

# Redes de computadores e a Internet

Prof. Odilson Tadeu Valle

`odilson@ifsc.edu.br`

Agosto de 2014

# Capítulo 1:

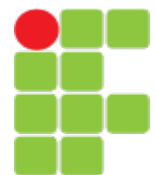
## Redes de computadores e a Internet

### Nossos objetivos:

- Obter contexto, terminologia, “sentimento” sobre redes
- Maior profundidade e detalhes serão vistos adiante
- Abordagem:
  - Usar a Internet como exemplo

### Visão geral:

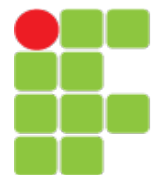
- O que é a Internet
- O que é um protocolo?
- Bordas da rede
- Núcleo da rede
- Rede de acesso e meio físico
- Estrutura de Internet/ISP
- Desempenho: perda, atraso
- Camadas de protocolo, modelos de serviços
- Modelagem de redes



# Capítulo 1:

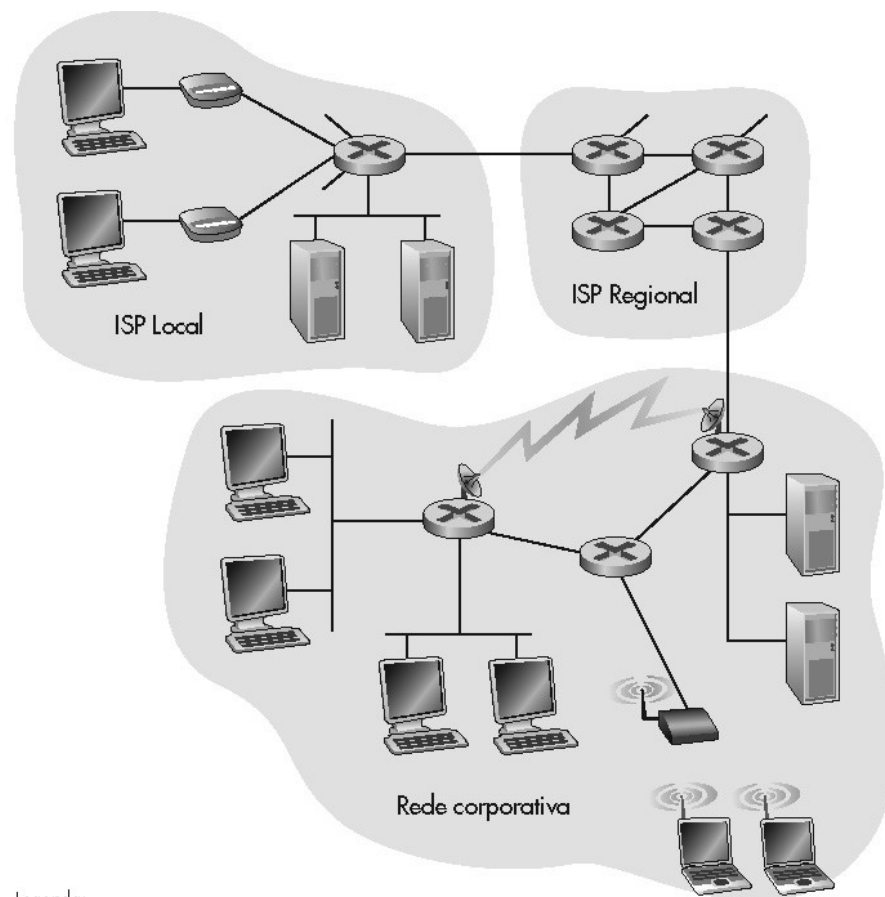
## Redes de computadores e a Internet

- 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

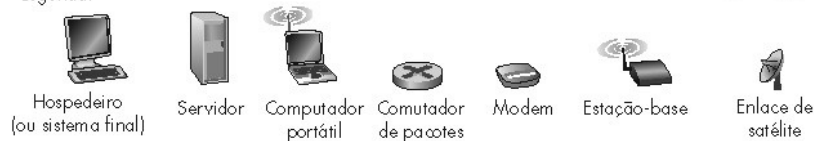


## O que é a Internet?

- 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)

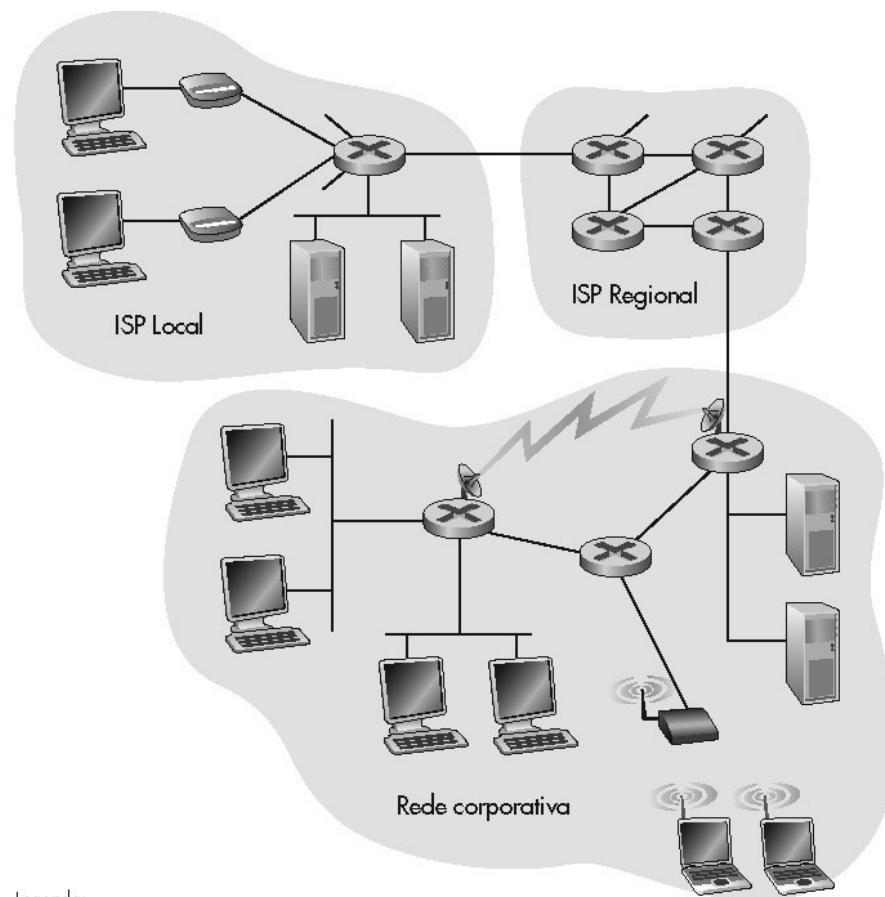


Legenda:



## 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

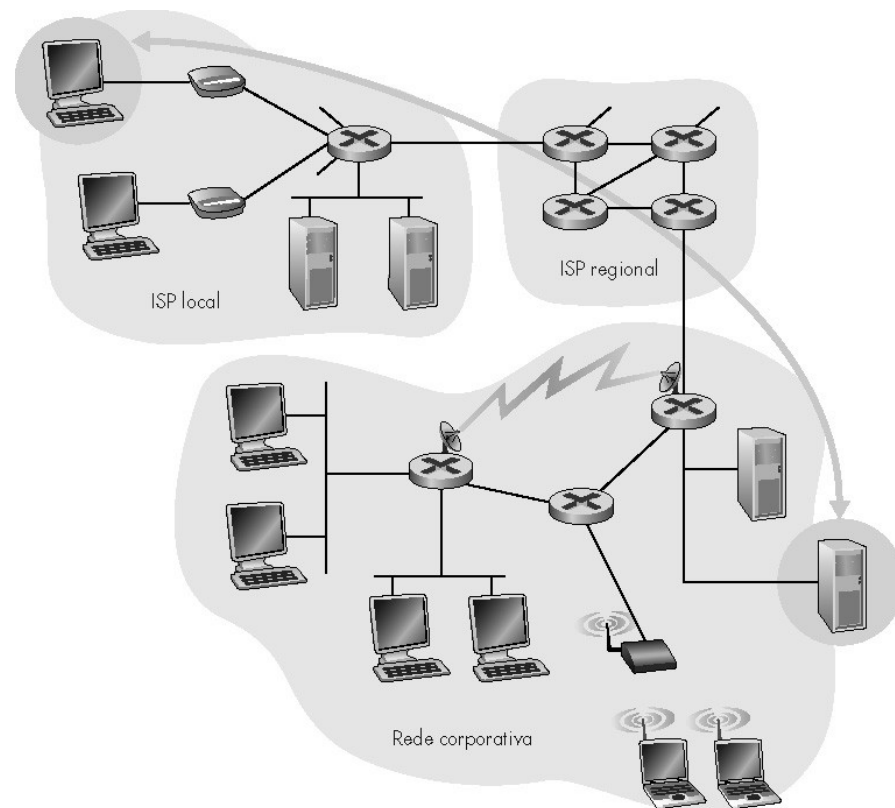


Legenda:



## 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 mquando msgs são recebidas ou outros eventos

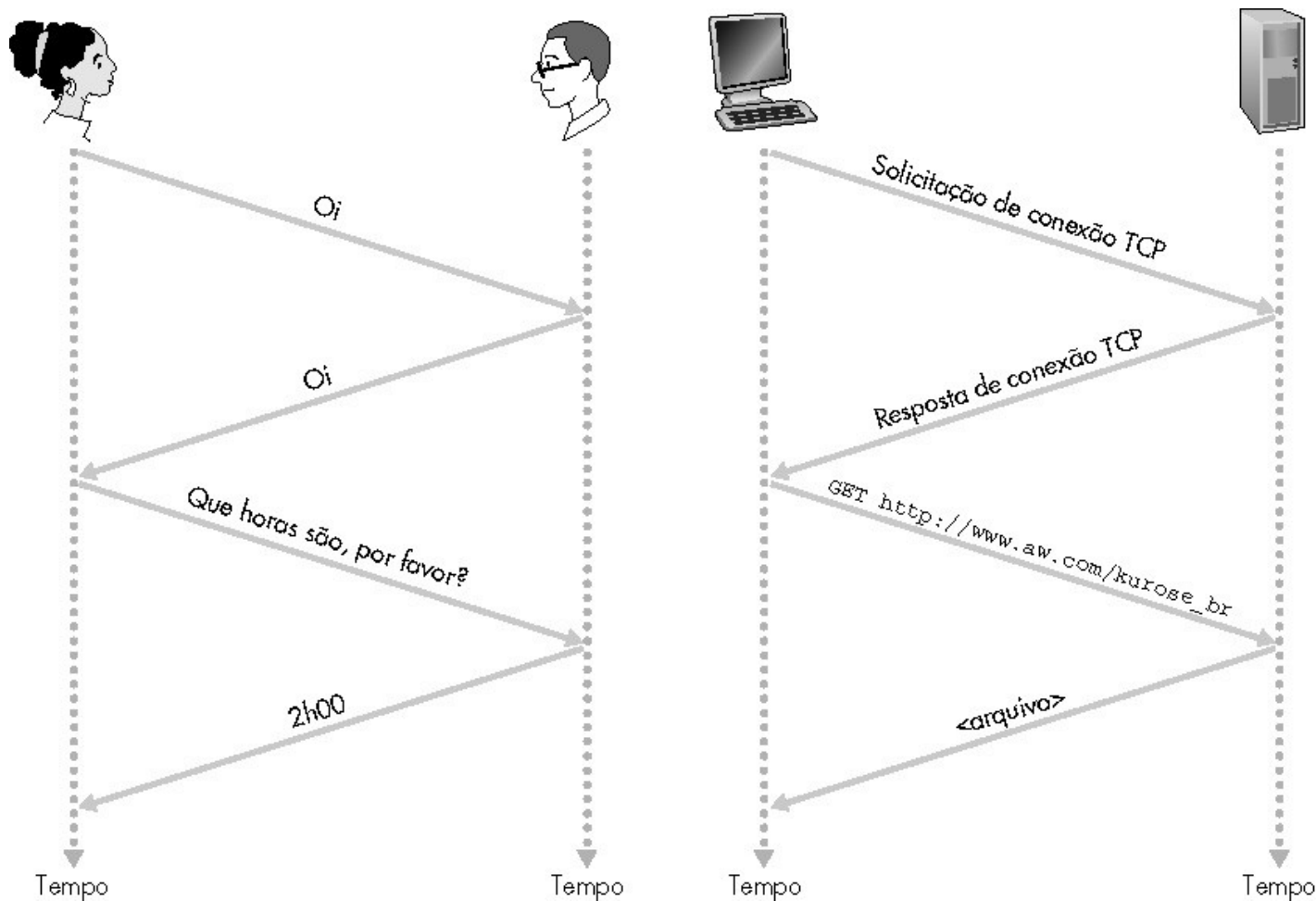
## Protocolos de rede:

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

PROCOLOS 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?

