

# Redes de Computadores

Introdução:

Capítulo 1- Redes de Computadores e a Internet

Continuação

Prof. Jó Ueyama  
Fevereiro/2014

# Falamos de...

- Internet
- Protocolo
- Elementos na borda da rede:
  - clientes e servidores;
  - aplicações;
  - serviço orientado à conexão e sem conexão.
- Elementos no núcleo da rede:
  - comutação de pacotes;
  - comutação de circuito.

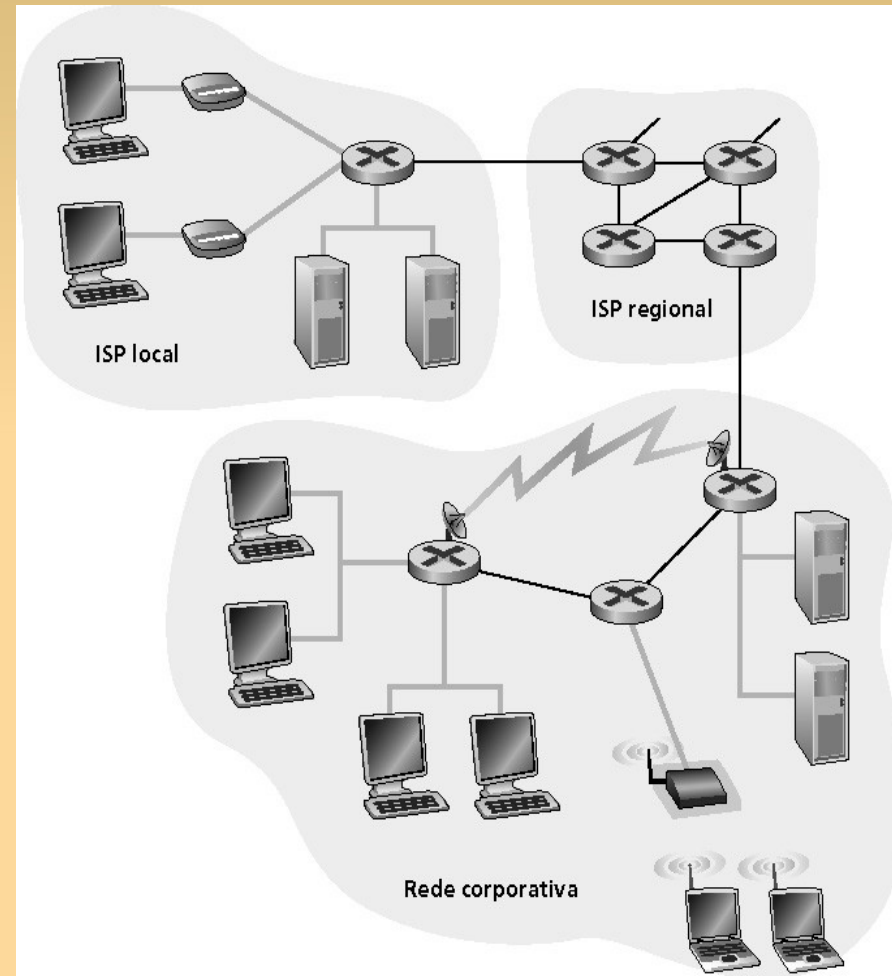
# Aula de Hoje

- Redes de acesso
  - Meios Físicos
- ISPs e backbones da Internet
- Atrasos e perdas na Internet
- Camadas de protocolo
- Histórico da Internet

# Redes de acesso e meios físicos

**P.: Como conectar o sistema final ao roteador de borda?**

- Através das rede de acesso!
  - infra-estrutura para conectar instalações de clientes a infra-estrutura de rede.



# Redes de Acesso

- Três categorias:
  - residencial;
  - acesso corporativo;
  - acesso sem fio.
- Considerações:
  - largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso?
  - compartilhado ou dedicado?

# Acesso Residencial – Modem Discado

- ▽ **Modem discado:**
  - linha telefônica analógica;
  - meio físico: par trançado de cobre;
  - largura de banda: 56 kbps;
  - ponto-a-ponto (**dedicado**);
  - não é possível navegar e telefonar ao mesmo tempo.

# Acesso Residencial - ADSL

- ▽ **ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line**
  - conceito similar ao modem discado;
  - restringe distância entre modem cliente e provedor, o que permite taxas mais altas;
  - até 1 Mbps de upstream;
  - até 8 Mbps de downstream;
  - FDM:
    - 50 kHz – 1 MHz para downstream
    - 4 kHz – 50 kHz para upstream
    - 0 kHz – 4 kHz para telefonia comum

# Acesso Residencial - Cable Modems

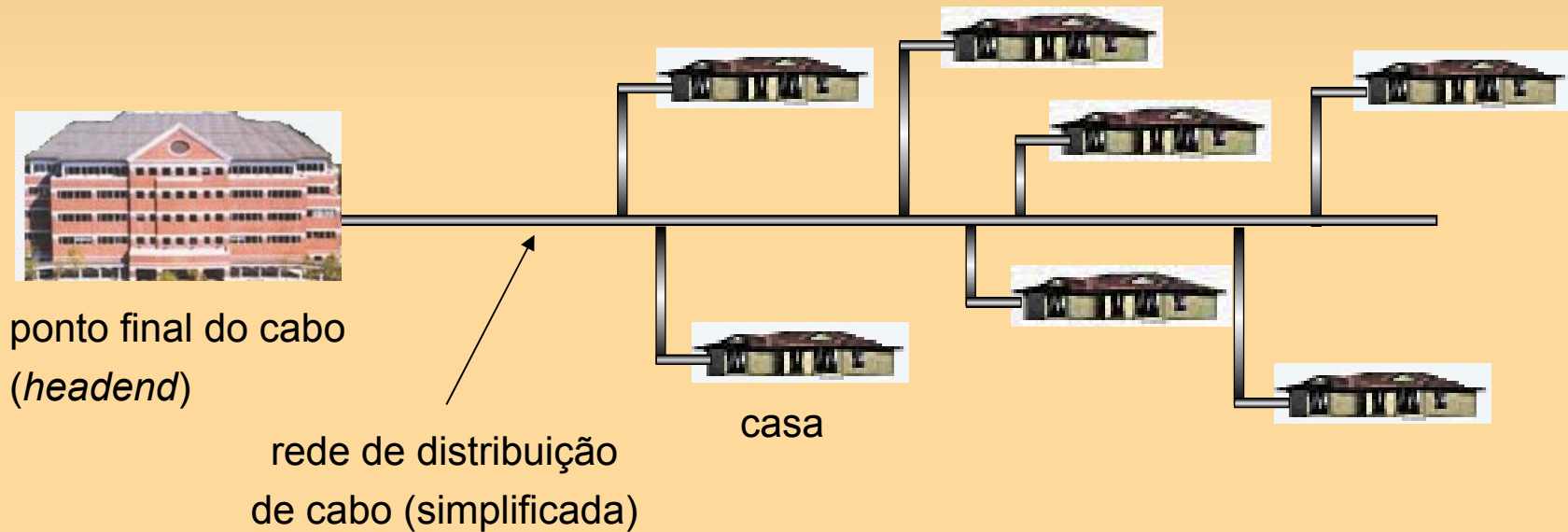
## HFC: híbrido fibra e coaxial

- Extensão das redes de TV a cabo
- Rede de cabo e fibra ligam residências ao roteador do ISP.
- Acesso **compartilhado** das casas de um condomínio ou de um bairro.
- Disponível via companhias de TV a cabo.  
Ex.: Vírtua, NET, etc.

