



AULA 04 DE REDES DE COMPUTADORES

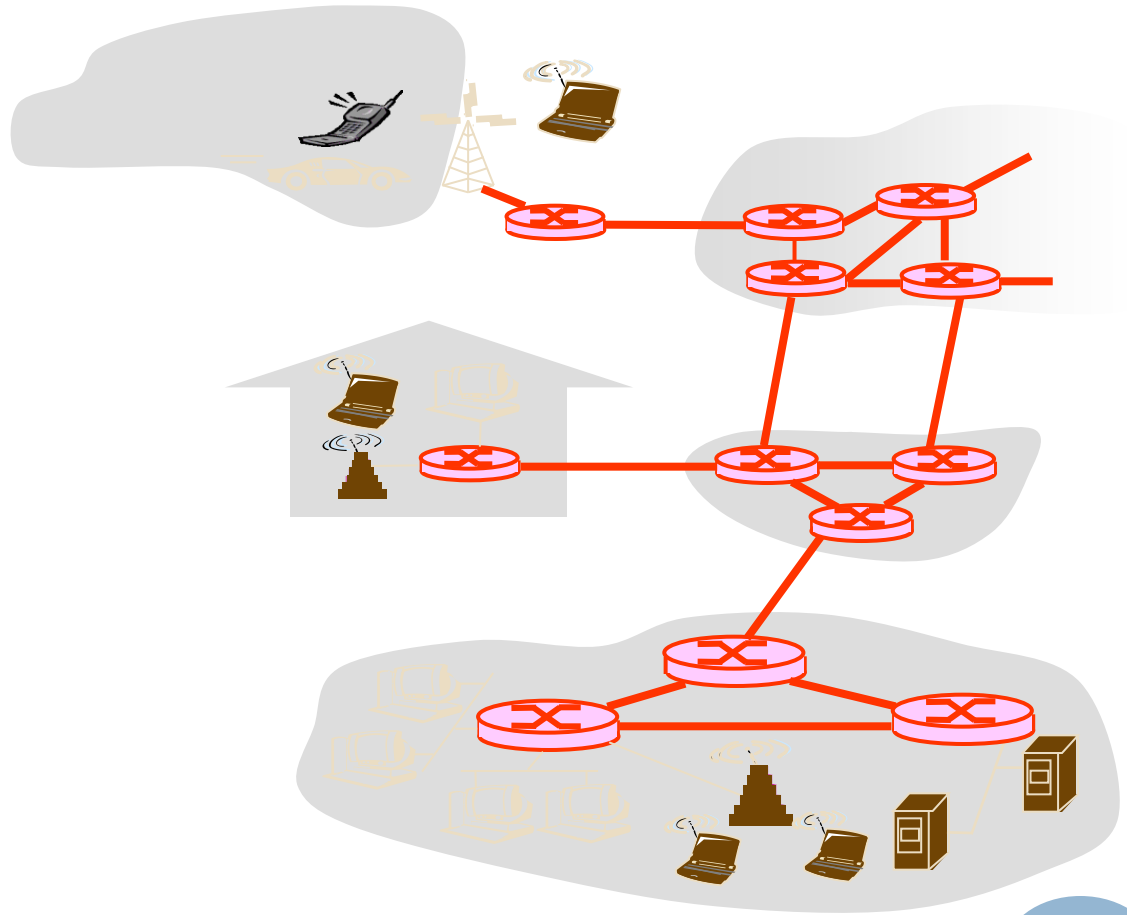
Núcleo da Rede

CAPÍTULO 1: ROTEIRO

- 1.1 O que é a Internet?
- 1.2 Borda da rede
 - sistemas finais, redes de acesso, enlaces
- 1.3 Núcleo da rede
 - comutação de circuitos, comutação de pacotes, estrutura da rede
- 1.4 Atraso, perda e vazão nas redes comutadas por pacotes
- 1.5 Camadas de protocolo, modelos de serviço
- 1.6 Redes sob ataque: segurança
- 1.7 História

