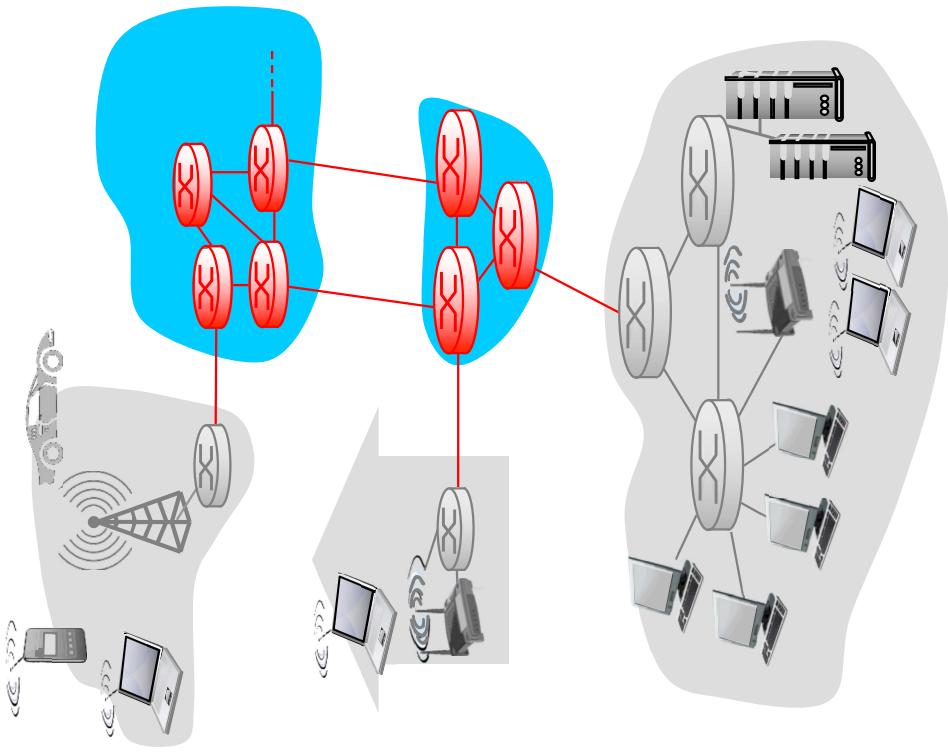


Roteiro do Capítulo 1

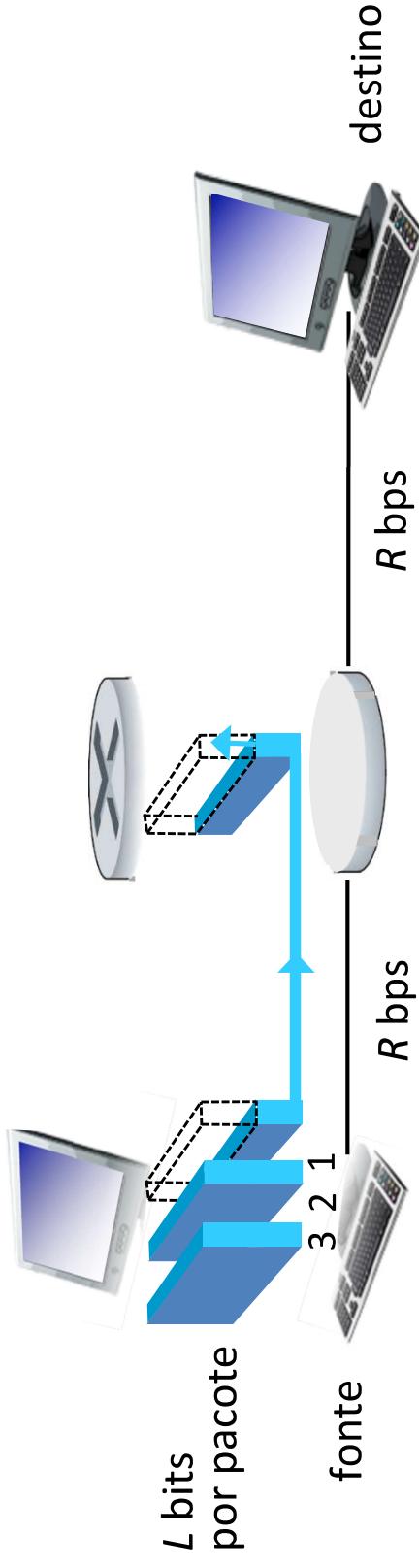
- 1.1 O Que é a Internet?
- 1.2 A Borda (Periferia) da Internet
- 1.3 O Núcleo da Rede**
- 1.4 Atraso, perda e vazão em redes de comutação de pacotes
- 1.5 Camadas de protocolos e seus modelos de serviços
- 1.6 Redes sob ameaça
- 1.7 História das redes de computadores e da Internet

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.

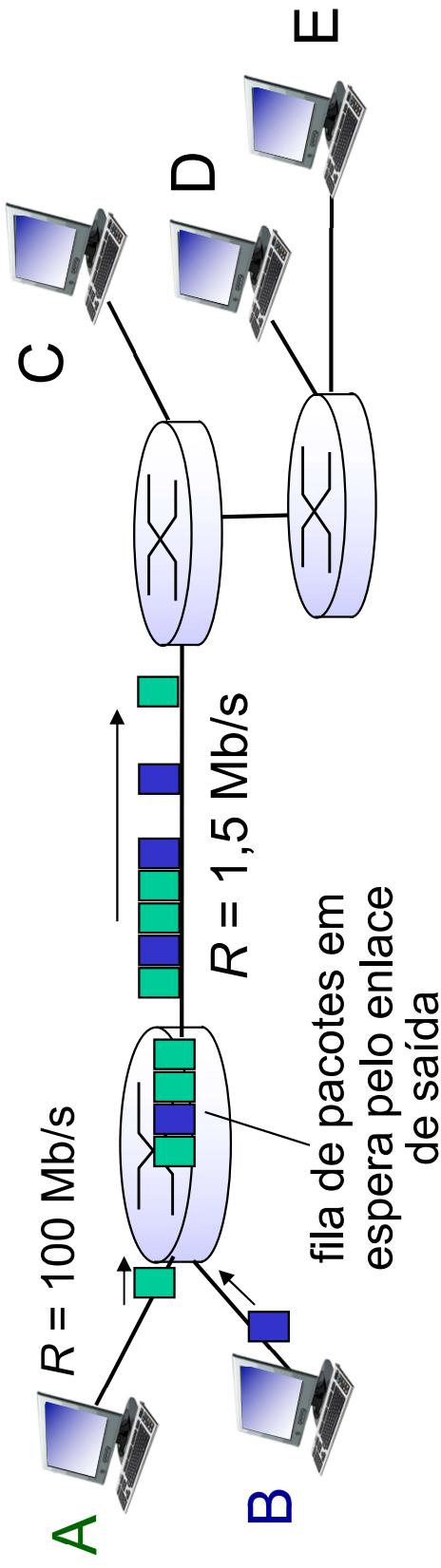


Comutação de pacotes: armazena e repassa



- 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:
 - $L = 7,5 \text{ Mbits}$
 - $R = 1,5 \text{ Mbps}$
 - atraso de transmissão em um salto = 5 seg
- mais sobre atrasos em breve...

Comutação de pacotes: atraso de enfileiramento, perdas



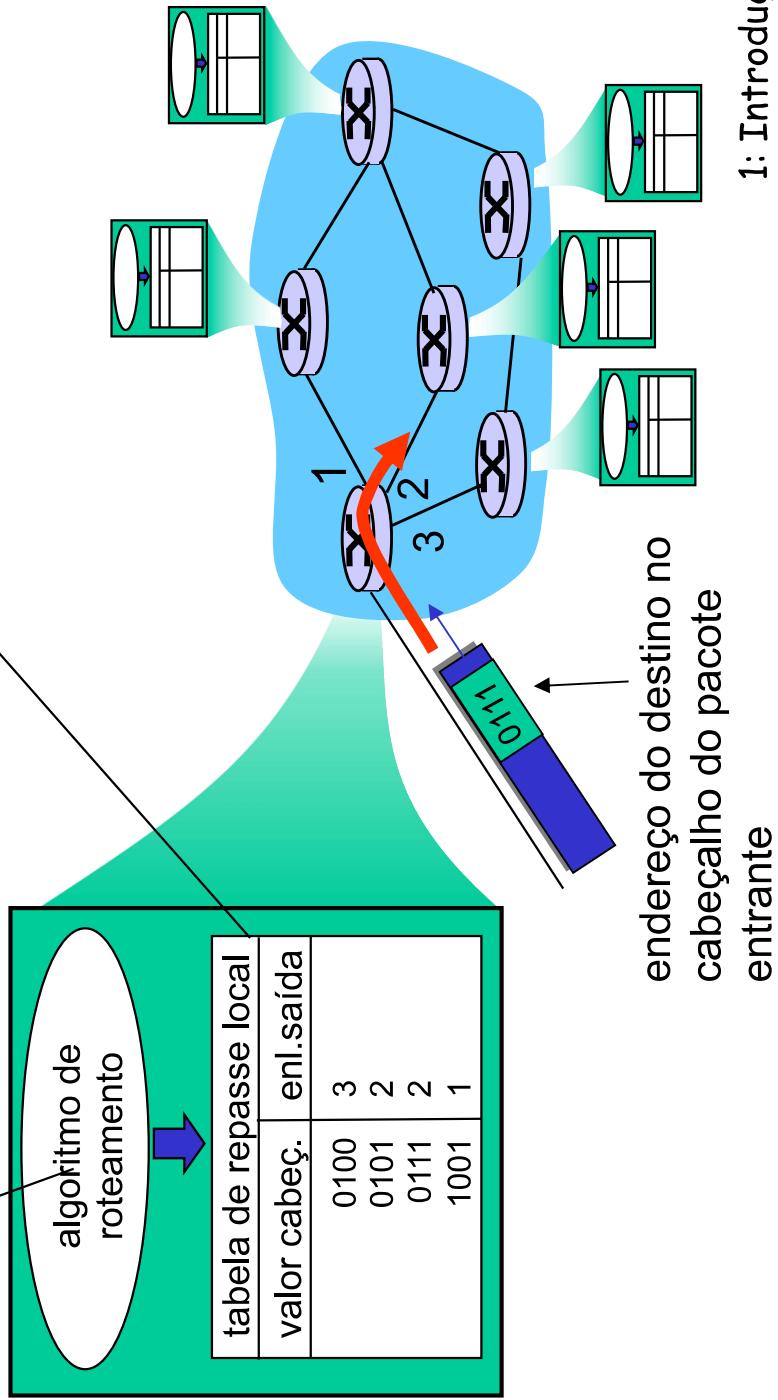
enfileiramento e perdas:

- ❖ 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

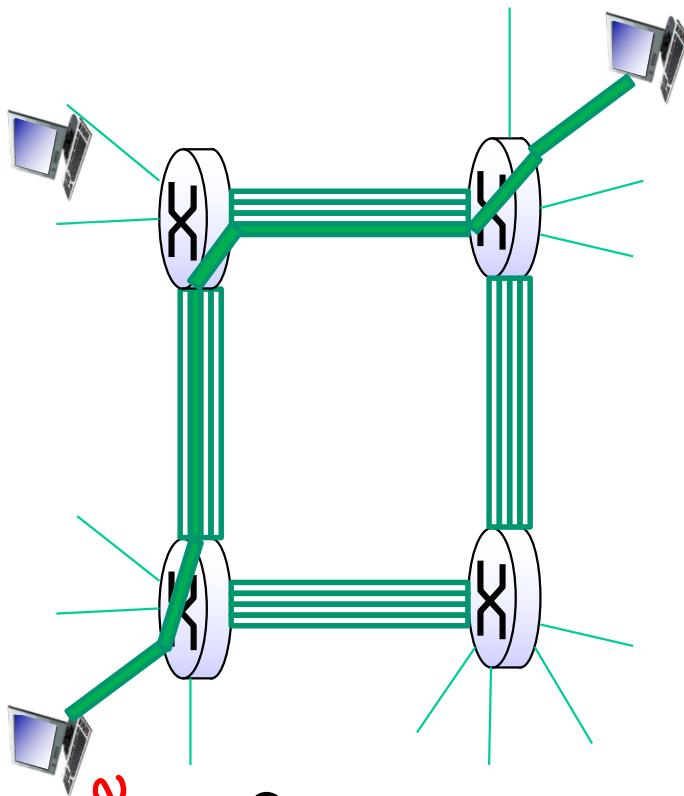
- **roteamento:** determina a rota origem-destino tomada pelos pacotes
 - **algoritmos de roteamento**

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
 - r 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



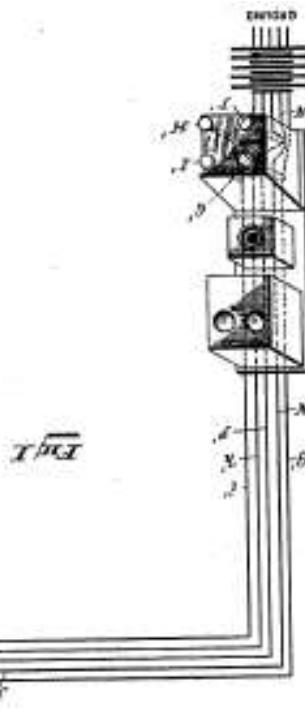
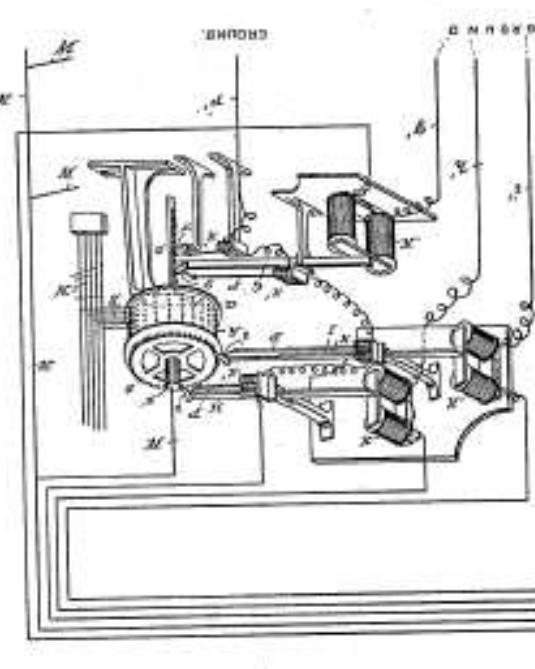
(No Model.) 3 Sheets—Sheet 1.

A. B. STROWGER. 3 Sheets—Sheet 4.

AUTOMATIC TELEPHONE EXCHANGE.

Patented Mar. 10, 1891.

No. 447,918.



Inventor:
Almon B. Strowger

Inventor:
Almon B. Strowger

Witnesses
R. Baldwin
G. W. Strowger

Inventor:
Almon B. Strowger

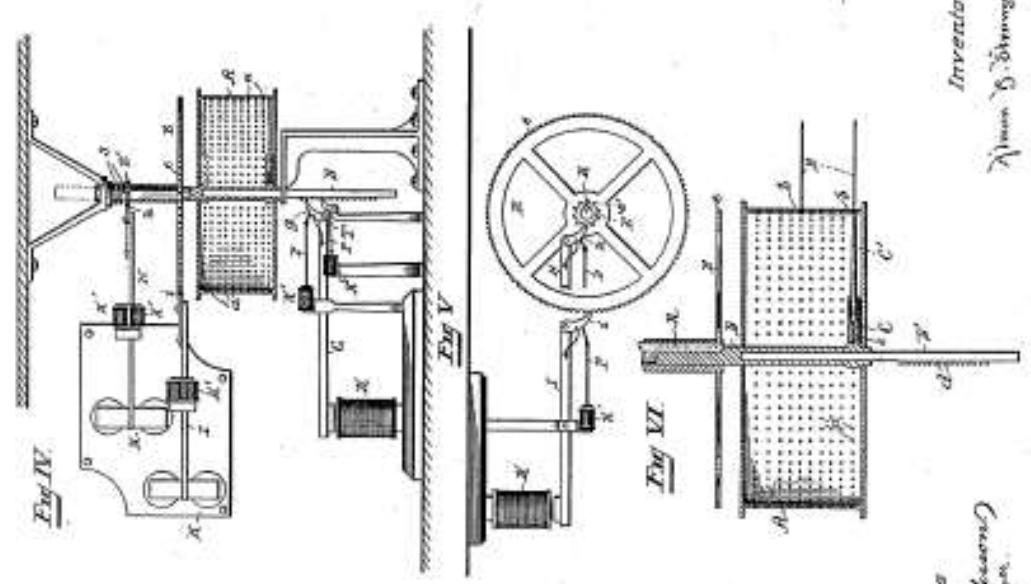
(No Model.) 3 Sheets—Sheet 1.

A. B. STROWGER.

AUTOMATIC TELEPHONE EXCHANGE.

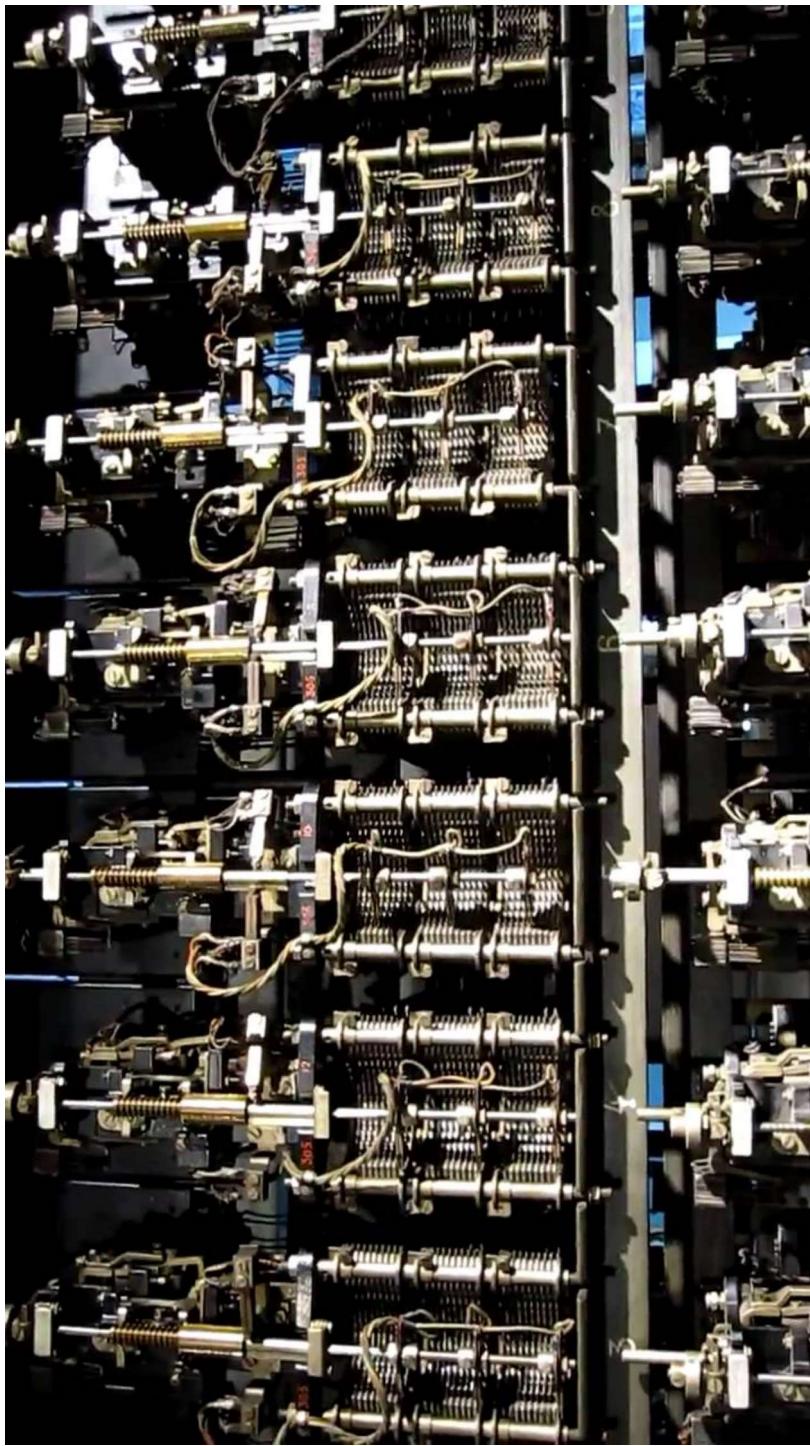
Patented Mar. 10, 1891.