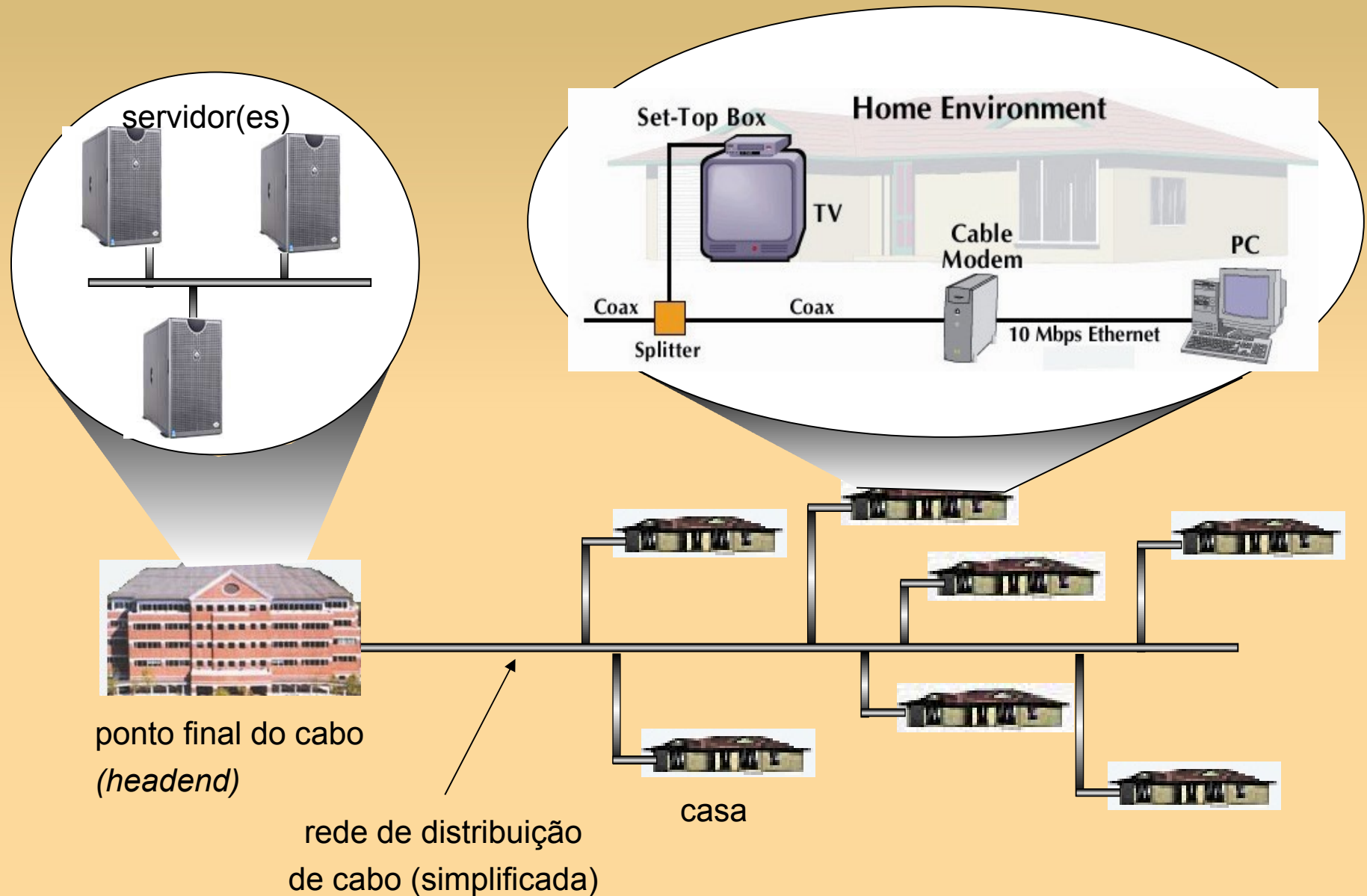


# Arquitetura de Redes de Modens a Cabo

Tipicamente 500 a 5.000 casas



# Arquitetura de Redes de Modens a Cabo



# Acesso Institucional: Redes Locais

- A **rede local** (LAN) da companhia, ou universidade, conecta sistemas finais ao roteador de acesso.
- **Ethernet:**
  - Cabo compartilhado ou dedicado conecta sistemas finais e o roteador.
  - 10 Mbs, 100 Mbps, Gigabit Ethernet.
- LANs: capítulo 5.

# Redes de Acesso: Sem Fio

- Rede de acesso sem fio compartilhada conecta sistemas finais ao roteador.
- Usa estação-base (*access point*).
- **LANs sem fio:**
  - 802.11g/n (WiFi), MIMO (Multiple Input Multiple Output)
- 802.11ac
  - Sucessor do 802.11n
  - Vazão de pelo menos 1 gigabit/s
  - MIMO Multi-usuário

# Redes de Acesso: Sem Fio

## Redes sem fio de longa distância:

- Provido pelo operador telefônico.
- WAP (Wireless Application Protocol), GPRS
- evolução: 3G ~ 384 kbps. LTE (Long Term Evolution) → 4G

## 4G

- Utiliza OFDM que essencialmente faz uso da FDM em pequenas bandas
- OFDM supporta multi-carriers, permitindo assim múltiplos usuários ao mesmo tempo

# Aula de Hoje

- Redes de acesso
  - Meios Físicos
- ISPs e backbones da Internet
- Atrasos e perdas na Internet
- Camadas de protocolo
- Histórico da Internet

# Meios Físicos

- **Bit:** propaga-se entre os pares transmission / receptor.
- **Enlace físico:** meio que fica entre o transmissor e o receptor.
- **Meios guiados:**
  - Os sinais se propagam em meios sólidos com caminho fixo. Ex: cobre, fibra.
- **Meios não guiados:**
  - Propagação livre, ex.: rádio

# Meios Físicos: Par trançado

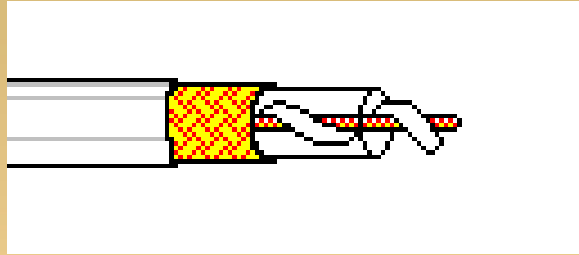
## ou Twisted Pair (TP)

- Par de fios trançados de cobre isolados.
- Norma para cabeamento estruturado:  
TIA/EIA-568-B.
  - define conexão, e categorias de cabos.





# Meio físico: Cabo Coaxial



- Dois condutores de cobre concêntricos
- Banda base:
  - Legado da Ethernet.
- Banda larga:
  - Múltiplos sinais no cabo.
  - Rede de TV a cabo (HFC).

# Meio Físico: Fibra Ótica

- Fibra de vidro transportando pulsos de luz, cada pulso é um bit.
- Alta velocidade de operação:
  - alta velocidade com transmissão ponto-a-ponto;
  - baixa taxa de erros;
  - repetidores bem espaçados;
  - imunidade a ruídos eletromagnéticos;
  - baixa taxa de atenuação (até 100km).



# Meio Físico: Rádio

- Sinal transportado como campo eletromagnético.
- Não há fios físicos.
- Bidirecional.
- O ambiente afeta a propagação:
  - reflexão;
  - obstrução por objetos;
  - interferência.

# Aula de Hoje

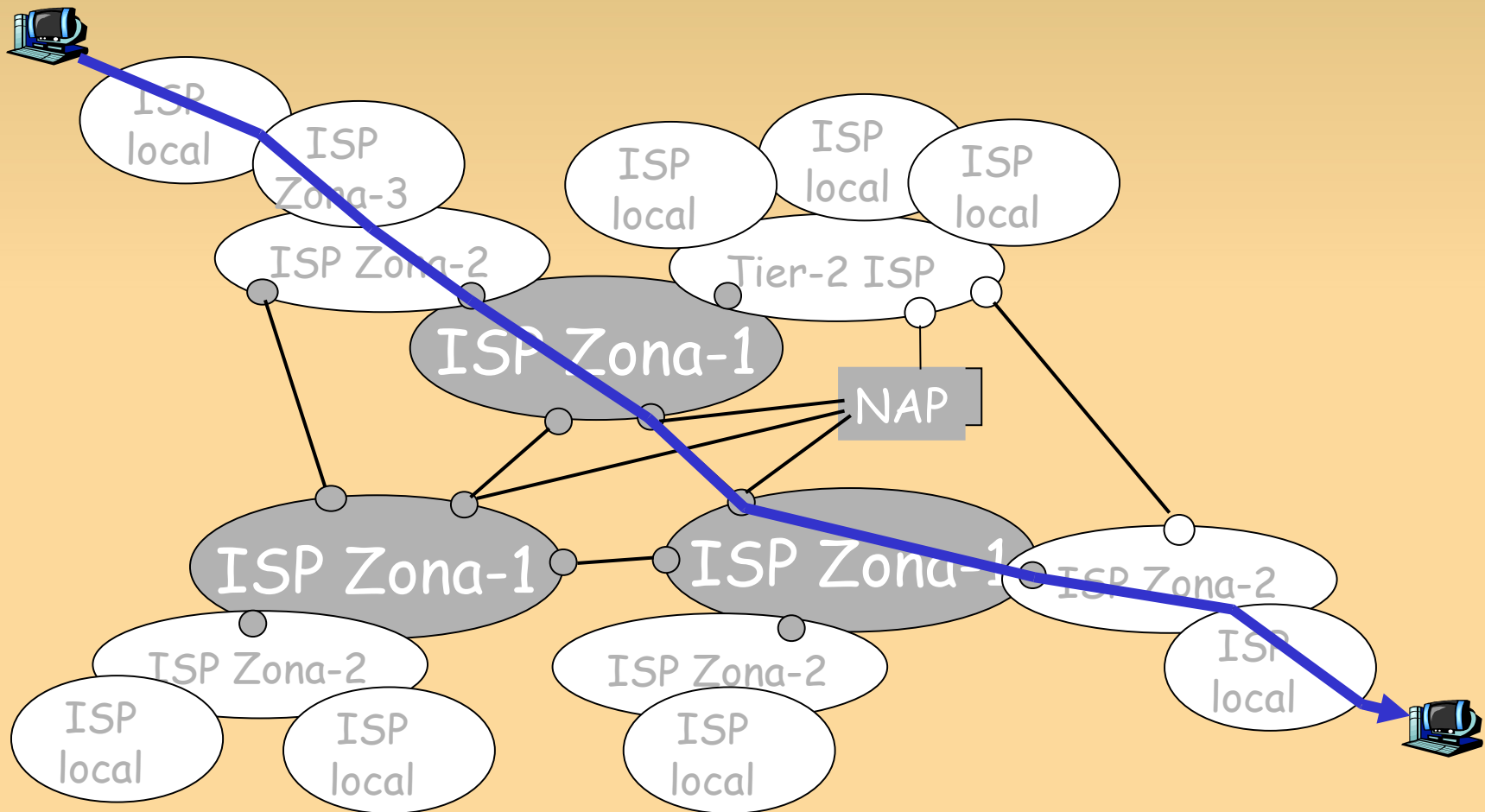
- Redes de acesso
  - Meios Físicos
- ISPs e backbones da Internet
- Atrasos e perdas na Internet
- Camadas de protocolo
- Histórico da Internet

