

Redes de Computadores e a Internet

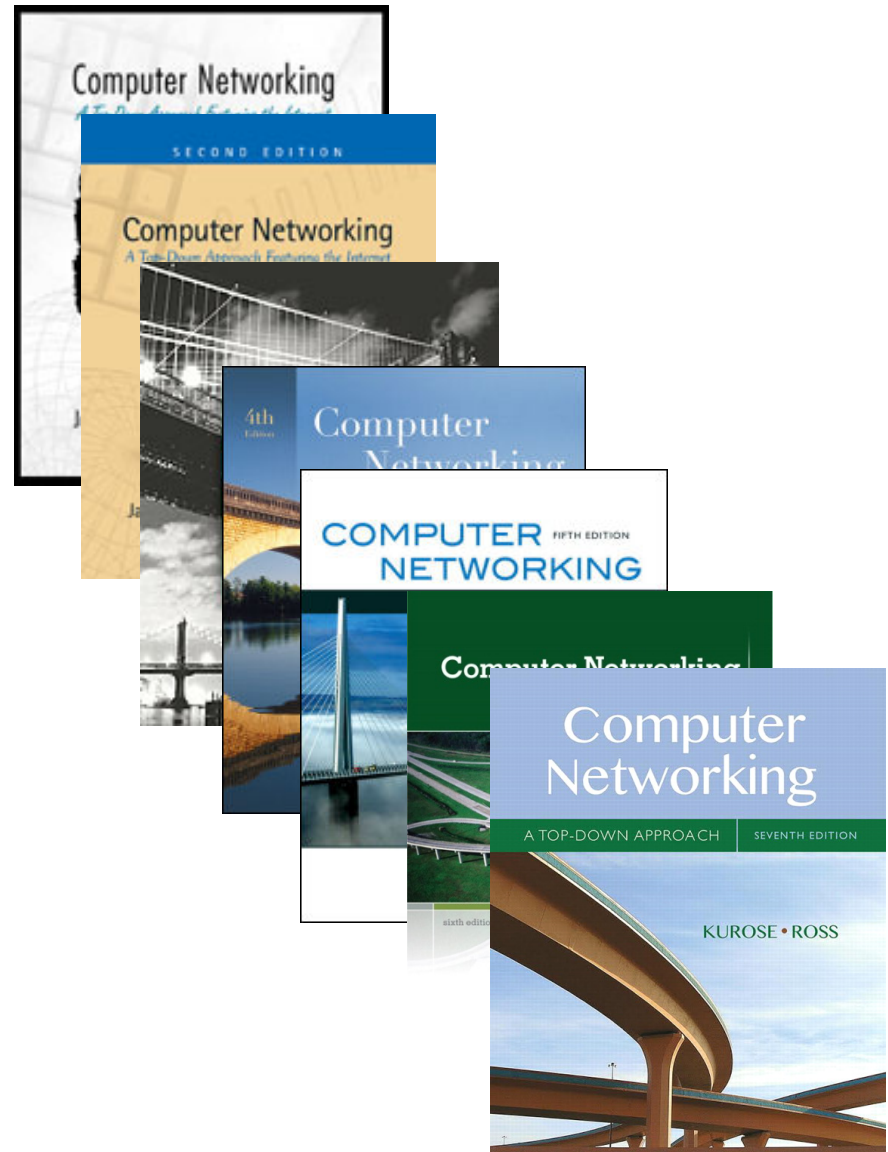
Prof. José Augusto Suruagy Monteiro
suruagy@cin.ufpe.br
www.cin.ufpe.br/~suruagy/cursos

Livro-Texto:



REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET
6ª Edição
James F. Kurose e Keith W. Ross
Copyright: 2014
656 páginas - ISBN: 9788581436777

<http://www.pearson.com.br/>



Conteúdo da 6ª Edição

1. Redes de Computadores e a Internet
2. Camada de Aplicação
3. Camada de Transporte
4. Camada de Rede
5. Camada de Enlace: Enlace, Redes de Acesso e Redes Locais
6. Redes Sem Fio (*Wireless*) e Móveis
7. Redes Multimídia
8. Segurança em Redes
9. Gerenciamento de Redes

Conteúdo da 7ª Edição

1. Redes de Computadores e a Internet
2. Camada de Aplicação
3. Camada de Transporte
4. Camada de Rede: Plano de Dados
5. Camada de Rede: Plano de Controle
6. Camada de Enlace: Enlace, Redes de Acesso e Redes Locais
7. Redes Sem Fio (*Wireless*) e Móveis
8. Segurança em Redes
9. Redes Multimídia

Capítulo I: Introdução

Objetivo do capítulo:

- r entender o contexto, visão geral, "sacar" o que são redes
- r maior profundidade, detalhes *posteriormente* no curso
- r abordagem:
 - m uso da Internet como exemplo

Resumo:

- r o que é a Internet
- r o que é um protocolo?
- r a borda (periferia) da rede: hosts, rede de acesso, meio físico
- r o núcleo da rede: comutação de pacote/circuito. Estrutura da Internet
- r desempenho: atraso, perda e vazão
- r segurança
- r camadas de protocolos, modelos de serviço
- r história

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

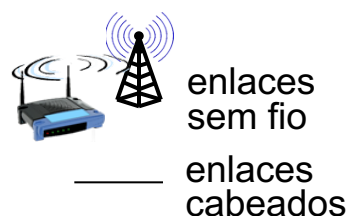
1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

O que é a Internet: visão dos componentes



r milhões de dispositivos de computação conectados: *hospedeiros (hosts) = sistemas finais*

m rodando *aplicações de rede*

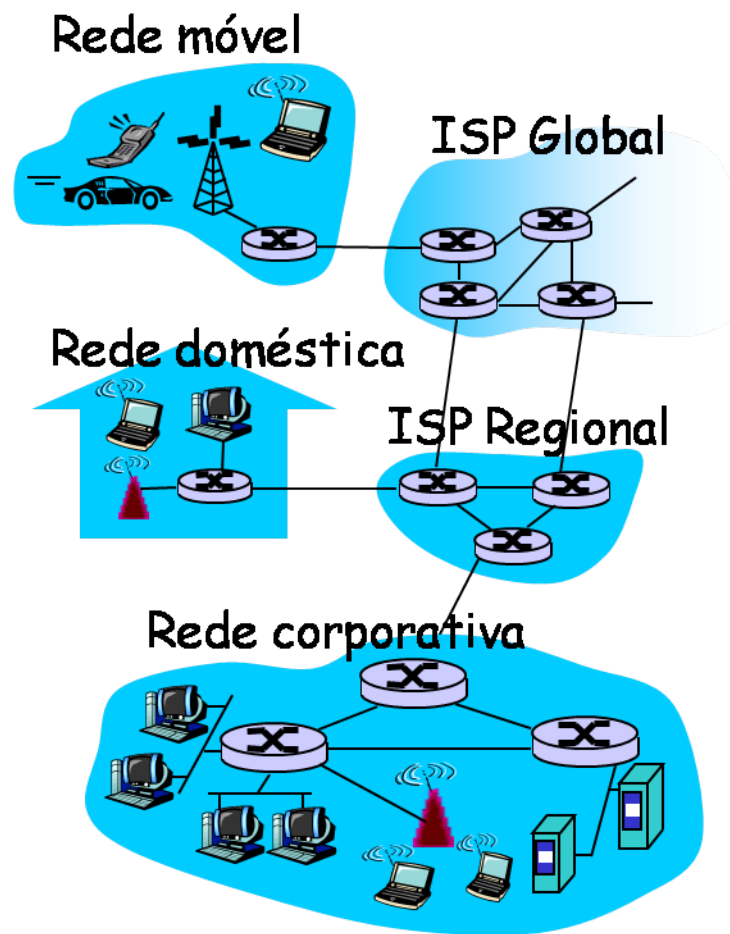
r *enlaces (links) de comunicação*

m fibra, cobre, rádio, satélite

m Taxa de transmissão = largura de banda (*bandwidth*)

r *Roteadores (comutadores de pacotes)*: encaminham pacotes (pedaços de dados)

m *Roteadores e switches*



Aparelhos internet interessantes



Porta retratos IP
<http://www.ceiva.com/>

Tostadeira habilitada para a Web +
Previsão do tempo



Tweet-a-watt:
Monitoração do uso
de energia



Geladeira
Internet

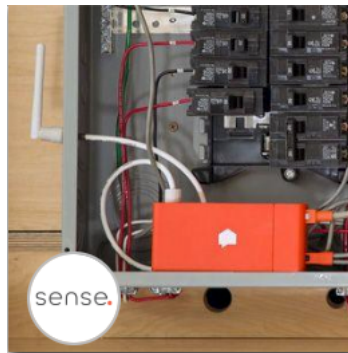
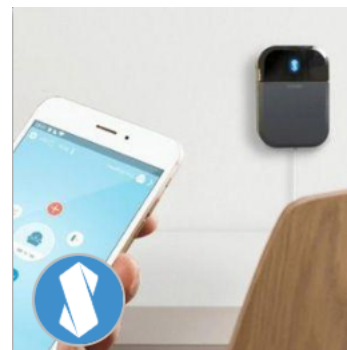


Slingbox: veja,
Controle remotamente
sua TV a cabo.



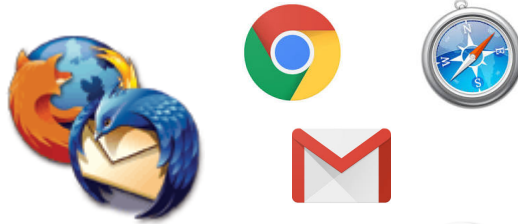
Telefones Internet

Dispositivos IoT (Internet das Coisas)



Aplicações Populares

r Navegação



r Correio



r Mensagens Instantâneas



r Armazenamento de Arquivos



r Jogos em rede



r Voz e Vídeo



r Blogs



r Redes Sociais



r Trabalho Cooperativo



O que é a Internet: visão dos componentes

r *Internet: "rede de redes"*

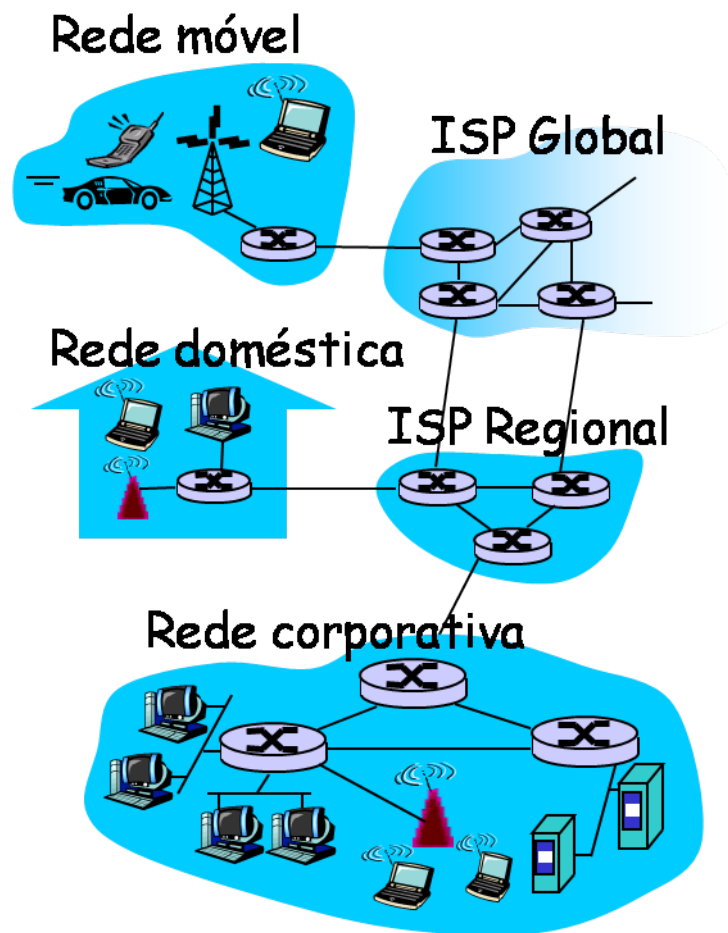
- m livremente hierárquica
- m ISPs interconectados

r *protocolos*: controlam o envio e o recebimento de mensagens

- m ex., TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11

r Padrões Internet

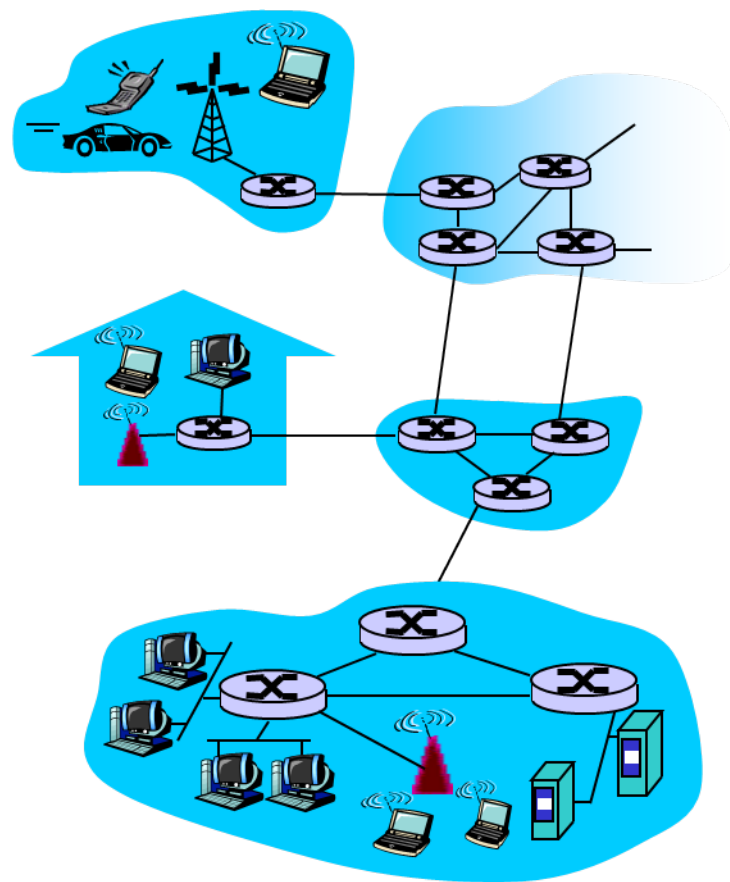
- m RFC: *Request for comments*
- m IETF: *Internet Engineering Task Force*
- m www.ietf.org



RFCs de 1º de Abril

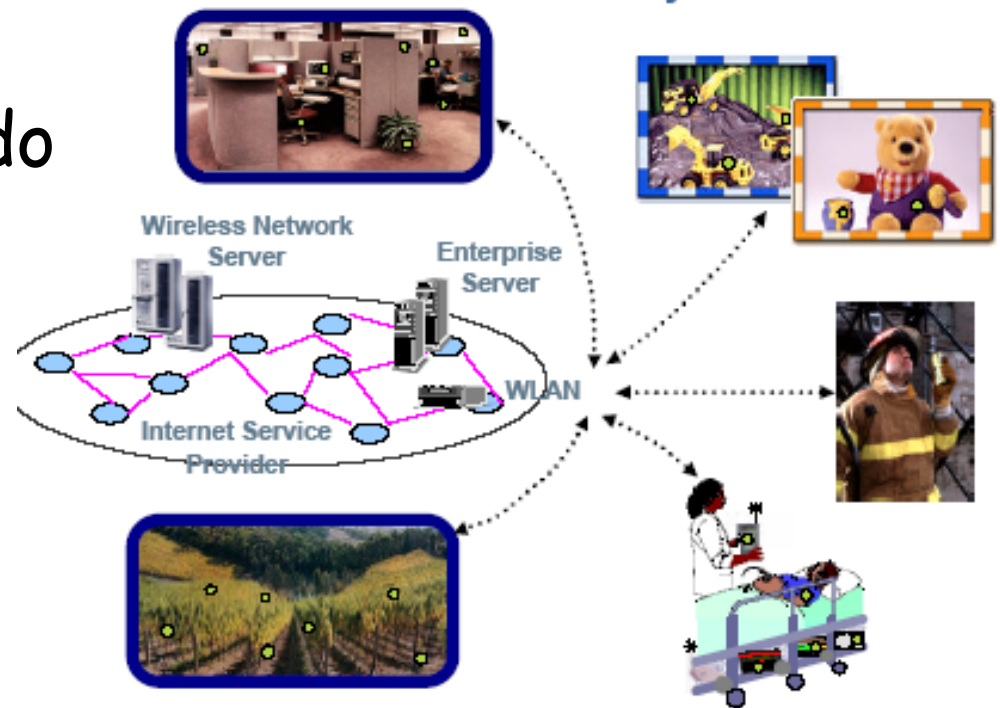
O que é a Internet: visão dos serviços

- r *a infraestrutura de comunicação* permite o uso de aplicações distribuídas:
 - m Web, e-mail, jogos, mensagens instantâneas, voz sobre IP (VoIP), redes sociais , ...
- r *Provê interface de programação para aplicações*
 - m Permitem que programas de aplicações se conectem à Internet
 - m Provê opções de serviço, de forma análoga aos Correios



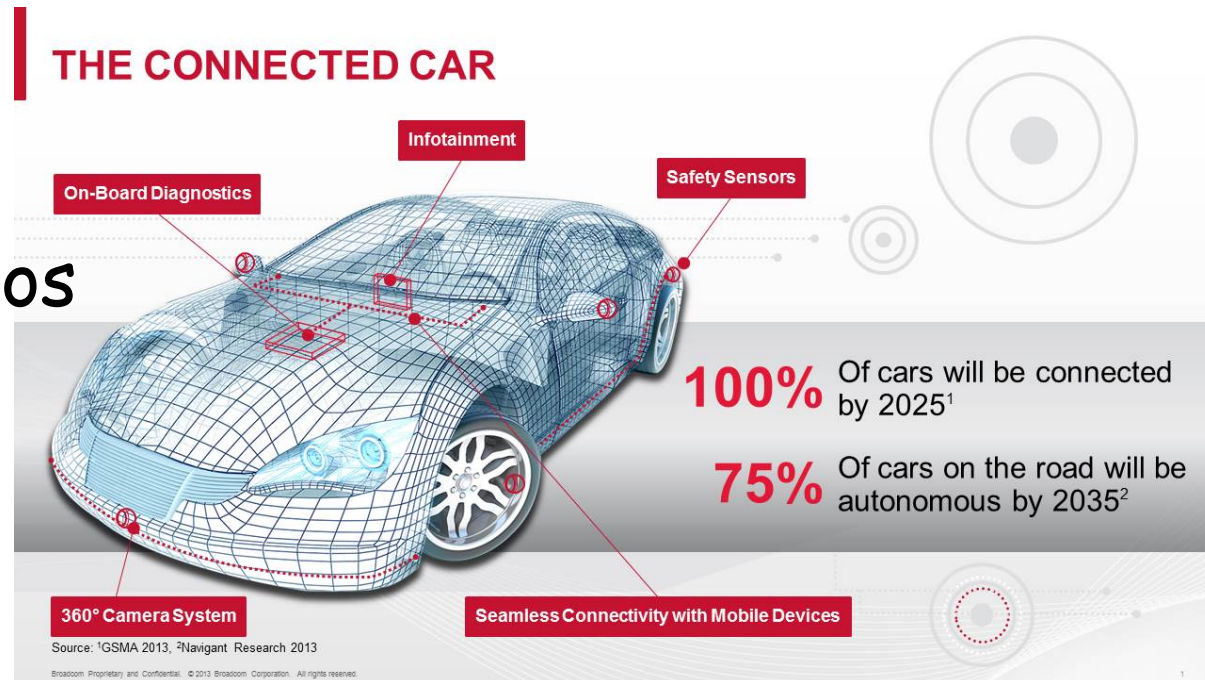
Redes de Sensores e Internet das Coisas (IoT)

- r Comunicação sem fio interconectando dispositivos sensores- atuadores- processadores de baixo custo habilitando sensoriamento e atuação no mundo real



Redes Veiculares

- r Redes Intraveiculares
- r Ethernet em Automóveis
- r V2V e V2I
- r Carros Elétricos
- r IoT



O que é um protocolo?

protocolos humanos:

- r "que horas são?"
 - r "tenho uma dúvida"
 - r apresentações
- ... msgs específicas são enviadas
- ... ações específicas são realizadas quando as msgs são recebidas, ou acontecem outros eventos

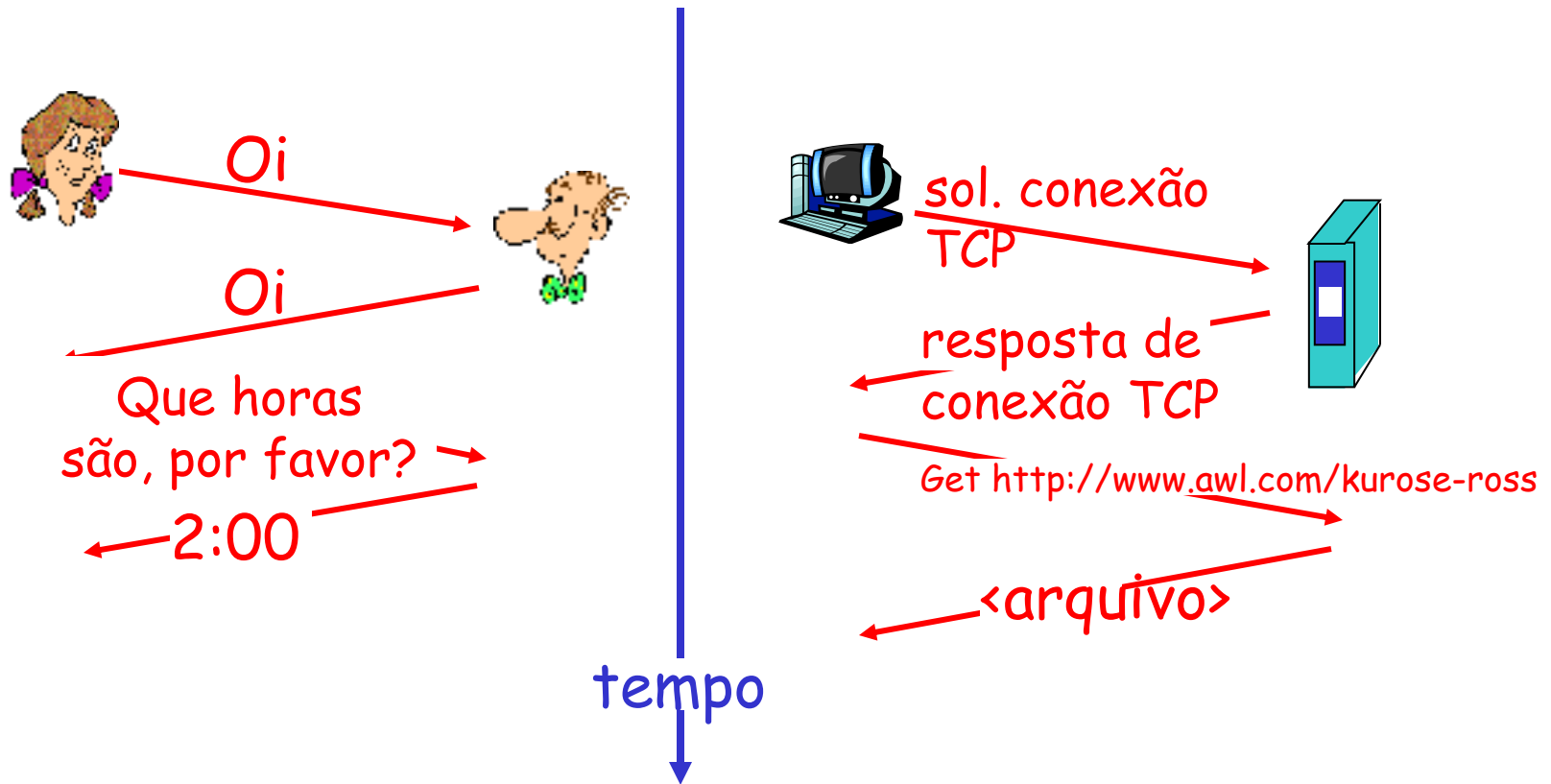
Protocolos de rede:

- r máquinas ao invés de pessoas
- r todas as atividades de comunicação na Internet são governadas por protocolos

protocolos definem o formato, ordem das msgs enviadas e recebidas pelas entidades da rede, e ações tomadas quando da transmissão ou recepção de msgs

O que é um protocolo?

um protocolo humano e um protocolo de rede:



P: Apresente outro protocolo humano!

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

Uma olhada mais de perto na estrutura da rede:

r **Borda da rede:**

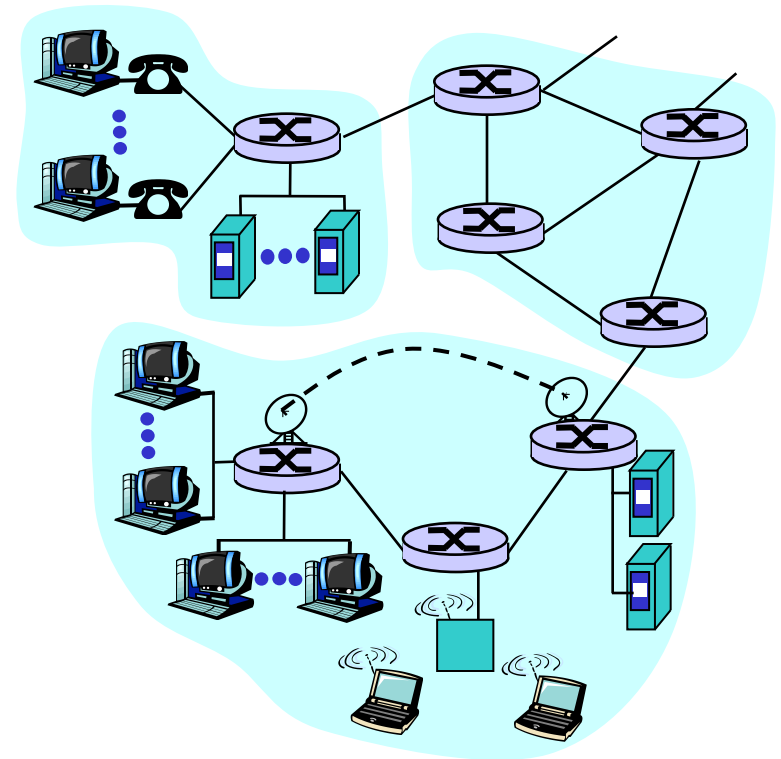
- m hospedeiros (*hosts*)/sistemas finais: clientes e servidores
- m Servidores frequentemente em *Data Centers*

r **redes de acesso, meio físico:**

- m enlaces de comunicação cabeados e sem fio

r **núcleo da rede:**

- m Roteadores interconectados
- m rede de redes



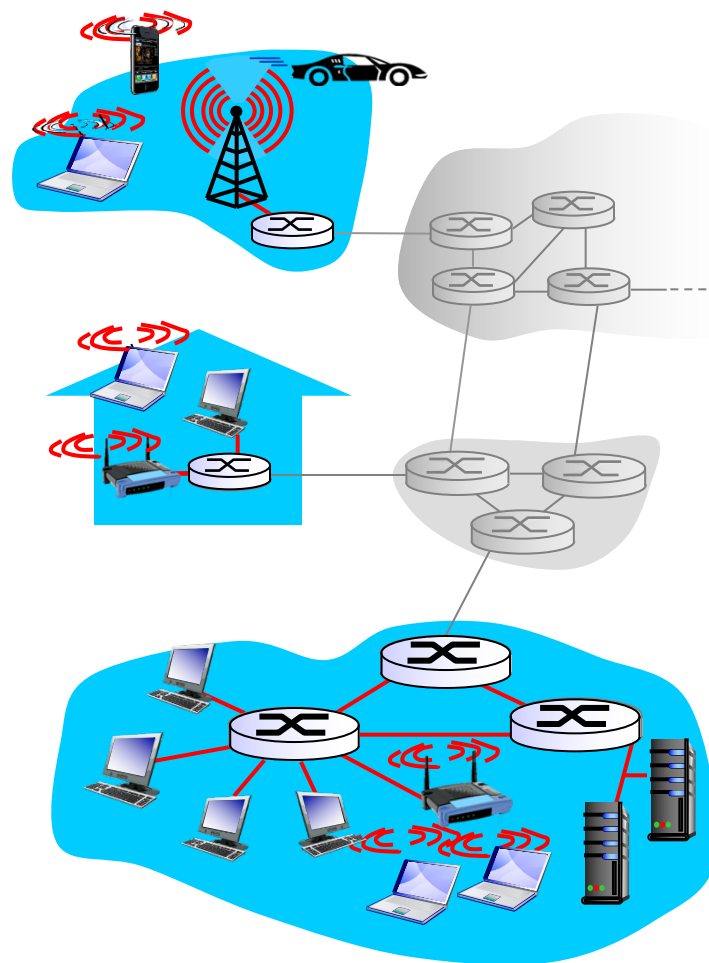
Redes de acesso e meios físicos

P: Como conectar os sistemas finais aos roteadores de borda?

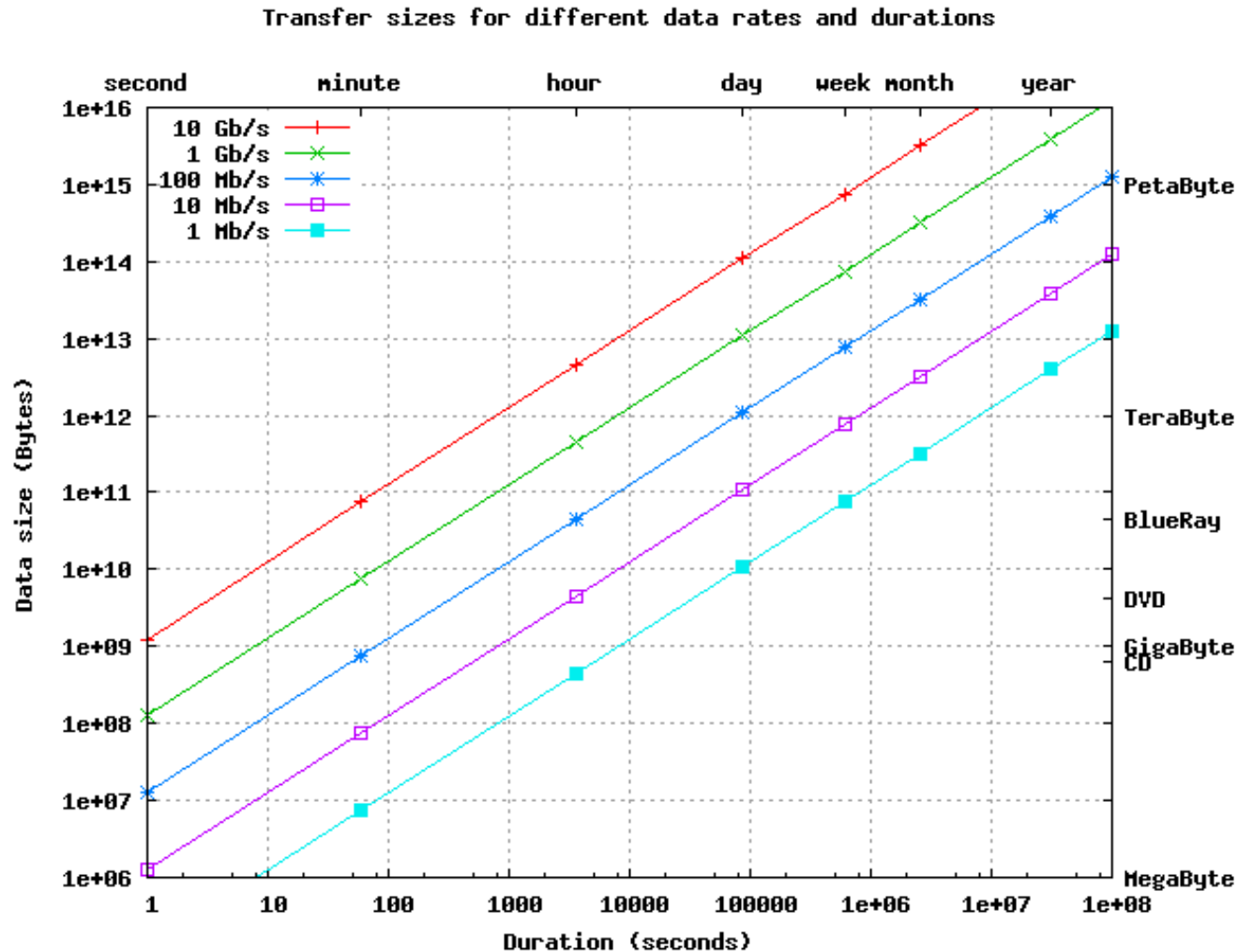
- r redes de acesso residencial
- r redes de acesso corporativo (escola, empresa)
- r redes de acesso sem fio

Questões a serem consideradas:

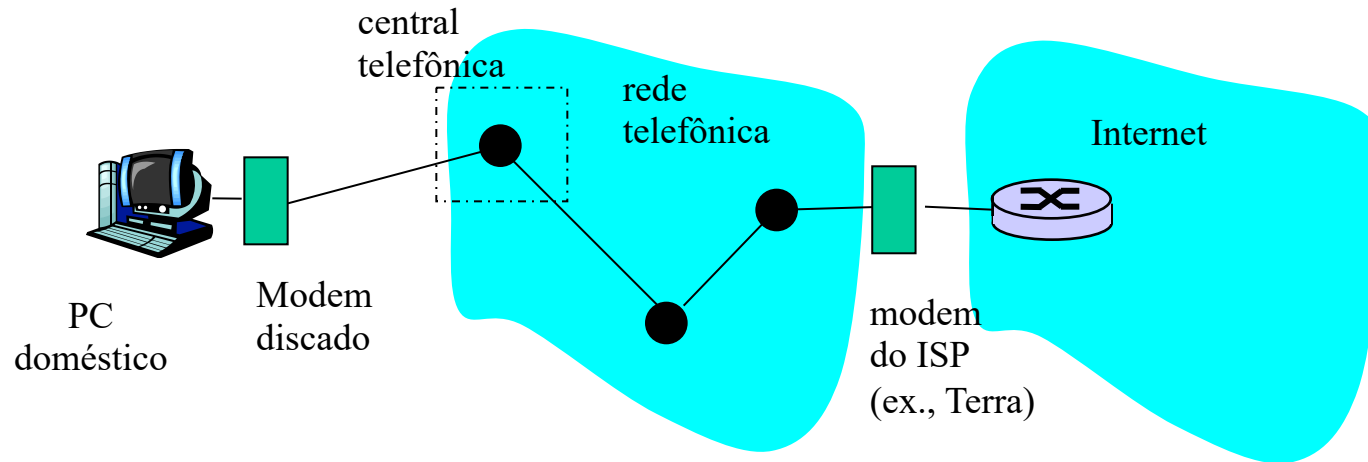
- r largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso.
- r compartilhada ou dedicada?



O quão rápido é rápido?



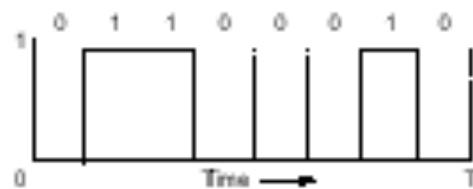
Acesso discado (alguém ainda usa?)



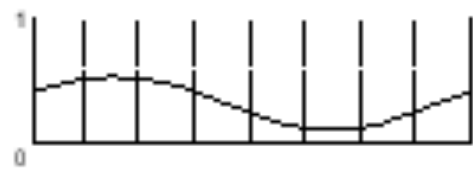
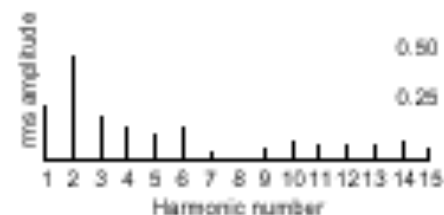
- r Usa a infraestrutura existente de telefonia
 - m Residência está conectada à **central telefônica**
- r Até 56kbps de acesso direto ao roteador (frequentemente menos)
- r Não dá para navegar e usar o telefone ao mesmo tempo: não está **"sempre conectado"**

Decomposição de um sinal binário em suas harmônicas.

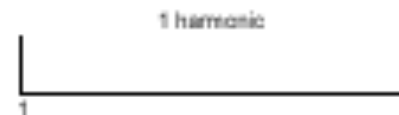
A limitação de
frequência dos canais
de comunicação causam
distorção no sinal
transmitido.



