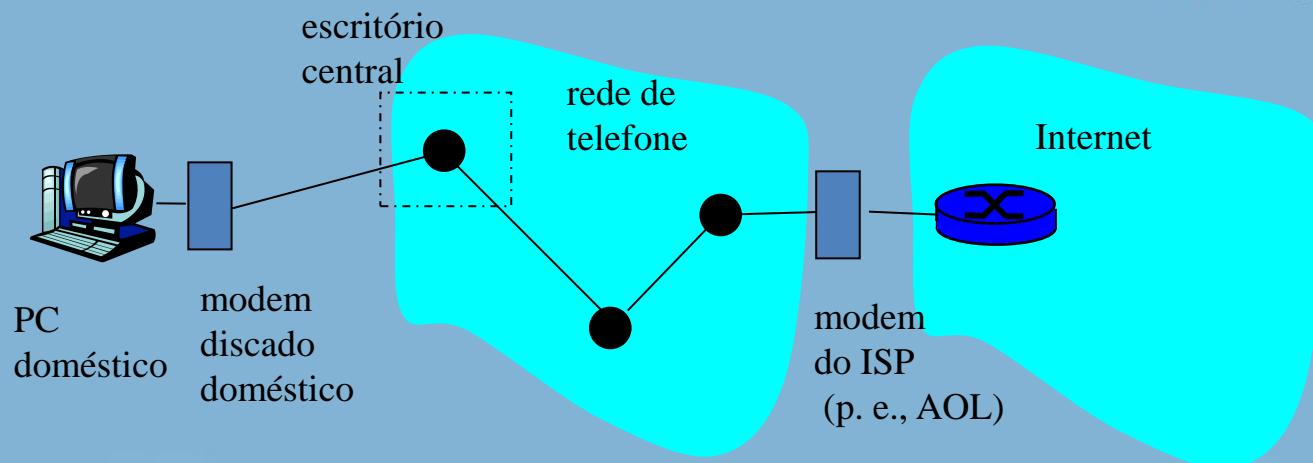
- redes de acesso residencial
- redes de acesso institucional (escola, empresa)
- redes de acesso móvel

Lembre-se:

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

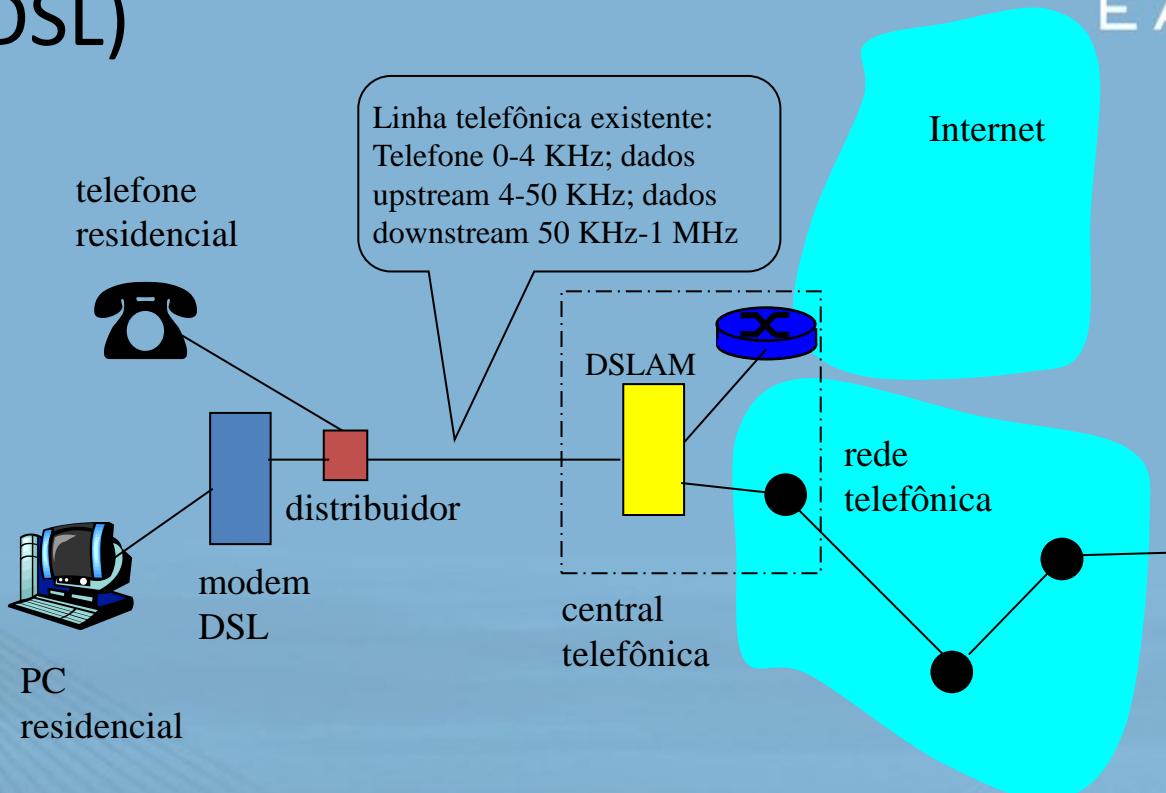


Modem discado



- ❖ usa infraestrutura de telefonia existente
 - ❖ casa conectada ao **escritório central**
- ❖ até 56 kbps de acesso direto ao roteador (geralmente menos)
- ❖ não pode navegar e telefonar ao mesmo tempo:
não está "**sempre ligado**"

Digital Subscriber Line (DSL)



- ❖ também usa infraestrutura de telefone existente
- ❖ até 1 Mbps upstream (hoje, normalmente < 256 kbps)
- ❖ até 8 Mbps downstream (hoje, normalmente < 1 Mbps)
- ❖ linha física dedicada à central telefônica

Acesso residencial: modems a cabo

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

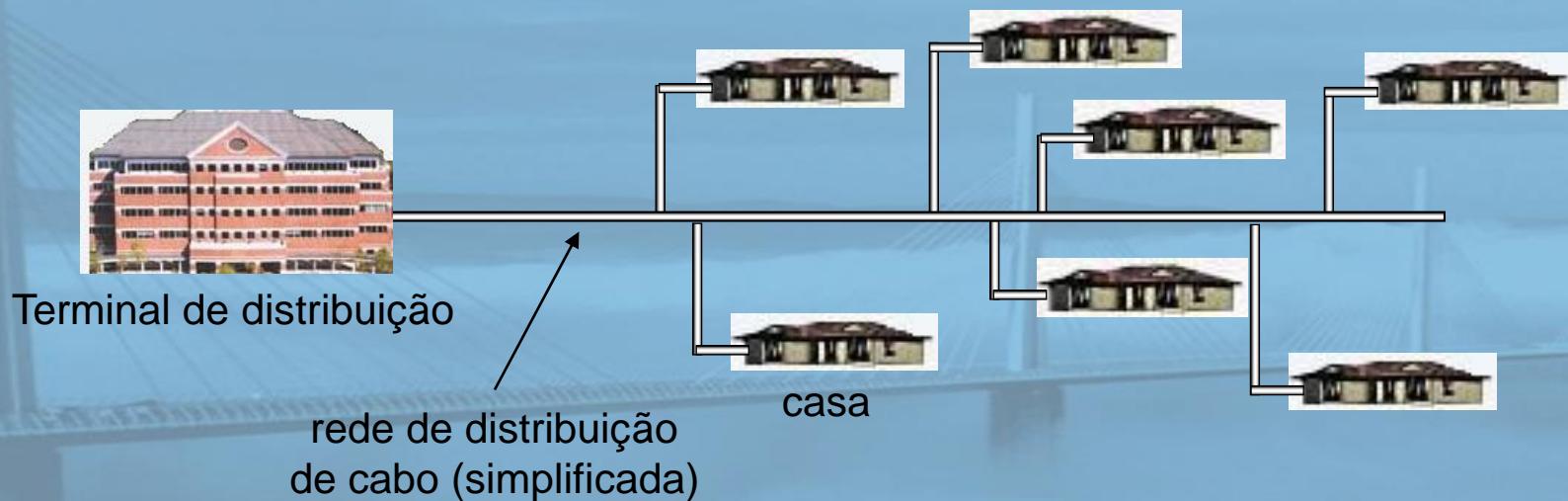
- não usa infraestrutura de telefone
 - usa infraestrutura de TV a cabo
- **HFC: Hybrid Fiber Coax**
 - assimétrico: até 30 Mbps downstream, 2 Mbps upstream
- **rede de cabo e fibra conecta casas ao roteador ISP**
 - casas **compartilham acesso** ao roteador
 - diferente de DSL, que tem **acesso dedicado**

Arquitetura de rede a cabo: visão geral

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

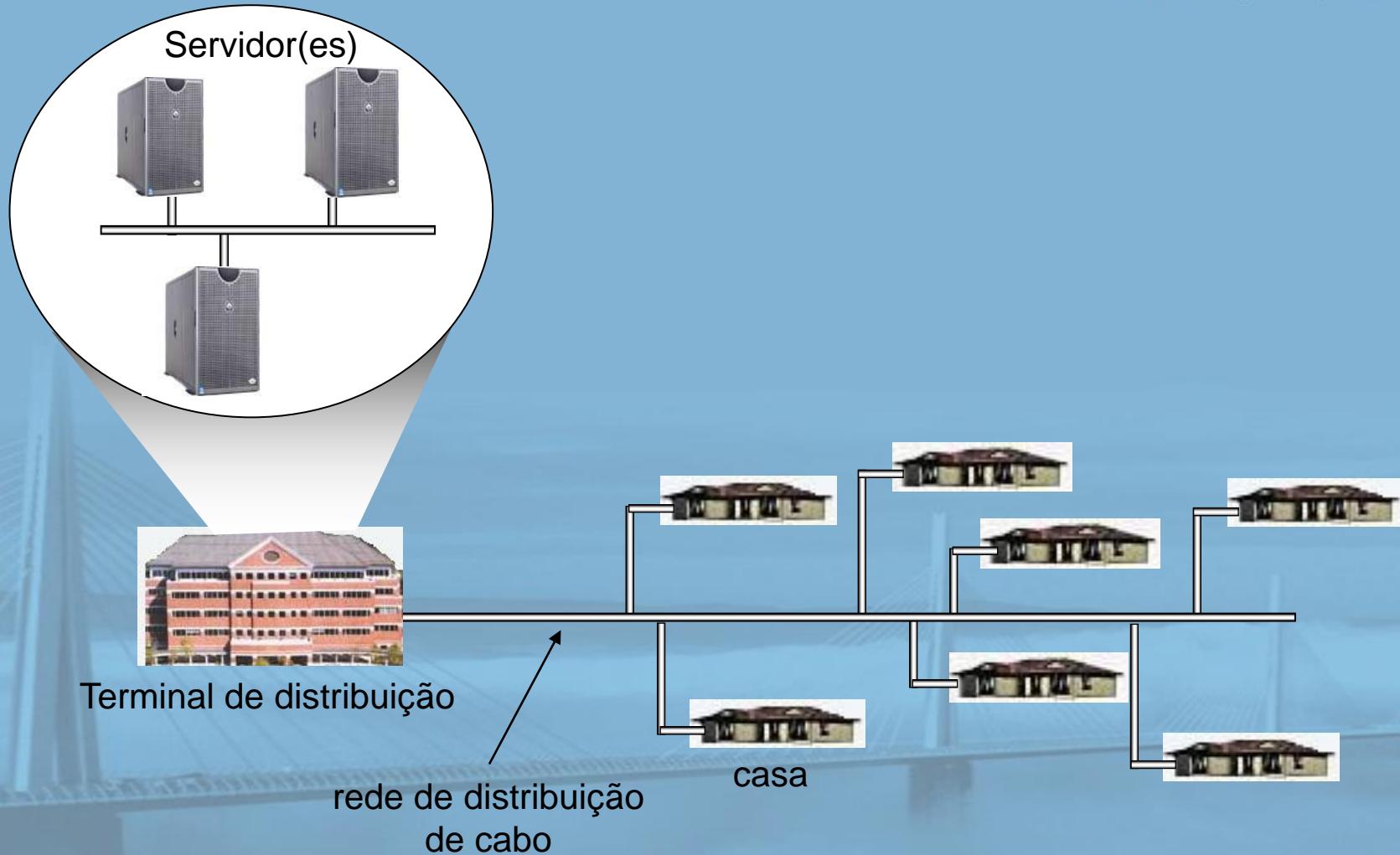
geralmente, 500 a 5.000 casas



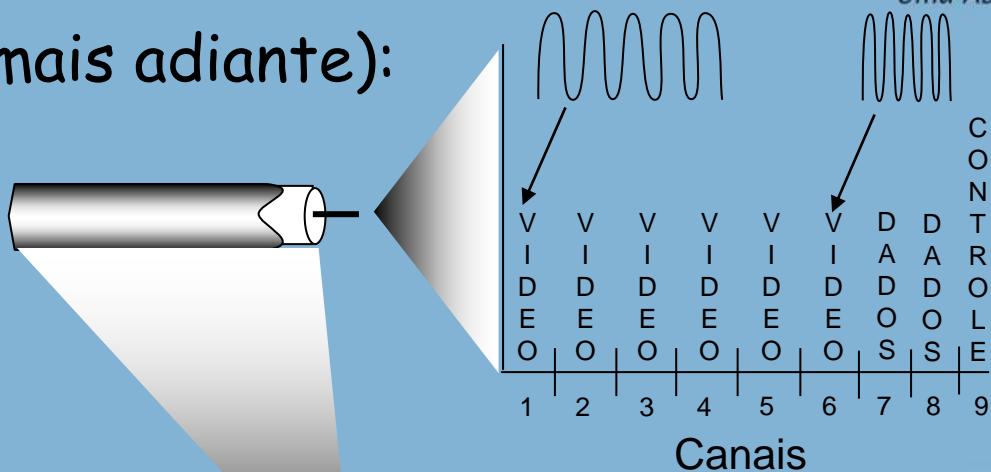
REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET

5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

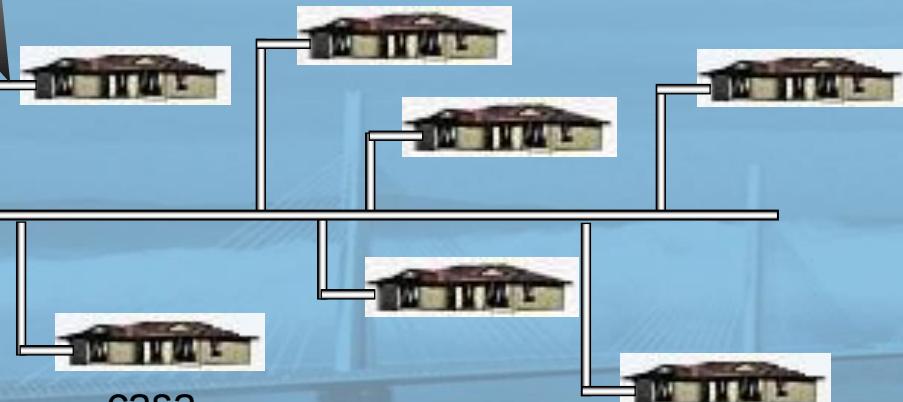


FDM (mais adiante):



Terminal de distribuição

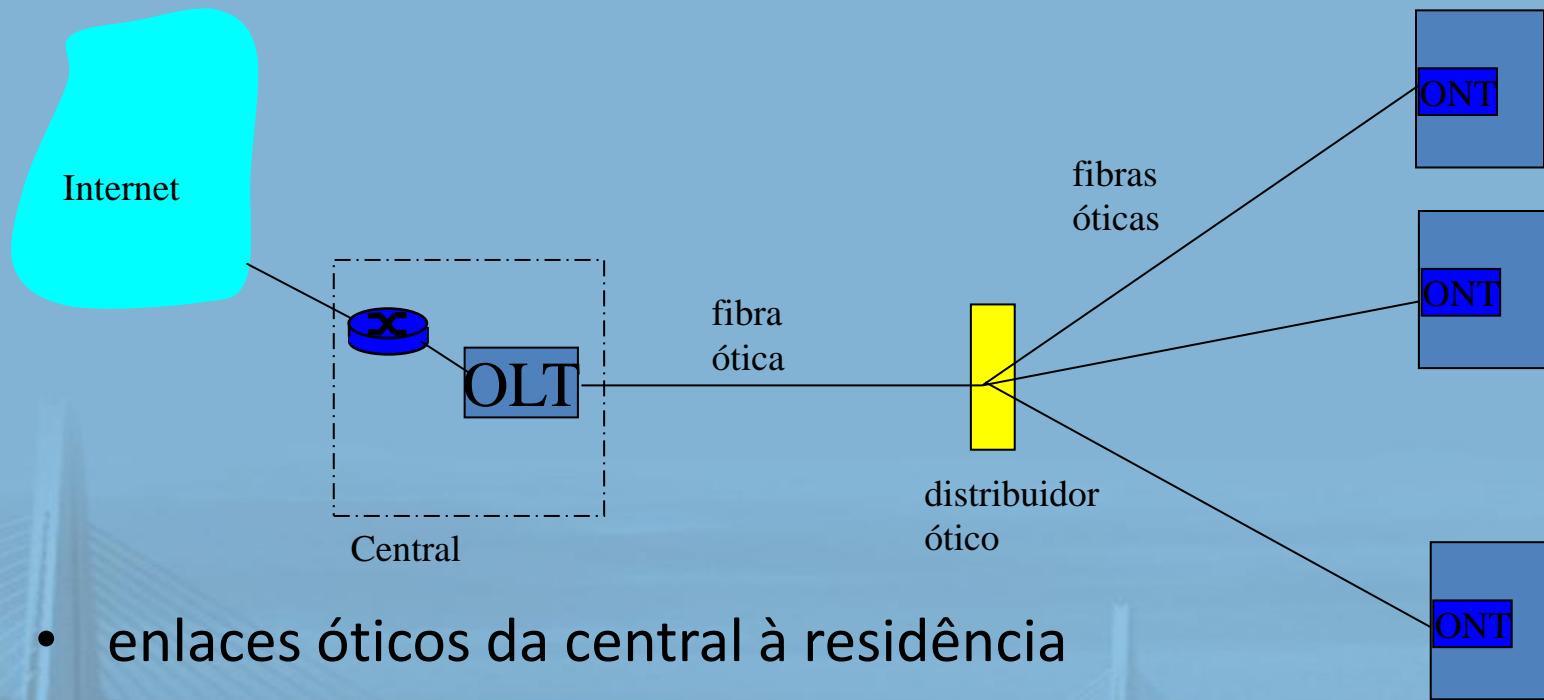
rede de distribuição
de cabo



Fibra nas residências

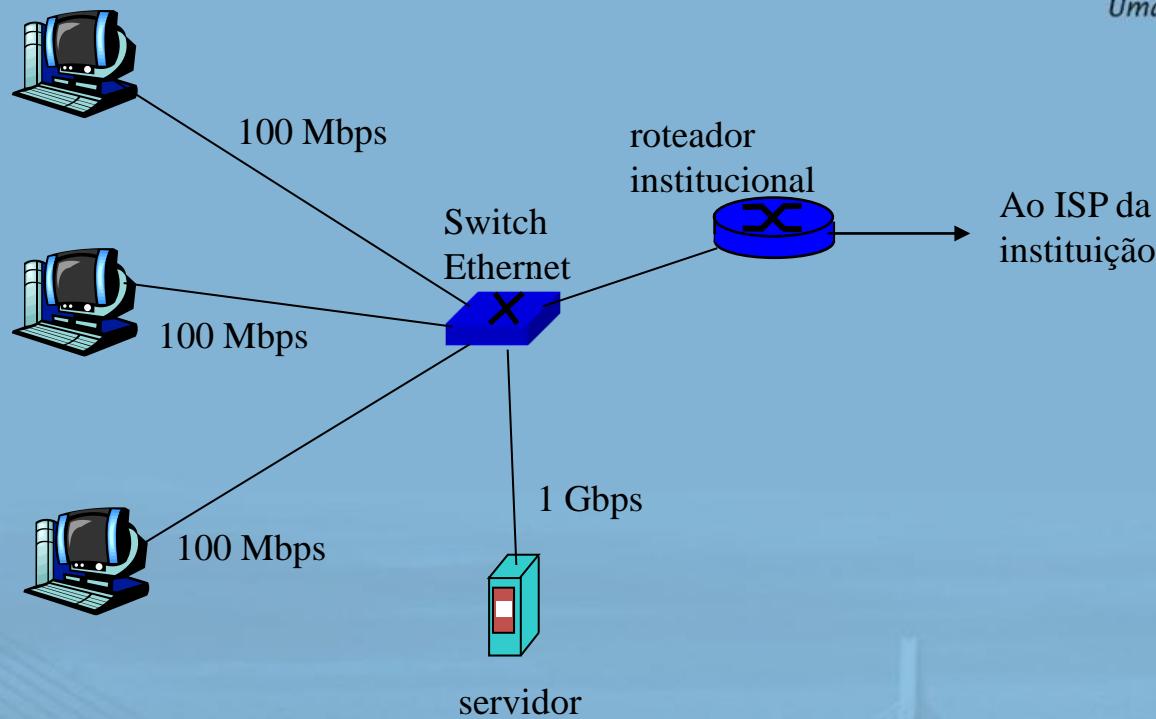
REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down



- enlaces ópticos da central à residência
- duas tecnologias ópticas concorrentes:
 - Passive Optical Network (PON)
 - Active Optical Network (PAN)
- velocidades de Internet muito mais altas; fibra também transporta serviços de TV e telefone

Acesso à Internet por Ethernet



- normalmente usado em empresas, universidade etc.
- Ethernet a 10 Mbs, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps
- hoje, os sistemas finais normalmente se conectam ao comutador Ethernet

Redes de acesso sem fio

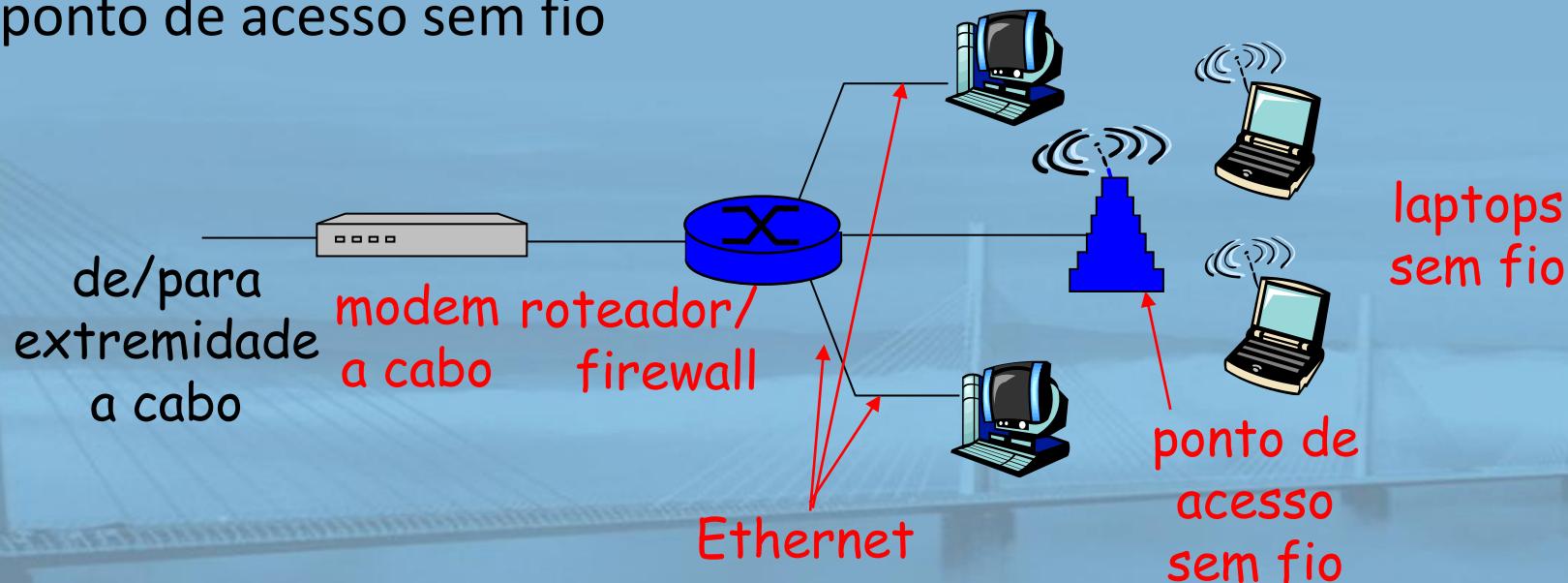
- rede de acesso *sem fio* compartilhado conecta sistema final ao roteador
 - via estação base, também conhecida como “ponto de acesso”
- **LANs sem fio:**
 - 802.11b/g (WiFi): 11 ou 54 Mbps
- **acesso sem fio de área mais remota**
 - fornecido pelo operador de telecomunicação
 - ~1Mbps por sistema celular (EVDO, HSDPA)
 - próximo (?): WiMAX (10's Mbps) por área remota



Redes residenciais

componentes típicos da rede residencial:

- modem DSL ou a cabo
- roteador/firewall/nat
- Ethernet
- ponto de acesso sem fio



Meios físicos

- **bit:** propaga entre pares de transmissor/receptor
- **enlace físico:** o que fica entre transmissor e receptor
- **meio guiado:**
 - sinais se propagam em meio sólido: cobre, fibra, coaxial
- **meio não guiado:**
 - sinais se propagam livremente, p. e., rádio