No. 447,918.



http://en.wikipedia.org/wiki/Almon_Strowger
<http://www.pat2pdf.org/patents/pat0447918.pdf>

Comutadores eletromecânicos



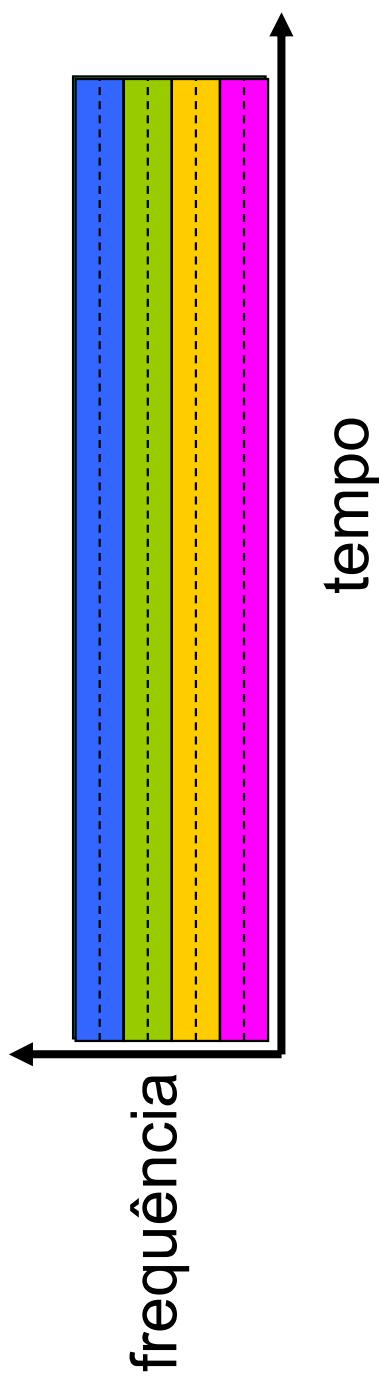
Comutação de Circuitos: FDM e TDM

Exemplo:

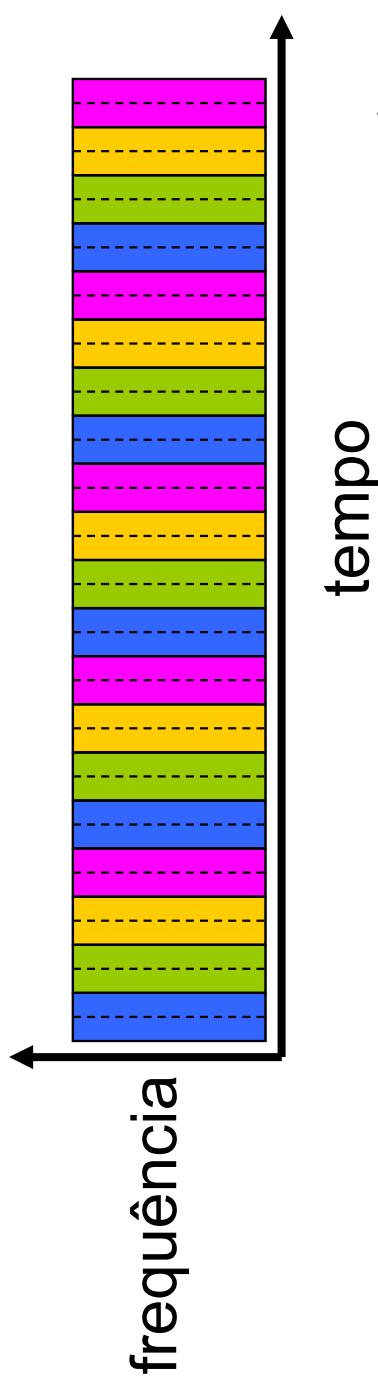
4 usuários



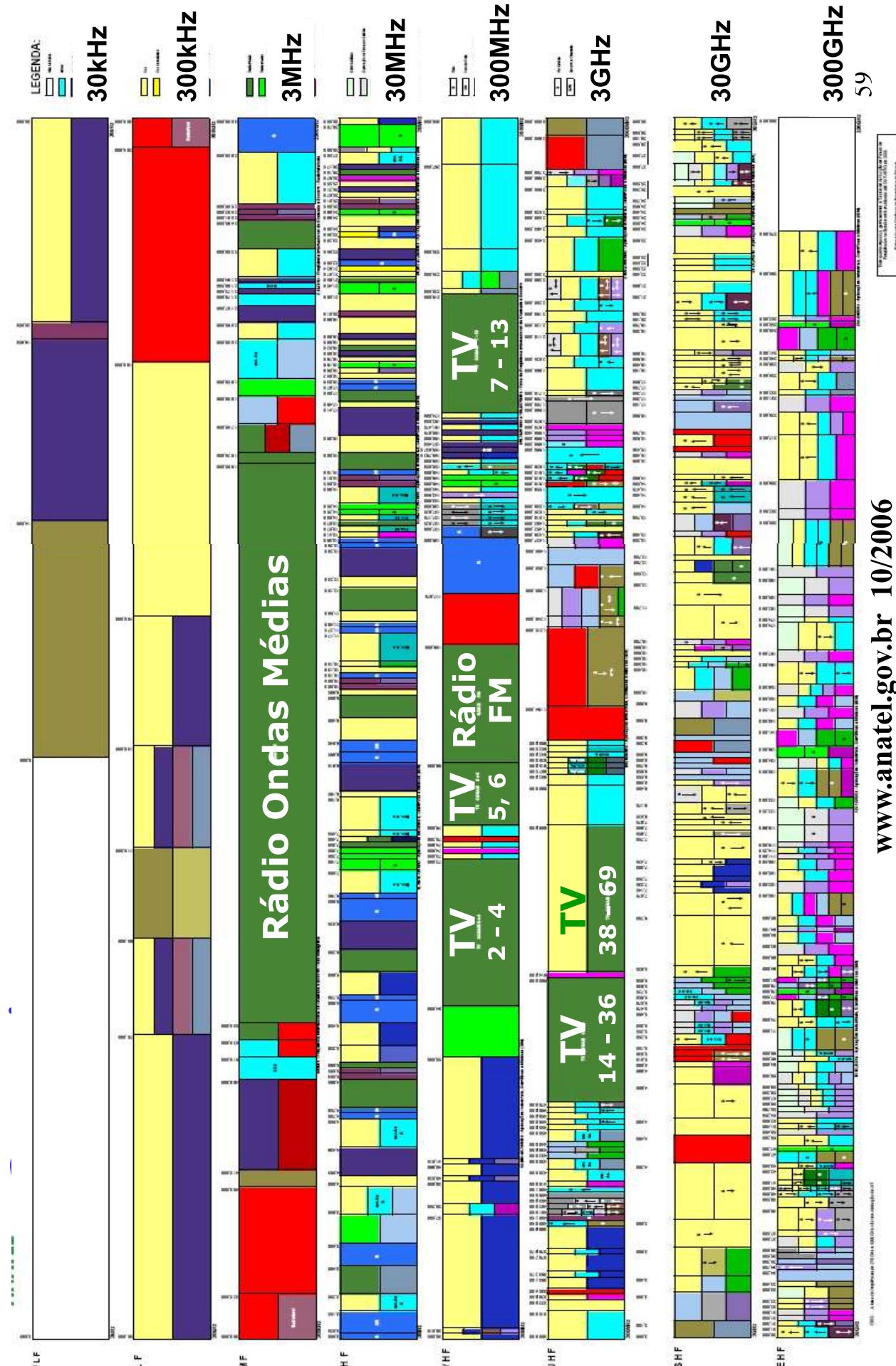
FDM



TDM



Alocação de Faixas de Frequência



A Portadora T1

r T1

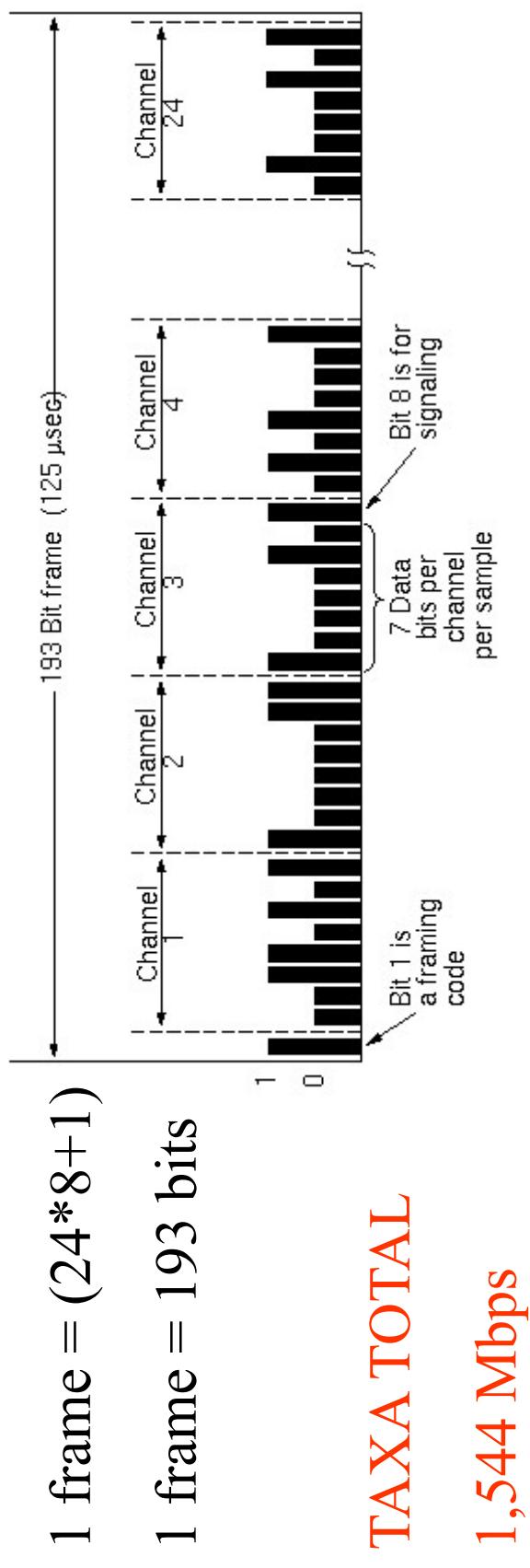


Fig. 2-26. The T1 carrier (1.544 Mbps).

