

Aula 3

Professores:

Anna Dolejsi Santos (UFF)

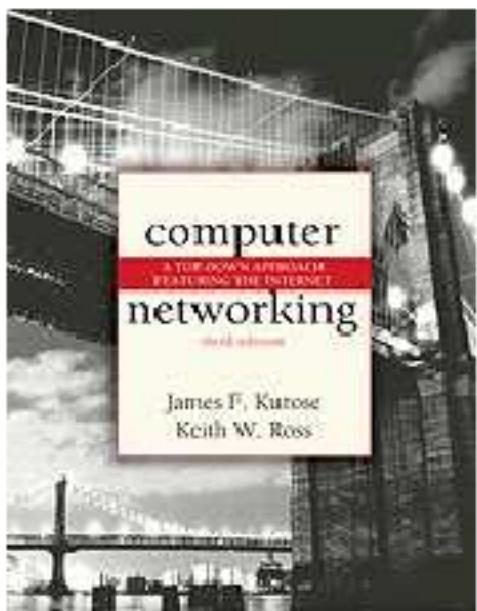
Célio Vinicius Neves de Albuquerque (UFF)

Desempenho e arquitetura em camadas

Conteúdo:

- 1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes
- 1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

Livro Texto



REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET UMA ABORDAGEM TOP-DOWN

(www.aw.com/kurose_br)

James F. Kurose e Keith W. Ross

Copyright: 2006 - 3a. Edição

ISBN: 8588639181

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

Referência Adicional:

Redes de Computadores

Andrew Tanenbaum

Editora Campus, 4a. Edição, 2003

ISBN: 8535211853

Obs: As figuras que não têm referências pertencem ao material disponilizado pelo autor do livro texto ou foram produzidas pelo professor desta disciplina.

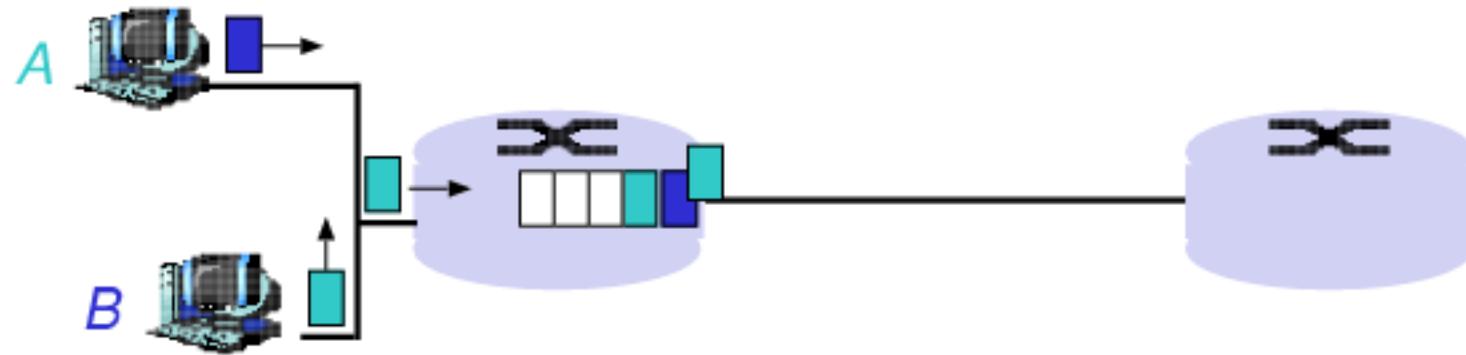
Roteiro do Capítulo 1

- 1.1 O Que é a Internet?
- 1.2 A Borda da Rede
- 1.3 O Núcleo da Rede
- 1.4 Rede de acesso e meios físicos
- 1.5 Estrutura da Internet e ISPs
- 1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes**
- 1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

Como ocorrem as perdas e atrasos?

pacotes enfileiram nos buffers do roteador

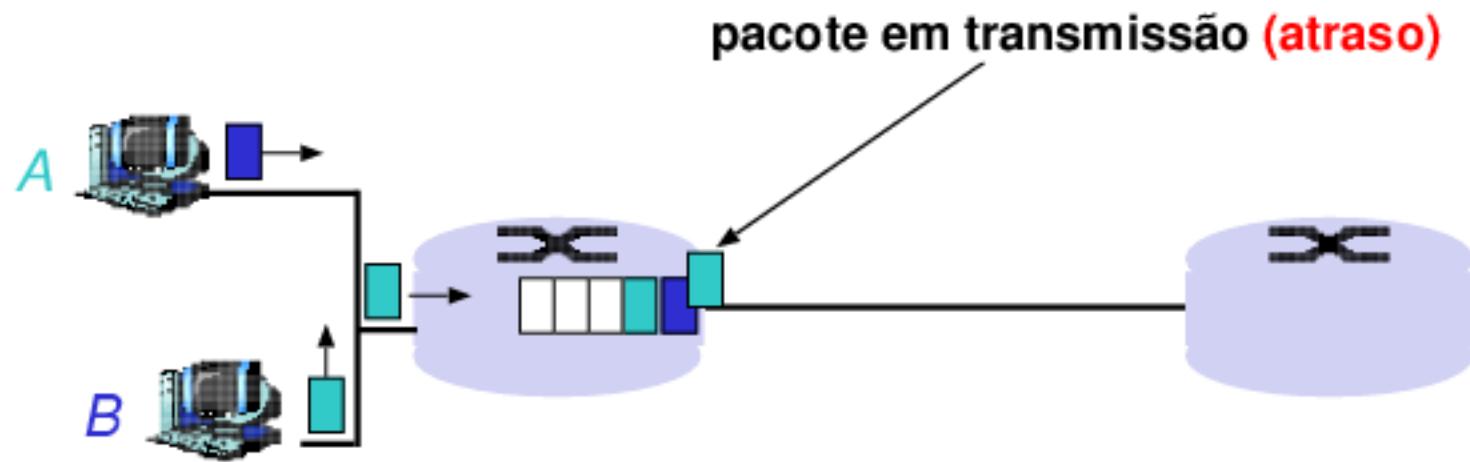
- taxa de chegada de pacotes ao enlace excede a capacidade do link de saída.
- pacotes enfileiram, esperam pela vez



Como ocorrem as perdas e atrasos?

pacotes enfileiram nos buffers do roteador

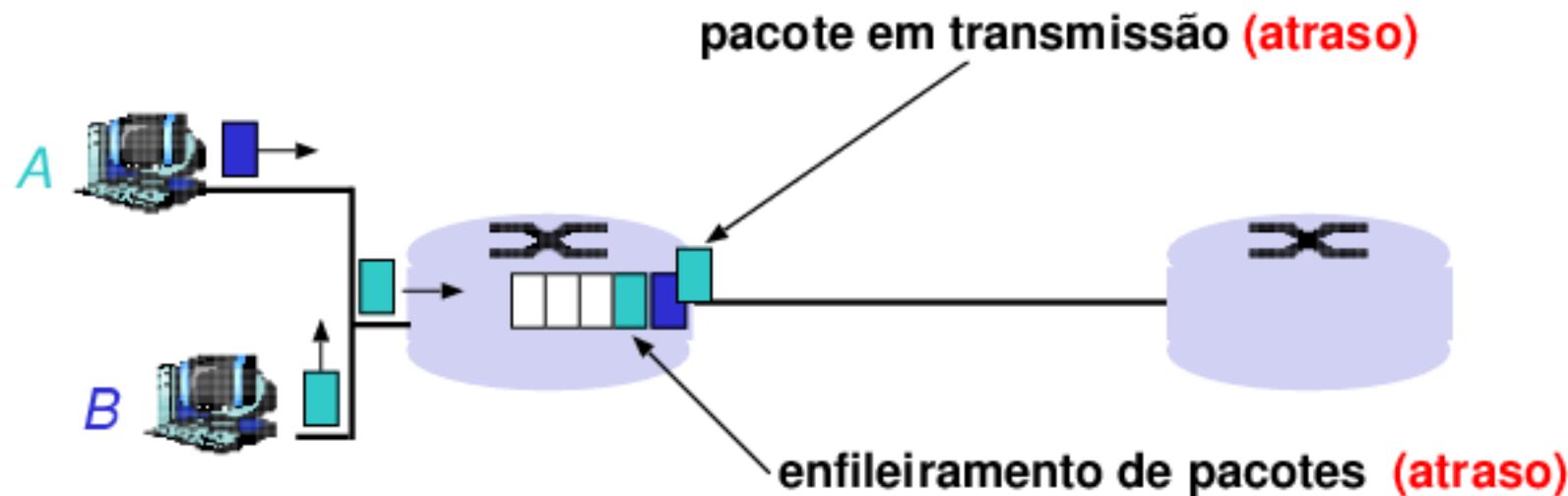
- taxa de chegada de pacotes ao enlace excede a capacidade do link de saída.
- pacotes enfileiram, esperam pela vez