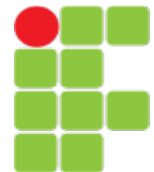
Um protocolo humano e um protocolo de rede de computadores:





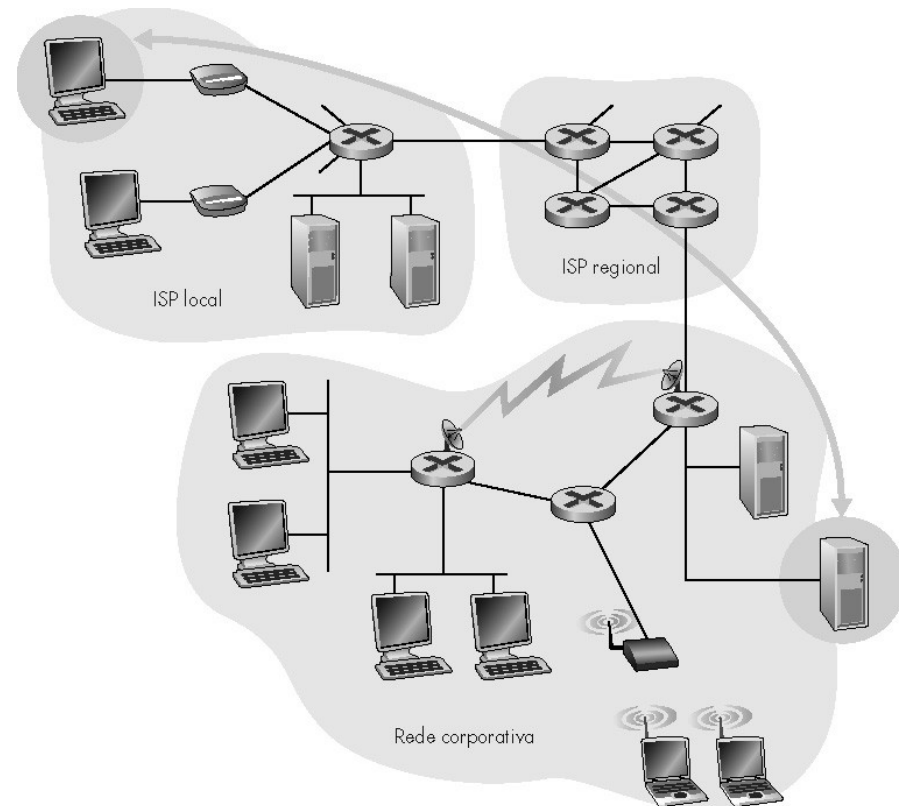
# Redes de computadores e a Internet

- 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



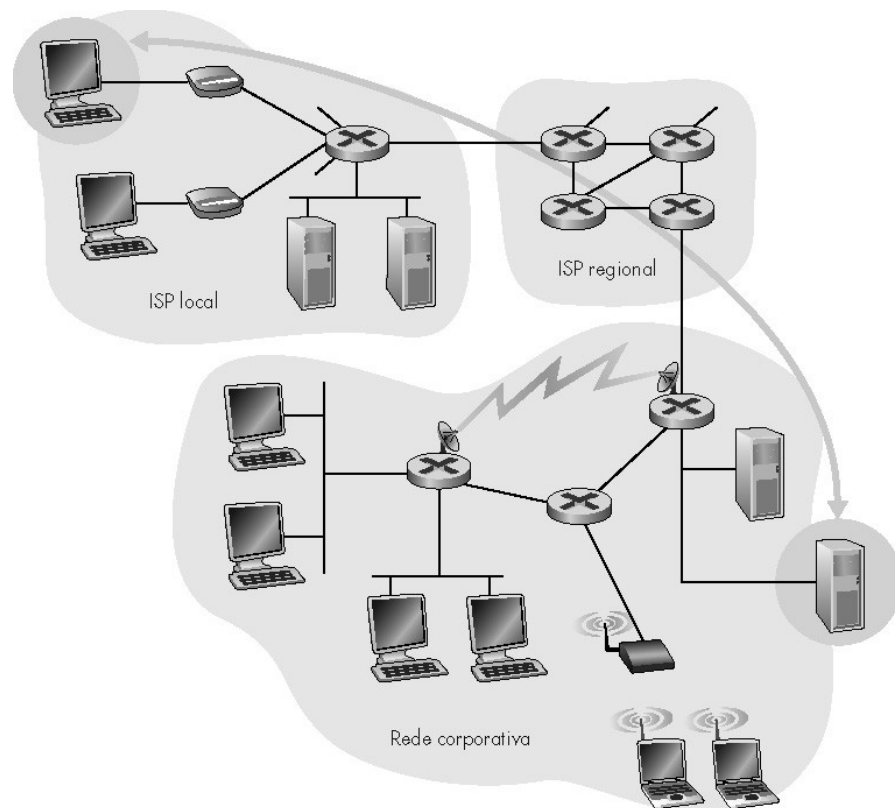
## Uma visão mais de perto da estrutura da rede:

- **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, KaZaA, torrent



# 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 seqüencial, orientada à cadeia de bytes**
  - Perdas: reconhecimentos e retransmissões
- **Controle de fluxo:**
  - Evita que o transmissor afogue o receptor
- **Controle de congestão:**
  - Transmissor reduz sua taxa quando a rede fica congestionada

# Borda da rede: serviço sem conexão

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

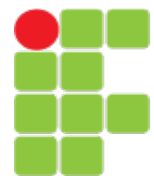
- O mesmo de antes!
- **Serviço UDP** - User Datagram Protocol [RFC 768]: oferece o serviço sem conexão da Internet
  - Transferência de dados não confiável
  - Sem controle de fluxo
  - Sem controle de congestão

**App's usando TCP:**

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

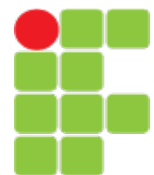
**App's usando UDP:**

- 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
- 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

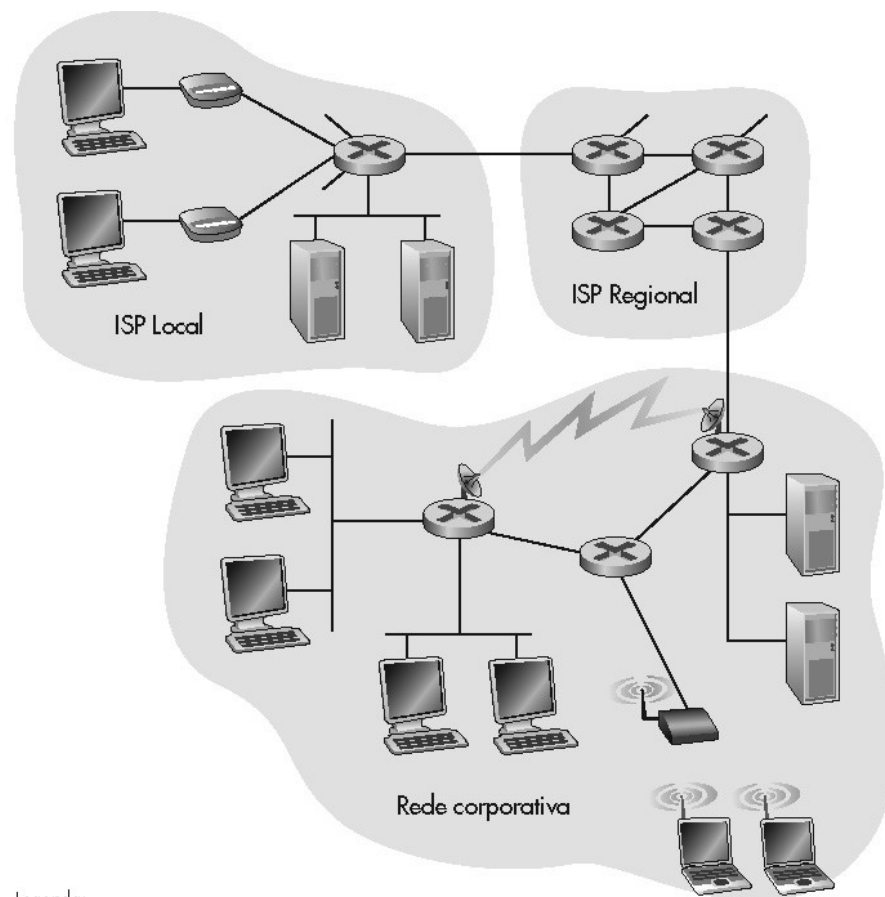


## O núcleo da rede

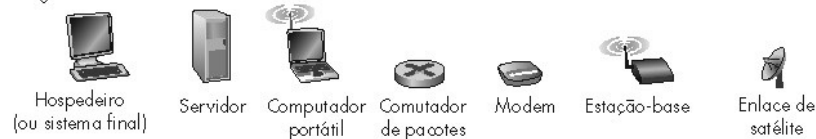
- Malha de roteadores interconectados
- **A questão fundamental:** como os dados são transferidos através da rede?
  - **Comutação de circuitos:** usa um canal dedicado para cada conexão.

Ex.: rede telefônica

- **Comutação de pacotes:** dados são enviados em “blocos” discretos



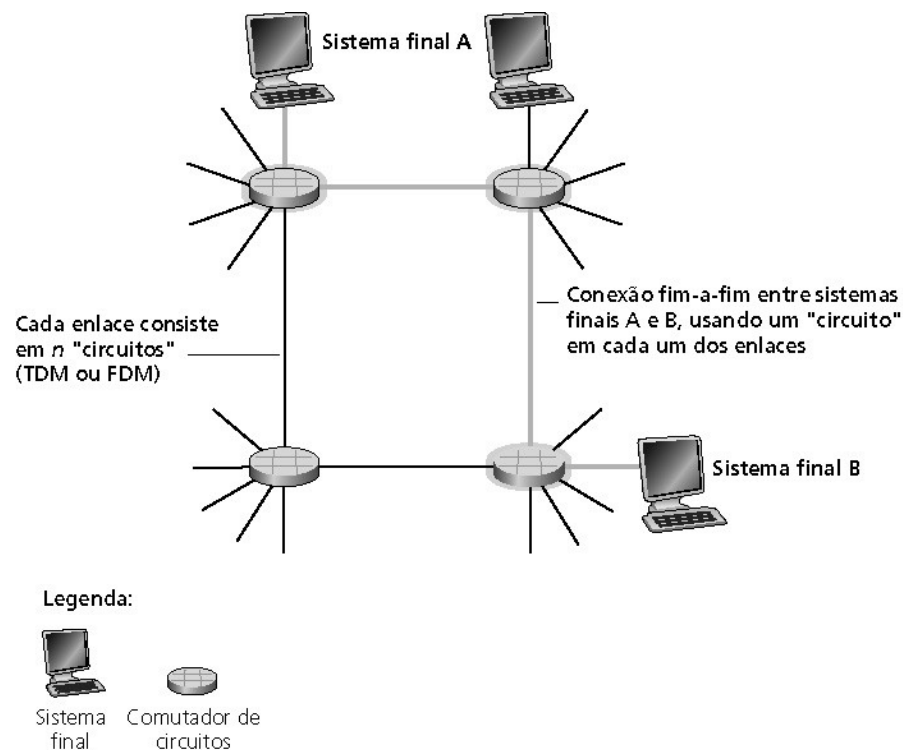
Legenda:



# O núcleo da rede: comutação de circuitos

Recursos fim-a-fim são reservados por “chamada”

- Taxa de transmissão, capacidade dos comutadores
- Recursos dedicados: não há compartilhamento
- Desempenho análogo aos circuitos físicos (QoS garantido)
- Exige estabelecimento de conexão