Par Trançado (TP)

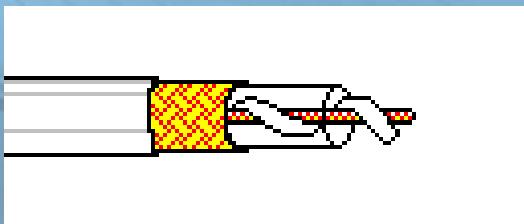
- dois fios de cobre isolados
 - categoria 3: fios de telefone tradicionais, Ethernet a 10 Mbps
 - categoria 5: Ethernet a 100 Mbps



Meio físico: cabo coaxial, fibra

cabo coaxial:

- dois condutores de cobre concêntricos
- bidirecional
- banda base:
 - único canal no cabo
 - Ethernet legado
- banda larga:
 - múltiplos canais no cabo
 - HFC



cabo de fibra ótica:

- fibra de vidro conduzindo pulsos de luz; cada pulso um bit
- operação em alta velocidade:
 - ❖ transmissão em alta velocidade ponto a ponto (p. e., 10-100 Gps)
- baixa taxa de erro: repetidores bastante espaçados; imune a ruído eletromagnético



Meio físico: rádio

- sinal transportado no espectro eletromagnético
- nenhum “fio” físico
- bidirecional
- efeitos no ambiente de propagação:
 - reflexão
 - obstrução por objetos
 - interferência

Radio link types:

- **micro-ondas terrestre**
 - ❖ p. e. até canais de 45 Mbps
- **LAN (p. e., Wifi)**
 - ❖ 11 Mbps, 54 Mbps
- **área ampla (p. e., celular)**
 - ❖ celular 3G: ~ 1 Mbps
- **satélite**
 - ❖ canal de Kbps a 45Mbps (ou múltiplos canais menores)
 - ❖ atraso fim a fim de 270 msec
 - ❖ geoestacionário *versus* baixa altitude

Capítulo 1: Roteiro

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

1.1 O que é a Internet?

1.2 Borda da rede

□ sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 Núcleo da rede

□ comutação de circuitos, comutação de pacotes,
estrutura da rede

**1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por
pacotes**

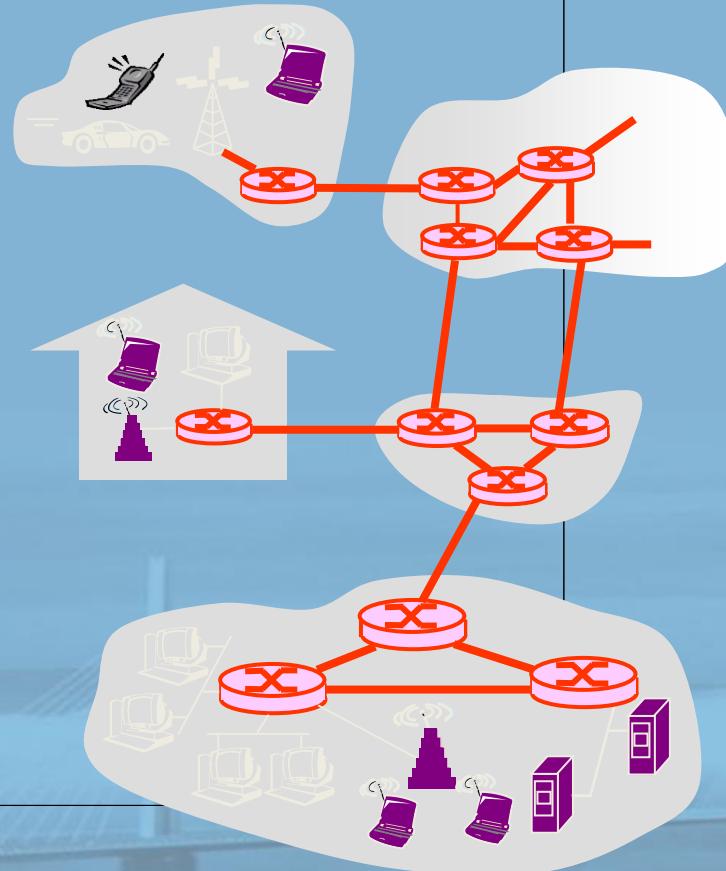
1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

O núcleo da rede

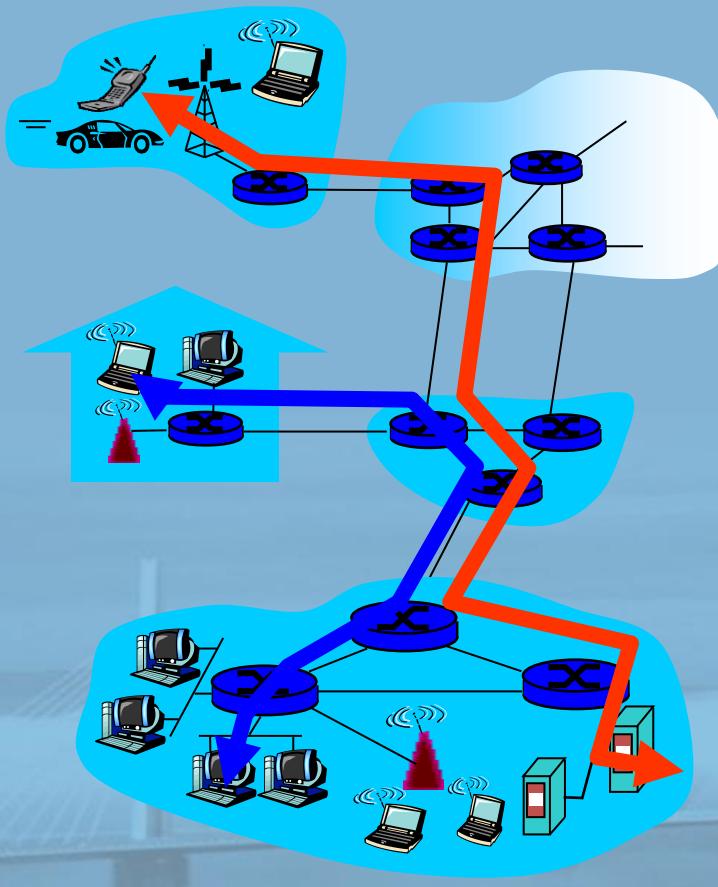
- malha de roteadores interconectados
- a questão fundamental: como os dados são transferidos pela rede?
 - comutação de circuitos: circuito dedicado por chamada: rede telefônica
 - comutação de pacotes: dados enviados pela rede em “pedaços” discretos



Núcleo da rede: comutação de circuitos

recursos fim a fim reservados para “chamada”

- largura de banda do enlace, capacidade de comutação
- recursos dedicados: sem compartilhamento
- desempenho tipo circuito (garantido)
- exige preparação de chamada



recursos de rede (p. e.,
largura de banda)
divididos em “pedaços”

- pedaços alocados a chamadas
- pedaço de recurso *ocioso* se não usado por chamada particular (*sem compartilhamento*)

- dividindo largura de banda do enlace em “pedaços”
 - ❖ divisão de frequência
 - ❖ divisão de tempo

Comutação de circuitos: FDM e TDM

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

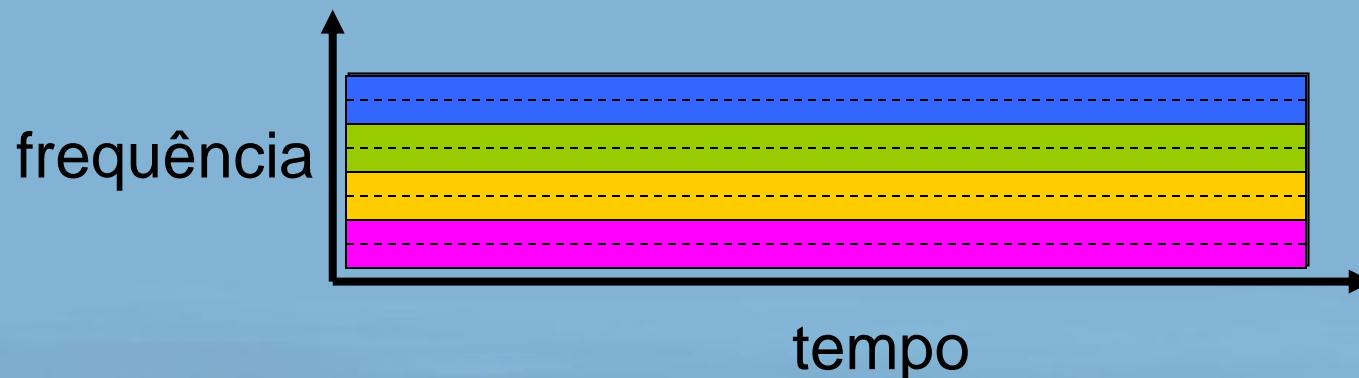
Uma Abordagem Top-Down

Exemplo:

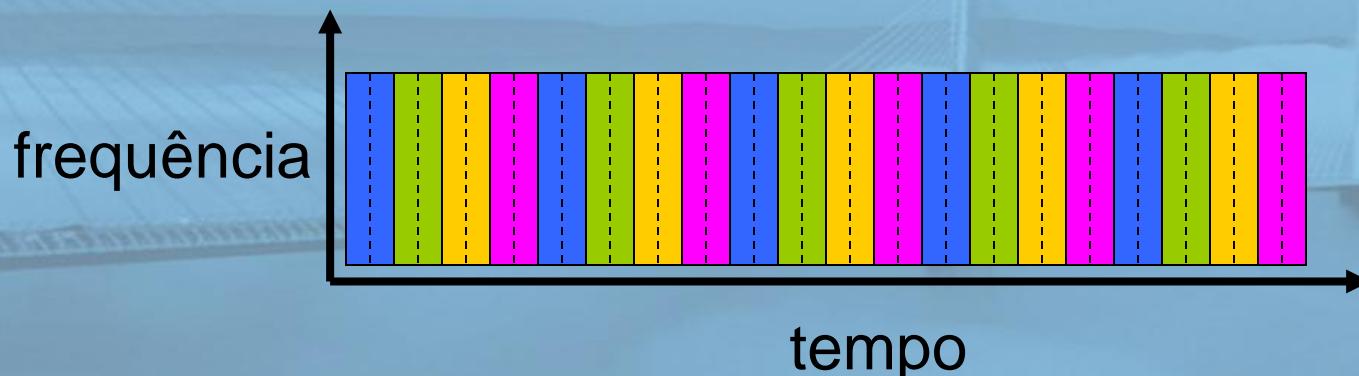
4 usuários



FDM



TDM



Exemplo numérico

- Quanto tempo leva para enviar um arquivo de 640.000 bits do hospedeiro A para o hospedeiro B em uma rede de comutação de circuitos?
 - todos os enlaces são de 1536 Mbps
 - cada enlace usa TDM com 24 slots/seg
 - 500 ms para estabelecer circuito fim a fim

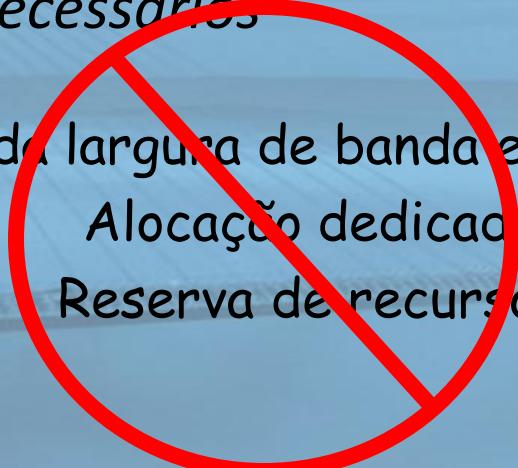
Vamos resolver!