# ISP e Backbones da Internet

- ISP – Internet Service Provider
- ISP de nível 1
  - Cobertura internacional; iguais a qq redes; conectam a ISP de nível 1 e 2; ex. Sprint, AT&T
- ISP de nível 2
  - Conectam-se aos ISP de nível 1 e 2; alcance regional e nacional; ex. NET
- ISP de nível 3
  - ISP q utilizam as de 2 para ter acesso à Internet
- POP – Point Of Presence; Peers; Backbone

# ISPs e Backbone de Acesso

- α) Backbones: MCI (WorldCom), AT&T
- β) Um pacote passa através de muitas redes

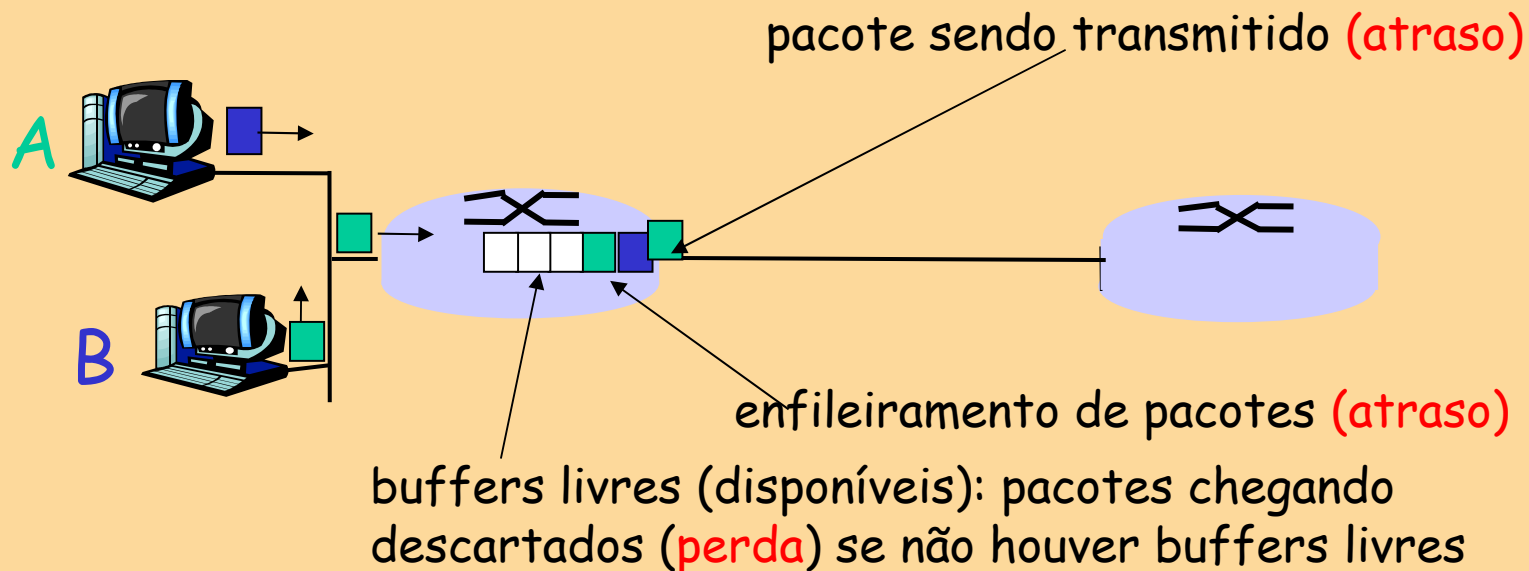


# Aula de Hoje

- Redes de acesso
  - Meios Físicos
- ISPs e backbones da Internet
- Atrasos e perdas na Internet
- Camadas de protocolo
- Histórico da Internet

# Como Ocorrem Perdas e Atrasos?

- **Filas** de pacotes em buffers de roteadores (atraso).
- Taxa de chegada de pacotes ao link ultrapassa a capacidade do link de saída (perda).
- Fila de pacotes esperam por sua vez (atraso).





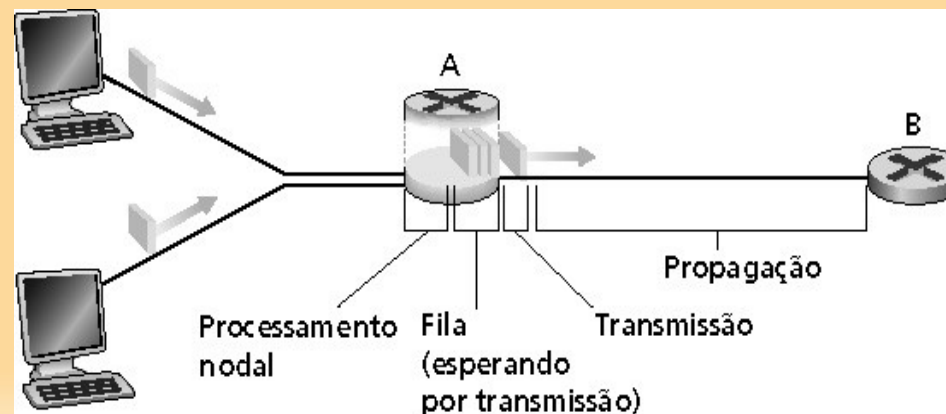
# Fontes de Atraso de Pacotes

## 1. Processamento nos nós:

- Verifica erros de bit
- Determina link de saída

## 2. Enfileiramento

- Tempo de espera no link de saída para transmissão
- Depende do nível de congestionamento do roteador



# Fontes de atraso de pacotes

## 3. Atraso de transmissão:

- $R$  = largura de banda do link (bps)
- $L$  = tamanho do pacote (bits)
- Tempo para enviar bits ao link =  $L/R$
- Tempo para “empurrar” todos os pacotes no enlace

## 4. Atraso de propagação:

- $d$  = comprimento do link físico
- $s$  = velocidade de propagação no meio ( $\sim 2 \times 10^8$  m/s)
- Atraso de propagação =  $d/s$
- Tempo de propagação

# Fontes de Atraso de Pacotes (atraso nodal)

$$d_{no} = d_{proc} + d_{fila} + d_{trans} + d_{prop}$$

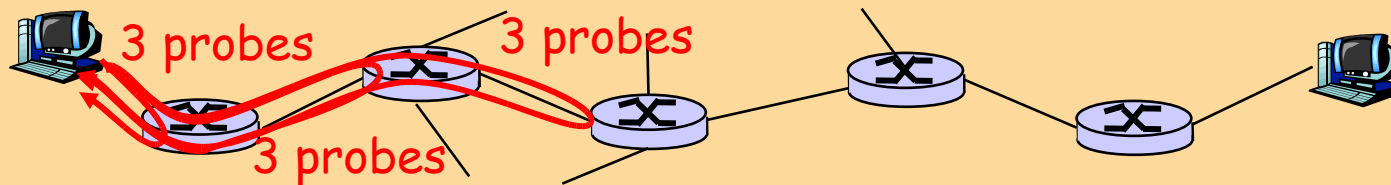
- $d_{proc}$  = atraso de processamento
  - Tipicamente uns poucos microssegundos ou menos
- $d_{fila}$  = atraso de fila
  - Depende do congestionamento
- $d_{trans}$  = atraso de transmissão
  - =  $L/R$ , significativa para links de baixa velocidade
- $d_{prop}$  = atraso de propagação
  - Uns poucos microssegundos a centenas de milissegundos

# Atrasos e Rotas na Internet

- Como são os atrasos e perdas na Internet “real”?

**Programa Traceroute:** fornece medidas do atraso da fonte para o roteador ao longo de caminhos fim-a-fim da Internet até o destino. Para todo  $i$ :

- Envia três pacotes que alcançarão o roteador  $i$  no caminho até o destino
- O roteador  $i$  retornará pacotes ao emissor
- O emissor cronometra o intervalo entre transmissão e resposta



# Atrasos e rotas na Internet

Três medidas de atraso



**traceroute www.usp.br**

traceroute to www.usp.br (143.107.254.11), 30 hops max, 40 byte packets

- 1 143.107.58.1 (143.107.58.1) 3.016 ms 3.763 ms 2.703 ms
- 2 core-cce-fr.uspnet.usp.br (143.107.151.117) 3.269 ms 2.358 ms 3.277 ms
- 3 border1.uspnet.usp.br (143.107.151.1) 2.729 ms 2.664 ms 3.828 ms
- 4 gw-idc.uspnet.usp.br (143.107.151.85) 4.378 ms 2.758 ms 4.380 ms
- 5 tellus.uspnet.usp.br (143.107.254.11) 2.780 ms 2.890 ms 3.916 ms