Multiplexação de Canais T1

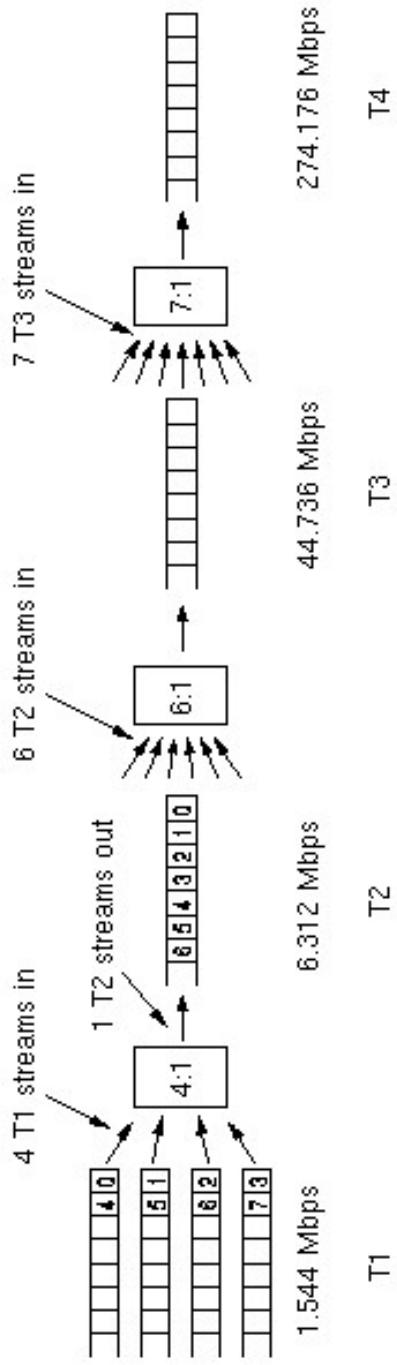
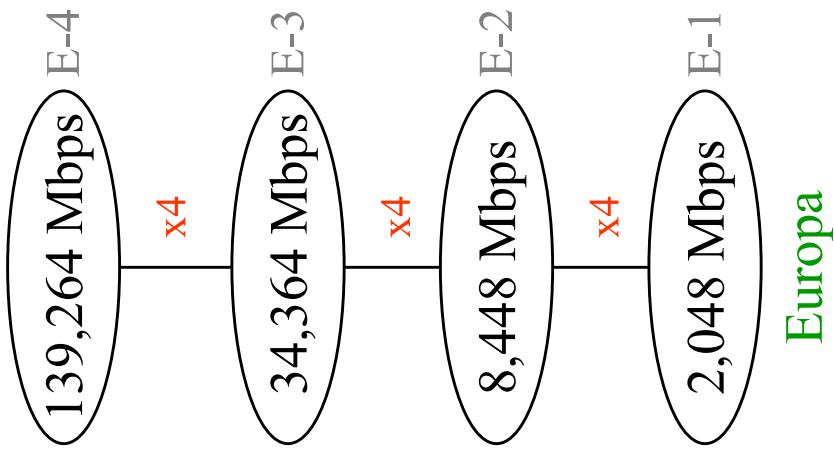
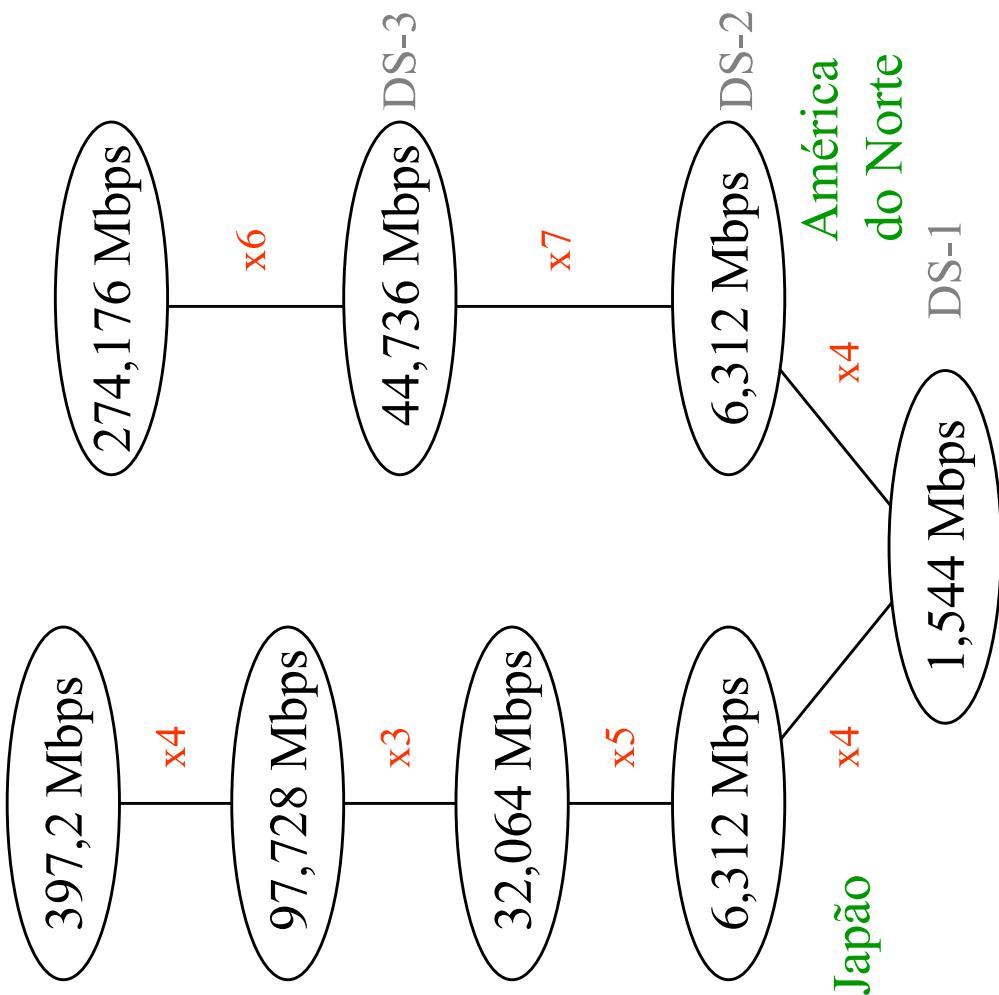


Fig. 2-28. Multiplexing T1 streams onto higher carriers.

Hierarquias Digitais Plesioncrônicas (PDH)