Como ocorrem as perdas e atrasos?

pacotes enfileiram nos buffers do roteador

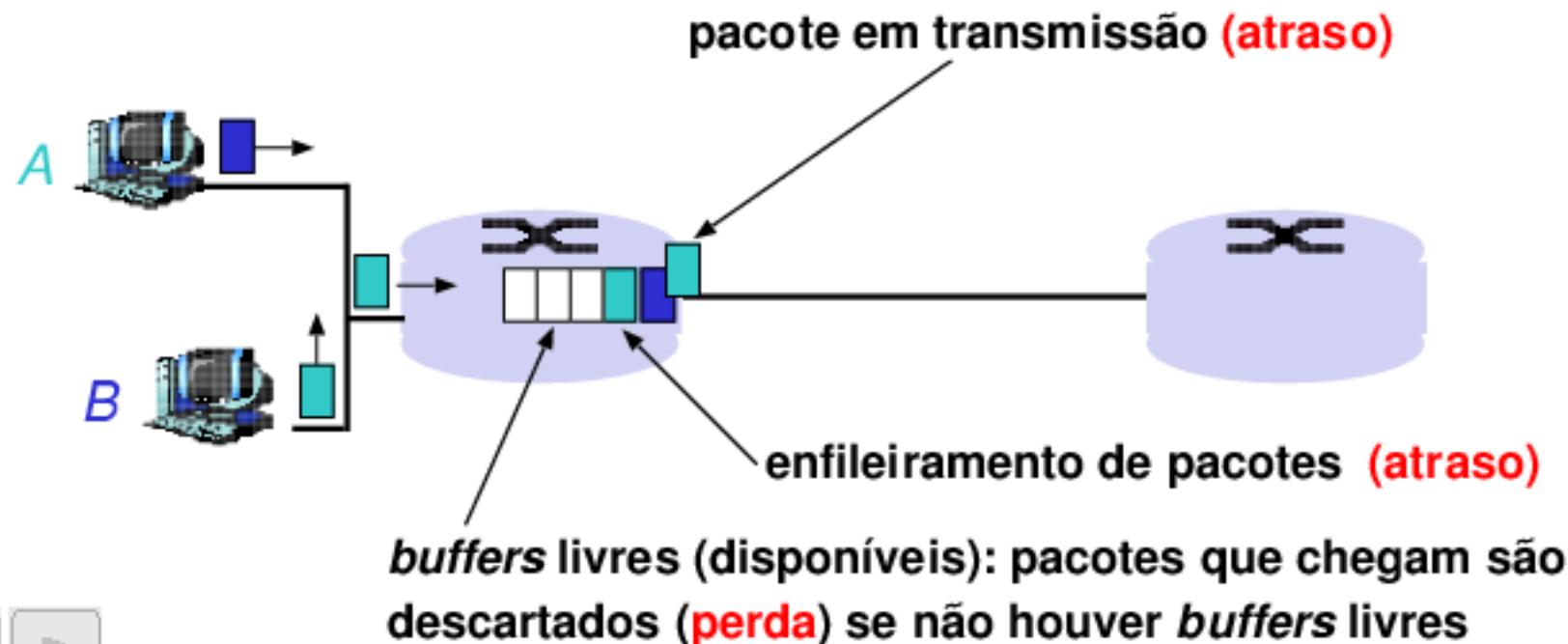
- taxa de chegada de pacotes ao enlace excede a capacidade do link de saída.
- pacotes enfileiram, esperam pela vez



Como ocorrem as perdas e atrasos?

pacotes enfileiram nos buffers do roteador

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



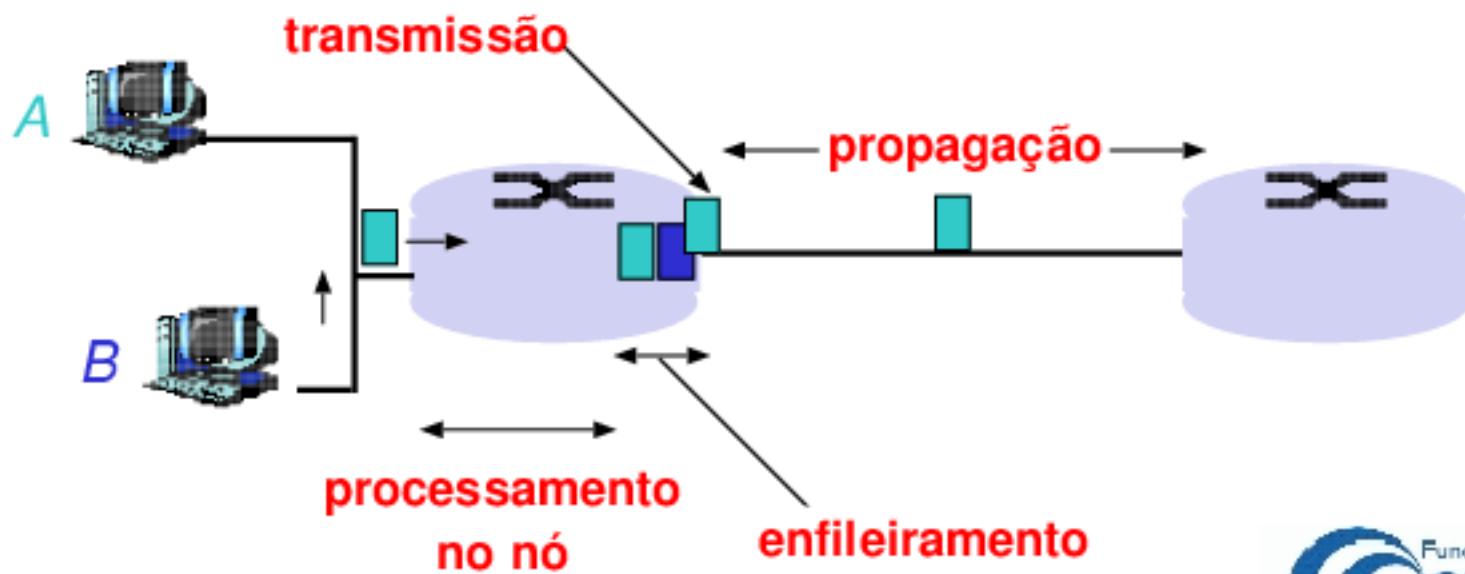
Quatro fontes de atraso dos pacotes

1. processamento no nó:

- verificação de bits errados
- identificação do enlace de saída

2. enfileiramento

- tempo de espera no enlace de saída até a transmissão
- depende do nível de congestionamento do roteador