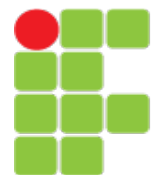




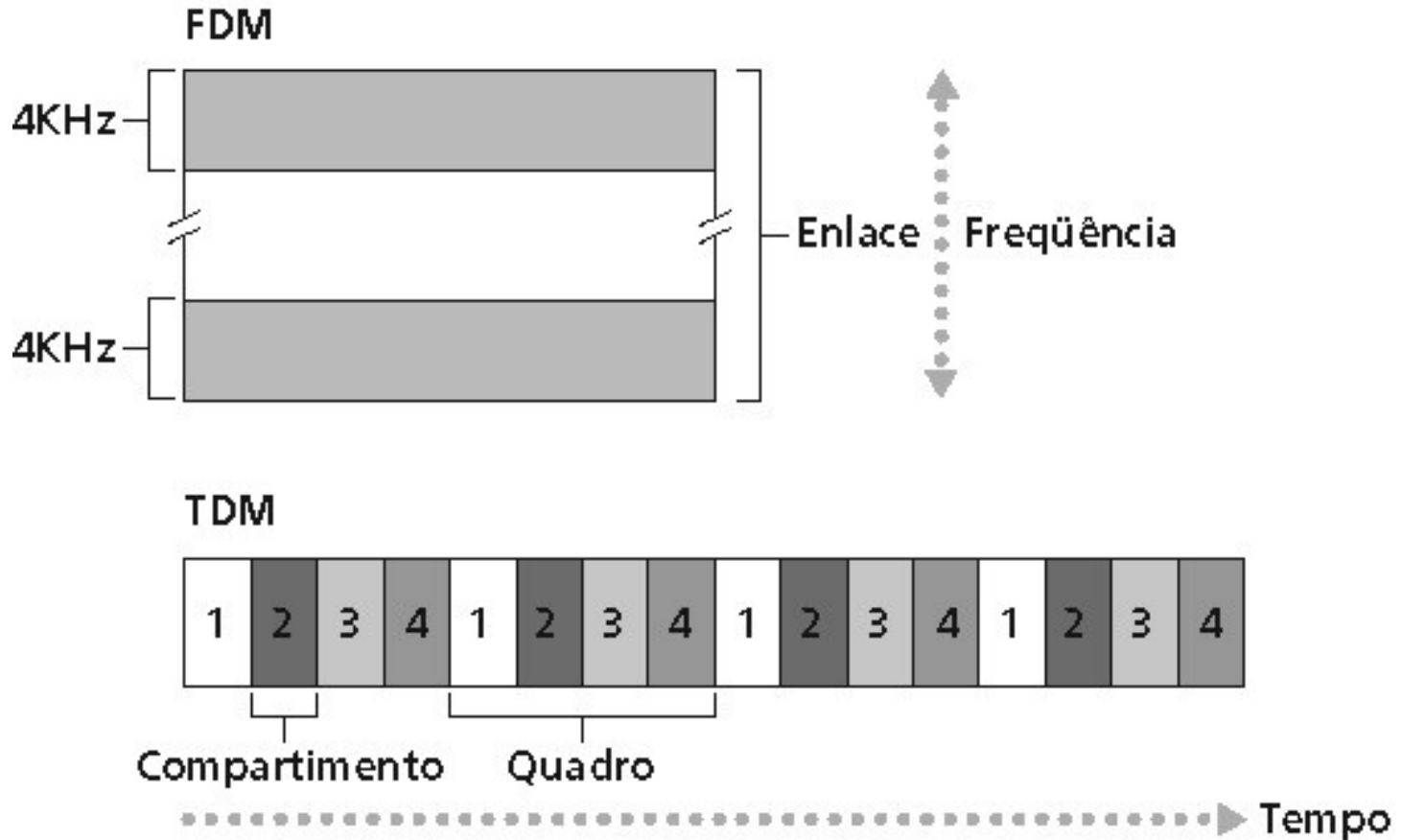
# O núcleo da rede: comutação de circuitos

Recursos da rede (ex.: capacidade de transmissão) **dividida em “pedaços”**

- “Pedaços” alocados às chamadas
- “Pedaço” do recurso desperdiçado se não for usado pelo dono da chamada (sem divisão)
- Formas de divisão da capacidade de transmissão em “pedaços”
  - Divisão em frequência
  - Divisão temporal



# Comutação de circuitos: FDMA e TDMA



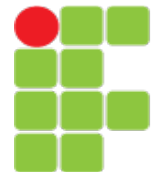
Legenda:

- 2 Todos os compartimentos de número "2" são dedicados a um par transmissor/receptor específico.

# Exemplo numérico

- Quanto tempo leva para enviar um arquivo de 640.000 bits do hospedeiro A para o hospedeiro B numa rede de comutação de circuitos?
  - Todos os links possuem 1.536 Mbps
  - Cada link utiliza TDM com 24 slots
  - 500 mseg para estabelecer um circuito fim-a-fim.

Calcule!



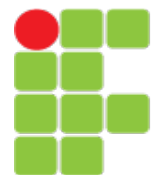
# Núcleo da rede: comutação de pacotes

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
- Congestão: 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

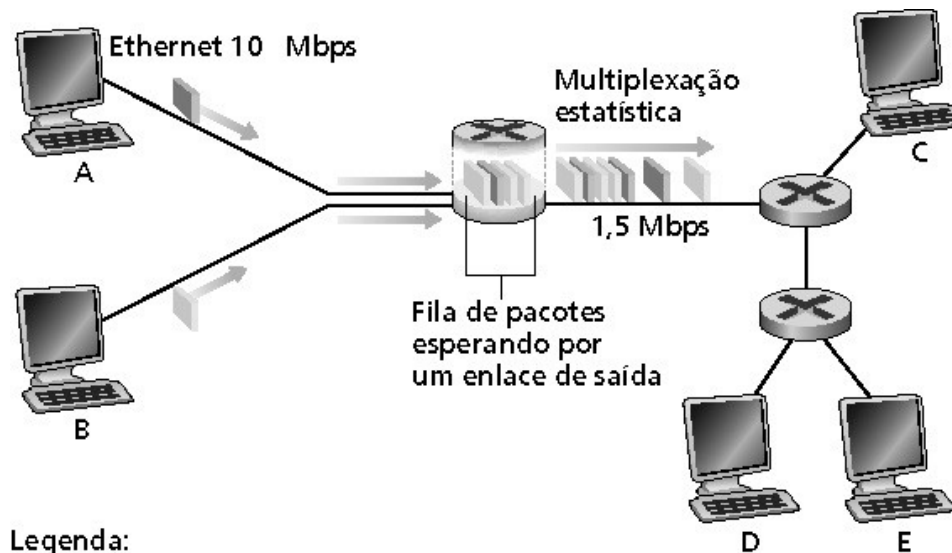


# Comutação de pacotes: multiplexação estatística

A seqüência de pacotes A e B não possui padrão específico

→ **multiplexação estatística**

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



Legenda:

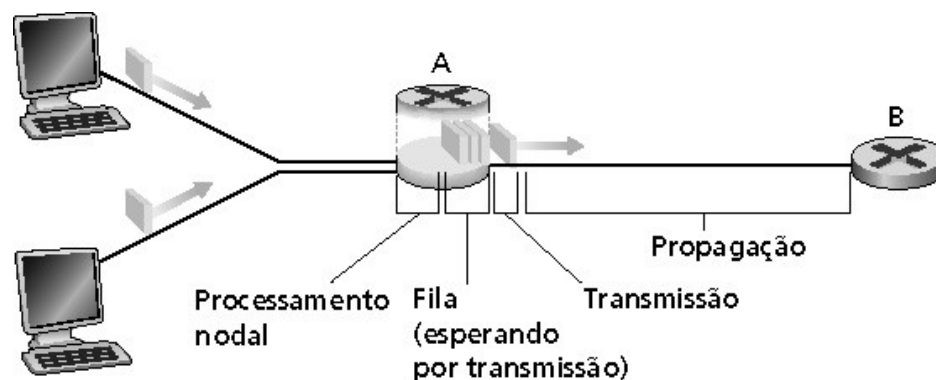


Pacotes

# Comutação de pacotes x comutação de circuitos

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

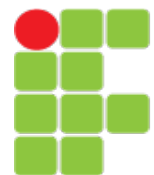
- Enlace de 1 Mbit/s
- Cada usuário:
  - 100 Kbits/s quando “ativo”
  - Ativo 10% do tempo
- Comutação de circuitos: 10 usuários
- Comutação de pacotes: com 35 usuários, probabilidade de mais de 10 ativos é menor que 0,0004



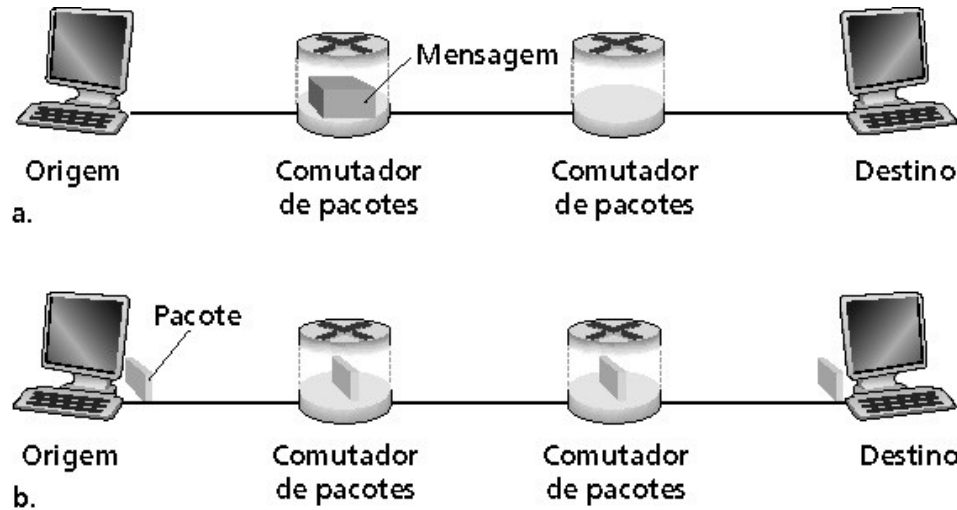
# Comutação de pacotes X comutação de circuitos

## 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 (capítulo 6)



# Comutação de pacotes: armazena e reenvia



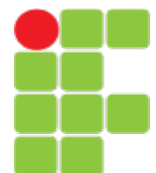
- Leva  $L/R$  segundos para enviar pacotes de  $L$  bits para o link a  $R$  bps
- O pacote todo deve chegar no roteador antes que seja transmitido para o próximo link: *armazena e reenvia*
- Atraso =  $3L/R$

**Exemplo:**

$L = 7,5$  Mbits

$R = 1,5$  Mbps

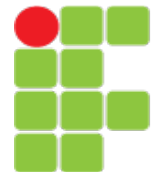
atraso = 15 s



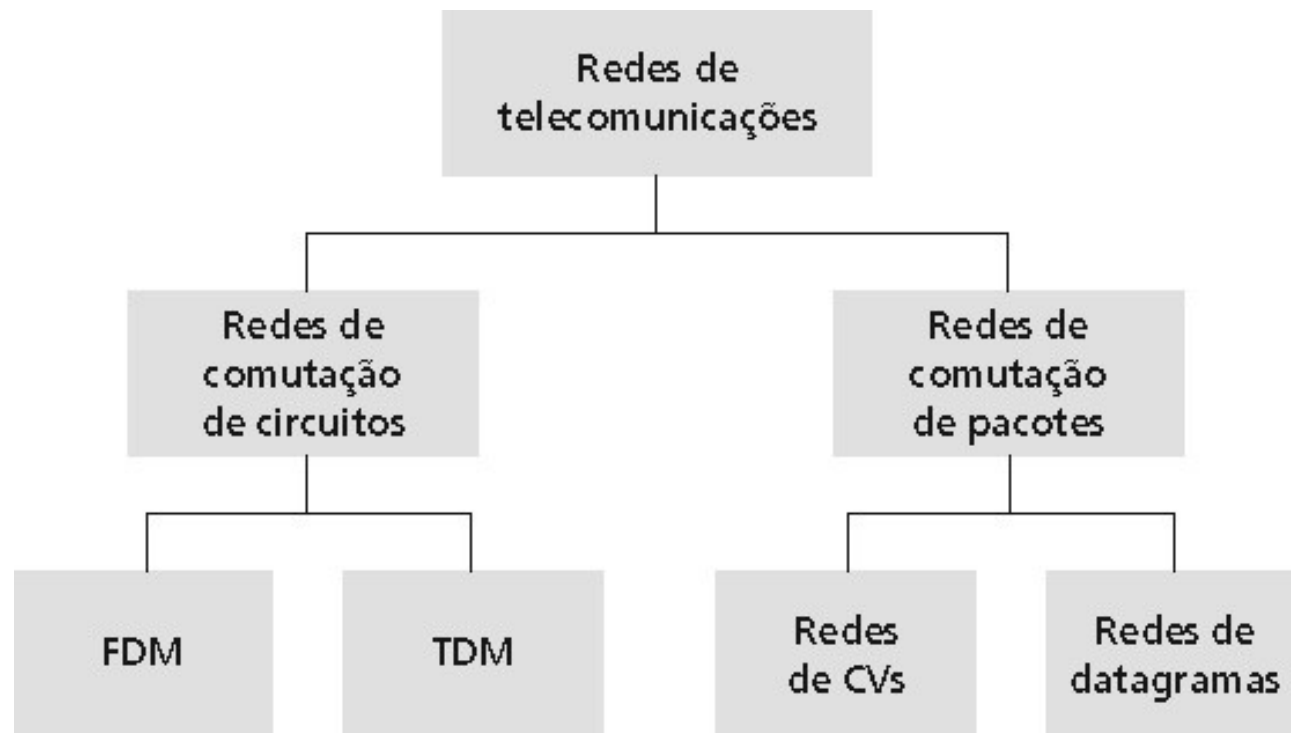


# Redes de comutação de pacotes: roteamento

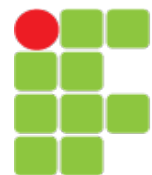
- **Objetivo:** mover pacotes entre roteadores da origem ao destino
  - Iremos estudar vários algoritmos de seleção de caminhos
- **Redes datagrama:**
  - *O endereço de destino* determina o próximo salto
  - Rotas podem mudar durante uma sessão
  - Analogia: dirigir perguntando o caminho
- **Rede de circuitos virtuais:**
  - Cada pacote leva um número (virtual circuit ID), o número determina o próximo salto
  - O caminho é fixo e escolhido no *instante de estabelecimento da conexão*, permanece fixo durante toda a conexão
  - **Roteadores mantêm estado *por conexão***



# Taxonomia da rede

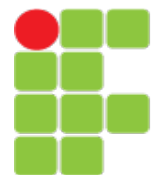


- Rede de datagramas *não* é nem orientada à conexão nem não orientada à conexão
- A Internet provê serviços com orientação à conexão (TCP) e serviços sem orientação à conexão (UDP) para as apps.