Núcleo da rede: comutação de pacotes

cada fluxo de dados fim a fim dividido em *pacotes*

- usuário A, pacotes de B *compartilham* recursos da rede
- cada pacote usa largura de banda total do enlace
- recursos usados *quando necessários*

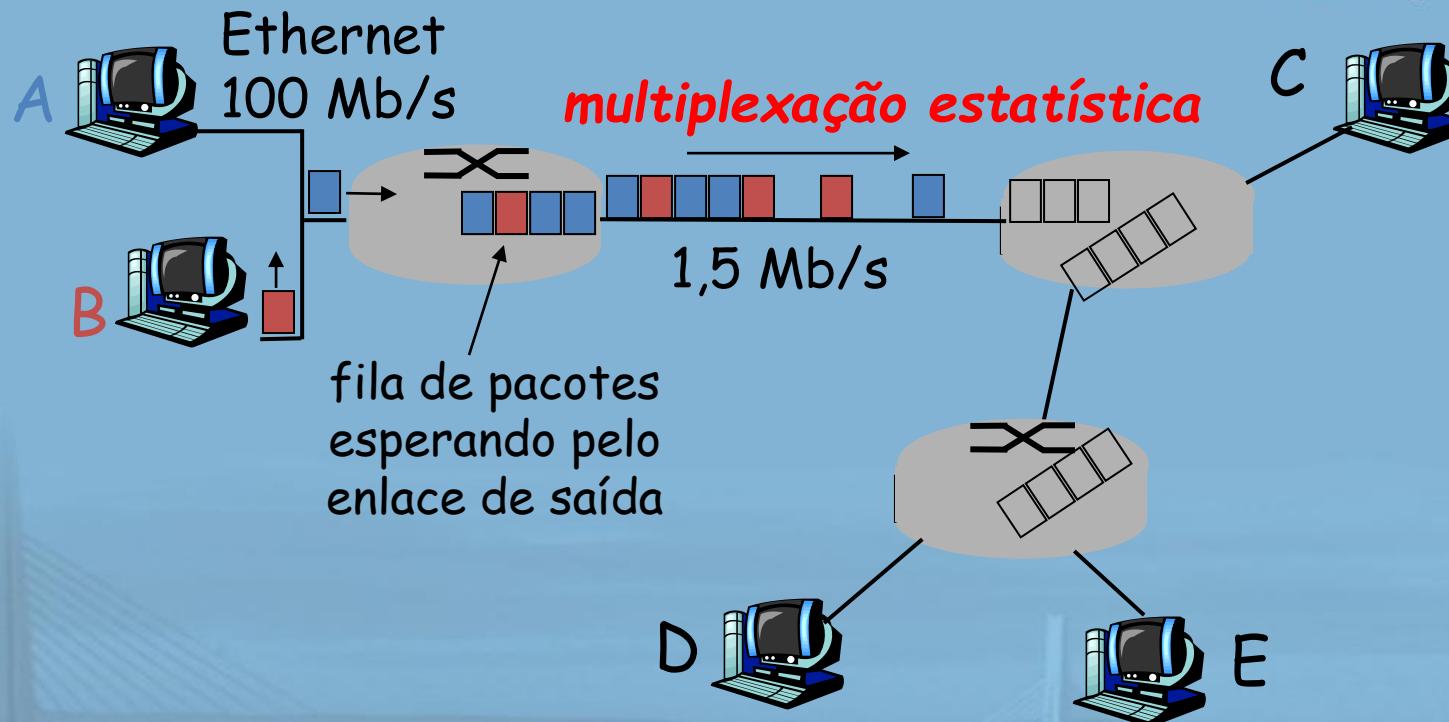
Divisão da largura de banda em “pedaços”
Alocação dedicada
Reserva de recursos



disputa por recursos:

- ❑ demanda de recurso agregado pode exceder quantidade disponível
- ❑ congestionamento: fila de pacotes, espera por uso do enlace
- ❑ *store and forward*: pacotes se movem um salto de cada vez
 - ❖ NÓ recebe pacote completo antes de encaminhar

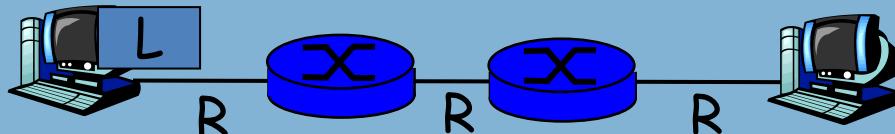
Comutação de pacotes: multiplexação estatística



Sequência de pacotes A & B não tem padrão fixo, largura de banda compartilhada por demanda □ **multiplexação estatística**.

TDM: cada hospedeiro recebe mesmo slot girando quadro TDM.

Comutação de pacotes: *store-and-forward*



- leva L/R segundos para transmitir (*push out*) pacote de L bits para enlace em R bps
- ***store-and-forward*:** pacote inteiro deve chegar ao roteador antes que possa ser transmitido no próximo enlace
- atraso = $3L/R$ (supondo zero atraso de propagação)

Exemplo:

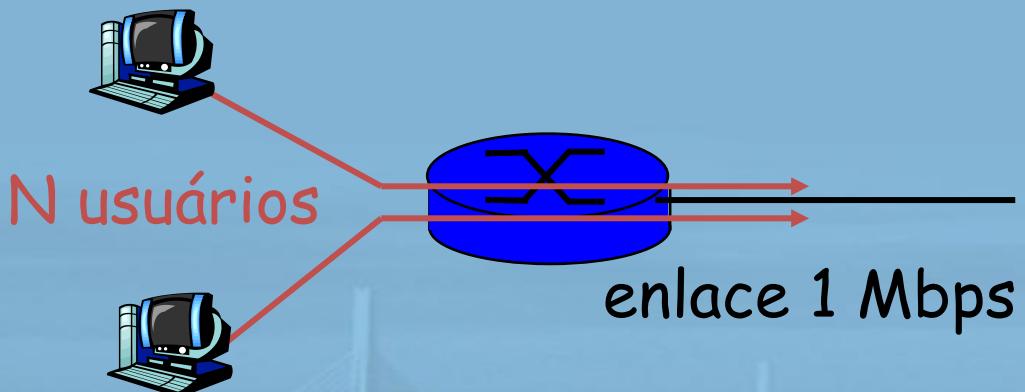
- $L = 7,5$ Mbits
- $R = 1,5$ Mbps
- atraso de transmissão = 15 s

} mais sobre atraso adiante...

Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

Comutação de pacotes permite que mais usuários usem a rede!

- enlace de 1 Mb/s
- cada usuário:
 - 100 kb/s quando “ativo”
 - ativo 10% do tempo
- *comutação de circuitos*
 - 10 usuários
- *comutação de pacotes:*
 - com 35 usuários,
probabilidade > 10 ativos
ao mesmo tempo é menor
que 0,0004



P: Como obtivemos o valor 0,0004?

A comutação de pacotes é a “grande vencedora”?

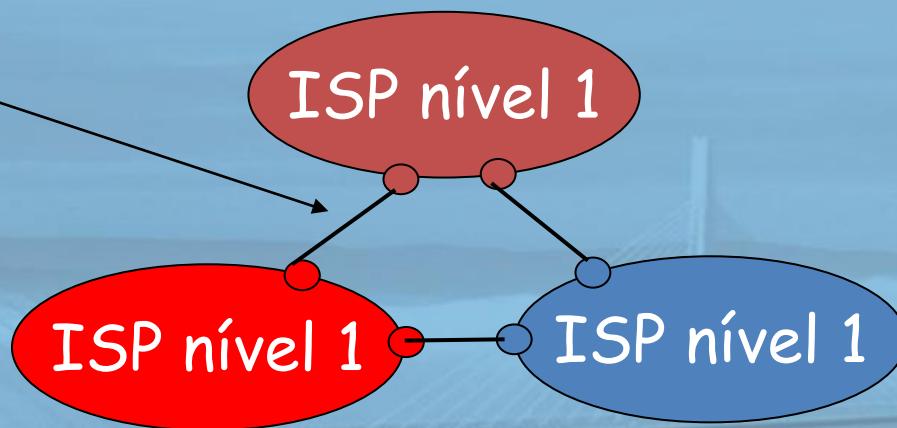
- ótima para dados em rajadas
 - compartilhamento de recursos
 - mais simples, sem configuração de chamada
- **congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
 - protocolos necessários para transferência de dados confiável, controle de congestionamento
- **P: Como fornecer comportamento tipo circuito?**
 - largura de banda garante necessário para aplicações de áudio/vídeo
 - ainda um problema não resolvido (Capítulo 7)

P: Analogias humanas de recursos reservados (comutação de circuitos) versus alocação por demanda (comutação de pacotes)?

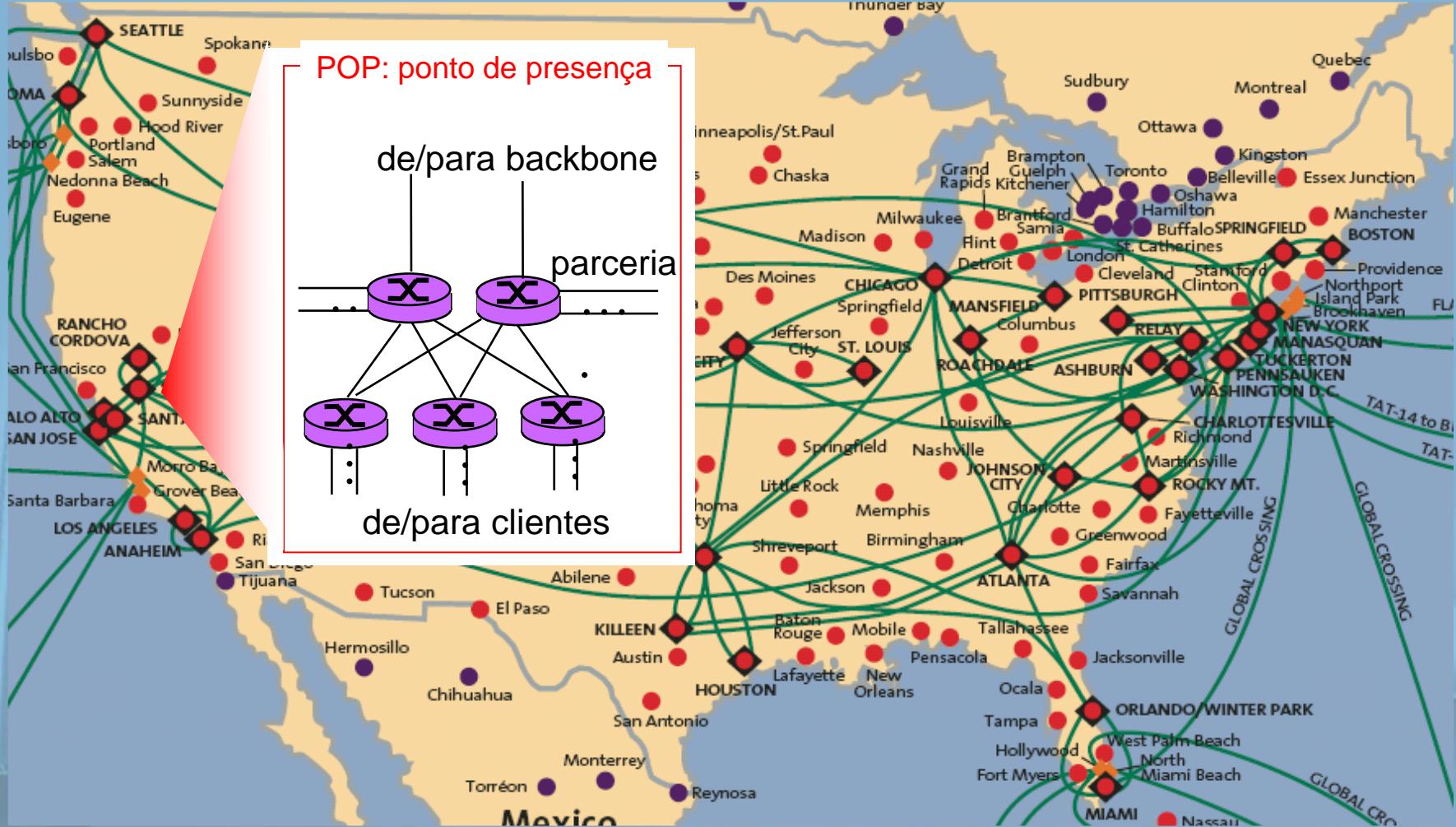
Estrutura da Internet: rede de redes

- aproximadamente hierárquica
- no centro: ISPs de “nível 1” (p. e., Verizon, Sprint, AT&T, Cable and Wireless), cobertura nacional/internacional
 - tratam uns aos outros como iguais