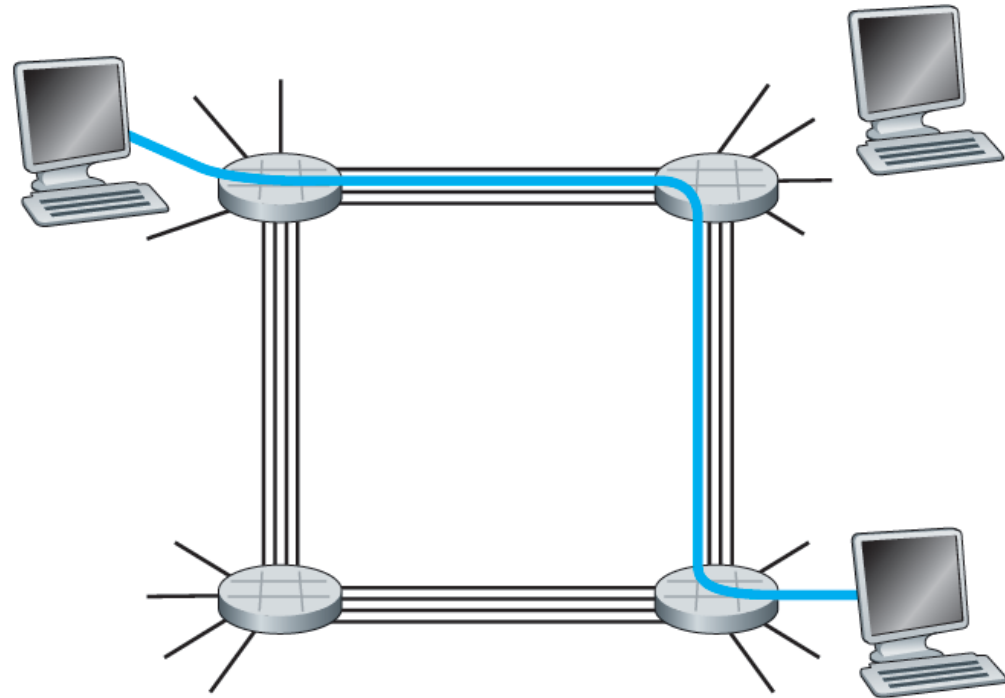
O NÚCLEO DA REDE

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



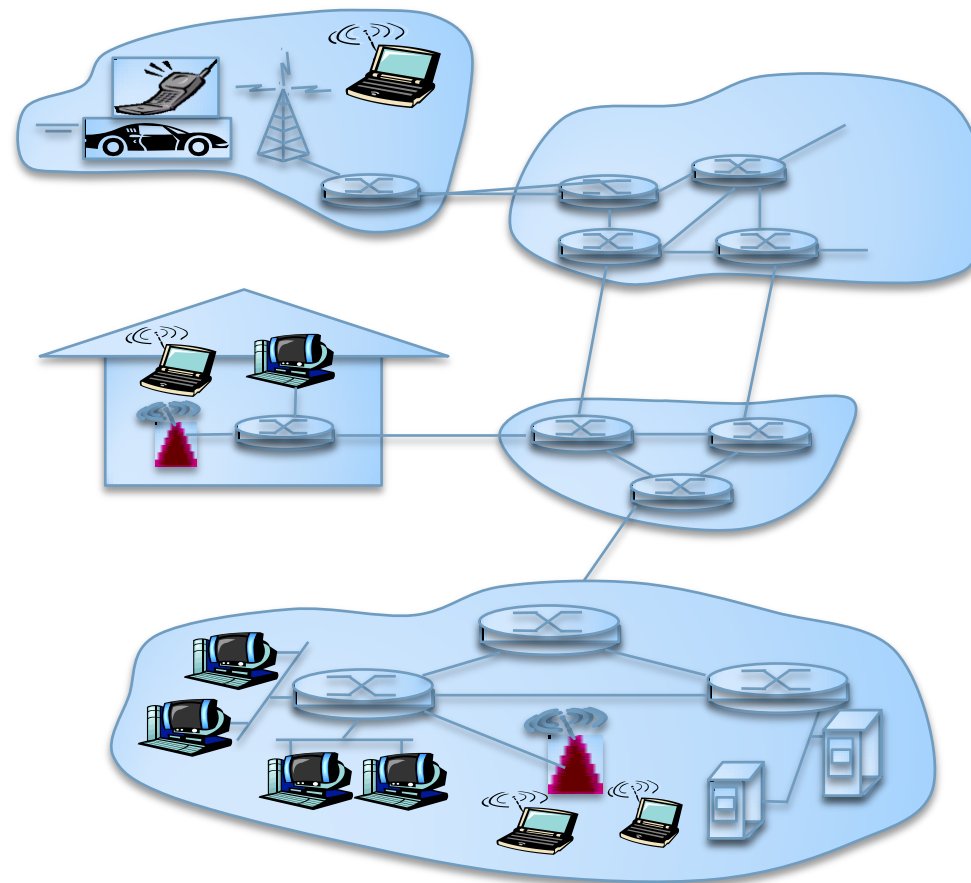
COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS

- As redes de telefonia tradicionais são exemplos de redes de comutação de circuitos.



NÚCLEO DA REDE: COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS

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

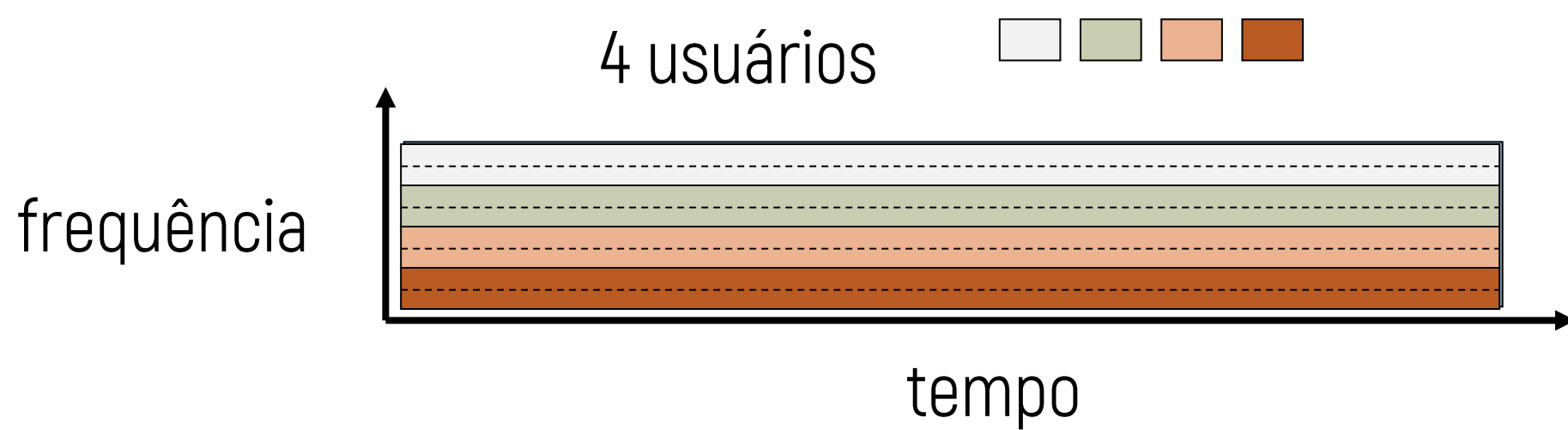


MULTIPLEXAÇÃO EM REDES DE COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS

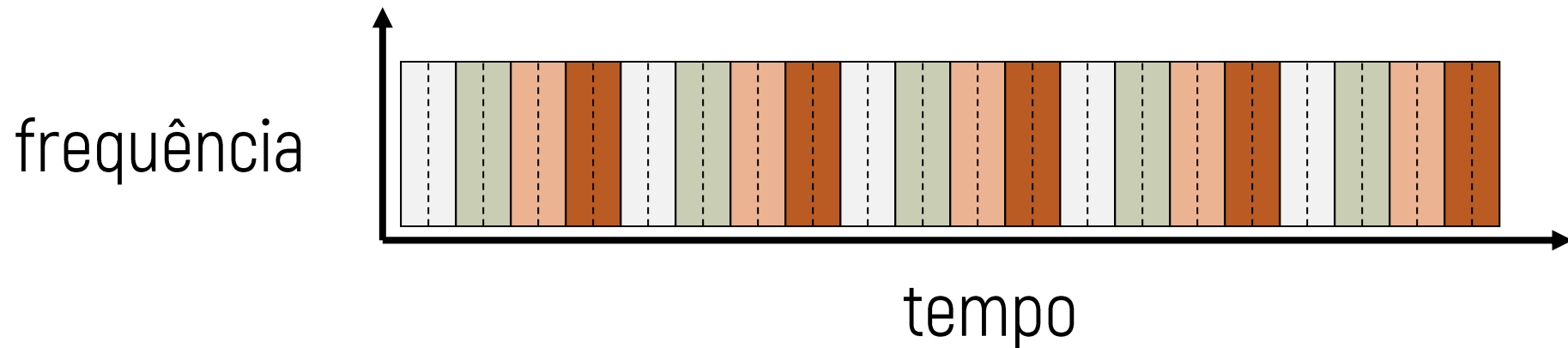
- Um circuito é implementado em um enlace por multiplexação por divisão de frequência (FDM) ou por multiplexação por divisão de tempo (TDM).
- A figura a seguir ilustra as técnicas FDM e TDM para um enlace de rede que suporta até quatro circuitos.
- Embora tanto a comutação de pacotes quanto a de circuitos predominem nas redes de telecomunicação de hoje, a tendência é, sem dúvida, a comutação de pacotes.

COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS: FDM E TDM

FDM

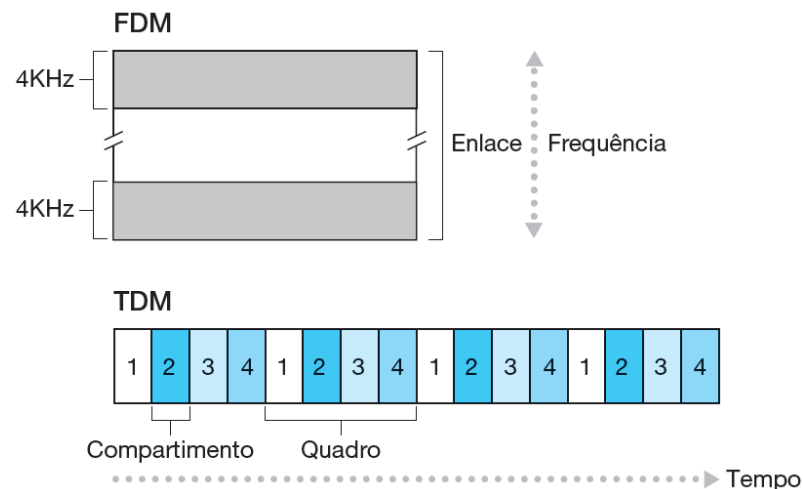


TDM



MULTIPLEXAÇÃO EM REDES DE COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS

- Com FDM, cada circuito dispõe continuamente de uma fração da largura de banda.
- Com TDM, cada circuito dispõe de toda a largura de banda periodicamente, durante breves intervalos de tempo.