Atraso em redes comutadas por pacotes

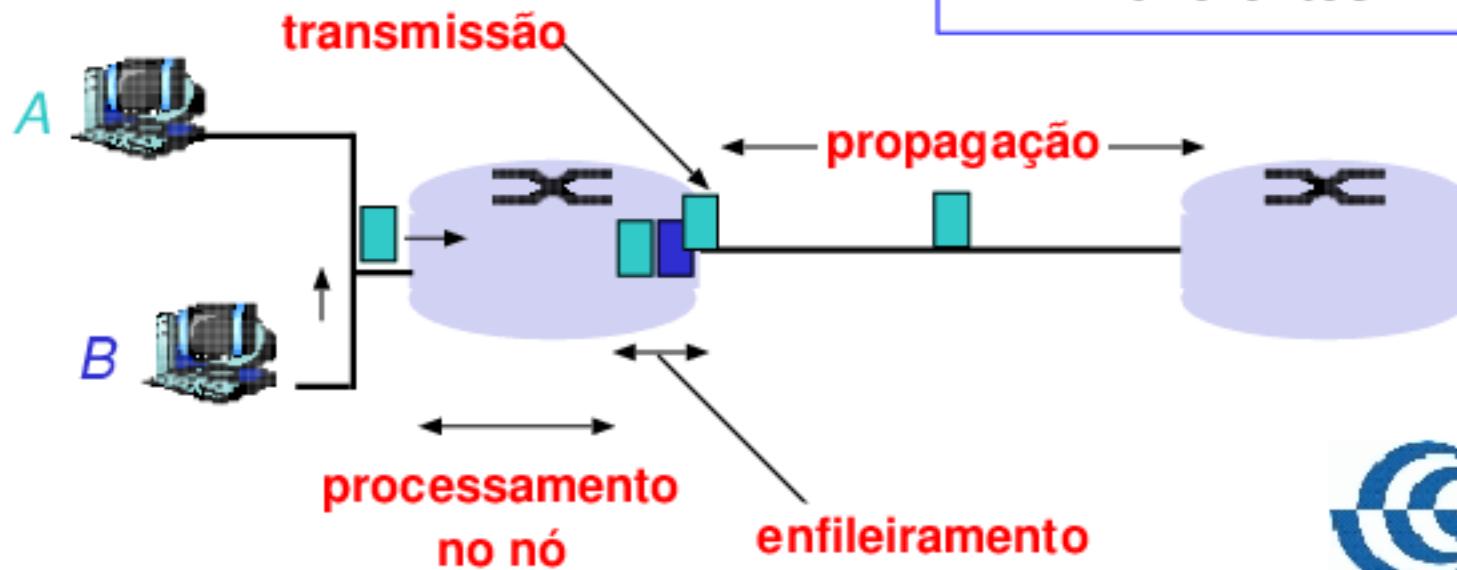
3. Atraso de transmissão:

- R = largura de banda do enlace (bps)
- L = compr. do pacote (bits)
- tempo para enviar os bits no enlace = L/R

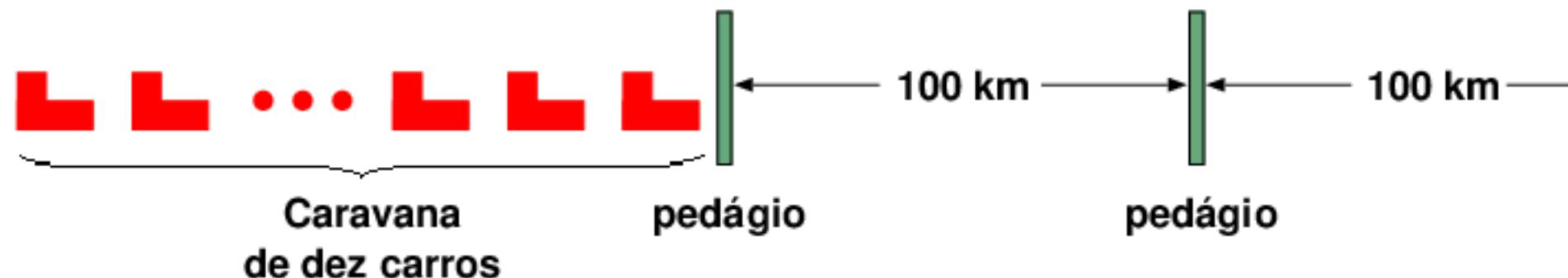
4. Atraso de propagação:

- d = compr. do enlace
- s = velocidade de propagação no meio ($\sim 2 \times 10^8$ m/seg)
- atraso de propagação = d/s

Nota: s e R são valores *muito* diferentes!

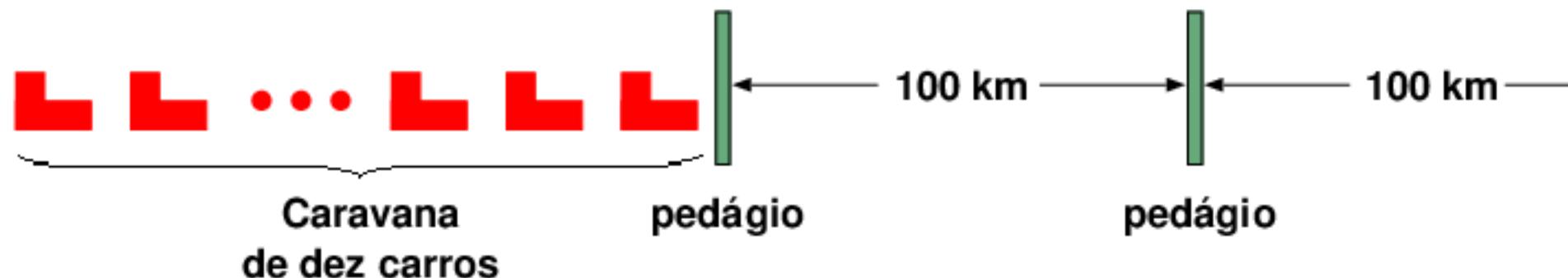


Analogia com uma Caravana



- Os carros se "propagam" a 100 km/h
- O pedágio leva 12 seg para atender um carro (tempo de transmissão)
- carro ~ bit; caravana ~ 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 = $12 * 10 = 120$ sec
- 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: 62 minutos

Analogia com uma caravana (mais)



- 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!
- Veja o applet Ethernet no site da AWL

Atraso no nó

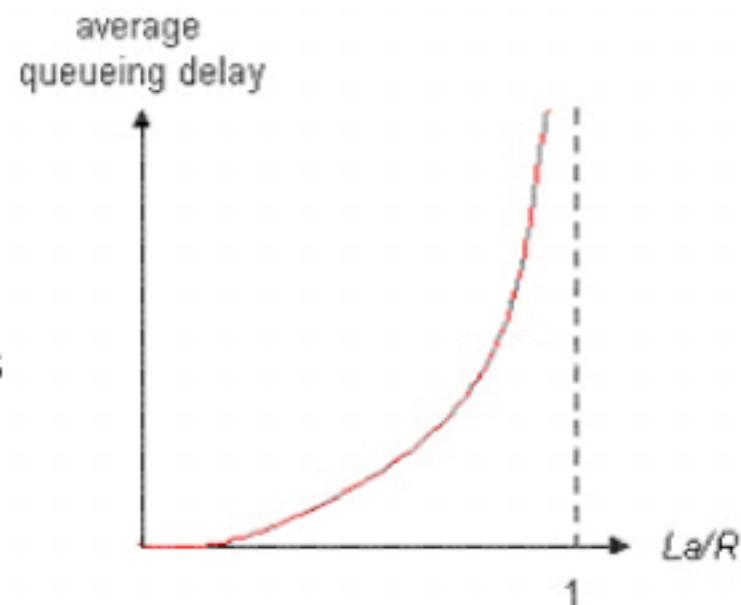
$$d_{\text{nó}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{enfil}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

- d_{proc} = atraso de processamento
 - tipicamente de poucos microsegs ou menos
- d_{queue} = atraso de enfileiramento
 - depende do congestionamento
- d_{trans} = atraso de transmissão
 - = L/R , significativo para canais de baixa velocidade
- d_{prop} = atraso de propagação
 - poucos microsegs a centenas de msegs