# Atrasos e Rotas na Internet

## traceroute www.akamai.com

traceroute: Warning: www.akamai.com has multiple addresses; using 72.246.25.10

traceroute to a152.g.akamai.net (72.246.25.10), 30 hops max, 40 byte packets

- 1 143.107.58.1 (143.107.58.1) 5.464 ms 13.850 ms 25.821 ms
- 2 core-cce-fr.uspnet.usp.br (143.107.151.117) 10.745 ms 2.507 ms 4.362 ms
- 3 border1.uspnet.usp.br (143.107.151.1) 7.309 ms 2.590 ms 6.710 ms
- 4 ansp.ptta.ansp.br (200.136.37.1) 5.628 ms 8.492 ms 10.819 ms
- 5 143-108-254-130.ansp.br (143.108.254.130) 3.653 ms 2.826 ms 4.010 ms
- 6 ~~66.175.113.169 (66.175.113.169) 116.301 ms 117.224 ms 117.248 ms~~
- 7 t6-0-0.core1.mia.terremark.net (66.165.161.192) 116.556 ms 115.434 ms 119.842 ms
- 8 nota.netarch.akamai.com (198.32.124.114) 116.597 ms 116.719 ms 116.701 ms
- 9 a72-246-25-10.deploy.akamaitechnologies.com (72.246.25.10) 115.558 ms 120.837 ms  
120.349 ms

# Atraso e Perdas de Pacotes

- E quanto à perda de pacotes?
  - A fila (isto é, buffer) no buffer que precede o link possui capacidade finita
  - Quando um pacote chega a uma fila cheia, ele é descartado (isto é, perdido)
  - O pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema final do emissor, ou não ser retransmitido

# Aula de Hoje

- Redes de acesso
  - Meios Físicos
- ISPs e backbones da Internet
- Atrasos e perdas na Internet
- Camadas de protocolo
- Histórico da Internet



# Camadas de Protocolos

- Agora, vamos falar como o software de redes é organizado:
  - 1) Redes são muito complexas!
  - 2) Muitos componentes:
    - Hospedeiros
    - Roteadores
    - Enlaces de vários tipos
    - Aplicações
    - Protocolos
    - Hardware, software

# Abordagem em Camadas

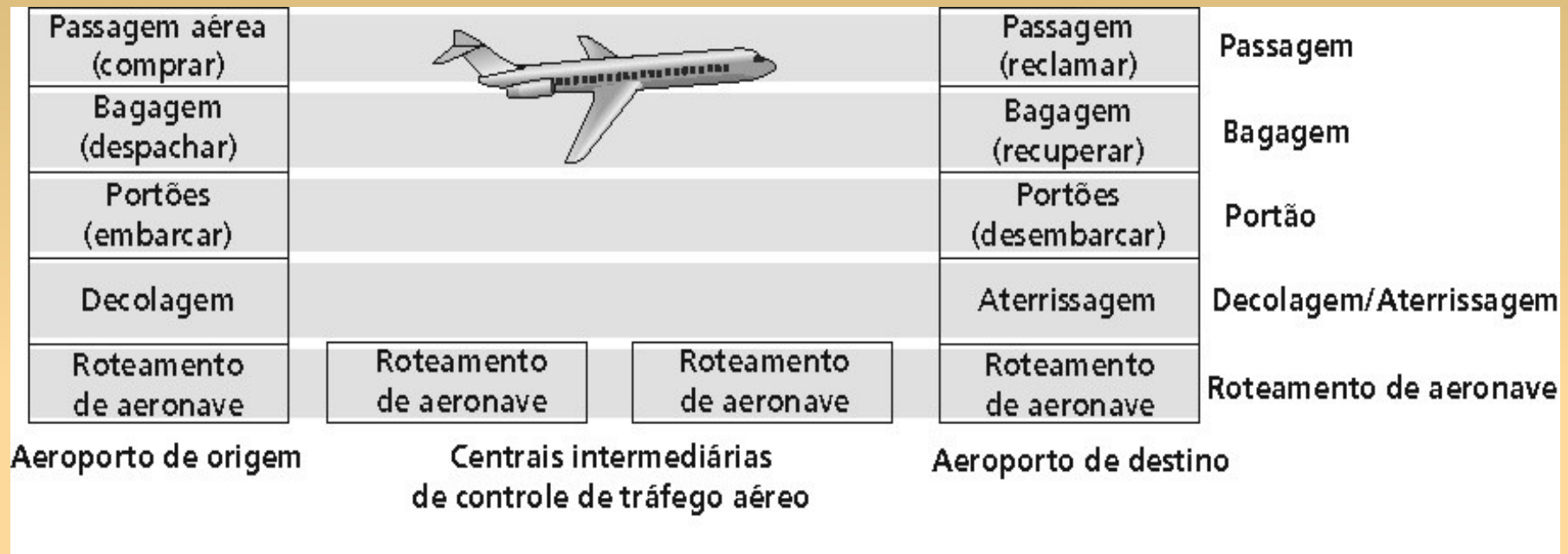
- Construir um sistema complexo é difícil!!
  - Abordagem: “**Dividir e Conquistar!**”
  - Dividir o trabalho em partes pequenas, ou **camadas**.
- Idéia básica: cada etapa depende da anterior, mas não é necessário saber como a etapa anterior foi realizada.
  - Analogia: linha de produção de carros.

# Uma viagem de avião: ações

- Uma série de passos



# Camadas horizontais - serviço aéreo



- **Camadas:** cada camada implementa um serviço:
  - via suas próprias ações internas;
  - confiando em serviços fornecidos pela camada inferior.

# Modelo ISO/OSI

- Modelo de referência para redes de comunicação.
- ISO: International Standards Organization
- OSI: Open Systems Interconnection
- Lida com conectividade de sistemas abertos.

# Modelo ISO/OSI

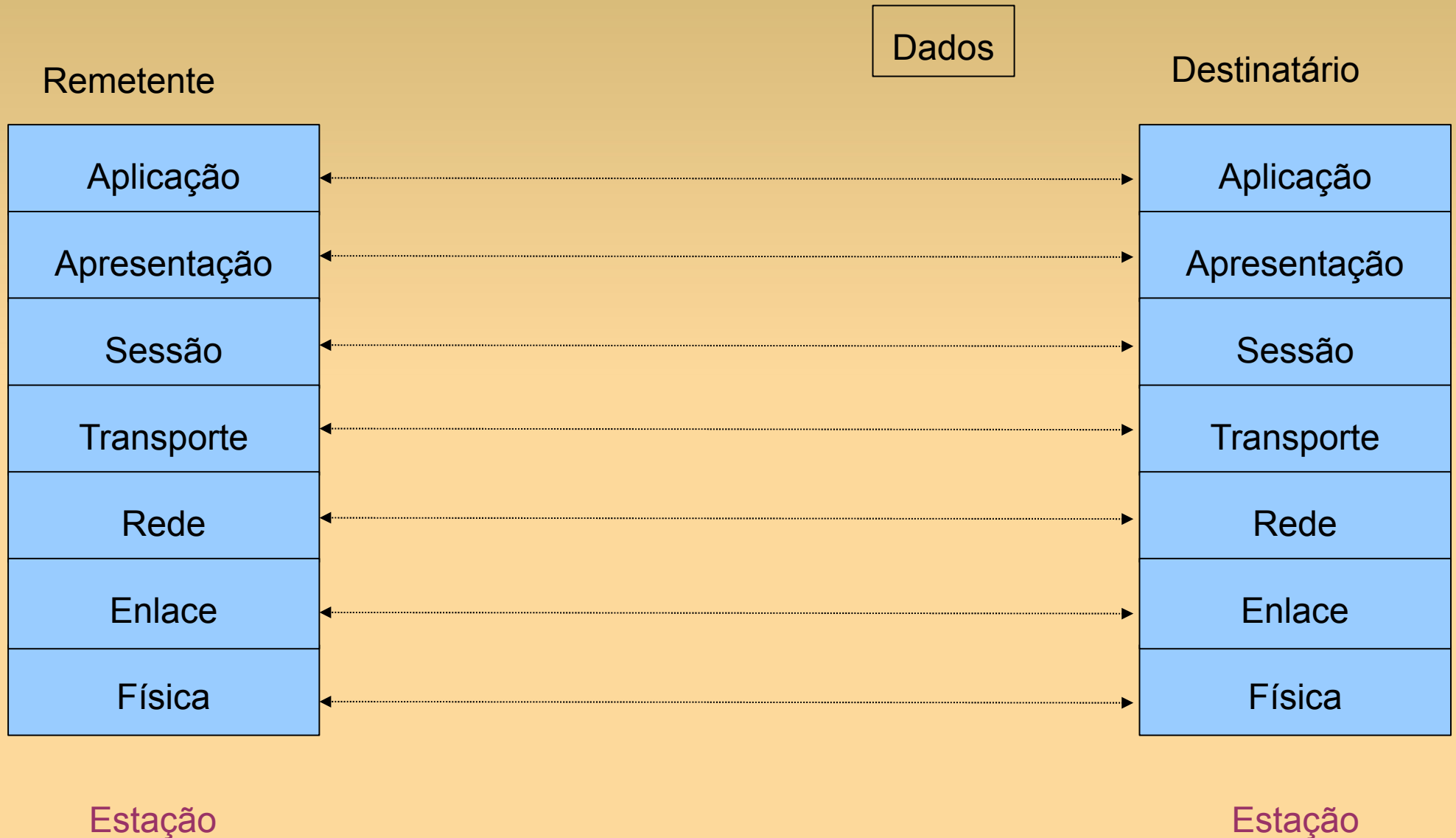
- Princípios:
  - cada camada deve desempenhar uma função bem definida;
  - a fronteira das camadas deve ser definida de modo a minimizar o fluxo de informações entre camadas;
  - o número de camadas deve ser grande o suficiente para que funções distintas não precisem estar na mesma camada sem necessidade (modular).
  - Porém, pequeno o suficiente para que a arquitetura não se torne muito grande e complexa.