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 em uma rede de comutação de circuitos?
 - Todos os enlaces são de 1,536 Mbps
 - Cada enlace usa TDM com 24 slots/seg
 - 500 ms para estabelecer circuito fim a fim
- Vamos resolver!

NÚCLEO DA REDE: COMUTAÇÃO DE PACOTES

Características

- cada fluxo de dados fim a fim dividido em pacotes
- usuário A, pacotes de B compartilham recursos da rede
- cada pacote usa largura de banda total do enlace
- recursos usados quando necessários

Disputa por recursos

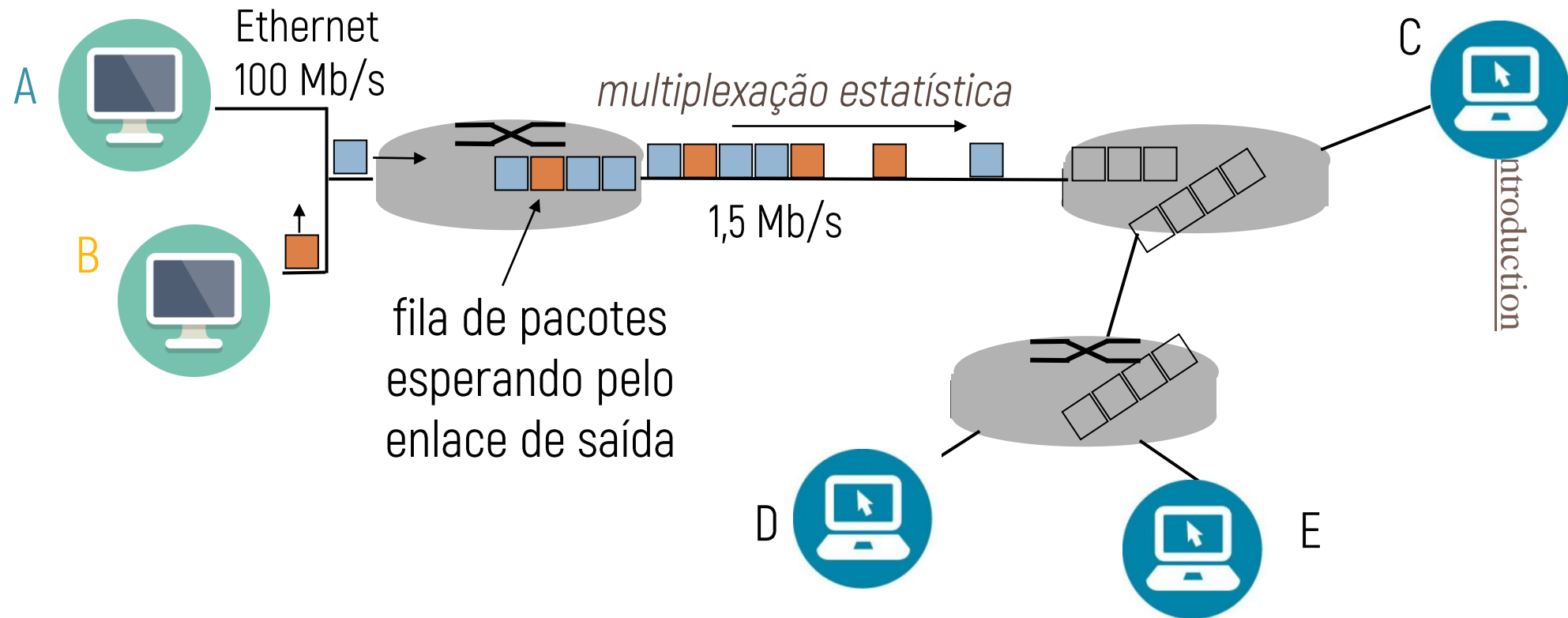
- disputa por recursos:
- demanda de recurso agregado pode exceder quantidade disponível
- congestionamento: fila de pacotes, espera por uso do enlace
- store and forward: pacotes se movem um salto de cada vez
 - Nó recebe pacote completo antes de encaminhar

NÚCLEO DA REDE: COMUTAÇÃO DE PACOTES

- Desvantagens da Comutação por Circuito
 - Divisão da largura de banda em “pedaços”
 - Alocação dedicada
 - Reserva de recursos



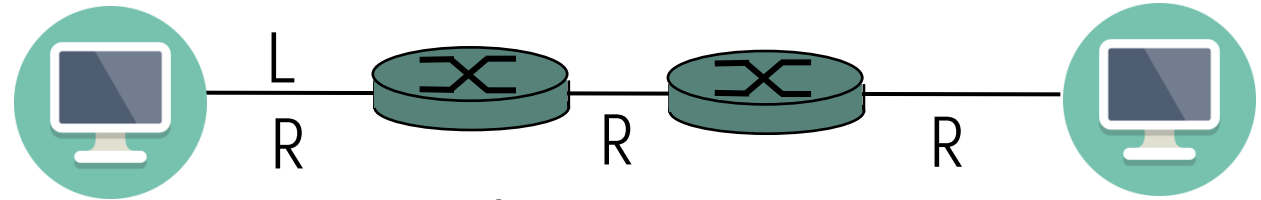
COMUTAÇÃO DE PACOTES: MULTIPLEXAÇÃO ESTATÍSTICA



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

COMUTAÇÃO DE PACOTES: STORE-AND-FORWARD

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

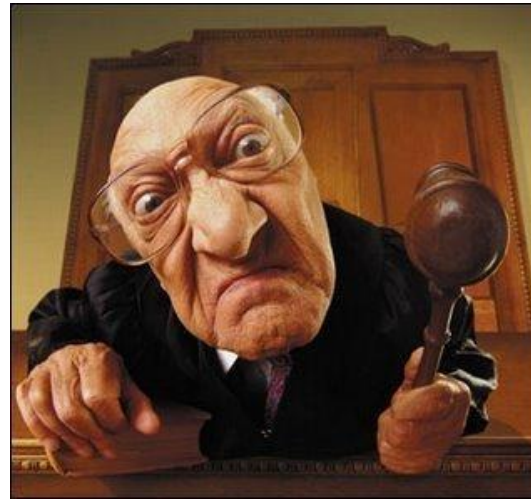


- Exemplo:
- $L = 7,5$ Mbits
- $R = 1,5$ Mbps
- atraso de transmissão = 15 s

} mais sobre atraso adiante...