Atraso de enfileiramento

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

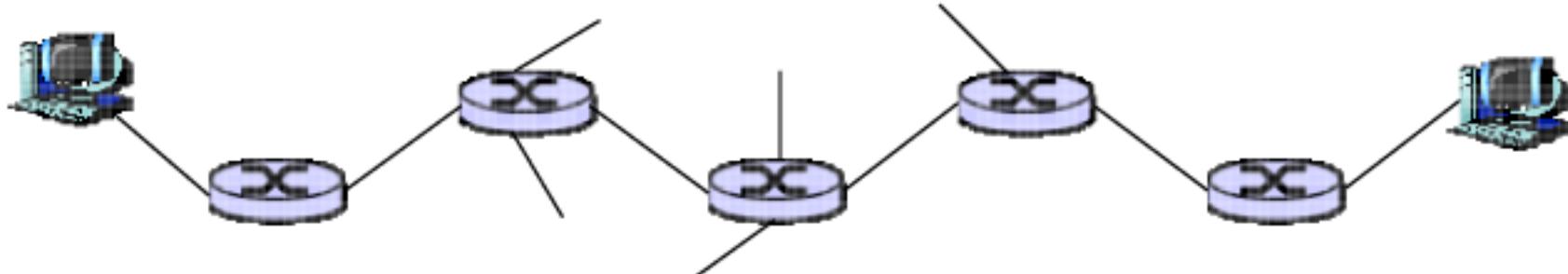
intensidade de tráfego = La/R



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

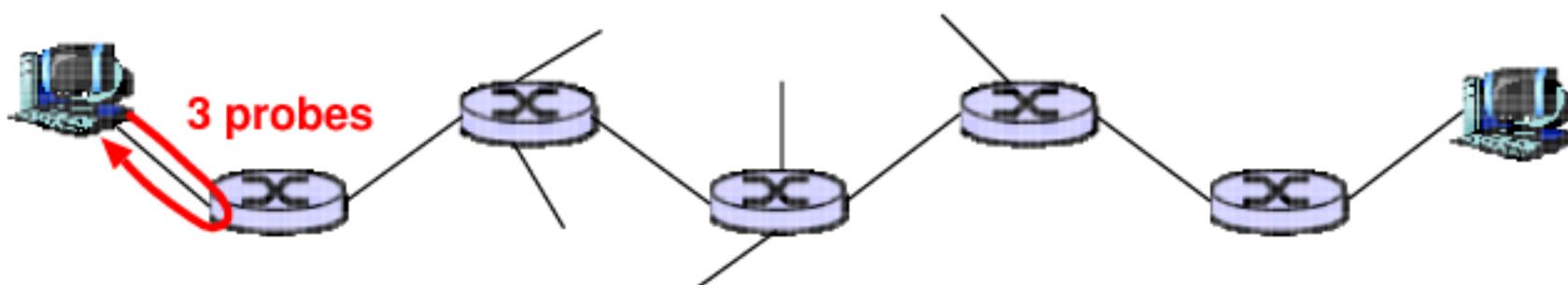
Atrasos e rotas "reais" da Internet

- Como são os atrasos e as perdas reais da Internet?
- 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.



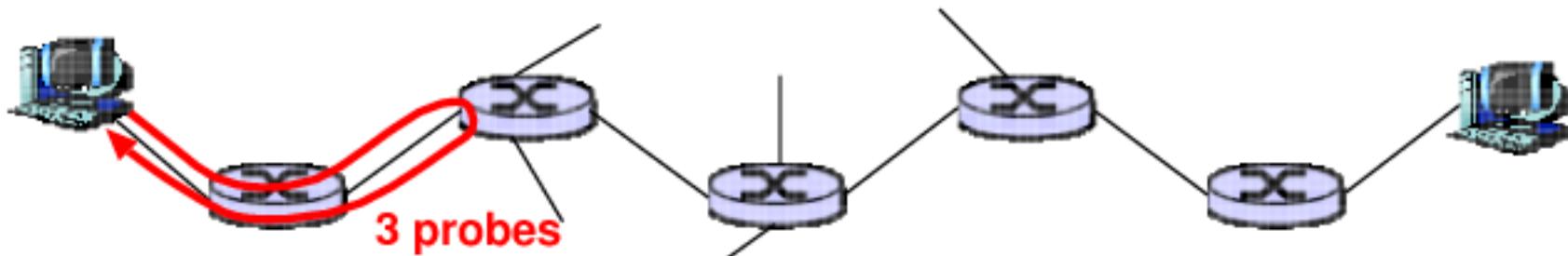
Atrasos e rotas "reais" da Internet

- Como são os atrasos e as perdas reais da Internet?
- 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.



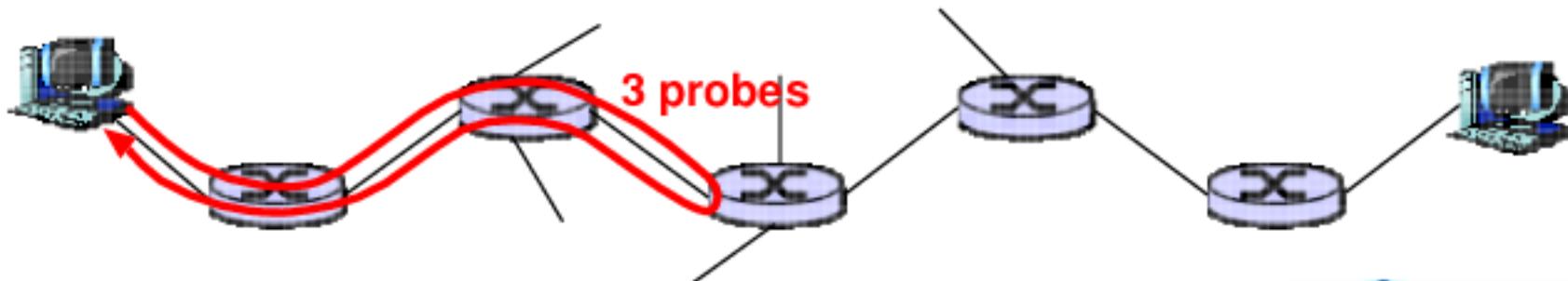
Atrasos e rotas "reais" da Internet

- Como são os atrasos e as perdas reais da Internet?
- 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

- Como são os atrasos e as perdas reais da Internet?
- 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"

traceroute: roteadores, atrasos de ida e volta no caminho da origem até o destino source-dest path
também: pingplotter, vários programas windows (tracert)

```
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
```

Traceroute (www.traceroute.org)

1 thing-i.sdsc.edu (198.202.76.40) 0.415 ms 1.364 ms 0.478 ms
2 thunder.sdsc.edu (198.202.75.5) 1.027 ms 1.959 ms 0.845 ms
3 piranha.sdsc.edu (132.249.30.8) 1.392 ms 0.971 ms 1.256 ms
4 sdg-hpr--sdsc-sdsc2-ge.cenic.net (137.164.27.53) 1.107 ms 0.833 ms 1.646 ms
5 lax-hpr1--sdg-hpr1-10ge-l3.cenic.net (137.164.25.4) 12.299 ms 5.222 ms 4.129 ms
6 abilene-LA--hpr-lax-gsr1-10ge.cenic.net (137.164.25.3) 52.650 ms 5.328 ms 5.327 ms
7 snvang-losang.abilene.ucaid.edu (198.32.8.95) 13.085 ms 12.992 ms 13.272 ms
8 dnvrng-snvang.abilene.ucaid.edu (198.32.8.2) 42.376 ms 43.627 ms 36.447 ms
9 kscyng-dnvrng.abilene.ucaid.edu (198.32.8.14) 47.407 ms * 60.791 ms
10 iplsng-kscyng.abilene.ucaid.edu (198.32.8.80) 301.250 ms 298.888 ms *
11 chinng-iplsng.abilene.ucaid.edu (198.32.8.76) 61.772 ms 60.848 ms 71.536 ms
12 abilene.nl1.nl.geant.net (62.40.103.165) 161.640 ms 161.587 ms 161.617 ms
13 nl.de1.de.geant.net (62.40.96.101) 167.426 ms 167.697 ms 167.412 ms
14 de1-1.de2.de.geant.net (62.40.96.130) 167.437 ms 167.747 ms 167.421 ms
15 de.it1.it.geant.net (62.40.96.62) 176.583 ms 177.143 ms 176.567 ms
16 it.es1.es.geant.net (62.40.96.185) 198.889 ms 198.929 ms 198.888 ms
17 clara-br-gw.es1.es.geant.net (62.40.105.14) 398.838 ms 398.819 ms 398.783 ms
18 200.0.204.194 (200.0.204.194) 399.577 ms 399.352 ms 399.363 ms
19 rj-pos2-0.bb3.rnp.br (200.143.253.102) 405.552 ms 405.193 ms 405.176 ms
20 rj7507-fastethernet6-1.bb3.rnp.br (200.143.254.93) 406.627 ms 405.902 ms 405.965 ms
21 ba-serial4-1-0.bb3.rnp.br (200.143.253.90) 436.836 ms 437.363 ms 437.128 ms
22 200.128.6.147 (200.128.6.147) 437.582 ms 438.540 ms 440.072 ms
23 200.128.80.130 (200.128.80.130) 440.742 ms 439.366 ms 438.056 ms