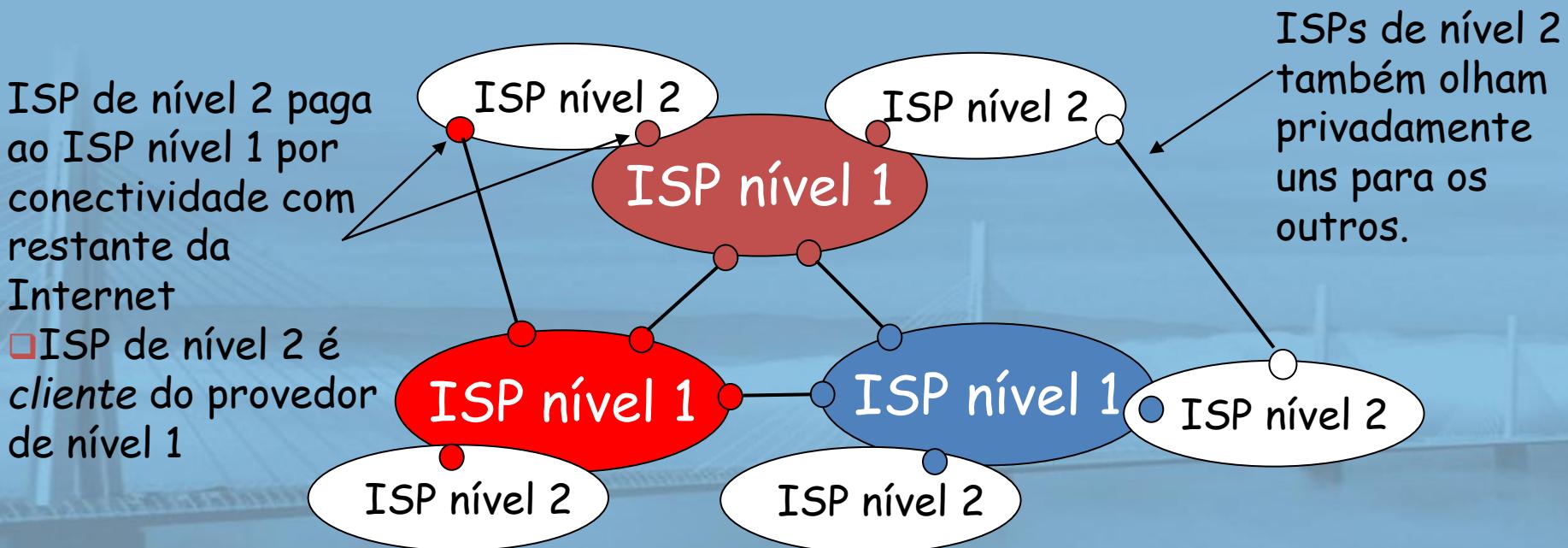
interconexão de
provedores de
nível 1 (peer)
privadamente



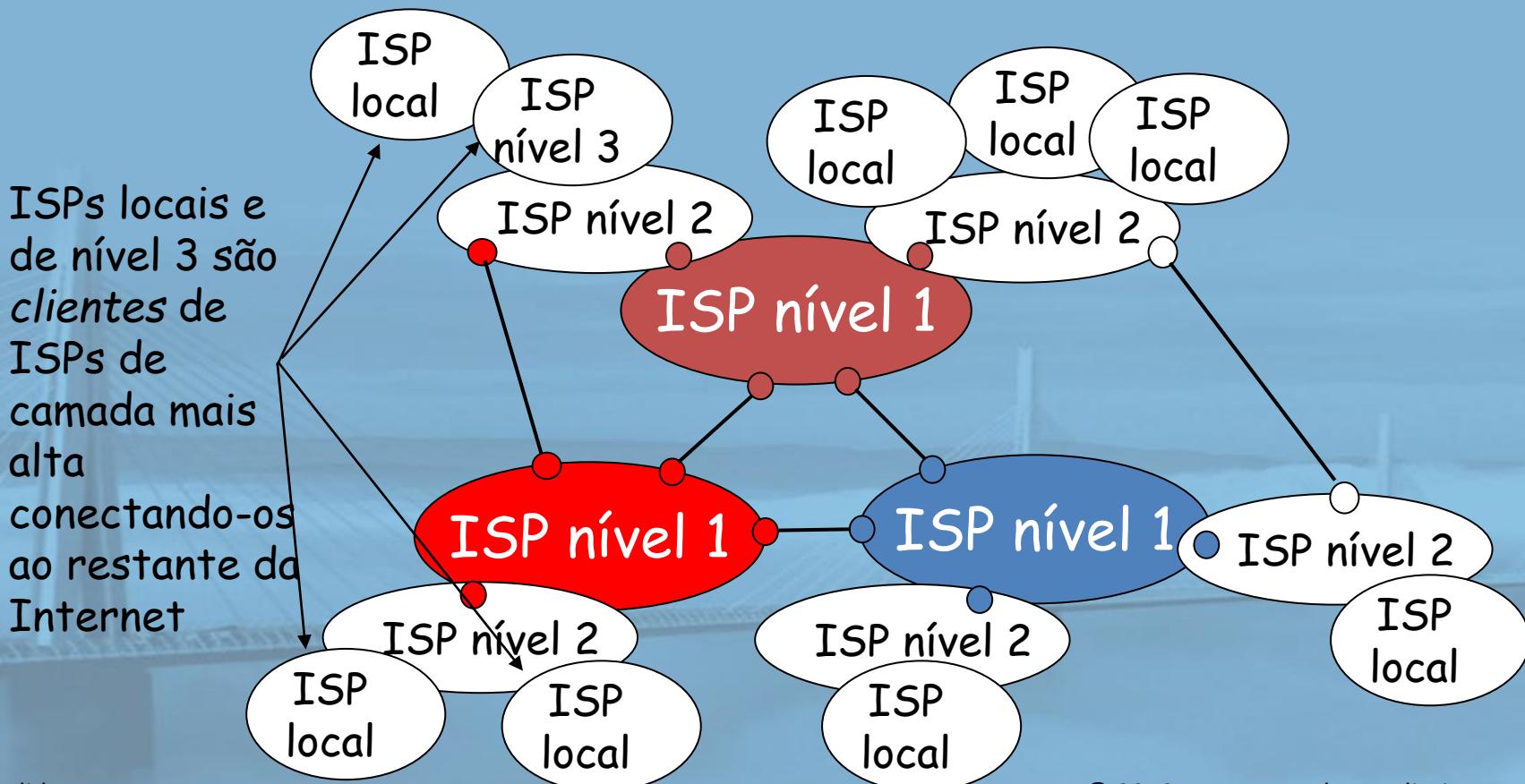
ISP nível 1: p. e., Sprint



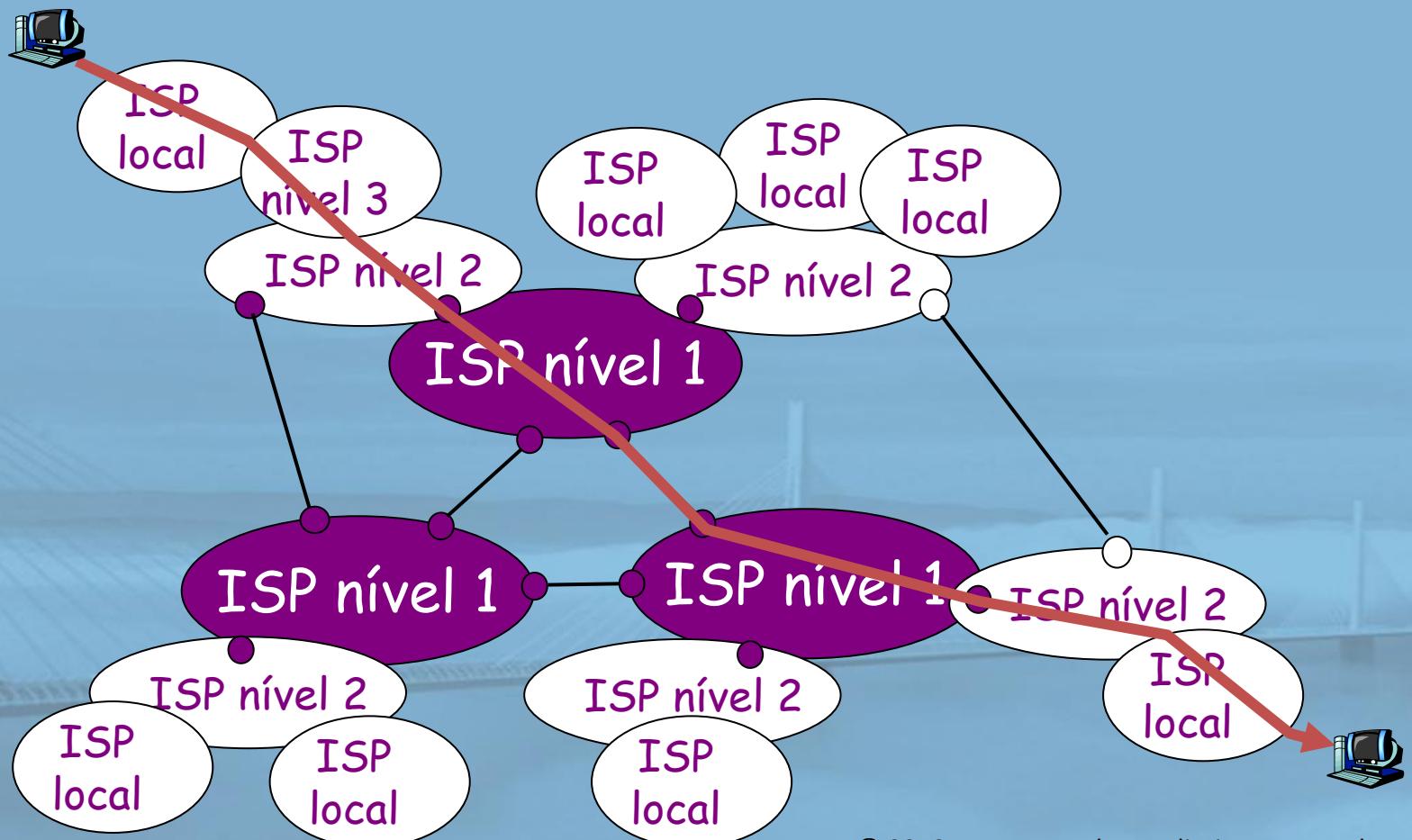
- ISPs de nível 2: ISPs menores (geralmente regionais)
 - conectam a um ou a mais ISPs de nível 1, possivelmente outros ISPs de nível 2



- ISPs de nível 3 e ISPs locais
 - rede do último salto (“acesso”), mais próxima dos sistemas finais



- um pacote passa por muitas redes!



Capítulo 1: Roteiro

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

1.1 O que é a Internet?

1.2 Borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 Núcleo da rede

- comutação de circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

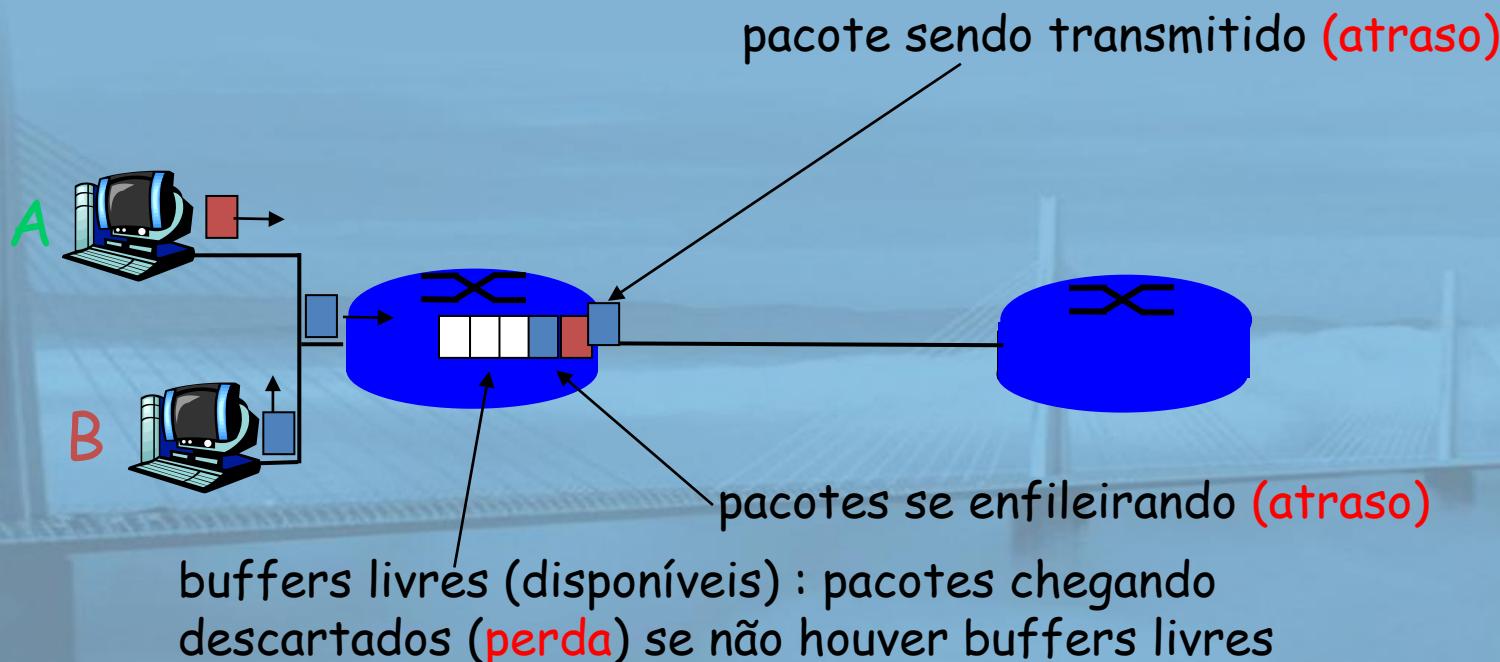
1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