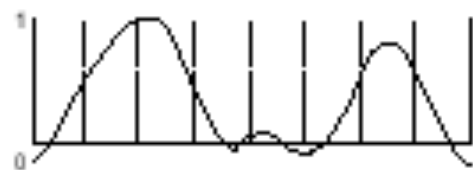
(a)



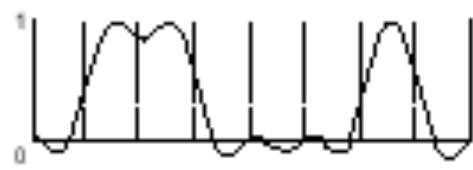
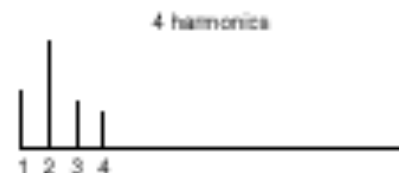
(b)



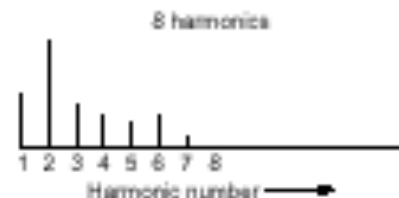
(c)



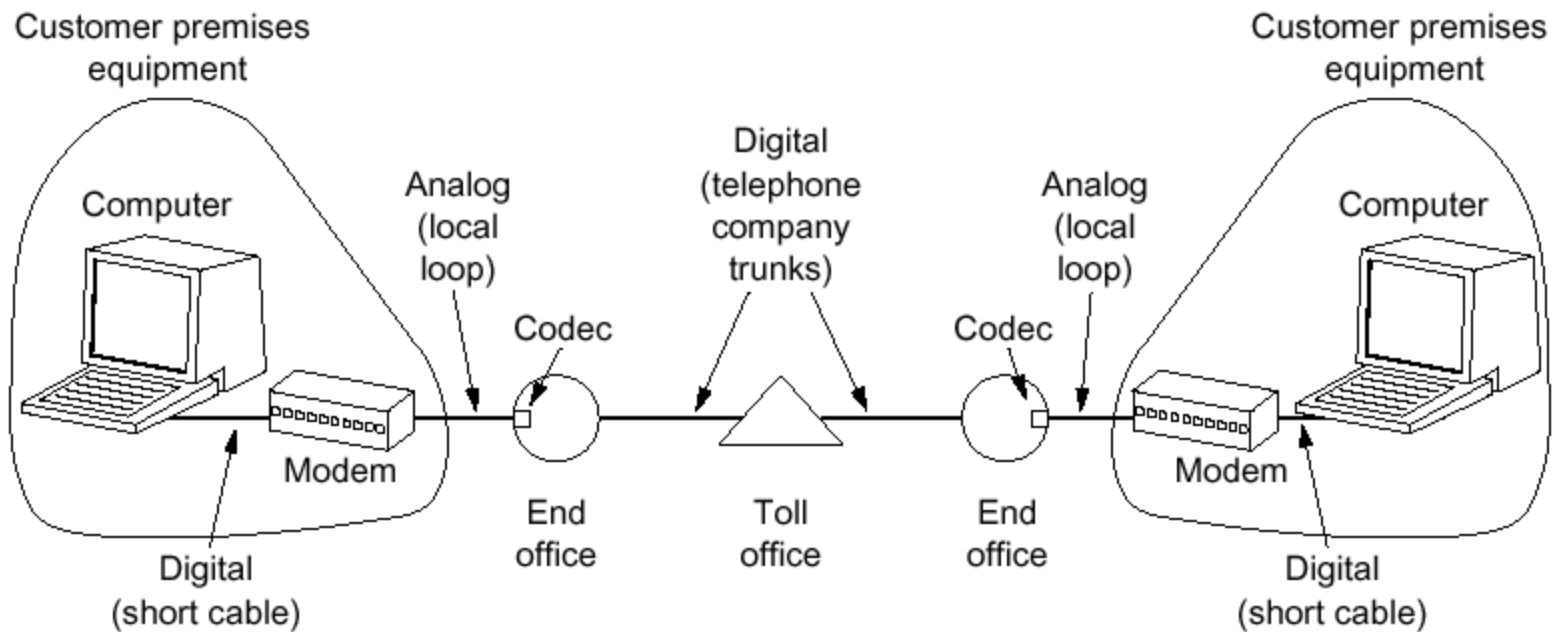
(d)



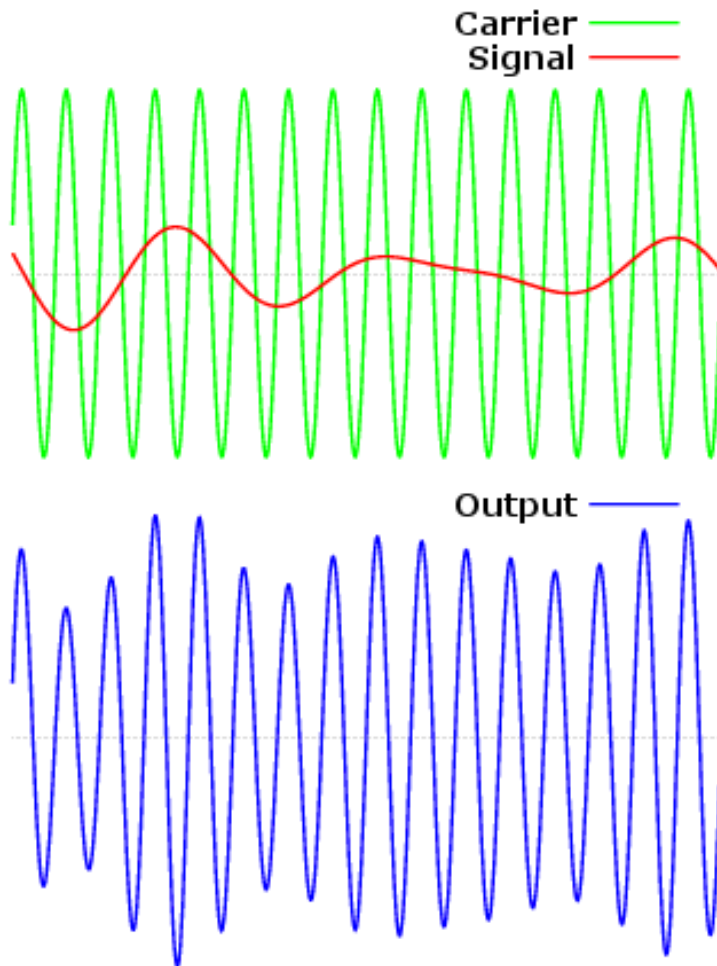
(e)



Modems

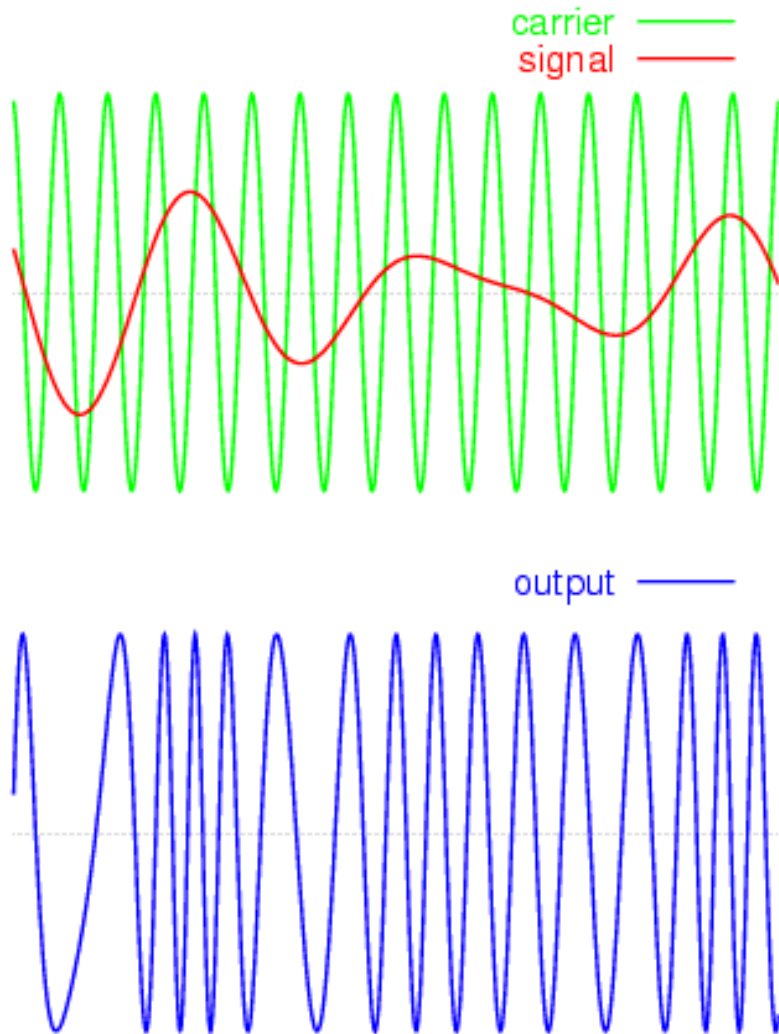


Modulação em Amplitude (AM)



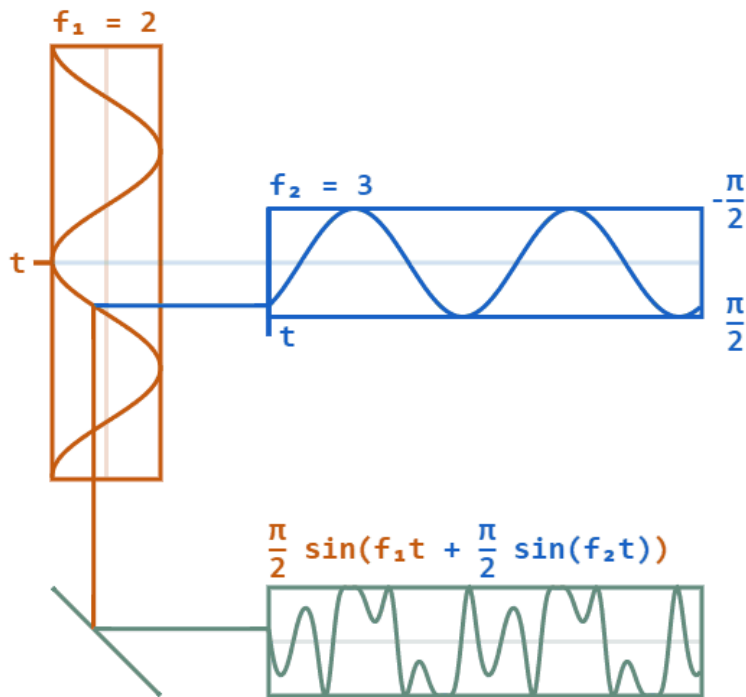
- r O sinal que queremos transmitir, modula (modifica) a amplitude da onda portadora.

Modulação em Frequência (FM)



- r O sinal que queremos transmitir, modula (modifica) a frequência da onda portadora.
- r Melhor imunidade a ruído.

Modulação em Fase (PM)



- r O sinal que queremos transmitir, modula (modifica) a fase da onda portadora.
- r O equipamento receptor é mais complexo (mais caro).

Modulação

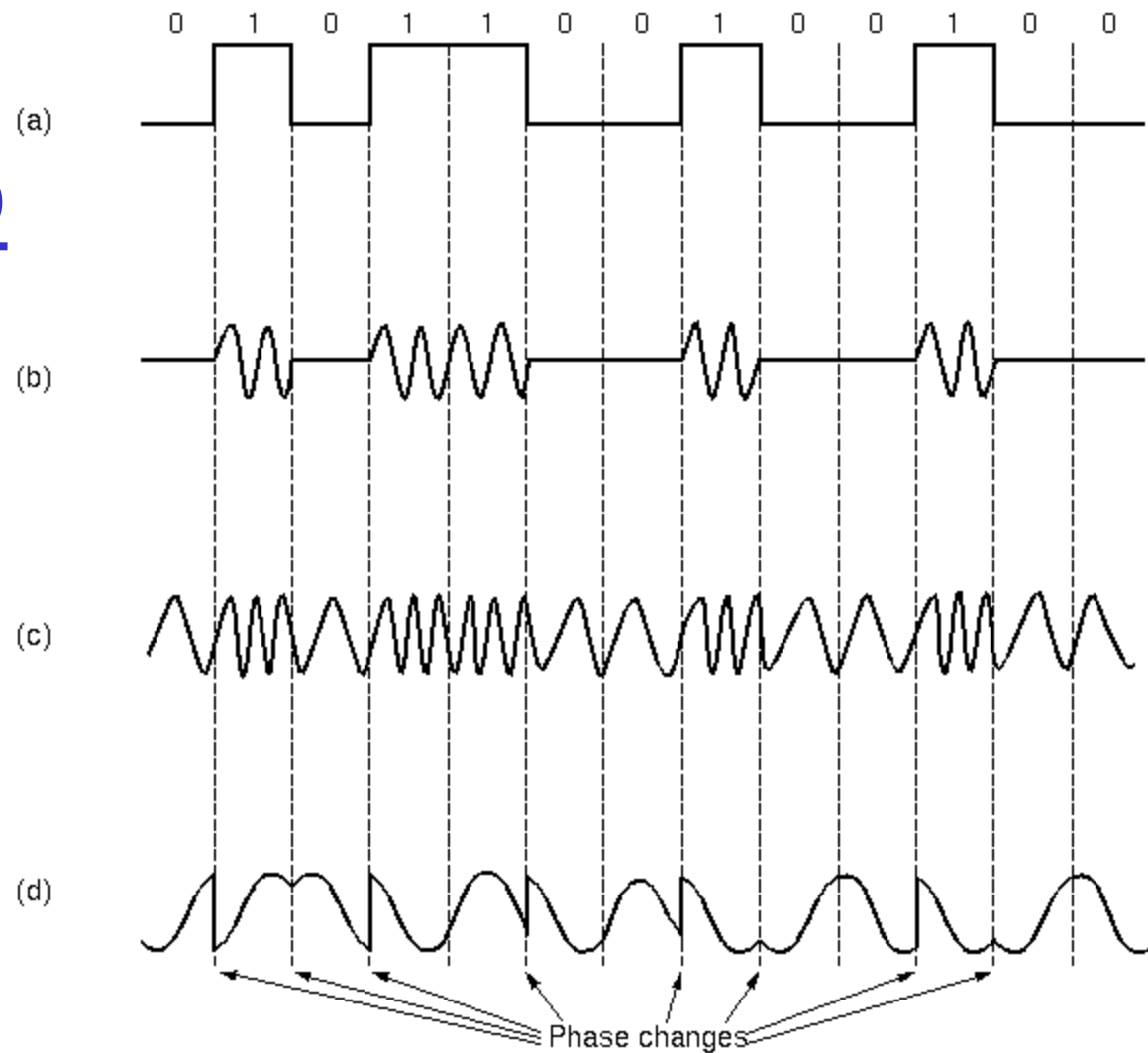
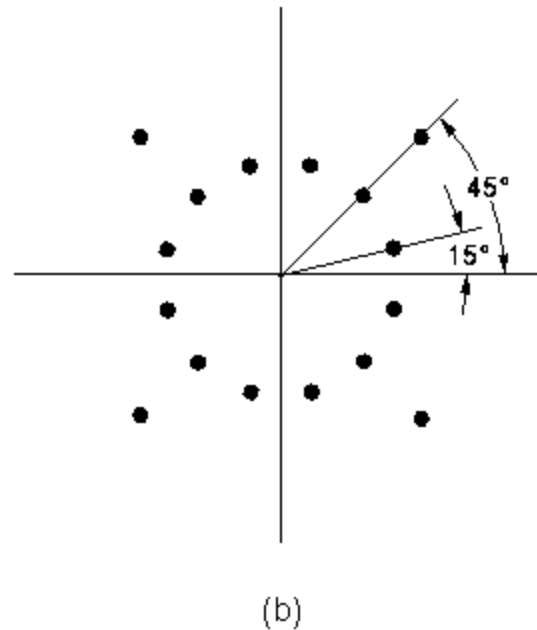
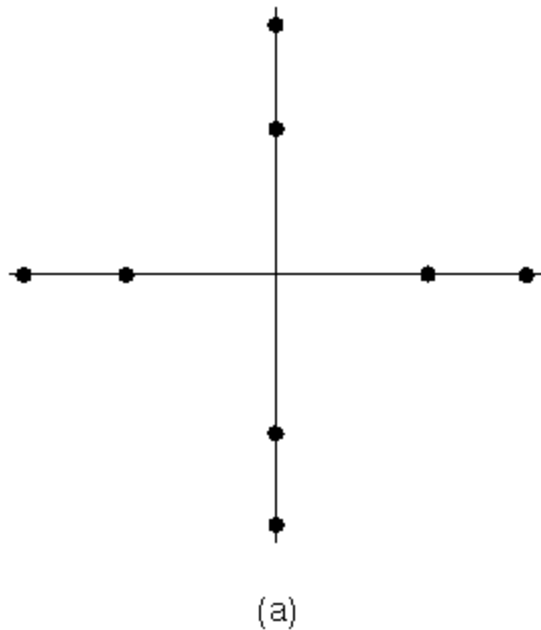


Fig. 2-18. (a) A binary signal. (b) Amplitude modulation. (c) Frequency modulation. (d) Phase modulation.

Modulação

r QAM (Quadrature Amplitude Modulation)



9600 bps

em

2400 bauds

ITU V.32

Fig. 2-19. (a) 3 bits/ baud modulation. (b) 4 bits/ baud modulation.

Modems

m V.32 bis

- 14.400 bps

m V.34

- 28.800 bps (máximo de 33,6 Kbps)

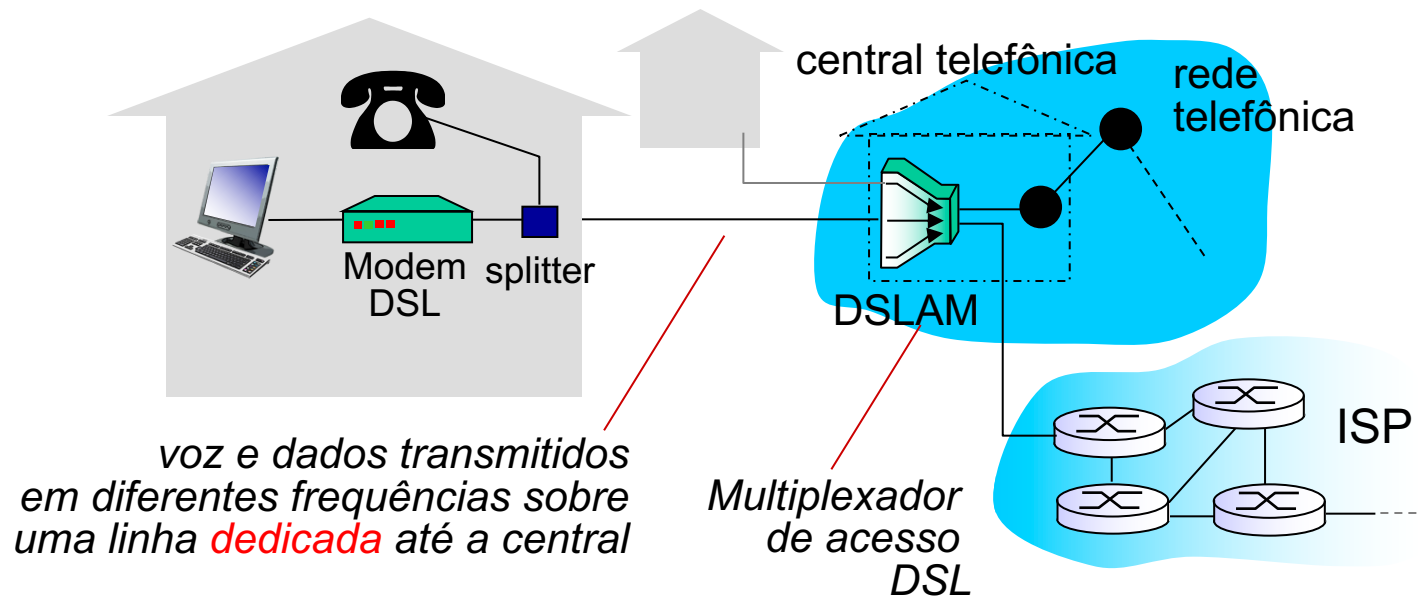
m V.90

- 56 Kbps (*downstream*) e 33,6 Kbps (*upstream*)

m V.92

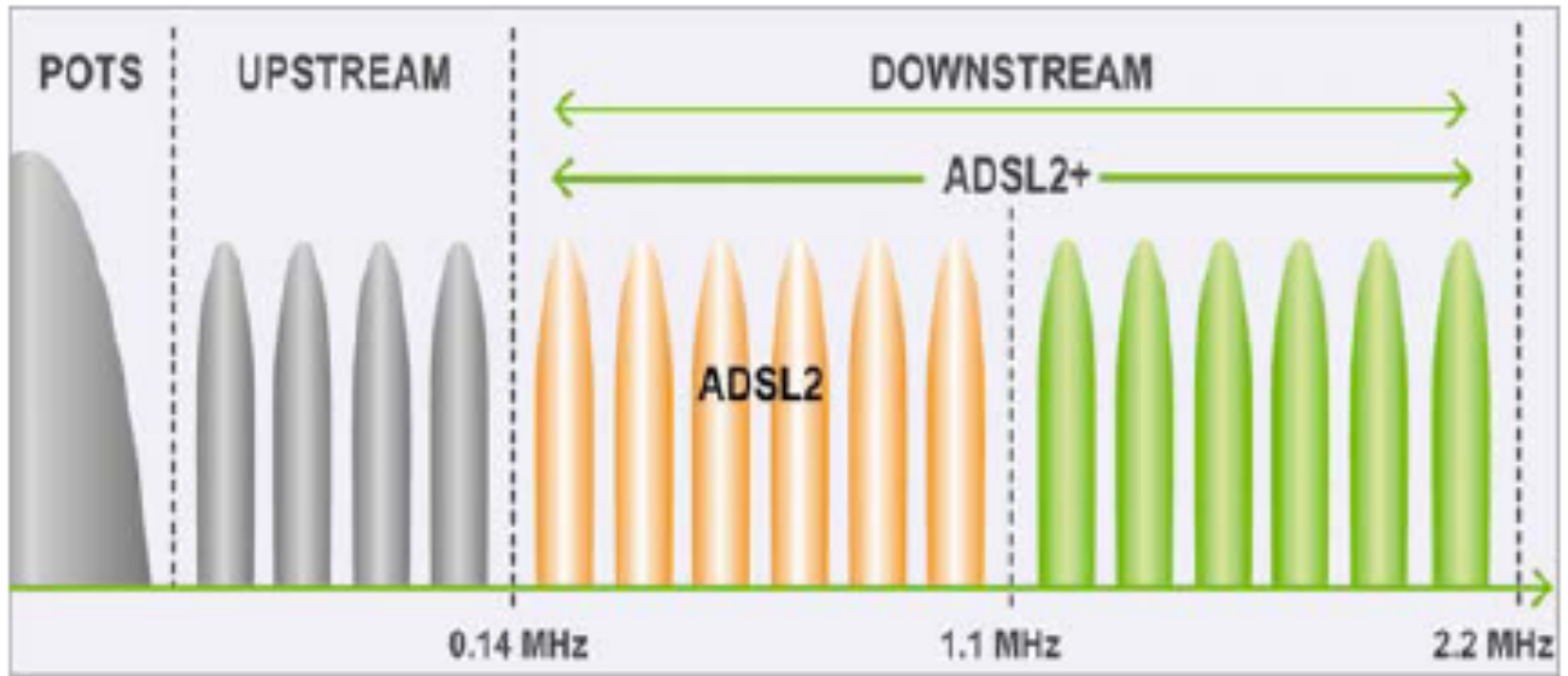
- 56 Kbps (*downstream*) e 48 Kbps (*upstream*)

Rede de acesso: DSL (*Digital Subscriber Line*)

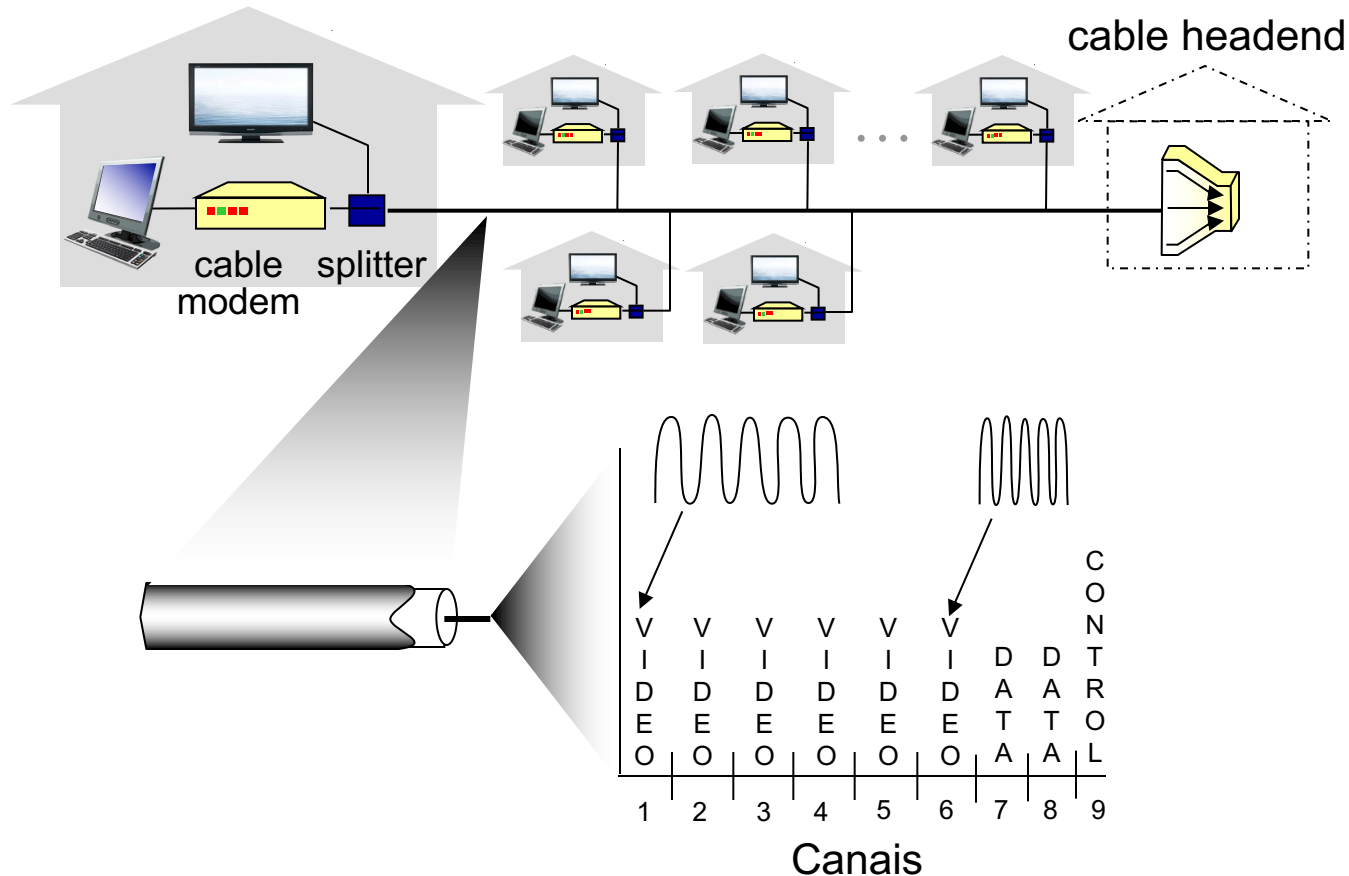


- r usa a linha telefônica **existente** até o DSLAM na central telefônica
 - m dados vão para a Internet através da linha telefônica DSL
 - m voz vão para a rede telefônica através da linha telefônica DSL
- r até 2,5 Mbps de subida (tipicamente < 1 Mbps)
- r até 24 Mbps de descida (tipicamente < 10 Mbps)

ADSL: Espectro de frequências

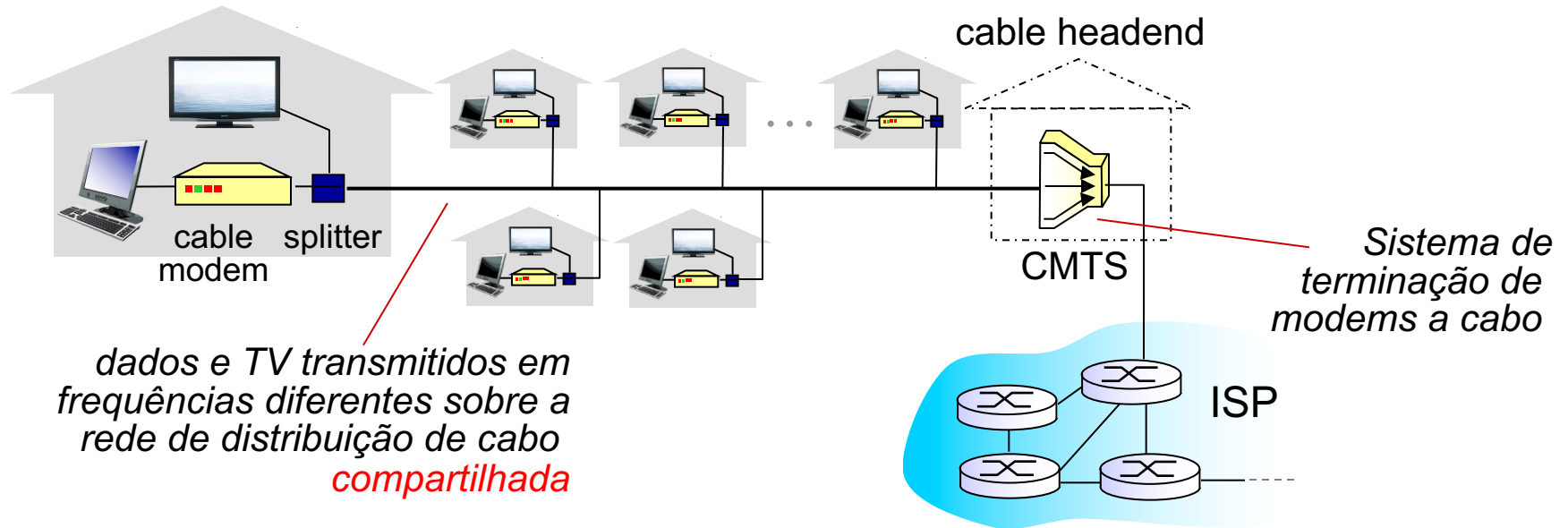


Redes de Acesso: Tv a cabo



multiplexação por divisão de frequência: canais diferentes são transmitidos em diferentes faixas de frequência

Redes de Acesso: Tv a cabo



r HFC: híbrido coaxial/fibra

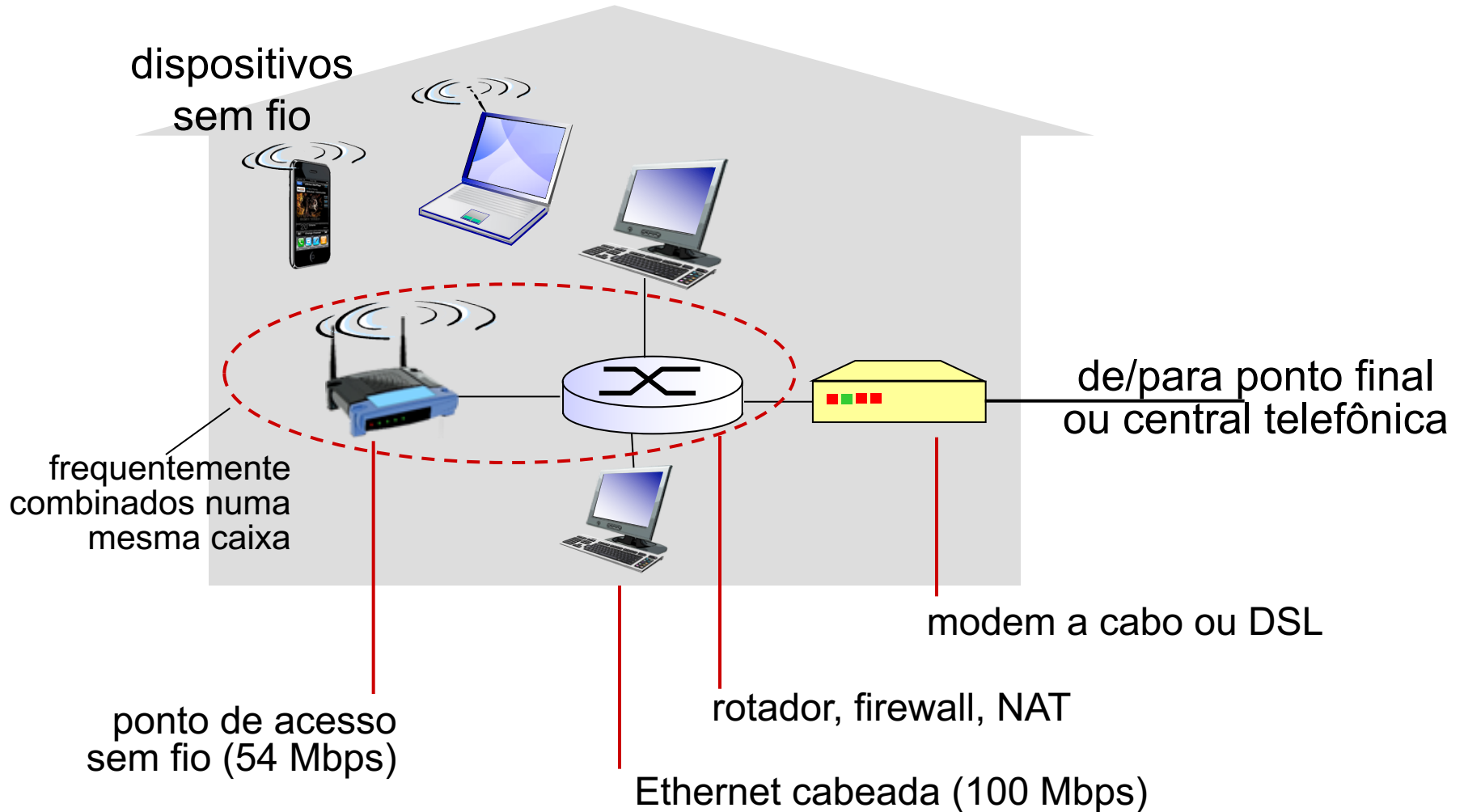
m assimétrico: até 30Mbps descida (*downstream*), 2 Mbps subida (*upstream*).

r rede de cabos e fibra conectam as residências ao roteador do ISP

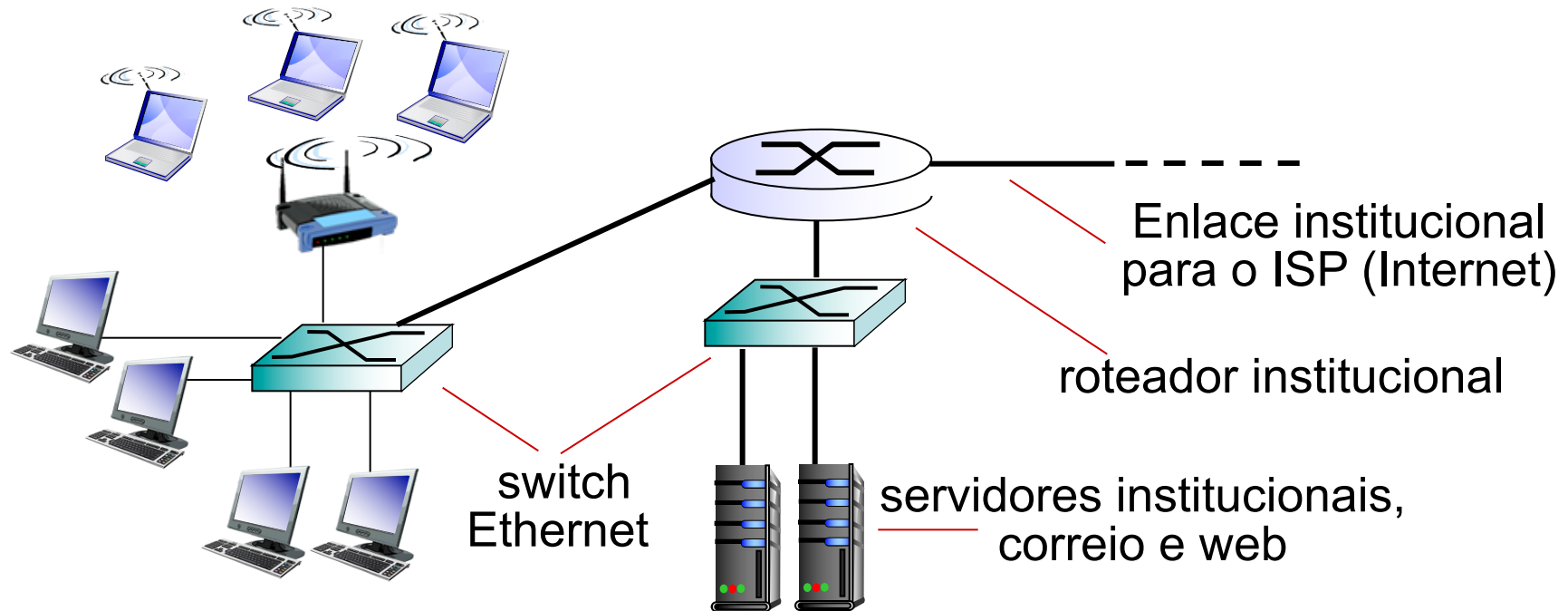
m **acesso compartilhado** das residências ao roteador

m ao contrário do DSL, que tem **acesso dedicado**

Redes de acesso: rede doméstica



Redes de acesso corporativas (Ethernet)



- r Usado tipicamente em empresas, universidades, etc.
- r Ethernet de 10Mbps, 100Mbps, 1Gbps e 10Gbps
- r Hoje tipicamente os sistemas terminais se conectam a switches Ethernet

Redes de acesso sem fio (*wireless*)

- r rede de acesso compartilhado *sem fio* conecta o sistema final ao roteador
 - m Via estação base = “ponto de acesso” sem fio

LANs sem fio:

- dentro de um edifício (200 m)
- 802.11b/g/n/ac (WiFi): taxas de transmissão de 11, 54, 450, 1.300 Mbps



para a Internet

acesso sem fio de longa distância

- provido por uma operadora (celular), 10's km
- entre 1 e 10 Mbps
- 3G, 4G: LTE



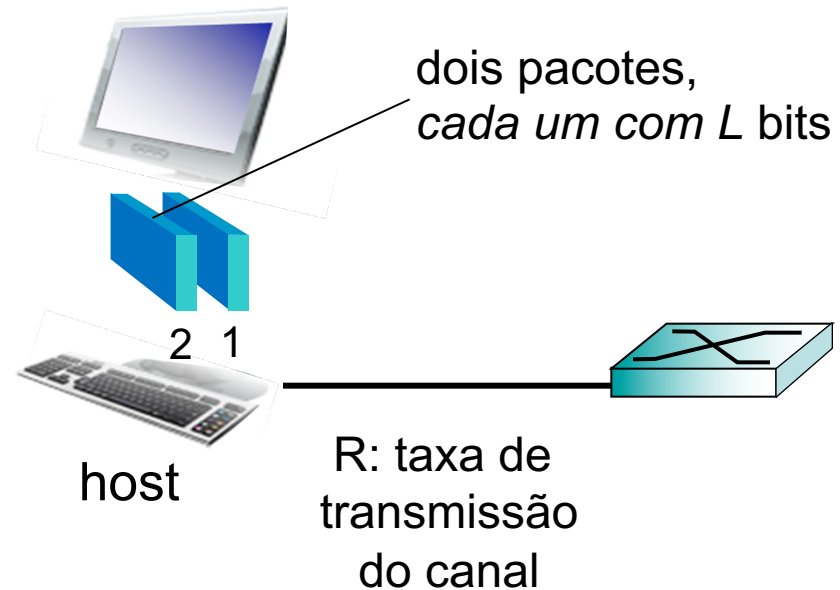
para a Internet

- r *Worldwide Interoperability for Microwave Access*
- r Padrão IEEE 802.16d-2004
 - m Distâncias de 16 km
 - m Taxas de até 75 Mbps
- r Padrão IEEE 802.16e-2005 (WiMax Móvel)
- r Padrão IEEE 802.16m-2011
 - m Distâncias: 3 km, 5-30 km e 30-100 km
 - m Taxas: 100 Mbps (estações móveis), 1 Gbps (fixas)
- r www.wimaxforum.org

Hospedeiro: envia *pacotes* de dados

função de transmissão do hospedeiro:

- r pega msg da aplicação
- r quebra em pequenos pedaços, conhecidos como *pacotes*, com L bits de comprimento
- r transmite o pacote pela rede de acesso a uma *taxa de transmissão* R
 - m taxa de transmissão do canal, ou *capacidade* do canal, ou *largura de banda do canal*



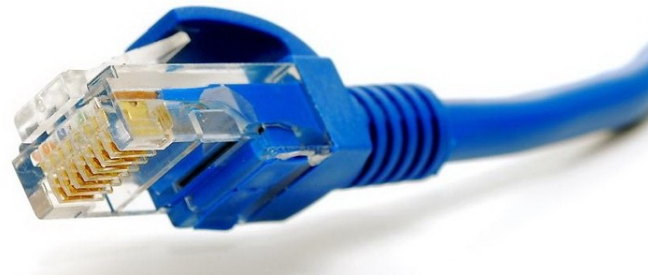
$$\begin{array}{l} \text{atraso de} \\ \text{transmissão} \\ \text{do pacote} \end{array} = \begin{array}{l} \text{tempo necessário} \\ \text{para transmitir um} \\ \text{pacote de } L \text{ bits} \\ \text{no canal} \end{array} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

Meios Físicos

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

par trançado (TP - *Twisted Pair*)

- r dois fios de cobre isolados
 - m Categoria 5: 100Mbps e 1 Gbps Ethernet
 - m Categoria 6: 10 Gbps
 - m Categoria 8: 40 Gbps



Meios físicos: cabo coaxial, fibra

Cabo coaxial:

- r fio (transporta o sinal) dentro de outro fio (blindagem)
- r bidirecional
- r banda larga (*broadband*):
 - m múltiplos canais num cabo
 - m HFC

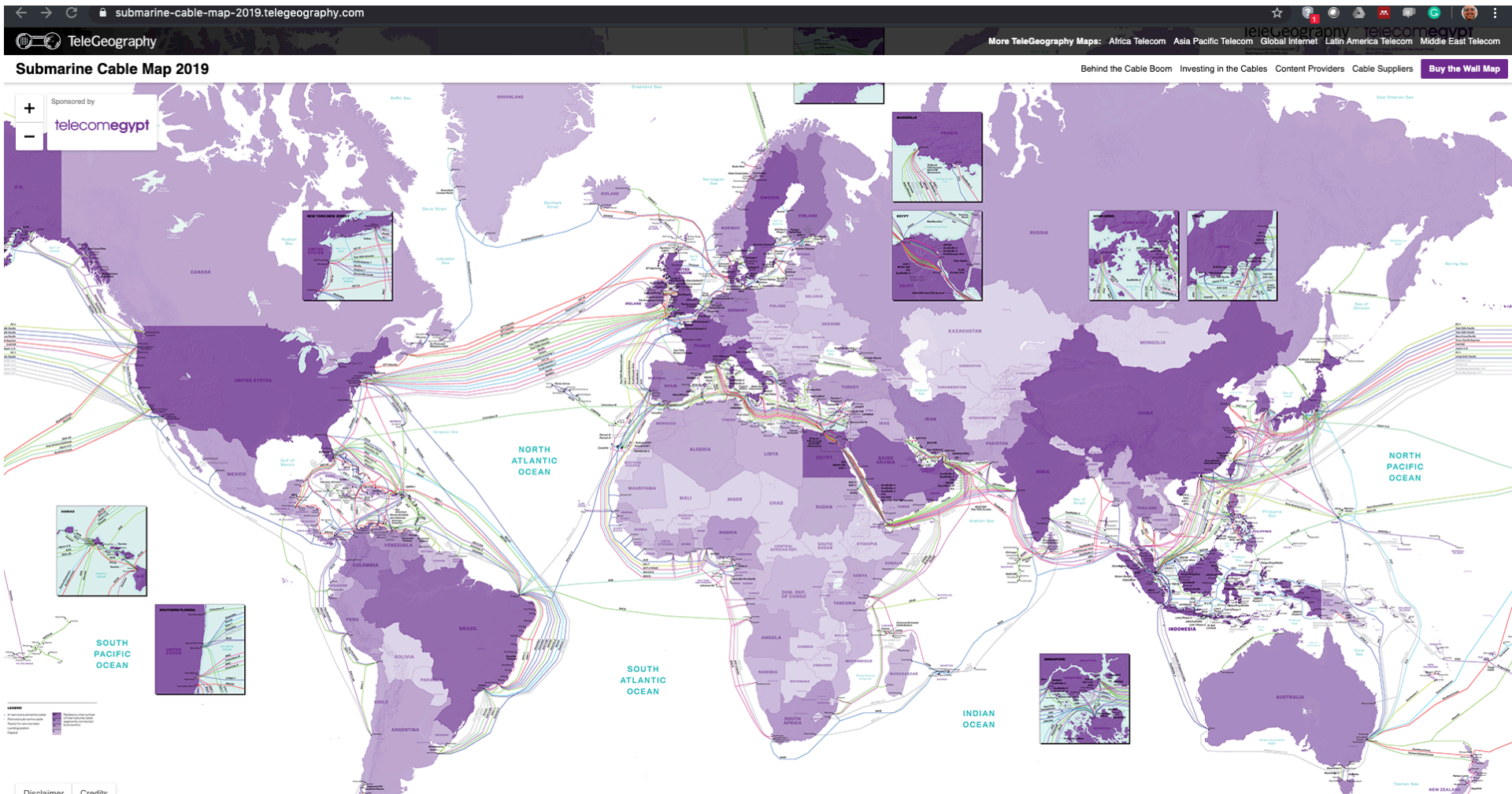


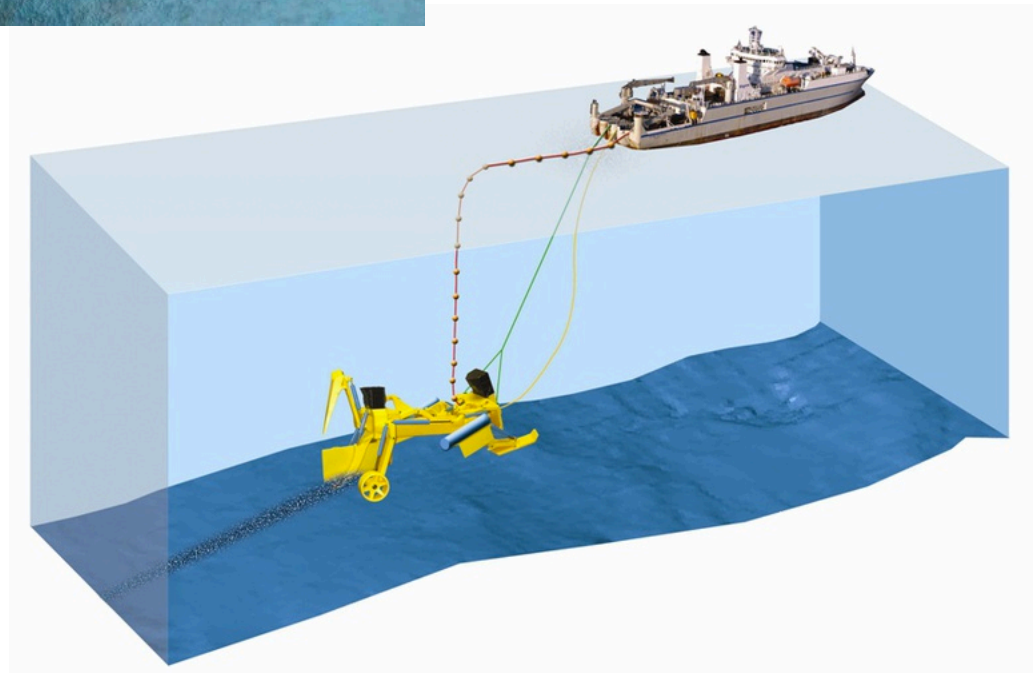
Cabo de fibra óptica:

- r fibra de vidro transporta pulsos de luz
- r opera em alta velocidade:
 - m transmissão ponto a ponto de alta velocidade (ex., 10' s a 100' s Gbps)
- r baixa taxa de erros:
 - r repetidores mais afastados;
 - r imune a ruído eletromagnético



Cabos Submarinos

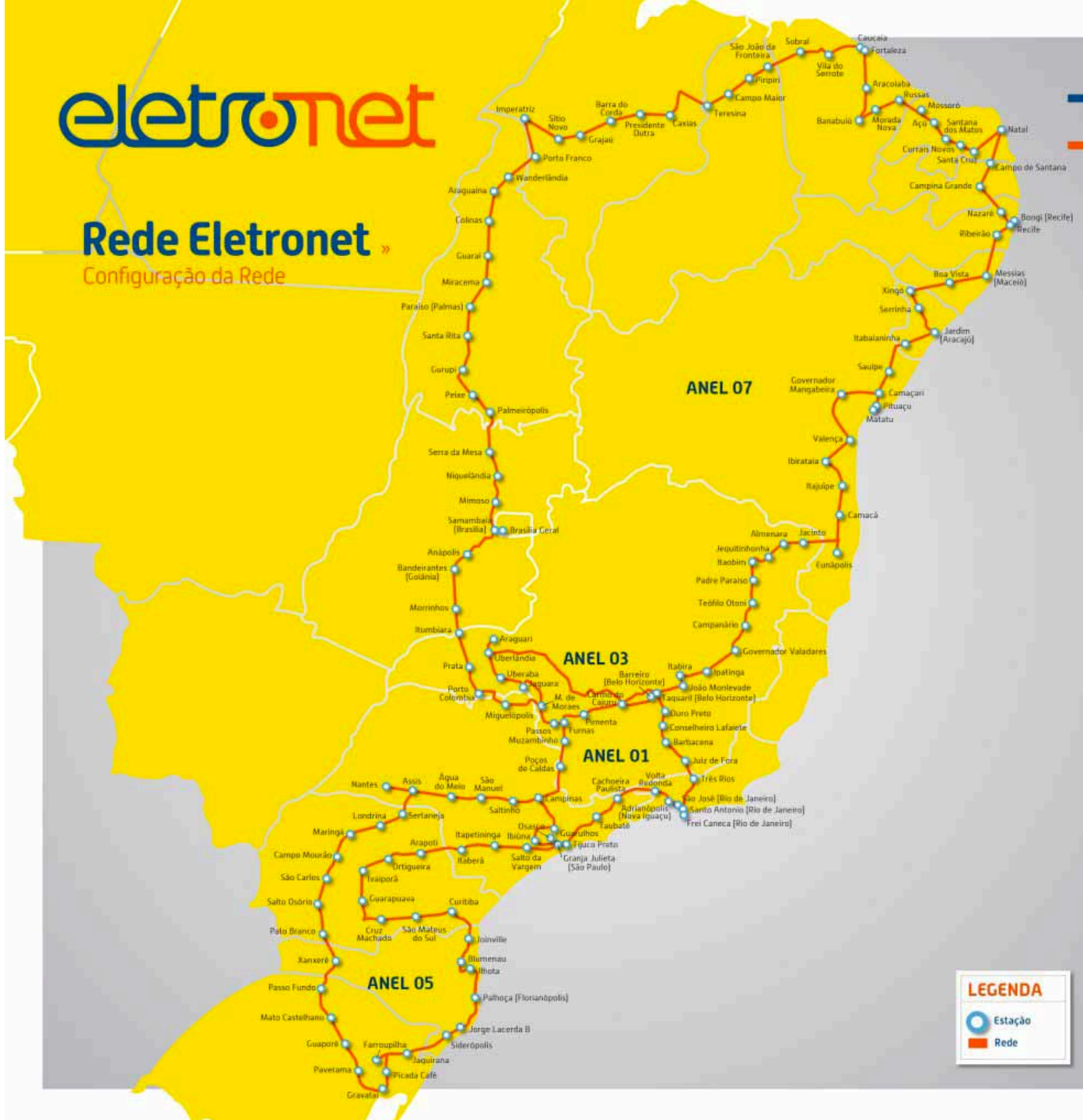




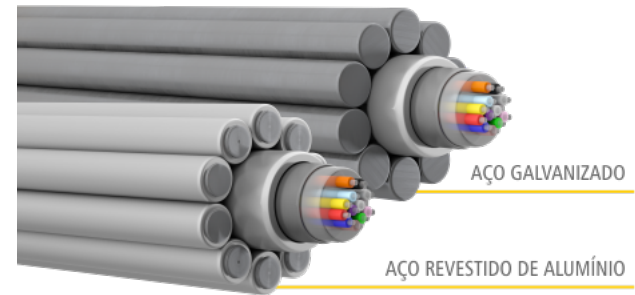
eletroNet

Rede Eletronet »

Configuração da Rede



Cabos OPGW



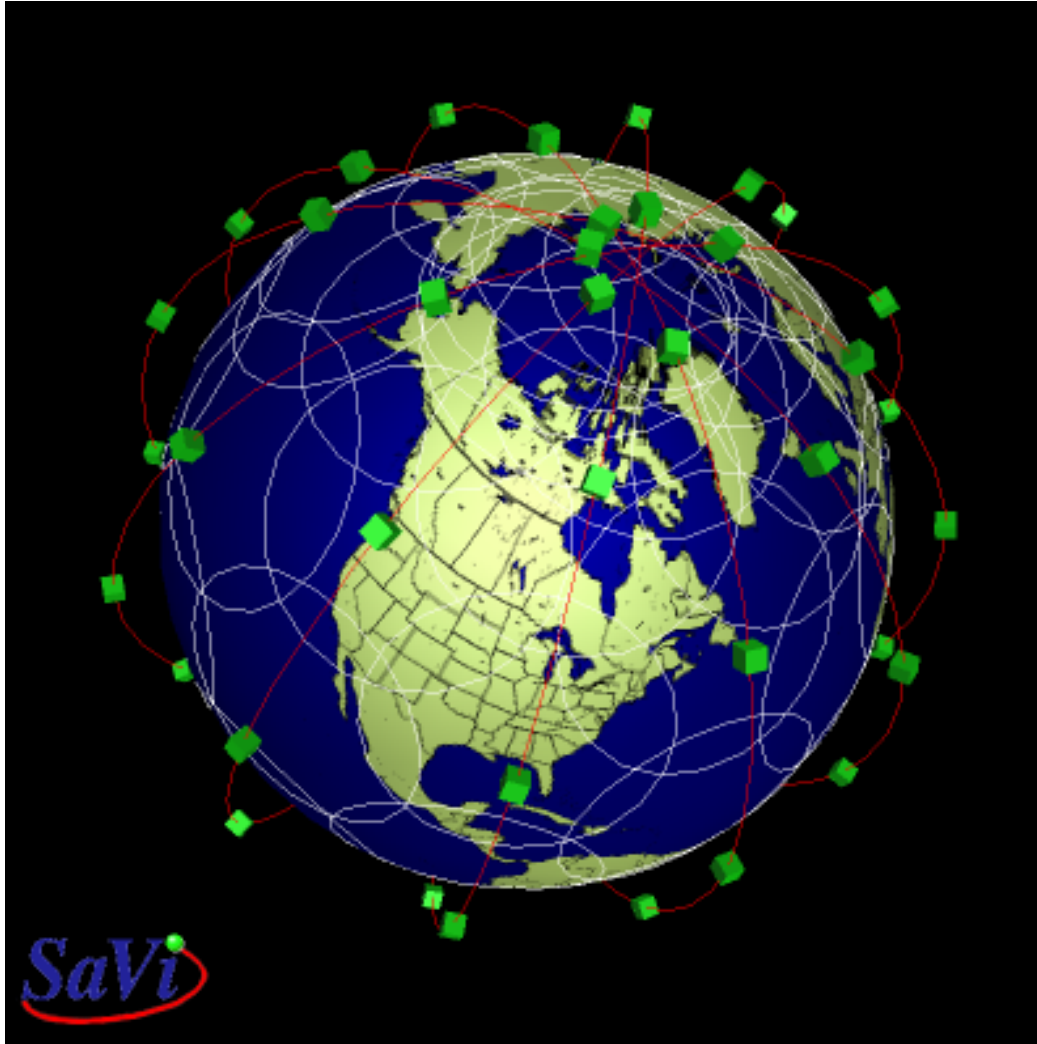
Meios físicos: rádio

- r sinal transportado em ondas eletromagnéticas
- r não há "fio" físico
- r bidirecional
- r efeitos do ambiente de propagação:
 - m reflexão
 - m obstrução por objetos
 - m interferência

Tipos de enlaces de rádio:

- r **microondas**
 - m ex.: canais de até 45 Mbps
- r **LAN** (ex., Wifi)
 - m 11Mbps, 54 Mbps, ...
- r **longa distância** (ex., celular)
 - m ex. 3G, ~ 1 Mbps
- r **satélite**
 - m canal de até 50Mbps (ou múltiplos canais menores)
 - m atraso de propagação de 270 msec (fim-a-fim)
 - m geoestacionários versus de baixa altitude (LEOS)

Meios Físicos: Satélites de Baixa Órbita - Iridium



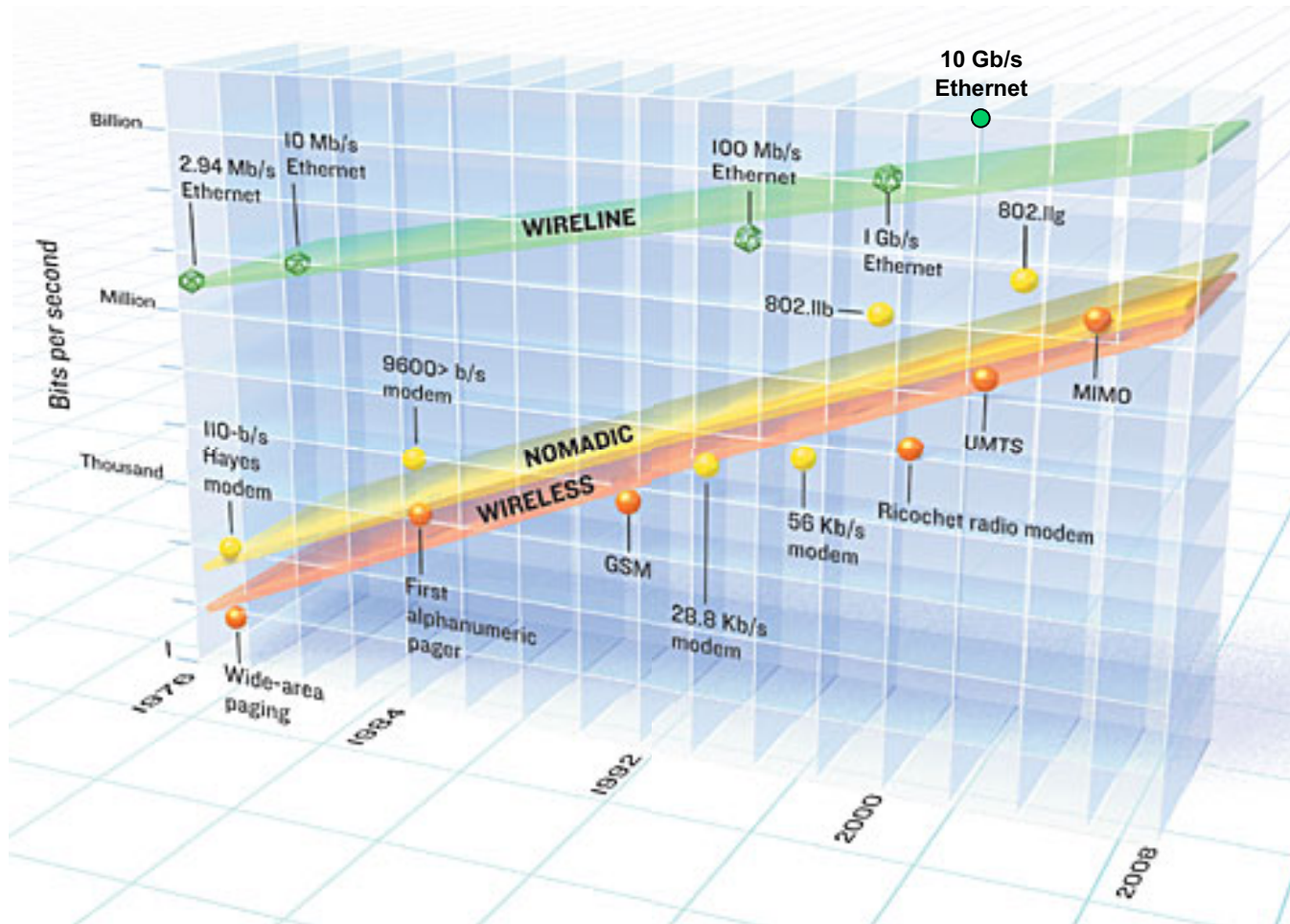
- r Projeto original:
 - m 77 satélites
 - m No. atômico do Irídio
- r Projeto implementado:
 - m 66 satélites
 - m No. atômico do **Disprósio!!!**

Fogueira espacial



- r **VEJA**
29/3/2000:
- r Motorola decide destruir os 66 satélites do Iridium queimando-os na atmosfera terrestre
- r **Quem salvou o Iridium?**

Lei da Largura de Banda de Edholm



Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

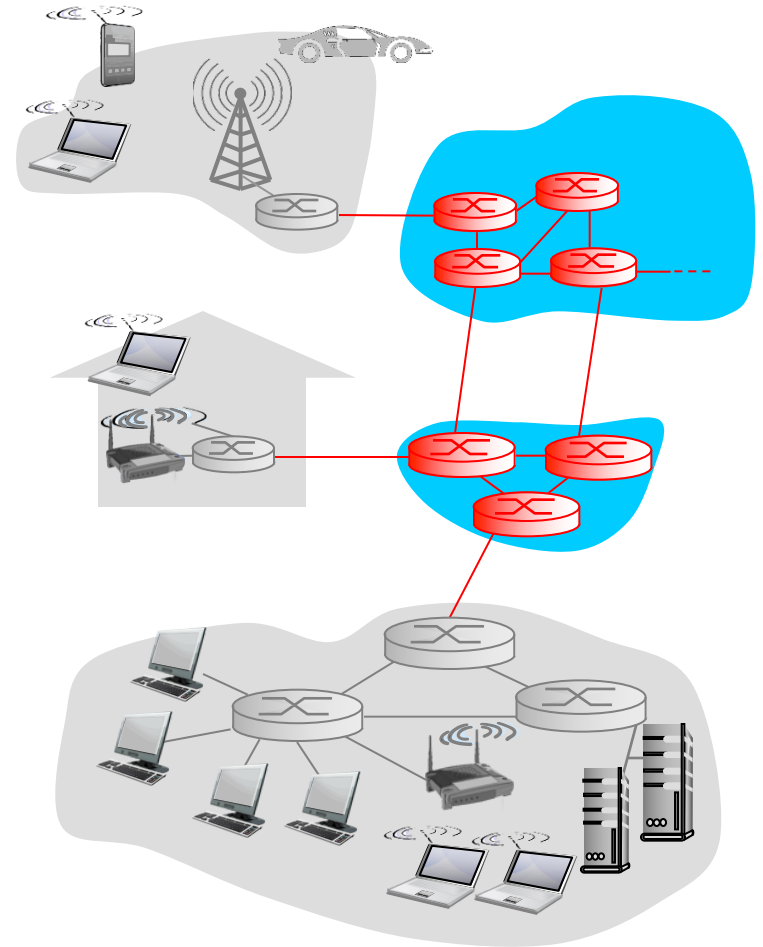
1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

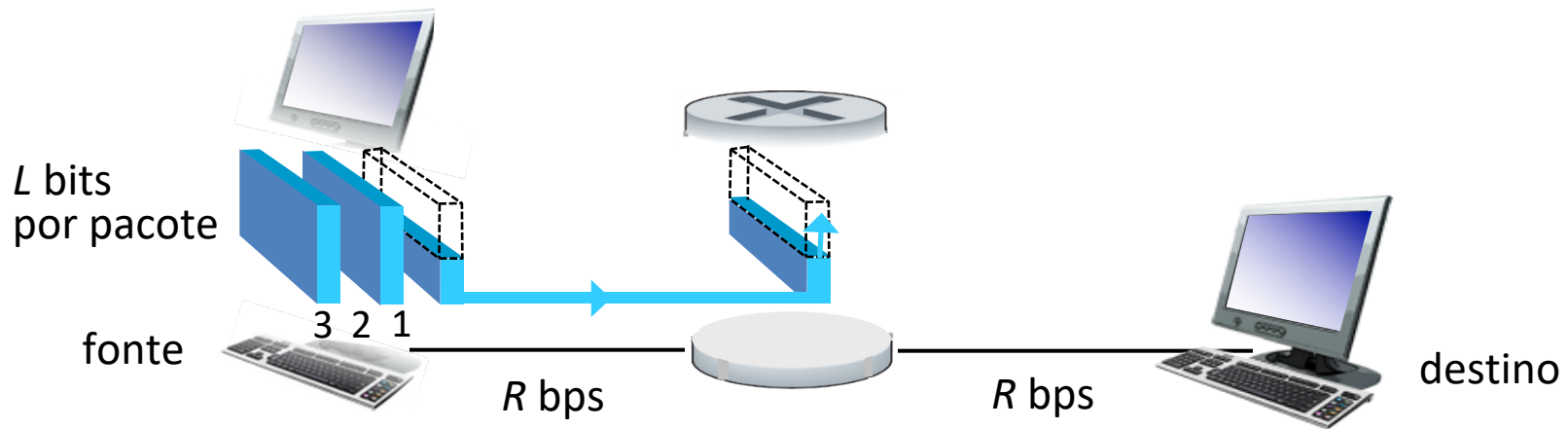
1.7 História das redes de computadores e da Internet

O Núcleo da Rede

- r Malha de roteadores interconectados
- r **comutação de pacotes:** hospedeiros quebram mensagens da camada de aplicação em *pacotes*
 - m Repassa os pacotes de um roteador para o próximo, através de enlaces no caminho da origem até o destino
 - m cada pacote é transmitido na capacidade máxima do enlace.



Comutação de pacotes: armazena e repassa



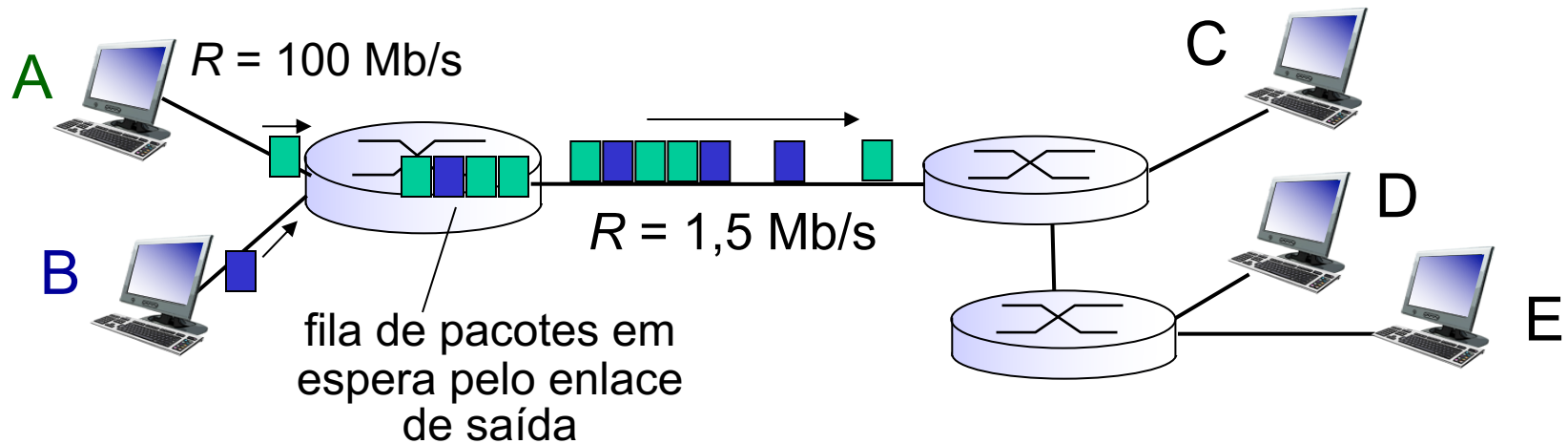
- leva L/R seg para transmitir (botar para fora) um pacote de L -bits num enlace a R bps
- *armazena e repassa*: todo o pacote deve chegar ao roteador antes que possa ser transmitido no próximo enlace
- ❖ atraso fim-a-fim = $2L/R$ (desprezando o atraso de propagação)

exemplo numérico para um salto/etapa:

- $L = 7,5$ Mbits
- $R = 1,5$ Mbps
- atraso de transmissão em um salto = 5 seg

} mais sobre atrasos em breve...

Comutação de pacotes: atraso de enfileiramento, perdas



enfileiramento e perdas:

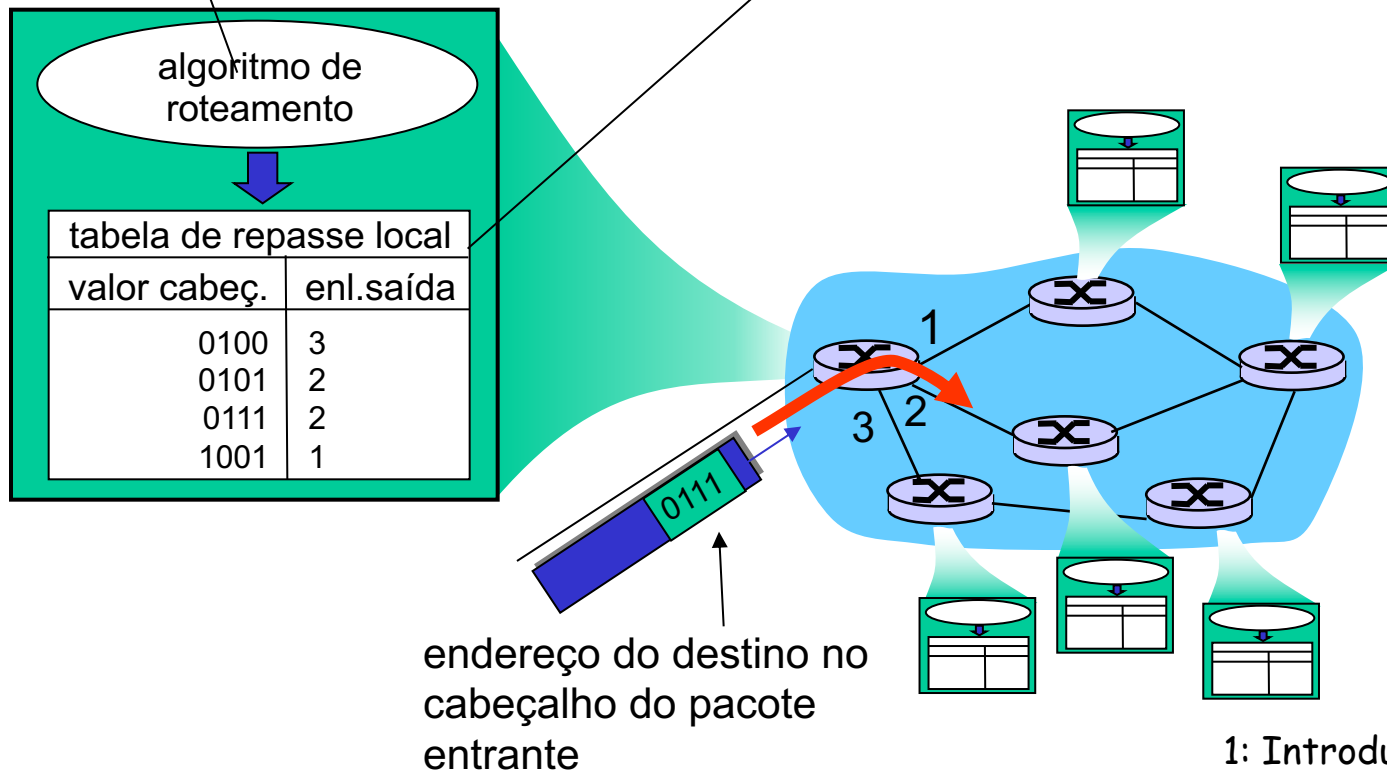
- ❖ Se a taxa de chegadas (em bits) no enlace exceder a taxa de transmissão do canal num certo intervalo de tempo:
 - pacotes irão enfileirar, esperar para serem transmitidos no enlace
 - pacotes poderão ser descartados (perdidos) se a memória (buffer) encher

Duas funções chave do núcleo da rede

roteamento: determina a rota origem-destino tomada pelos pacotes

- *algoritmos de roteamento*

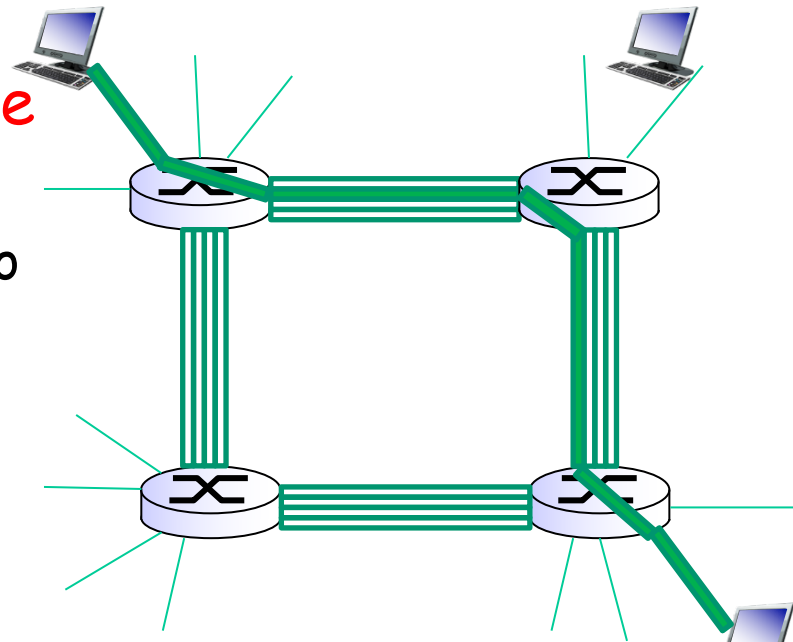
repasse: move pacotes da entrada do roteador para a saída apropriada do roteador