Traceroute (www.traceroute.org)

1 thing-i.sdsc.edu (198.202.76.40) 0.441 ms 1.275 ms 1.295 ms
2 thunder.sdsc.edu (198.202.75.5) 1.656 ms 1.941 ms 1.955 ms
3 piranha.sdsc.edu (132.249.30.8) 1.027 ms 1.931 ms 9.723 ms
4 inet-lax-isp--sdsc-sdsc2-ge.cenic.net (137.164.24.205) 4.849 ms 9.652 ms 3.988 ms
5 64.156.191.9 (64.156.191.9) 5.430 ms 4.533 ms 4.683 ms
6 att-level3-oc48.LosAngeles1.Level3.net (4.68.127.134) 4.862 ms att-level3-
oc48.LosAngeles1.Level3.net (4.68.127.138) 5.680 ms att-level3-
oc48.LosAngeles1.Level3.net (4.68.127.134) 5.242 ms
7 tbr1-p014001.la2ca.ip.att.net (12.123.29.2) 6.042 ms 5.723 ms 6.641 ms
8 tbr1-cl2.dlstx.ip.att.net (12.122.10.49) 40.245 ms 38.811 ms 39.966 ms
9 tbr2-cl1.attga.ip.att.net (12.122.2.90) 57.603 ms 56.266 ms 55.908 ms
10 tbr1-p012501.attga.ip.att.net (12.122.9.157) 56.429 ms 56.023 ms 55.684 ms
11 gbr4-p10.ormfl.ip.att.net (12.122.12.122) 64.324 ms 63.756 ms 64.373 ms
12 gar1-p360.miufi.ip.att.net (12.123.200.237) 71.912 ms 71.795 ms 71.749 ms
13 12.118.175.78 (12.118.175.78) 73.160 ms 74.312 ms 73.686 ms
14 200.223.131.193 (200.223.131.193) 185.843 ms 186.183 ms 185.561 ms
15 200.223.131.213 (200.223.131.213) 184.640 ms 186.209 ms 184.655 ms
16 200.223.254.154 (200.223.254.154) 201.814 ms 203.325 ms 203.368 ms
17 PO2-0.BDEA-BA-ROTN-01.telemar.net.br (200.223.131.57) 203.069 ms 202.266 ms 203.498 ms
18 PO5-0.BDEA-BA-ROTD-02.telemar.net.br (200.223.131.62) 212.575 ms 204.653 ms 203.047 ms
19 Po2.BDEA-BA-ROTD-01.telemar.net.br (200.164.60.2) 202.571 ms 203.086 ms 203.347 ms
20 200.223.254.34 (200.223.254.34) 203.084 ms 204.007 ms 202.899 ms
21 200.223.64.90 (200.223.64.90) 205.225 ms 206.013 ms 212.787 ms
22 200.223.74.249 (200.223.74.249) 204.567 ms 204.883 ms 204.545 ms
23 ***

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

Roteiro do Capítulo 1

- 1.1 O Que é a Internet?
- 1.2 A Borda da Rede
- 1.3 O Núcleo da Rede
- 1.4 Rede de acesso e meios físicos
- 1.5 Estrutura da Internet e ISPs
- 1.6 Atraso e perda em redes comutadas por pacotes
- 1.7 Camadas de protocolos, modelos de serviços

"Camadas" de Protocolos

As redes são complexas!

muitos "pedaços" :

- hosts
- roteadores
- enlaces de diversos meios
- aplicações
- protocolos
- 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

bilhete (compra)

bagagem (check in)

portão (embarque)

subida

roteamento do avião

bilhete (reclamação)

bagagem (recup.)

portão (desembarque)

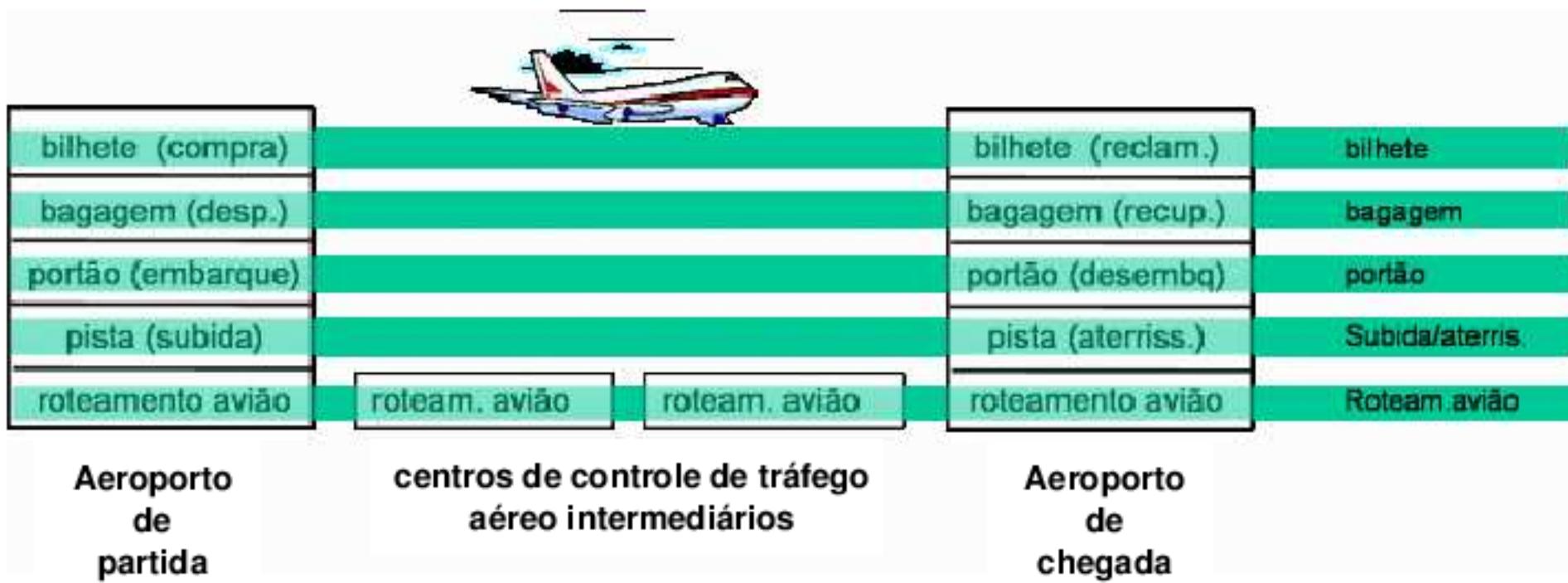
aterrissagem

roteamento do avião

roteamento do avião

- uma série de etapas

Funcionalidade de uma empresa aérea em camadas



Camadas: cada camada implementa um serviço

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

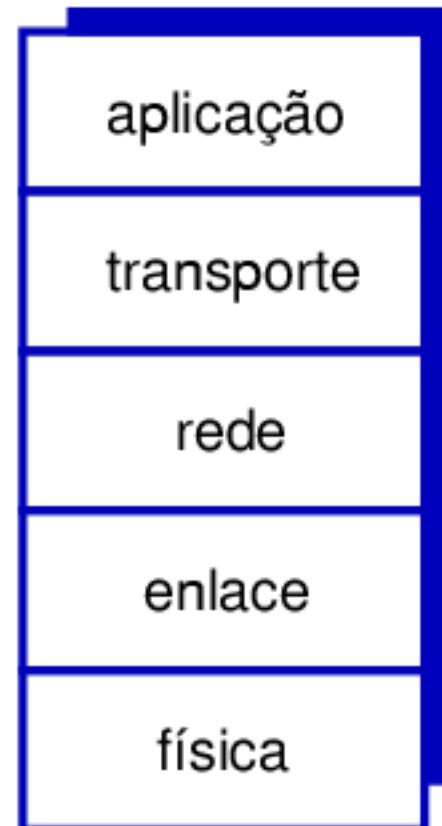
Por que dividir em camadas?