# 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



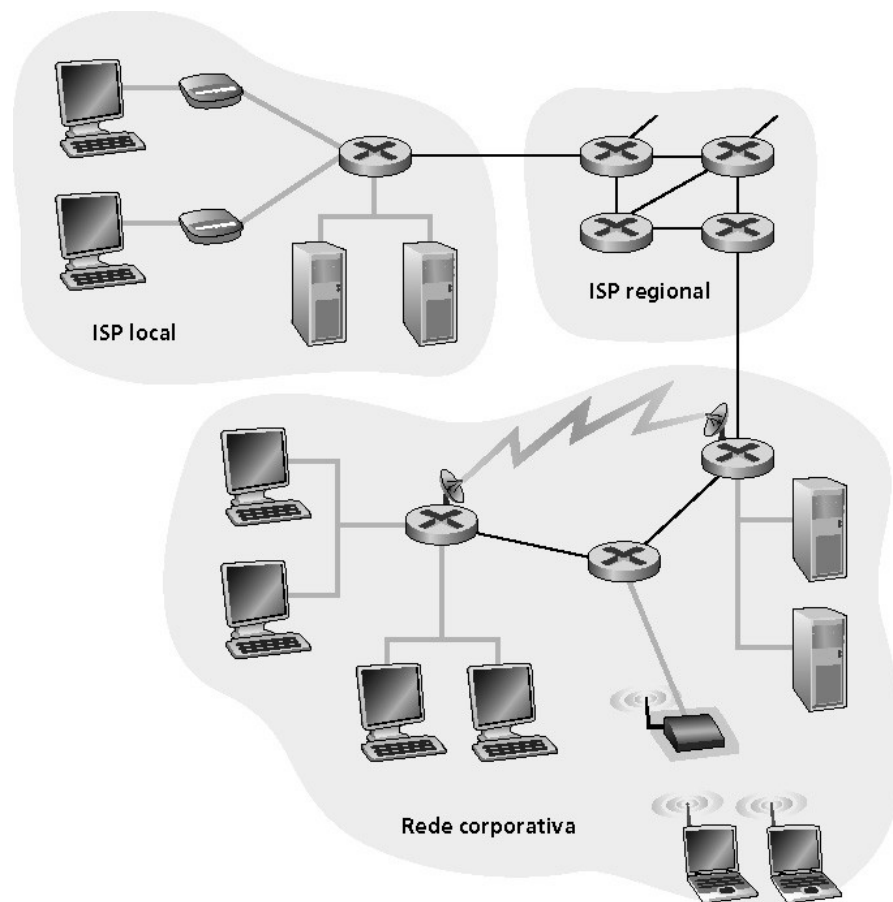
## Redes de acesso e meios físicos

**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 :**

- taxa de transmissão (bits por segundo) da rede de acesso?
- Compartilhado ou dedicado?

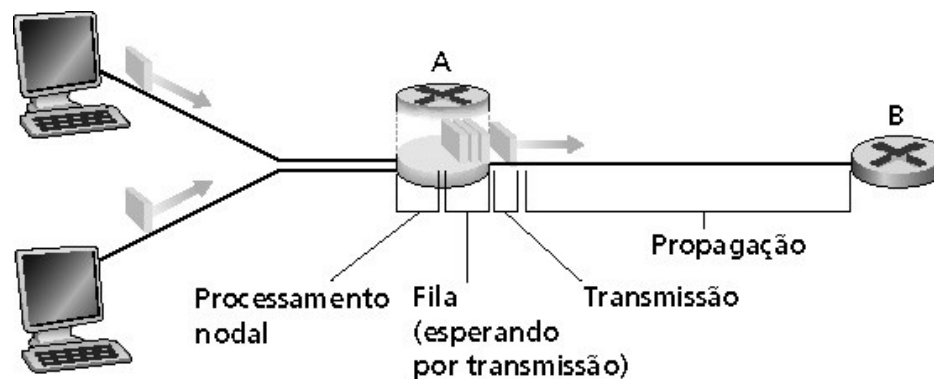


# Acesso residencial: redes ponto-a-ponto

- **Modem discado**
  - Até 56 kbps com acesso direto ao roteador (menos em tese)
  - Não é possível navegar e telefonar ao mesmo tempo: não pode estar “sempre on-line”

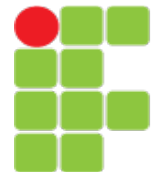
## ADSL: asymmetric digital subscriber line

- Até 1 Mbps de upstream (hoje tipicamente < 256 kbps)
  - Até 8 Mbps de downstream (hoje tipicamente < 1 Mbps)
  - FDM: 50 kHz - 1 MHz para downstream
    - 4 kHz - 50 kHz para upstream
    - 0 kHz - 4 kHz para telefonia comum



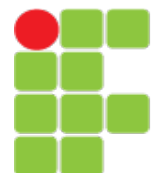
# Acesso residencial: cable modems

- 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

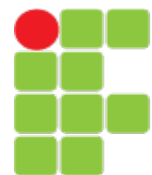
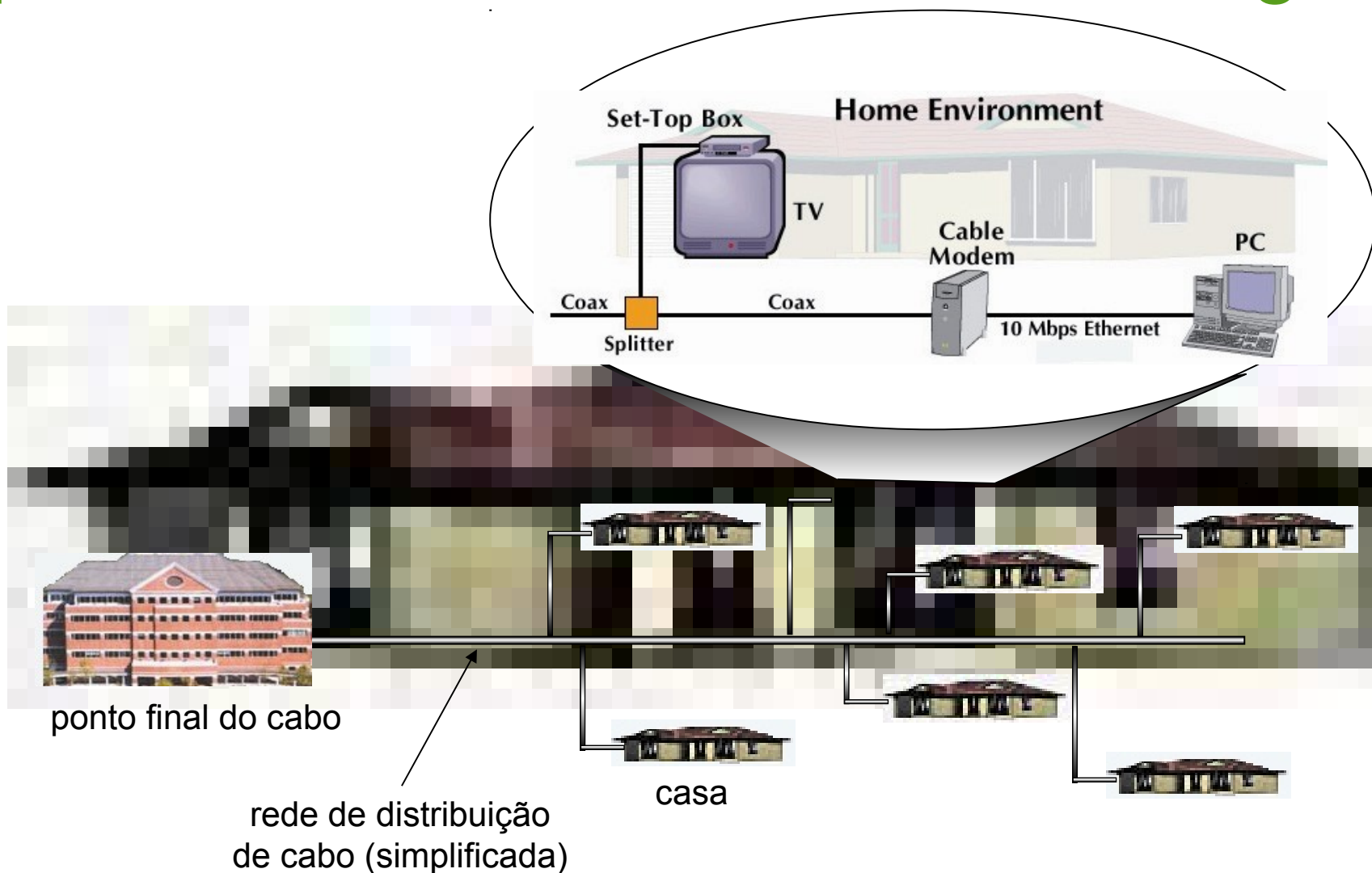


# Arquiteturas de redes a cabo: visão geral

Tipicamente 500 a 5.000 casas

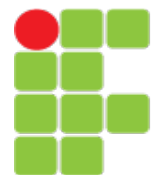
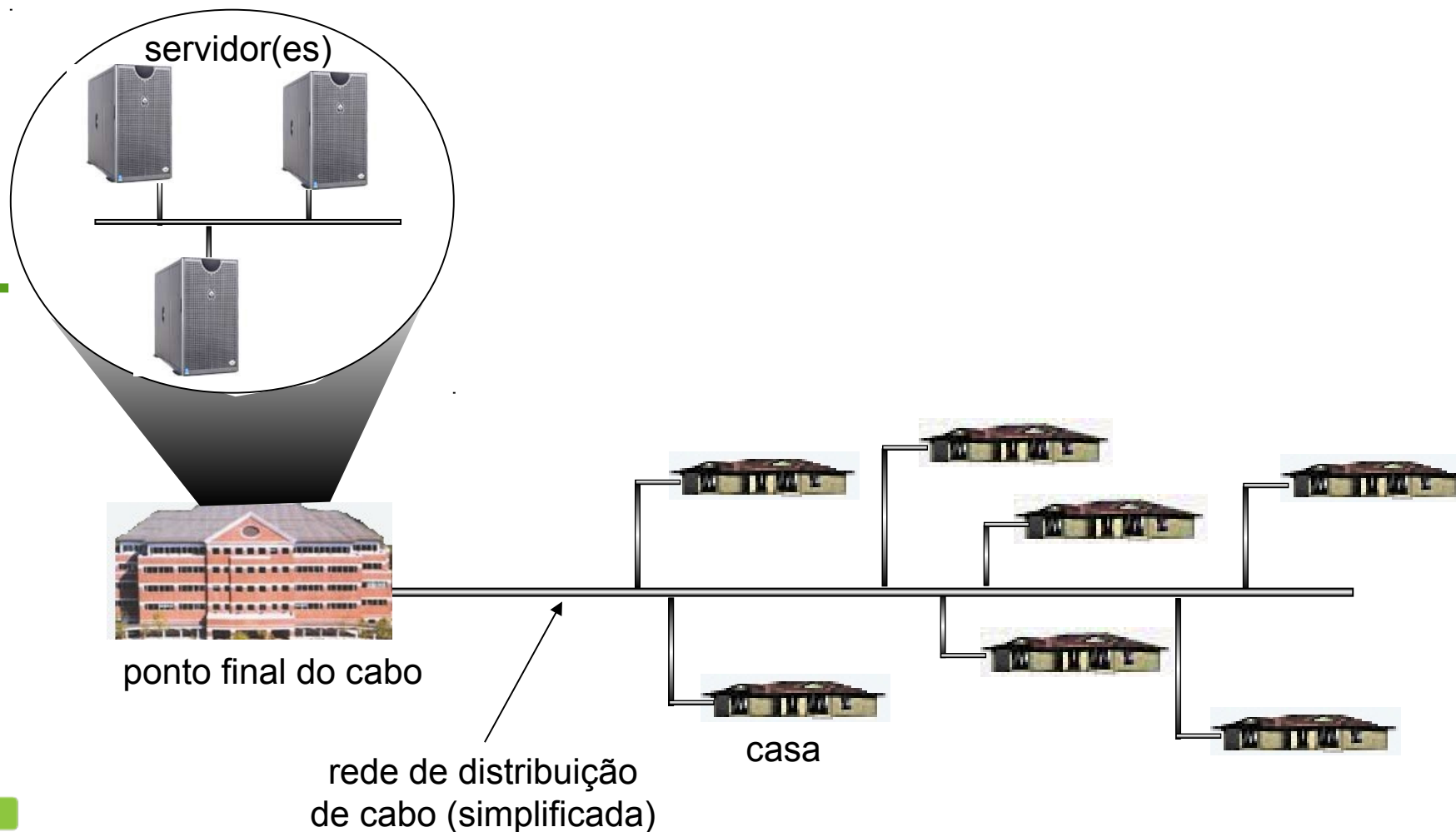