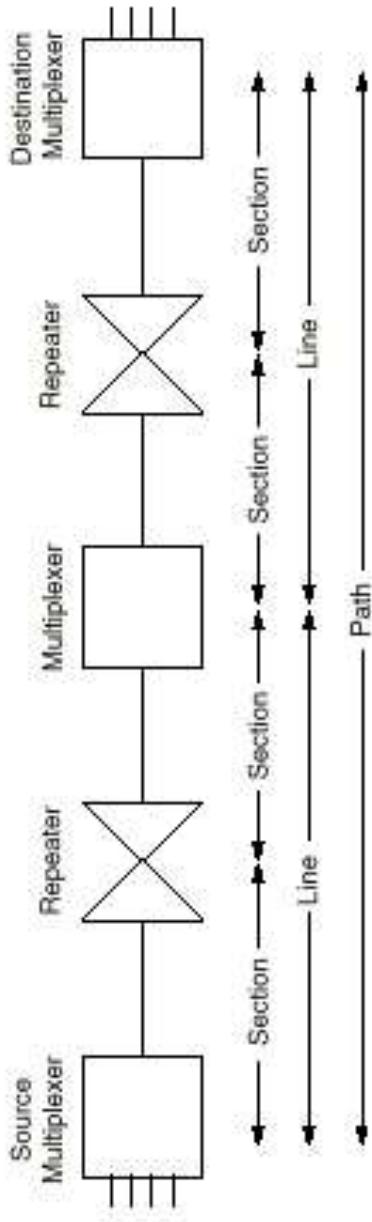


SONET/SDH

- 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

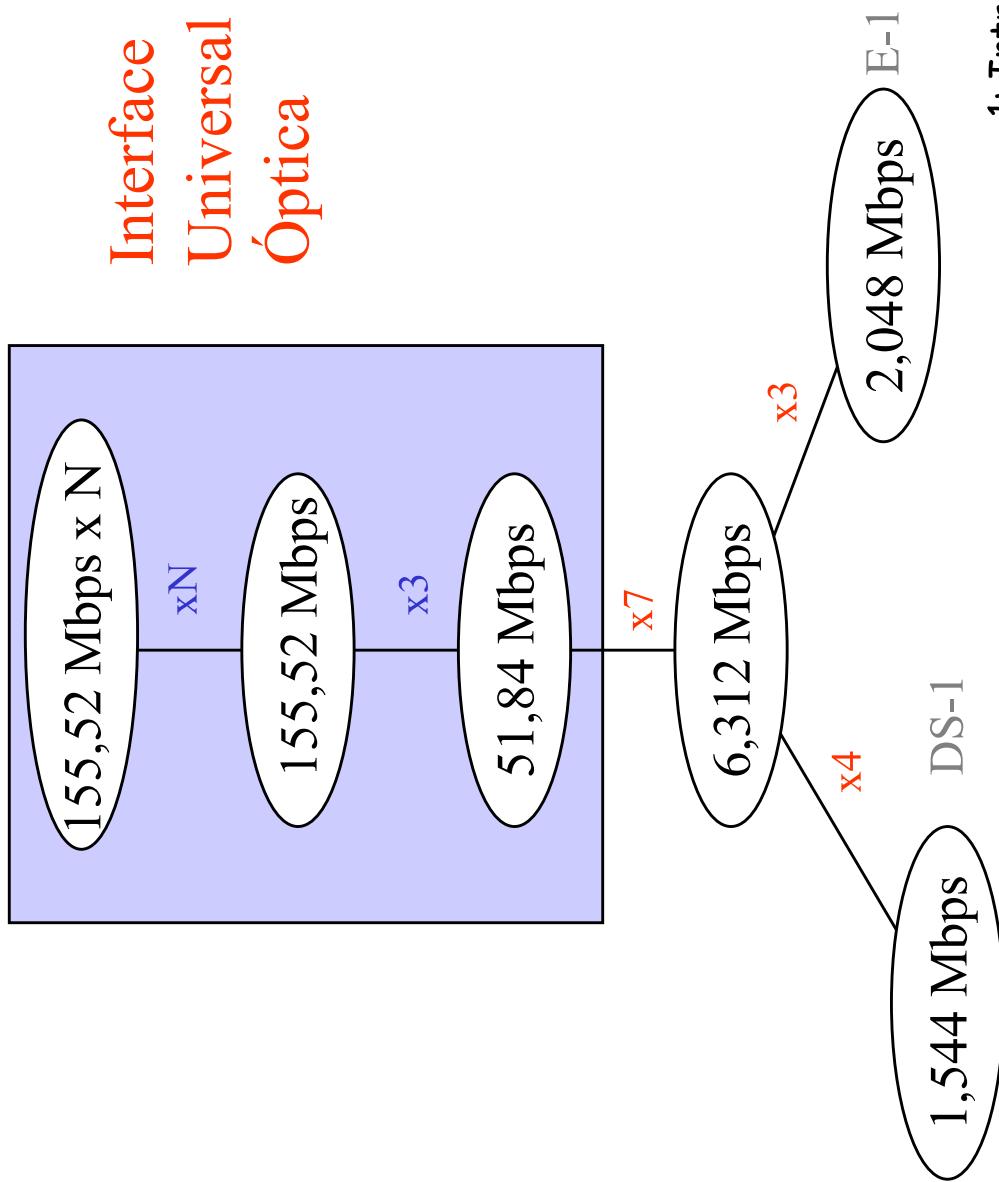
- r Caminho Típico



- r O Quadro básico é um bloco de 810 bytes

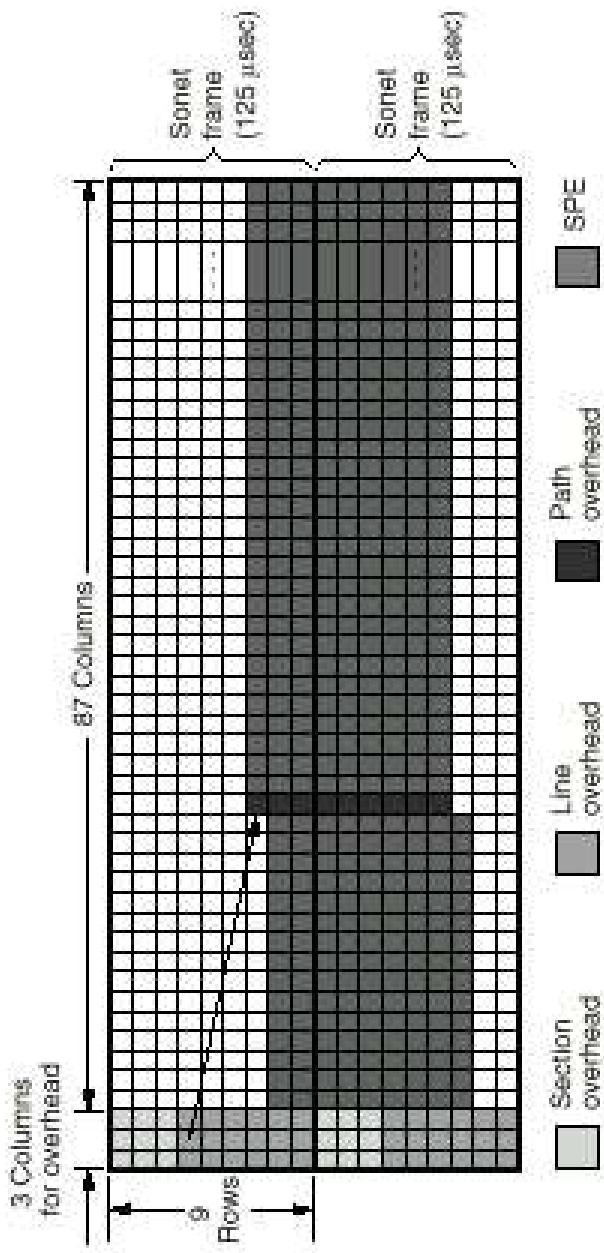
$$810 * 8 * 8000 = \text{TAXA TOTAL} = 51,84 \text{ Mbps}$$

Hierarquia digital síncrona



Quadro SONET Básico

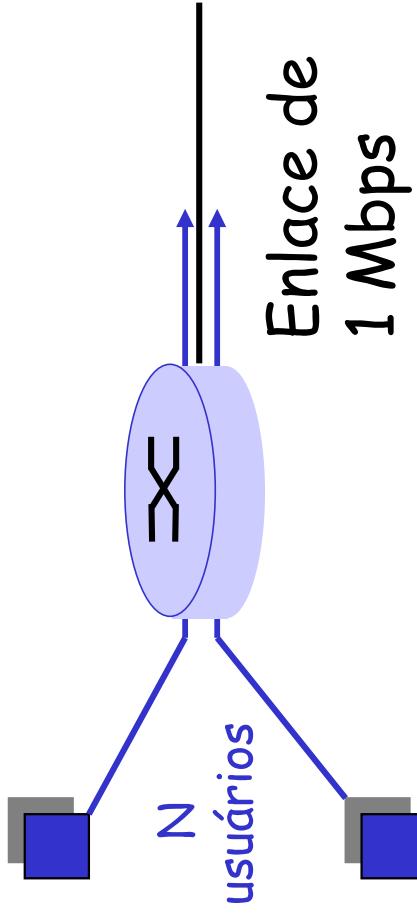
- Todo: 90 colunas
- SPE (*Synchronous Payload Envelope*):
 - 87 colunas
- Usuário: 86 colunas



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:
 - P: como foi obtido o valor 0,0004?
 - m com 35 usuários, probabilidade > 10 ativos menor que 0,004
 - P: o que ocorre se > 35 usuários?

Comutação de pacotes versus comutação de circuitos

A comutação de pacotes ganha de lavada?

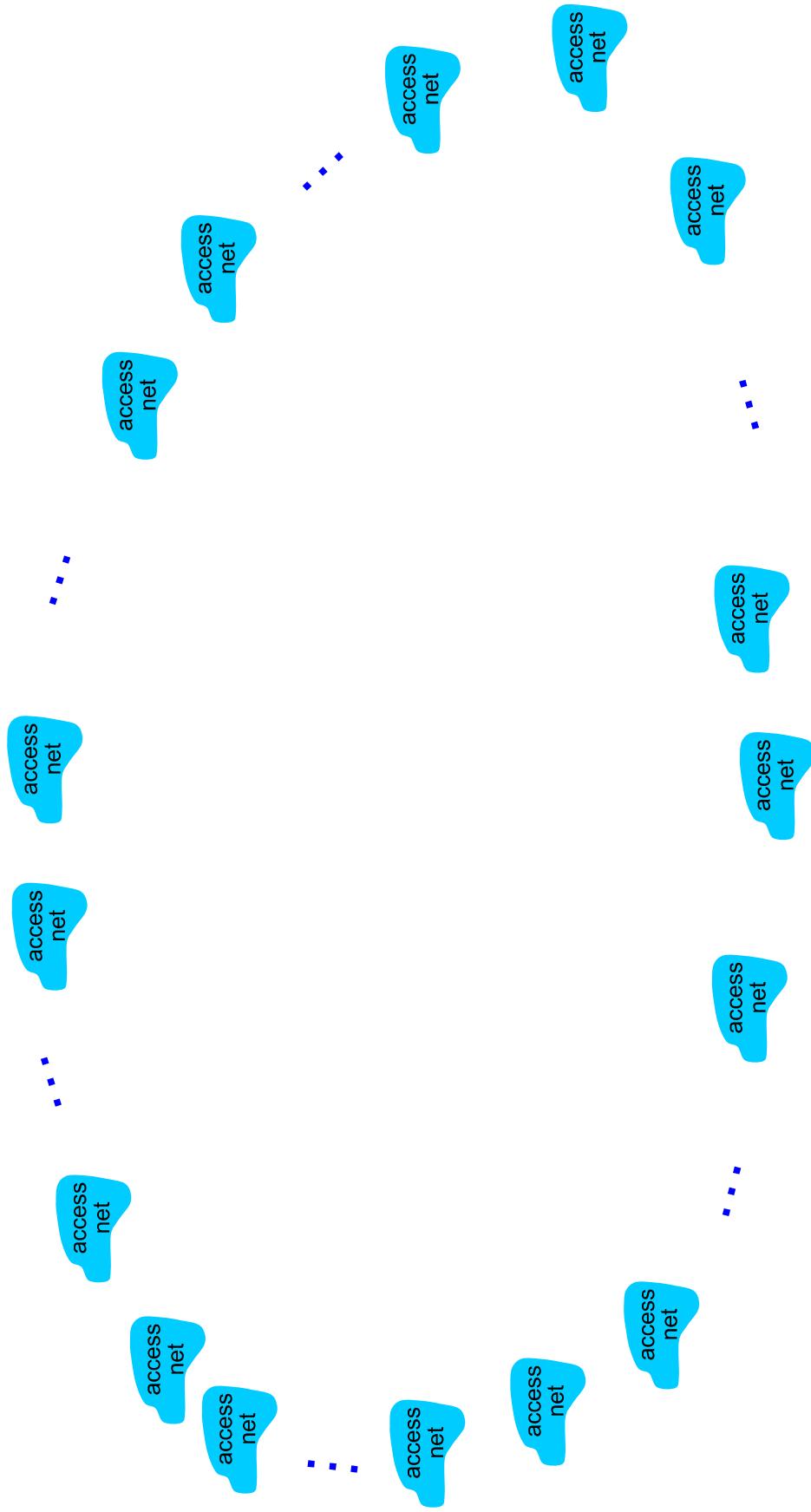
- r Ótima para dados em surtos
 - m compartilhamento dos recursos
 - m não necessita estabelecimento de conexão
- r Congestionamento excessivo: atraso e perda de pacotes
 - m necessita de protocolos para transferência confiável de dados, controle de congestionamento
- r P: Como fornecer um comportamento 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