Alternativa: comutação de circuitos

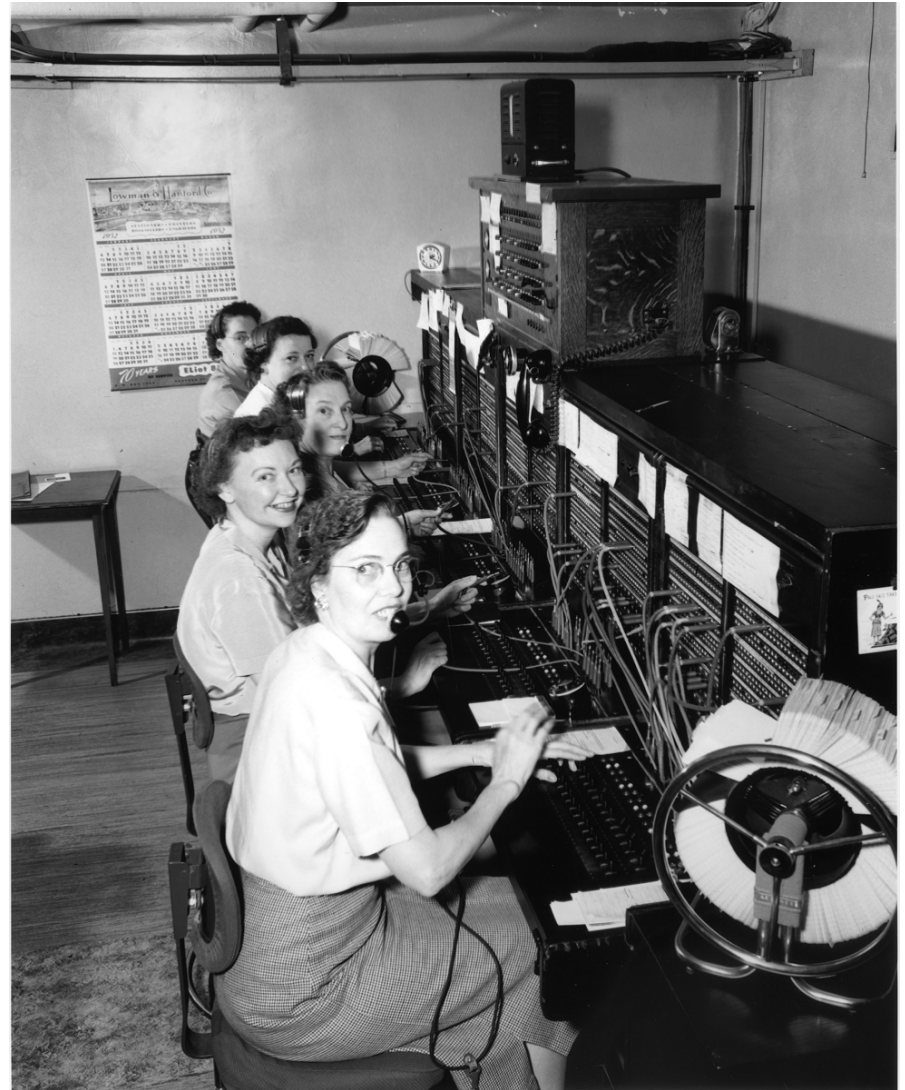
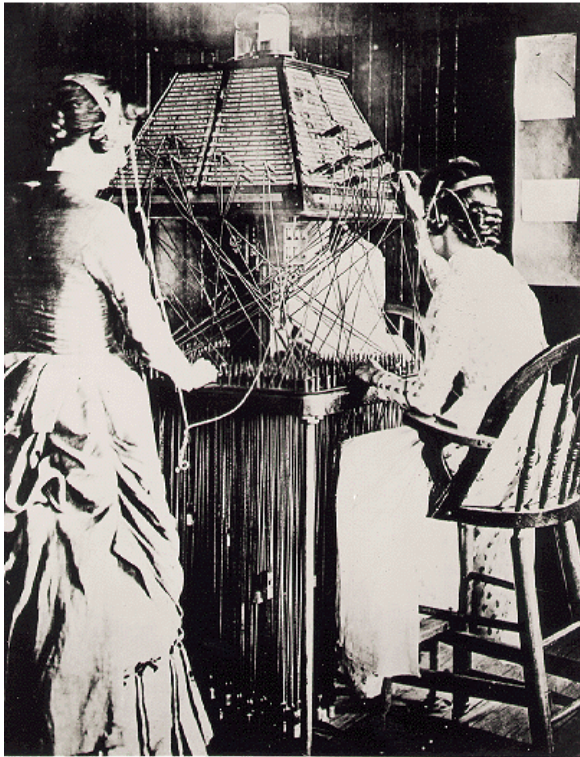
recursos fim-a-fim alocados/
reservados para "chamada" entre
origem-destino:

- r No diagrama, cada enlace possui quatro circuitos.
 - m chamada recebe o 2º circuito no enlace superior e o 1º circuito no enlace da direita
- r recursos dedicados: sem compartilhamento
 - m desempenho tipo circuito (garantido)
- r segmento do circuito fica ocioso se não for utilizado pela chamada (*sem compartilhamento*)
- r Usado normalmente na rede telefônica tradicional



Núcleo da Rede: Comutação de Circuitos

From Computer Desktop Encyclopedia
Reproduced with permission.
© 1996 AT&T



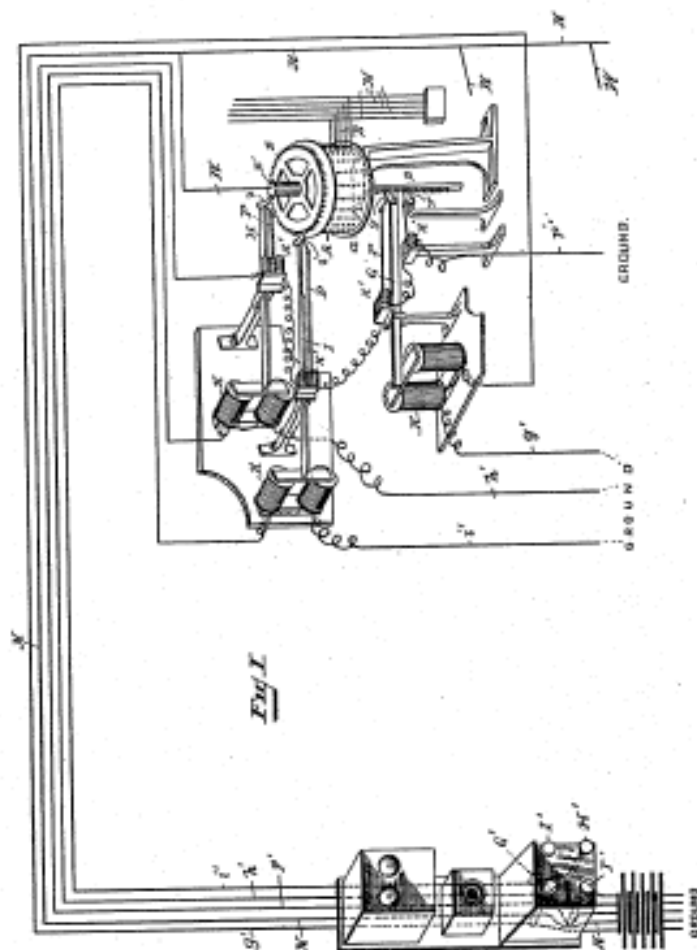
(No Model.)

3 Sheets—Sheet 1.

A. B. STROWGER.
AUTOMATIC TELEPHONE EXCHANGE.

No. 447,918.

Patented Mar. 10, 1891.



Witnesses:

R. B. Balchison,
Ch. W. Strowger.

Inventor:

Almon B. Strowger

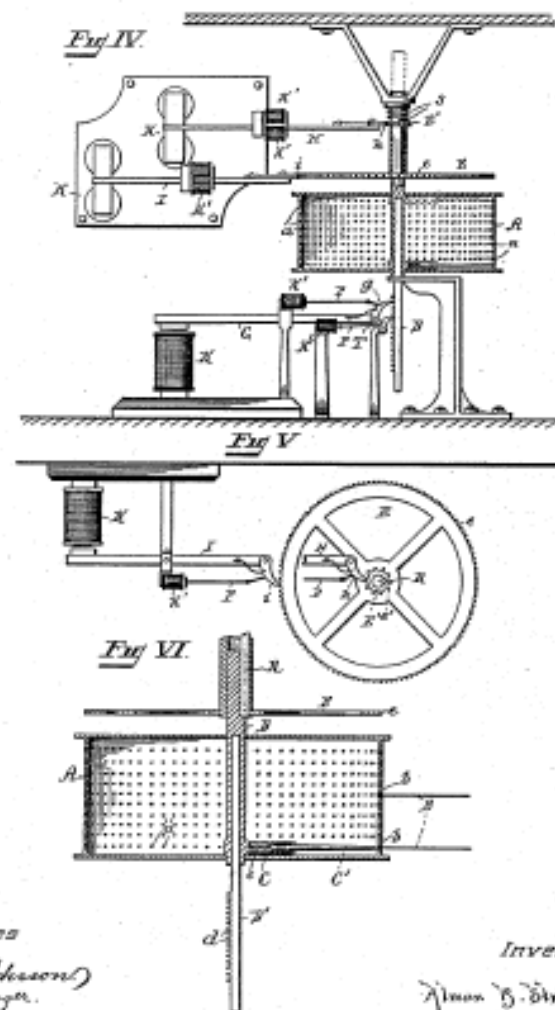
(No Model.)

3 Sheets—Sheet 3.

A. B. STROWGER.
AUTOMATIC TELEPHONE EXCHANGE.

No. 447,918.

Patented Mar. 10, 1891.



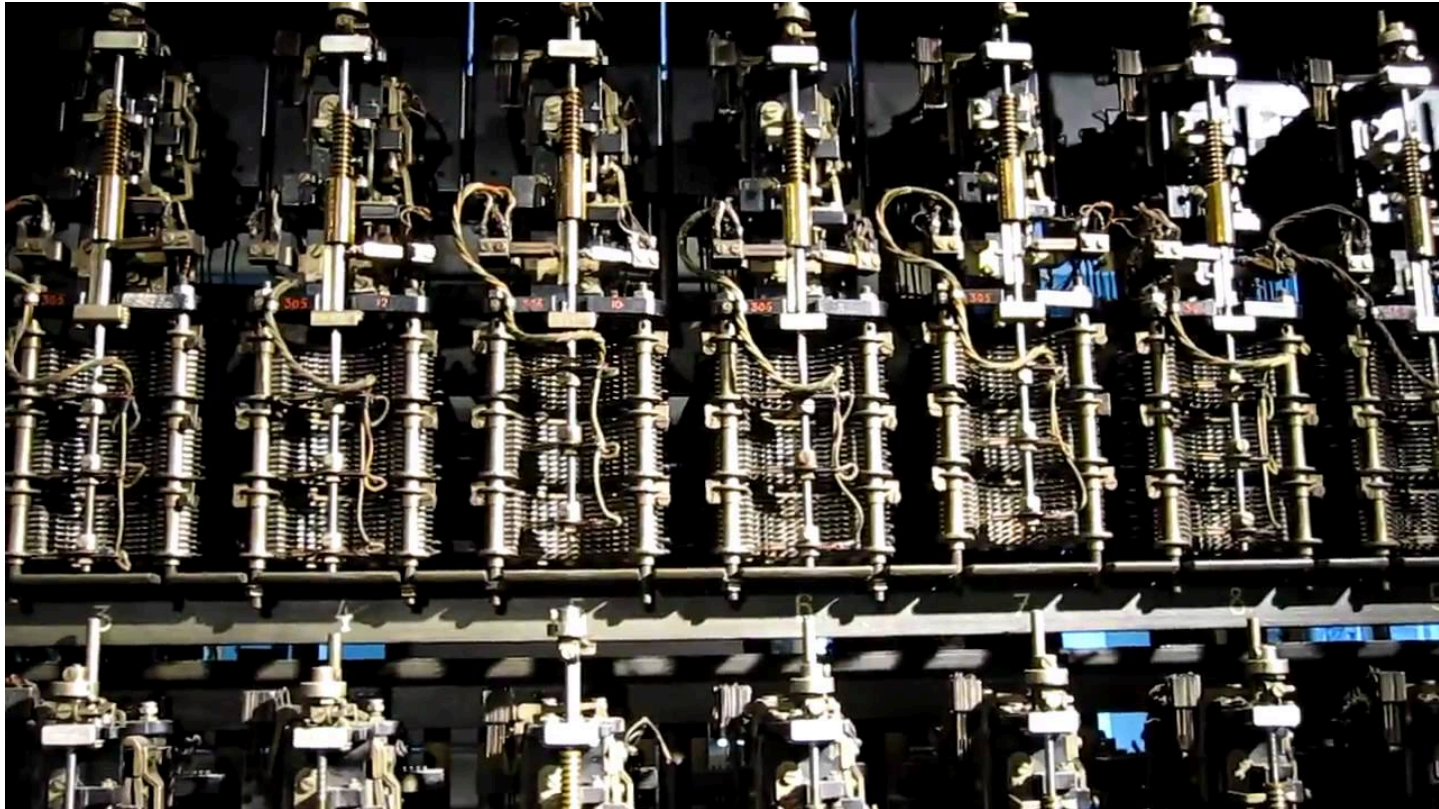
Witnesses

R. B. Balchison,
Ch. W. Strowger.

Inventor:

Almon B. Strowger

Comutadores eletromecânicos

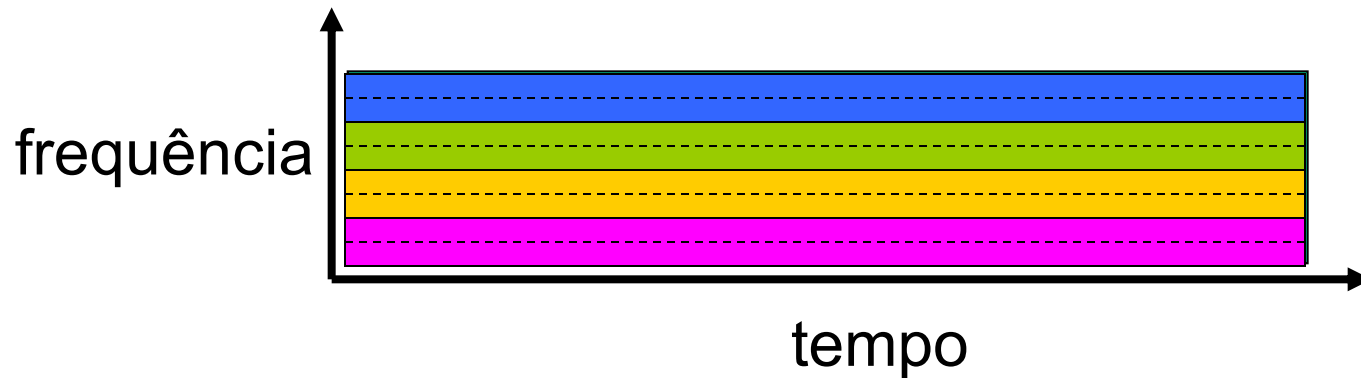


Comutação de Circuitos: FDM e TDM

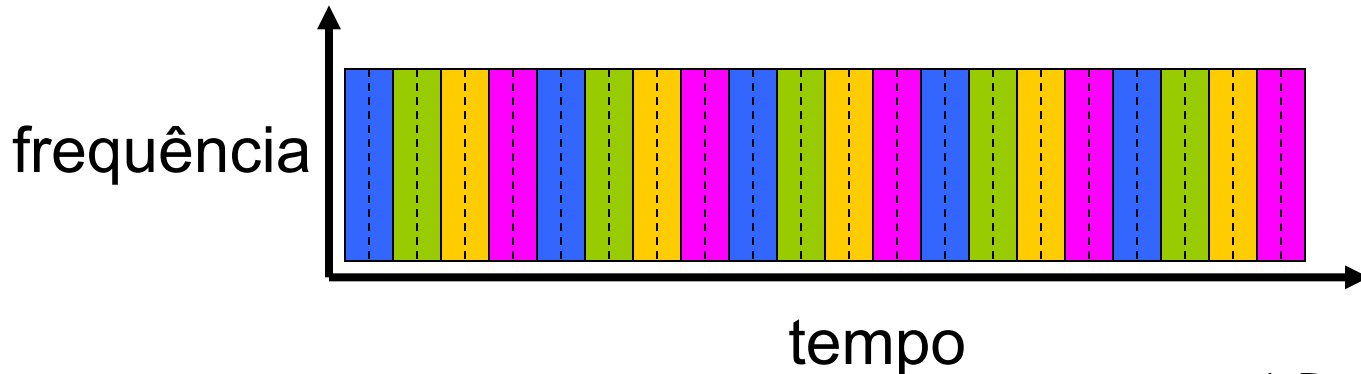
Exemplo:

4 usuários ■ ■ ■ ■

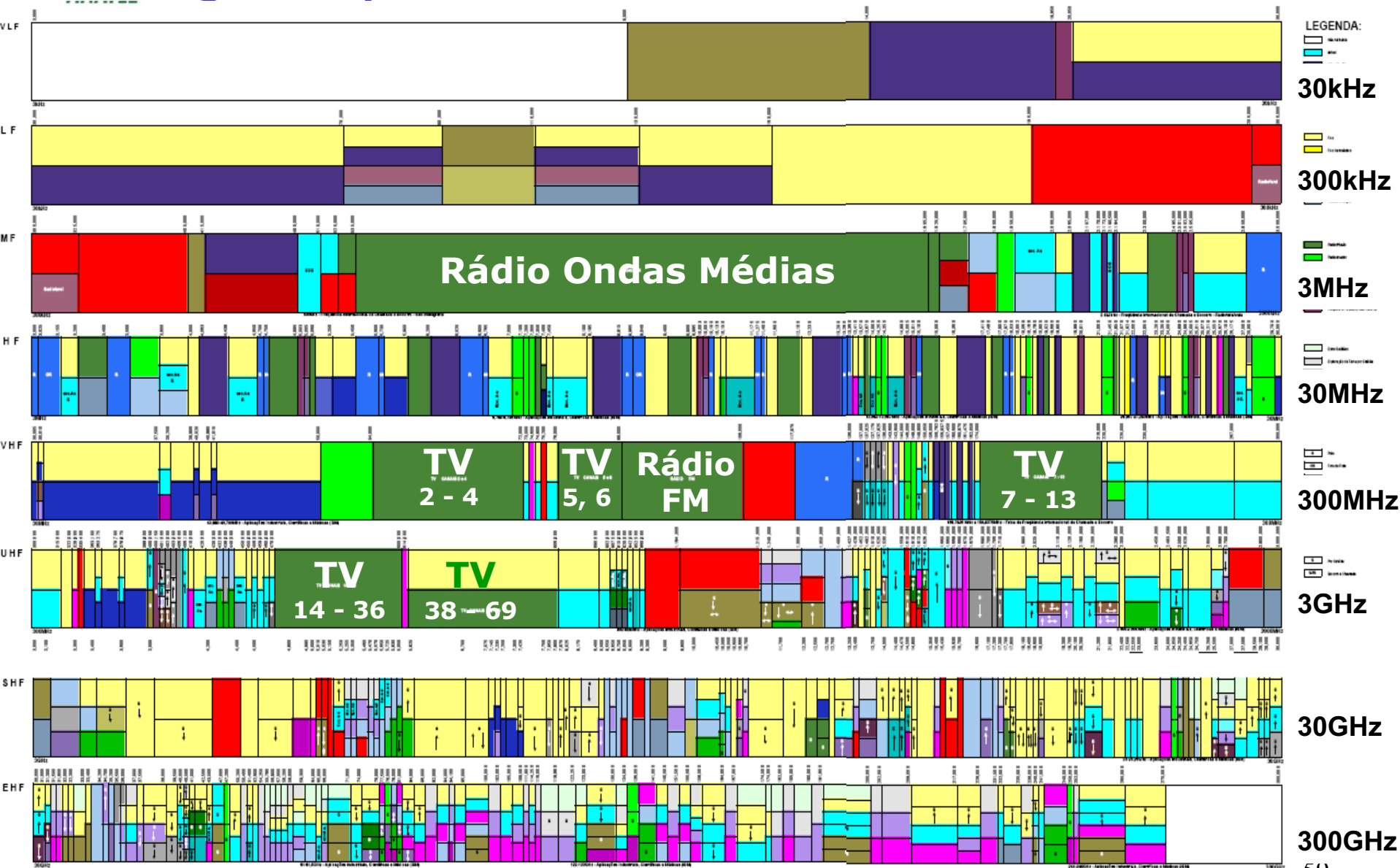
FDM



TDM



Alocação de Faixas de Frequência



A Portadora T1

r T1

1 frame = $(24 \times 8 + 1)$

1 frame = 193 bits

TAXA TOTAL

1,544 Mbps

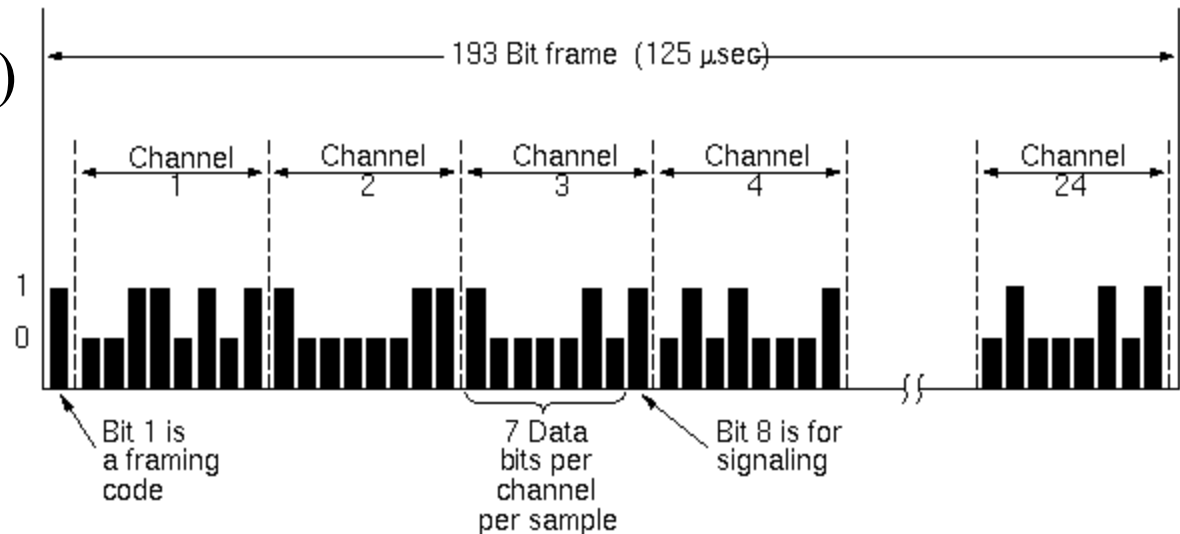


Fig. 2-26. The T1 carrier (1.544 Mbps).

Multiplexação de Canais T1

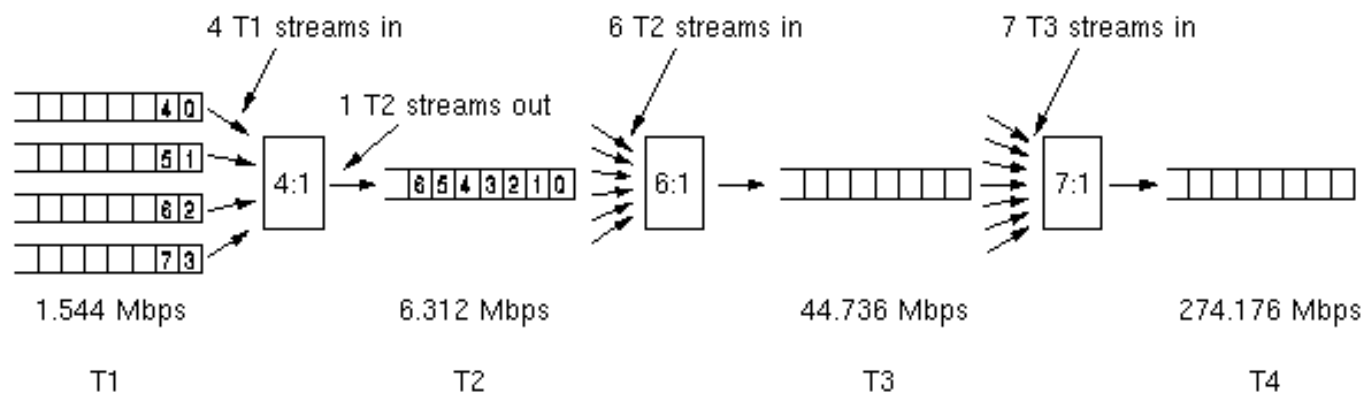
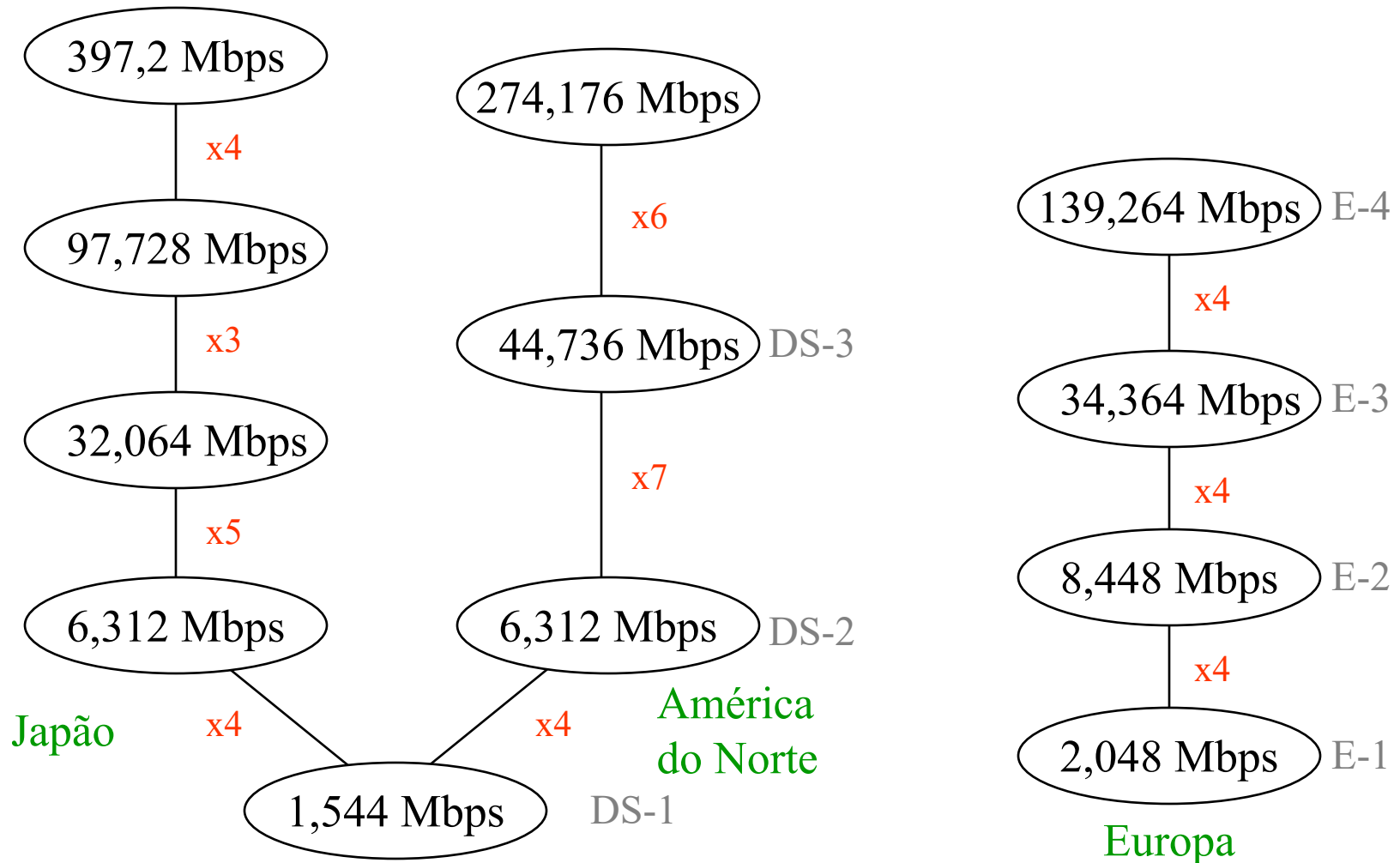


Fig. 2-28. Multiplexing T1 streams onto higher carriers.

Hierarquias Digitais Plesiócronicas (PDH)

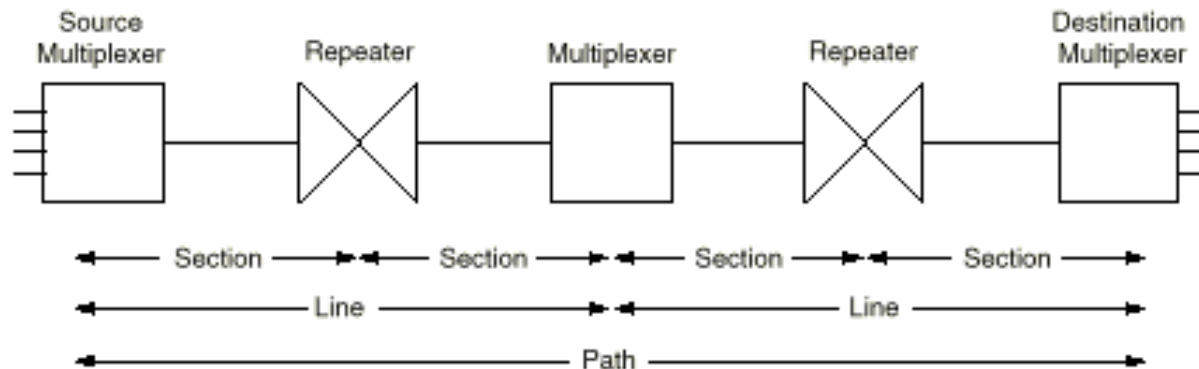


SONET/SDH

- r Synchronous Optical NETwork
 - m Desenvolvido pela Bellcore
- r Synchronous Digital Hierarchy
 - m Padronizado pelo ITU-T
- r Objetivos
 - m Prover um padrão para transmissão
 - m Unificar os sistemas dos EUA, Europa e Japão
 - m Multiplexar diversos canais digitais
 - m Prover suporte para Operação, administração e Manutenção (OAM)

SONET

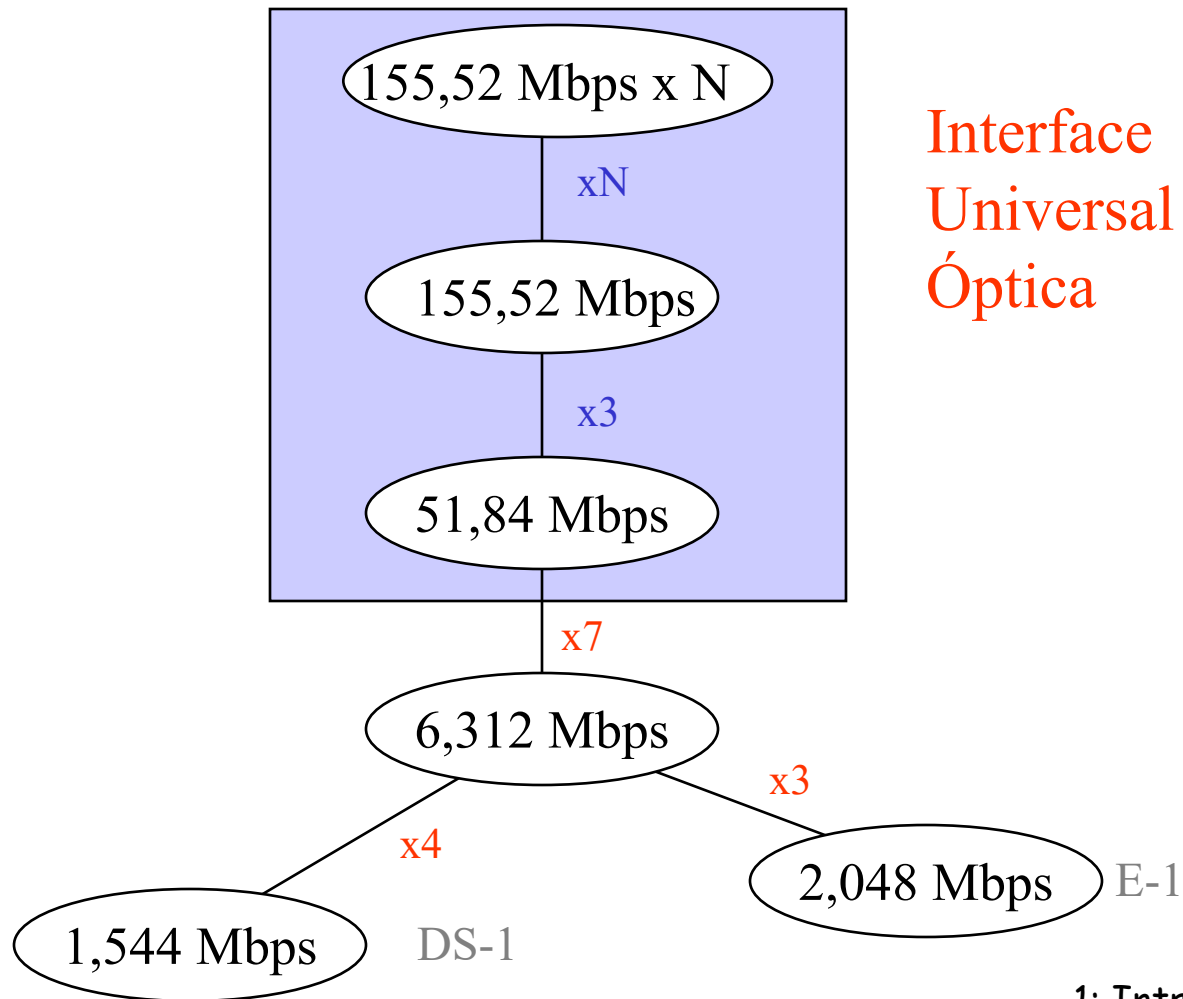
r Caminho Típico



r O Quadro básico é um bloco de 810 bytes

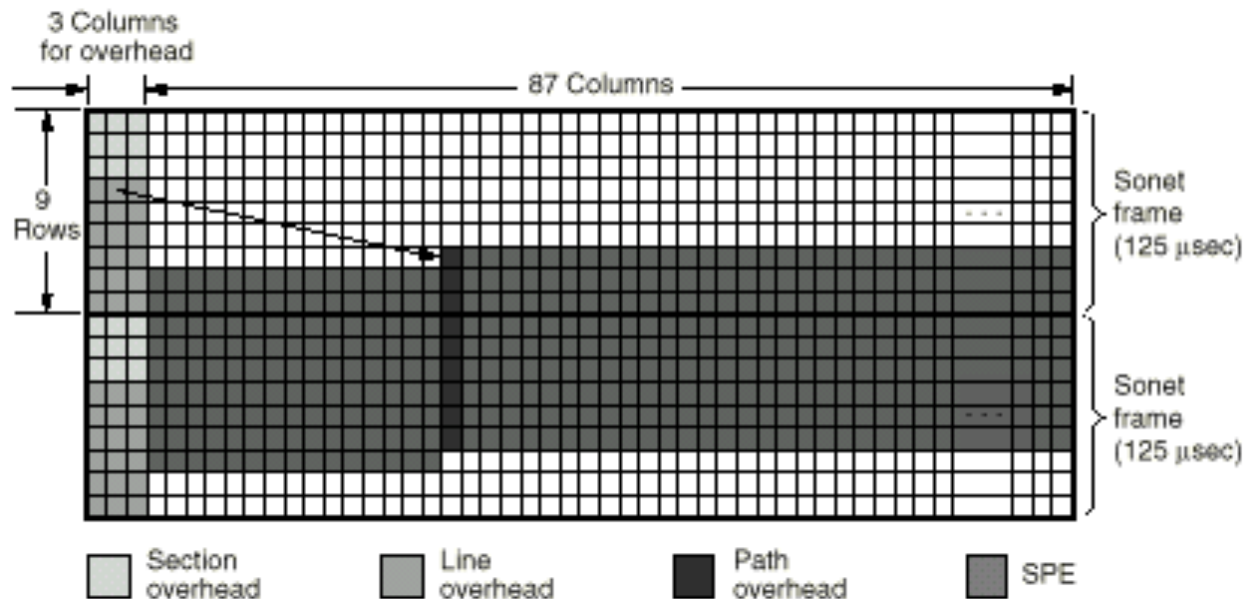
$$810 * 8 * 8000 = \text{TAXA TOTAL} = 51,84 \text{ Mbps}$$

Hierarquia digital síncrona



Quadro SONET Básico

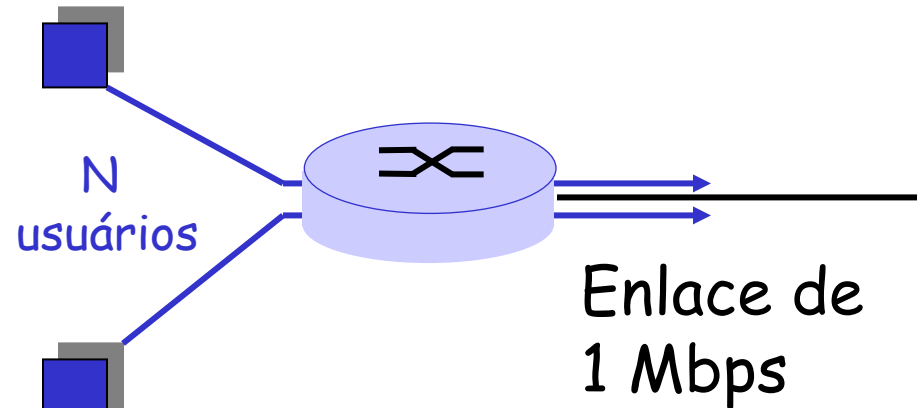
- m Todo: 90 colunas
- m SPE (*Synchronous Payload Envelope*):
 - 87 colunas
- m Usuário: 86 colunas



Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

A comutação de pacotes permite que mais usuários usem a rede!

- r Enlace de 1 Mbit
- r cada usuário:
 - m 100kbps quando "ativo"
 - m ativo 10% do tempo
- r comutação por circuitos:
 - m 10 usuários
- r comutação por pacotes:
 - m com 35 usuários, probabilidade > 10 ativos menor que 0,004



P: como foi obtido o valor 0,0004?

P: o que ocorre se > 35 usuários?

Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

A comutação de pacotes ganha de lavada?

