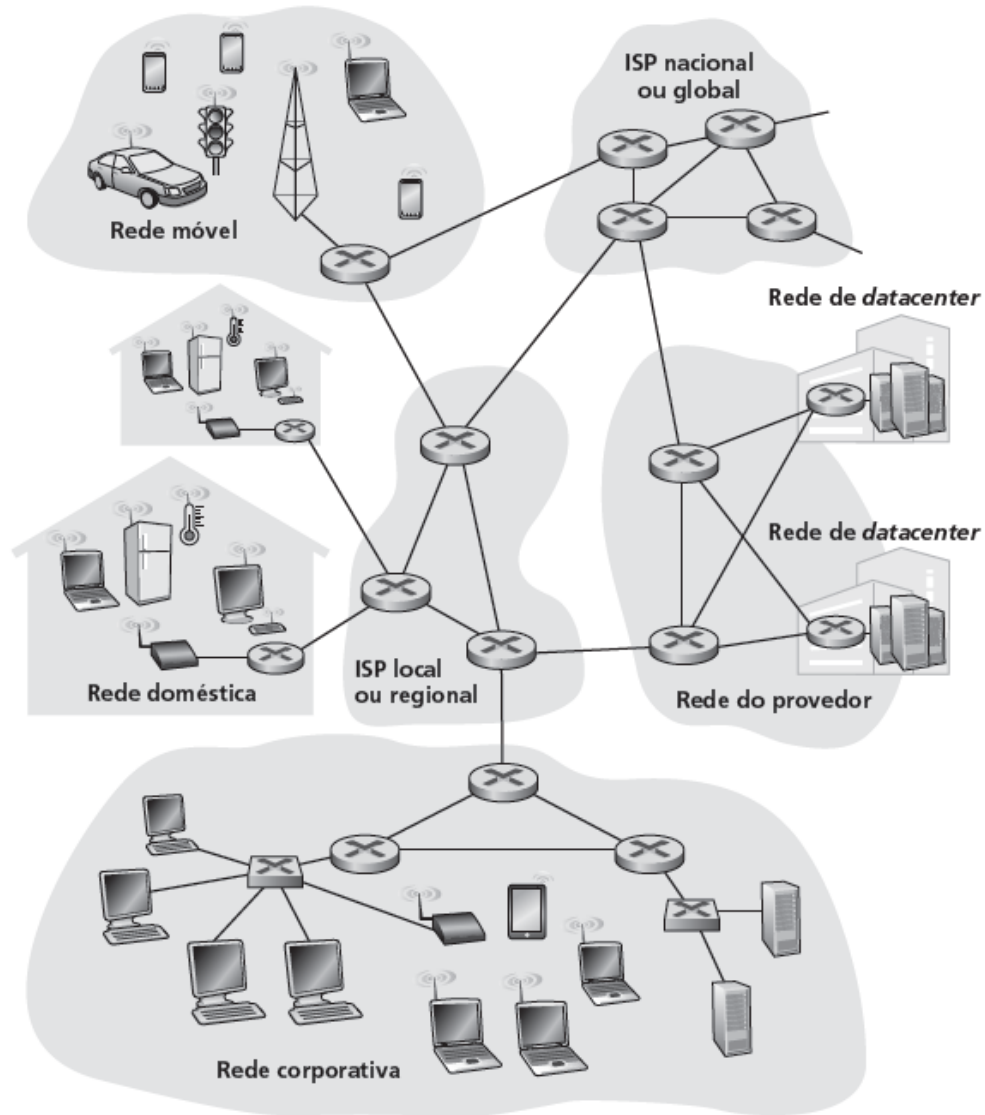


ICC309 Redes de Computadores

Prof. Dr.-Ing. Edjair Mota

Redes de Computadores e a Internet

Alguns componentes da Internet

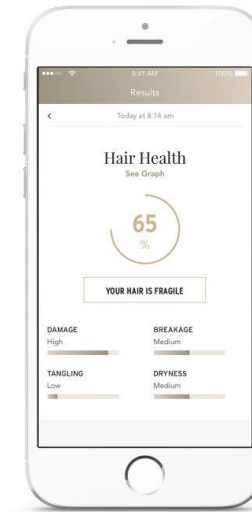


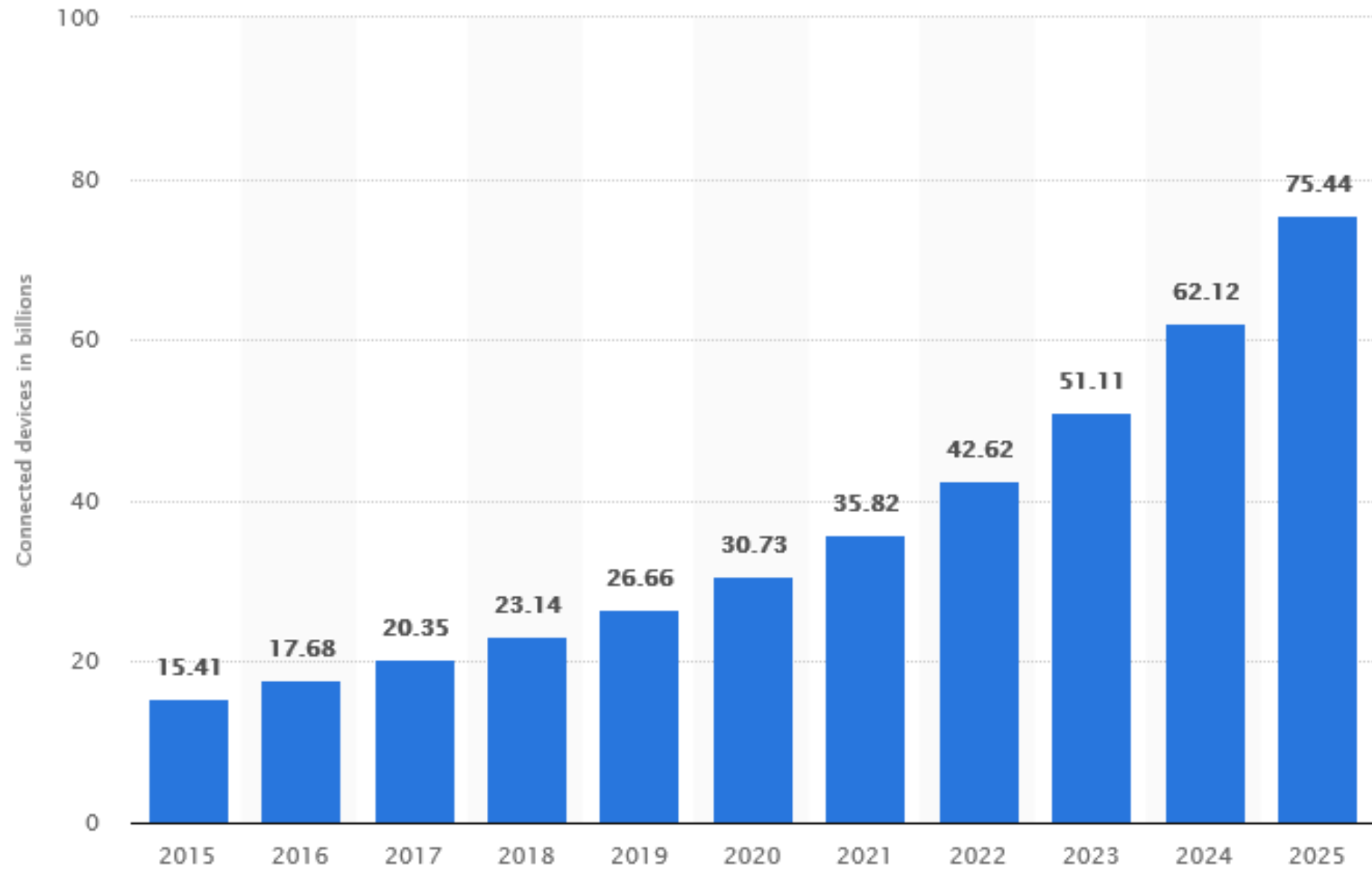
Legenda:

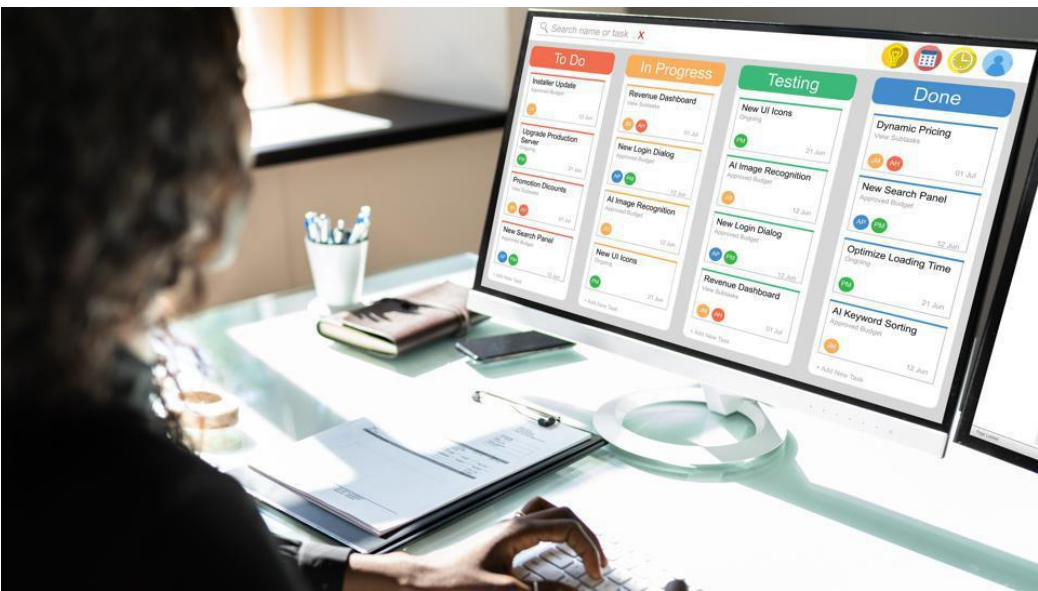


- ❑ Milhões de dispositivos de computação (*hospedeiros / sistemas finais*) conectados através de *enlaces de comunicação* (fibra, cobre, rádio, satélite)
- ❑ rodando aplicações de rede.
- ❑ Taxa de transmissão = largura de banda (*bandwidth*)
- ❑ Roteadores (*comutadores de pacotes*): encaminham pacotes (pedaços de dados)

Dispositivos conectados à Internet







O que é um protocolo?

Protocolos humanos

- “que horas são?”
- “tenho uma dúvida”
- apresentações

→ Mensagens específicas são enviadas
→ Ações específicas são realizadas quando as mensagens são recebidas
→ ou acontecem outros eventos