# Arquiteturas de redes a cabo: visão geral

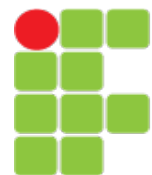
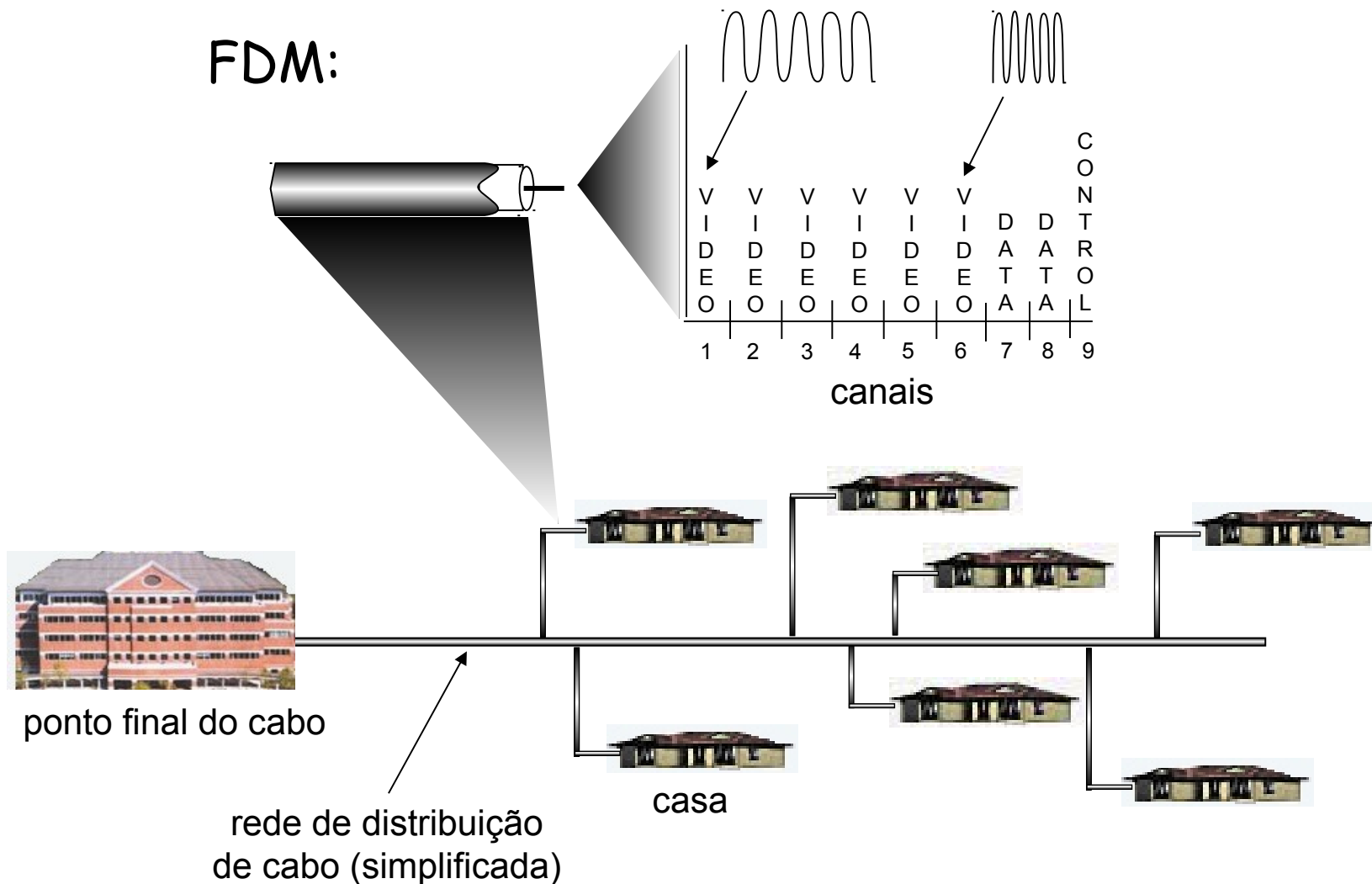




# Arquiteturas de redes a cabo: visão geral



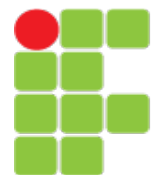
# Arquiteturas de redes a cabo: visão geral



# Acesso institucional: redes de área local

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

LANs: capítulo 5

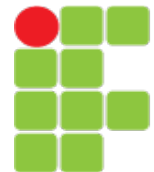


# Redes de acesso sem fio

- Rede de acesso sem fio compartilhada conecta sistemas finais ao roteador
  - Através de “ponto de acesso” da estação base
- LANs sem fio:
  - 802.11g (WiFi): 54 Mbps

## Wide-area de acesso sem fio

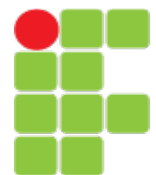
- Provido pelo operador telco
  - 3G ~ 384 kbps
- O que acontecerá
- WAP/GPRS na Europa



# Redes residenciais

## Componentes típicos de uma rede residencial:

- ADSL ou cable modem
- Roteador/firewall
- Ethernet
- Ponto de acesso sem fio



# Redes residenciais

- **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 me meios sólidos com caminho fixo: cobre, fibra
- **Meios não guiados:**
  - Propagação livre, ex.: rádio

## Twisted Pair (TP)

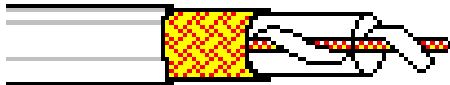
- Par de fios trançados de cobre isolados
  - Categoria 3: taxas de transmissão até 10 Mbps
  - Categoria 5: 100 Mbps/ 1Gbps Ethernet
  - Categoria 6: 1 Gbps Ethernet



# Meio físico: 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



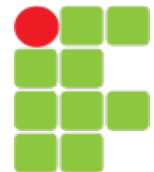
## Cabo de fibra óptica:

- 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





# Meio físico: rádio

## Tipos de canais de rádio:

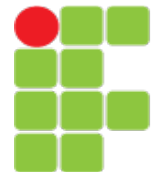
- **Microondas terrestre**
  - Canais de até 45 Mbps

## LAN (ex.: WiFi)

- 2 Mbps, 11 Mbps, 54 Mbps, 65 a 600 Mbps

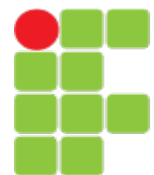
## Wide-area (ex.: celular)

- 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



# Redes de computadores e a Internet

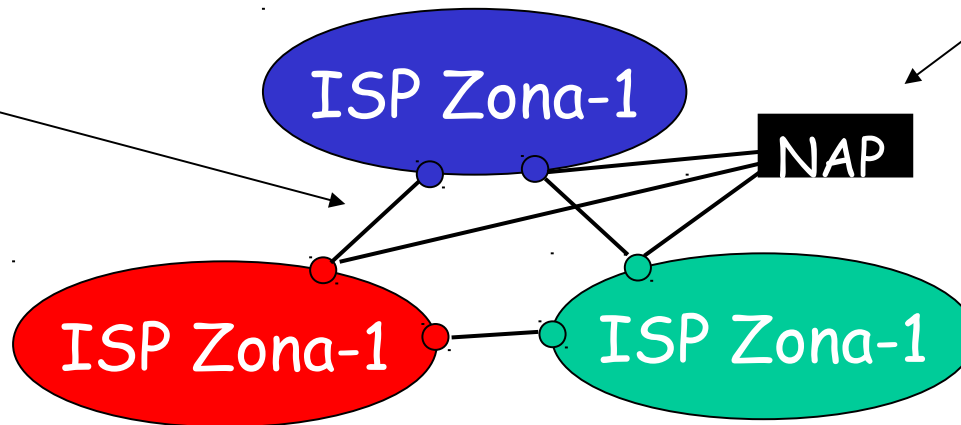
- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
- 1.4 Acesso à rede e meio físico
- **1.5 Estrutura da Internet e ISPs**
- 1.6 Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- 1.7 Camadas de protocolo, modelos de serviço
- 1.8 História



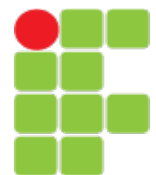
# Estrutura da Internet: rede de redes

- Grosseiramente hierárquica
- **No centro:** ISPs de “zona-1” (ex.: UUNet, BBN/Genuity, Sprint, AT&T), cobertura nacional/international
  - Os outros são igualmente tratados