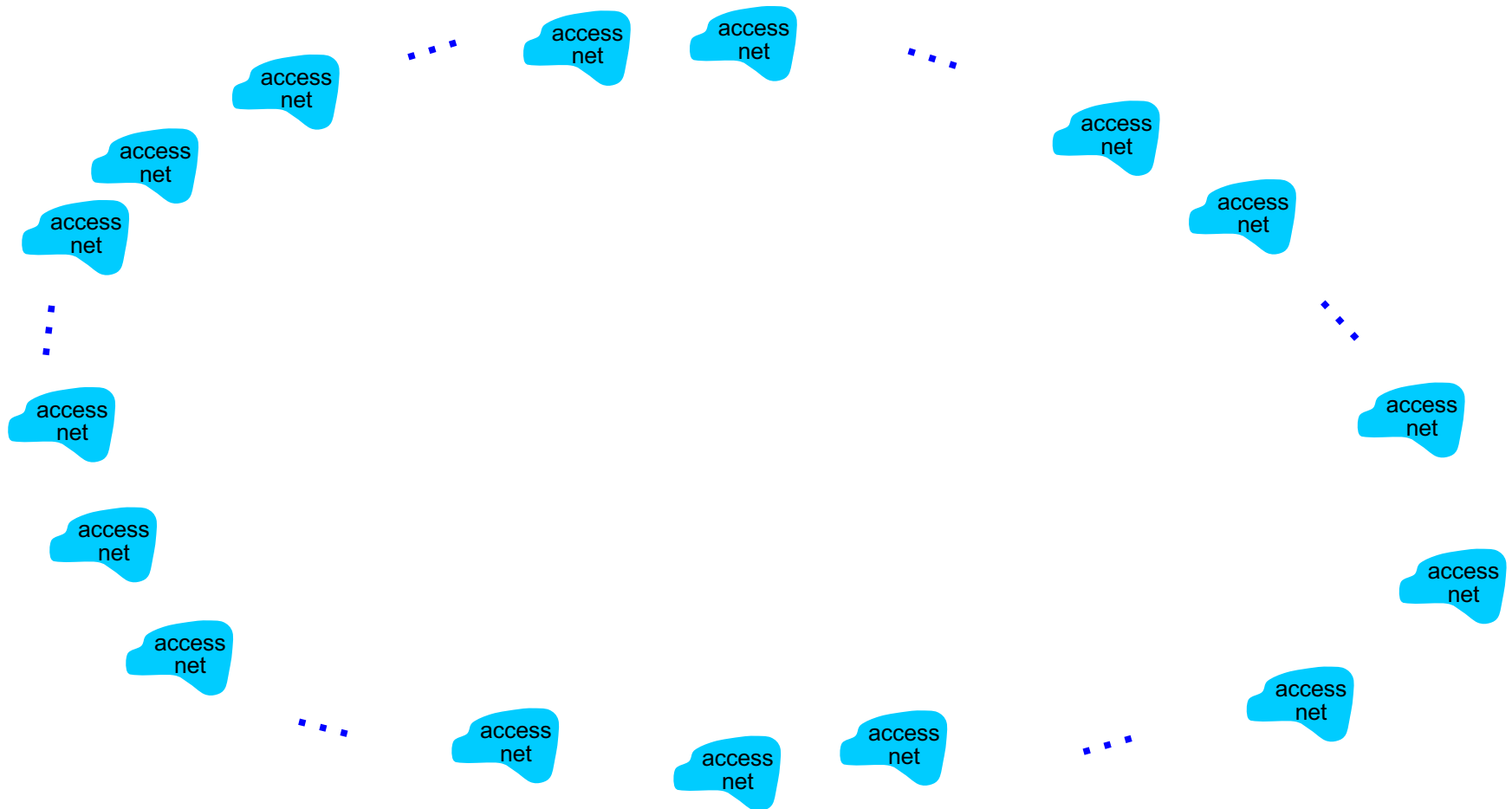
- r Ótima para dados em surtos
 - m compartilhamento dos recursos
 - m não necessita estabelecimento de conexão
- r **Congestionamento excessivo:** atraso e perda de pacotes
 - m necessita de protocolos para transferência confiável de dados, controle de congestionamento
- r **P: Como fornecer um comportamento do tipo circuito?**
 - m São necessárias garantias de banda para aplicações de áudio e vídeo
 - m ainda é um problema não resolvido (cap. 7)

Estrutura da Internet: rede de redes

- r Sistemas finais conectam-se à Internet através de **ISPs** (*Internet Service Providers*) **de acesso**
 - m ISP residencial, corporativo e acadêmico
- r Os ISPs de acesso devem ser interconectados
 - m De modo que quaisquer dois hospedeiros possam enviar pacotes um para o outro
- r A rede de redes resultante é muito complexa
 - m Evolução foi dirigida pela economia e por políticas nacionais
- r Seguiremos uma abordagem passo-a-passo para descrever a estrutura atual da Internet

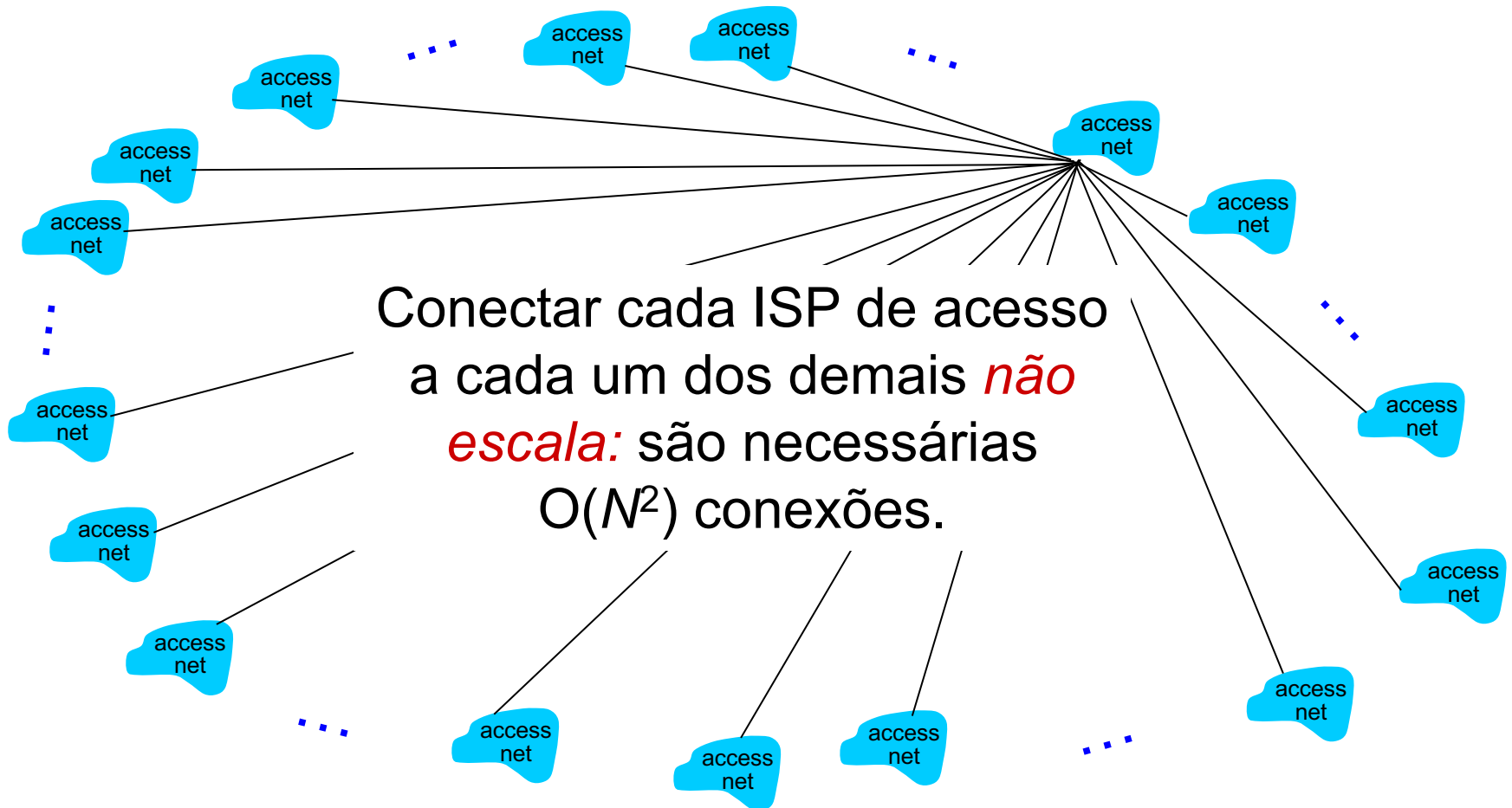
Estrutura da Internet: rede de redes

Pergunta: dados *milhões* de ISPs de acesso, como interligar todos eles?



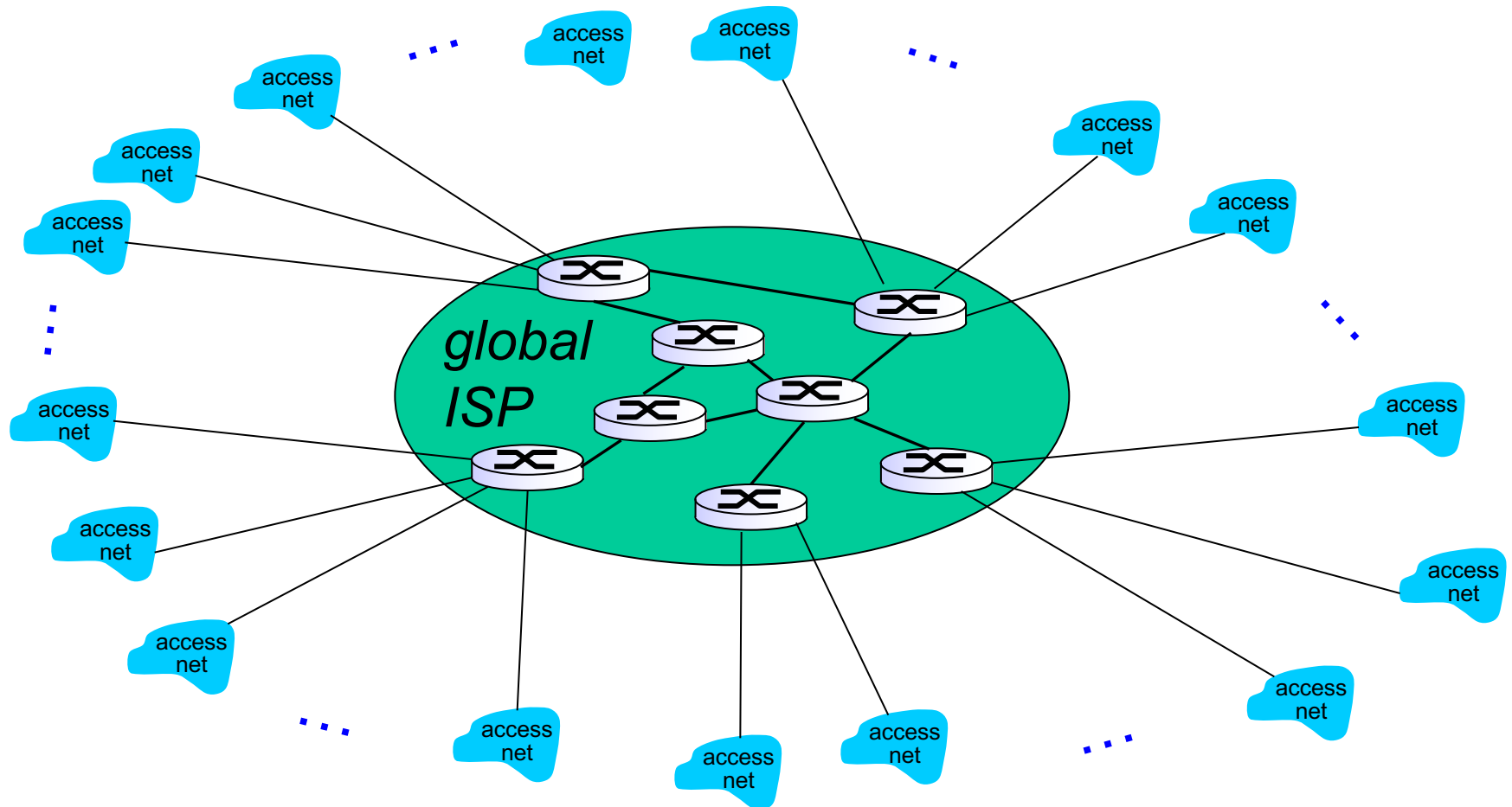
Estrutura da Internet: rede de redes

Opção: conectar cada ISP de acesso a cada um dos demais ISPs de acesso?



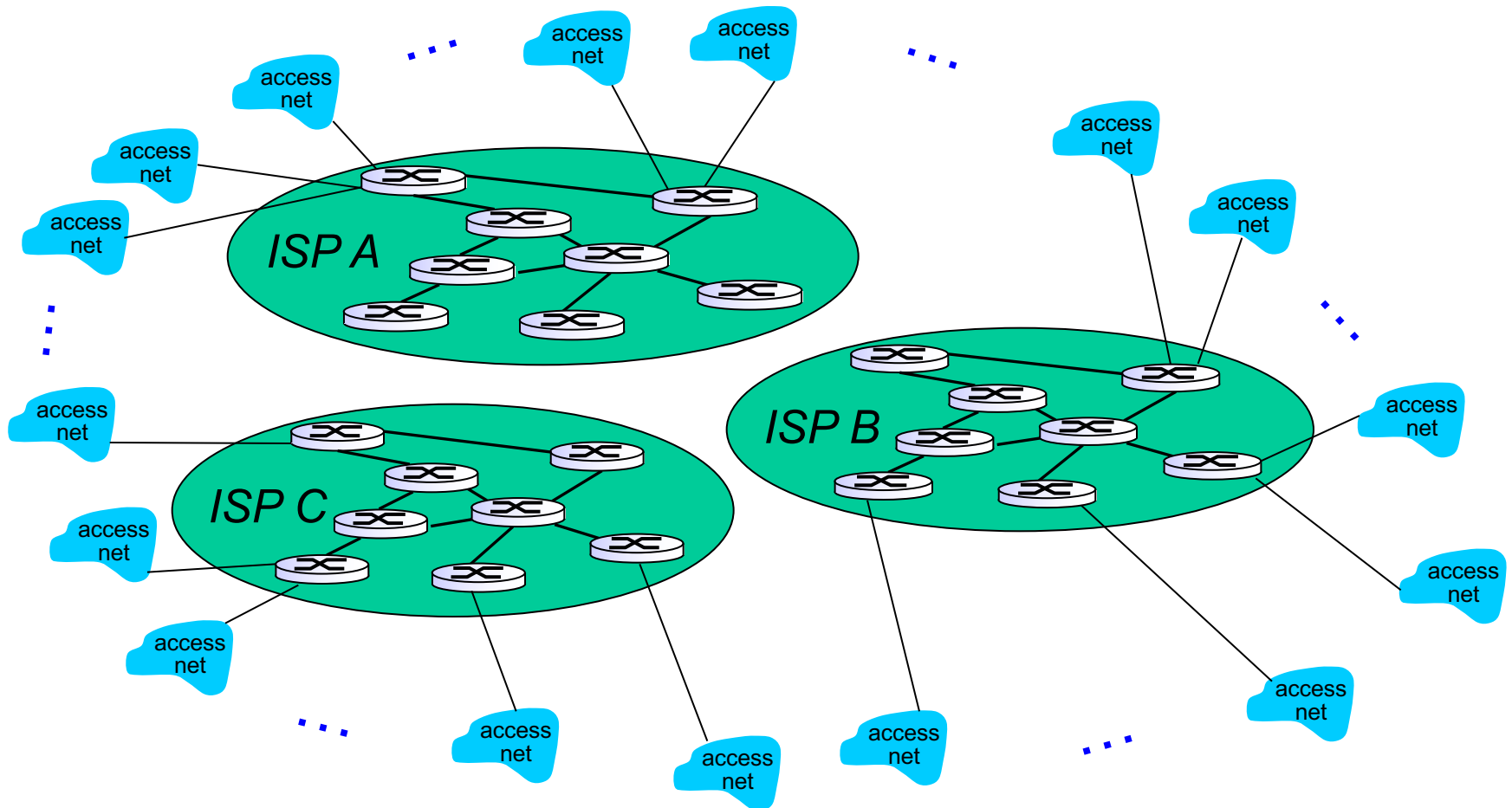
Estrutura da Internet: rede de redes

Opção: conectar cada ISP de acesso a um ISP de trânsito global?
Os ISPs de **usuário** e **provedor** têm um acordo econômico.



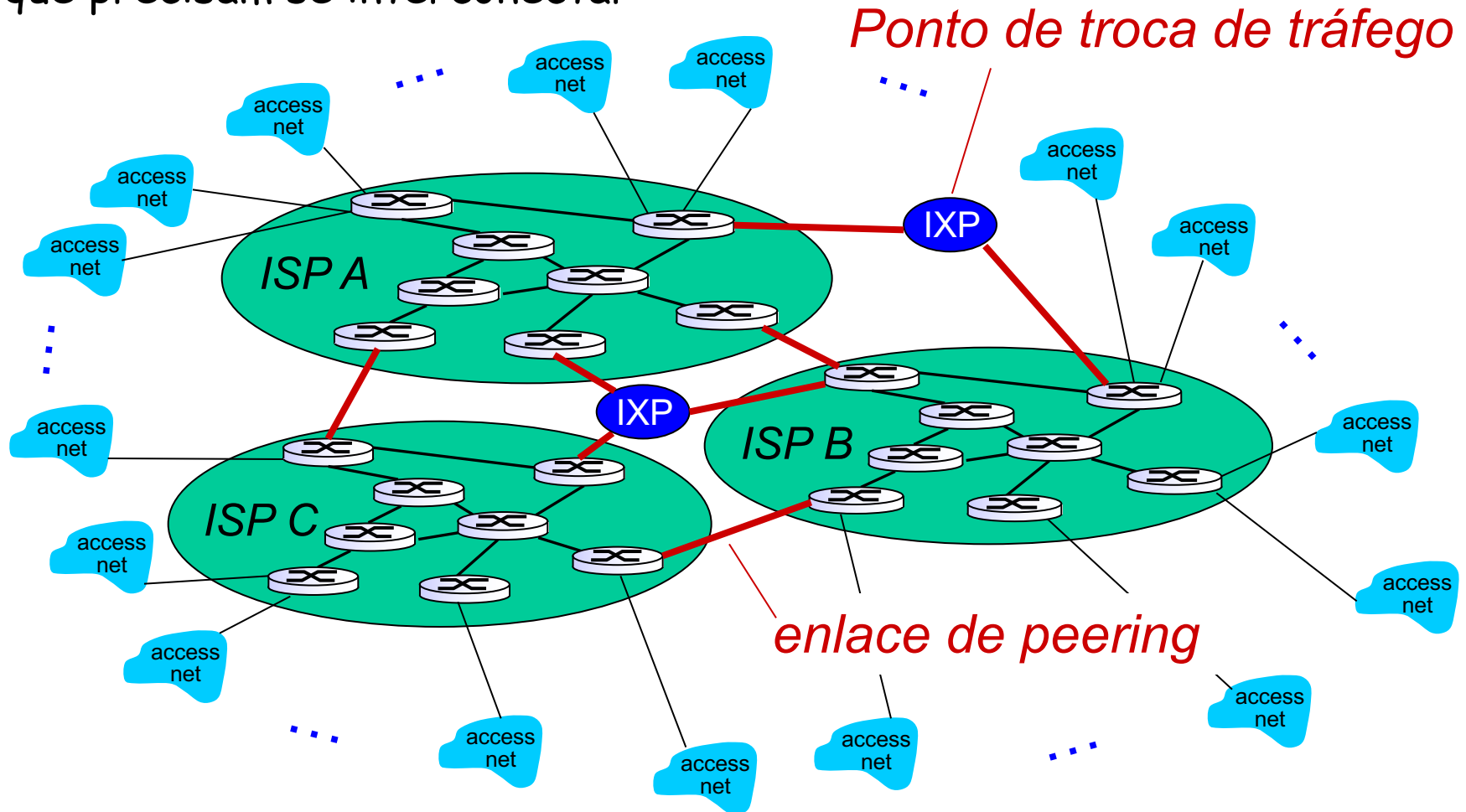
Estrutura da Internet: rede de redes

Mas, se um ISP global for um negócio viável, haverá competidores...



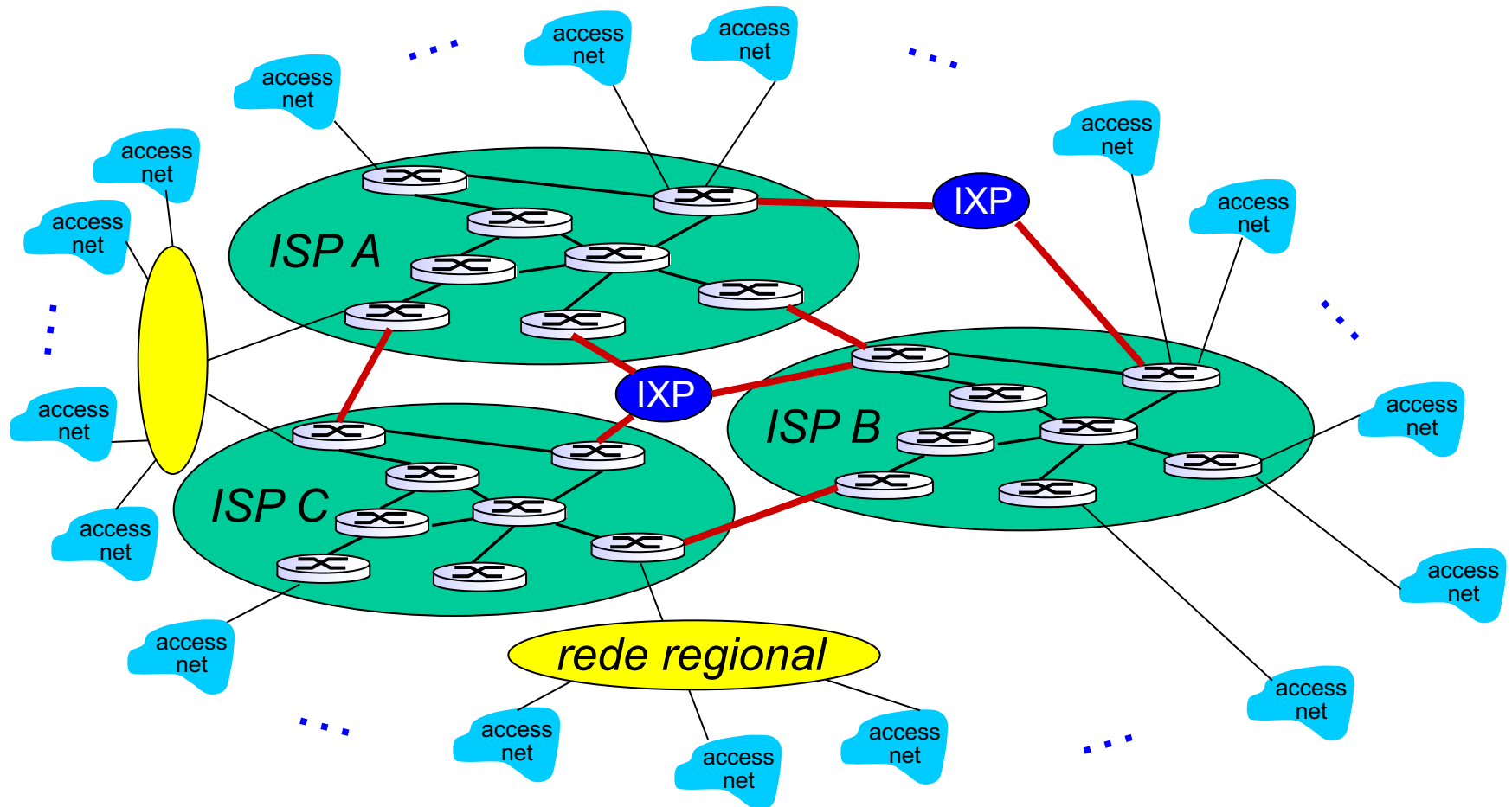
Estrutura da Internet: rede de redes

Mas, se um ISP global for um negócio viável, haverá competidores...
que precisam se interconectar



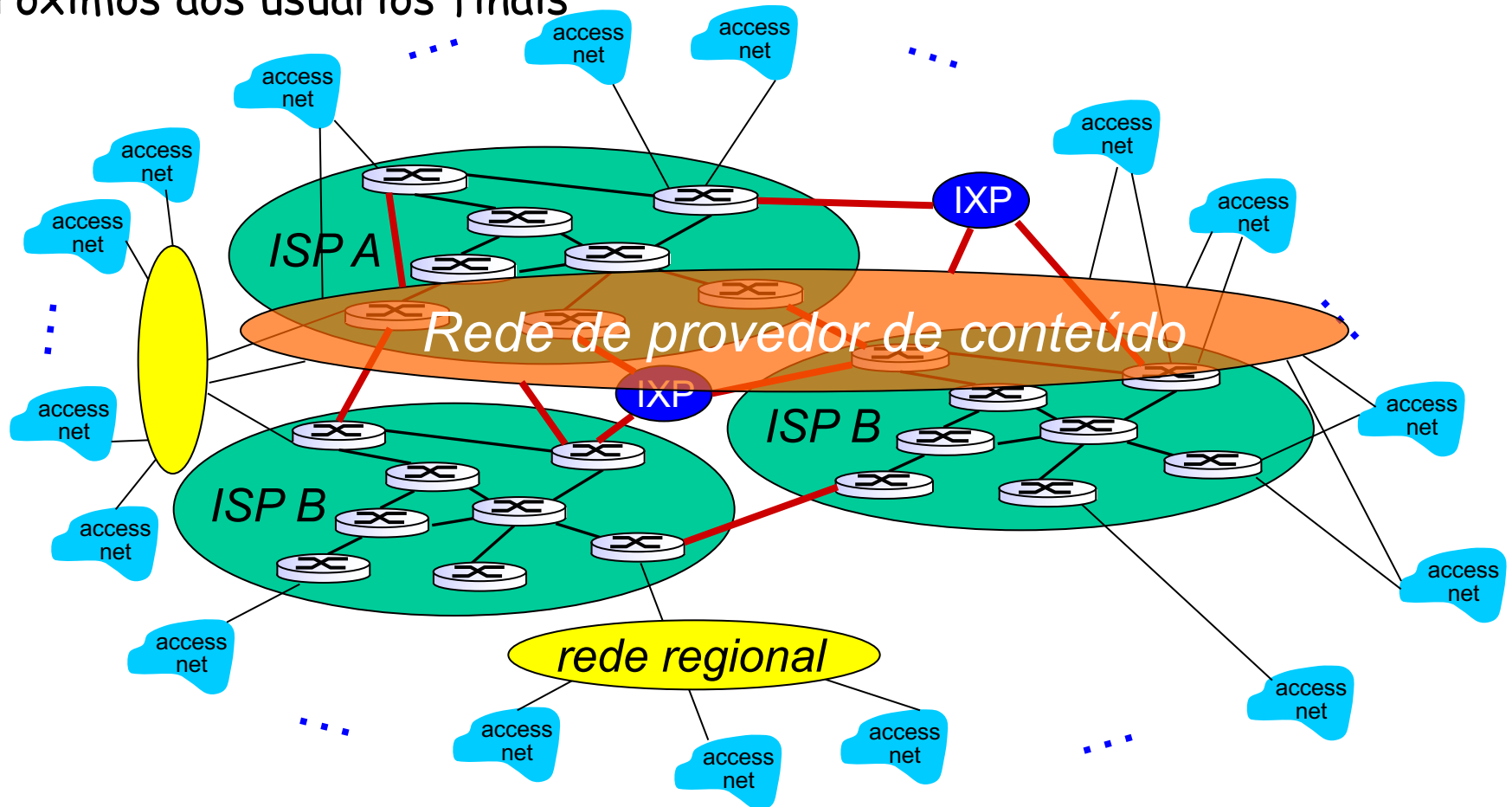
Estrutura da Internet: rede de redes

... e redes regionais podem surgir para conectar redes de acesso a ISPs

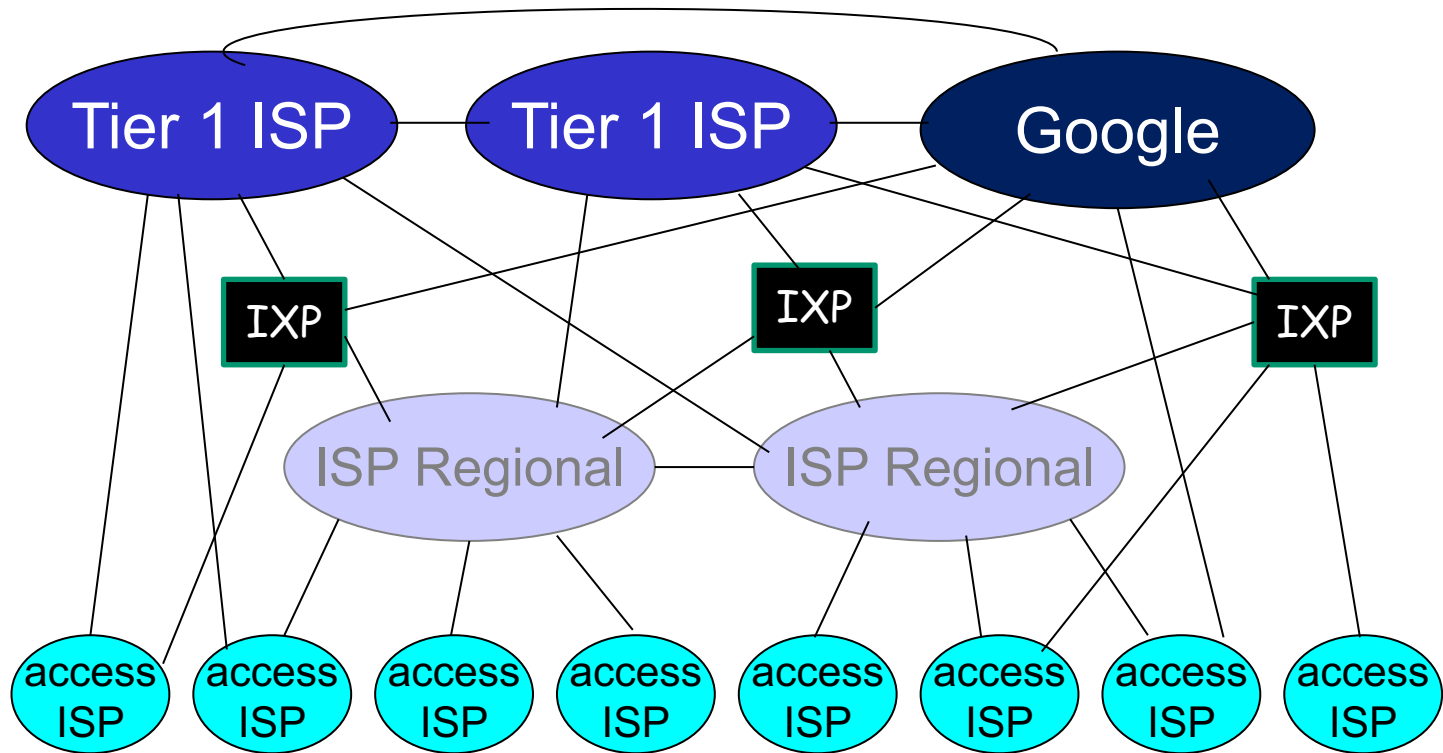


Estrutura da Internet: rede de redes

... e redes de provedores de conteúdo (ex.: Google, Microsoft, Akamai) podem criar as suas próprias redes, para levar serviços e conteúdos próximos aos usuários finais

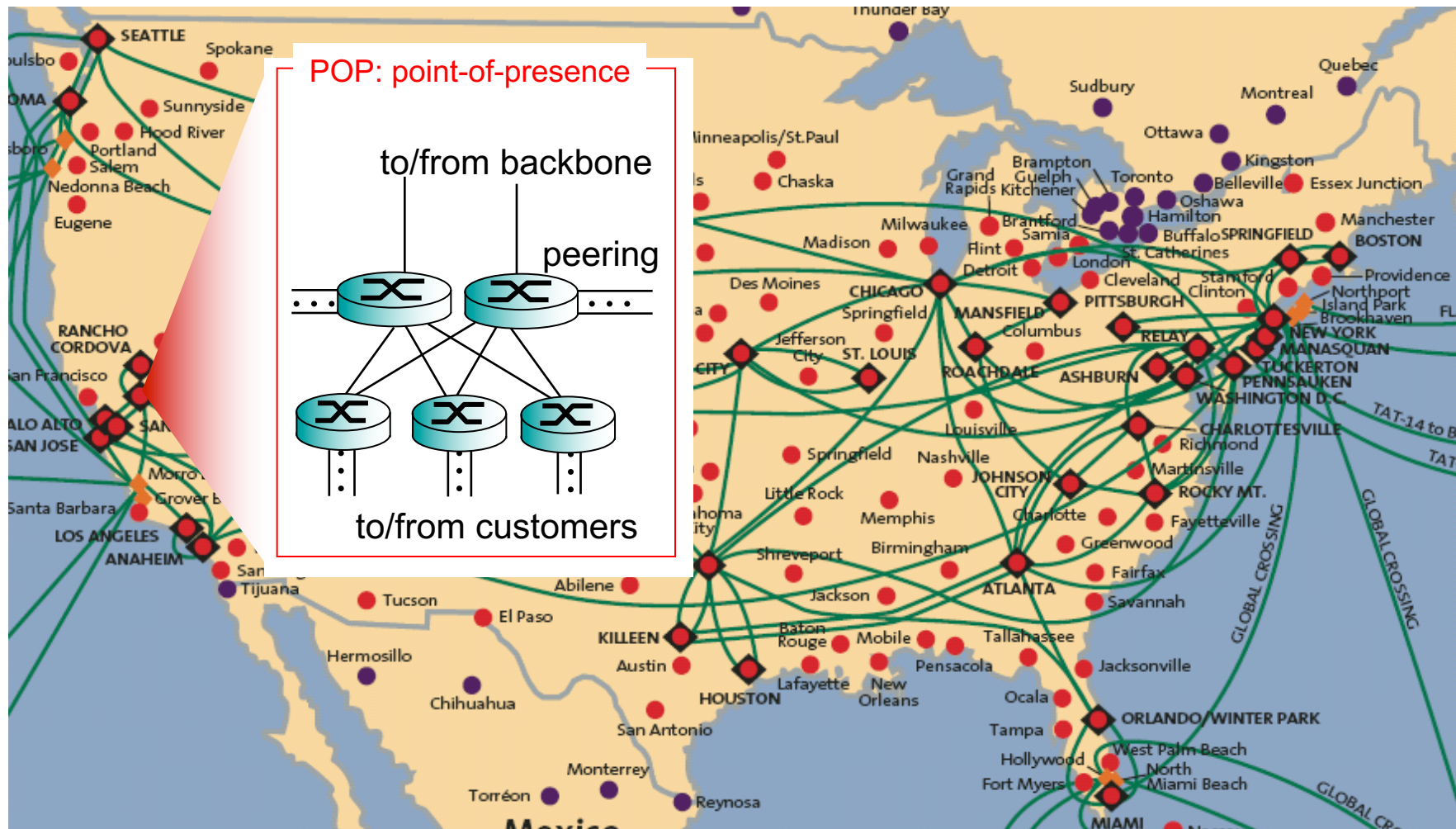


Estrutura da Internet: rede de redes



- No centro: pequeno no. de grandes redes bem conectadas
 - **ISPs comerciais "tier-1"** (ex., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), cobertura nacional e internacional)
 - **rede de provedor de conteúdo** (ex. Google): rede privada que conecta os seus centros de dados à Internet, normalmente "bypassando" ISPs tier-1 e regionais.