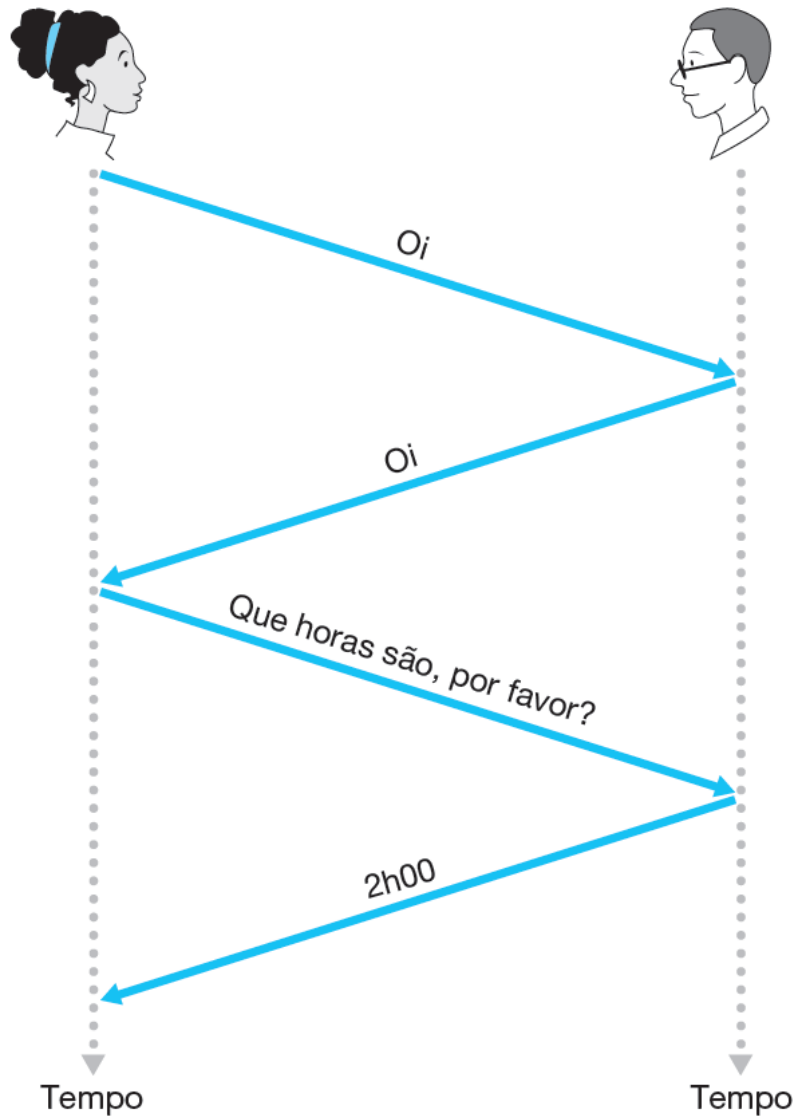
Protocolos de rede

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

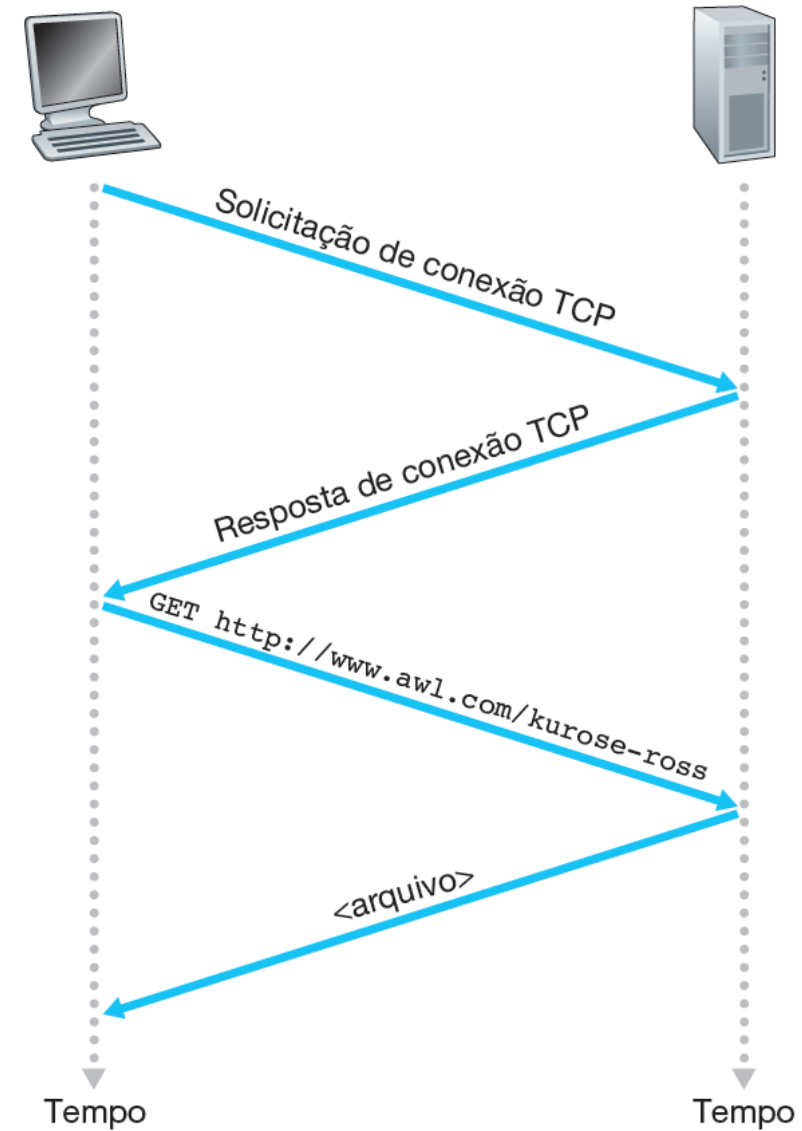
Protocolos definem

→ o **formato das msgs**,
→ a **ordem** das msg enviadas e recebidas,
→ as **ações tomadas** quando da transmissão ou recepção de msgs

Protocolo humano

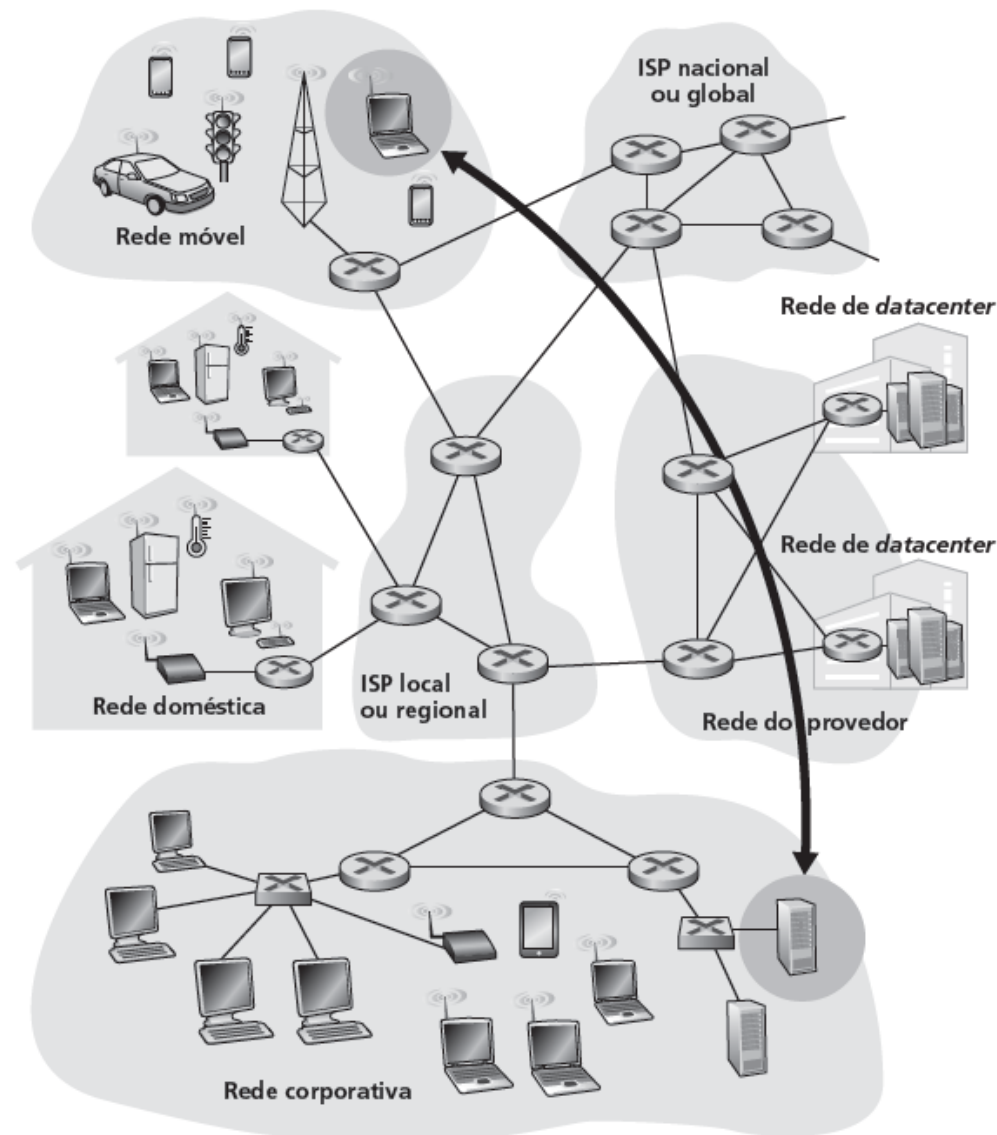


Protocolo de rede



Interação entre sistemas finais

- **Borda da rede**
 - hospedeiros (hosts)/sistemas finais: clientes e servidores
 - Servidores frequentemente em Data Centers
- **Redes de acesso, meio físico**
 - enlaces de comunicação
 - cabeados ou sem fio
- **Núcleo da rede**
 - Roteadores interconectados
 - rede de redes