COMUTAÇÃO DE PACOTES VS CIRCUITO

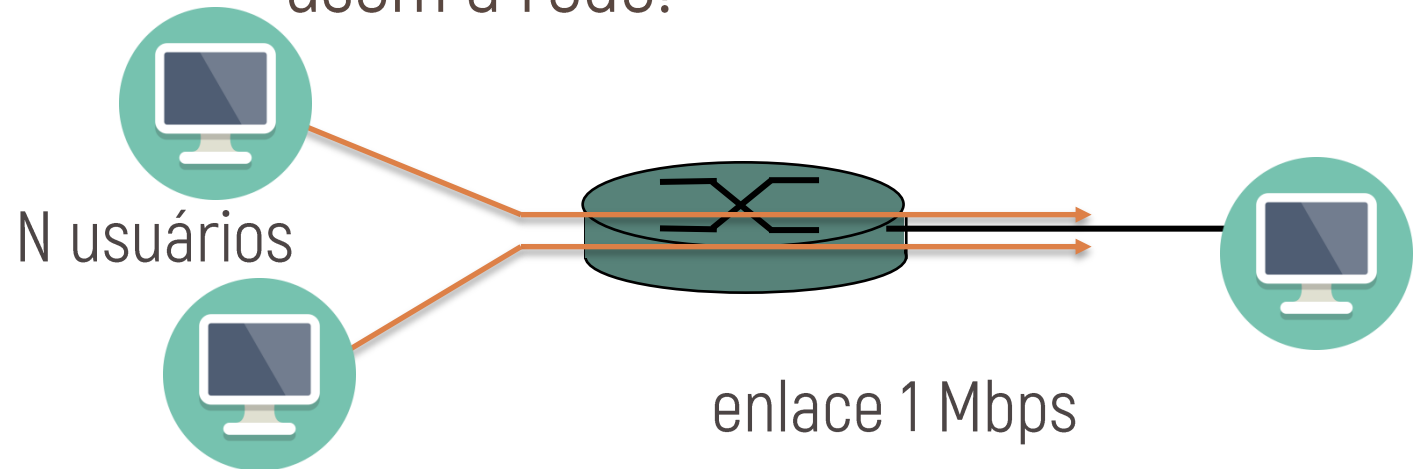
Julgamento!



COMUTAÇÃO DE PACOTES VERSUS COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS

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

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



P: Como obtivemos o valor 0,0004?

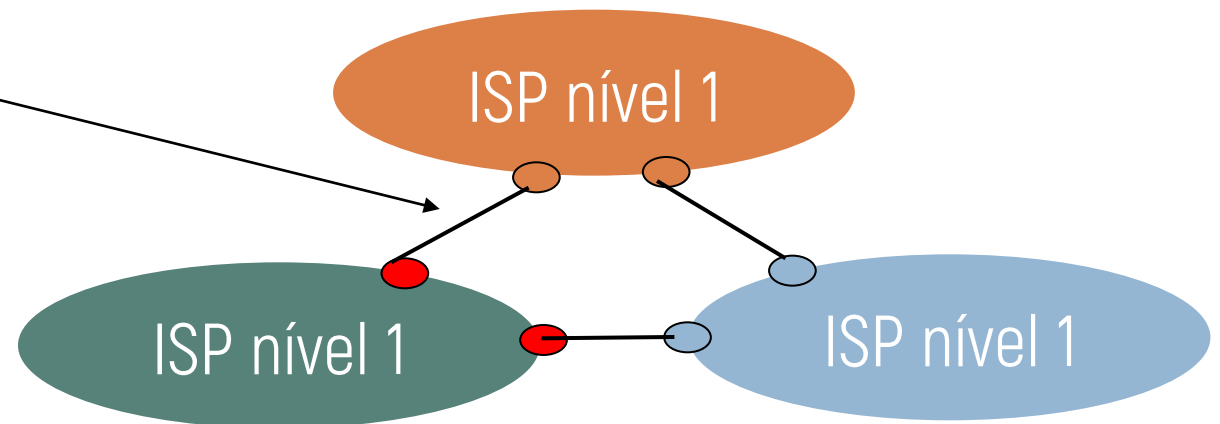
A COMUTAÇÃO DE PACOTES É A “GRANDE VENCEDORA”?

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

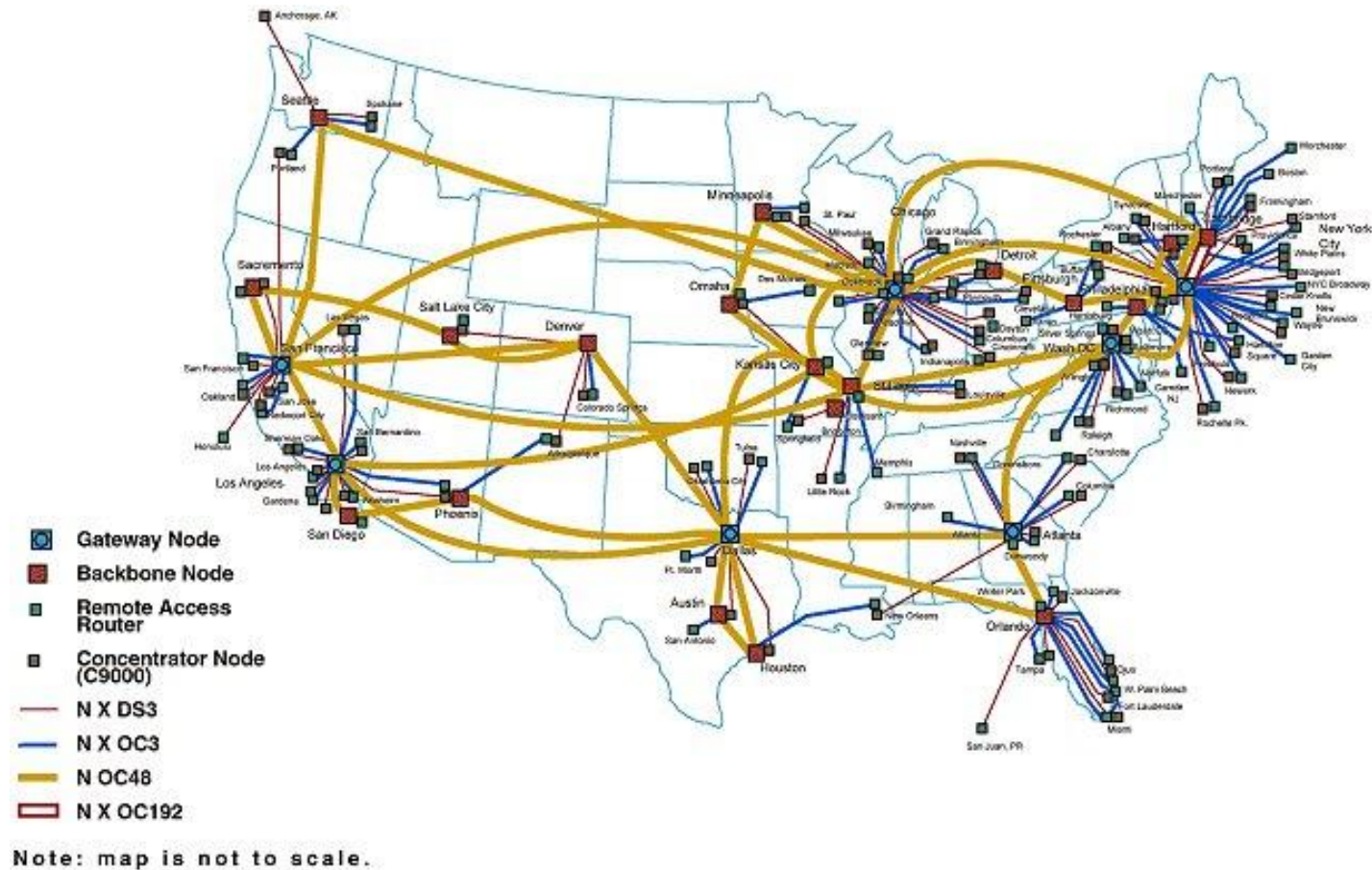
ESTRUTURA DA INTERNET:

REDE DE REDES

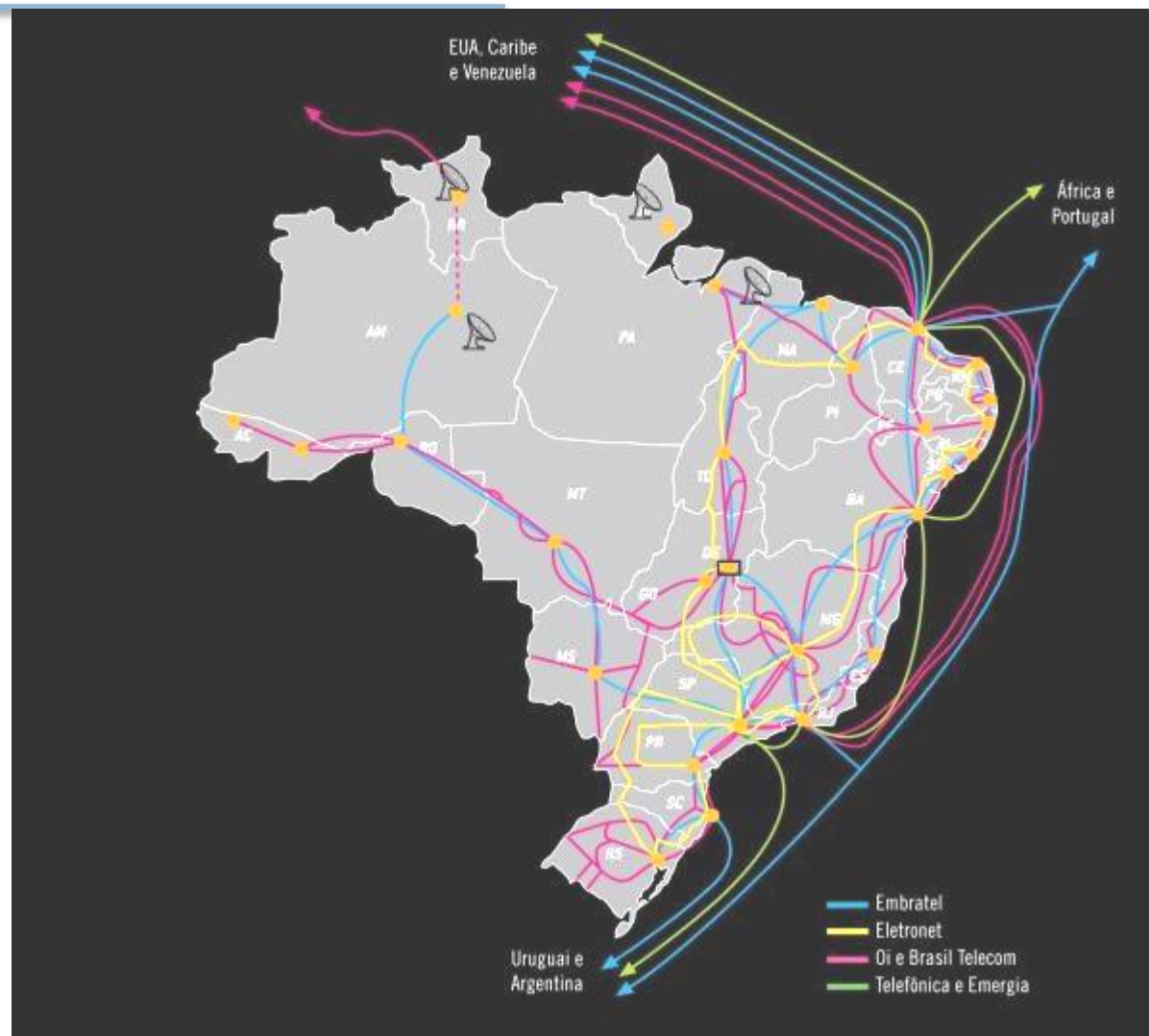
- aproximadamente hierárquica
- no centro: ISPs de "nível 1" (p. e., Verizon, Sprint, AT&T, Cable and Wireless), cobertura nacional/internacional
 - tratam uns aos outros como iguais
- interconexão de provedores de nível 1 (peer) privadamente