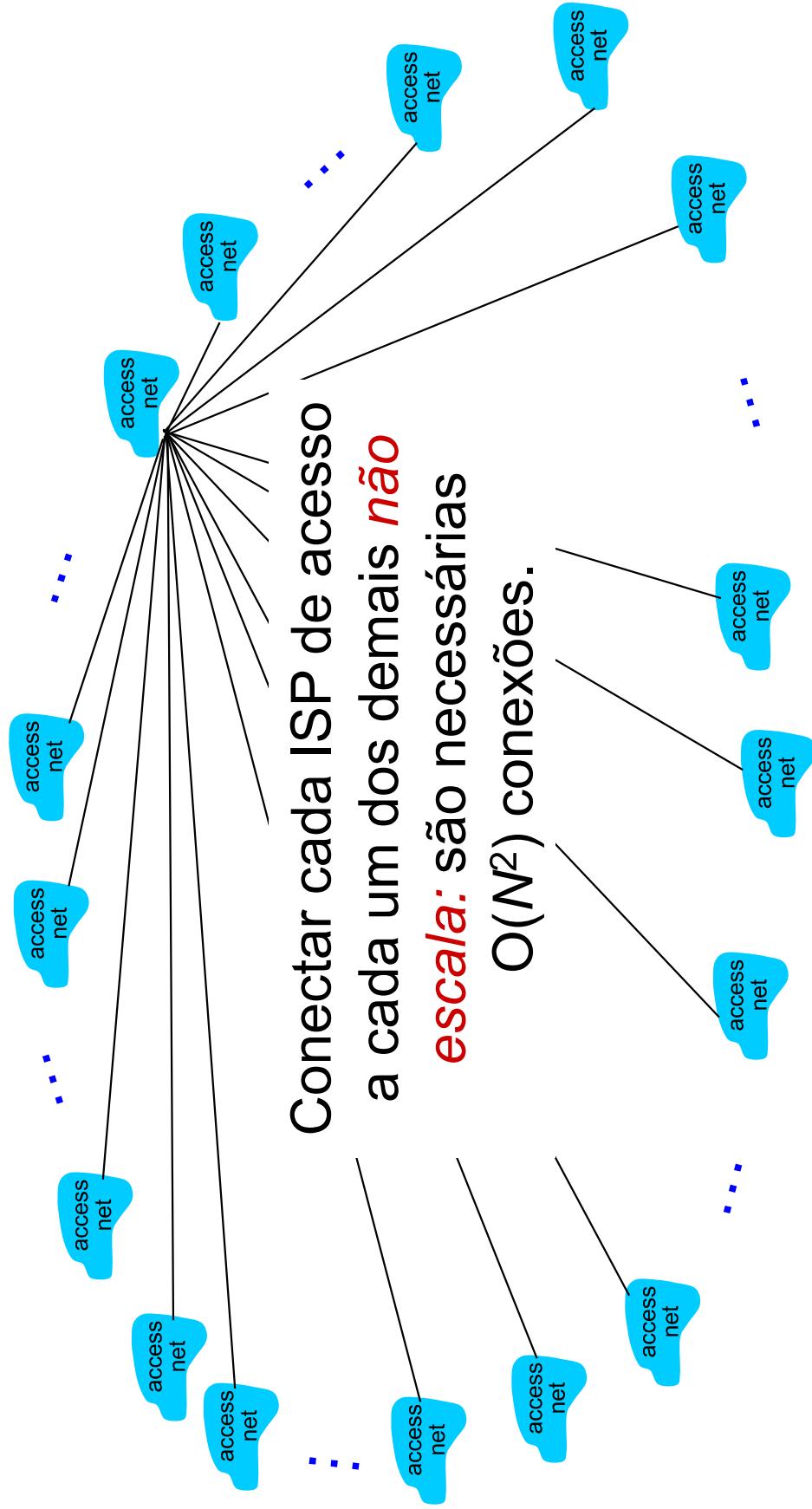
Estrutura da Internet: rede de redes

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



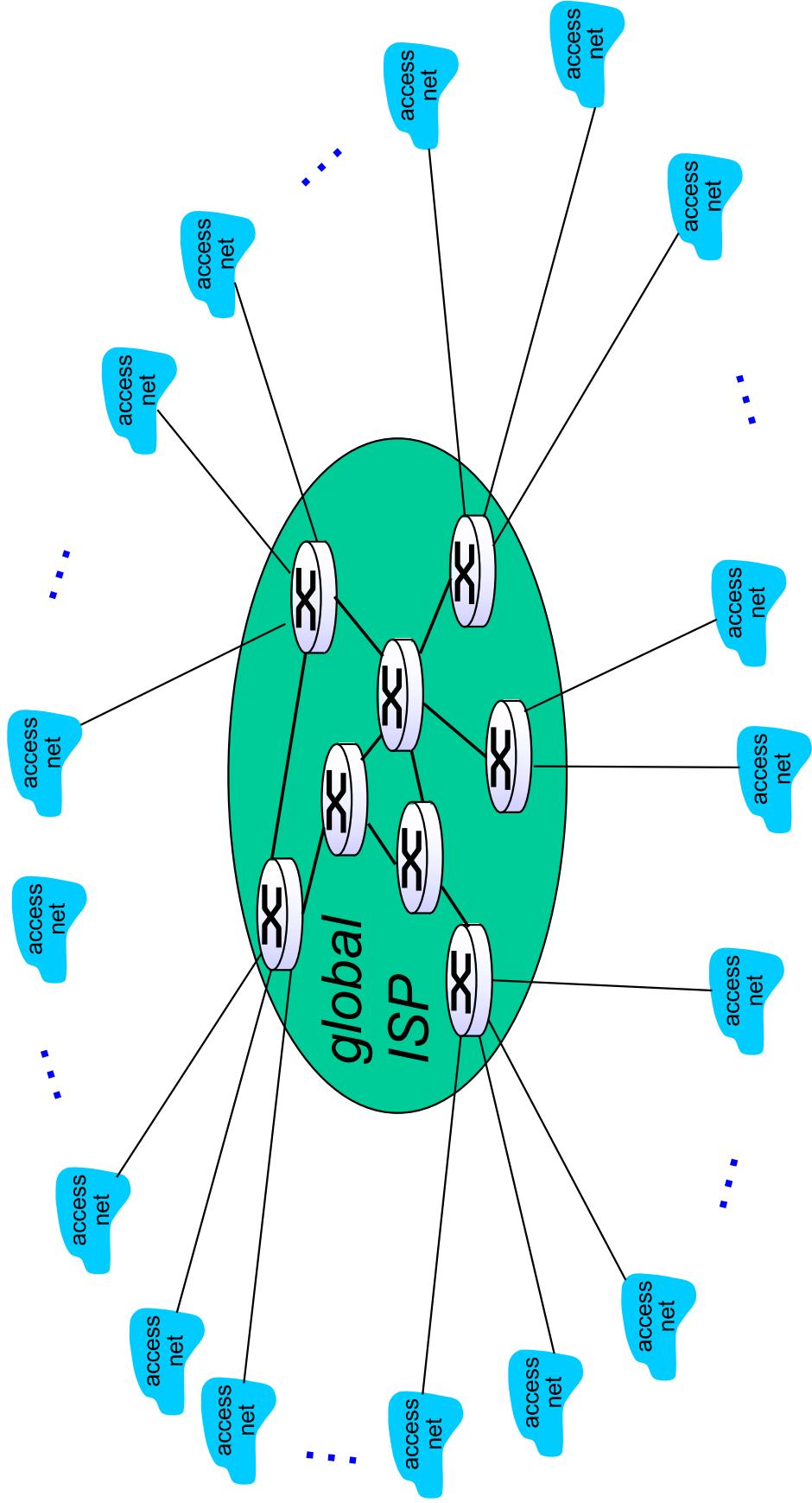
Estrutura da Internet: rede de redes

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



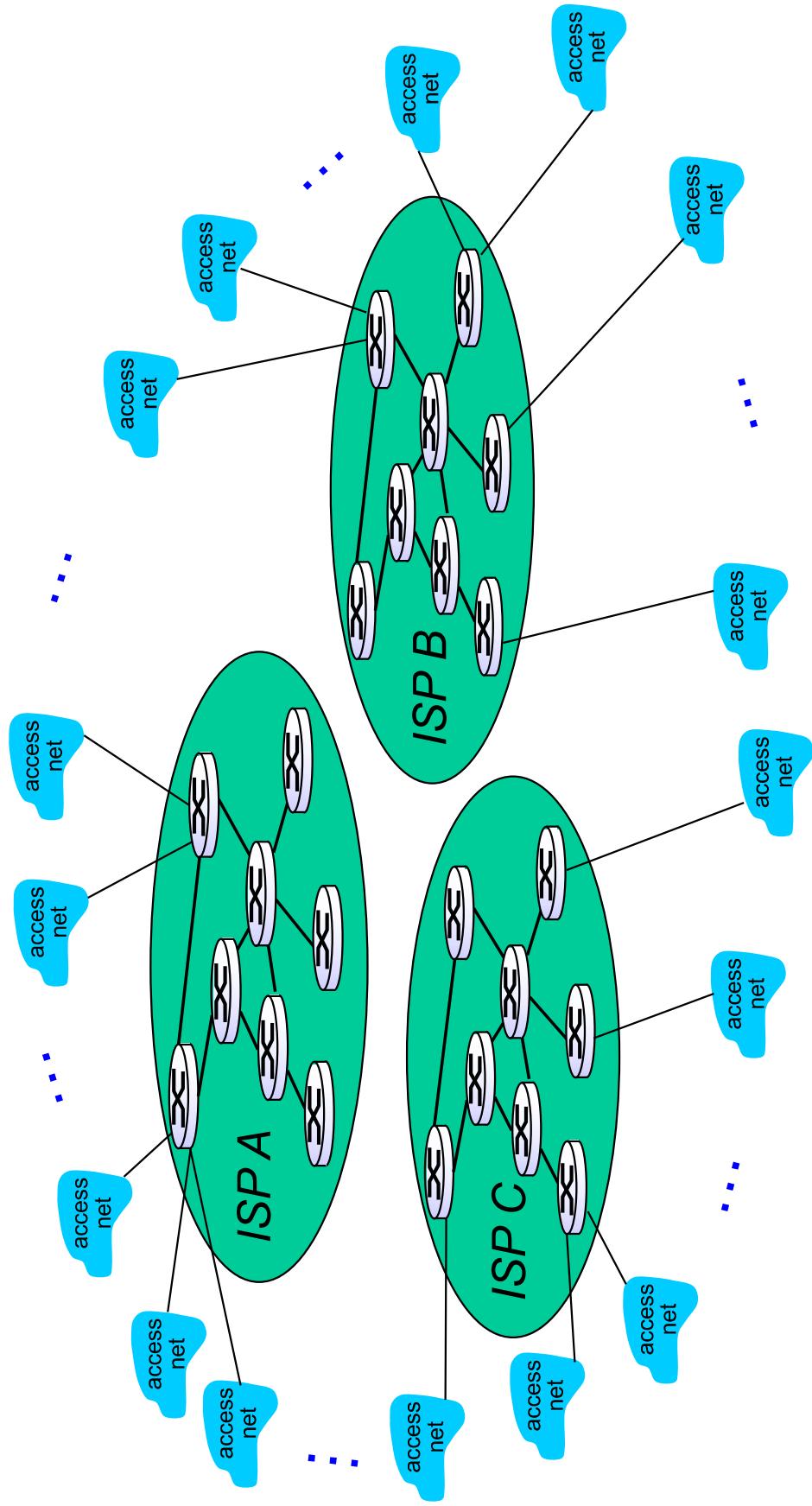
Estrutura da Internet: rede de redes