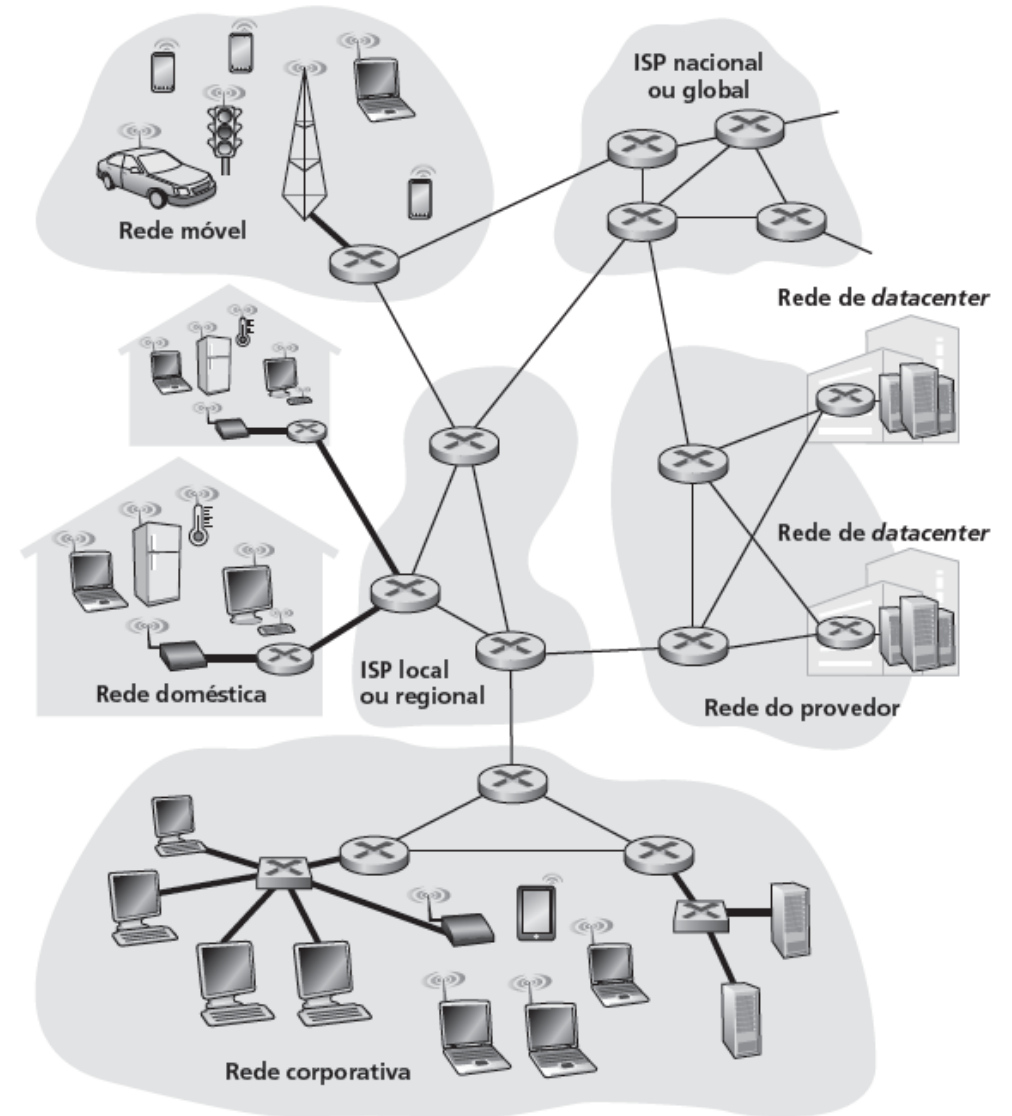
Redes de acesso

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

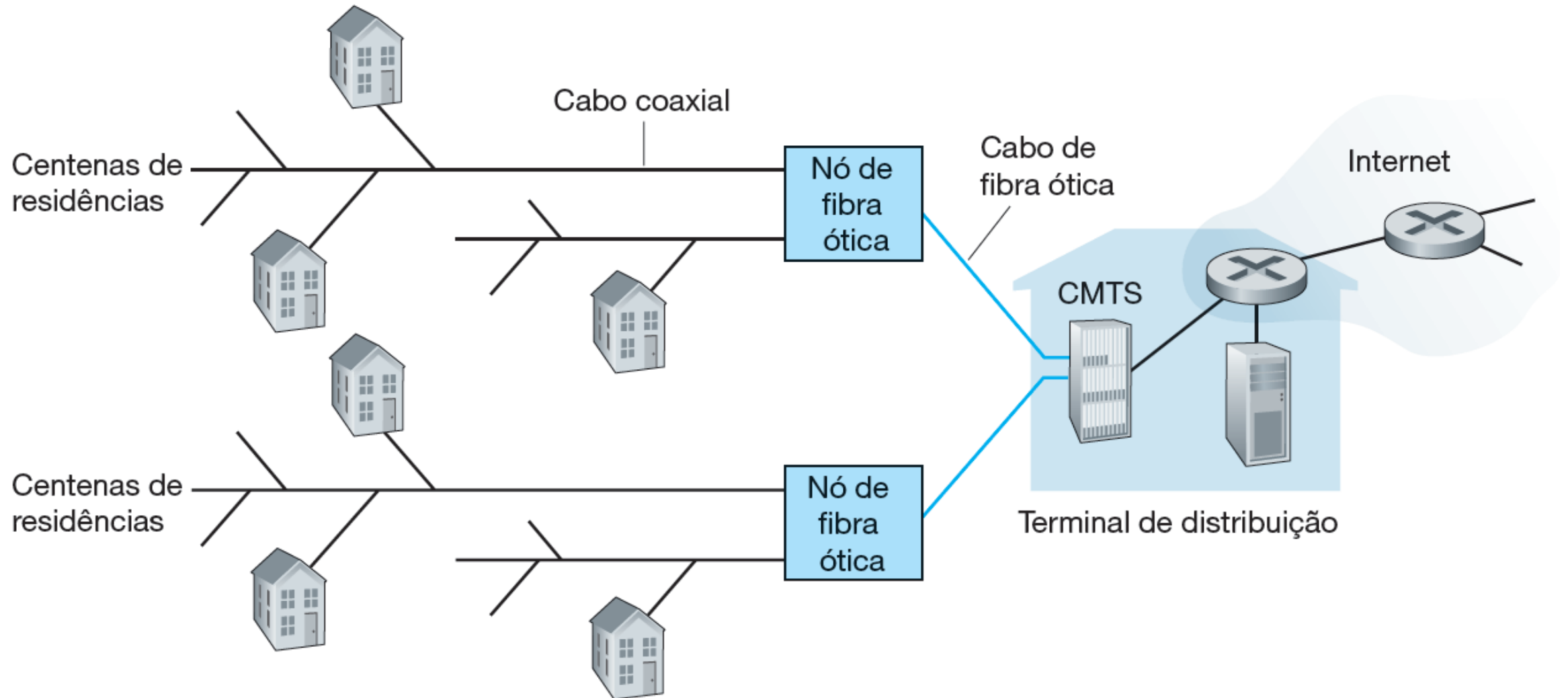
- redes de acesso residencial
- redes de acesso corporativo (escola, empresa)
- redes de acesso sem fio

Questões a serem consideradas:

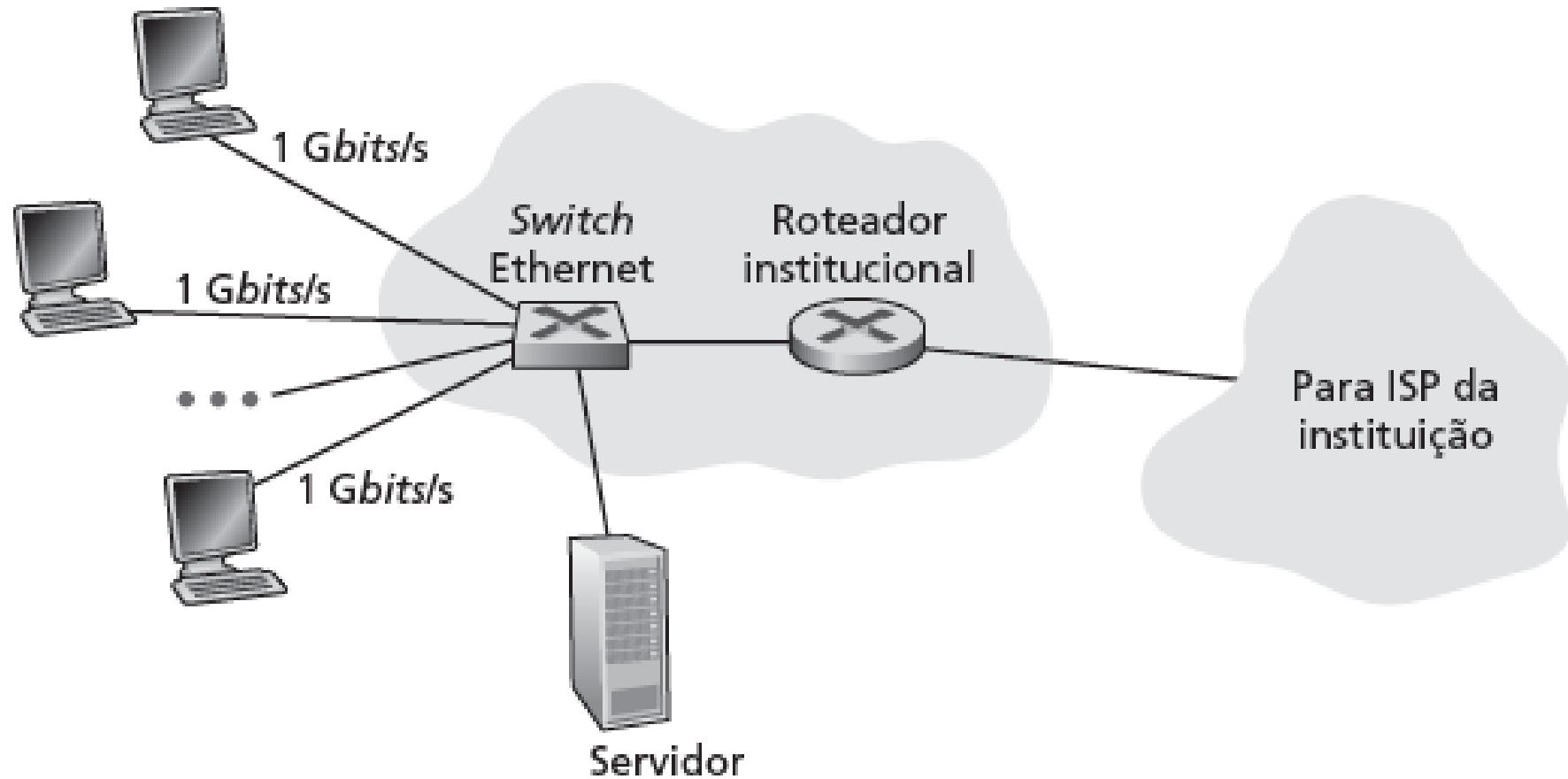
- largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso.
- compartilhada ou dedicada?