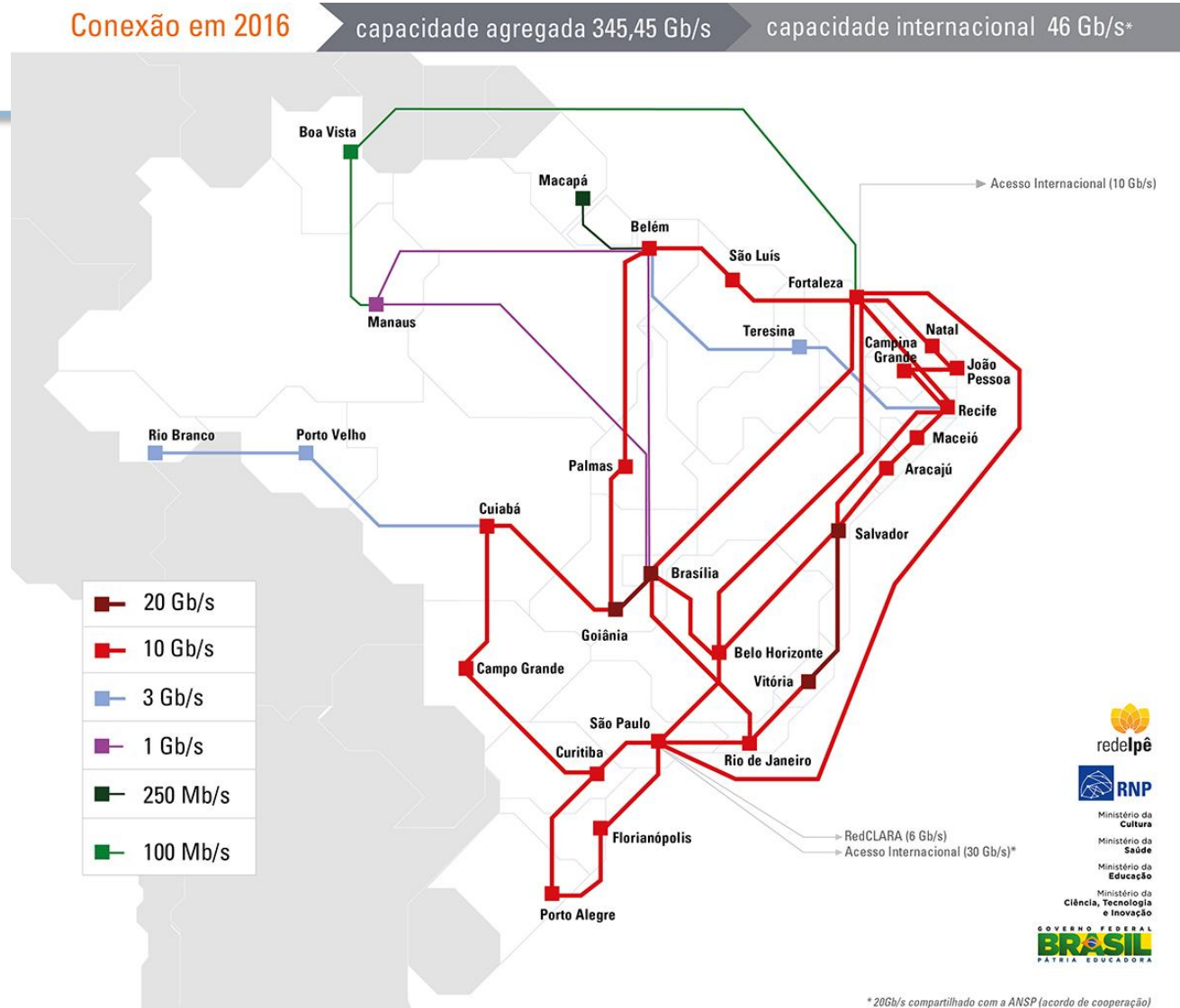
ISP NÍVEL 1: P. E., AT&T



ISP NÍVEL 1: BRASIL

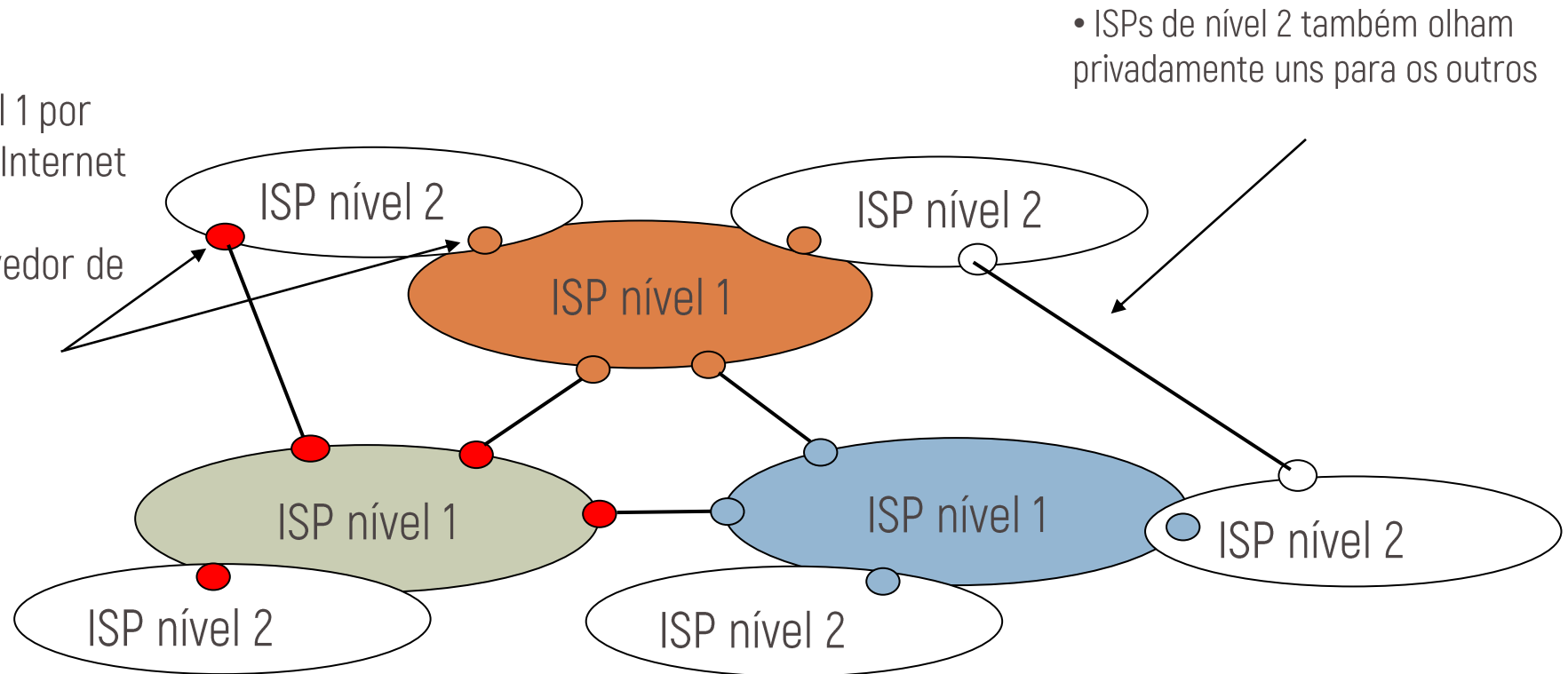


ISP NÍVEL 1: RNP

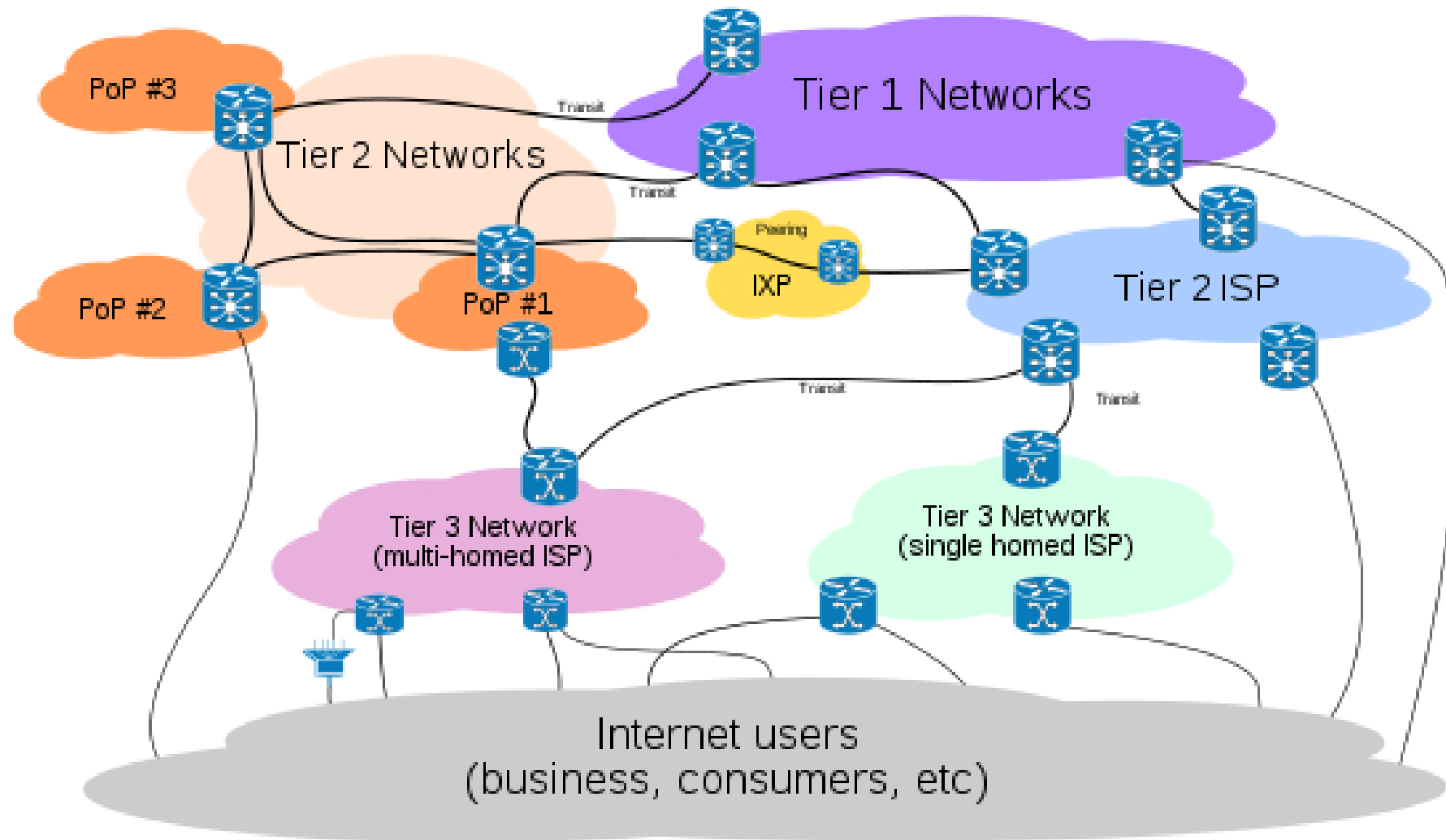


ISPs DE NÍVEL 2: ISPs MENORES (GERALMENTE REGIONAIS)

- ISP de nível 2 paga ao ISP nível 1 por conectividade com restante da Internet