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?

Pilha de protocolos Internet

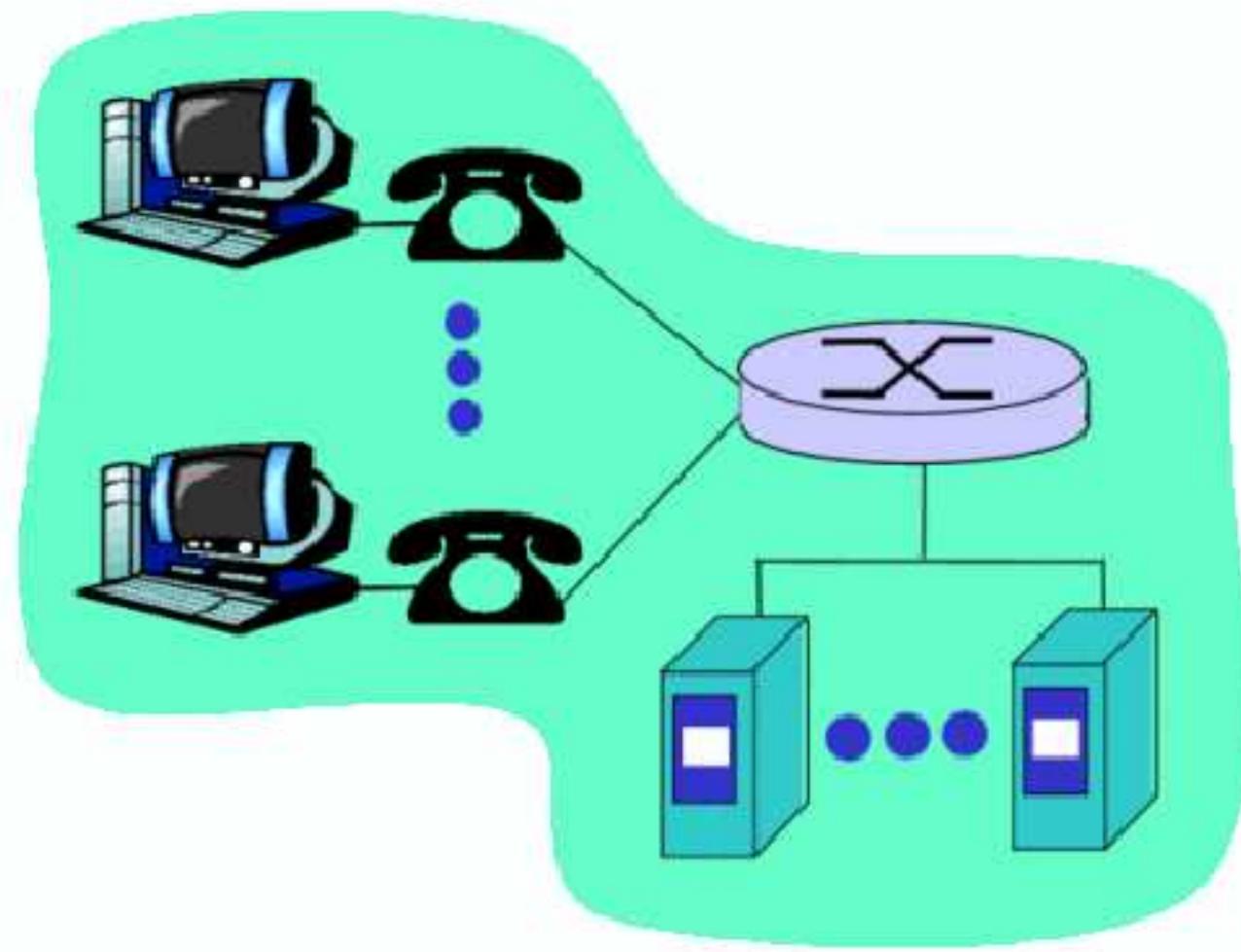
- **aplicação:** dá suporte a aplicações de rede
 - **FTP, SMTP, HTTP**
- **transporte:** transferência de dados host-a-host
 - **TCP, UDP**
- **rede:** roteamento de datagramas da origem até o destino
 - **IP, protocolos de roteamento**
- **enlace:** transferência de dados entre elementos de rede vizinhos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



Camadas: comunicação lógica

Cada camada:

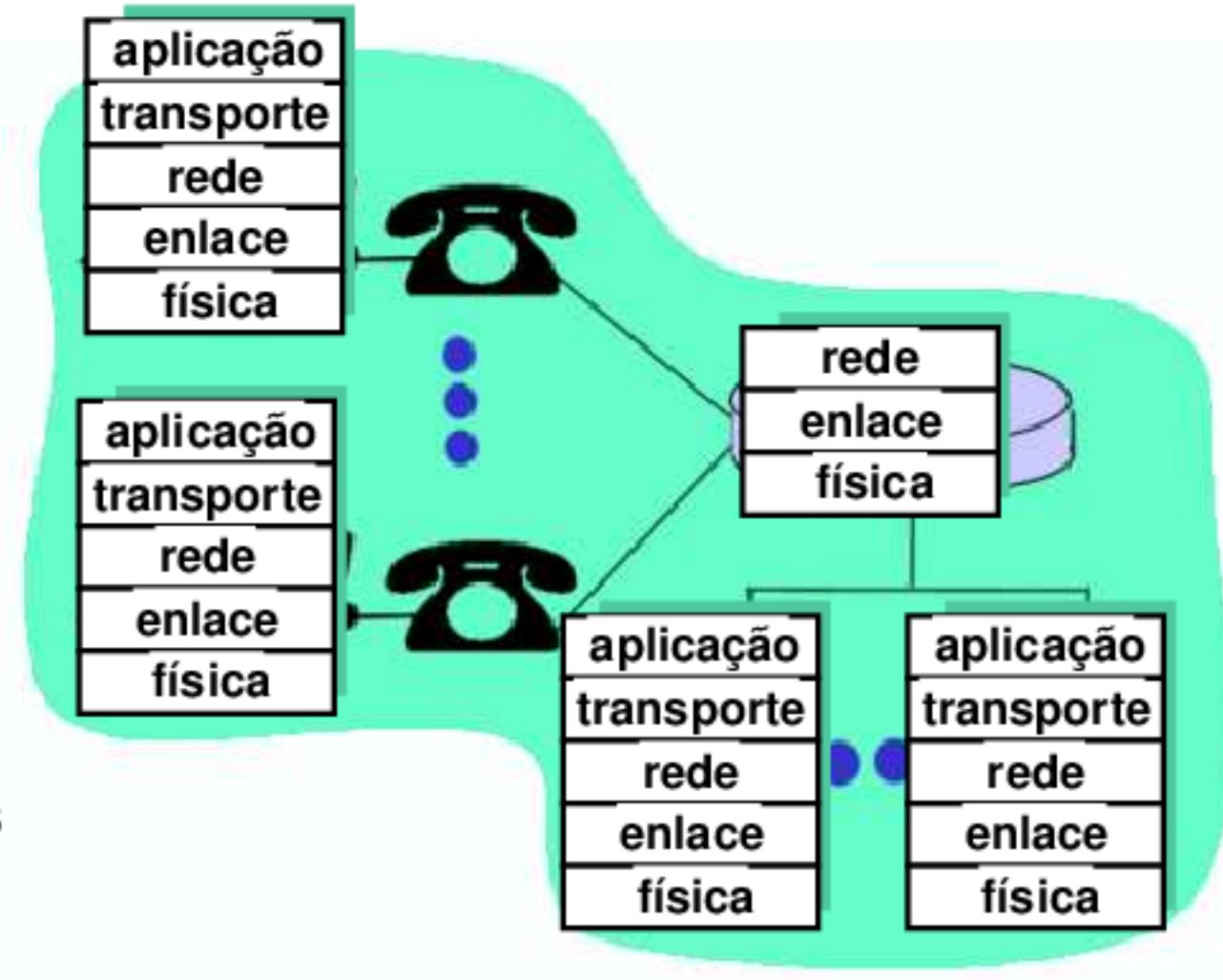
- distribuída
- as "entidades" implementam as funções das camadas em cada nó
- as entidades executam ações, trocam mensagens entre parceiras