A Zona-1 provê interconexão (*peer*) de modo privativa

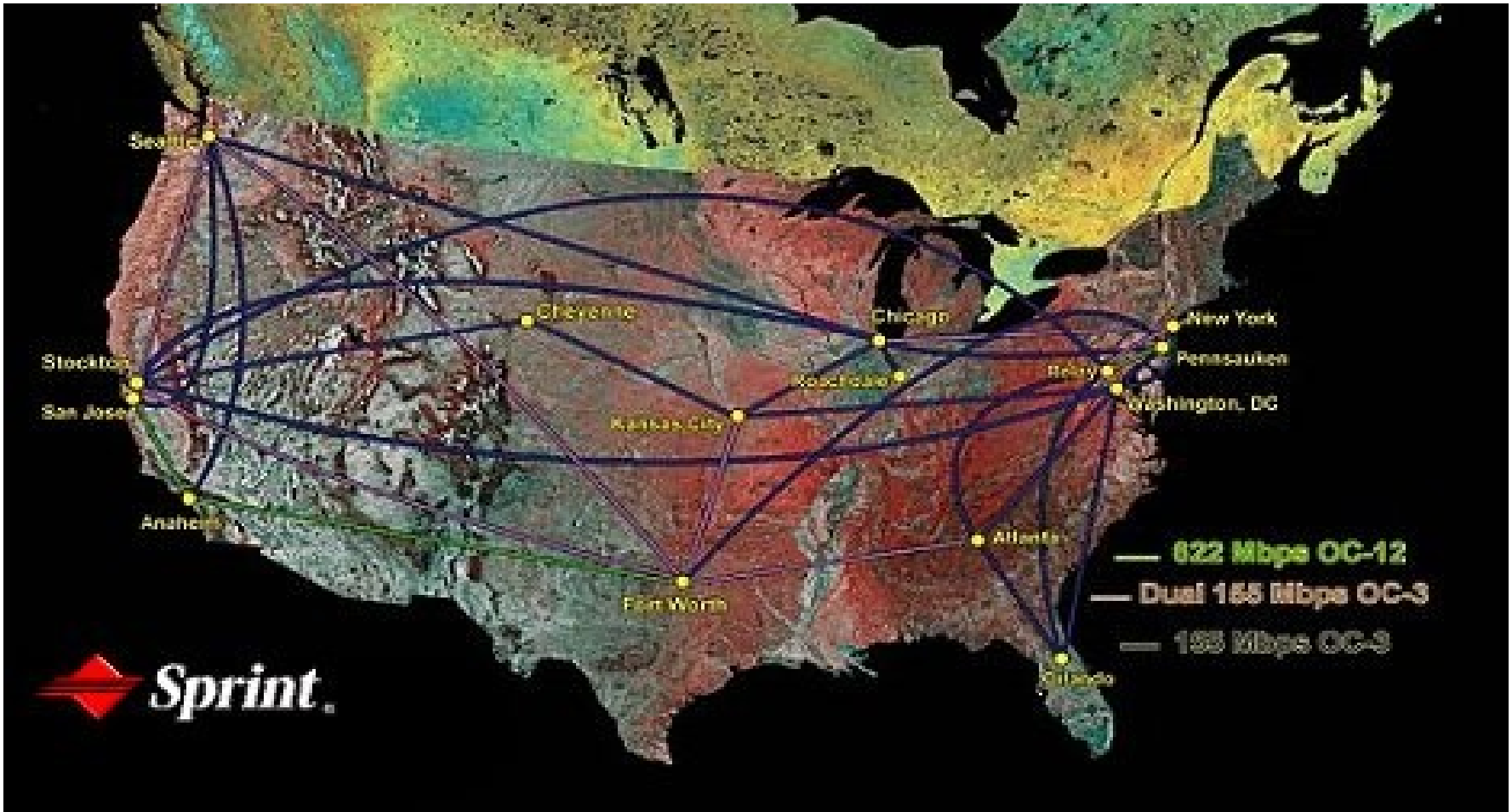


A Zona-1 também provê interconexão nos pontos de acesso (NAPs) da rede pública



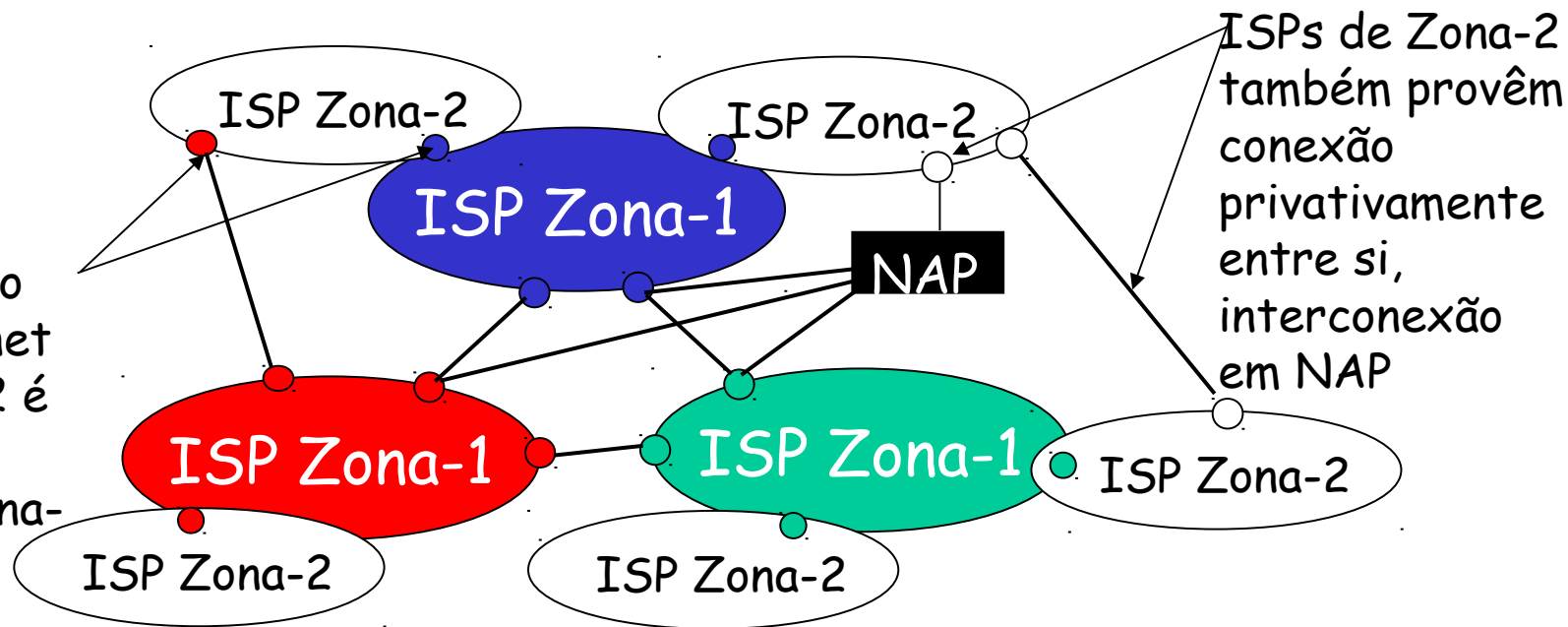
# ISP de Zona-1 – ex.: Sprint

Rede de backbone da Sprint US



# Estrutura da Internet: rede de redes

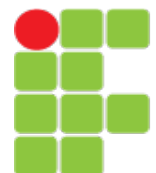
- ISPs de "Zona-2": ISPs menores (frequentemente regionais)
  - Conectam-se a um ou mais ISPs de Zona-1, possivelmente a outros ISPs de Zona-2



ISP de Zona-2 paga ao ISP de Zona-1 pela conectividade ao resto da Internet

- ISP de Zona-2 é cliente do provedor de Zona-1

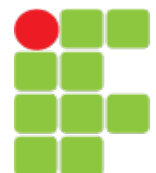
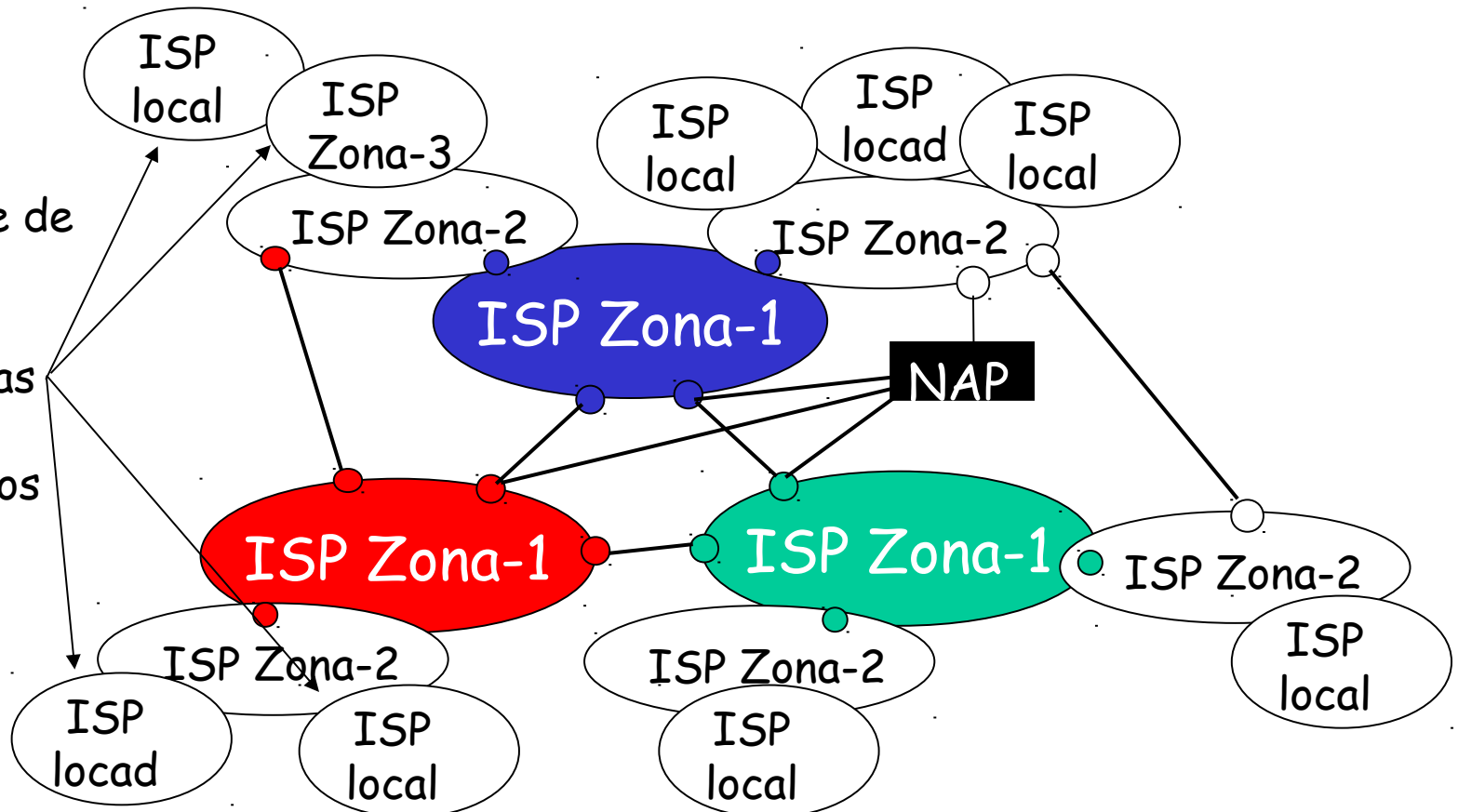
ISPs de Zona-2 também provêm conexão privativamente entre si, interconexão em NAP



# Estrutura da Internet: rede de redes

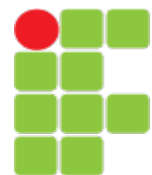
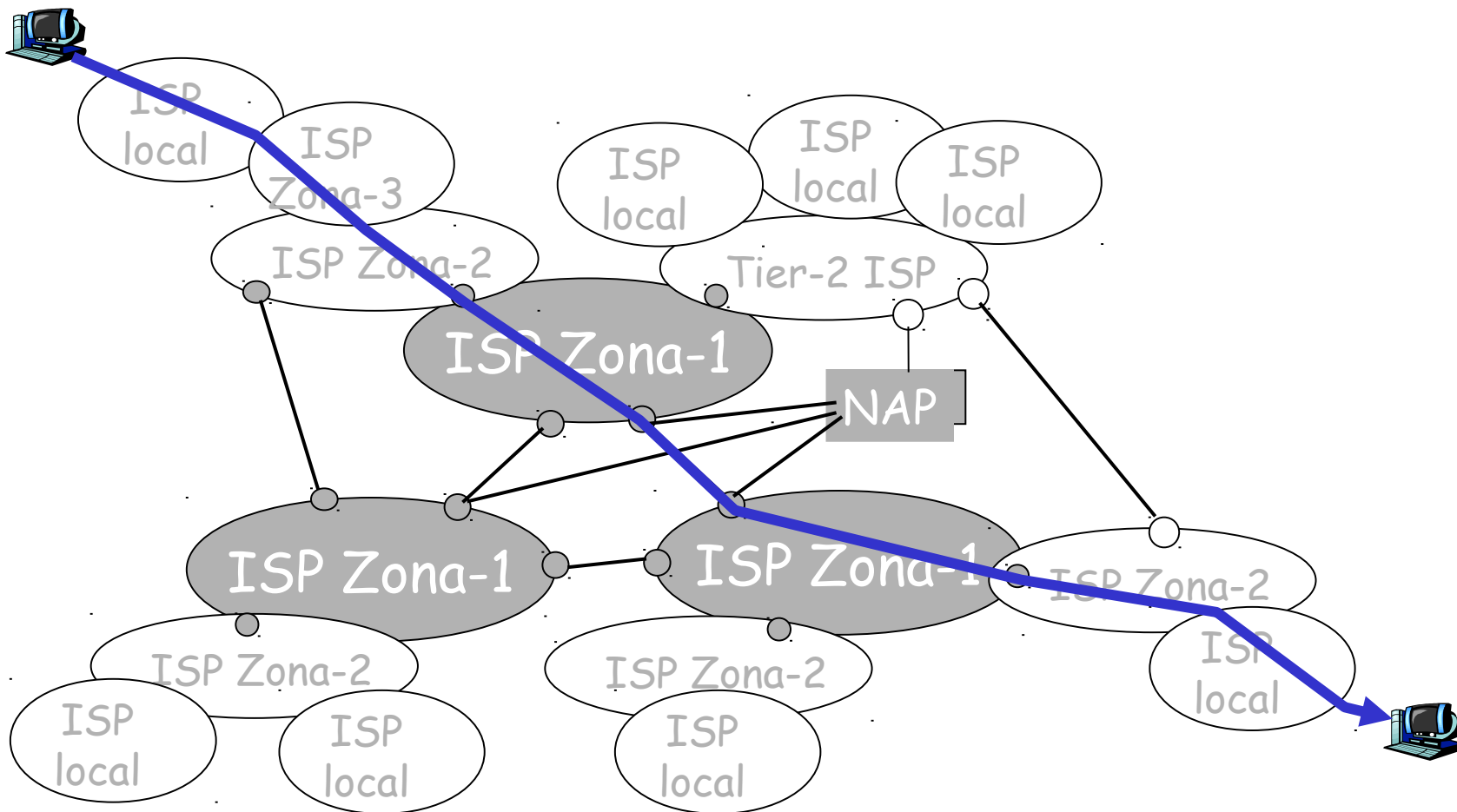
- ISPs de “Zona-3” e ISPs locais
  - Última rede de acesso (“hop”) (mais próxima dos sistemas finais)

ISPs locais e de Zona-3 são *clientes* dos ISPs de zonas mais altas conectando-os ao resto da Internet



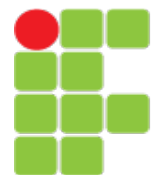
# Estrutura da Internet: rede de redes

Um pacote passa através de muitas 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