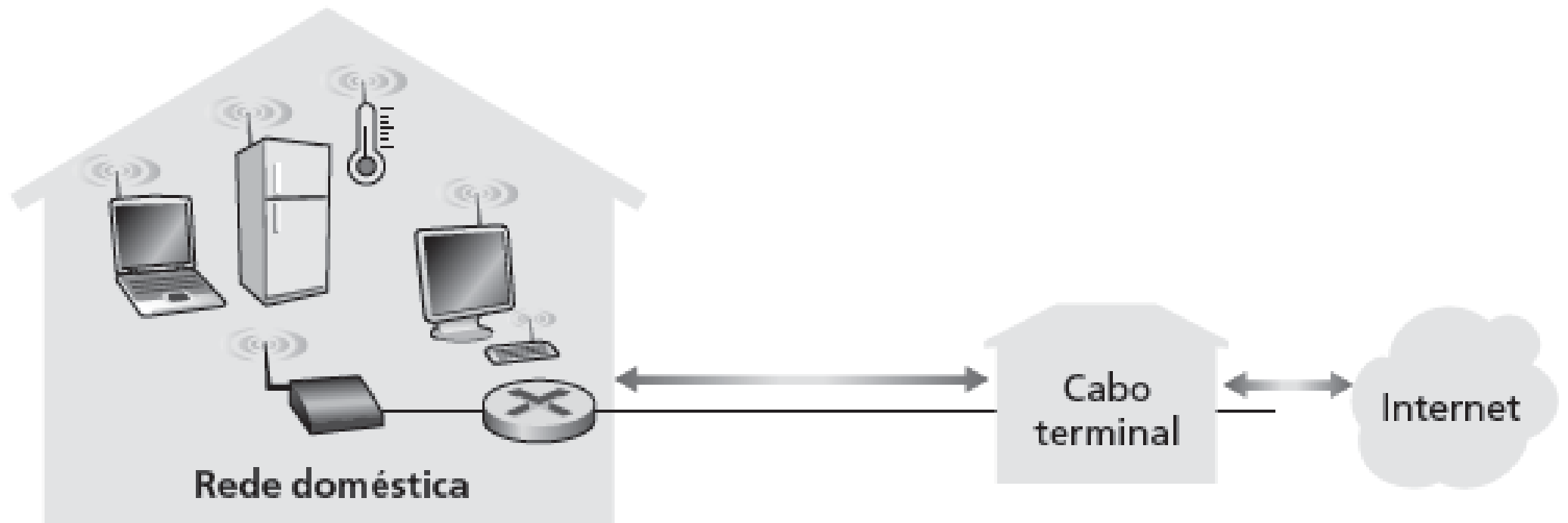
Redes de acesso híbrida: fibra-coaxial



Redes de acesso por Ethernet

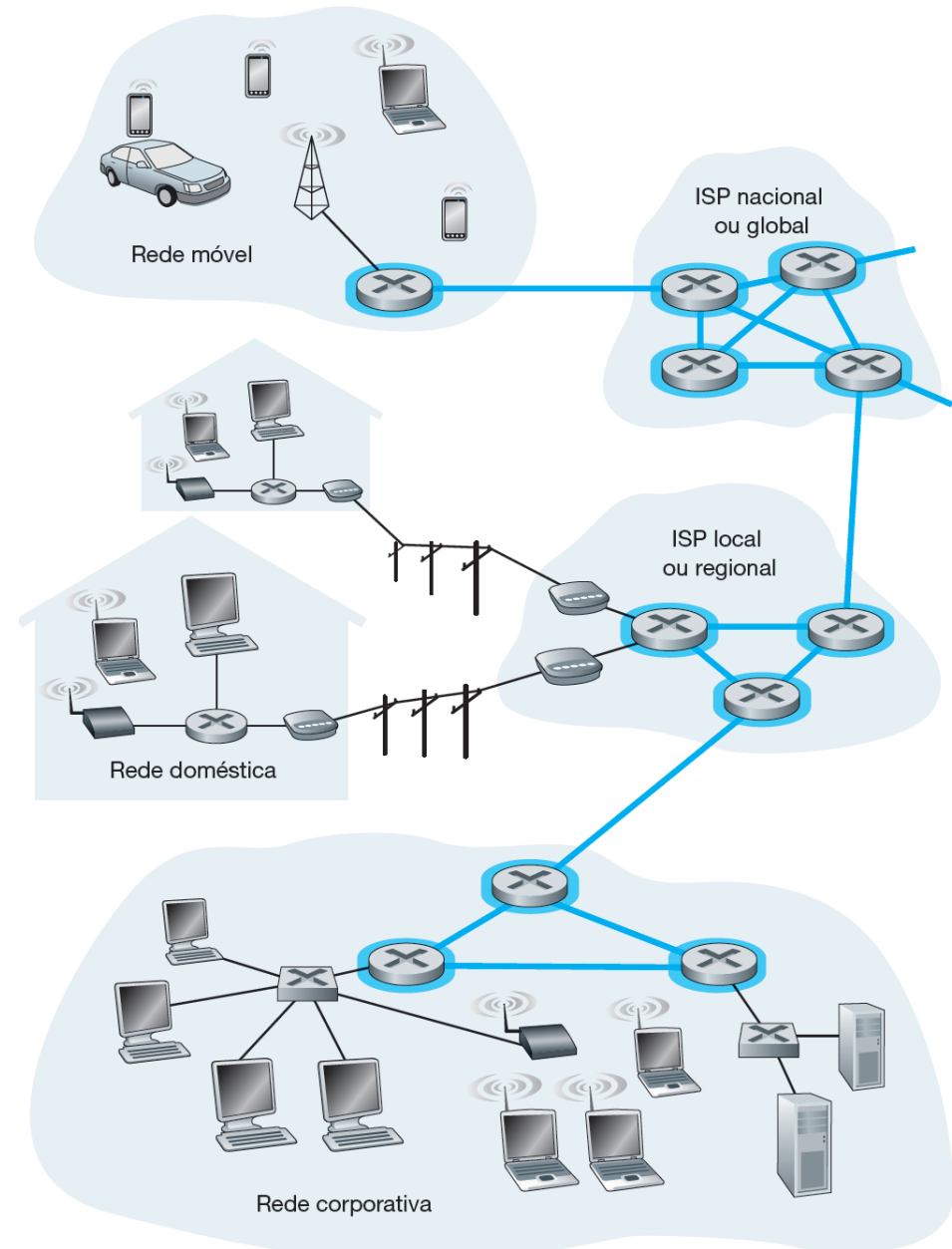


Redes de acesso doméstica

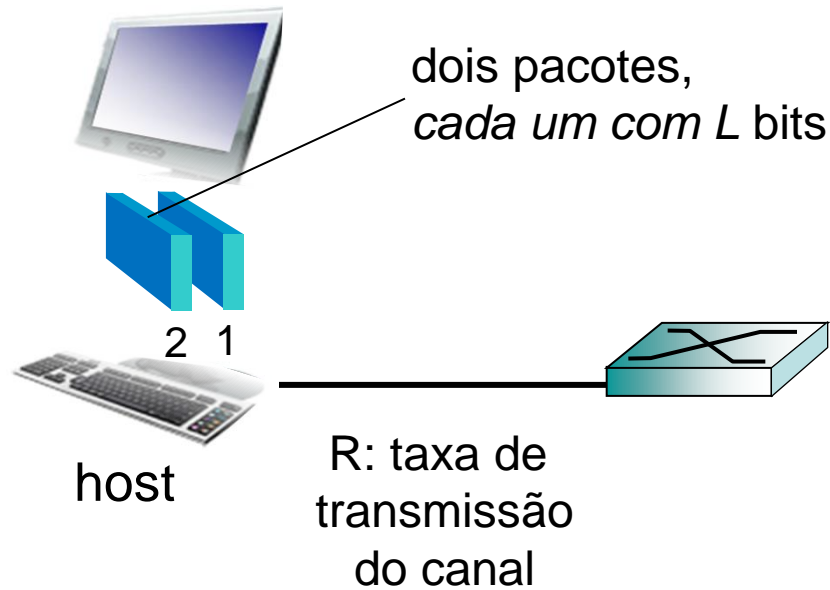


O núcleo da rede

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



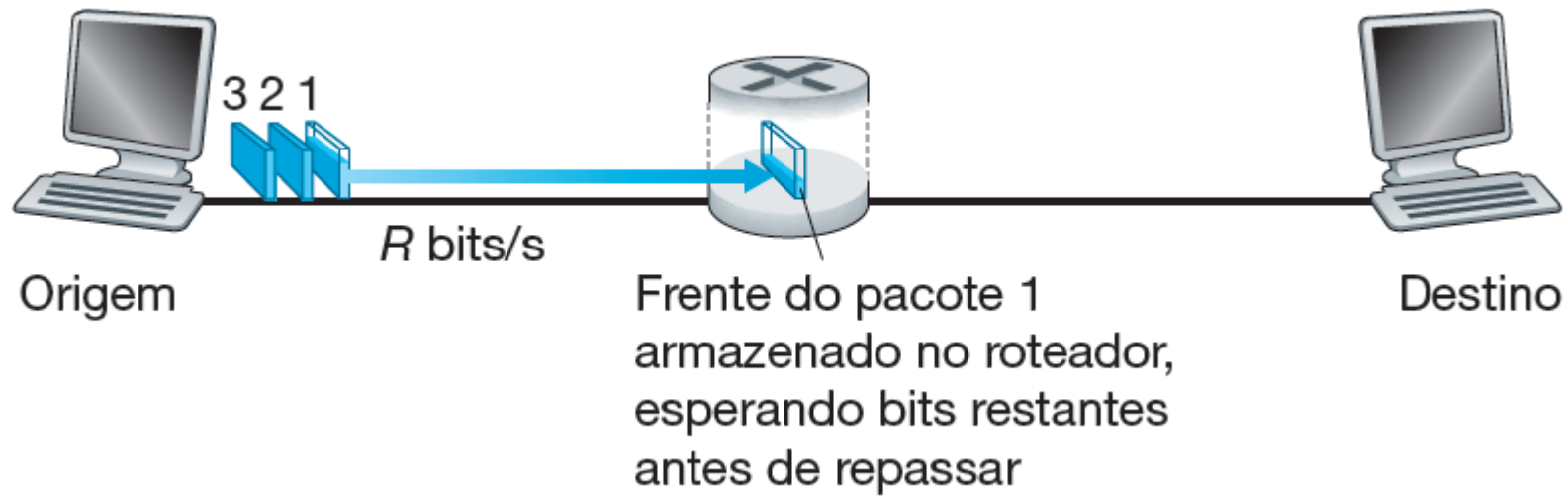
Função de Transmissão do Hospedeiro



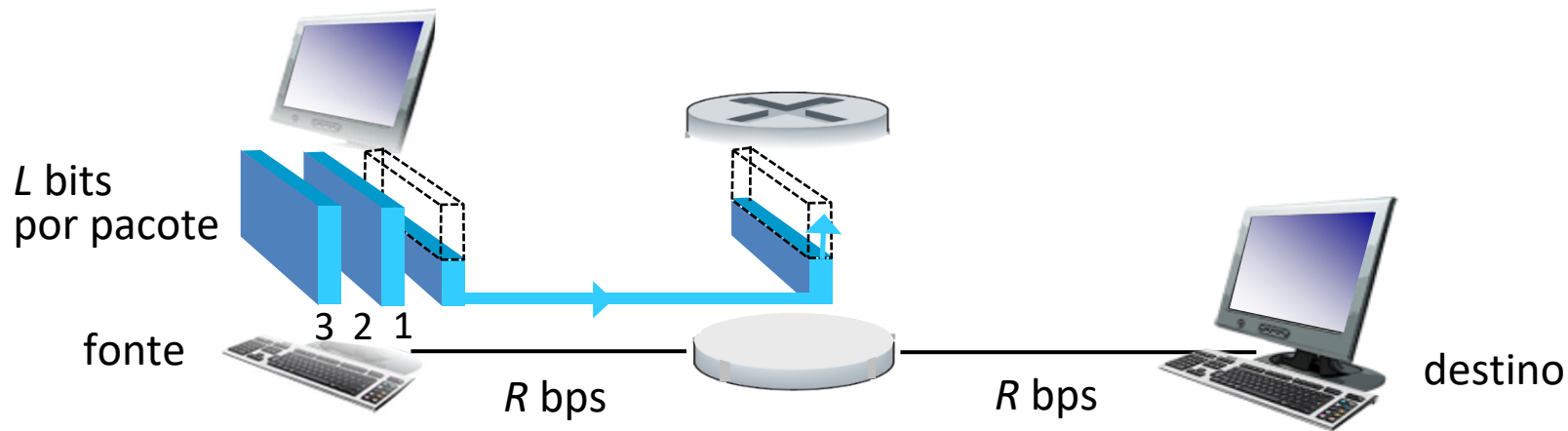
- ❑ pega mensagem da aplicação
- ❑ quebra em pequenos pedaços, conhecidos como **pacotes**, cada um com **L bits** de comprimento
- ❑ transmite o pacote pela rede de acesso a uma **taxa de transmissão** R bits/s.
 - taxa de transmissão do canal = **capacidade** do canal = **largura de banda do canal**

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

Atraso no roteador A



Atraso no roteador



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

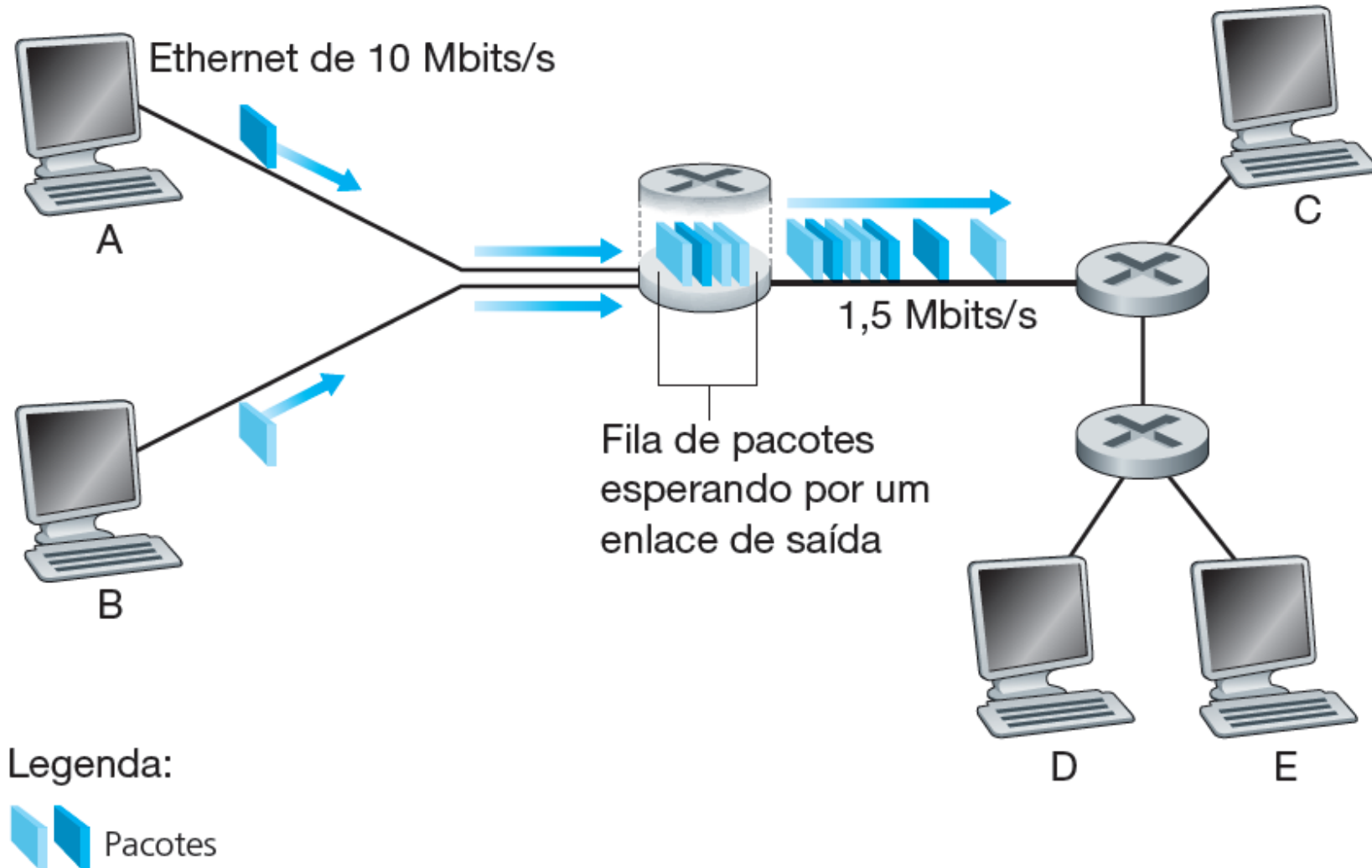
Exemplo numérico para um salto:

$$L = 7,5 \text{ Mbits}$$

$$R = 1,5 \text{ Mbps}$$

Atraso de transmissão em um salto = 5 seg

Comutação de pacotes

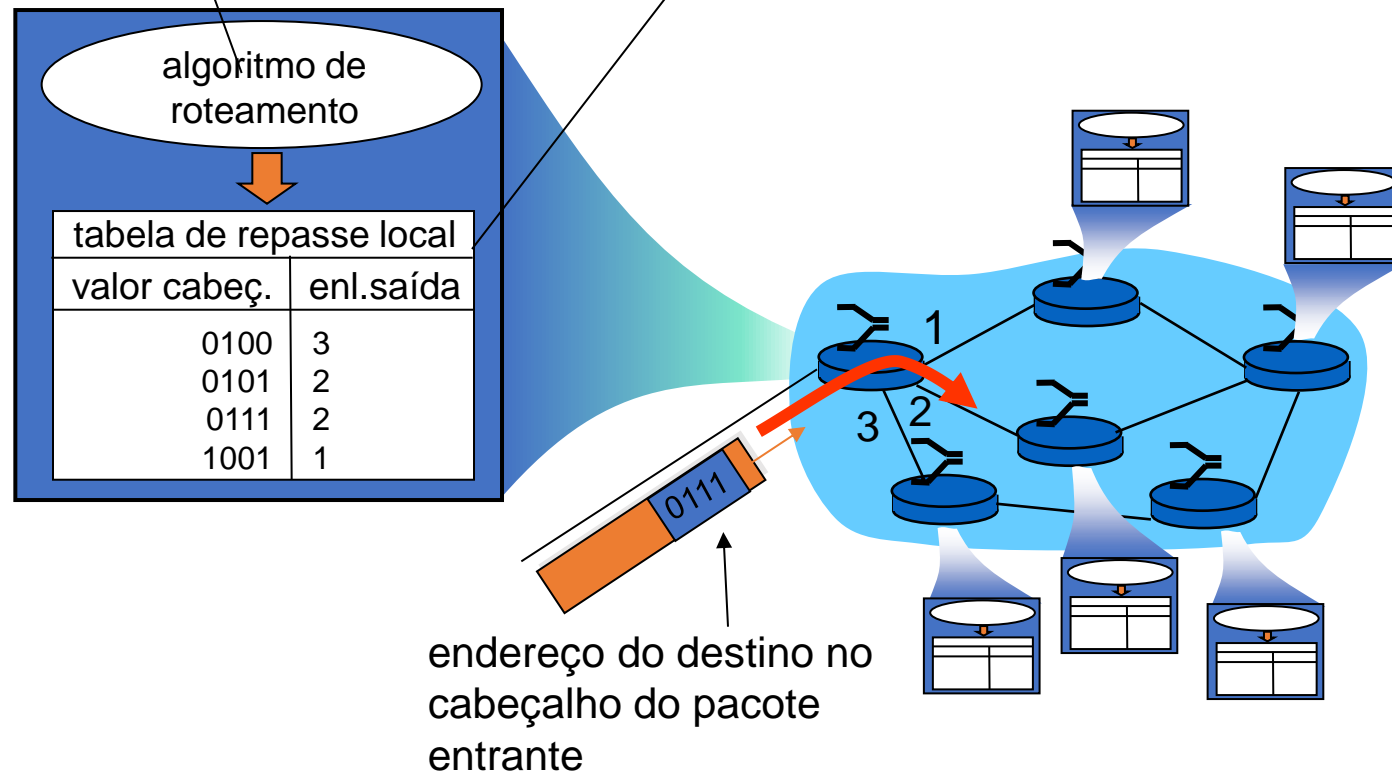


Funções do núcleo da rede

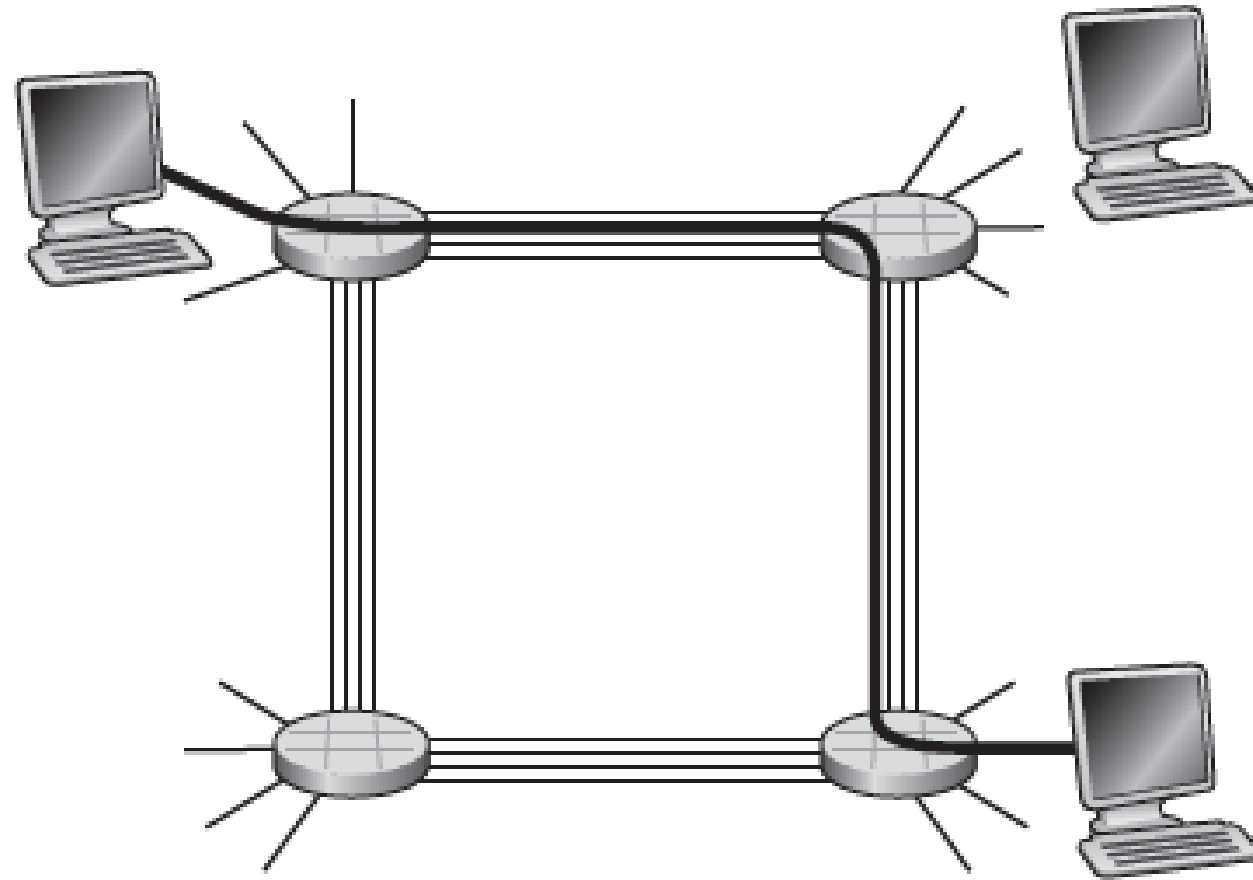
roteamento: determina a rota origem-destino tomada pelos pacotes

- *algoritmos de roteamento*

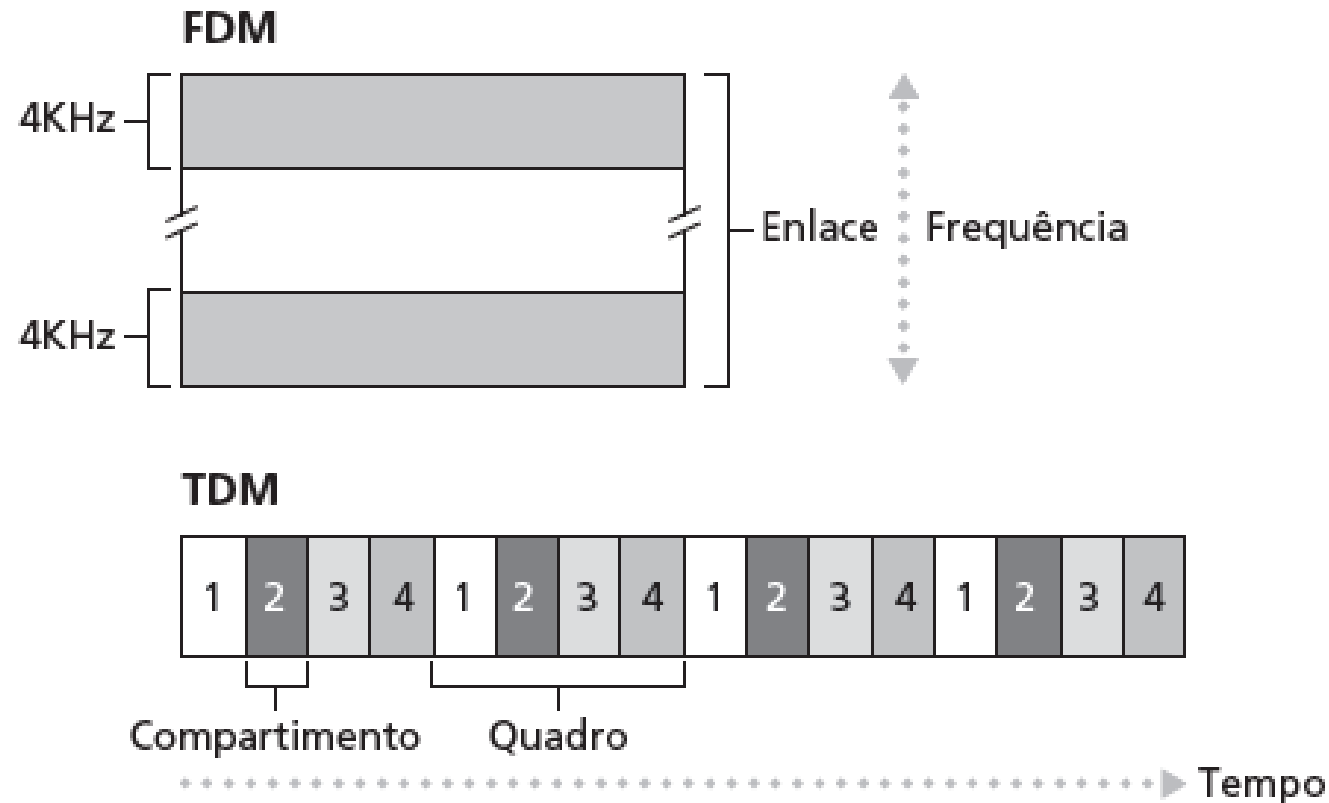
repasse: move pacotes da entrada do roteador para a saída apropriada do roteador



Comutação de circuitos



Comutação de circuitos



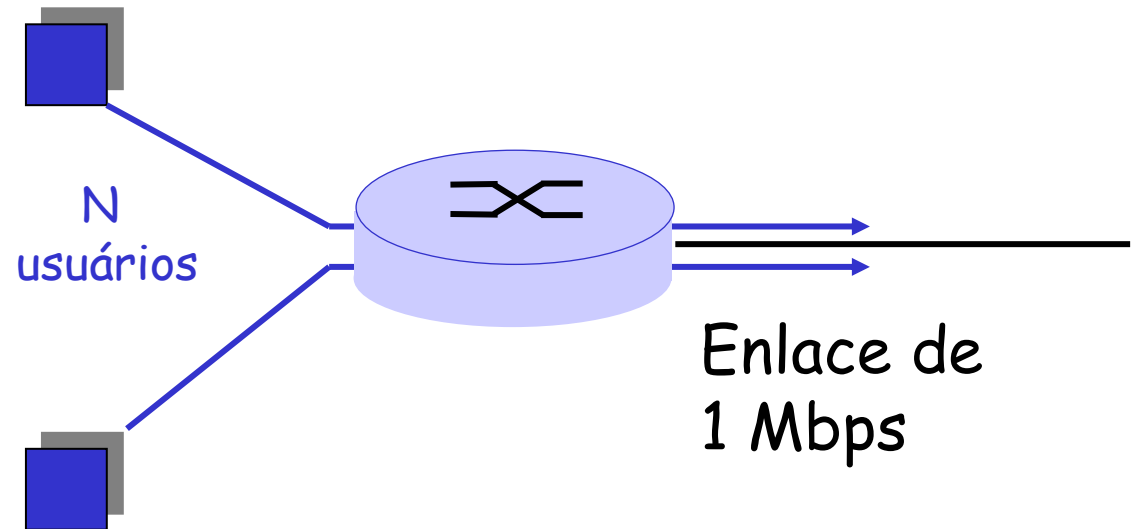
Legenda:



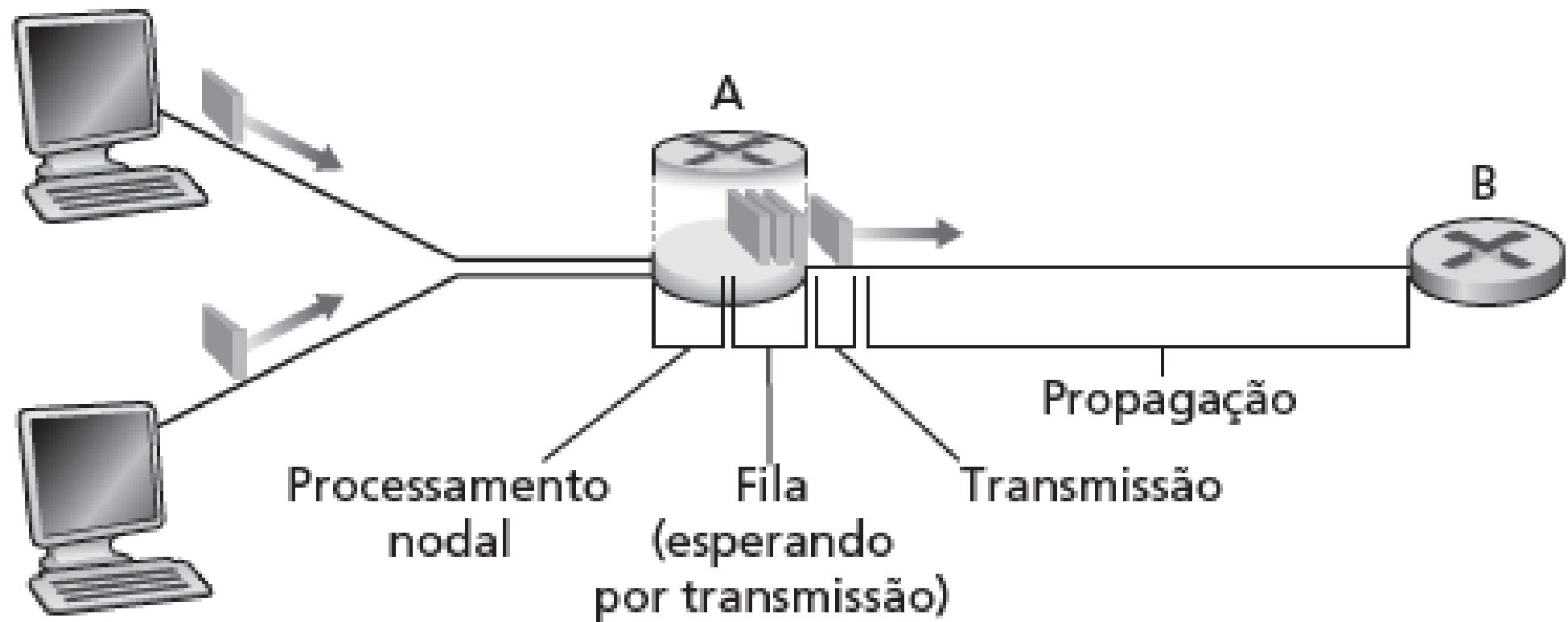
Todos os compartimentos de número "2" são dedicados a um par transmissor/receptor específico.

Comutação de pacotes vs Comutação de circuitos

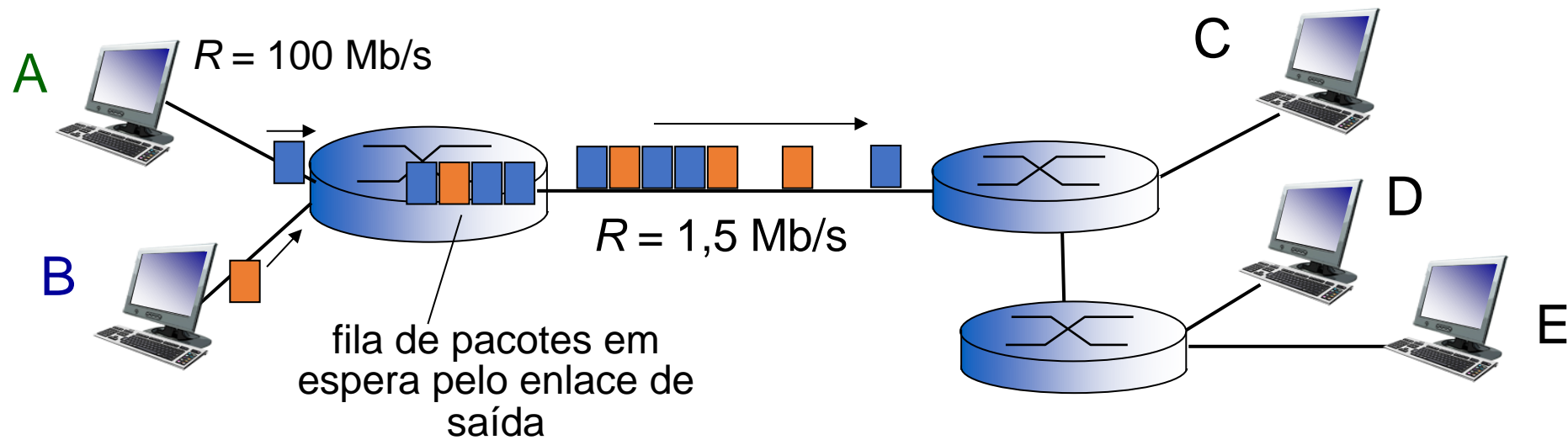
- ❑ Enlace de 1 Mbit
- ❑ cada usuário:
 - 100kbps quando “ativo”
 - ativo 10% do tempo
- ❑ comutação por circuitos:
 - 10 usuários
- ❑ comutação por pacotes:
 - 35 usuários
 - probabilidade de mais que 10 usuários ativos, ao mesmo tempo, é menor que 0,004



Atraso no roteador A

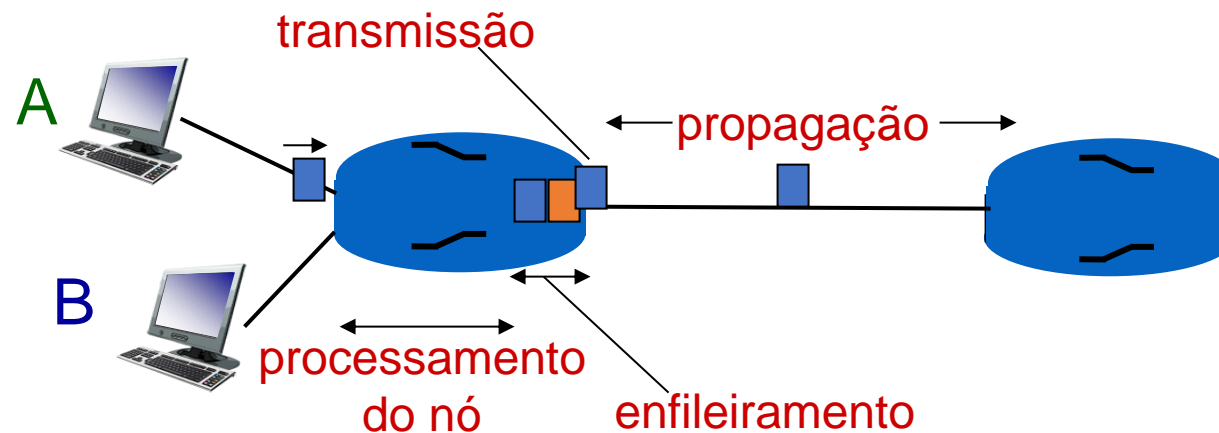


Enfileiramento e perdas



- ❑ 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

Quatro fontes de atrasos dos pacotes



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

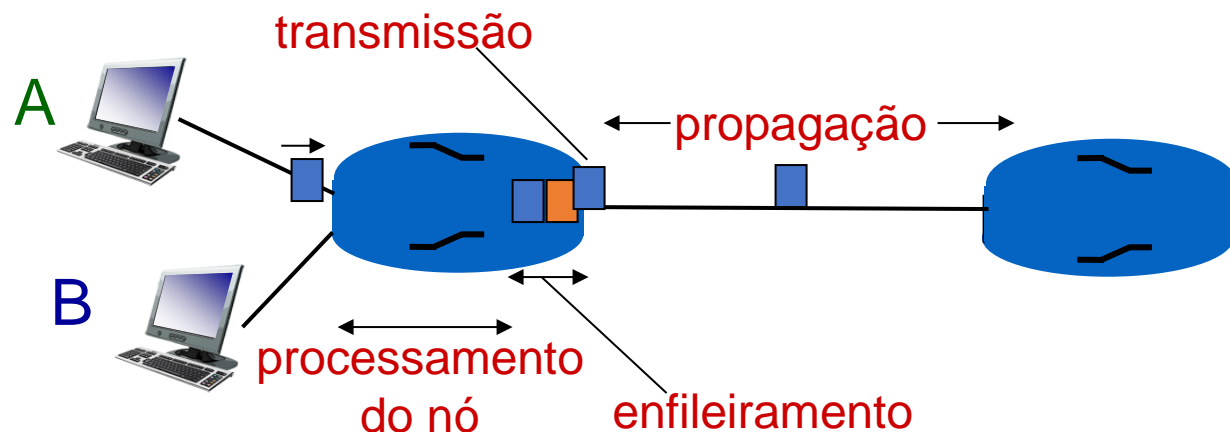
d_{proc} : processamento no nó

- verifica erros de bit
- determina enlace de saída
- Tipicamente < msec

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 atrasos dos pacotes



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

d_{trans} : atraso de transmissão:

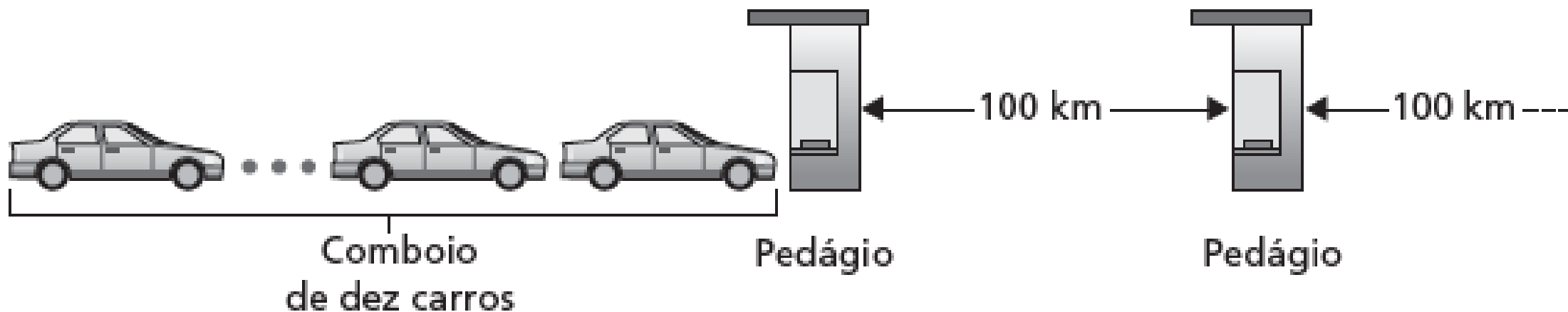
- L: comprimento do pacote (bits)
- R: largura de banda do enlace (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

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 do comboio

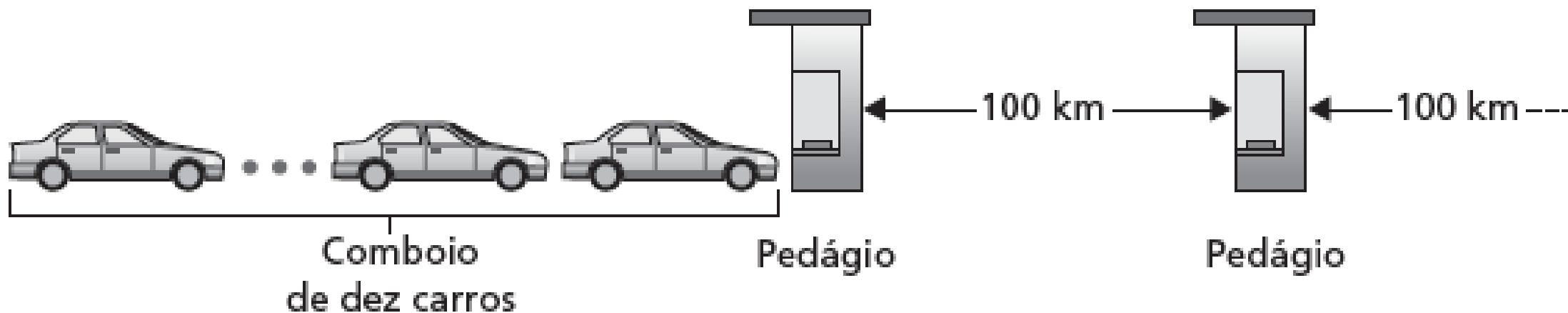


- Os carros se “propagam” a 100 km/h
- O pedágio leva 12 seg para atender um carro (tempo de transmissão)
- Carro \sim bit; caravana \sim pacote

P: Quanto tempo leva até que a caravana esteja enfileirada antes do segundo pedágio?