Camadas: comunicação lógica

Cada camada:

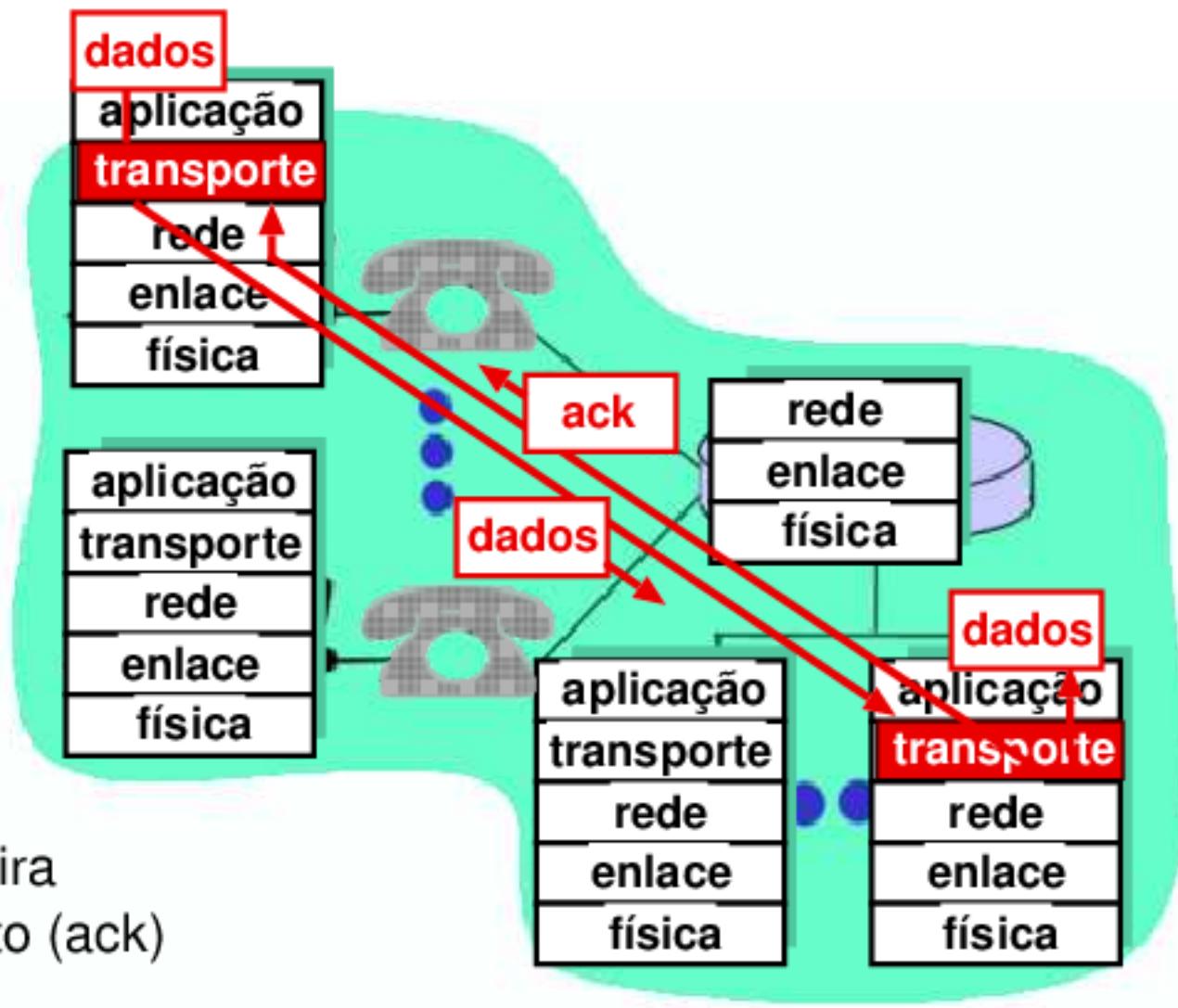
- distribuída
- as "entidades" implementam as funções das camadas em cada nó
- as entidades executam ações, trocam mensagens entre parceiras