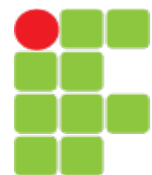
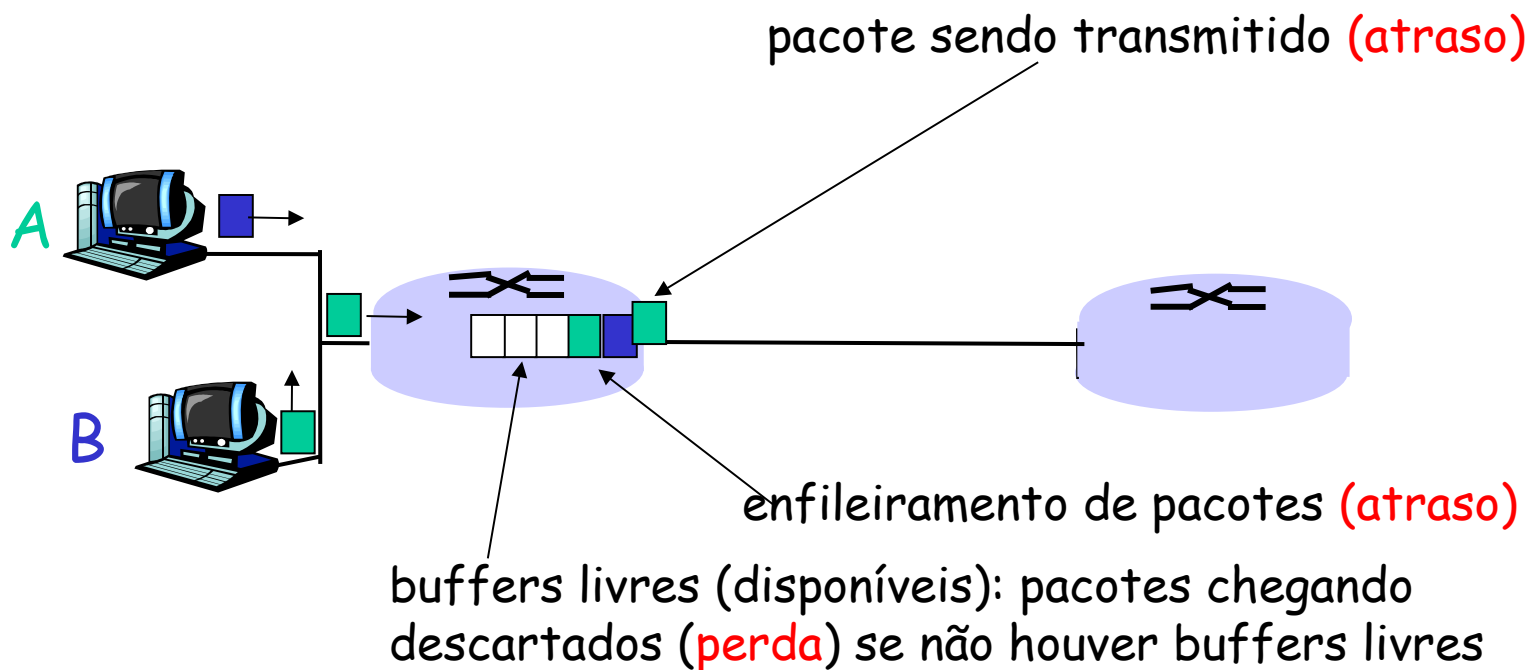




# Como perdas e atrasos ocorrem?

## 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



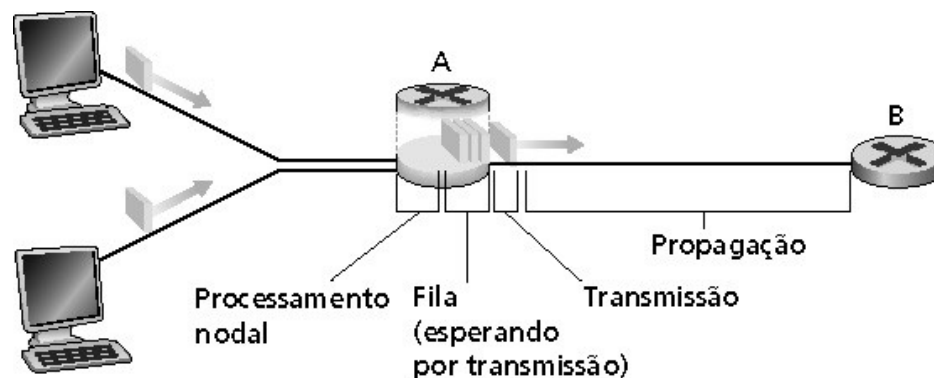
# Quatro fontes de atraso de pacotes

## 1. Processamento nos nós:

- Verifica erros de bit
- Determina link de saída

## 2. Enfileiramento

- Tempo de espera no link de saída para transmissão
- Depende do nível de congestionamento do roteador



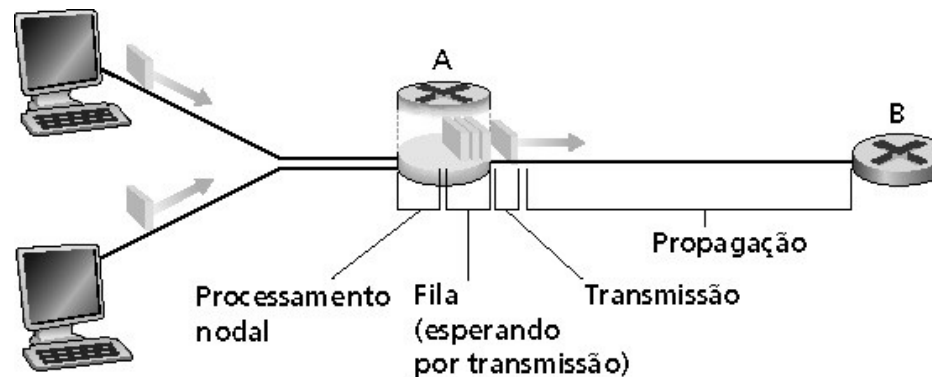
# Atraso em redes de comutação de pacotes

## 3. Atraso de transmissão:

- $R$  = largura de banda do link (bps)
- $L$  = tamanho do pacote (bits)
- Tempo para enviar bits ao link =  $L/R$

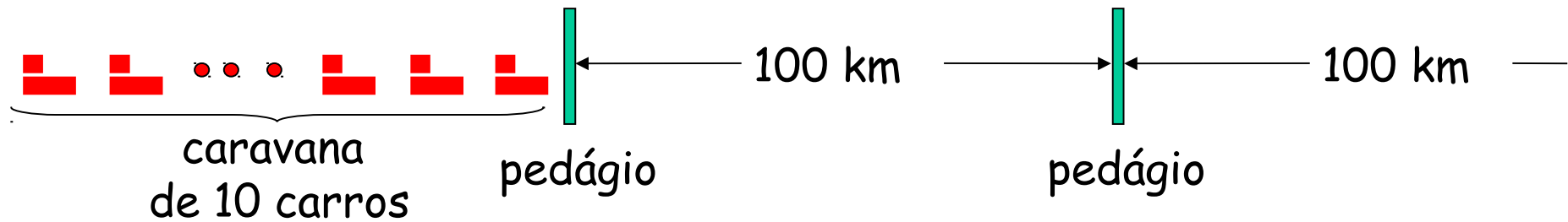
## 4. Atraso de propagação:

- $d$  = comprimento do link físico
- $s$  = velocidade de propagação no meio ( $\sim 2 \times 10^8$  m/s)
- Atraso de propagação =  $d/s$



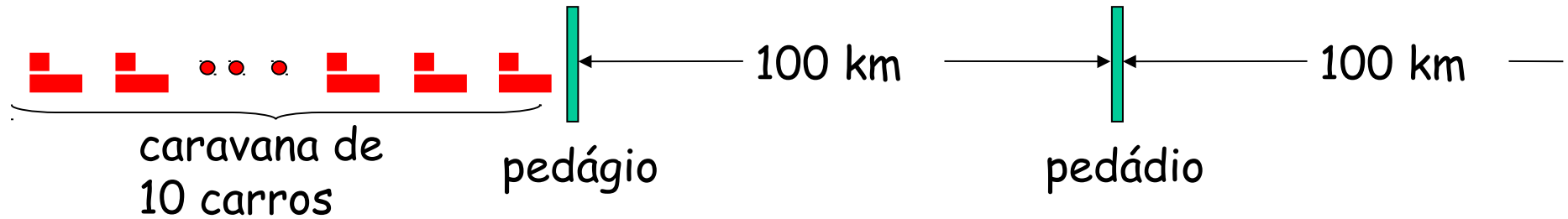
**Nota:** “s” e “R” são medidas muito diferentes!

# Analogia da caravana

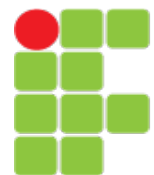


- Carros se “propagam” a 100 km/h
- Pedágios levam 12 s para atender um carro (tempo de transmissão)
- Carro = bit; caravana = pacote
- P.: Quanto tempo levará até a caravana ser alinhada antes do 2º pedágio?
- Tempo para “empurrar” a caravana toda pelo pedágio até a estrada =  $12 \cdot 10 = 120$  s
- Tempo para o último carro se propagar do 1º ao 2º pedágio:  $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1$  h
- R.: 62 minutos

# Analogia de caravana



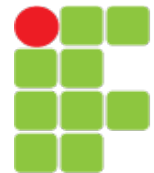
- Agora os carros se “propagam” a 1.000 km/h
- Agora o pedágio leva 1 min para atender um carro
- **P.:** Os carros chegarão ao 2º pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no 1º pedágio?
- **R.:** **Sim!** Após 7 min, o 1º carro está no 2º pedágio e ainda restam 3 carros no 1º pedágio.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



# Atraso nodal

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

- $d_{proc}$  = 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

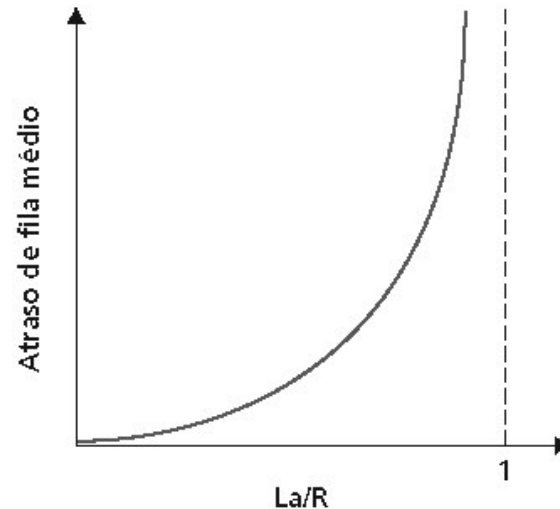


# Atraso de filas (revisado)

- $R$  = largura de banda do link (bps)
- $L$  = tamanho do pacote (bits)
- $A$  = taxa média de chegada de pacotes

**Intensidade de tráfego =  $\lambda L/R$**

- $\lambda L/R \sim 0$ : atraso médio de fila pequeno
- $\lambda L/R \rightarrow 1$ : atraso se torna grande
- $\lambda L/R > 1$ : mais trabalho chega do que a capacidade de transmissão.  
O atraso médio cresce indefinidamente!

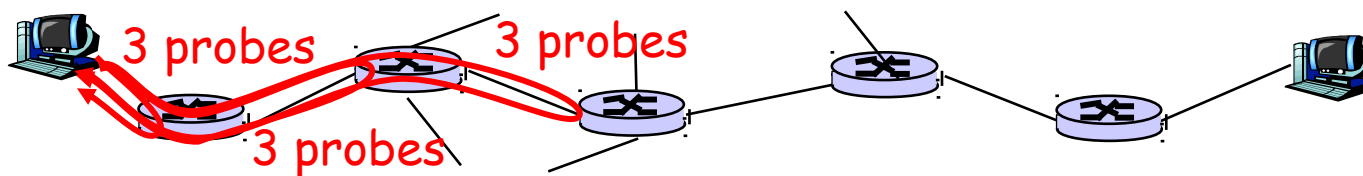


# Atrasos e rotas da Internet “real”

- 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.



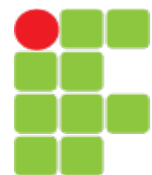


# Atrasos e rotas da Internet “real”

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

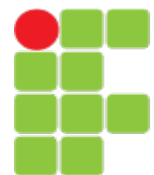
Três medidas de atraso de  
gaia.cs.umass.edu para  
cs-gw.cs.umass.edu

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	← link transoceânico
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	



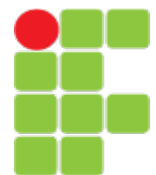
# Perda de pacotes

- 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



# 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



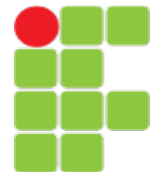
# Camadas de protocolos

## Redes são complexas

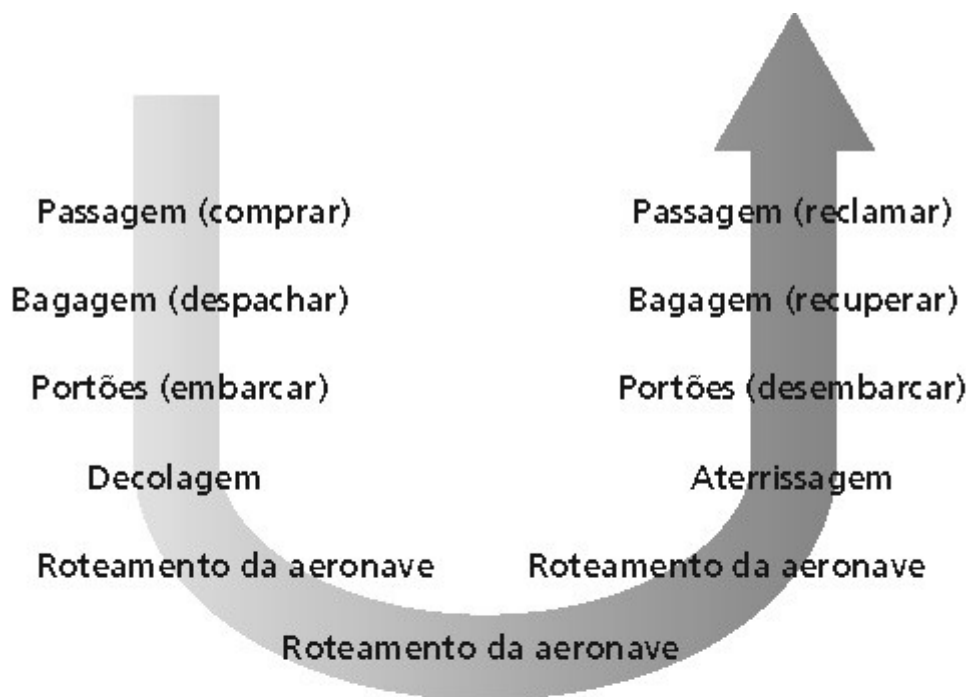
- Muitos componentes:
  - Hospedeiros
  - Roteadores
  - Enlaces de vários tipos
  - Aplicações
  - Protocolos
  - Hardware, software

## QUESTÃO:

Há alguma esperança de **organizar** a arquitetura de uma rede?  
Ou pelo menos nossa discussão sobre redes?