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

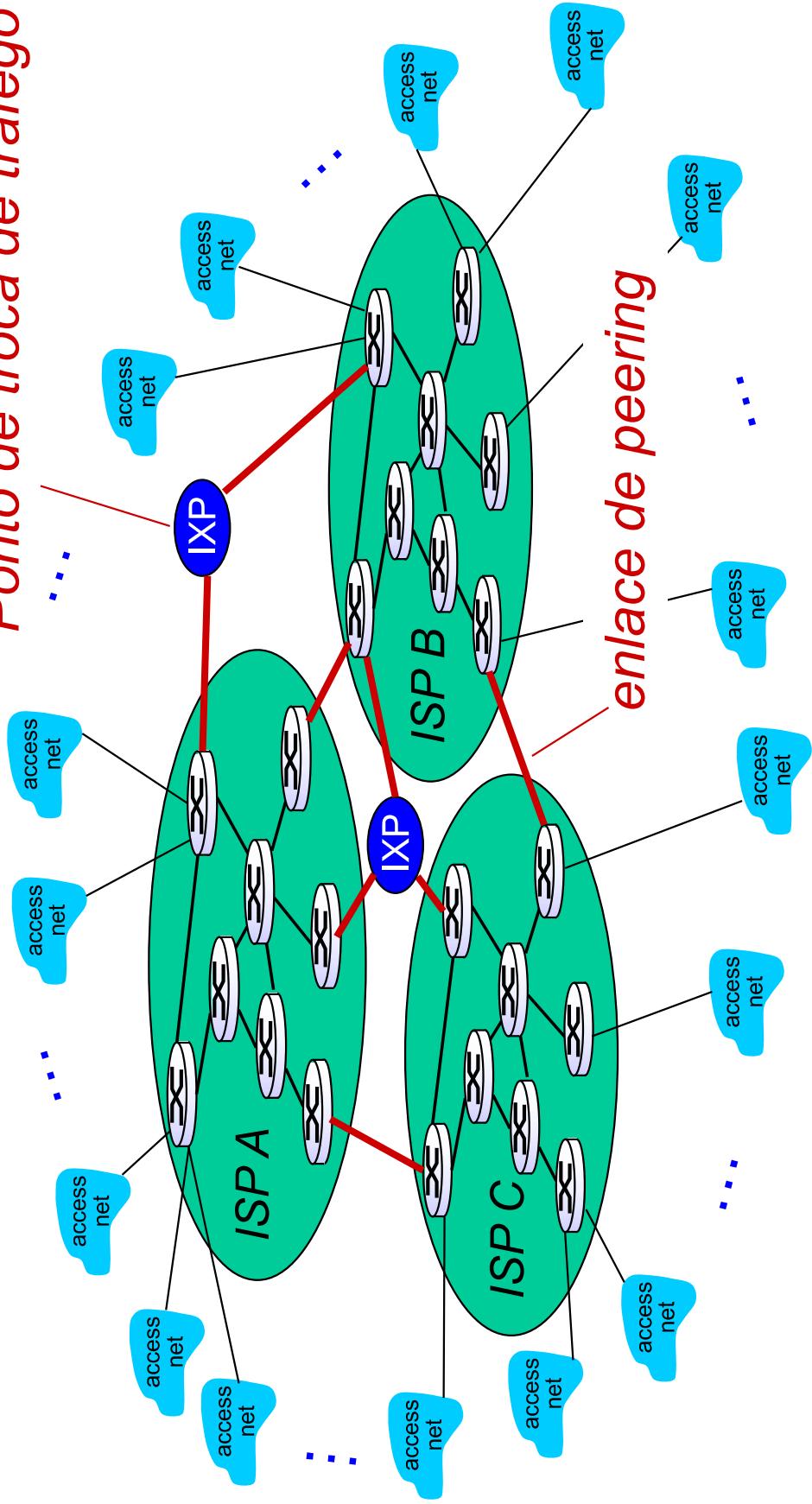
Mas, se um ISP global for um negócio viável, haverá competidores...



Estrutura da Internet: rede de redes

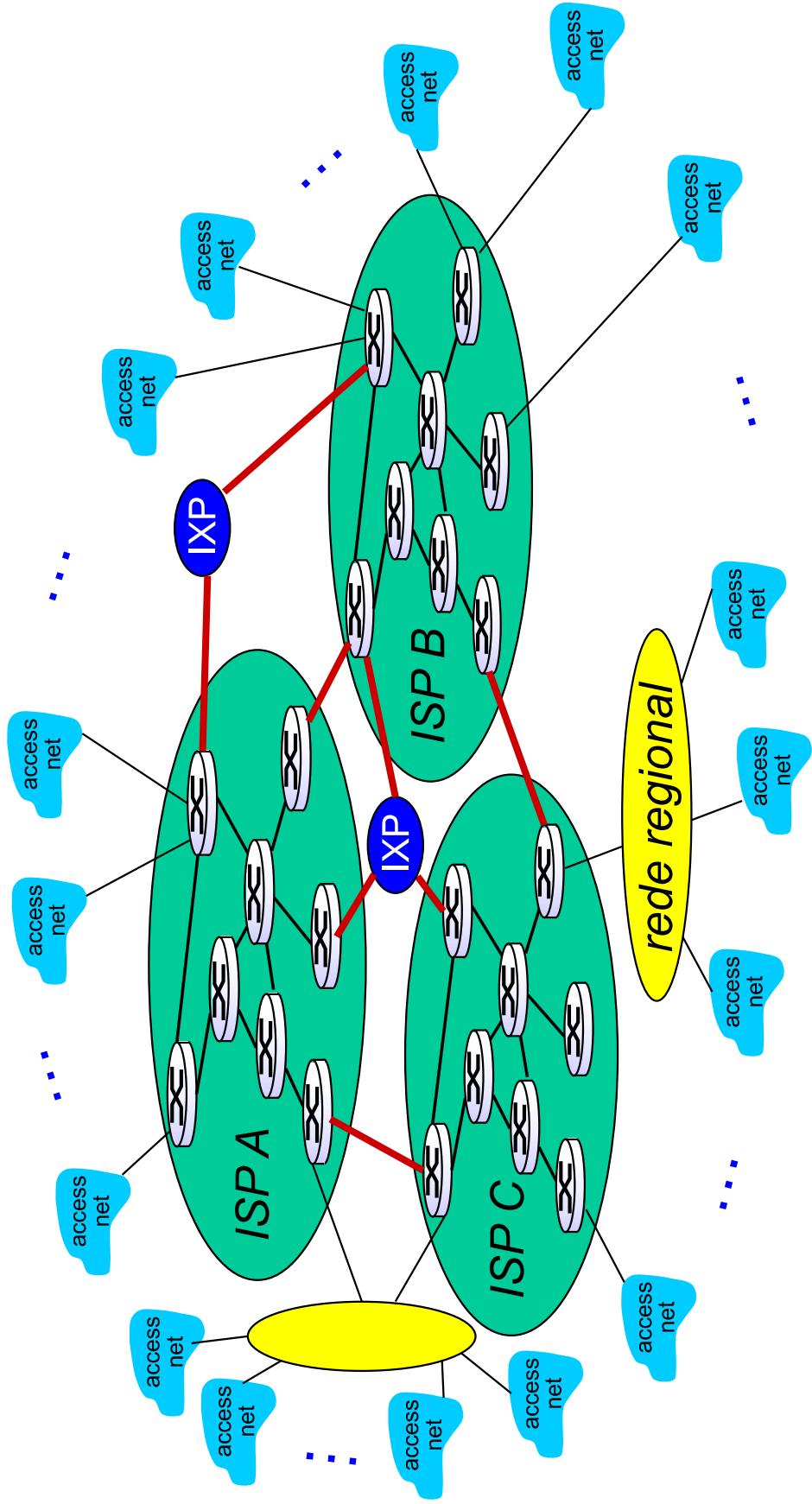
Mas, se um ISP global for um negócio viável, haverá competidores... que precisam se interconectar