Como ocorrem a perda e o atraso?

pacotes se *enfileiram* em buffers de roteador

- taxa de chegada de pacotes ao enlace ultrapassa capacidade de saída do enlace
- pacotes se enfileiram, esperam por sua vez

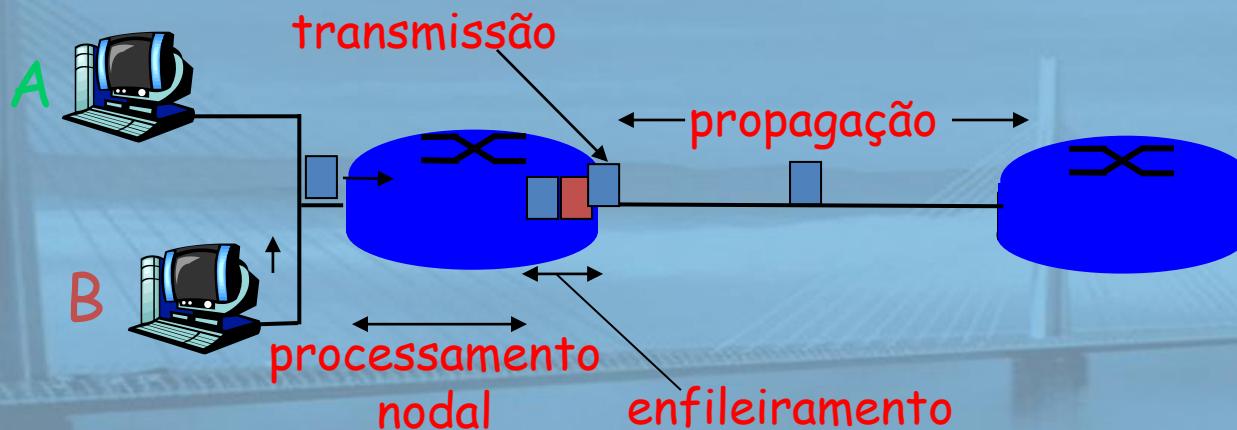


Quatro fontes de atraso de pacote

- 1. processamento nodal:
 - verificar erros de bit
 - determinar enlace de saída

2. enfileiramento

- ❖ tempo esperando por transmissão no enlace de saída
- ❖ depende do nível de congestionamento do roteador



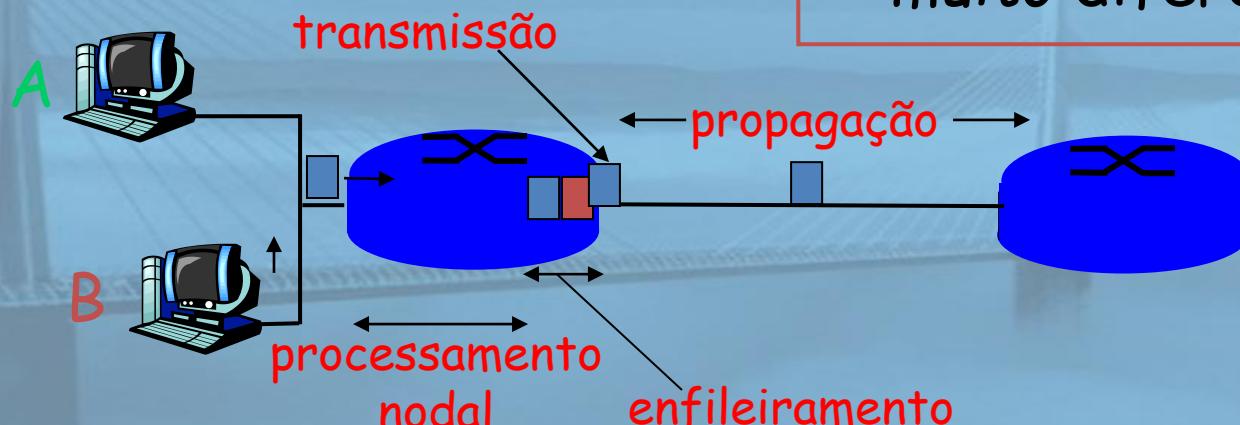
Atraso nas redes comutadas por pacotes

3. atraso de transmissão:

- R = largura de banda do enlace (bps)
- L = tamanho do pacote (bits)
- tempo para enviar bits no enlace $= L/R$

4. atraso de propagação:

- d = tamanho do enlace físico
- s = vel. de propagação no meio ($\sim 2 \times 10^8$ m/s)
- atraso de propagação $= d/s$

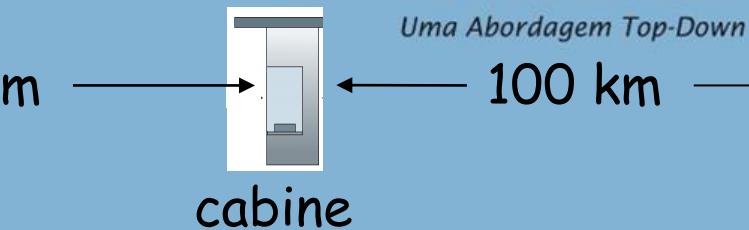


Nota: s e R são quantidades muito diferentes!

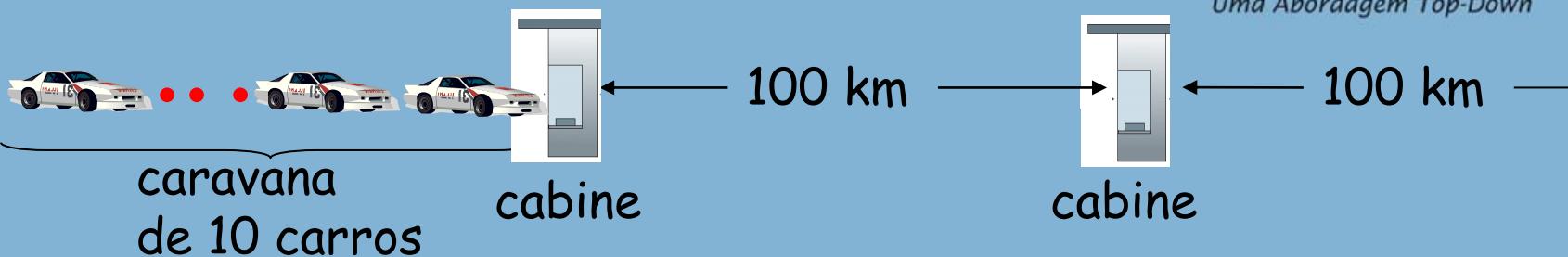
Analogia da caravana



- carros se “propagam” a 100 km/h
- cabines de pedágio levam 12 s para atender carro (tempo de transmissão)
- carro~bit; caravana ~ pacote
- P: Quanto tempo para a caravana formar fila antes da 2^a cabine?



- tempo para “empurrar” caravana inteira pela cabine na estrada = $12 \times 10 = 120$ s
- tempo para último carro se propagar da 1^a à 2^a cabine de pedágio: $100 \text{ km}/(100 \text{ km/h}) = 1 \text{ h}$
- **Resposta: 62 minutos**

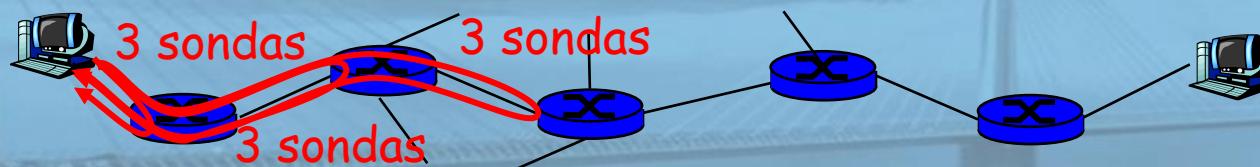


- carros agora se “propagam” a 1000 km/h
- cabine agora leva 1 min para atender um carro
- P: Os carros chegarão à 2^a cabine antes que todos os carros sejam atendidos na 1^a cabine?

- **Sim!** Após 7 min, 1º carro na 2^a cabine e 3 carros ainda na 1^a cabine.
- 1º bit do pacote pode chegar ao 2º roteador antes que o pacote seja totalmente transmitido no 1º roteador!
 - Ver applet Ethernet no site da AWL

Atrasos e rotas “reais” da Internet

- Como são os atrasos e perdas “reais” da Internet?
- Programa Traceroute: fornece medida do atraso da origem ao roteador ao longo do caminho de fim a fim da Internet para o destino. Para todo i :
 - envia três pacotes que alcançarão roteador i no caminho para o destino
 - roteador i retornará pacotes ao emissor
 - emissor temporiza intervalo entre transmissão e resposta.



traceroute: gaia.cs.umass.edu para www.eurecom.fr

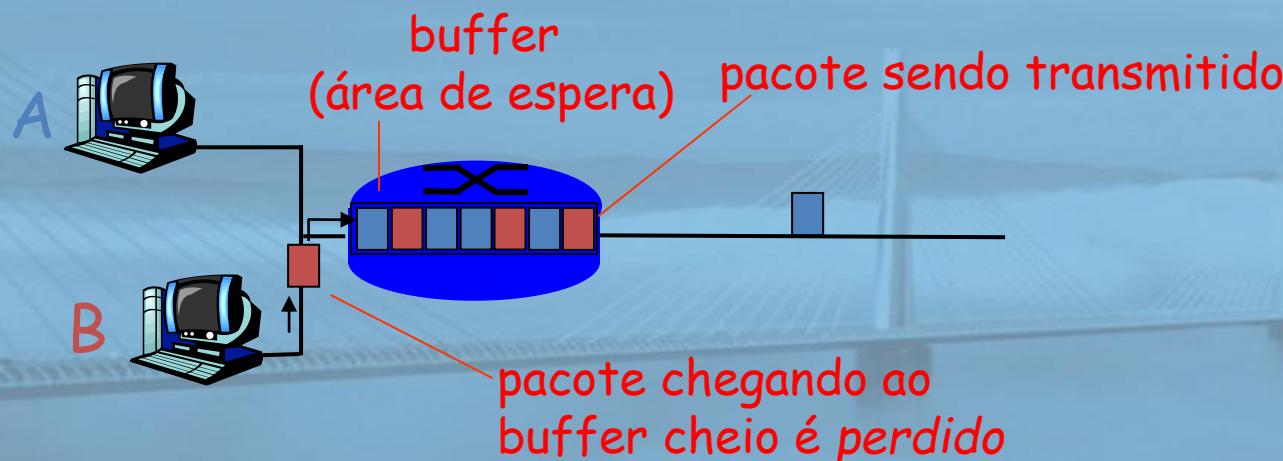
Tres medições de atraso de
gaia.cs.umass.edu para cs-gw.cs.umass.edu

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

* significa sem resposta (sonda perdida, roteador sem resposta)

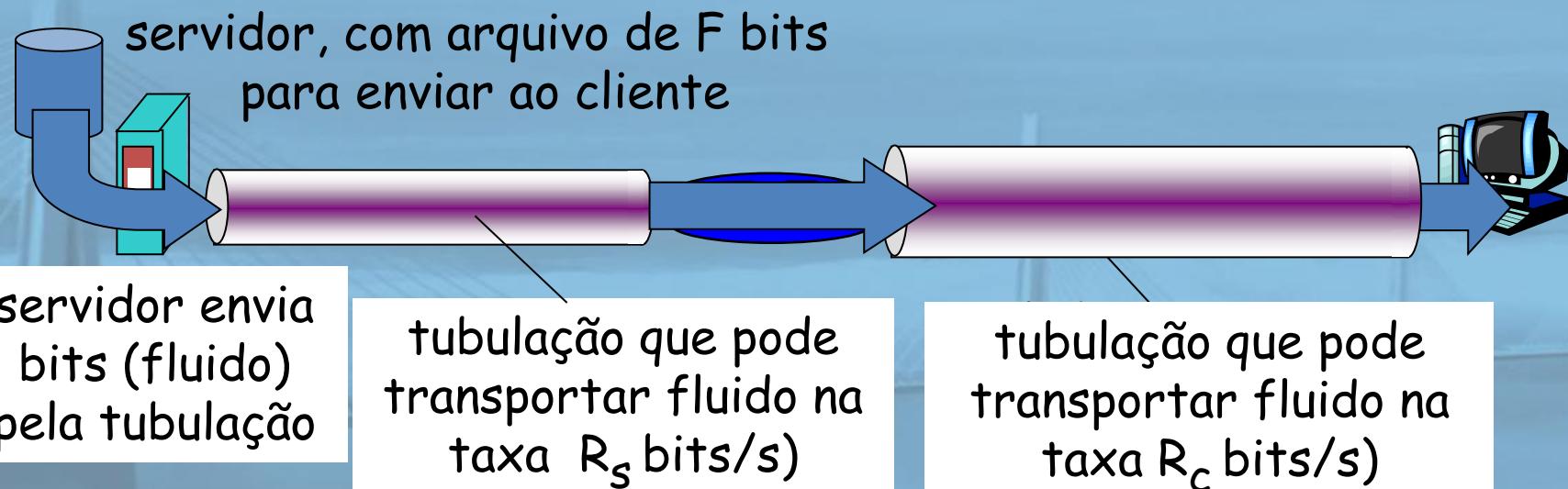
Perda de pacote

- fila (ou buffer) antes do enlace no buffer tem capacidade finita
- pacote chegando à fila cheia descartado (ou perdido)
- último pacote pode ser retransmitido pelo nó anterior, pela origem ou de forma nenhuma