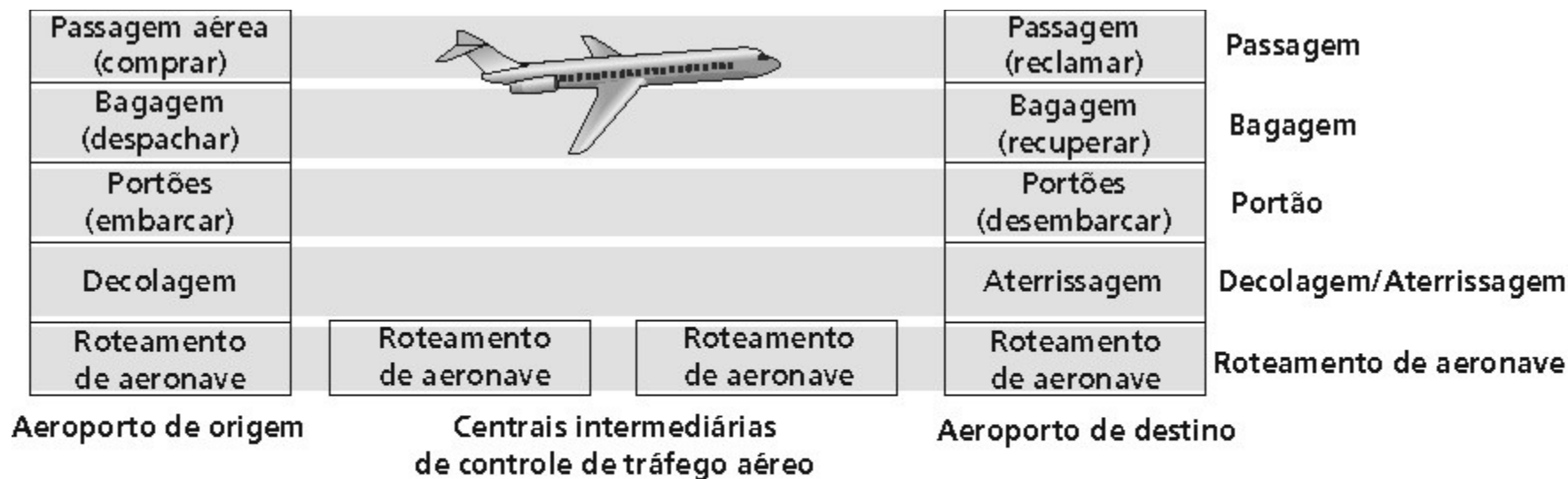


# Organização de uma viagem aérea



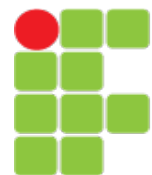
- Uma série de passos

# Camadas de funcionalidades da companhia aérea



**Camadas:** cada camada implementa um serviço

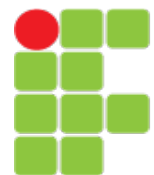
- Via suas próprias ações internas
- Confiando em serviços fornecidos pela camada inferior



# Por que as camadas?

Convivendo com sistemas complexos:

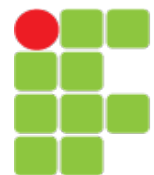
- A estrutura explícita permite identificação, o relacionamento das partes de um sistema complexo
  - Um **modelo de referência** em camadas permite a discussão da arquitetura
- Modularização facilita a manutenção, atualização do sistema
  - As mudanças na implementação de uma camada são transparentes para o resto do sistema
  - Ex.: novas regras para embarque de passageiros não afetam os procedimentos de decolagem
- A divisão em camadas é considerada perigosa?



# Pilha de protocolos da Internet

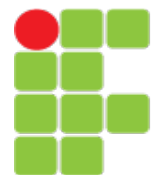
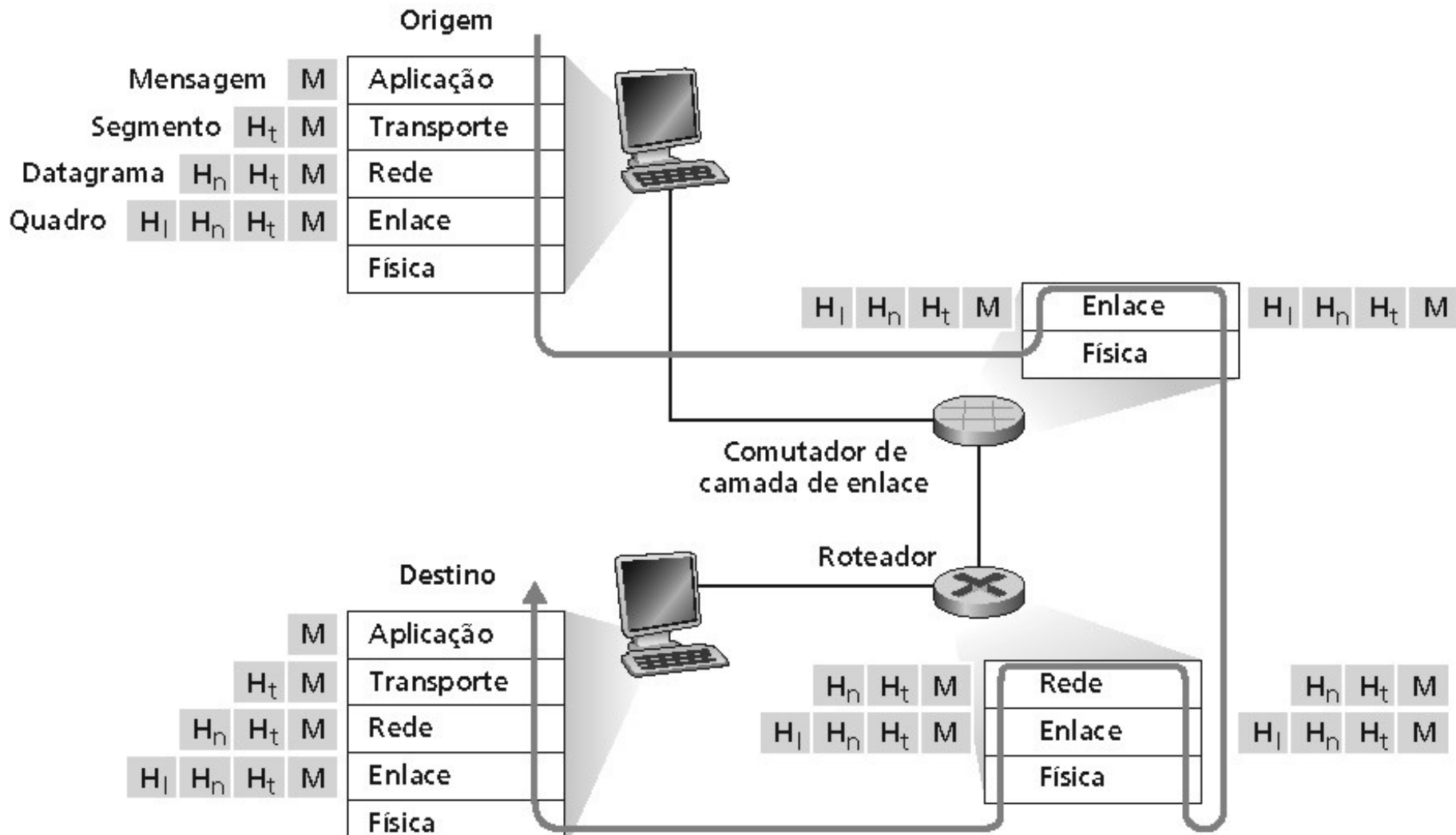
- **Aplicação:** suporta as aplicações de rede  
FTP, SMTP, HTTP
- **Transporte:** transferência de dados hospedeiro-hospedeiro
  - TCP, UDP
- **Rede:** roteamento de datagramas da origem ao destino
  - IP, protocolos de roteamento
- **Enlace:** transferência de dados entre elementos vizinhos da rede
  - PPP, Ethernet
- **Física:** bits “nos fios dos canais”

Aplicação
Transporte
Rede
Enlace
Física



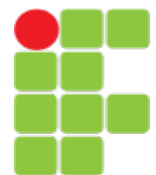


# Encapsulamento



# Redes de computadores e a Internet

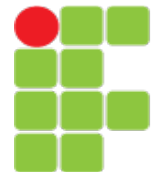
- 1.1 O que é Internet?
- 1.2 Borda da rede
- 1.3 Núcleo da rede
- 1.4 Acesso à rede e meio físico
- 1.5 Estrutura da Internet e ISPs
- 1.6 Atraso e perda em redes de comutação de pacotes
- 1.7 Camadas de protocolo, modelos de serviço
- 1.8 História



# História da Internet

## 1961-1972: primeiros princípios da comutação de pacotes

- **1961:** Kleinrock - teoria das filas mostra a efetividade da comutação de pacotes
- **1964:** Baran - comutação de pacotes em redes militares
- **1967:** ARPAnet concebida pela Advanced Research Projects Agency
- **1969:** primeiro nó da ARPAnet operacional
- **1972:**
  - ARPAnet é demonstrada publicamente
  - NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo hospedeiro-hospedeiro
  - Primeiro programa de e-mail
  - ARPAnet cresce para 15 nós



# História da Internet

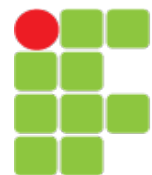
## 1972-1980: Inter-redes, redes novas e proprietárias

- **1970:** ALOHAnet rede via satélite no Havaí
- **1973:** tese de PhD de Metcalfe propõe a rede Ethernet
- **1974:** Cerf e Kahn - arquitetura para interconexão de redes
- **Final dos anos 70:** arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- **Final dos anos 70:** comutação com pacotes de tamanho fixo (precursor do ATM )
- **1979:** ARPAnet cresce para 200 nós

## Princípios de interconexão de redes de Cerf e Kahn :

- Minimalismo, autonomia - não se exigem mudanças internas para interconexão de redes
- Modelo de serviço: melhor esforço
- Roteadores “stateless”
- Controle descentralizado

Define a arquitetura da Internet de hoje



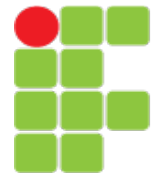
# História da Internet

## 1990-2000: comercialização, a Web, novas aplicações

- **Início dos anos 90:** ARPAnet descomissionada
- **1991:** NSF retira restrições sobre o uso comercial da NSFnet (descomissionada em 1995)
- **Início dos anos 90:** WWW
  - Hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, depois Netscape
  - Final dos anos 90: comercialização da Web

### Final dos anos 90-2000:

- Mais aplicações “killer”: instant messaging, P2P file sharing
- segurança de redes
- Est. 50 milhões de hospedeiros, 100 milhões de usuários
- Enlaces de backbone operando a Gbps



# Internet Hoje

- **Números:**

- Hostnames registrados: 1.010.251.829
  - Estas são as máquinas com IP fixos - a maioria servidores!
  -

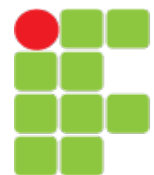
<ftp://ftp.isc.org/www/survey/reports/2014/01/>

- **Cientes:**

- ~1.5 bilhões de PCs
- ~6.5 bilhões de dispositivos móveis (ex.: smartphones)
- Não há como saber ao certo!
- Palestra do Vint Cerf:
  - [https://www.youtube.com/watch?](https://www.youtube.com/watch?v=qguED5Aouv4)

[v=qguED5Aouv4](https://www.youtube.com/watch?v=qguED5Aouv4)

- **Usuários:** 2.405.518.376 (em 30/06/2012)
  - População mundial estimada em 2012: 7.017.846.922
  - <http://internetworldstats.com>



# Introdução: resumo

## Cobriu uma “tonelada” de material!

- Internet overview
- O que é um protocolo?
- Borda da rede, núcleo, rede de acesso
  - Comutação de pacotes versus comutação de circuitos
- Estrutura da Internet/ISP
- Desempenho: perda, atraso
- Camadas e modelos de serviços
- História

## Você agora tem:

- Contexto, visão geral, sentimento das redes
- Mais profundidade e detalhes virão mais tarde no curso