ISP Tier-1: ex: Sprint



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

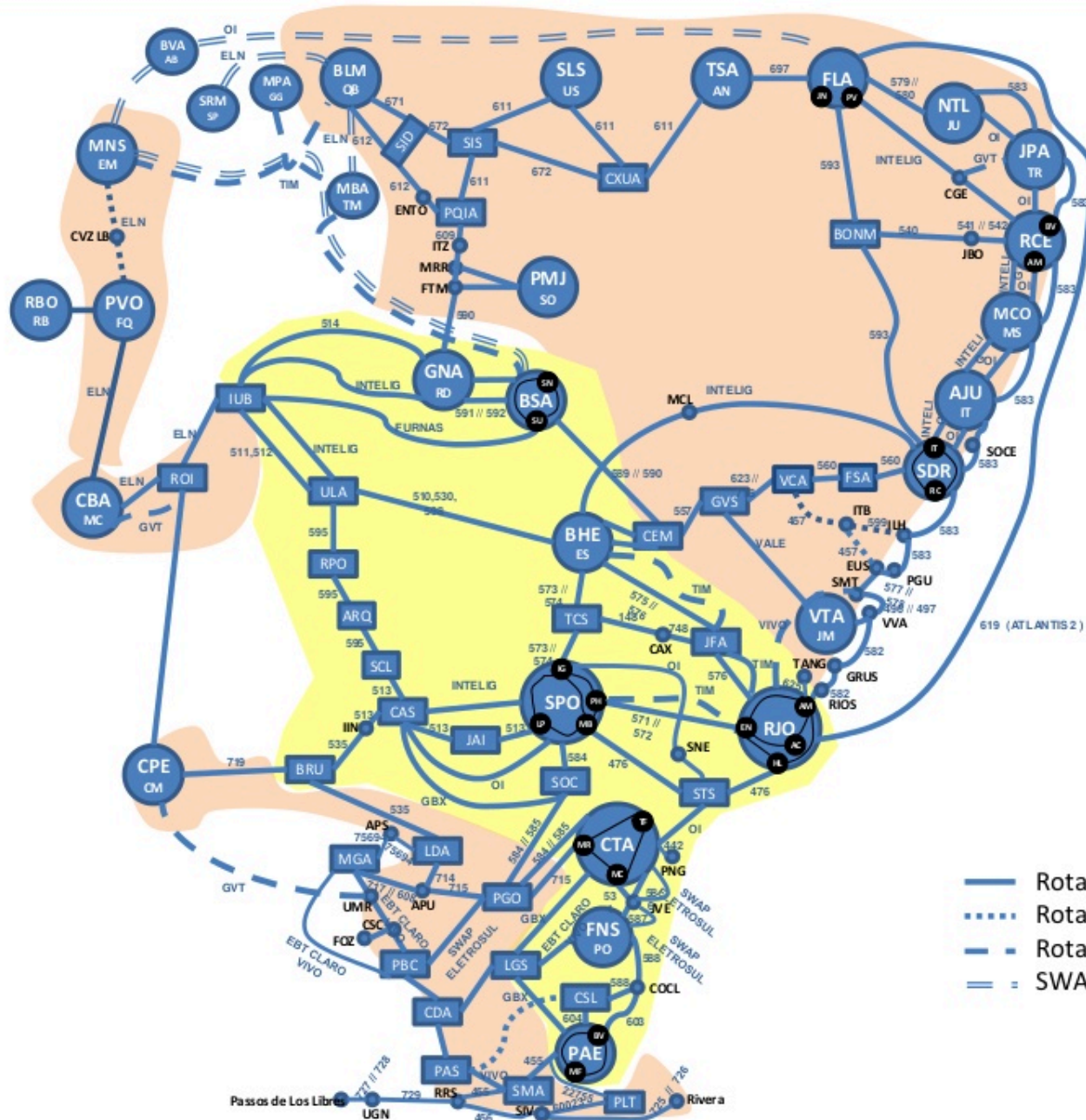
Maior

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

 ATM 155 Mbps/622 Mbps



Regional Data Centers – Rede OTN Embratel



- Rota Embratel
- ... Rota com DWDM de 30s
- - Rota SWAP de fibra sem eletrônica
- = SWAP de capacidade ou capacidade de 30s

em 18/Mar/2014

Conexões Internacionais



Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

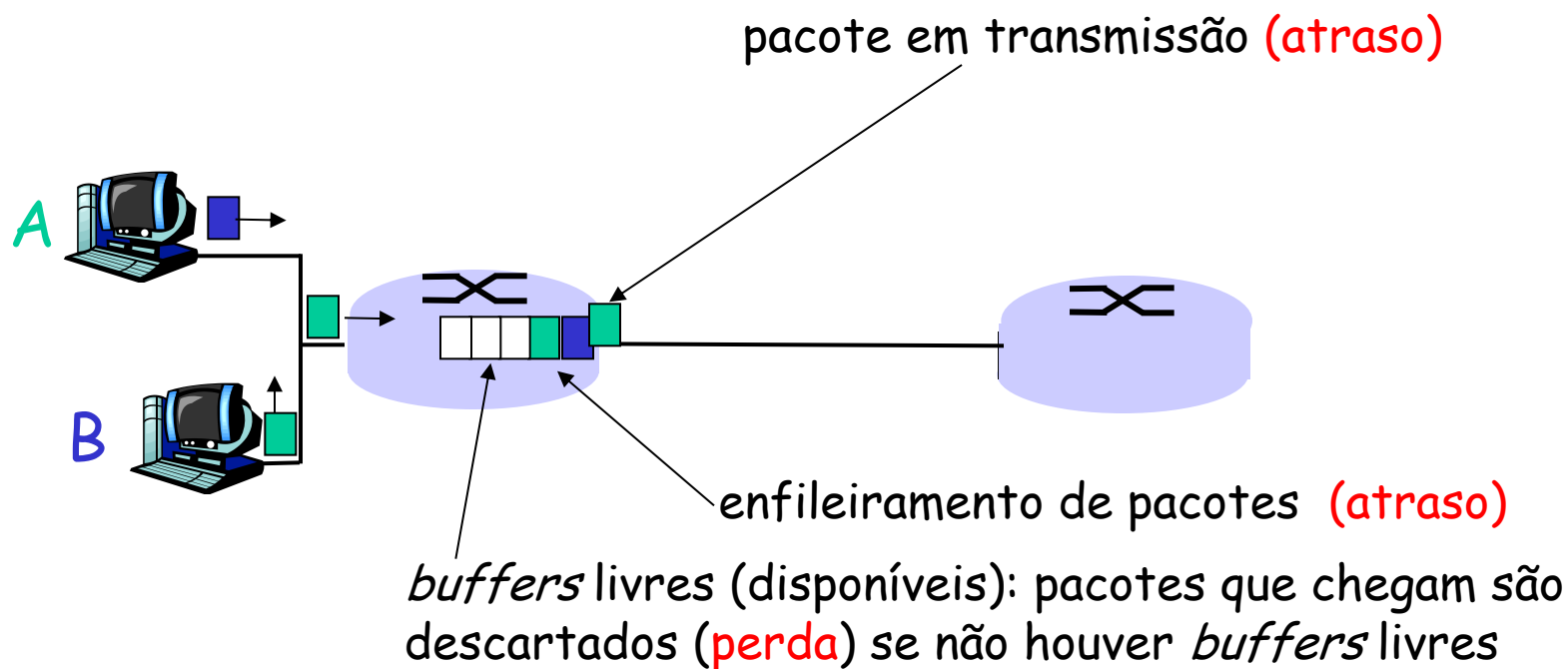
1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

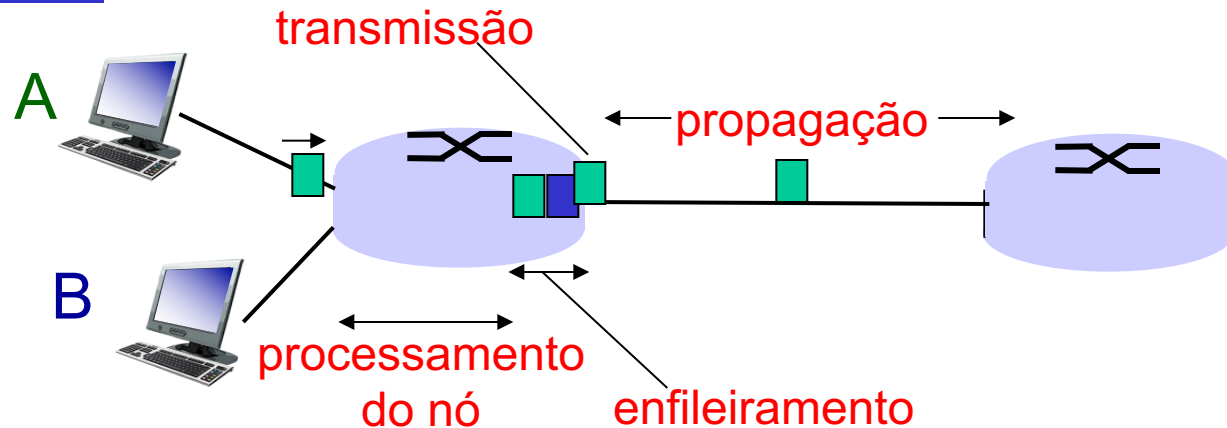
Como ocorrem as perdas e atrasos?

pacotes enfileiram nos buffers do roteador

- r taxa de chegada de pacotes ao enlace excede a capacidade do enlace de saída.
- r pacotes enfileiram, esperam pela vez



Quatro fontes de atraso dos pacotes



$$d_{\text{nó}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{enfil}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

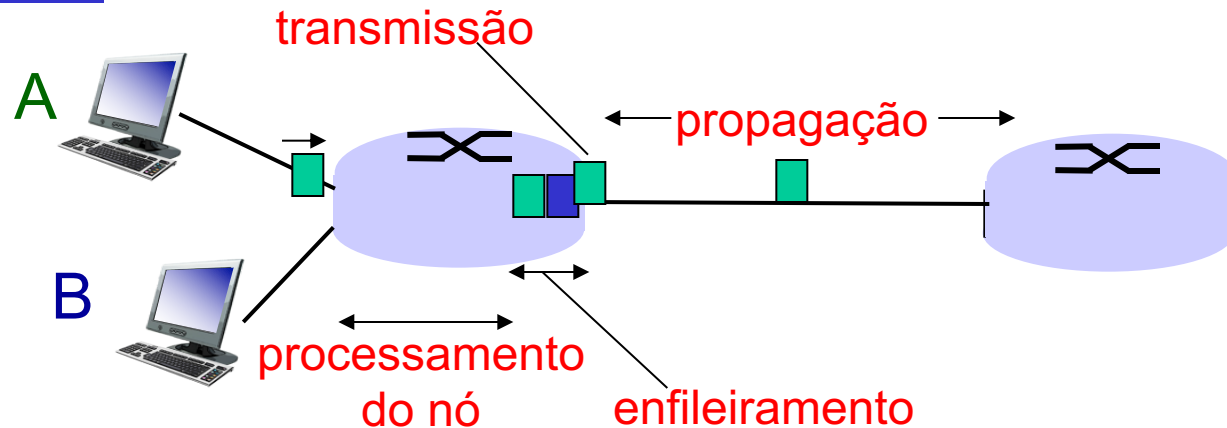
d_{proc} : processamento no nó

- verifica erros de bit
- determina enlace de saída
- tipicamente < mseg

d_{enfil} : atraso de enfileiramento

- tempo esperando no enlace de saída pela vez de transmitir
- depende do nível de congestionamento do roteador

Quatro fontes de atraso dos pacotes



$$d_{\text{nó}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{enfil}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_{trans} : atraso de transmissão:

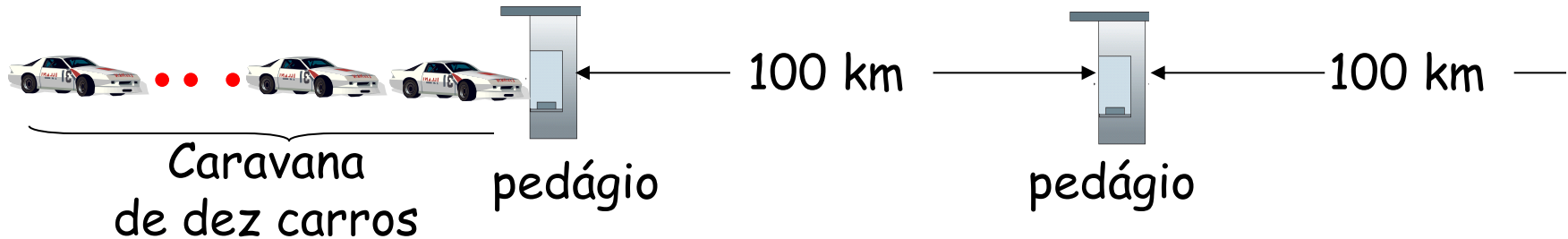
- L: comprimento do pacote (bits)
- R: largura de banda do enlace (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

d_{prop} : atraso de propagação

- d: comprimento do enlace físico
- s: velocidade de propagação no meio ($\sim 2 \times 10^8$ m/seg)
- $d_{\text{prop}} = d/s$

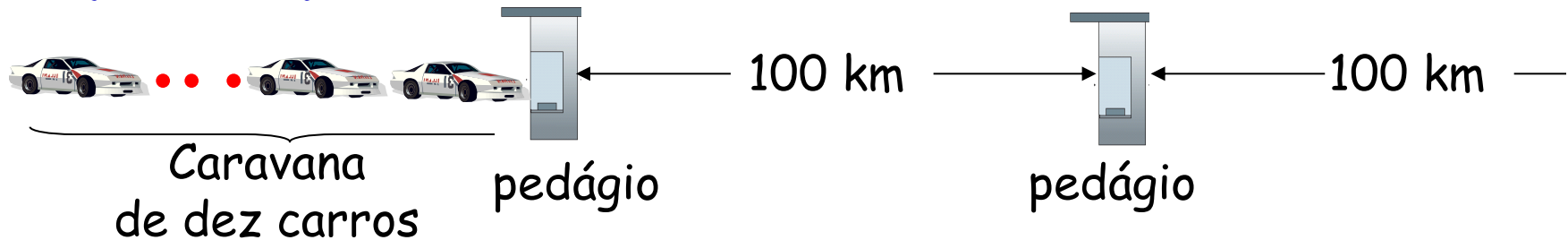
d_{trans} e d_{prop}
muito diferentes

Analogia com uma Caravana



- r Os carros se "propagam" a 100 km/h
- r O pedágio leva 12 seg para atender um carro (tempo de transmissão)
- r carro~bit; caravana ~ pacote
- r P: Quanto tempo leva até que a caravana esteja enfileirada antes do segundo pedágio?
- r Tempo para "atravessar" toda a caravana através do pedágio para a estrada = $12 \times 10 = 120$ seg
- r 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 R: 62 minutos

Analogia com uma caravana (mais)

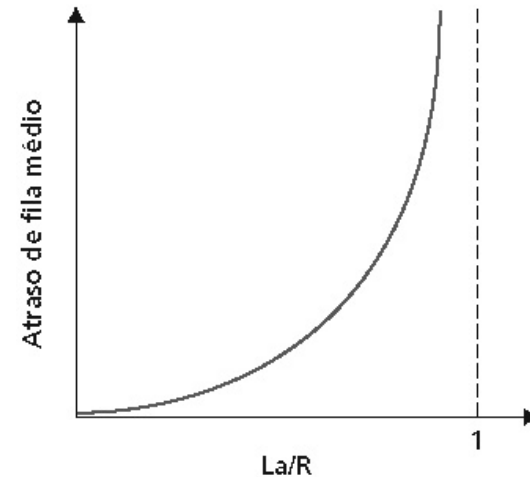


- r Os carros agora se "propagam" a 1000 km/h
- r Os pedágios agora levam em torno de 1 min para atender um carro
- r **P: Os carros chegarão ao segundo pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no primeiro pedágio?**

- r **Sim!** Após 7 min, o 1o. Carro chega ao 2o. Pedágio e ainda há 3 carros no 1o. pedágio.
- r **O 1o. bit do pacote pode chegar ao 2o. Roteador antes que o pacote tenha sido totalmente transmitido no 1o. roteador!**
 - m Veja o applet Ethernet no site da AWL

Atraso de enfileiramento

- r R = largura de banda do enlace (bps)
- r L = compr. do pacote (bits)
- r a = taxa média de chegada de pacotes



intensidade de tráfego = La/R

- r $La/R \sim 0$: pequeno atraso de enfileiramento
- r $La/R \rightarrow 1$: grande atraso
- r $La/R > 1$: chega mais "trabalho" do que a capacidade de atendimento, atraso médio infinito!



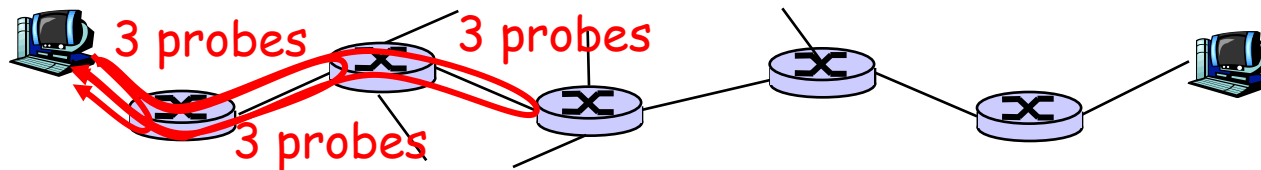
$La/R \sim 0$



$La/R \rightarrow 1$

Atrasos e rotas "reais" da Internet

- r Como são os atrasos e as perdas reais da Internet?
- r Programa **traceroute** : fornece medições de atraso da fonte até os diversos roteadores ao longo do caminho fim-a-fim até o destino. Para cada i :
 - m Envia três pacotes que alcançarão o roteador i no caminho até o destino.
 - m O roteador i devolverá os pacotes ao transmissor
 - m O transmissor calcula o intervalo de tempo decorrido entre a transmissão e a chegada da resposta.



Atrasos e rotas "reais"