- ISP de nível 2 é *cliente* do provedor de nível 1

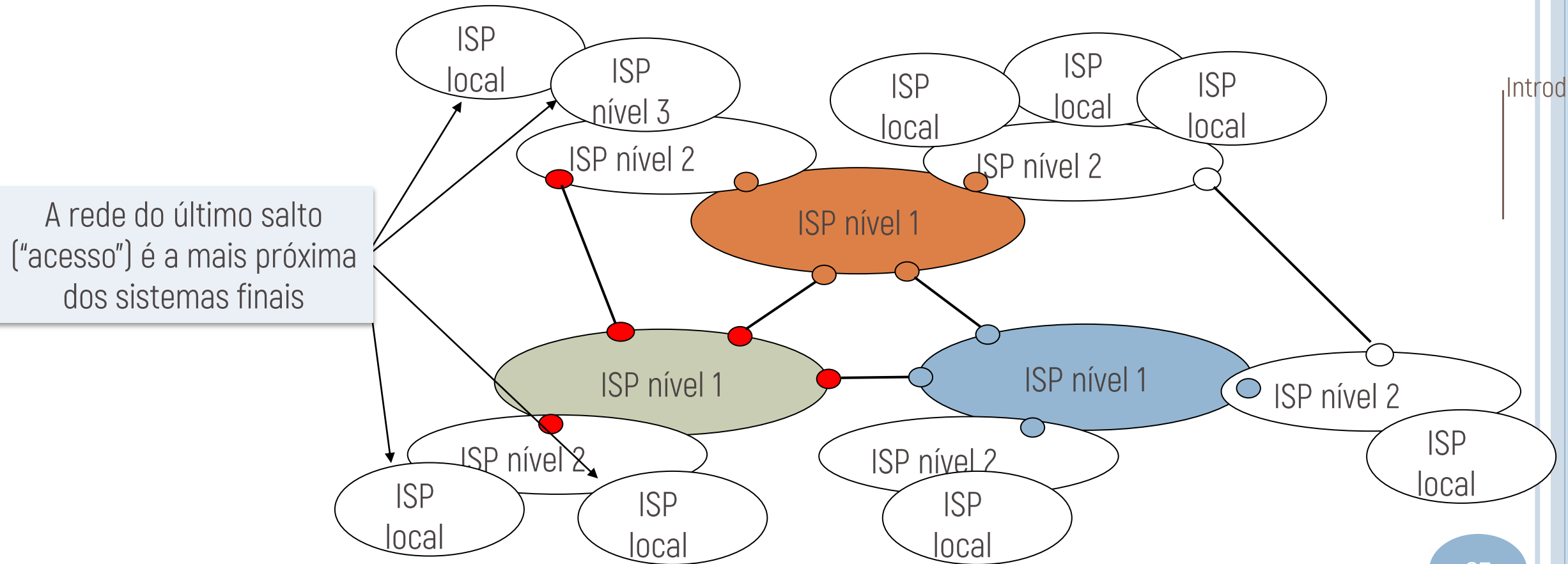


ISPs DE NÍVEL 3 E ISPs LOCAIS

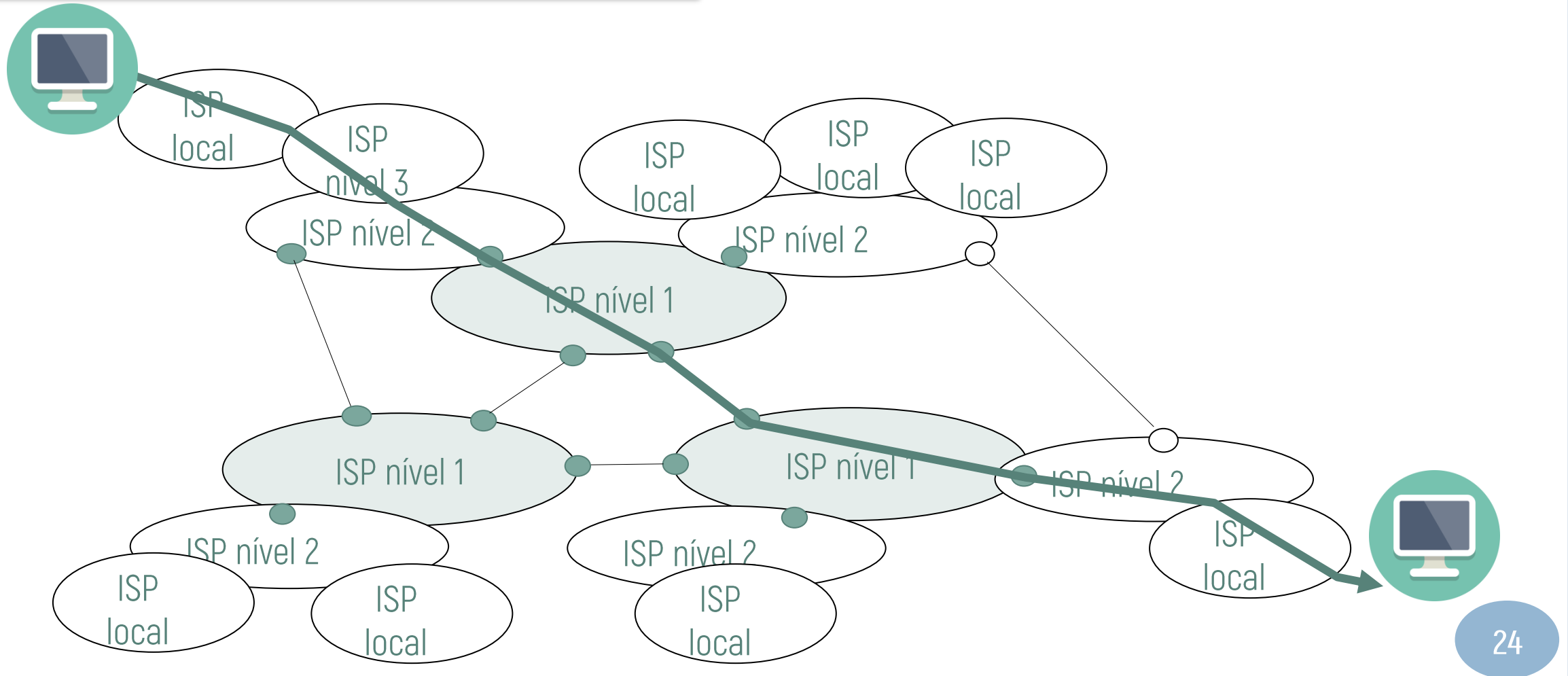


ISPs DE NÍVEL 3 E ISPs LOCAIS

ISPs locais e de nível 3 são *clientes* de ISPs de camada mais alta conectando-os ao restante da Internet