- Tempo para “atravessar” toda a caravana através do pedágio para a estrada = $12 \times 10 = 120$ seg
- Tempo para que o último carro se propague do primeiro para o segundo pedágio:
 $100\text{km} / (100\text{km/h}) = 1$ h
- **R: 62 minutos**

Analogia do comboio



- ❑ Os carros agora se “propagam” a 1000 km/h
- ❑ Os pedágios agora levam em torno de 1 min para atender um carro.

P: Os carros chegarão ao segundo pedágio antes que todos os carros tenham sido atendidos no primeiro pedágio?

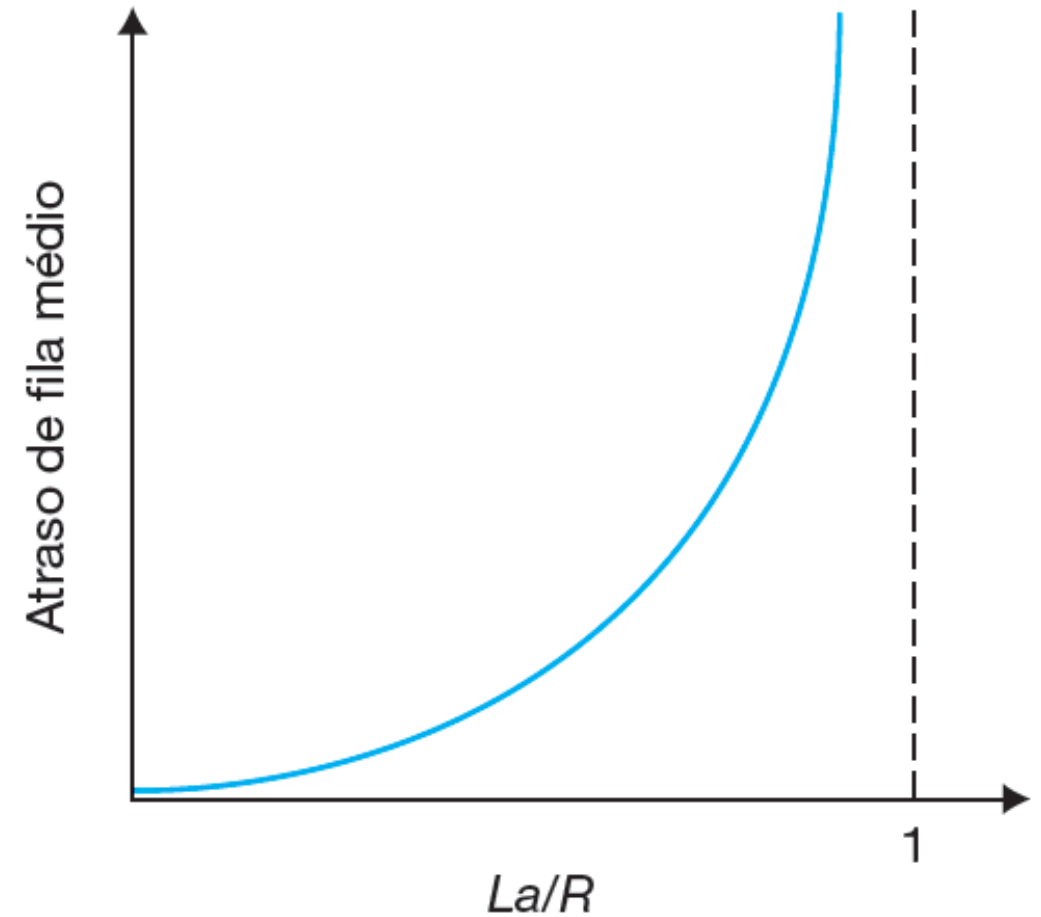
- ❑ **Sim!**
- ❑ Após 7 min, o 1o. Carro chega ao 2o. Pedágio e ainda há 3 carros no 1o. pedágio.
- ❑ O 1o. bit do pacote pode chegar ao 2o. Roteador antes que o pacote tenha sido totalmente transmitido no 1o. roteador!

Atraso vs intensidade de tráfego

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

intensidade de tráfego = $\lambda a / R$

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

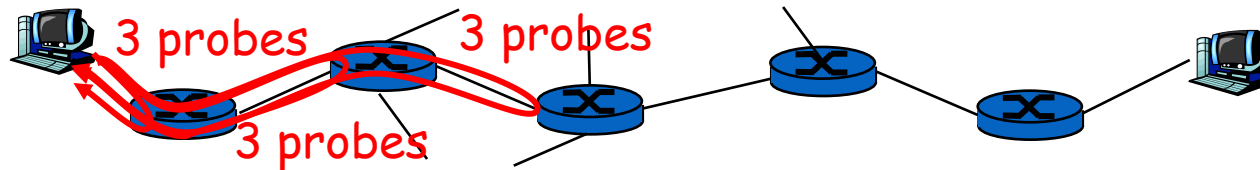


Atrasos e rotas “reais” da Internet

Como são os atrasos e as perdas reais da Internet?

O 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 :


- Envia três pacotes que alcançarão o roteador i no caminho até o destino.
- O roteador i devolverá os pacotes ao transmissor
- O transmissor calcula o intervalo de tempo decorrido entre a transmissão e a chegada da resposta.