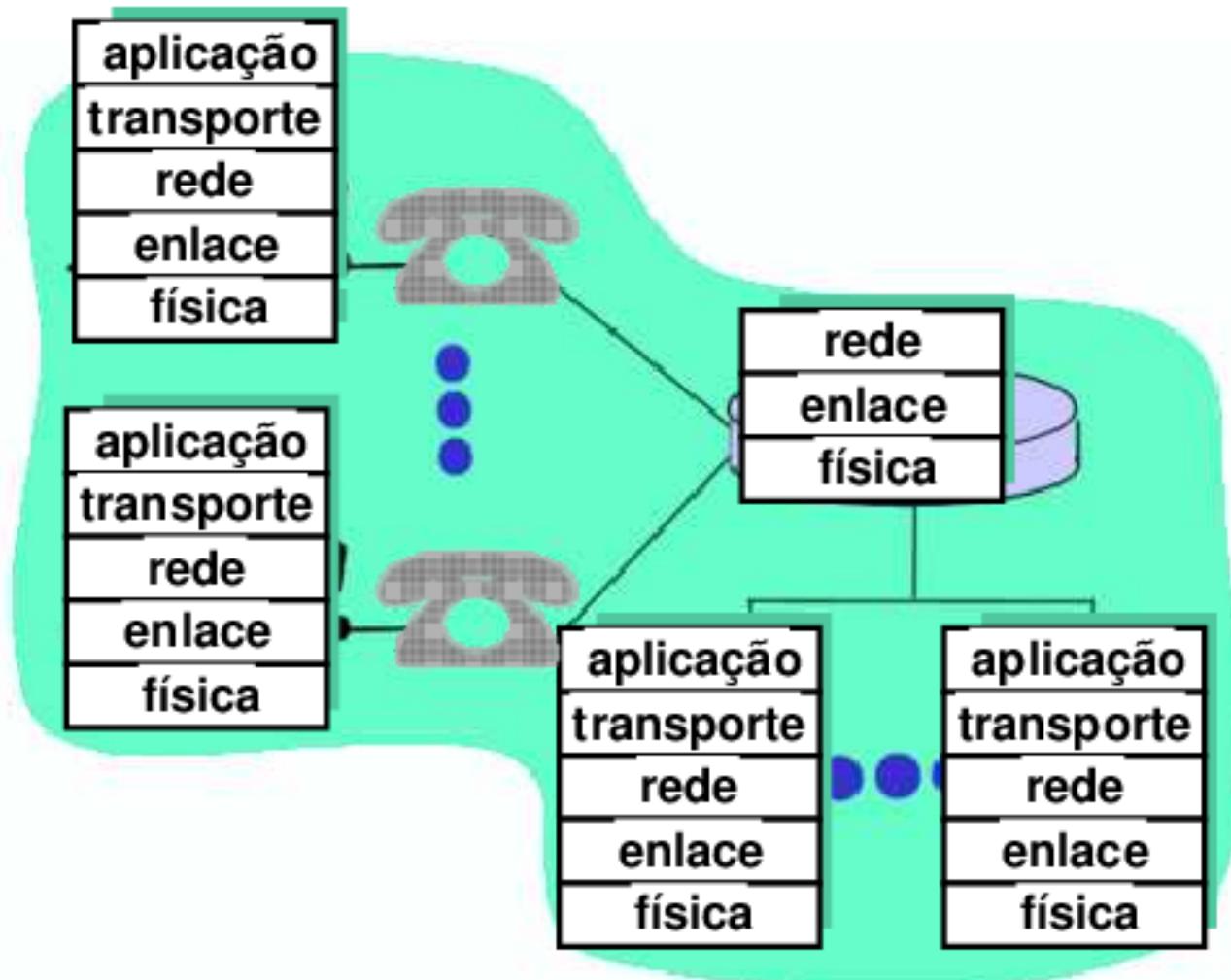
Camadas: comunicação lógica

Ex.: transporte

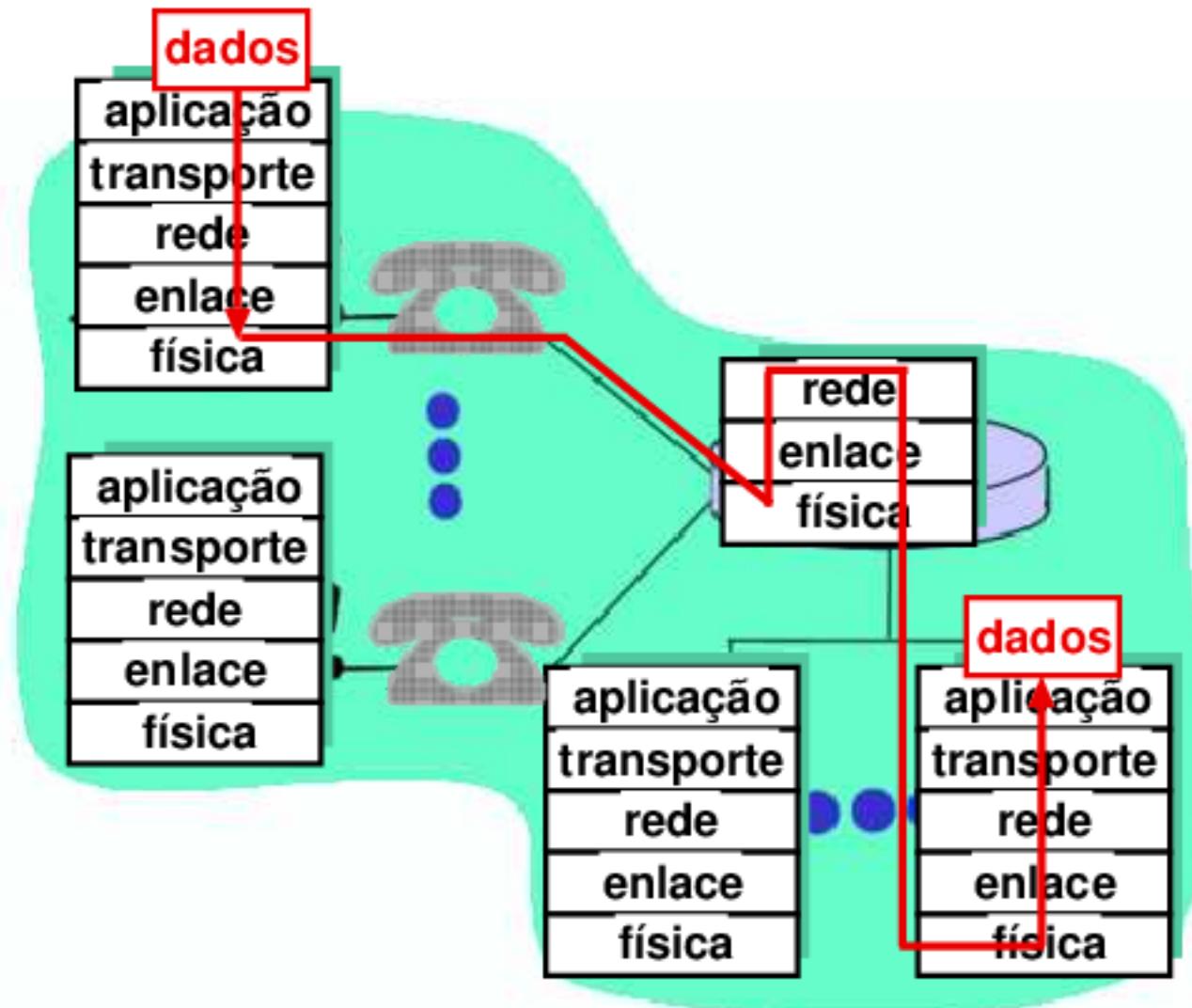
- recebe dados da aplicação
- adiciona endereço e verificação de erro para formar o "datagrama"
- envia o datagrama para a parceira
- espera que a parceira acuse o recebimento (ack)
- analogia: correio



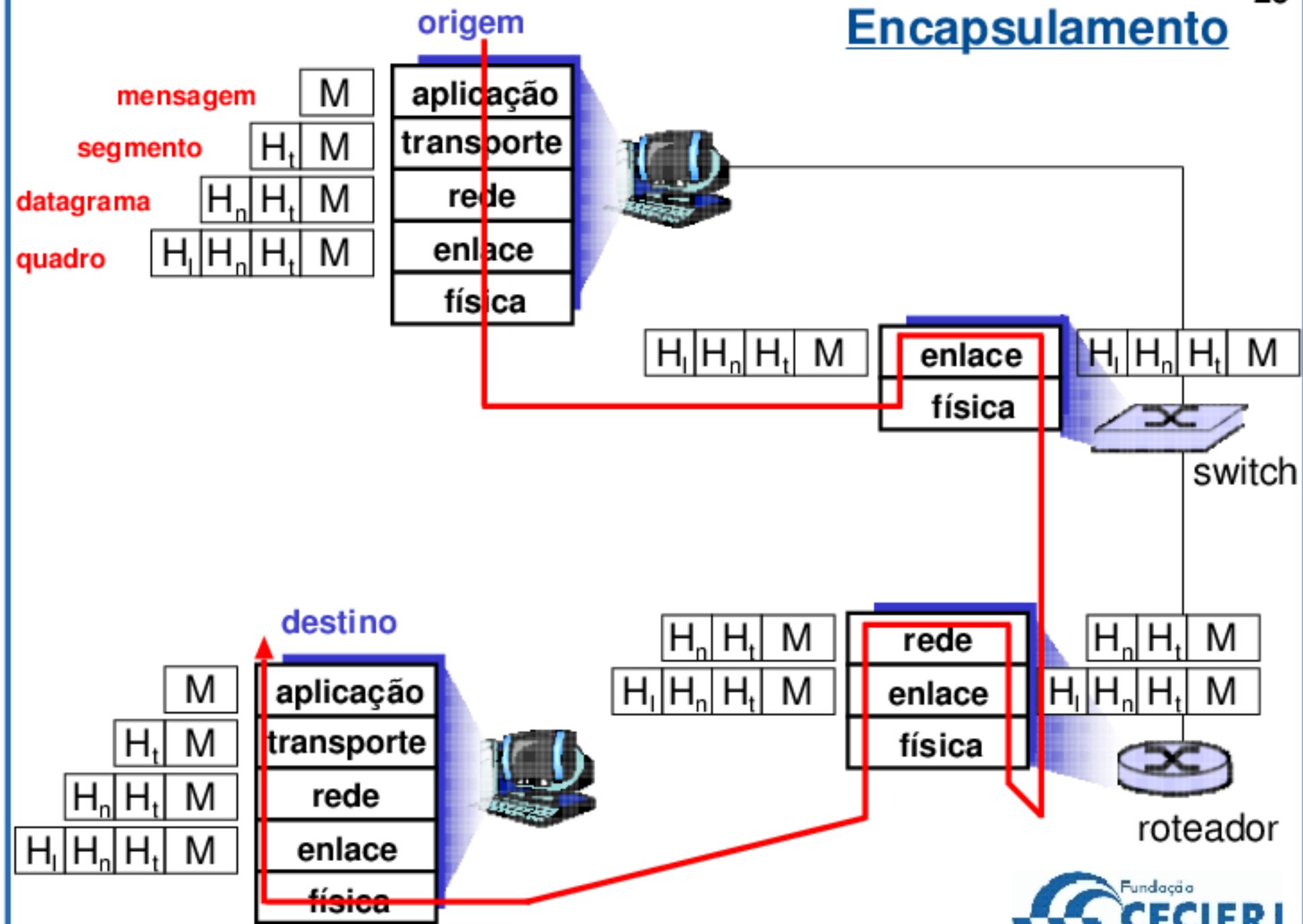
Camadas: comunicação física



Camadas: comunicação física



Encapsulamento



Introdução: Resumo

Foi coberta uma tonelada de material!

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

Esperamos que agora você possua:

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