# Modelo ISO/OSI

- Sete camadas.
- Trata da interação entre:
  - camadas na mesma pilha
    - ex.: entre a camada física e a de enlace.
  - mesma camada em sistemas diferentes
    - ex.: camada de rede entre dois sistemas.

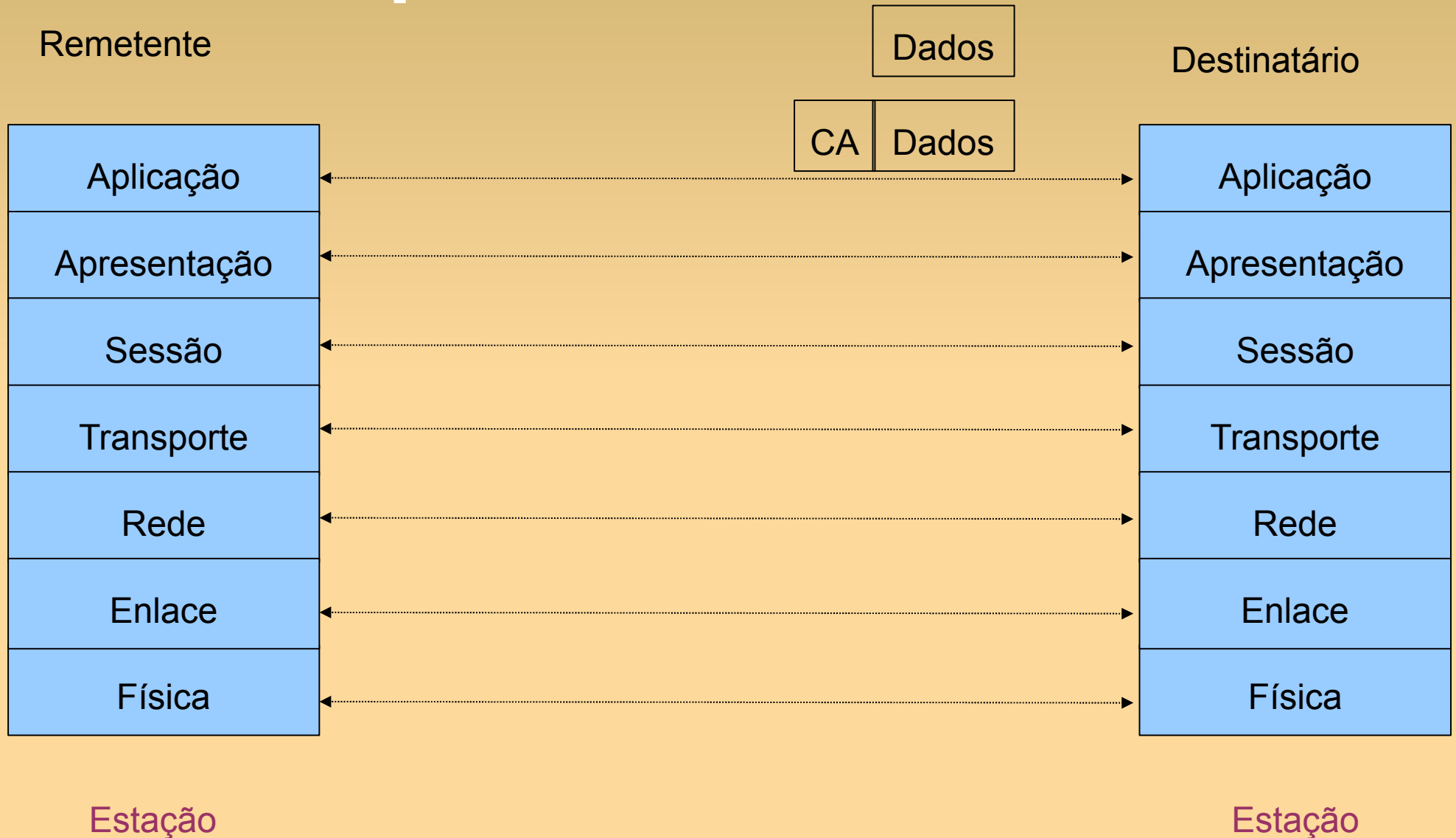