Ponto de troca de tráfego



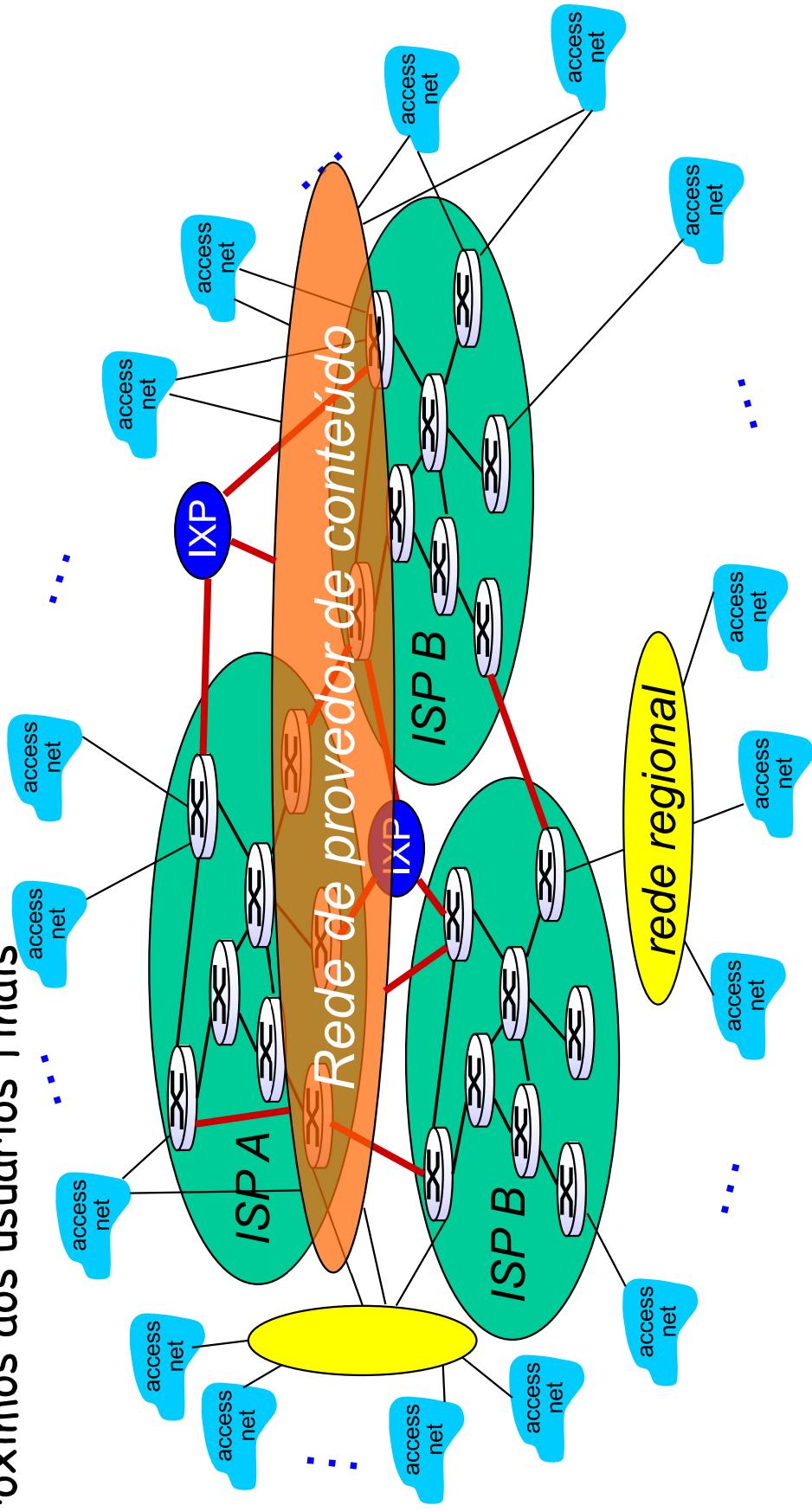
Estrutura da Internet: rede de redes

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

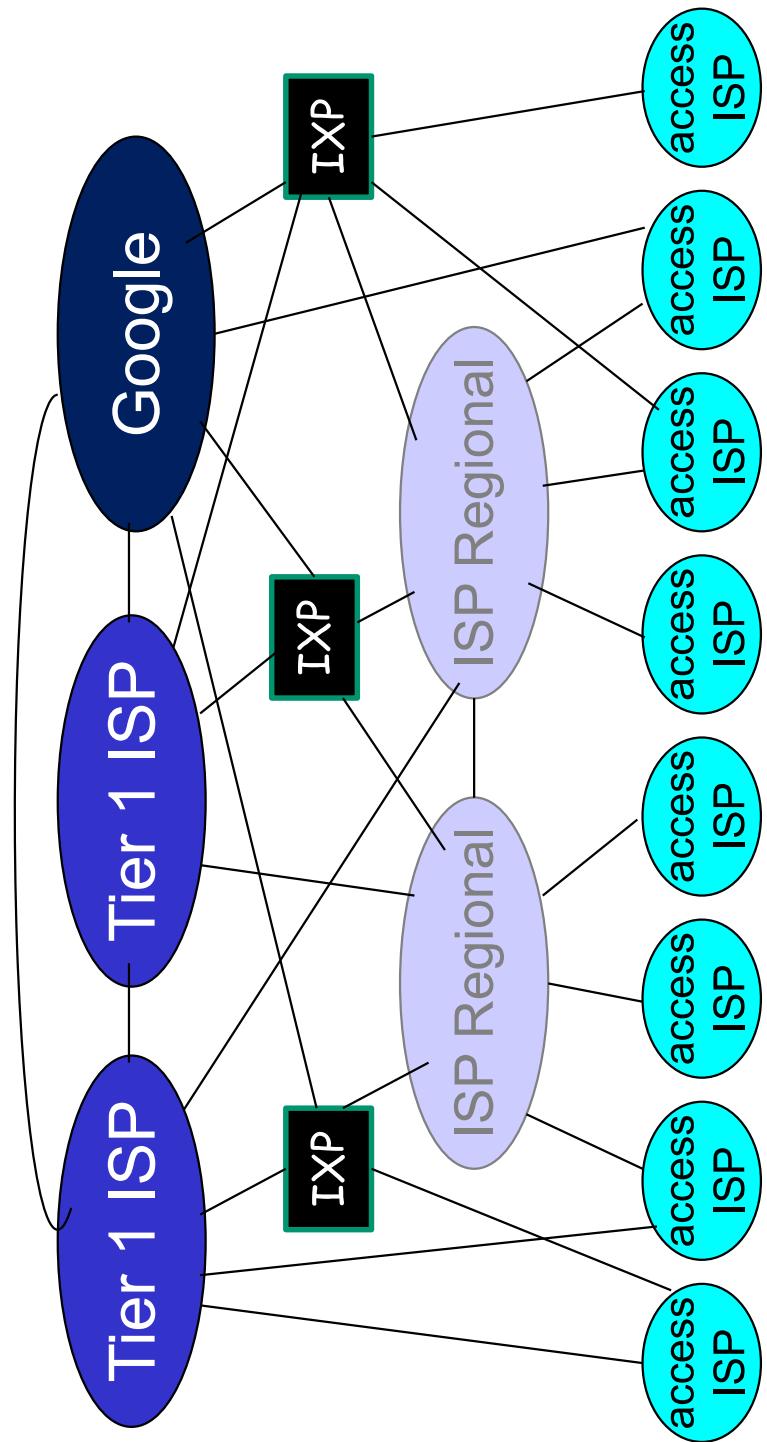


Estrutura da Internet: rede de redes

... 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

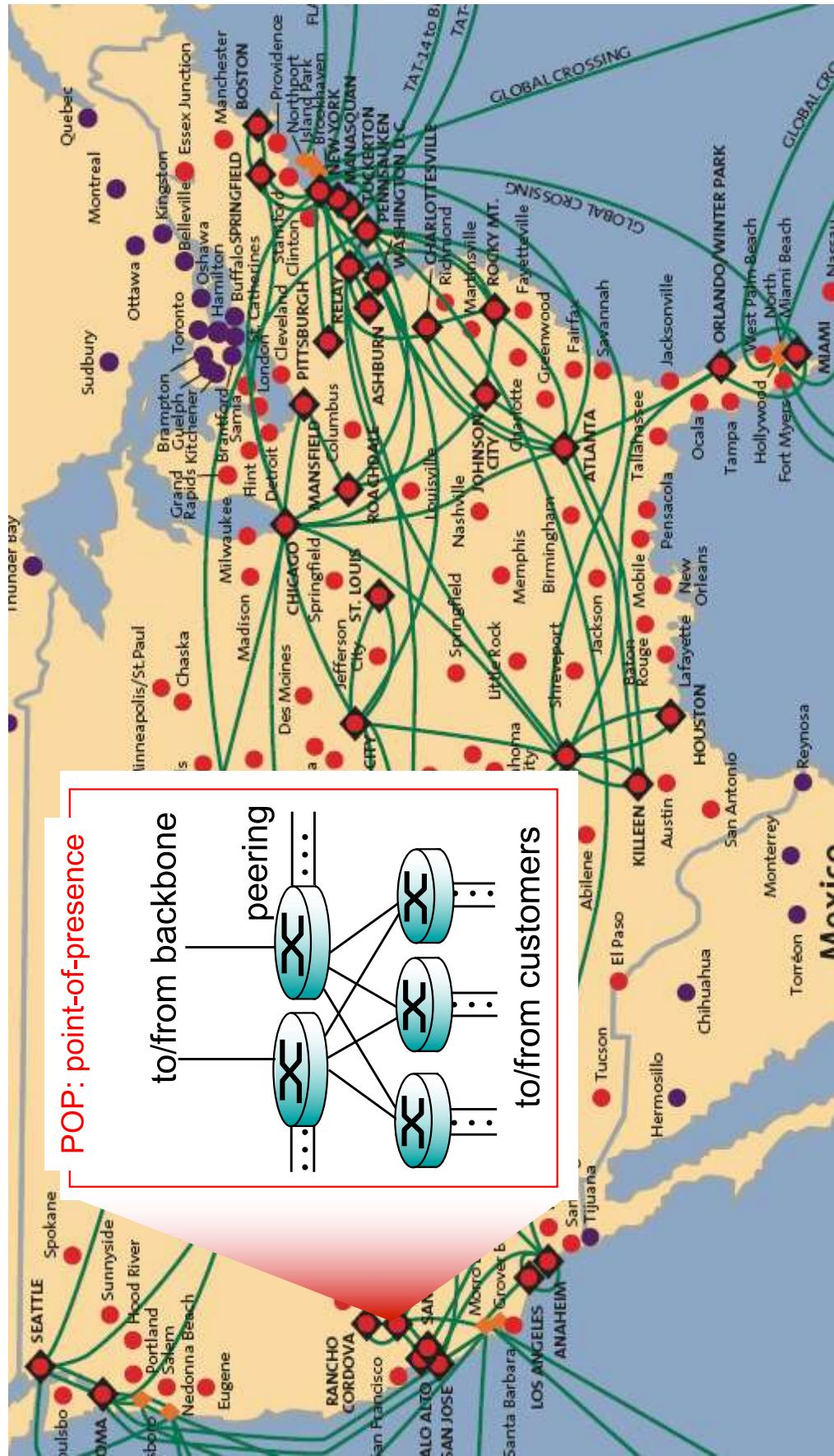


Estrutura da Internet: rede de redes



- 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



POP: point-of-presence

to/from backbone

peering

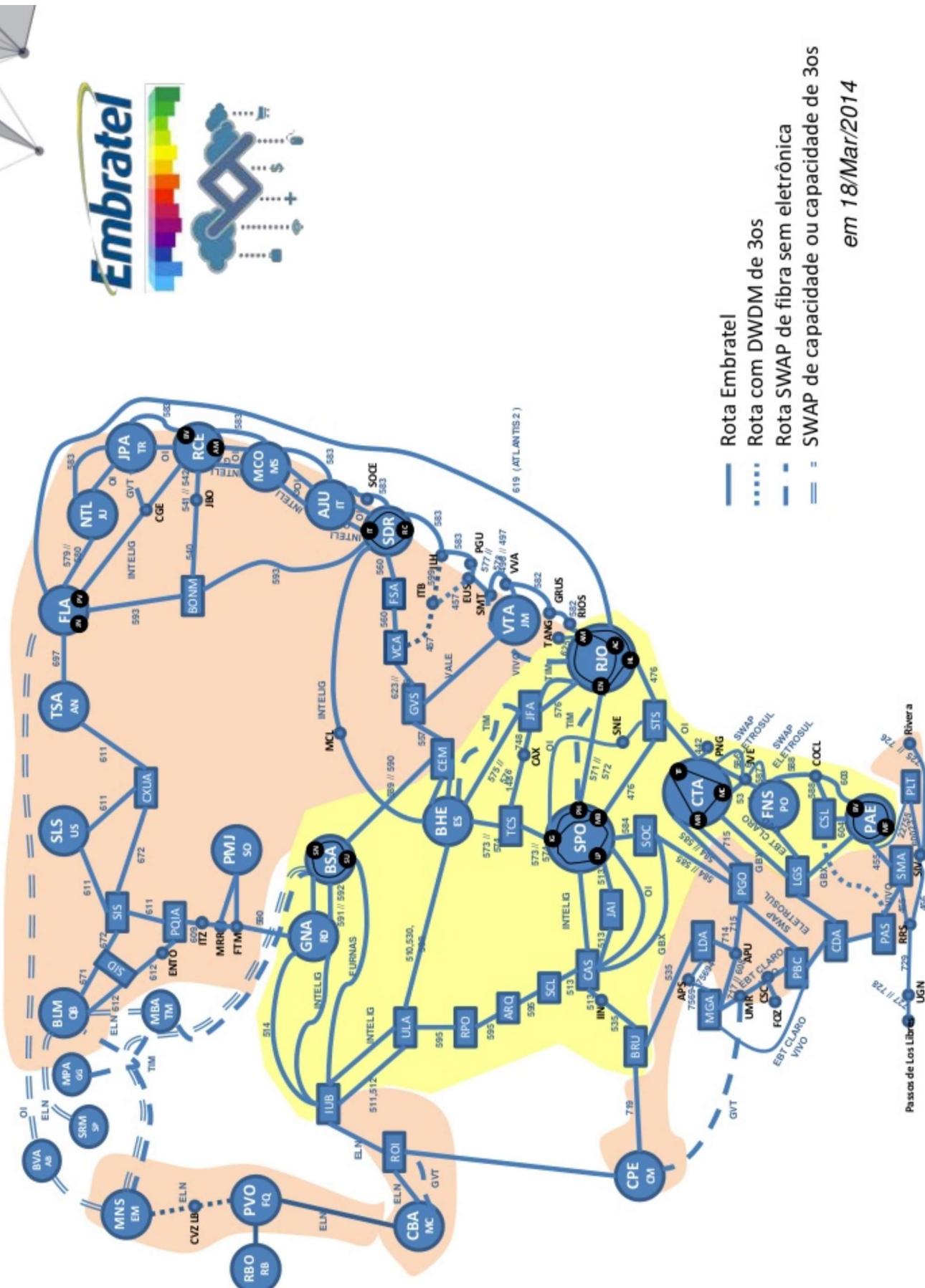
to/from customers

Provedor de Backbone Nacional

ex. Embratel



Regional Data Centers – Rede OTN Embratel



Coneç>es Internacionais