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

Três medições de atraso de
gaia.cs.umass.edu p/cs-gw.cs.umass.edu



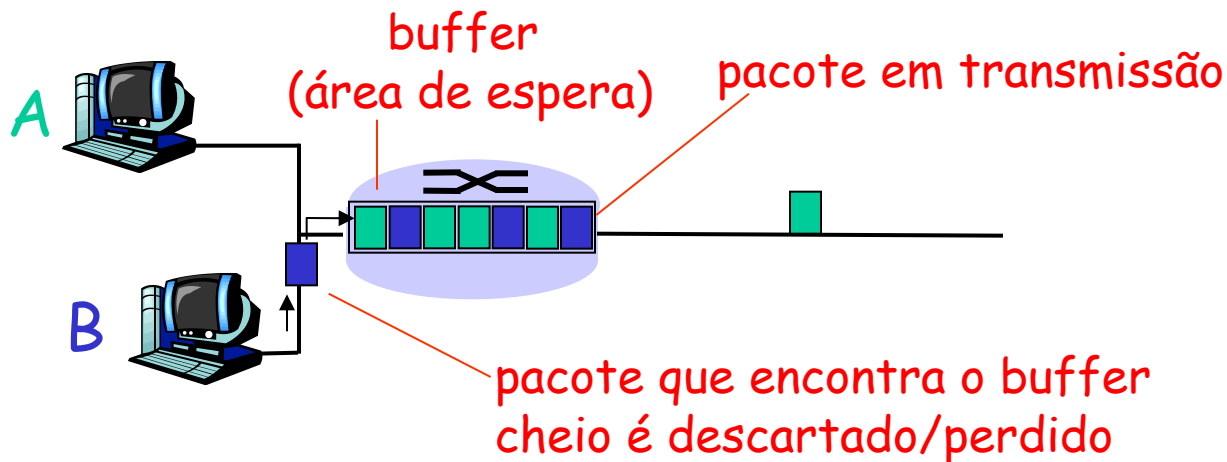
```
1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu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

link trans-oceânico

* sem resposta (pacote perdido, roteador não responde)

Perda de pacotes

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

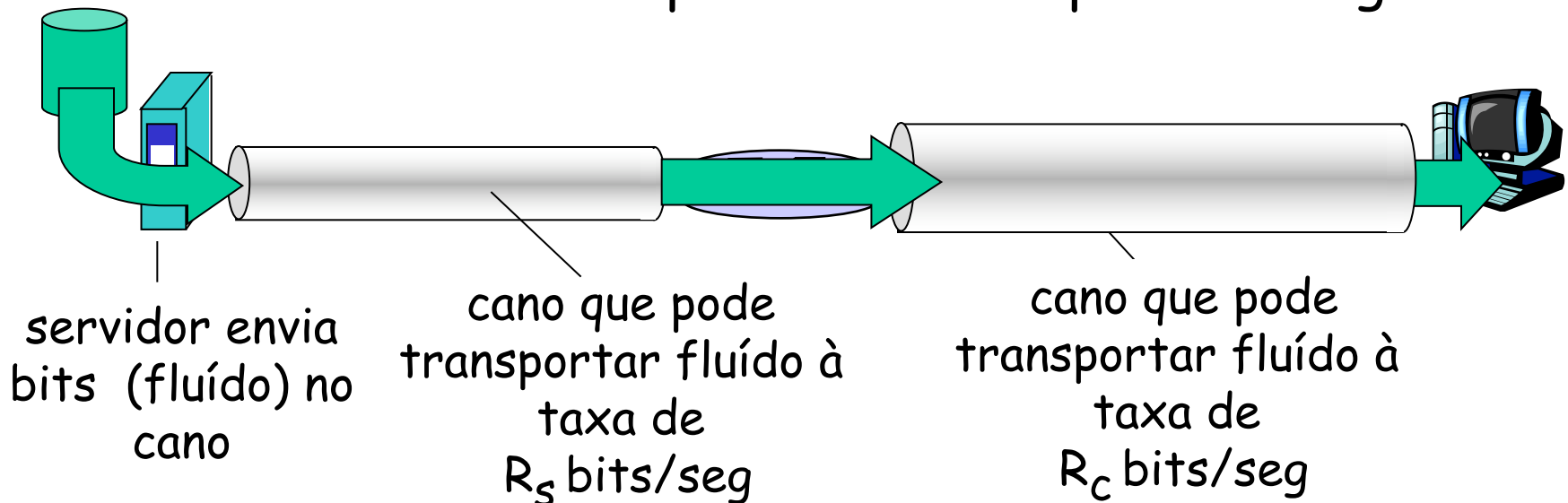


Vazão (Throughput)

r **vazão**: taxa (bits/unidade de tempo) na qual os bits são transferidos entre o transmissor e o receptor

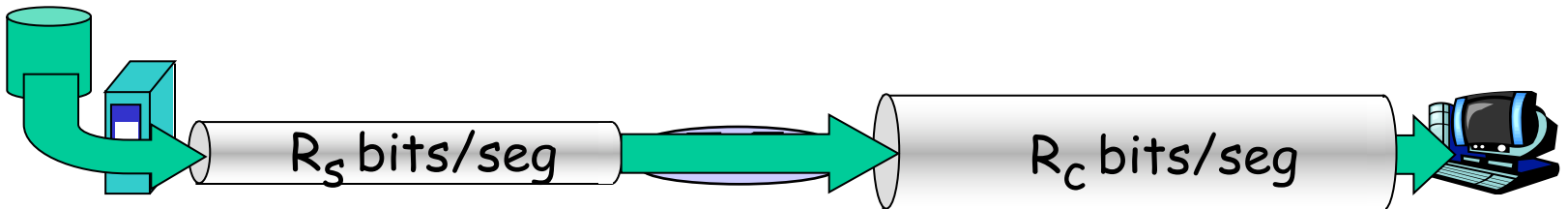
m **instantânea**: taxa num certo instante de tempo

m **média**: taxa num período de tempo mais longo

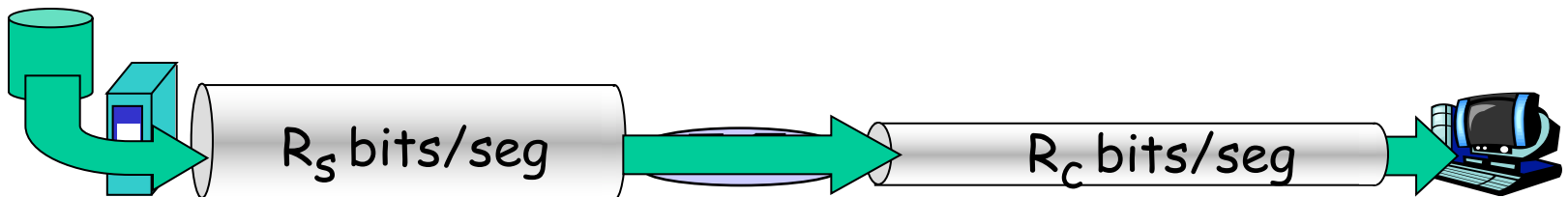


Vazão (mais)

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



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

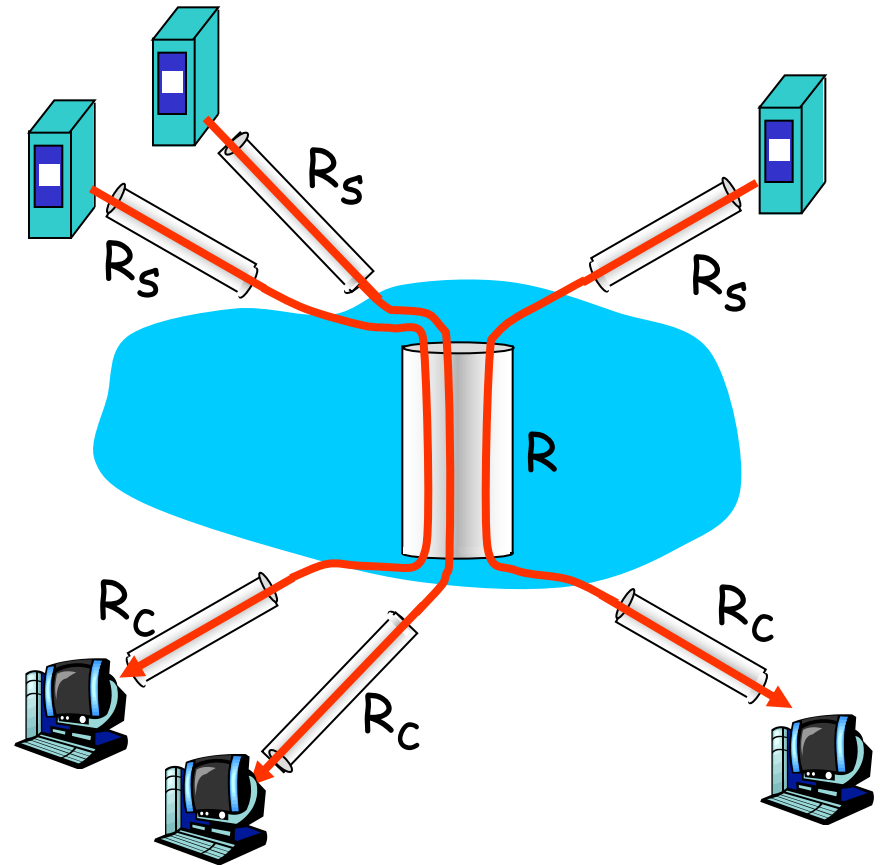


Enlace gargalo

link no caminho fim-a-fim que restringe a vazão fim-a-fim

Vazão: cenário da Internet

- r vazão por conexão fim-a-fim:
 $\min(R_c, R_s, R/10)$
- r na prática: R_c ou R_s são frequentemente o gargalo



10 conexões compartilham (de modo justo) o enlace gargalo do *backbone* de R bits/seg

Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

"Camadas" de Protocolos

As redes são complexas!

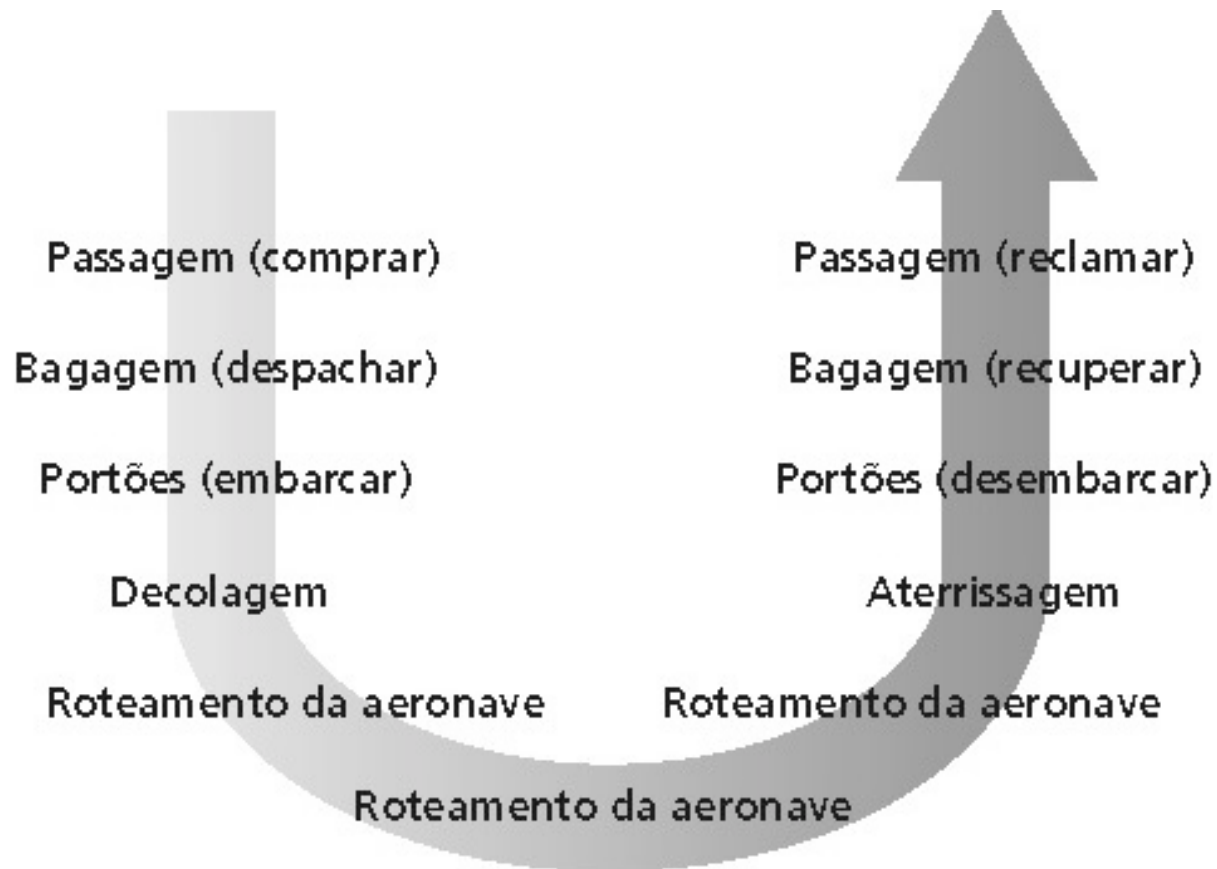
- r muitos "pedaços":
 - m hosts
 - m roteadores
 - m enlaces de diversos meios
 - m aplicações
 - m protocolos
 - m hardware, software

Pergunta:

Há alguma esperança em conseguirmos *organizar* a estrutura da rede?

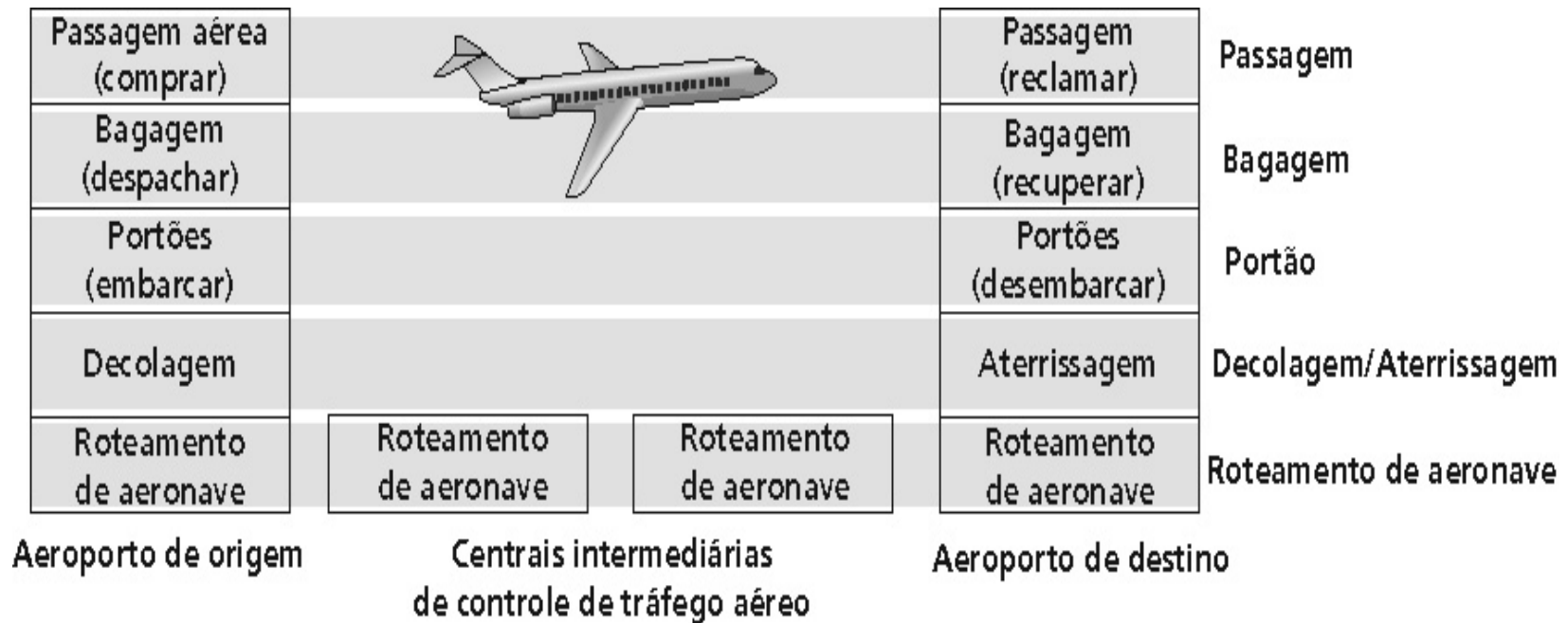
Ou pelo menos a nossa discussão sobre redes?

Organização de uma viagem aérea



- Uma série de passos/ações

Funcionalidade de uma linha aérea em camadas



Camadas: cada camada implementa um serviço

- m através de ações internas à camada
- m depende dos serviços providos pela camada inferior

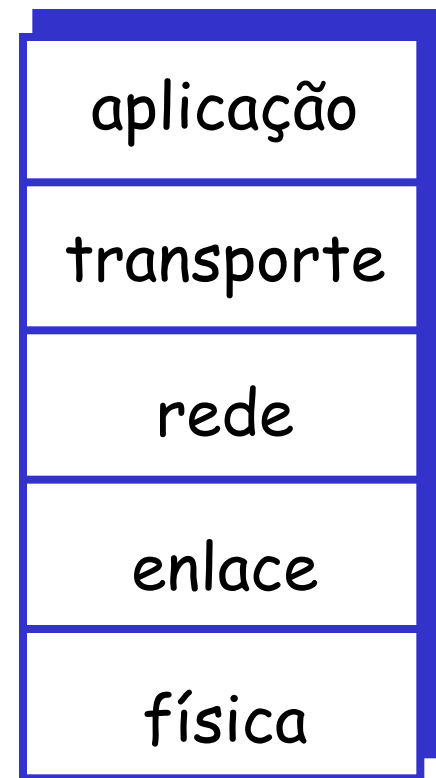
Por que dividir em camadas?

Lidar com sistemas complexos:

- r estrutura explícita permite a identificação e relacionamento entre as partes do sistema complexo
 - m **modelo de referência** em camadas para discussão
- r modularização facilita a manutenção e atualização do sistema
 - m mudança na implementação do serviço da camada é transparente para o resto do sistema
 - m ex., mudança no procedimento no portão não afeta o resto do sistema
- r divisão em camadas é considerada prejudicial?

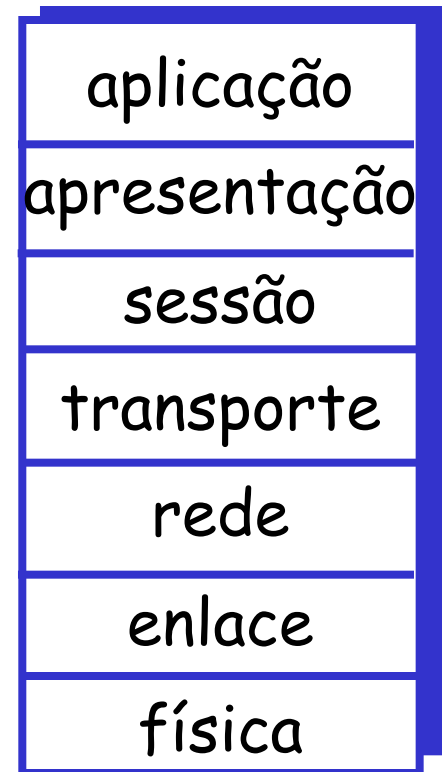
Pilha de protocolos Internet

- r **aplicação:** dá suporte a aplicações de rede
 - m FTP, SMTP, HTTP
- r **transporte:** transferência de dados processo a processo
 - m TCP, UDP
- r **rede:** repasse (encaminhamento) de datagramas da origem até o destino
 - m IP, protocolos de roteamento
- r **enlace:** transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
 - m PPP, Ethernet, 802.11
- r **física:** bits "no fio"

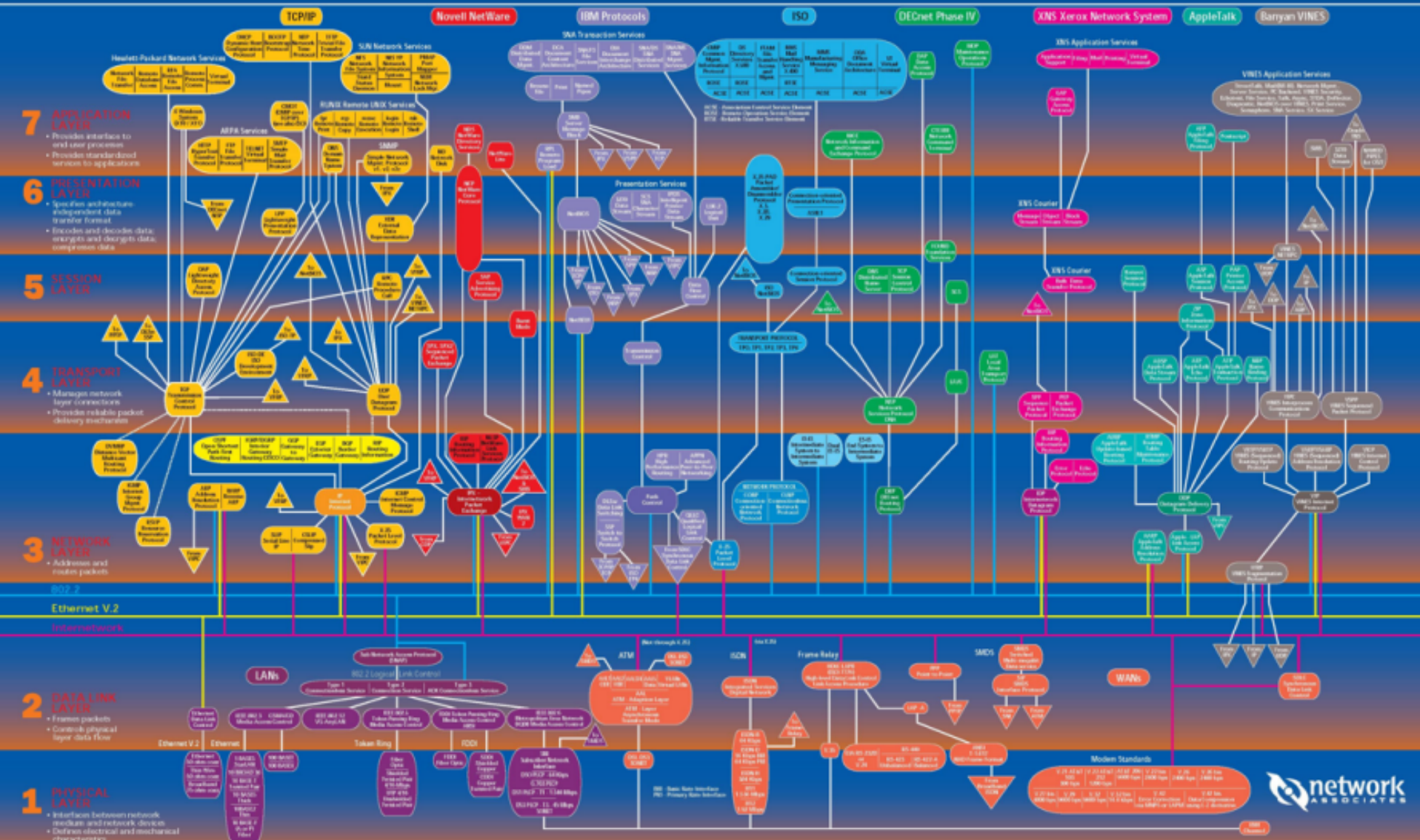


Modelo de referência ISO/OSI

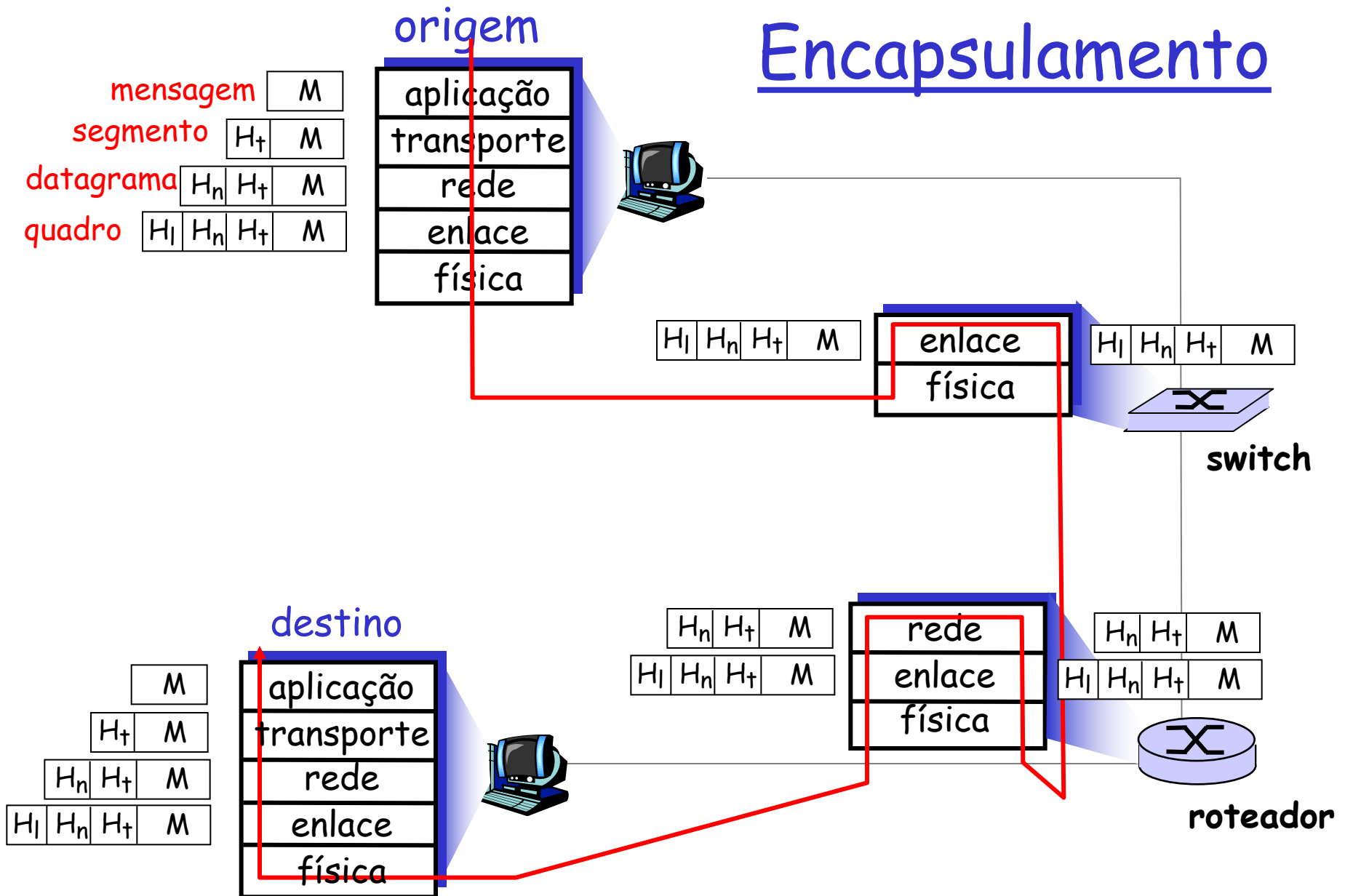
- r **apresentação**: permite às aplicações interpretar o significado dos dados, ex., cifragem, compressão, convenções específicas de máquina
- r **sessão**: sincronização, verificação, recuperação da troca de dados
- r a pilha Internet não contém estas camadas!
 - m estes serviços, *caso necessários*, devem ser implementados na aplicação
 - m eles são necessários?



NETWORK ASSOCIATES GUIDE TO COMMUNICATIONS PROTOCOLS



Encapsulamento



Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

Segurança de Redes

- r O campo de segurança de redes lida com:
 - m como os vilões podem atacar as redes
 - m como podemos defender as redes contra ataques
 - m como projetar arquiteturas que sejam imunes a ataques

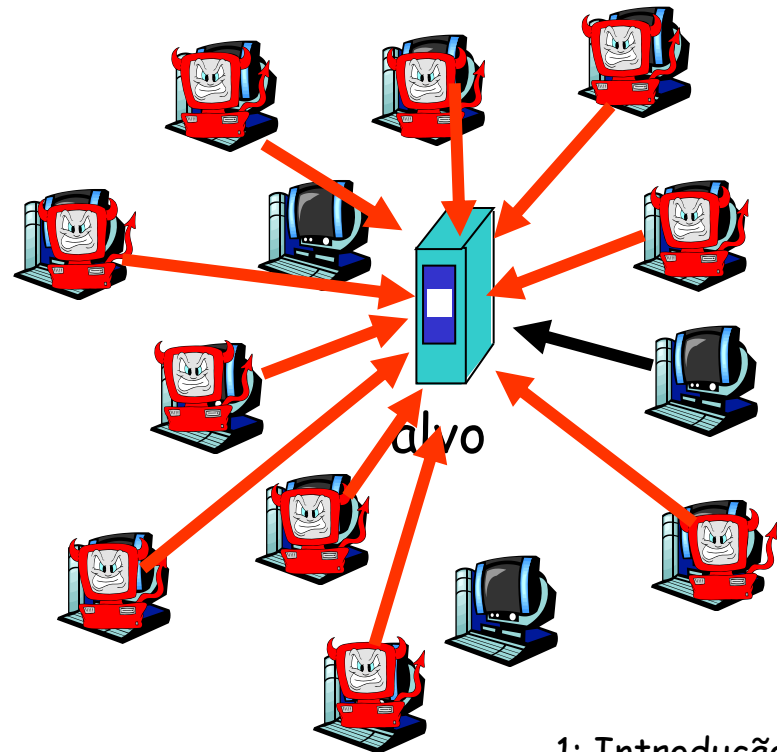
- r A Internet não foi projetada inicialmente com (muita) segurança em mente
 - m *visão original*: "um grupo de usuários mutuamente confiáveis conectados a uma rede transparente ☺"
 - m Projetistas dos protocolos Internet estão "correndo atrás do prejuízo"
 - m Considerações sobre segurança em todas as camadas!

Os vilões podem colocar *malware* no seu hospedeiro através da Internet

- r O *Malware* pode entrar nos hospedeiros através de:
 - m *vírus*: infecção autoreplicante através da recepção/ execução de um objeto (ex., anexo de e-mail)
 - m *Worms*: infecção autoreplicante através da recepção passiva de um objeto que se autoexecuta
- r *Spyware* pode registrar teclas digitadas, sítios web visitados, carregar informações para sítio de coleta.
- r Hospedeiro infectado podem ser incluídos numa *botnet*, usada para gerar spams e ataques DDoS.

Ataque a servidores e à infraestrutura da rede

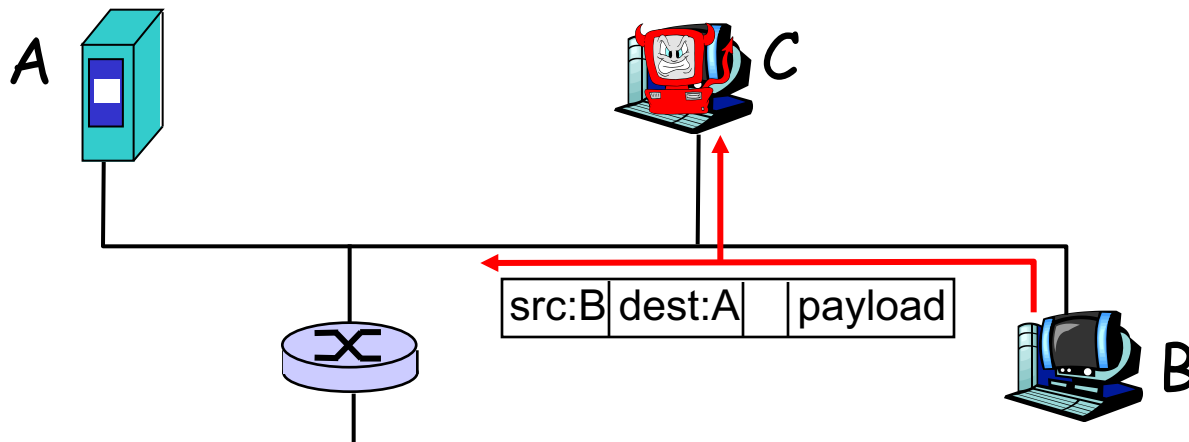
- r *Negação de serviço (DoS)*: atacantes deixam os recursos (servidor, banda) indisponíveis para o tráfego legítimo sobrecarregando o recurso com tráfego falso
1. seleciona o alvo
 2. Invade hospedeiros na rede (vide botnet)
 3. envia pacotes para o alvo a partir de hospedeiros invadidos



Os vilões podem analisar pacotes

Analísadores (farejadores) de pacotes:

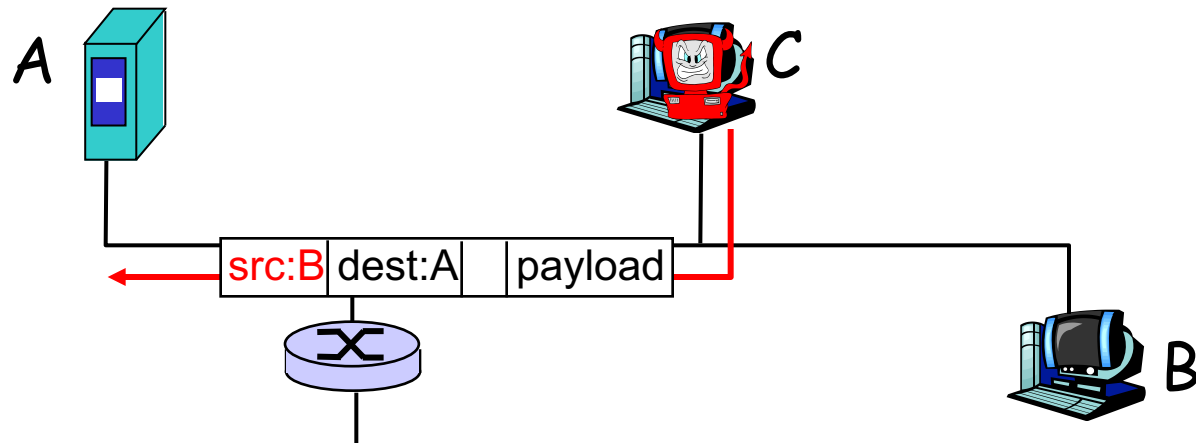
- m meios de difusão (Ethernet compartilhado, sem fio)
- m interface promíscua de rede lê/registra todos os pacotes que passam (incluindo senhas!)



- ❖ O programa Wireshark usado para os laboratórios no final do capítulo é um analisador grátis de pacotes

Os vilões podem se passar por alguém de sua confiança

- r *Imitação (spoofing) de pacotes IP:* envia pacotes com endereços origem falsos



... muito mais sobre segurança (até o Capítulo 8)