# Encapsulamento de Dados





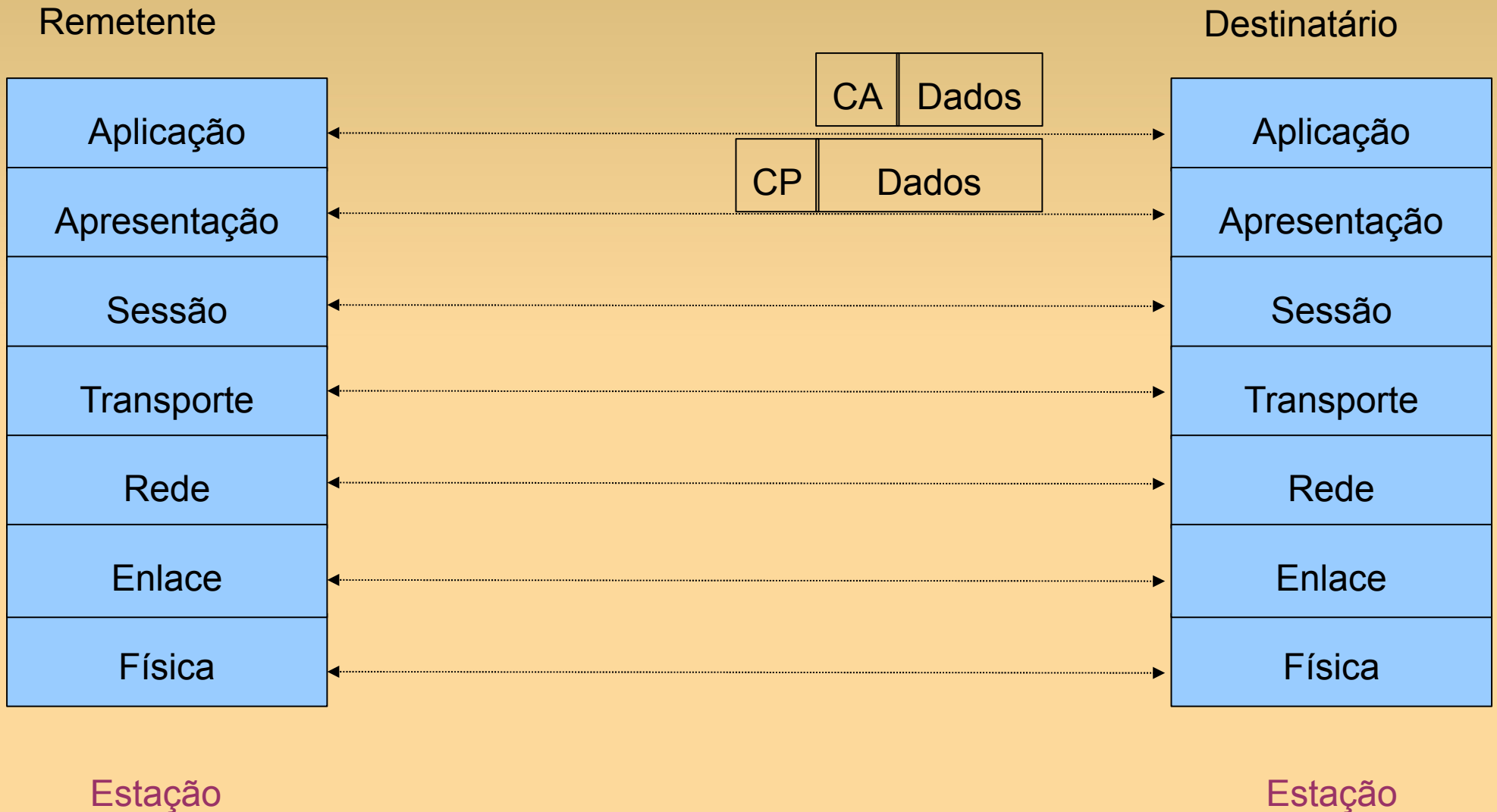
# Encapsulamento de Dados



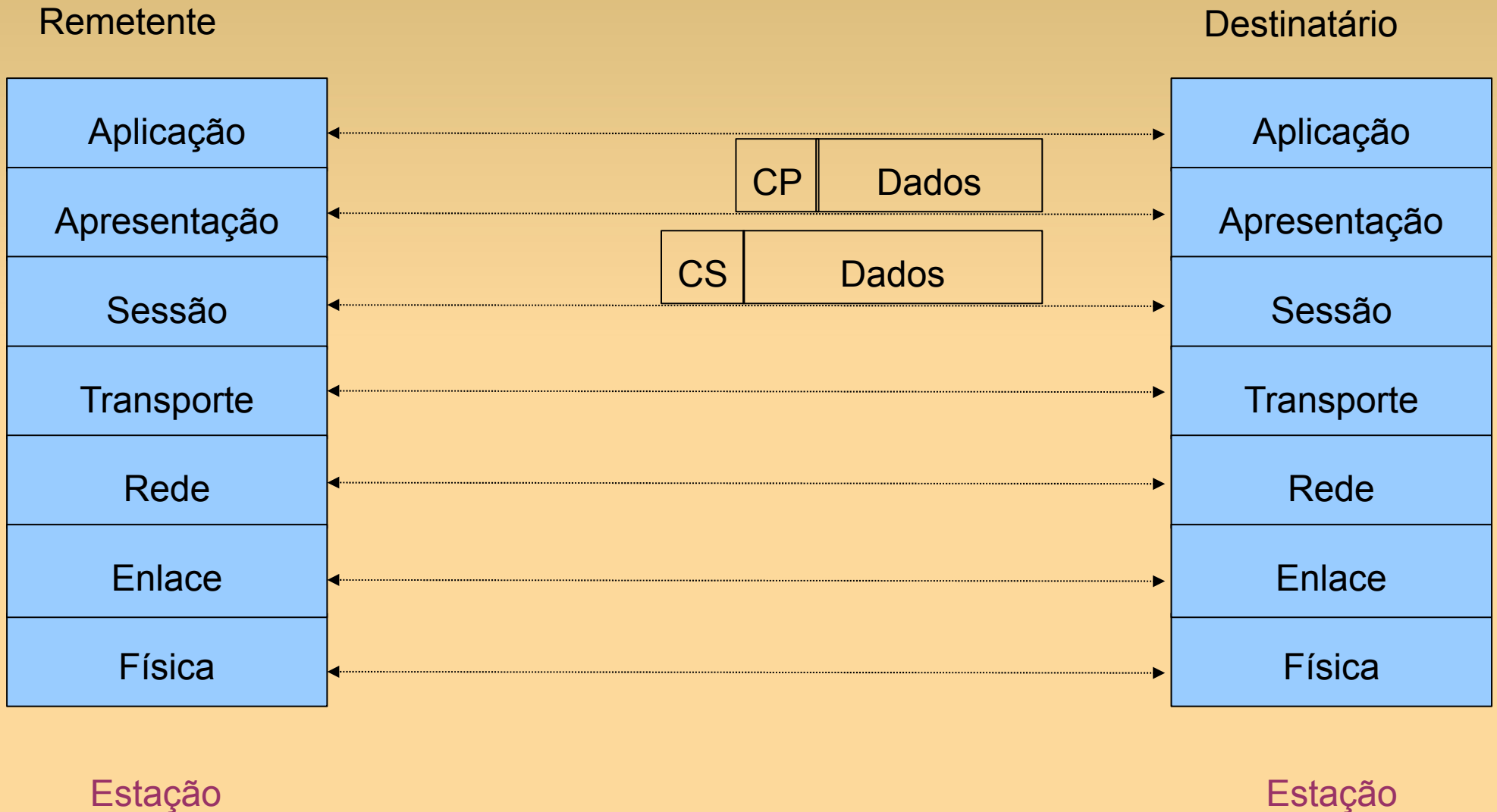
Estação

Estação

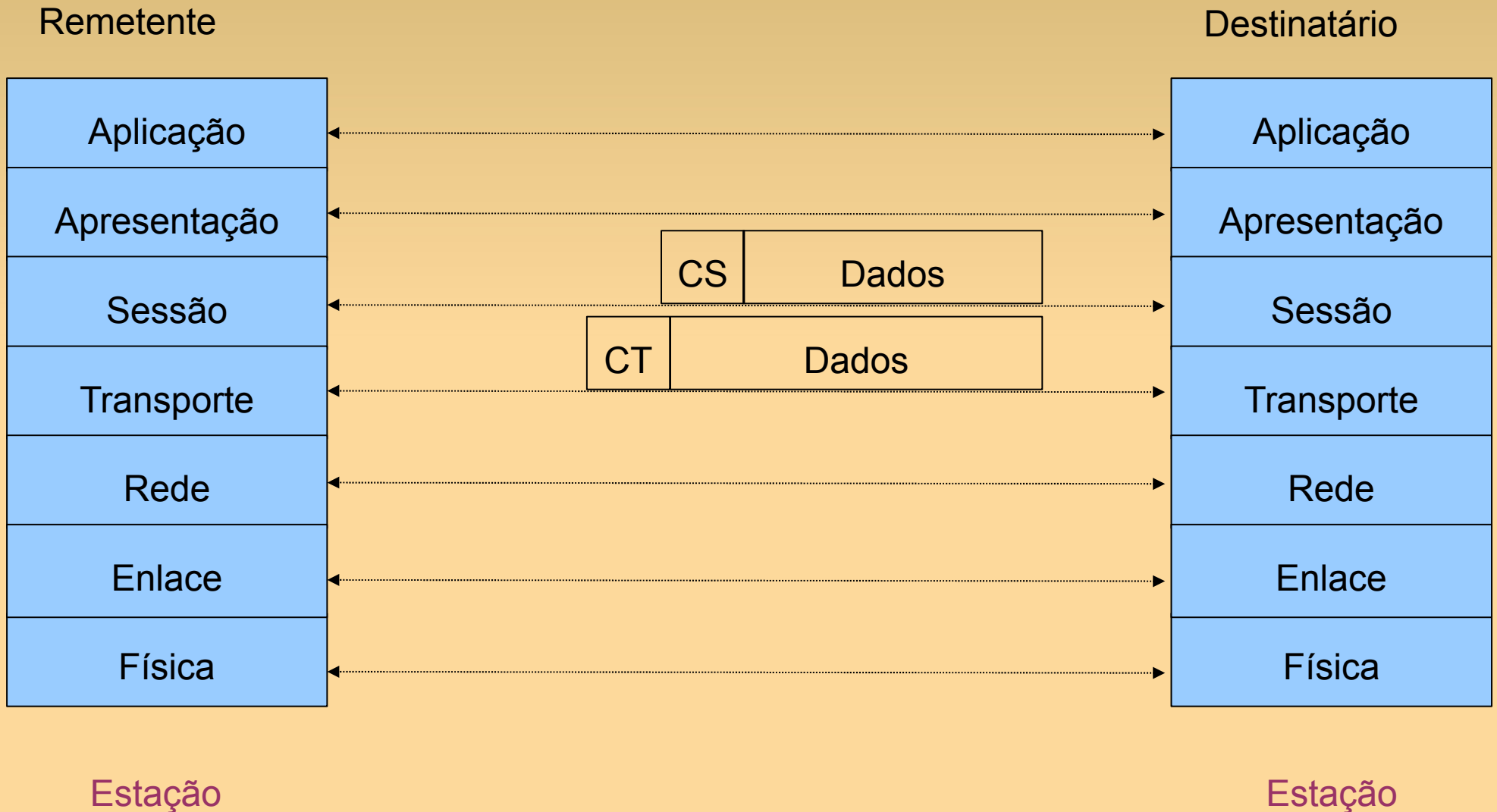
# Encapsulamento de Dados



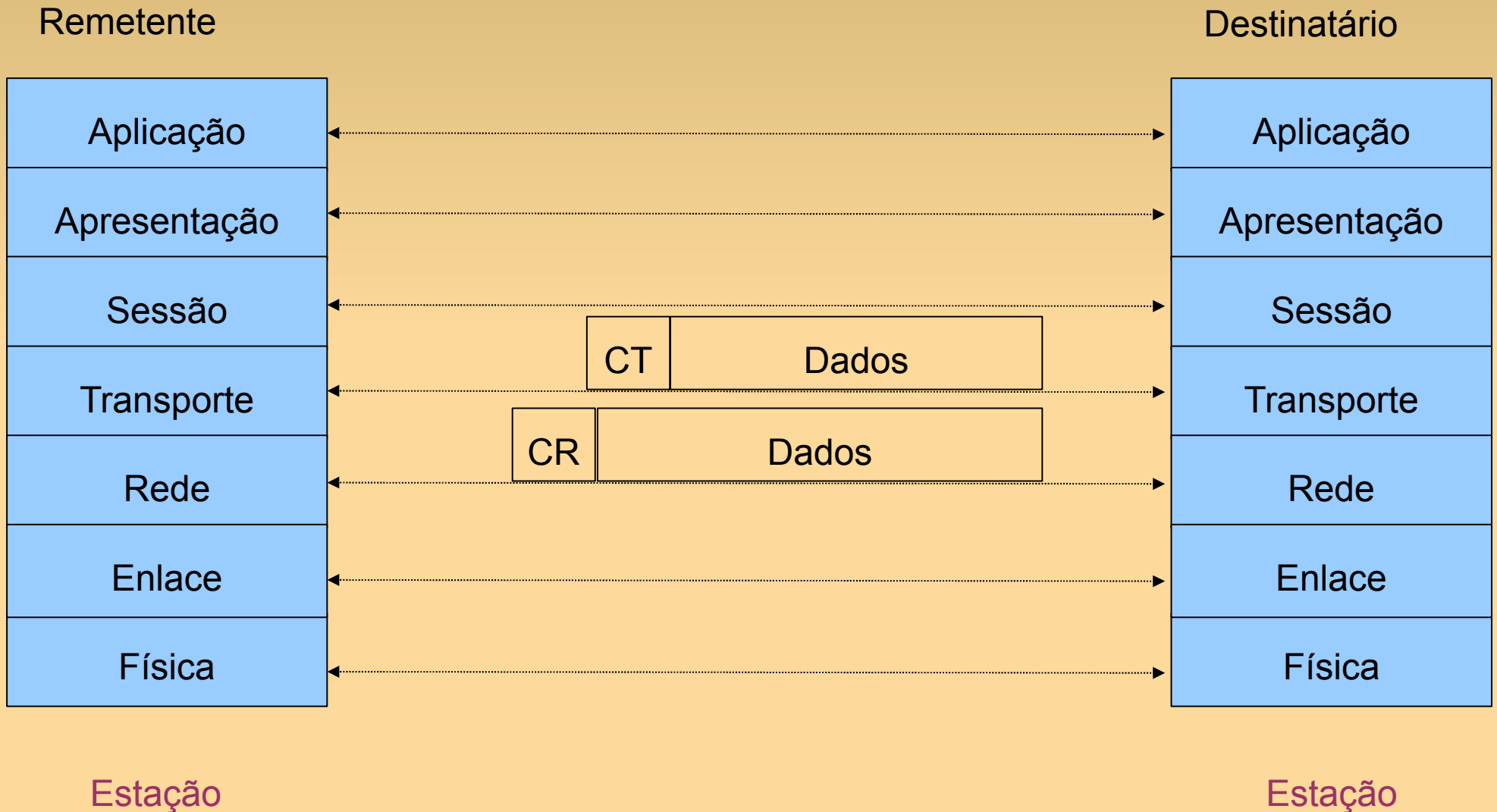