Atrasos e rotas “reais” da Internet

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

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



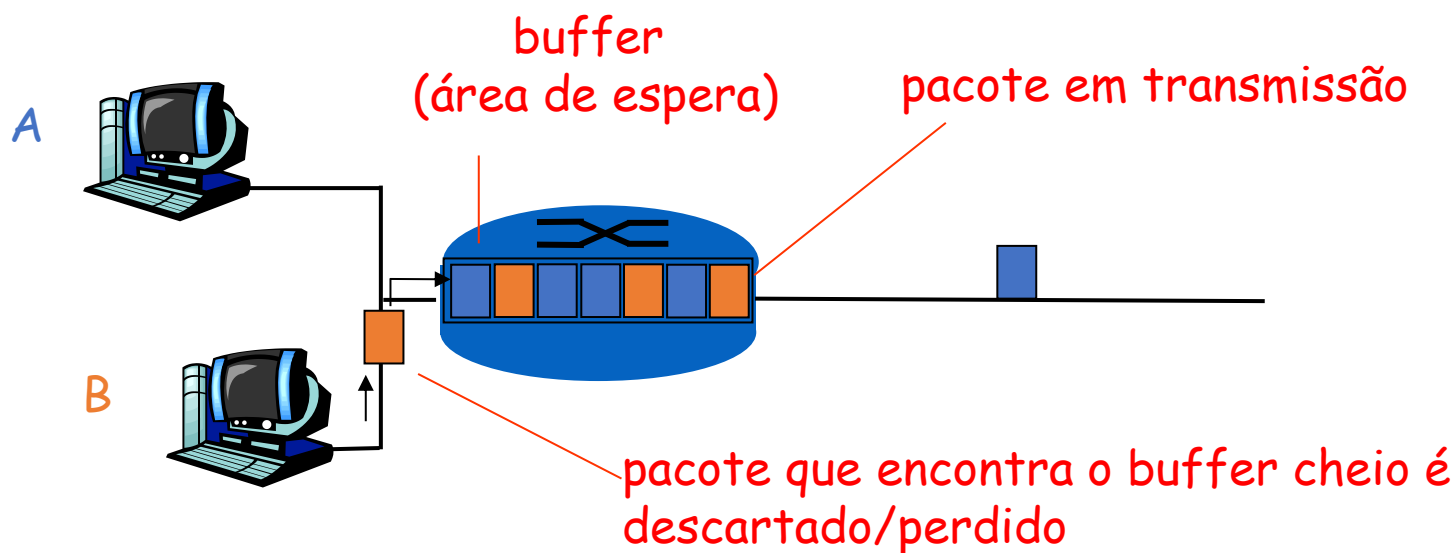
```
1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (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

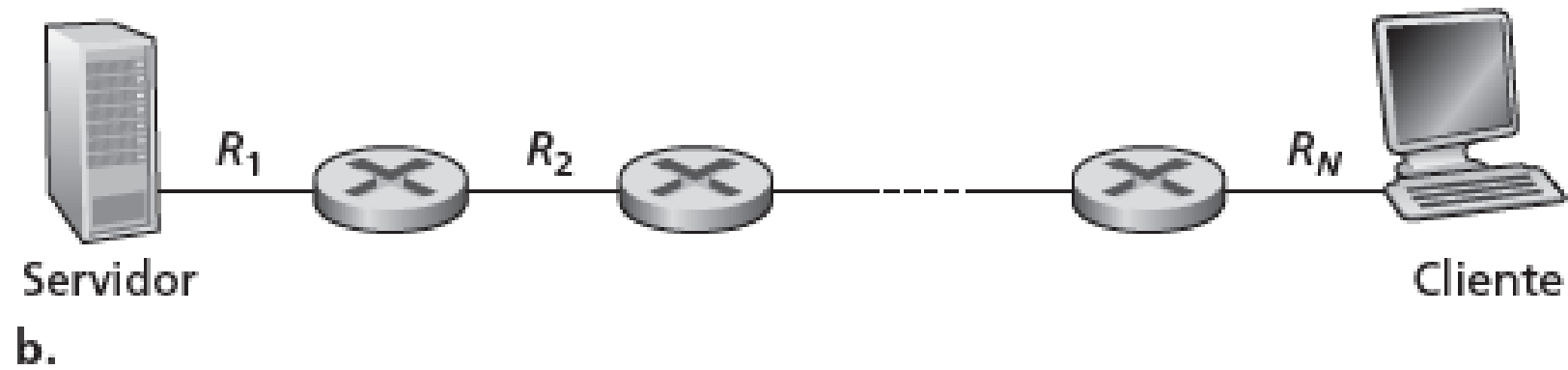
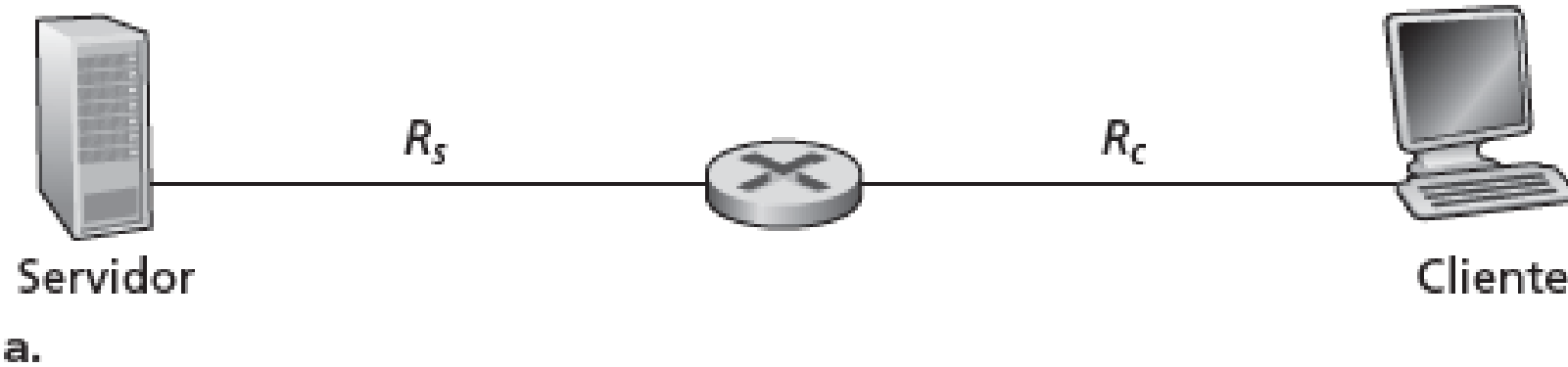
* sem resposta (pacote perdido, roteador não responde)

Perda de pacotes

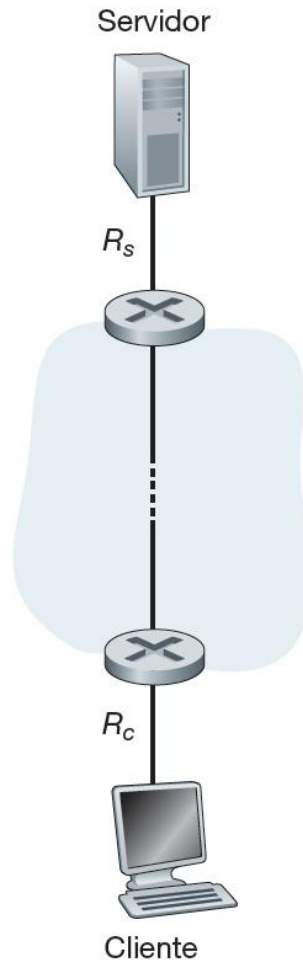
- ❑ fila (buffer) anterior a um canal possui capacidade finita
- ❑ quando um pacote chega numa fila cheia, o pacote é descartado (perdido)
- ❑ o pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema origem, ou não ser retransmitido



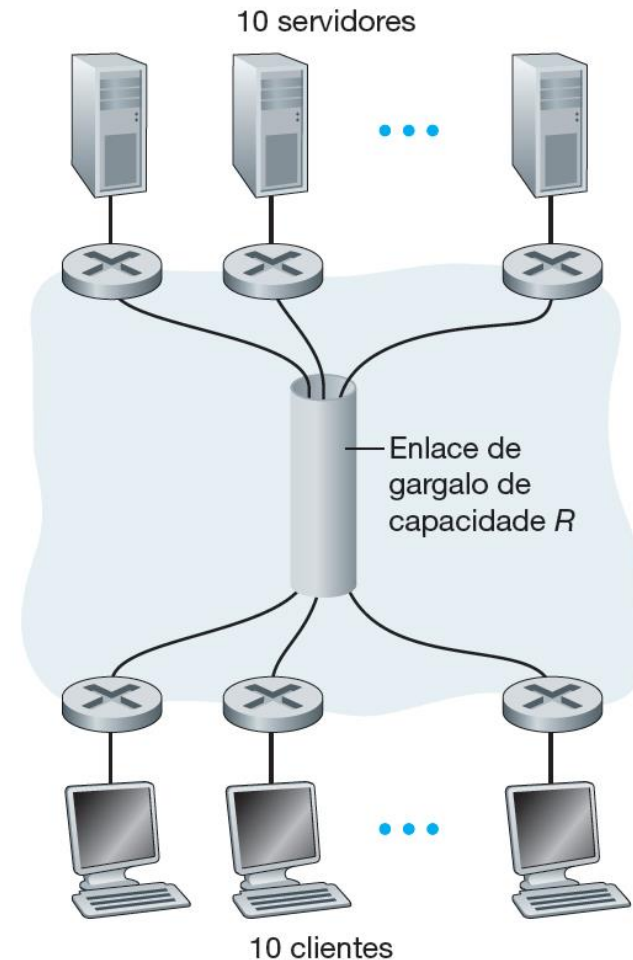
Vazão



Vazão fim a fim



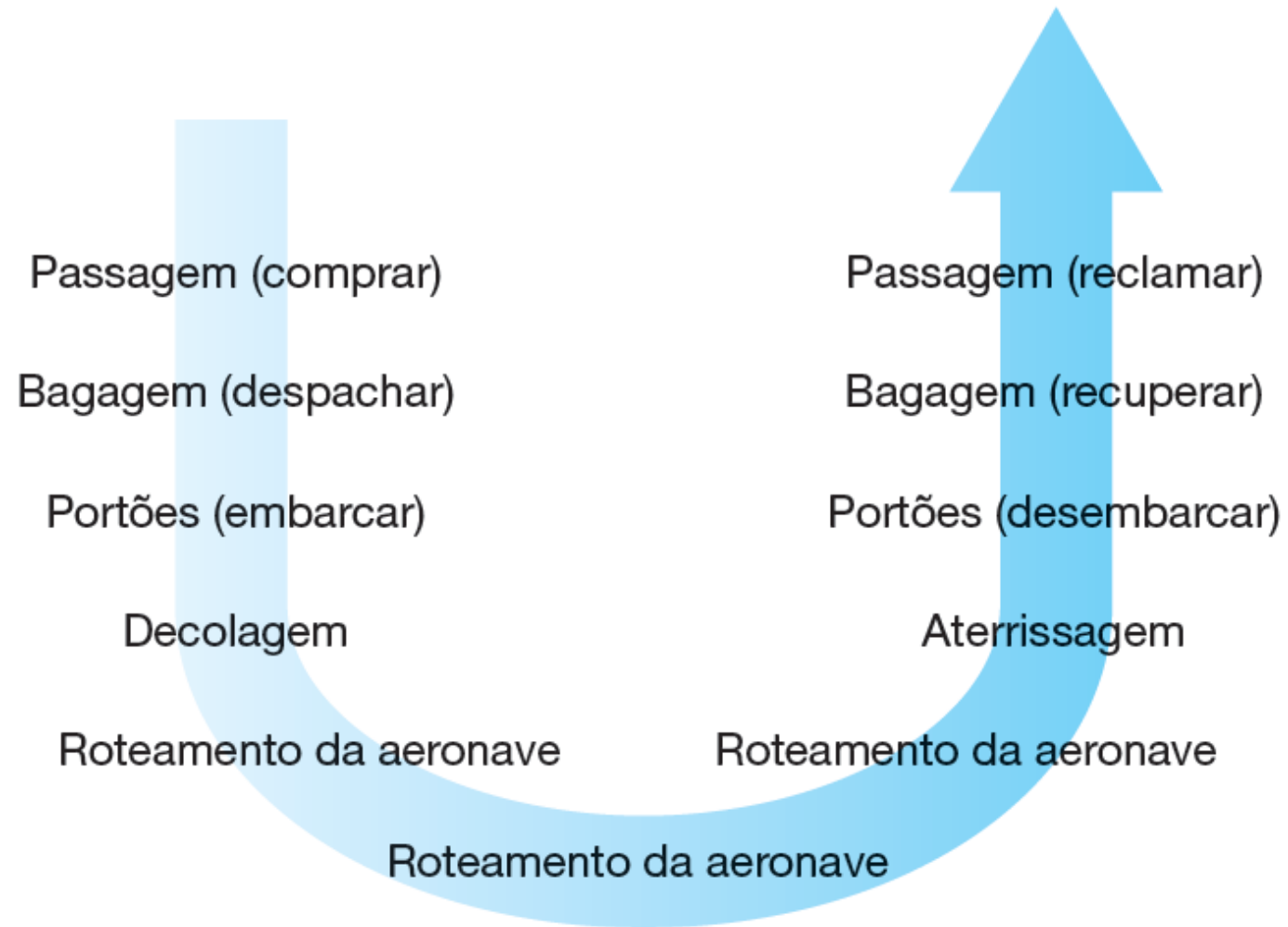
O cliente faz o download de um arquivo do servidor



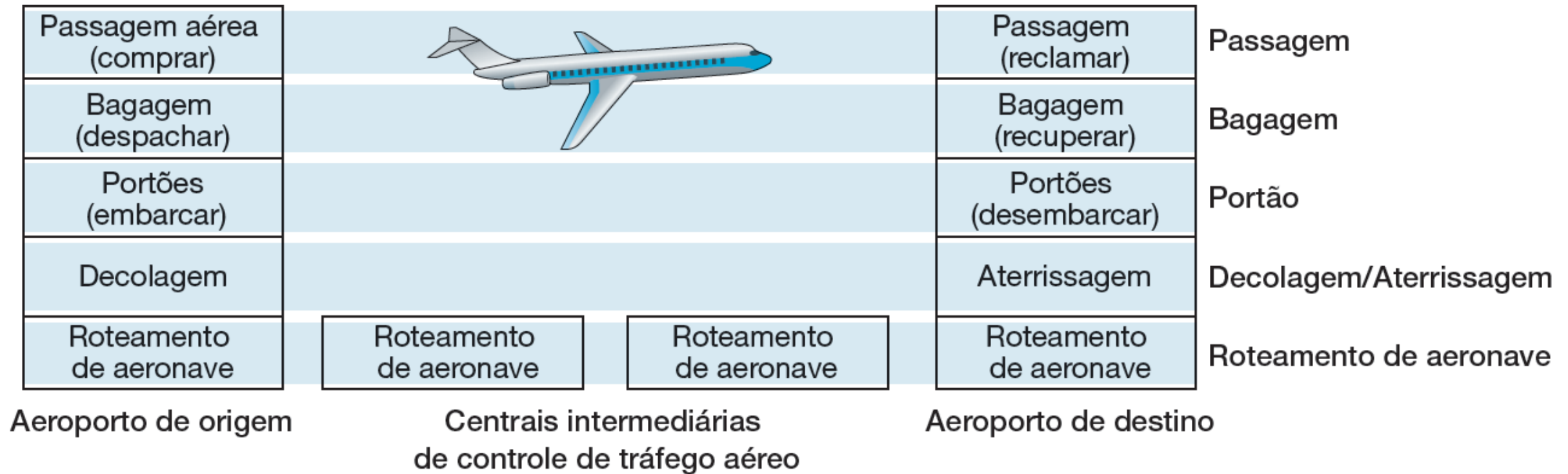
10 clientes fazem o download de 10 servidores

Arquitetura de camadas

Uma viagem de aviões: ações



Funcionalidade de uma linha aérea em camadas



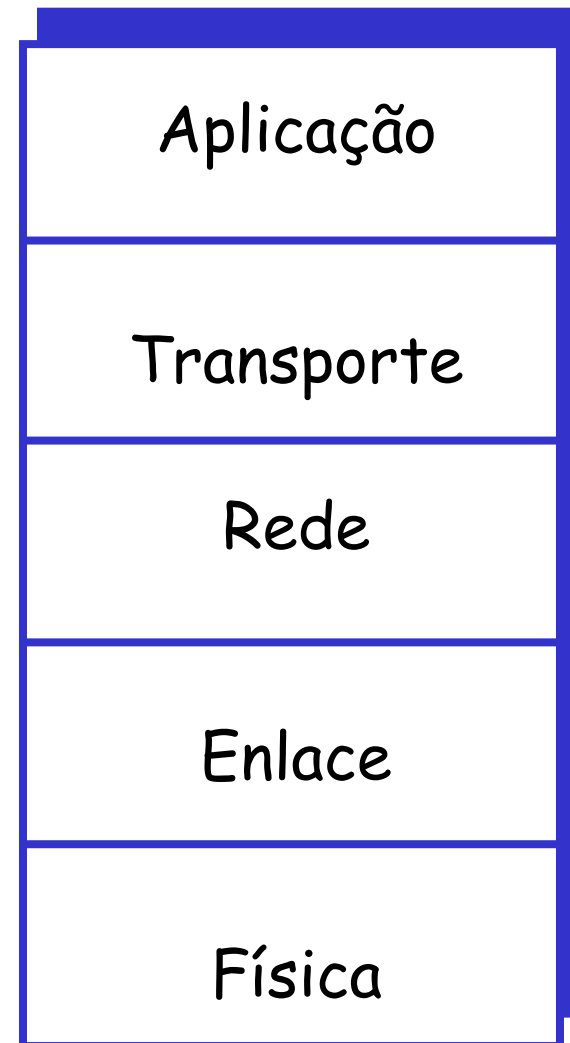
Porque dividir em camadas?

Lidar com sistemas complexos:

- ✓ Estrutura explícita permite a identificação e relacionamento entre as partes do sistema complexo
 - **modelo de referência** em camadas para discussão
- ✓ Modularização facilita a manutenção e atualização do sistema
 - mudança na implementação do serviço da camada é transparente para o resto do sistema
 - Ex: mudança no procedimento no portão não afeta o resto do sistema
- ✓ Divisão em camadas é considerada prejudicial?

A pilha de protocolos da Internet

- ❑ **Aplicação:** dá suporte a aplicações de rede
 - FTP, SMTP, HTTP
- ❑ **Transporte:** transferência de dados processo a processo
 - TCP, UDP
- ❑ **Rede:** repasse (encaminhamento) de datagramas da origem até o destino
 - IP, protocolos de roteamento
- ❑ **Enlace:** transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
 - Ethernet, 802.11
- ❑ **Física:** bits “no fio”



Encapsulamento