<https://cartilha.cert.br/>



Roteiro do Capítulo 1

1.1 O Que é a Internet?

1.2 A Borda (Periferia) da Internet

1.3 O Núcleo da Rede

1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes

1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços

1.6 Redes sob ameaça

1.7 História das redes de computadores e da Internet

História da Internet

1961-1972: Estréia da comutação de pacotes

- r 1961: Kleinrock - teoria das filas demonstra eficiência da comutação por pacotes
- r 1964: Baran - comutação de pacotes em redes militares
- r 1967: concepção da ARPAnet pela ARPA (*Advanced Research Projects Agency*)
- r 1969: entra em operação o primeiro nó da ARPAnet

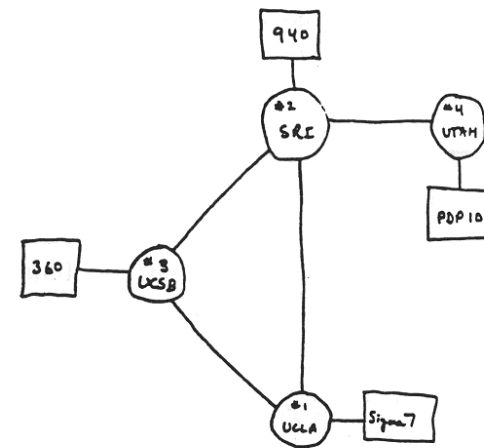


História da Internet

1961-1972: Estréia da comutação de pacotes

r 1972:

- m demonstração pública da ARPAnet
- m NCP (*Network Control Protocol*) primeiro protocolo host-host
- m primeiro programa de e-mail
- m ARPAnet com 15 nós



THE ARPA NETWORK

História da Internet

1972-1980: Interconexão de redes novas e proprietárias

- r 1970: rede de satélite ALOHAnet no Havaí
- r 1974: Cerf e Kahn - arquitetura para a interconexão de redes
- r 1976: Ethernet no XEROX PARC
- r fim dos anos 70: arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- r fim dos anos 70: comutação de pacotes de comprimento fixo (precursor do ATM)
- r 1979: ARPAnet com 200 nós

Princípios de interconexão de Cerf e Kahn:

- m minimalismo, autonomia - não é necessária nenhuma mudança interna para interconectar redes
- m modelo de serviço *best effort*
- m roteadores sem estados
- m controle descentralizado

definem a arquitetura atual da Internet

História da Internet

1980-1990: novos protocolos, proliferação de redes

- r 1983: implantação do TCP/IP
- r 1982: definição do protocolo SMTP para e-mail
- r 1983: definição do DNS para tradução de nome para endereço IP
- r 1985: definição do protocolo FTP
- r 1988: controle de congestionamento do TCP
- r novas redes nacionais: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- r 100.000 hosts conectados numa confederação de redes

História da Internet

Anos 90 e 2000: comercialização, a Web, novas aplicações

- r início dos anos 90: ARPAnet desativada
- r 1991: NSF remove restrições ao uso comercial da NSFnet (desativada em 1995)
- r início dos anos 90 : Web
 - m hipertexto [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - m HTML, HTTP: Berners-Lee
 - m 1994: Mosaic, posteriormente Netscape
 - m fim dos anos 90: comercialização da Web

Final dos anos 90-00:

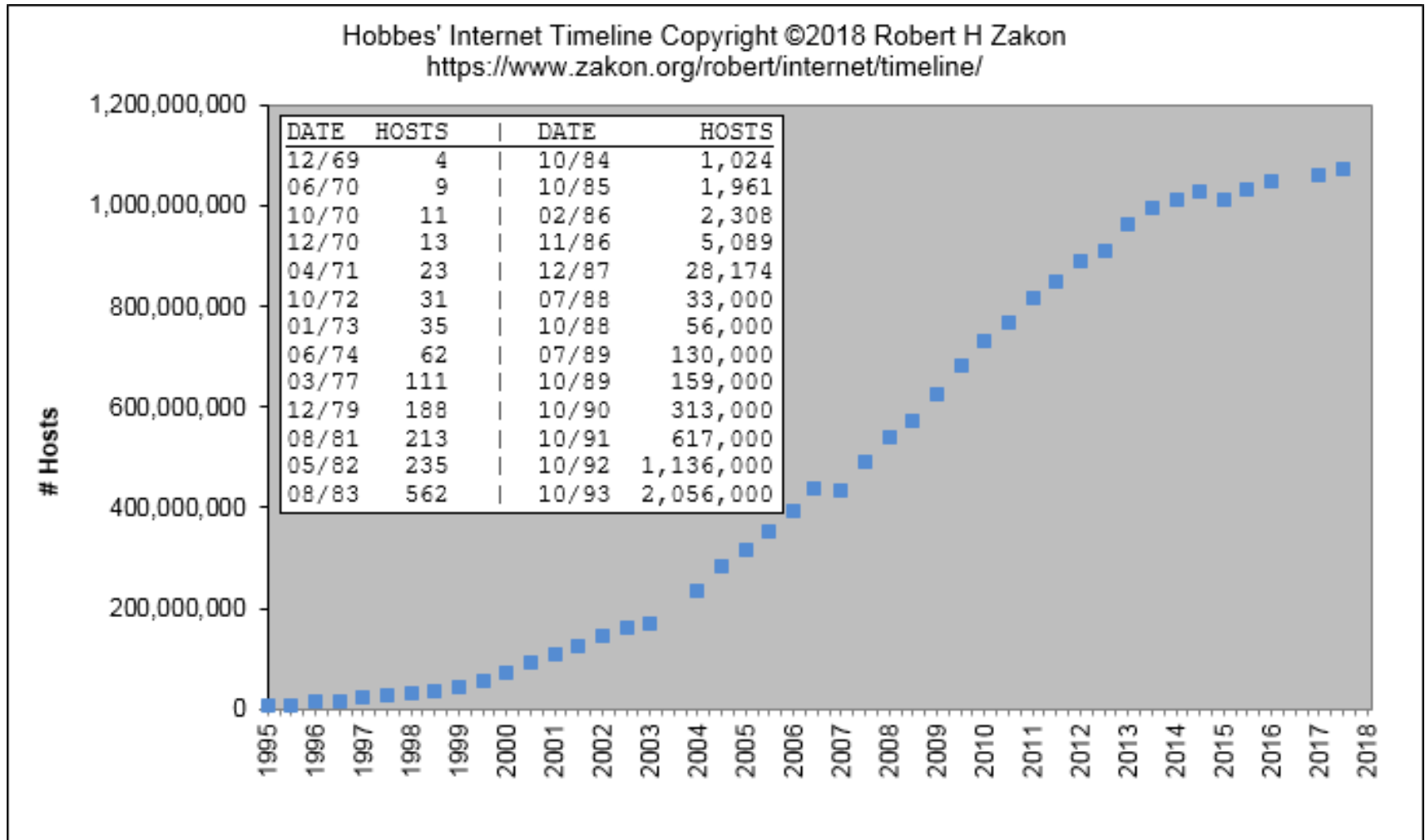
- r novas aplicações: mensagens instantâneas, compartilhamento de arquivos P2P
- r preocupação com a segurança de redes
- r est. 50 milhões de computadores na Internet
- r est. mais de 100 milhões de usuários
- r enlaces de backbone a Gbps

História da Internet

A partir de 2005:

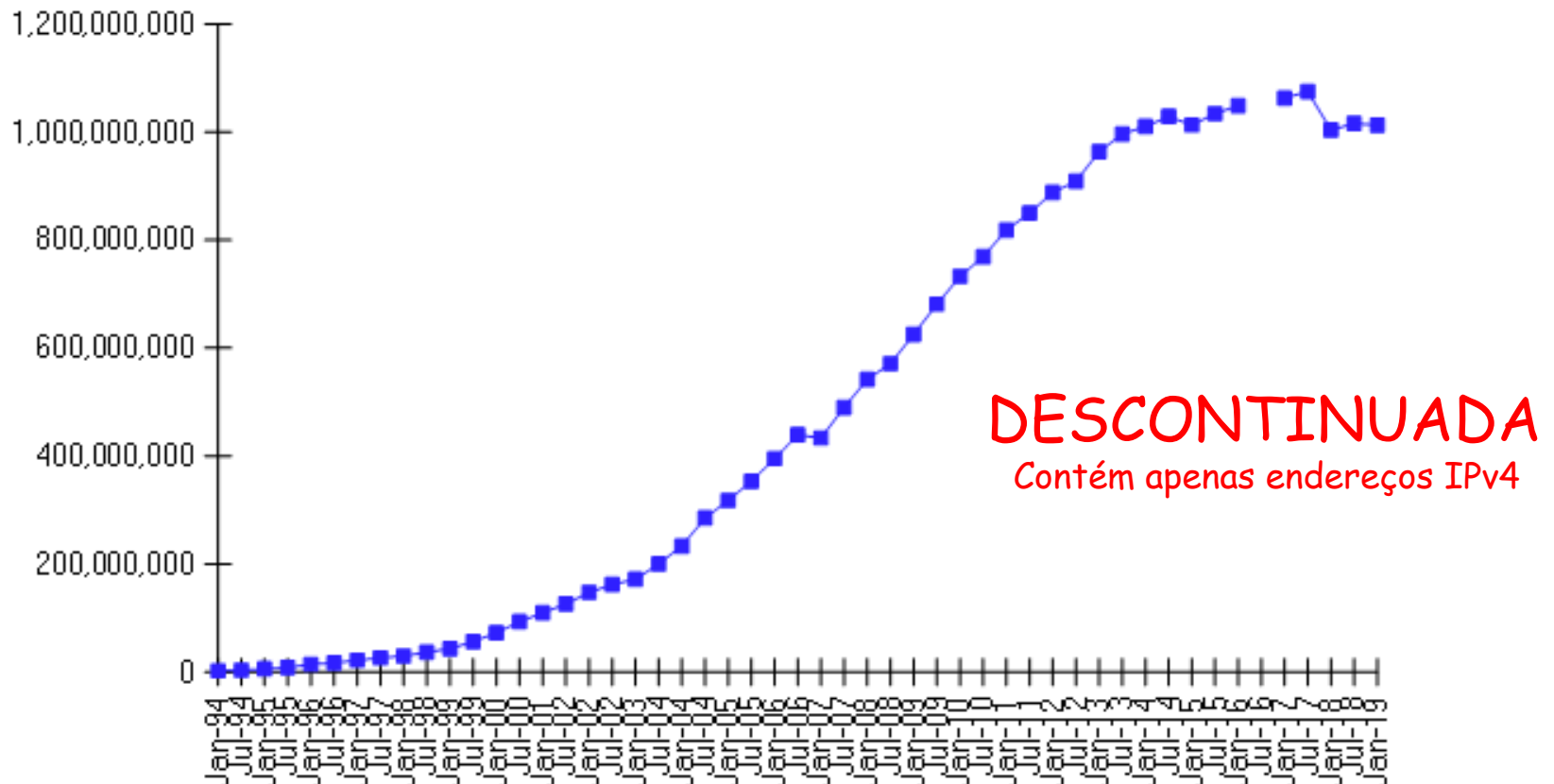
- r Mais de um bilhão de hospedeiros
 - m *Smartphones e tablets*
- r Implantação agressiva de acesso de banda larga
- r Crescente ubiquidade de acessos sem fio de alta velocidade
- r Surgimento das redes sociais
 - m Facebook: mais de um 1,94 bilhões de usuários ativos (2017)
- r Provedores de serviço (Google, Microsoft) criam suas próprias redes
 - m Evitam a Internet, fornecendo acesso "instantâneo" a buscas, e-mails, etc.
- r Comércio Eletrônico, universidades e empresas rodando serviços na "nuvem" (ex., Amazon EC2)

Evolução do Número de Hosts



Evolução do Número de Hosts

Internet Domain Survey Host Count



Source: Internet Systems Consortium (www.isc.org)

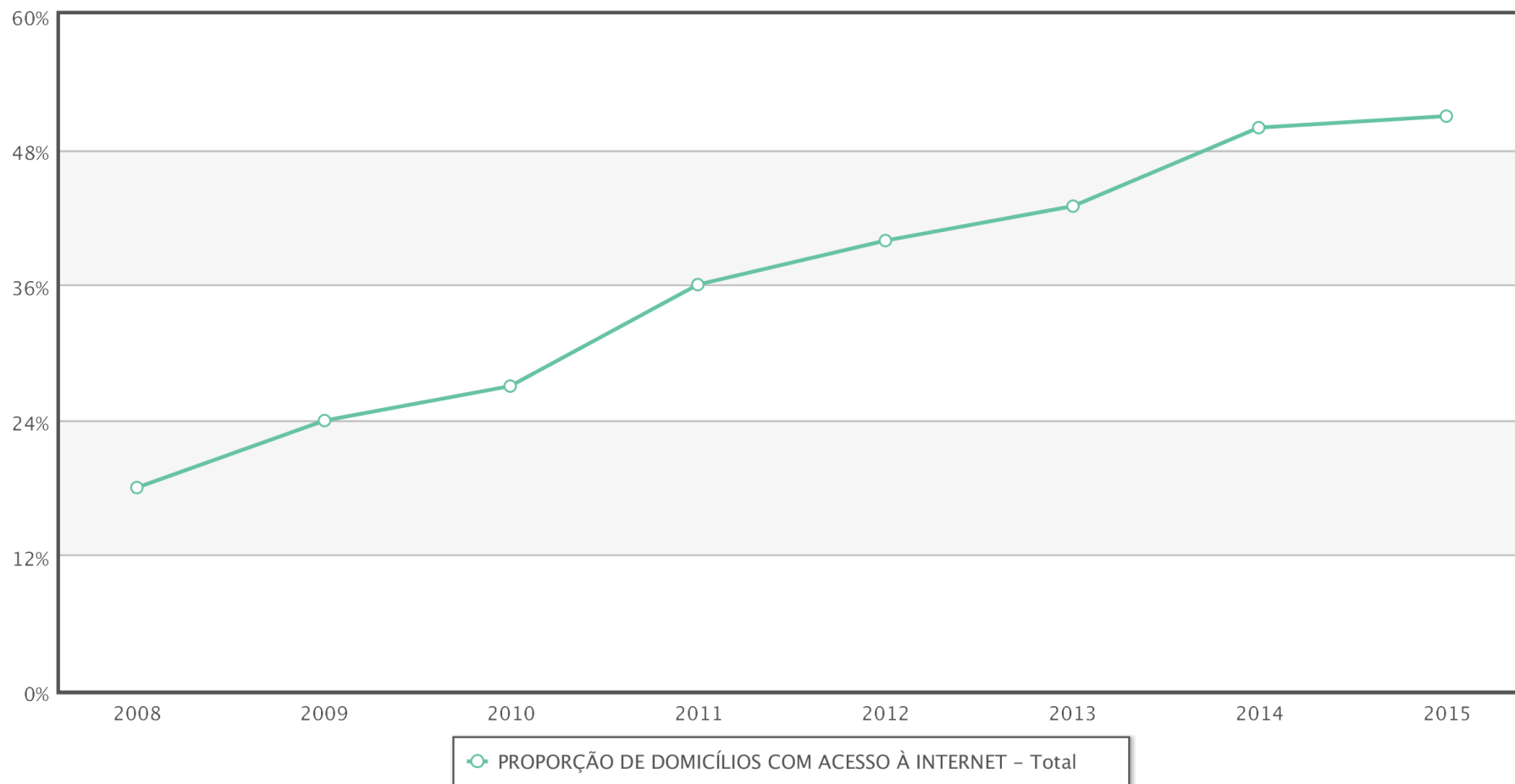
Internet/BR

- r A Rede Nacional de Pesquisa (RNP) teve início em 1989.
- r Aberta para uso comercial em 1994
- r Posição absoluta (7/11)
 - m Número de hosts: 22.212.190
 - m 4o do Mundo
- r IBOPE/NetRatings (11/12):
 - m 53,5 Milhões de Internautas residenciais ativos
 - m 46:19 hs de tempo médio mensal de horas navegadas por internauta ativo

Fonte: www.cetic.br

A4 – PROPORÇÃO DE DOMICÍLIOS COM ACESSO À INTERNET

Percentual sobre o total de domicílios(1)



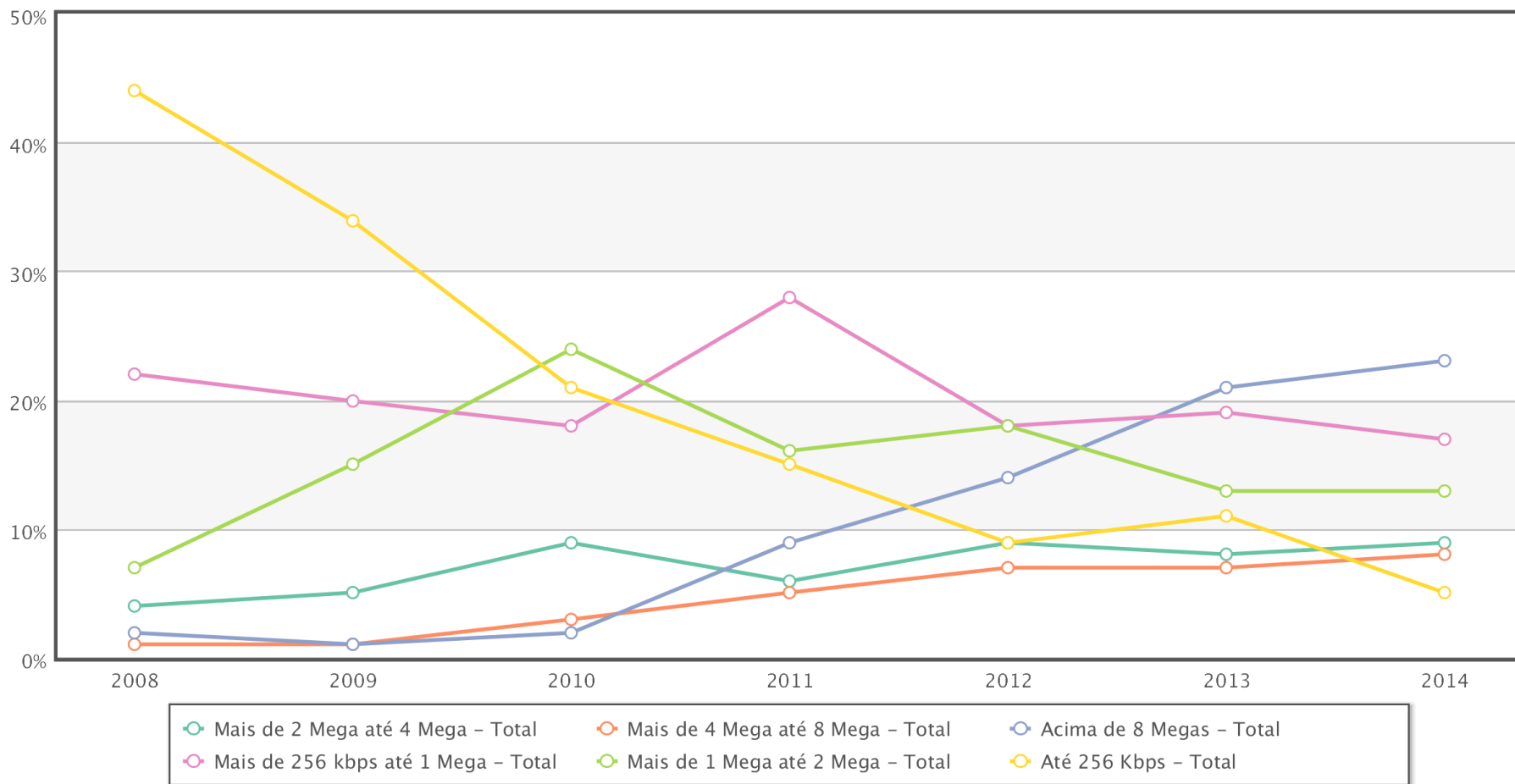
Percentual sobre o total de domicílios

(1) Base: 67.038.766 domicílios. Dados coletados entre Novembro de 2015 e Junho de 2016.

Fonte: Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br).

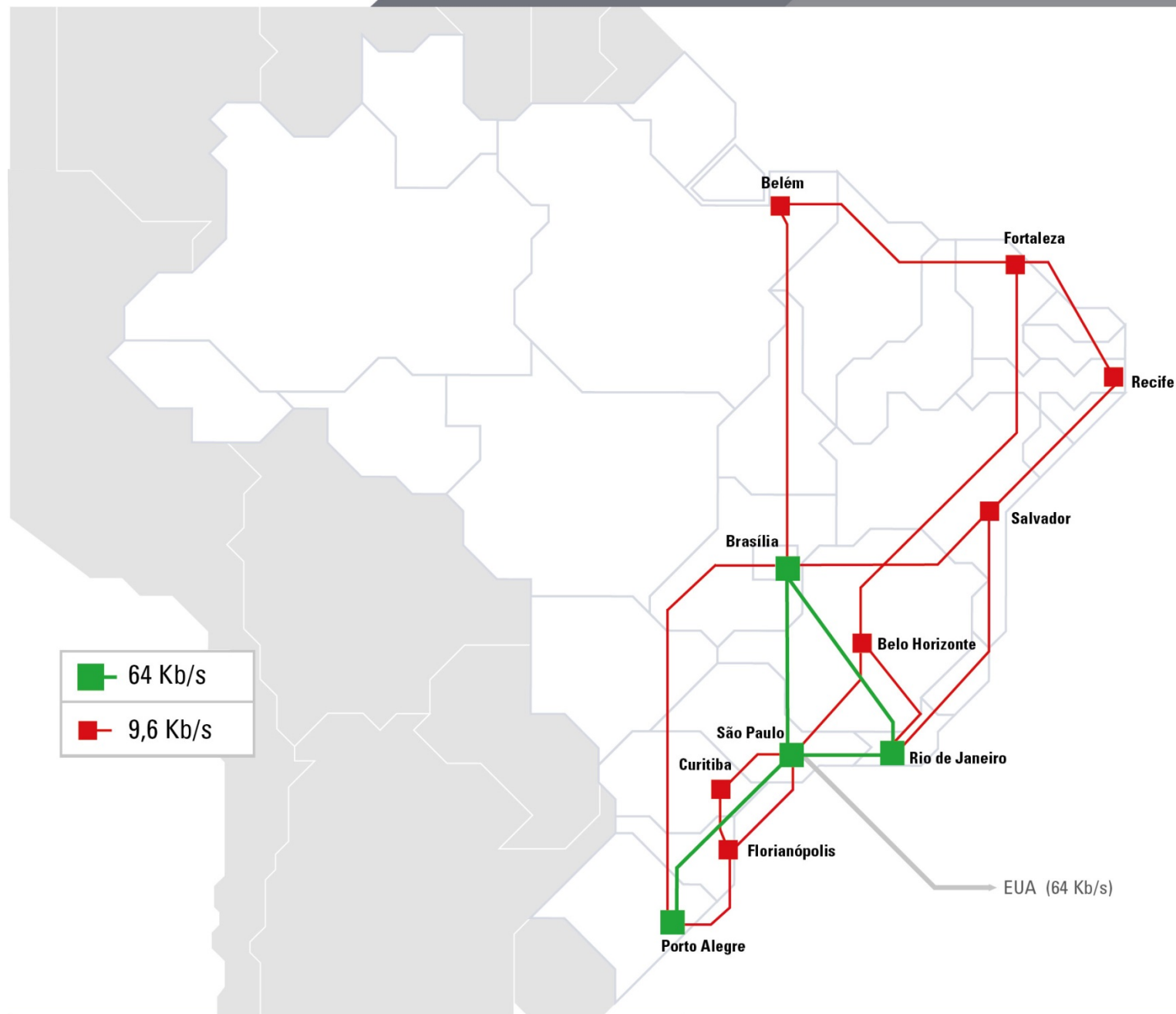
A6 – PROPORÇÃO DE DOMICÍLIOS COM ACESSO À INTERNET, POR VELOCIDADE DA CONEXÃO

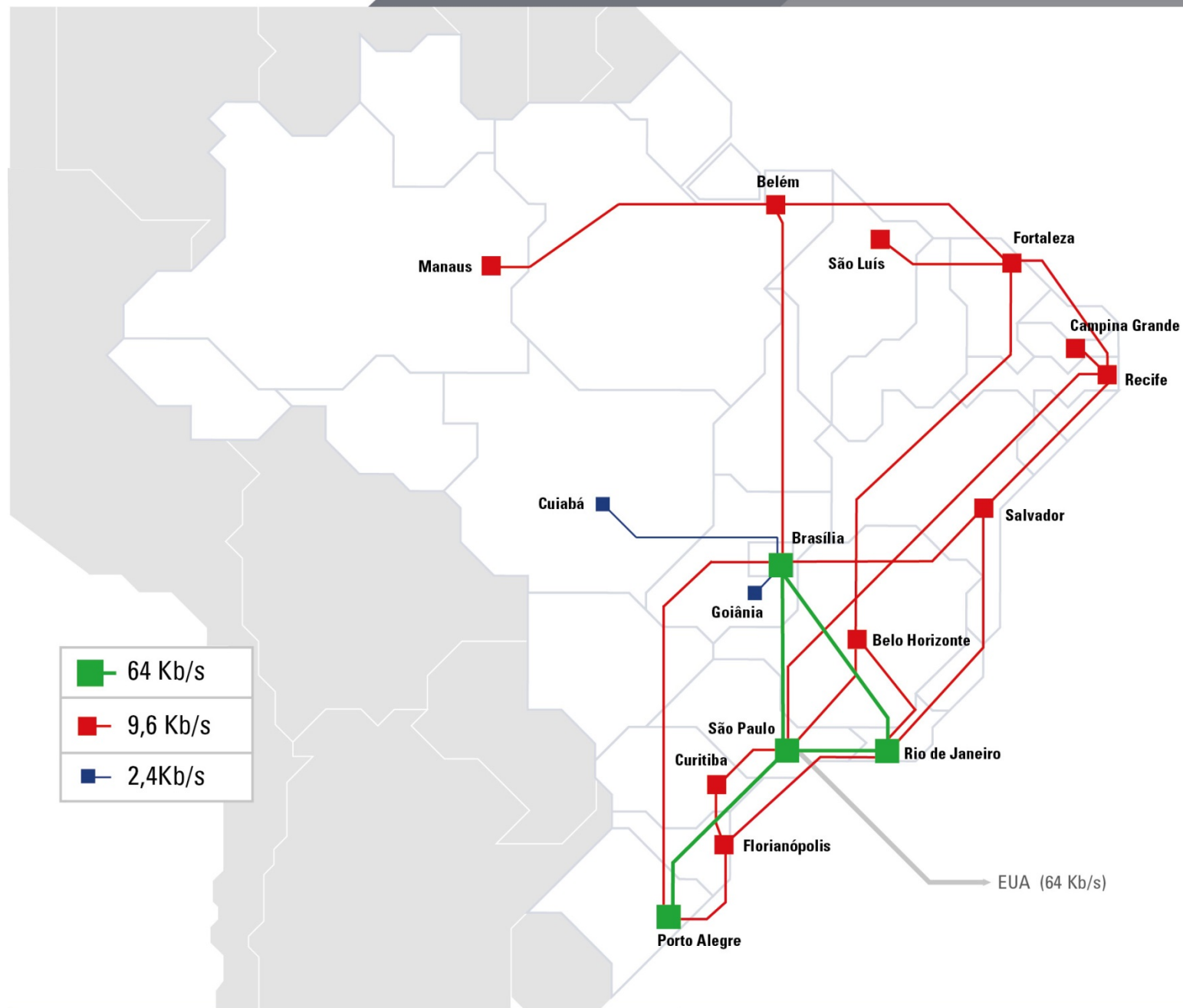
Percentual sobre o total de domicílios com acesso à Internet(1)

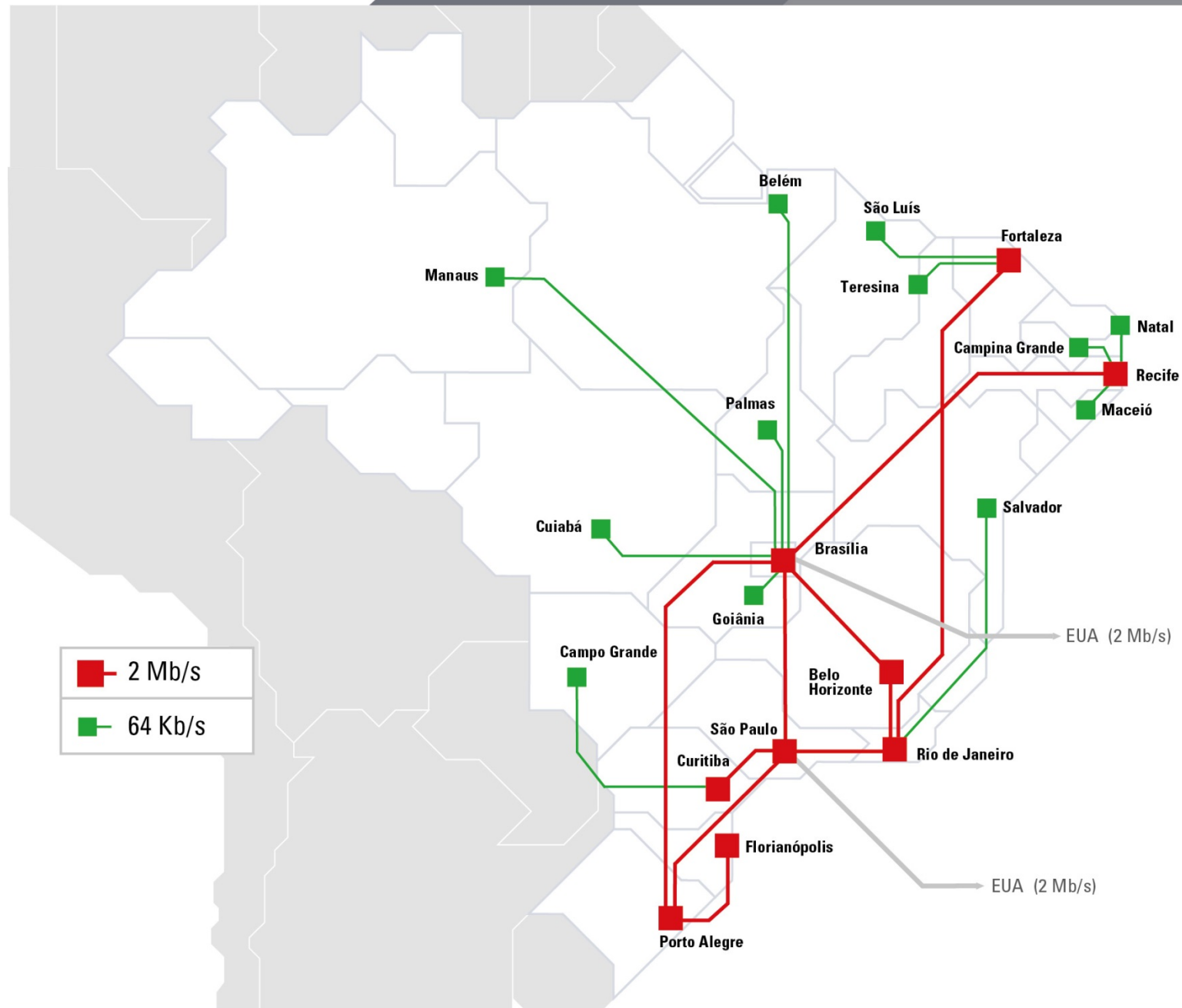


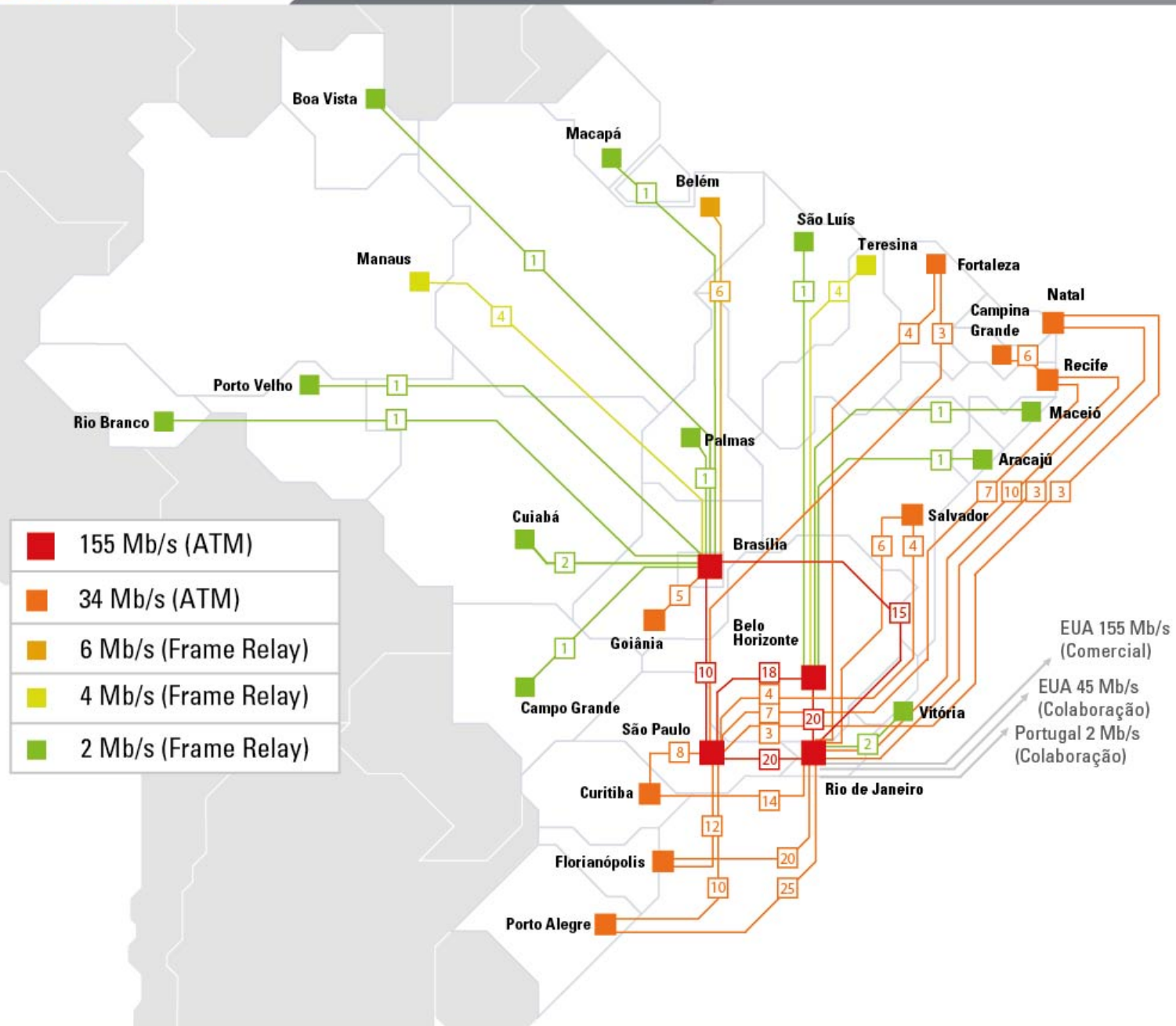
Percentual sobre o total de domicílios com acesso à Internet
(1) Base: 28,1 milhões de domicílios que possuem computador.

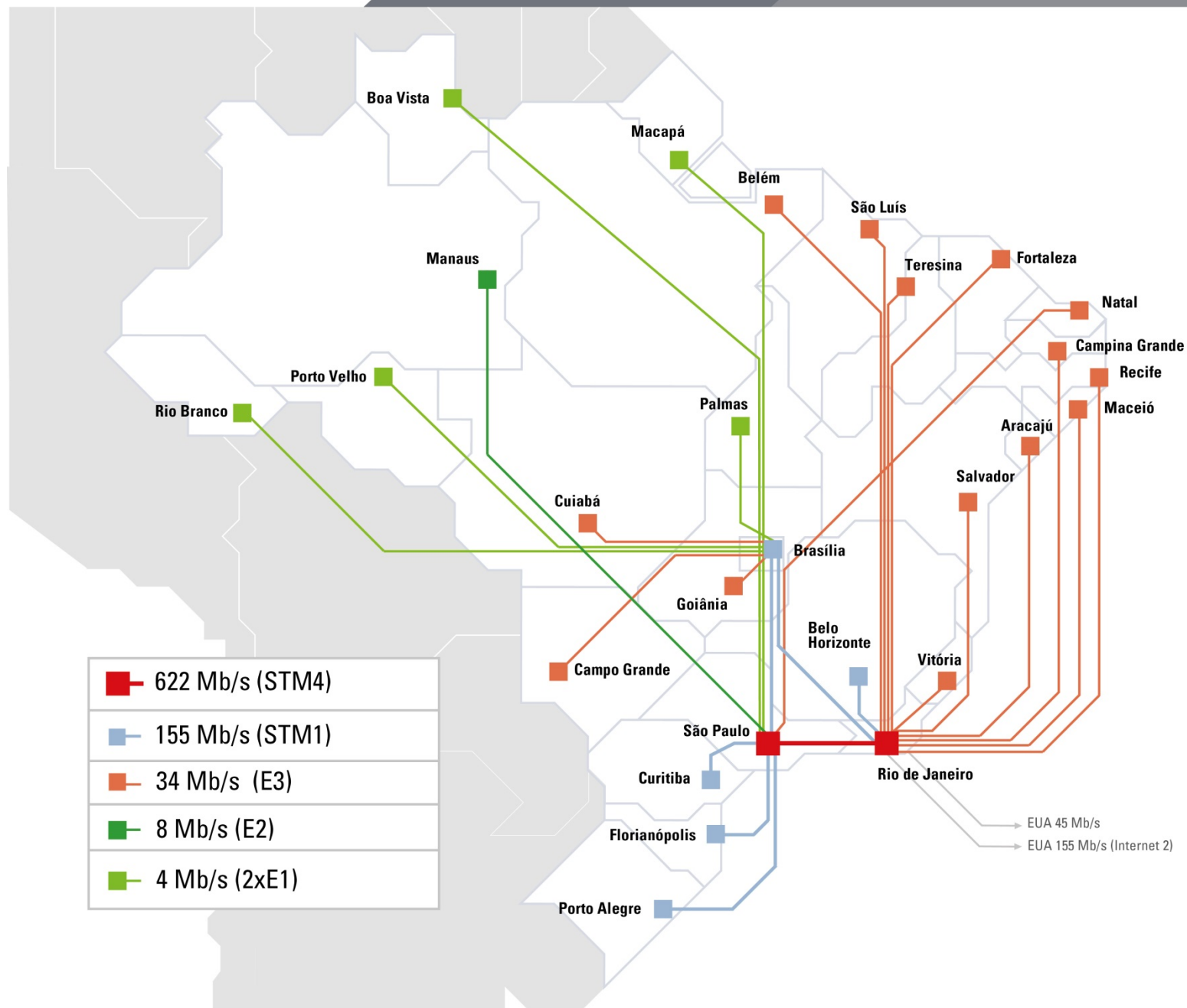
Fonte: Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (NIC.br).

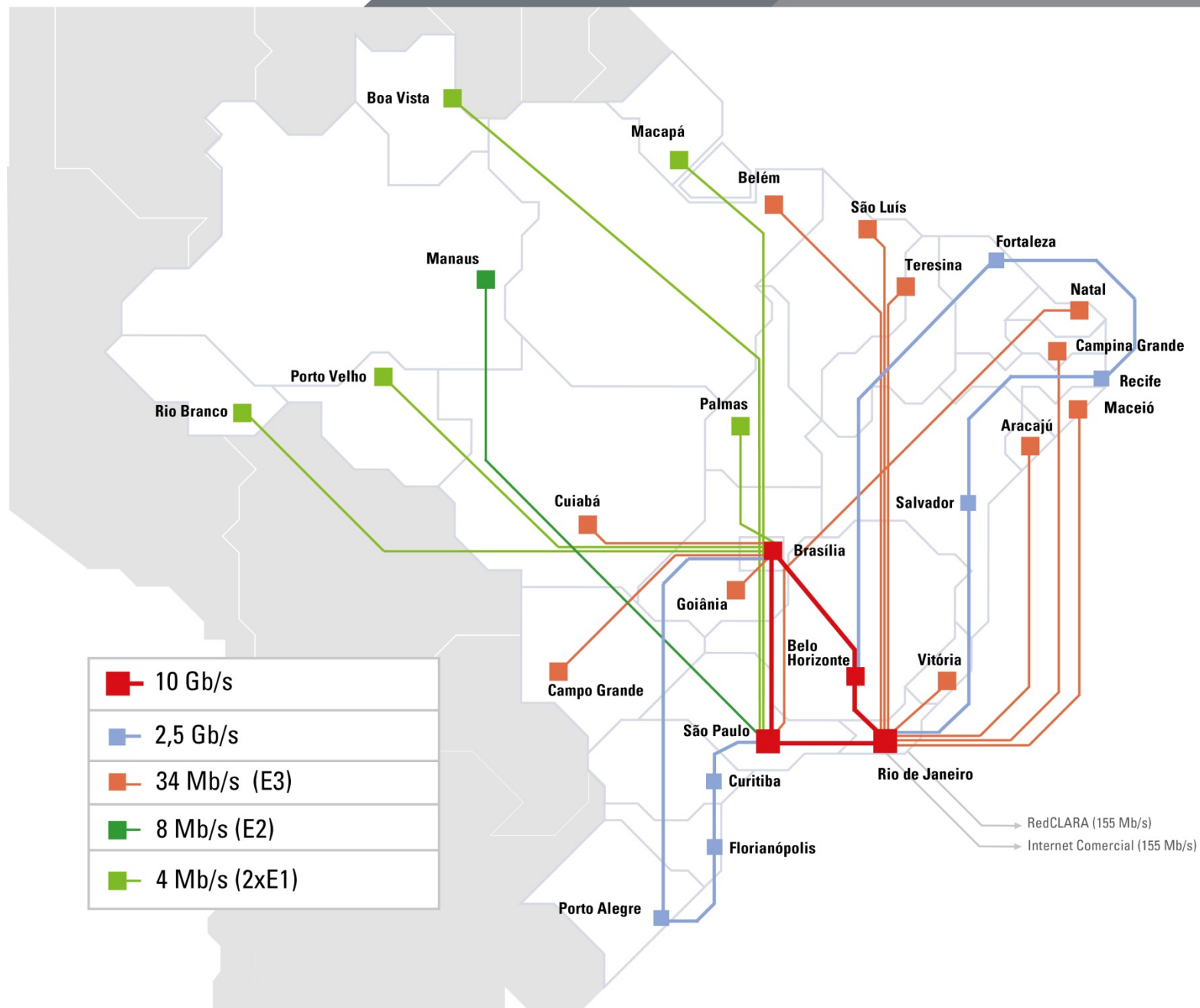


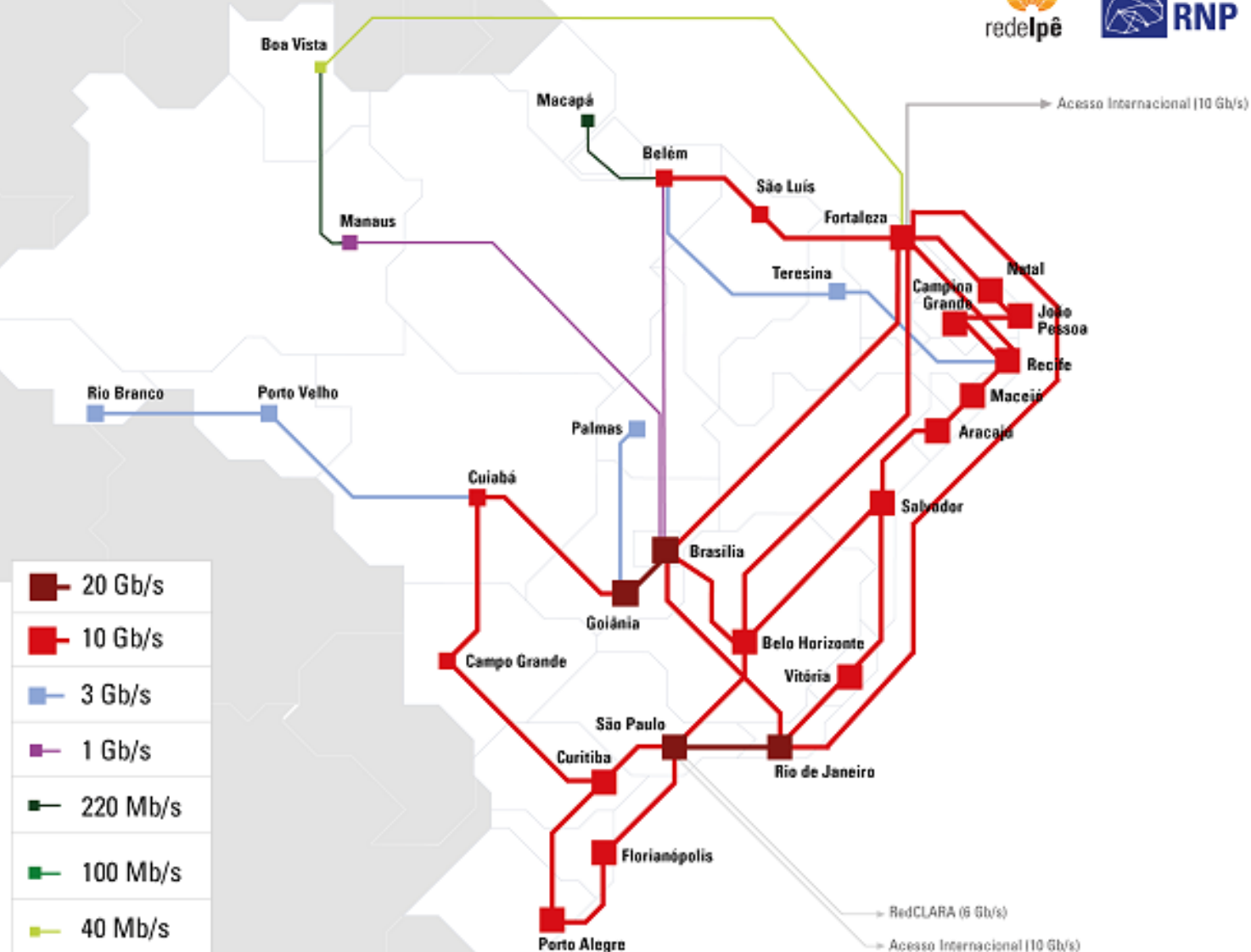


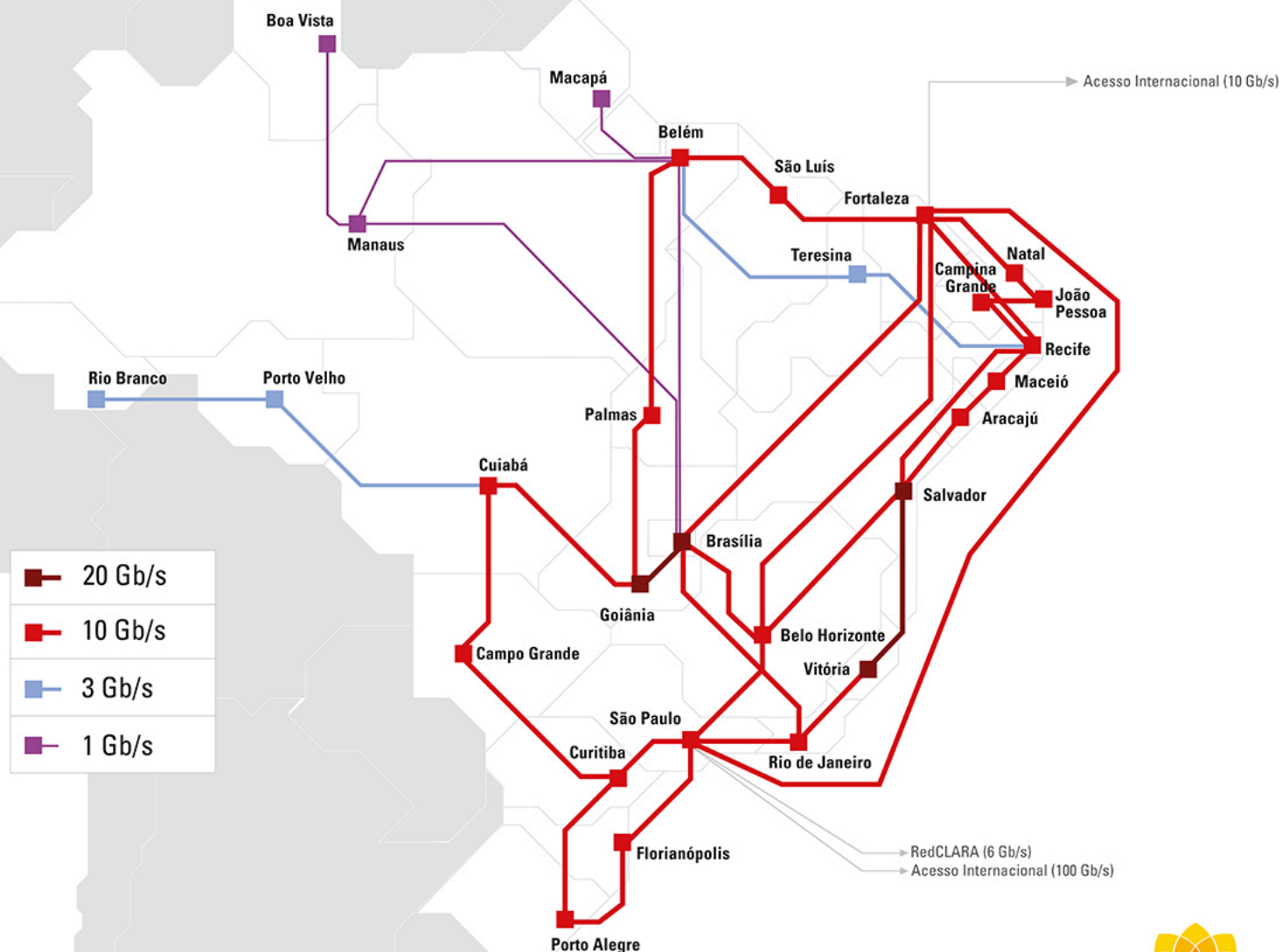


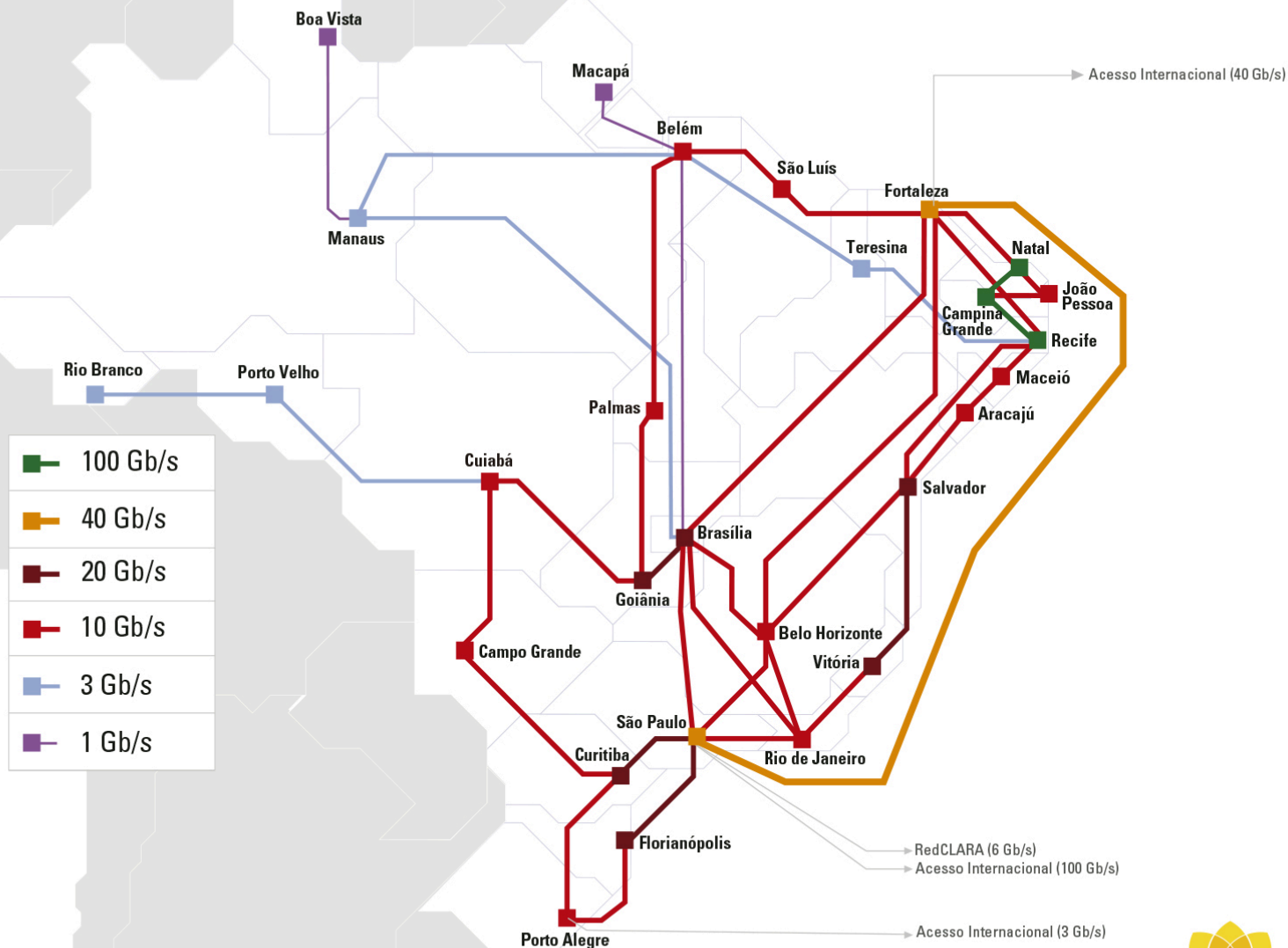


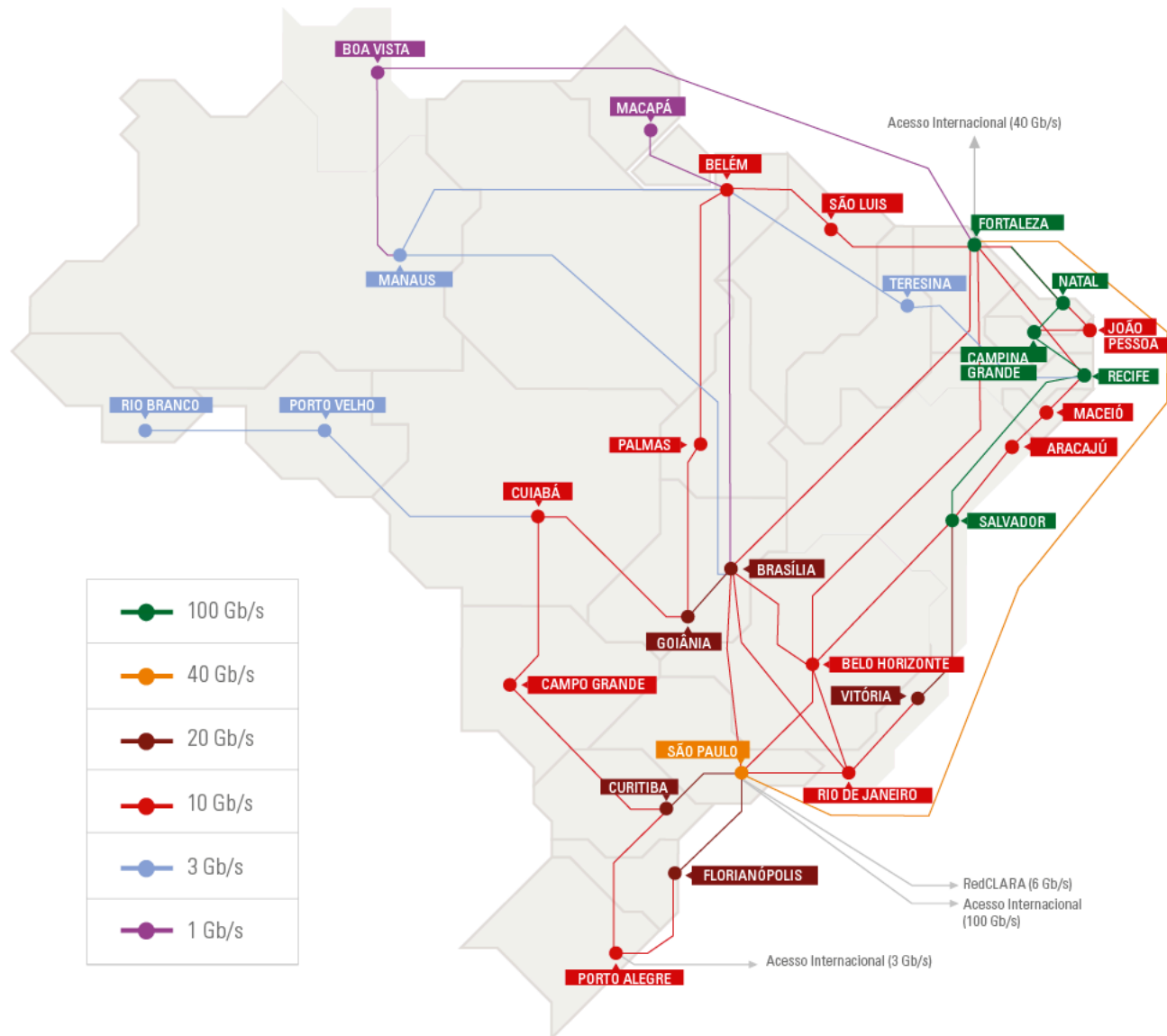




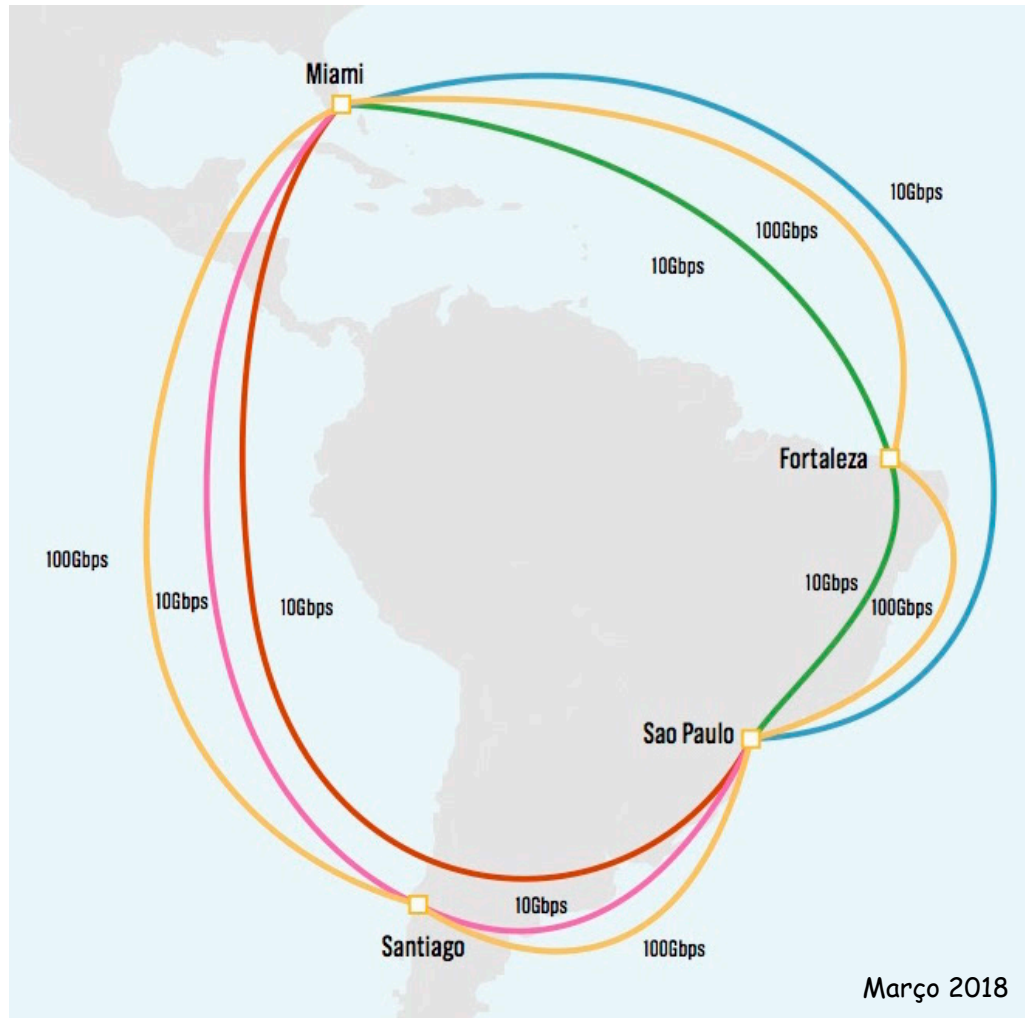








AmLight





Introdução: Resumo

Foi coberta uma tonelada de material!

- r visão geral da Internet
- r o que é um protocolo?
- r borda da rede, núcleo, rede de acesso
 - m Comutação de pacotes vs. Comutação de circuitos
- r estrutura da Internet/ISPs
- r desempenho: perda, atraso, vazão
- r modelos de camadas e de serviços
- r segurança
- r história

Esperamos que agora você possua:

- r contexto, visão geral, "sentimento" do que sejam redes
- r maior profundidade, detalhes *posteriormente* no curso