# Encapsulamento de Dados



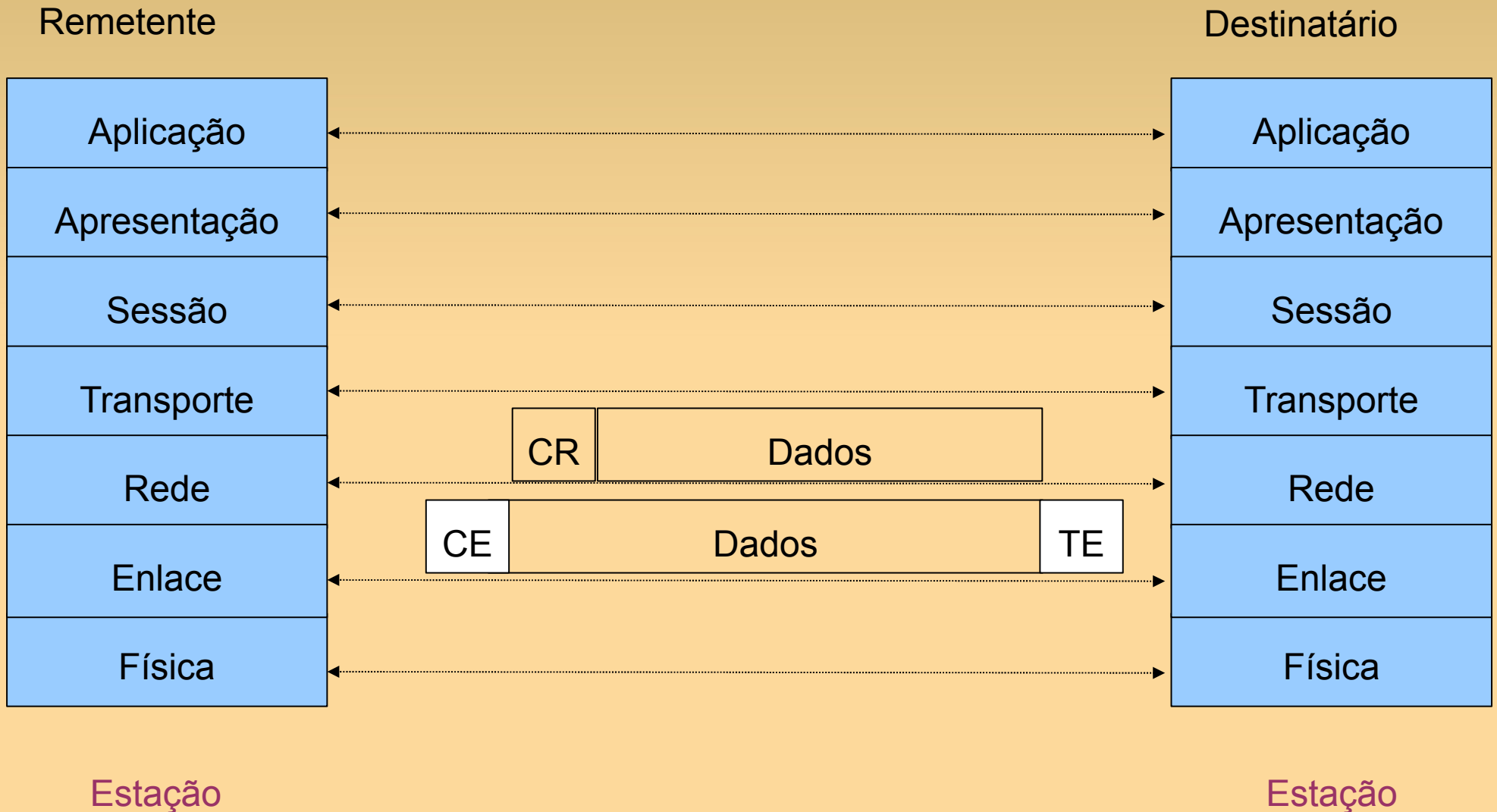
# Encapsulamento de Dados



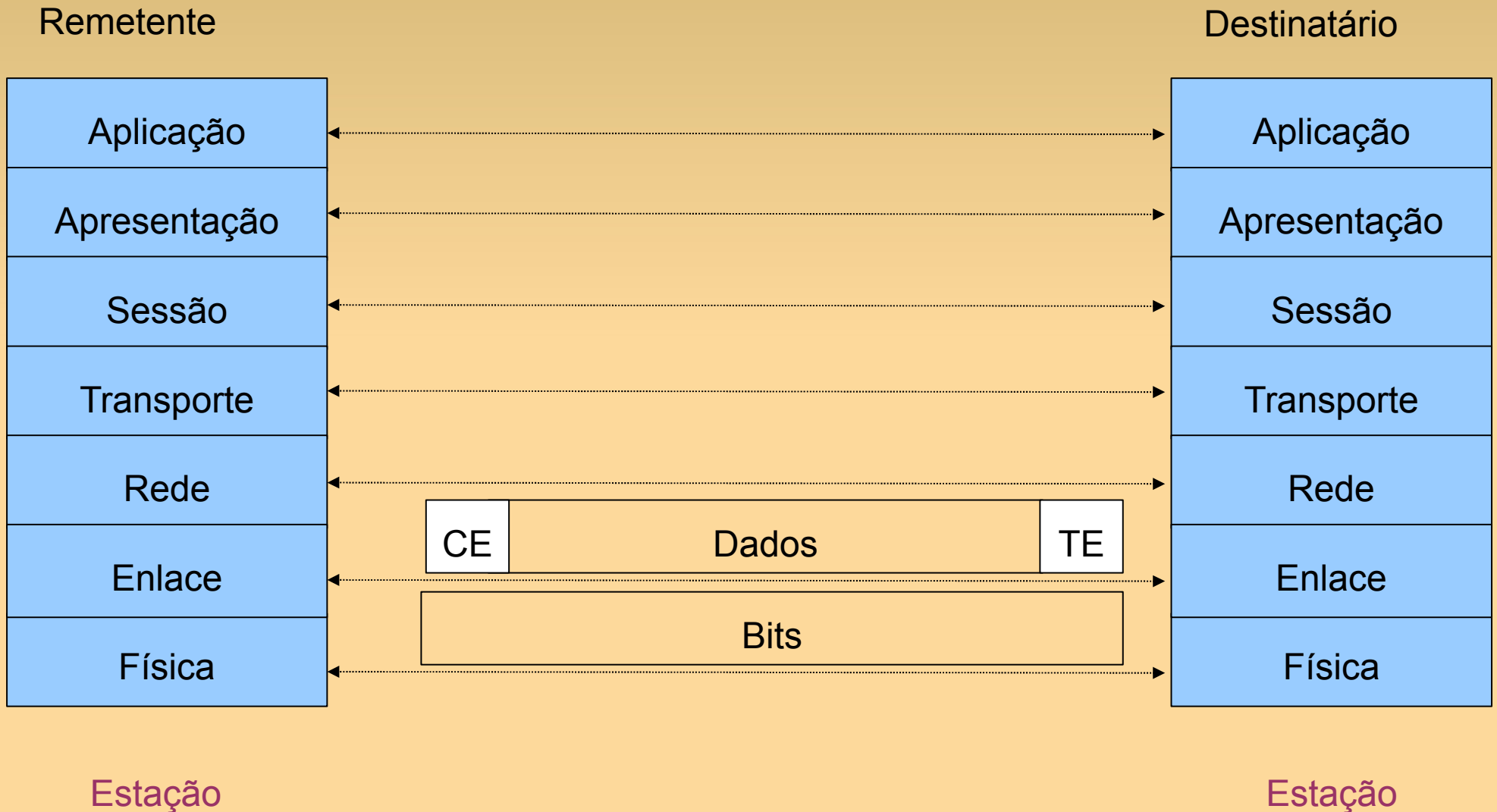
# Encapsulamento de Dados



# Encapsulamento de Dados



# Encapsulamento de Dados



Estação

Estação

# Camadas do Modelo ISO/OSI

- Quais as funções das 7 camadas?