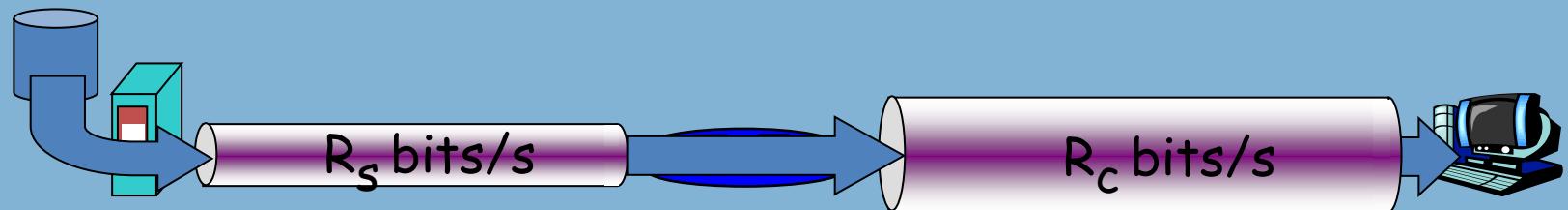


Vazão

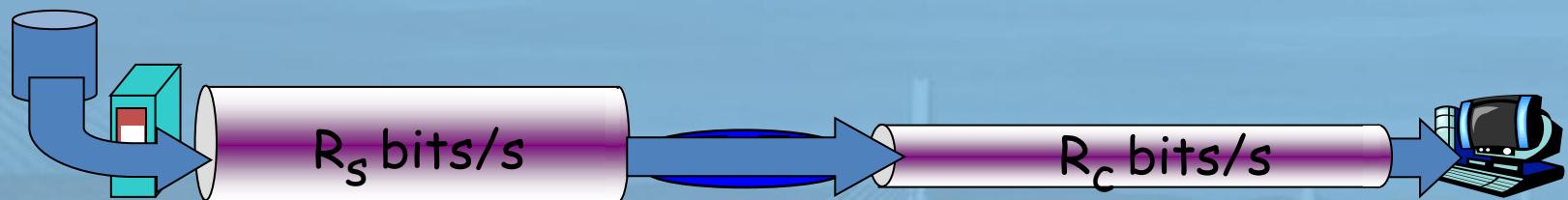
- **vazão:** taxa (bits/unidade de tempo) em que os bits são transferidos entre emissor/receptor
 - *instantânea*: taxa em determinado ponto no tempo
 - *média*: taxa por período de tempo maior



- $R_s < R_c$ Qual é a vazão média de fim a fim?



- $R_s > R_c$ Qual é a vazão média de fim a fim?

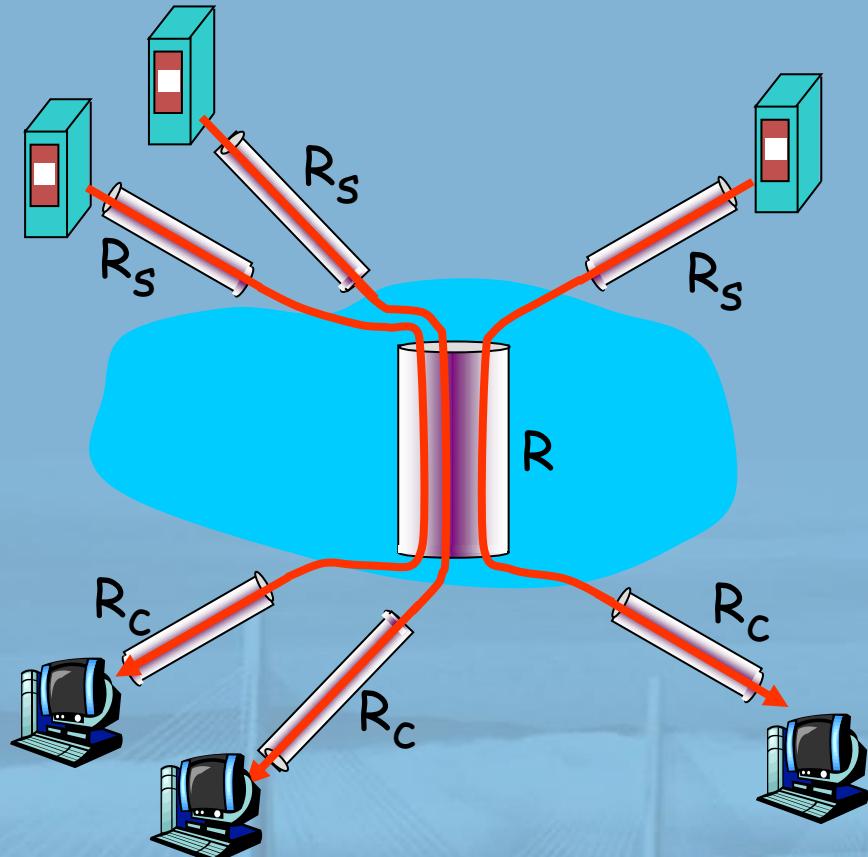


enlace de gargalo

enlace no caminho de fim a fim que restringe a vazão de
fim a fim

Vazão: cenário da Internet

- na prática: R_c ou R_s normalmente é gargalo
- vazão de fim a fim por conexão: $\min(R_c, R_s, R/10)$



10 conexões (aproximadamente)
compartilham enlace de gargalo do
backbone a R bits/s

Capítulo 1: Roteiro

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

1.1 O que é a Internet?

1.2 Borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 Núcleo da rede

- comutação de circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

“Camadas” de protocolo

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

Redes são complexas!

- muitas “partes”:
 - hospedeiros
 - roteadores
 - enlaces de vários meios físicos
 - aplicações
 - protocolos
 - hardware, software

Pergunta:

Existe esperança de *organizar* a estrutura da rede?

Ou, pelo menos, nossa discussão sobre redes?

Organização da viagem área

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

passagem (comprar)

bagagem (verificar)

portões (embarcar)

decolagem na pista

rota da aeronave

passagem (reclamar)

bagagem (retirar)

portões (desembarcar)

pouso na pista

rota da aeronave

rota da aeronave

- uma série de passos

Camadas de funcionalidade da viagem



passagem (comprar)
bagagem (verificar)
portões (embarcar)
pista (decolar)
rota da aeronave

rota da aeronave rota da aeronave

aeroporto
de partida

centros de controle de tráfego
áereo intermediários

passagem (reclamar)	passage m bagagem
bagagem (retirar)	portão
portões (desembarcar)	decolagem/pouso
pista (pousar)	rota da aeronave
rota da aeronave	rota da aeronave

aeroporto
de chegada

Camadas: cada camada implementa um serviço

- por meio de suas próprias ações da camada interna
- contando com serviços fornecidos pela camada abaixo

Por que usar camadas?

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

lidando com sistemas complexos:

- estrutura explícita permite identificação e relação entre partes complexas do sistema
 - **modelo de referência** em camadas para discussão
- modularização facilita manutenção e atualização do sistema
 - mudança de implementação do serviço da camada transparente ao restante do sistema
 - p. e., mudanças no procedimento de porta não afeta o restante do sistema
- uso de camadas considerado prejudicial?

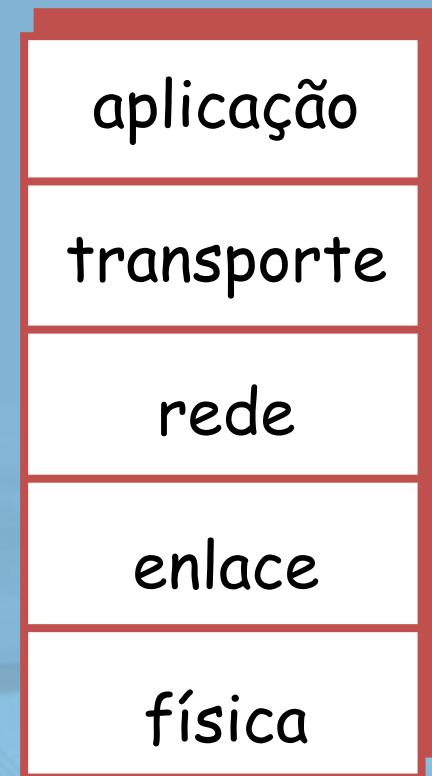
Pilha de protocolos da Internet

- **aplicação:** suporte a aplicações de rede
 - FTP, SMTP, HTTP
- **transporte:** transferência de dados processo-processo
 - TCP, UDP
- **rede:** roteamento de datagramas da origem ao destino
 - IP, protocolos de roteamento
- **enlace:** transferência de dados entre elementos vizinhos da rede
 - PPP, Ethernet
- **física:** bits “nos fios”

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

CAMADAS



Modelo de referência ISO/OSI

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

CAMADAS

aplicação

transporte

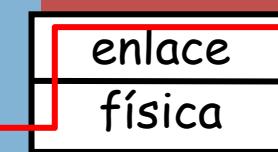
rede

enlace

física

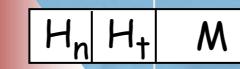
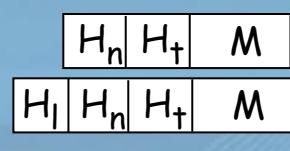
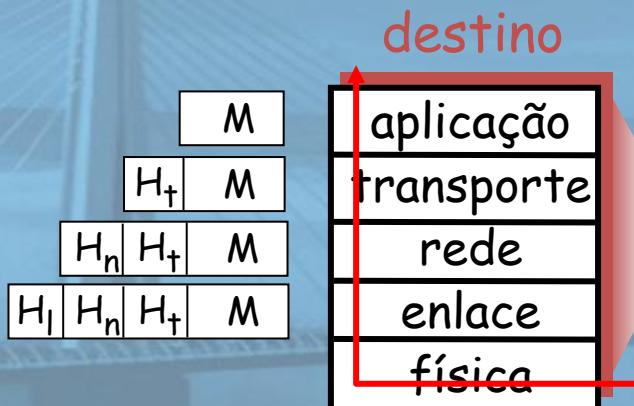
- **apresentação:** permite que as aplicações interpretem significado de dados, p. e., criptografia, compactação, convenções específicas da máquina
- **session:** sincronização, verificação, recuperação de troca de dados
- Pilha da Internet “faltando” essas camadas!
 - estes serviços, *se necessários*, devem ser implementados na aplicação
 - necessários?

mensagem	M
segmento	H _t M
datagrama	H _n H _t M
quadro	H _l H _n H _t M



comutador

Encapsulamento



roteador

Capítulo 1: Roteiro

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

1.1 O que é a Internet?

1.2 Borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 Núcleo da rede

- comutação de circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

Segurança de rede

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

- o campo da segurança de rede trata de:
 - como defender as redes contra ataques
 - como maus sujeitos atacam redes de computadores
 - como projetar arquiteturas imunes a ataques
- Internet não criada originalmente com (muita) segurança em mente
 - *visão original*: “um grupo de usuários mutuamente confiáveis conectados a uma rede transparente”
 - projetistas de protocolos da Internet brincando de “contar novidades”
 - considerações de segurança em todas as camadas!