UM PACOTE PASSA POR MUITAS REDES!



TRACEROUTE

```
C:\Users\windsoncarvalho>tracert www.gendai.jp

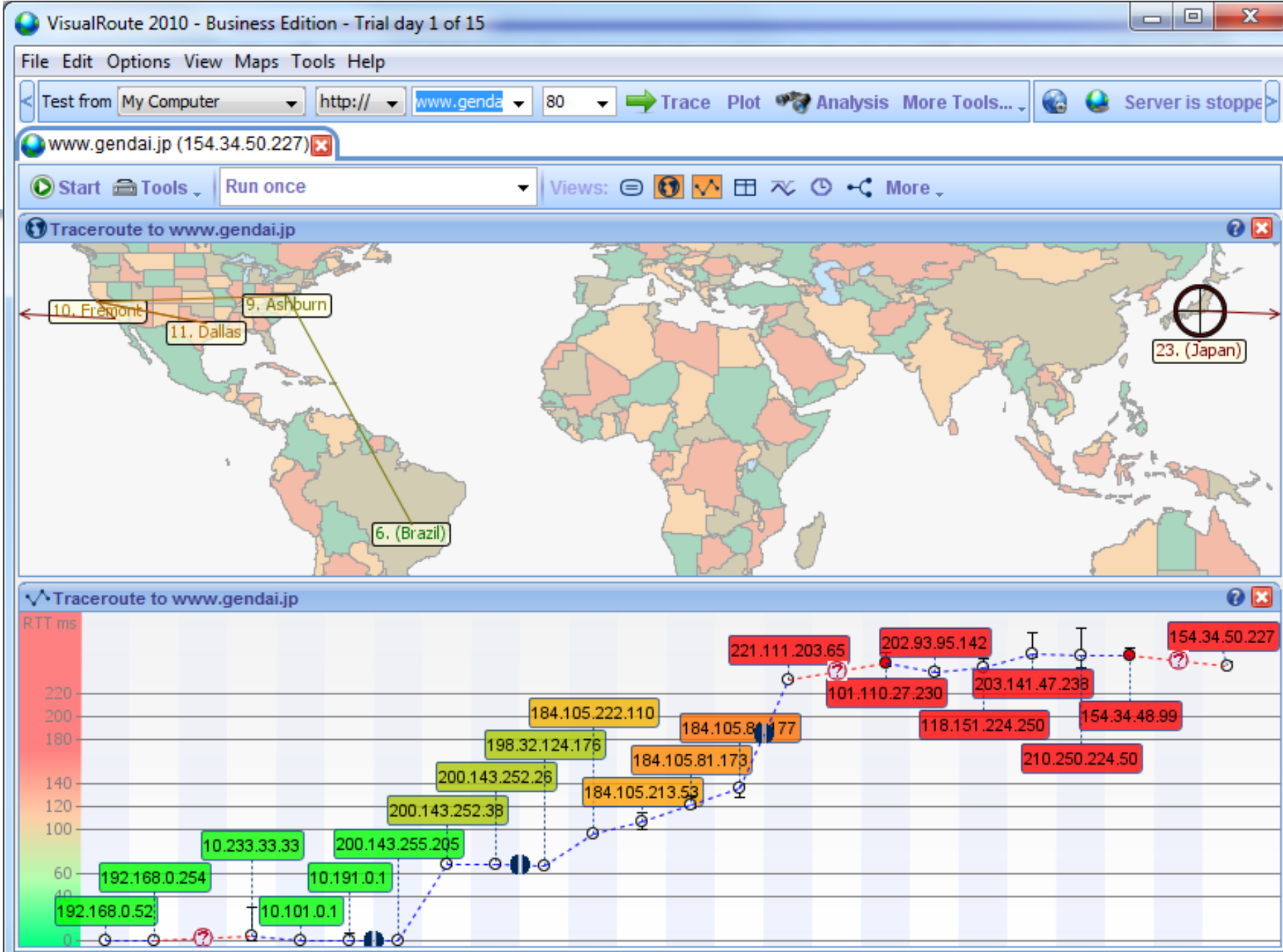
Rastreando a rota para www.gendai.jp [154.34.50.227]
com no máximo 30 saltos:

 1  <1 ms    <1 ms    <1 ms    netuno.great.local.ufc.br [192.168.0.254]
 2  *        *        *        Esgotado o tempo limite do pedido.
 3  1 ms     <1 ms    1 ms     10.233.33.33
 4  6 ms     8 ms     12 ms    10.101.0.1
 5  <1 ms    <1 ms    <1 ms    10.191.0.1
 6  1 ms     1 ms     1 ms     ce-lance.bkb.rnp.br [200.143.255.205]
 7  68 ms    67 ms    67 ms    mia1-ce-nau.bkb.rnp.br [200.143.252.38]
 8  67 ms    67 ms    66 ms    mia2-mia1.bkb.rnp.br [200.143.252.26]
 9  67 ms    66 ms    67 ms    nota.he.net [198.32.124.176]
10  95 ms    98 ms    96 ms    100ge2-1.core1.hou1.he.net [184.105.222.110]
11  106 ms   100 ms   101 ms   100ge11-2.core1.dal1.he.net [184.105.213.53]
12  122 ms   119 ms   123 ms   100ge4-2.core1.phx2.he.net [184.105.81.173]
13  127 ms   130 ms   134 ms   100ge11-2.core1.lax2.he.net [184.105.81.177]
14  231 ms   232 ms   234 ms   softbank221111203065.bbtec.net [221.111.203.65]

15  *        *        *        Esgotado o tempo limite do pedido.
16  245 ms   247 ms   245 ms   101.110.27.230
17  237 ms   240 ms   237 ms   202.93.95.142
18  245 ms   243 ms   243 ms   118.151.224.250
19  253 ms   255 ms   253 ms   203.141.47.238
20  249 ms   246 ms   246 ms   210.250.224.50
21  256 ms   255 ms   254 ms   154.34.48.99
22  *        *        *        Esgotado o tempo limite do pedido.
23  248 ms   *        246 ms   sheep-rose-lab0c0342020040b.znlc.jp [154.34.50.227]

Rastreamento concluído.

C:\Users\windsoncarvalho>
```



EXERCÍCIOS

Seção 1.3

11, 13 e 15

- Problemas
 - Problema 7!