# OSI: Camada Física

- Transmissão transparente de seqüências de bits pelo meio físico.
- Trata de padrões mecânicos, funcionais, elétricos e procedimentos para acesso ao meio físico.
- Mantém a conexão física entre sistemas.
- Tipos de conexão:
  - ponto-a-ponto ou multiponto;
  - full ou half-duplex;
  - serial ou paralela.

# OSI: Camada de Enlace

- Organiza sequências de bits em conjuntos de bits chamados *frames*
- Reconhece início e fim de frames
- Detecta perdas de frames e requisita retransmissão
- Funções típicas:
  - delimitação de quadro;
  - detecção de erros (confiabilidade aqui tb);
  - recuperação de erros;

# OSI: Camada de Rede

- Determina como os pacotes são roteados da origem ao destino.
- As rotas podem ser:
  - Fixas
  - Criadas no momento da conexão
  - Dinâmicas

# OSI: Camada de Transporte

- Assegura a conexão confiável entre origem e destino da comunicação
- Primeira camada que estabelece comunicação origem-destino (fim-a-fim)

# OSI: Camada de Sessão

- Gerencia sessões de comunicação
- Sessão é uma comunicação que necessita armazenar estados
  - Ex: Quem envia?
- Estados são armazenados para permitir re-estabelecimento da comunicação em caso de queda da comunicação
  - Ex: Retomar transferências de arquivos

# OSI: Camada de Apresentação

- Chamado também de tradução
  - Converte o formato do dado recebido em um que seja legível pelo receptor
- Vantagem: as camadas inferiores não perdem tempo com compressão/descompressão
- Garantir que os dados enviados sejam interpretados corretamente pelo destinatário. Exemplos:
  - Compressão de dados. Antes de enviar comprime o pacote.
  - Criptografia. Antes de enviar criptografa e descriptografa na chegada

# OSI: Camada de Aplicação

- Trata de vários protocolos que suportam as diferentes aplicações, como:
  - correio eletrônico;
  - navegação na web;
  - transferência de arquivos;
  - terminal virtual;
  - gerência de redes;
  - etc.

# Modelo ISO/OSI

- É um modelo de referência!
- Na prática, não é utilizado!
- Na Internet utiliza-se a Arquitetura TCP/IP.



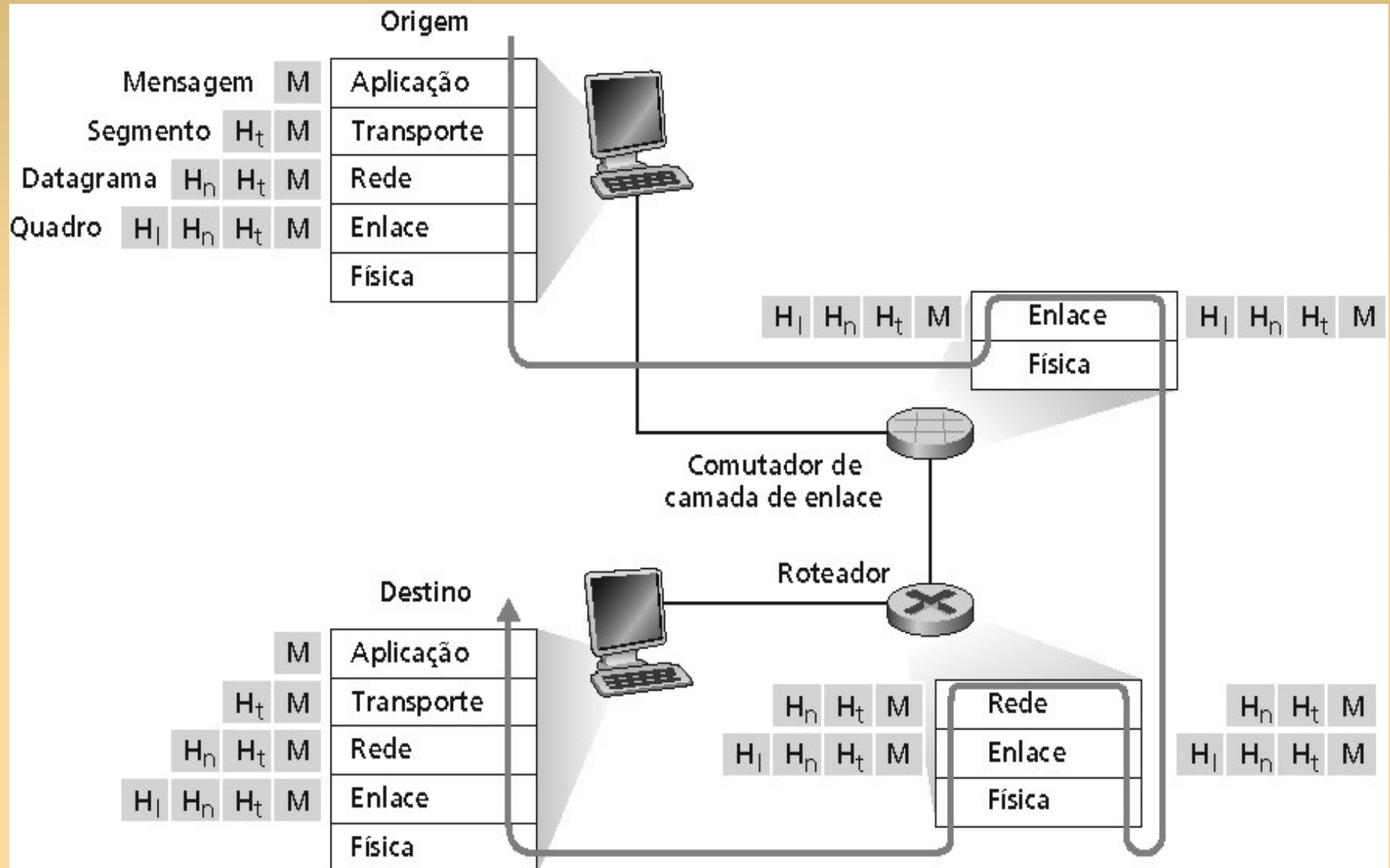
# Modelo ISO/OSI versus TCP/IP



# Modelo TCP/IP ou Internet

- **Aplicação:** suporta as aplicações de rede FTP, SMTP, HTTP.
- **Transporte:** transferência de dados processo a processo (fim-a-fim)
  - TCP, UDP
- **Rede:** roteamento de datagramas da origem ao destino.
  - IP, protocolos de roteamento
- **Enlace:** transferência de dados entre elementos vizinhos da rede.
  - PPP, Ethernet
- **Física:** bits “nos fios dos canais”

# Encapsulamento na Internet



# Aula de Hoje

- Redes de acesso
  - Meios Físicos
- ISPs e backbones da Internet
- Atrasos e perdas na Internet
- Camadas de protocolo
- **Histórico da Internet**

# História da Internet

- Início em 1969
- Baseado em um conjunto de protocolos onde os mais importantes são o TCP e o IP
- Financiado pela ARPA
- Objetivos militares
- Sem ponto central de coordenação
- ARPANET - anos 70
- NSFNET - anos 80
- Difusão mundial hoje

# História da Internet

## 1961-1972: primeiros princípios da comutação de pacotes

- **1961:** Kleinrock - teoria das filas mostra a efetividade da comutação de pacotes
- **1964:** Baran - comutação de pacotes em redes militares
- **1967:** ARPAnet concebida pela Advanced Research Projects Agency
- **1969:** primeiro nó da ARPAnet operacional
- **1972:**
- ARPAnet é demonstrada publicamente
- NCP (Network Control Protocol) primeiro protocolo hospedeiro-hospedeiro
- **Primeiro programa de e-mail**
- ARPAnet cresce para 15 nós

# História da Internet

## 1972-1980: Inter-redes, redes novas e proprietárias

- **1970:** ALOHAnet rede via satélite no Havaí
- **1973:** tese de PhD de Metcalfe propõe a **rede Ethernet**
- **1974:** Cerf e Kahn - arquitetura para interconexão de redes
- **Final dos anos 70:** arquiteturas proprietárias: DECnet, SNA, XNA
- **Final dos anos 70:** comutação com pacotes de tamanho fixo (precursor do ATM )
- **1979:** ARPAnet cresce para 200 nós

## Princípios de interconexão de redes de Cerf e Kahn:

- Minimalismo, autonomia - não se exigem mudanças internas para interconexão de redes
- Modelo de serviço: **melhor esforço**
- Roteadores “stateless”
  - Controle descentralizado

Define a arquitetura da Internet de hoje

# História da Internet

## 1990-2000: comercialização, a Web, novas aplicações

- **Início dos anos 90:** ARPAnet descomissionada
- **1991:** NSF retira restrições sobre o uso comercial da NSFnet (descomissionada em 1995)
- **Início dos anos 90:** WWW
  - Hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, depois Netscape
  - Final dos anos 90: comercialização da Web

## Final dos anos 90-2000:

- Mais aplicações “killer”: instant messaging, P2P file sharing
- segurança de redes à dianteira
- Est. 50 milhões de hospedeiros, 100 milhões de usuários
- Enlaces de backbone operando a Gbps



# Então...

- Próxima aula:
  - Avançaremos para o capítulo 2
- Tarefas:
  - Ler o capítulo 1