Maus sujeitos podem colocar malware em hospedeiros via Internet

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

- malware pode entrar em um hospedeiro por **vírus**, **worm** ou **cavalo de Troia**.
- **malware do tipo spyware** pode registrar toques de teclas, sites visitados na Web, enviar informações para sites de coleta.
- hospedeiro infectado pode ser alistado em um **botnet**, usado para spam e ataques de DDoS.
- malware normalmente é **autorreplicável**: de um hospedeiro infectado, busca entrada em outros hospedeiros

- **cavalo de Troia**

- parte oculta de algum software útil
- hoje, normalmente em uma página Web
(Active-X, plug-in)

- **vírus**

- infecção ao receber objeto (p. e., anexo de e- -mail), executando ativamente
- autorreplicável: propaga- - se para outros hospedeiros, usuários

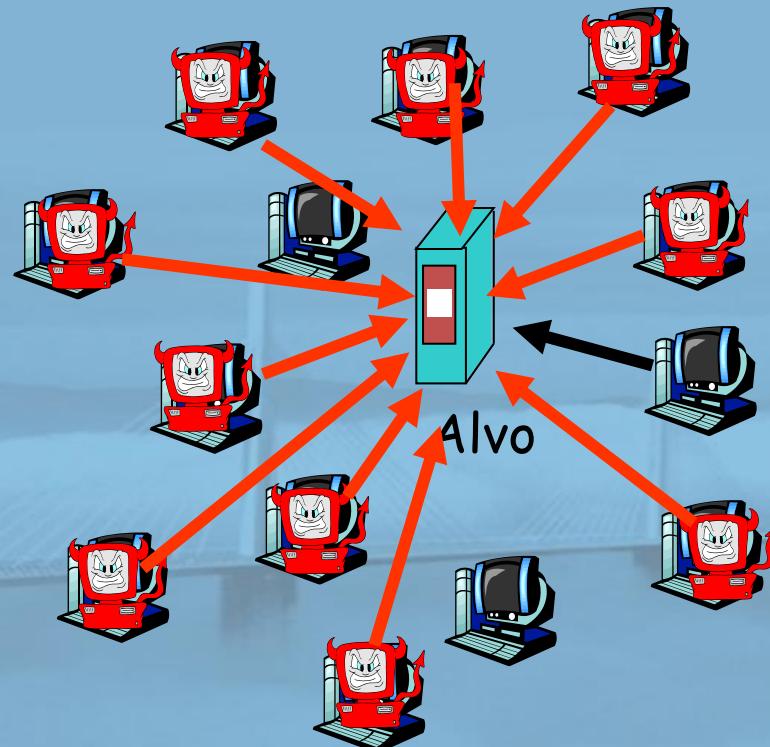
□ **worm:**

- ❖ infecção recebendo passivamente objeto a ser executado
- ❖ autorreplicável: propaga-se para outros hospedeiros, usuários

Maus sujeitos podem atacar servidores e infraestrutura de rede

- Denial of Service (DoS): atacantes deixam recursos (servidor, largura de banda) indisponíveis ao tráfego legítimo, sobrecarregando recurso com tráfego

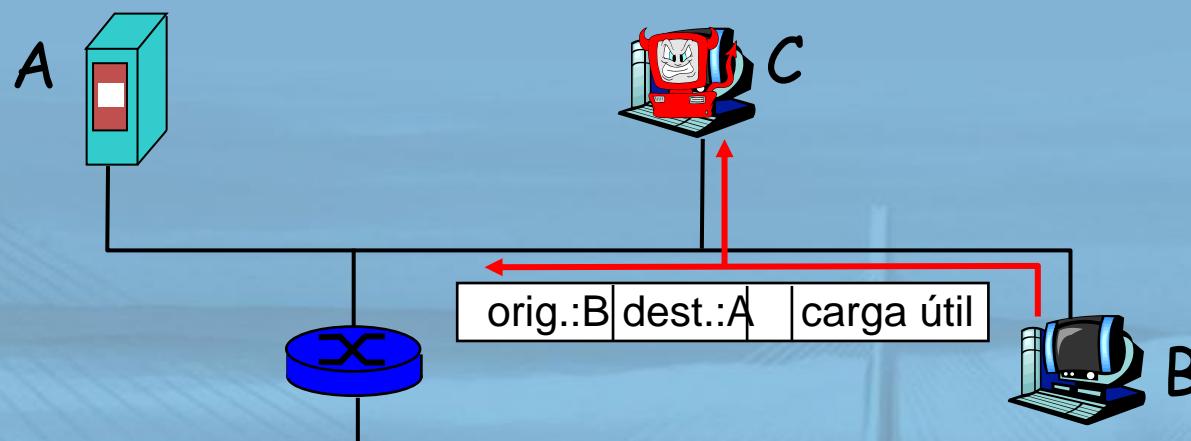
1. selecionar alvo
2. invadir hospedeiros na rede (ver botnet)
3. enviar pacotes para o alvo a partir dos hospedeiros comprometidos



Maus sujeitos podem farejar pacotes

Farejamento de pacotes:

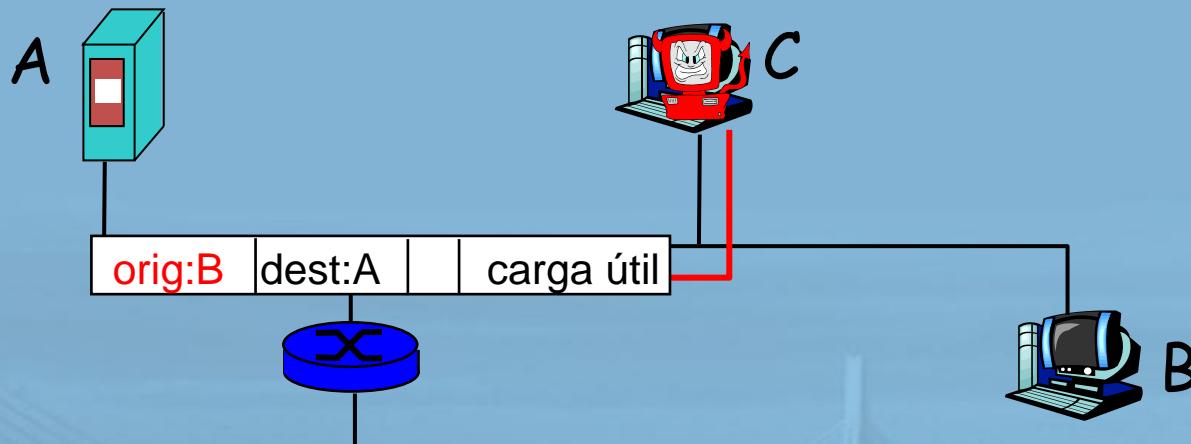
- meio de broadcast (Ethernet compartilhada, sem fio)
- interface de rede promíscua lê/registra todos os pacotes (p. e., incluindo senhas!) passando por



- ❖ software Wireshark usado para laboratório do farejador de pacotes do final do capítulo (gratuito)

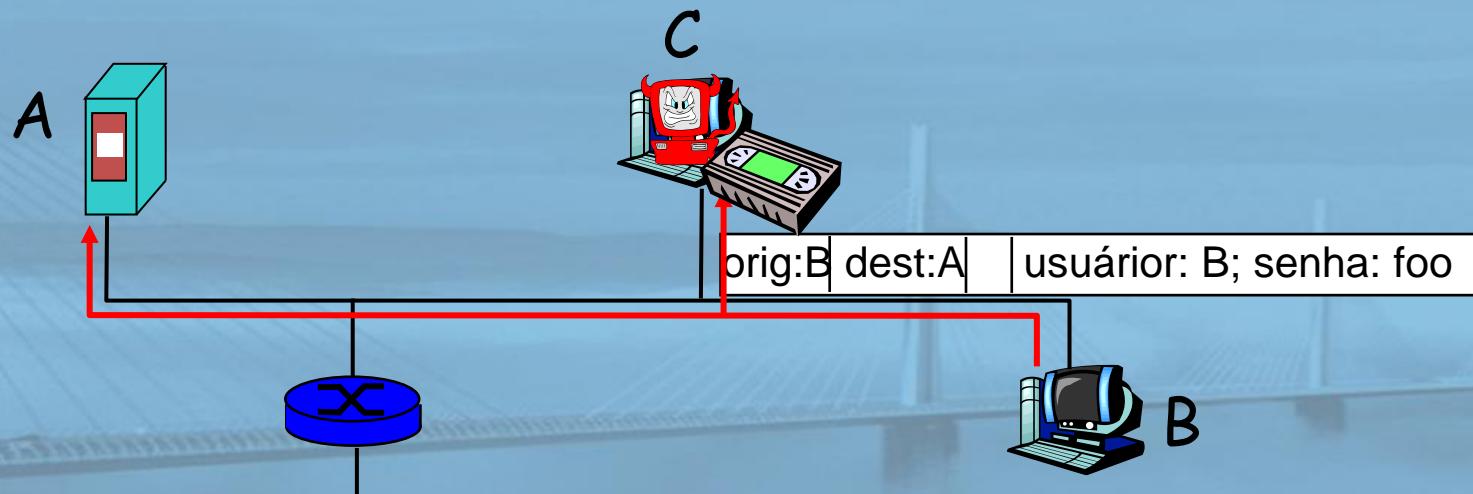
Maus sujeitos podem usar endereços de origem falsos

- *IP spoofing:* enviar pacote com endereço de origem falso



Maus sujeitos podem gravar e reproduzir

- *gravar-e-reproduzir*: informação confidencial (p. e., senha), é usada mais tarde
 - quem tem a senha é esse usuário, do ponto de vista do sistema



Segurança de rede

REDES DE
COMPUTADORES
E A INTERNET
5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

- mais no decorrer deste curso
- Capítulo 8: focaliza segurança
- técnicas criptográficas: usos óbvios e não tão óbvios



Capítulo 1: Roteiro

1.1 O que é a Internet?

1.2 Borda da rede

- sistemas finais, redes de acesso, enlaces

1.3 Núcleo da rede

- comutação de circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede

1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes

1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço

1.6 Redes sob ataque: segurança

1.7 História

História da Internet

1961-1972: Princípios da comutação de pacotes

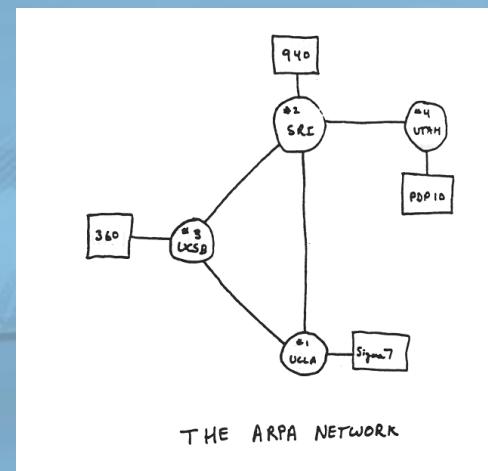
- 1961: Kleinrock – teoria do enfileiramento mostra eficácia da comutação de pacotes
- 1964: Baran – comutação de pacotes em redes militares
- 1967: ARPAnet concebida pela ARPA (Advanced Research Projects Agency)
- 1969: primeiro nó ARPAnet operacional

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET 5^a edição

Uma Abordagem Top-Down

- 1972:

- demonstração pública da ARPAnet
- NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo hospedeiro-hospedeiro
- primeiro programa de e-mail
- ARPAnet tem 15 nós



1972-1980: Inter-rede, redes novas e proprietárias

- **1970:** rede por satélite ALOHAnet no Havaí
- **1974:** Cerf e Kahn – arquitetura para interconexão de redes
- **1976:** Ethernet na Xerox PARC
- **final dos anos 70:** arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- **final dos anos 70 :** comutação de pacotes de tamanho fixo (precursor da ATM)
- **1979:** ARPAnet tem 200 nós

princípios de inter-rede de Cerf e Kahn:

- minimalismo, autonomia – sem mudanças internas exigidas para interconexão de redes
- modelo de serviço pelo melhor esforço
- roteadores sem estado
- controle descentralizado

definem arquitetura atual da Internet

1980-1990: novos protocolos, proliferação de redes

- **1983:** implantação do TCP/IP
- **1982:** protocolo de e-mail smtp definido
- **1983:** DNS definido para tradução entre nome-endereço IP
- **1985:** protocolo ftp definido
- **1988:** controle de congestionamento TCP
- novas redes nacionais: Csnets, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 hospedeiros conectados à confederação de redes

1990, 2000's: comercialização, a Web, novas aplicações

- **início dos anos 90:** ARPAnet retirada de serviço
- **1991:** NSF aumenta restrições para uso comercial da NSFnet (retirada em 1995)
- **início dos anos 90:** Web
 - hipertexto [Bush 1945, Nelson anos 60]
 - HTML, HTTP: Berners-Lee
 - 1994: Mosaic, depois Netscape
 - final dos anos 90: comercialização da Web

Final dos anos 90 – após ano 2000:

- mais aplicações formidáveis: mensagens instantâneas, compartilhamento de arquivos P2P
- segurança de rede ao primeiro plano
- est. 50 milhões de hospedeiros, mais de 100 milhões de usuários
- enlaces de backbone rodando em Gbps

2007:

- ~500 milhões de hospedeiros
- voz, vídeo por IP
- aplicações P2P: BitTorrent
(compartilhamento de arquivos)
Skype (VoIP), PPLive (vídeo)
- mais aplicações: YouTube, jogos
- redes sem fio, mobilidade

Introdução: resumo

Vimos muito material!

- visão geral da Internet
- O que é um protocolo?
- borda da rede, núcleo, rede de acesso
 - comutação de pacotes e circuitos
 - estrutura da Internet
- desempenho: perda, atraso e vazão
- camadas, modelos de serviço
- segurança
- história

Agora você tem:

- contexto, visão geral, “sentido” de rede
- mais detalhes a seguir!