

# Introdução

Redes de Computadores

# Agenda

- Conceitos Básicos
- Modelos de Referência
- Métricas de Rede

# Conceitos Básicos

# Arquitetura de Rede

- Baseada em uma pilha de camadas em que cada camada é responsável por tarefas específicas
- Detalhes de especificação e implementação não fazem parte da arquitetura
- Tarefas de cada camada são implementadas em protocolos, criando uma pilha de protocolos

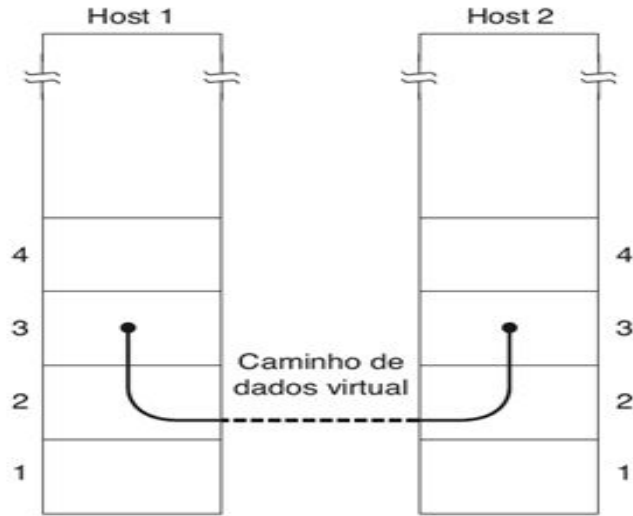
# Pilha de Camadas

- Forma como as redes estão organizadas
- Razão de sucesso das redes de computadores
- Separa tarefas, reduzindo a complexidade do projeto
- Cada camada oferece serviços para suas superiores e abstrai detalhes
- Cada camada acredita que se comunica diretamente com seu par na outra máquina

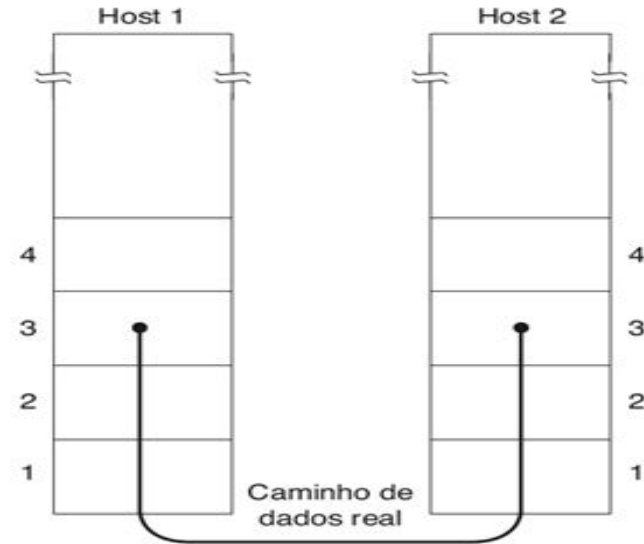
# Comunicação Virtual vs Real

- Comunicação virtual (horizontal) entre entidades pares é virtual e executada através do protocolo da camada
- Comunicação real (vertical) é feita entre entidades na mesma hierarquia
- Comunicação ocorre efetivamente na camada mais baixa através de um meio físico

# Comunicação Virtual vs Real

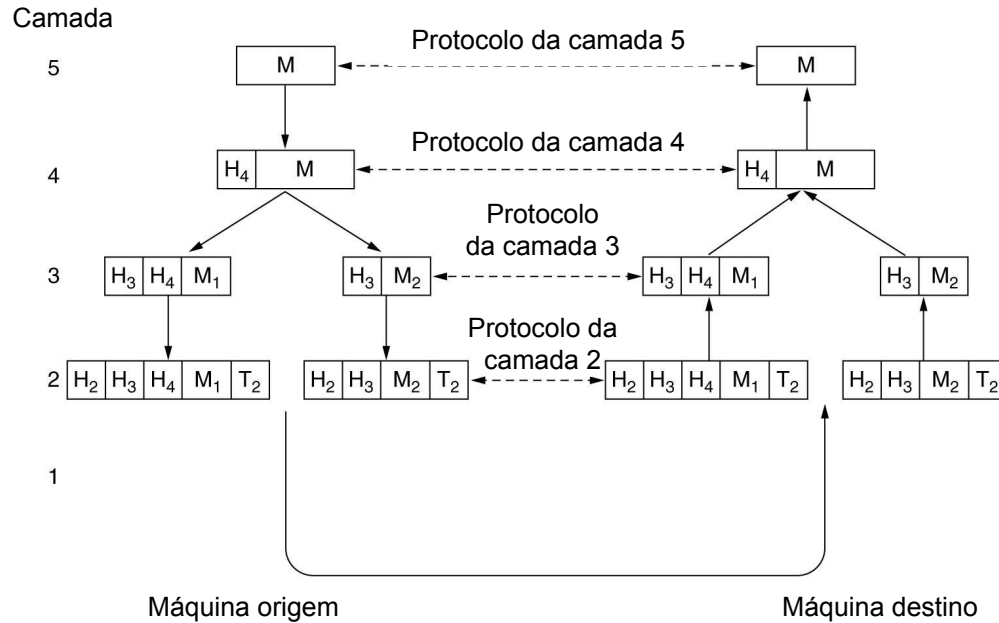


Comunicação virtual



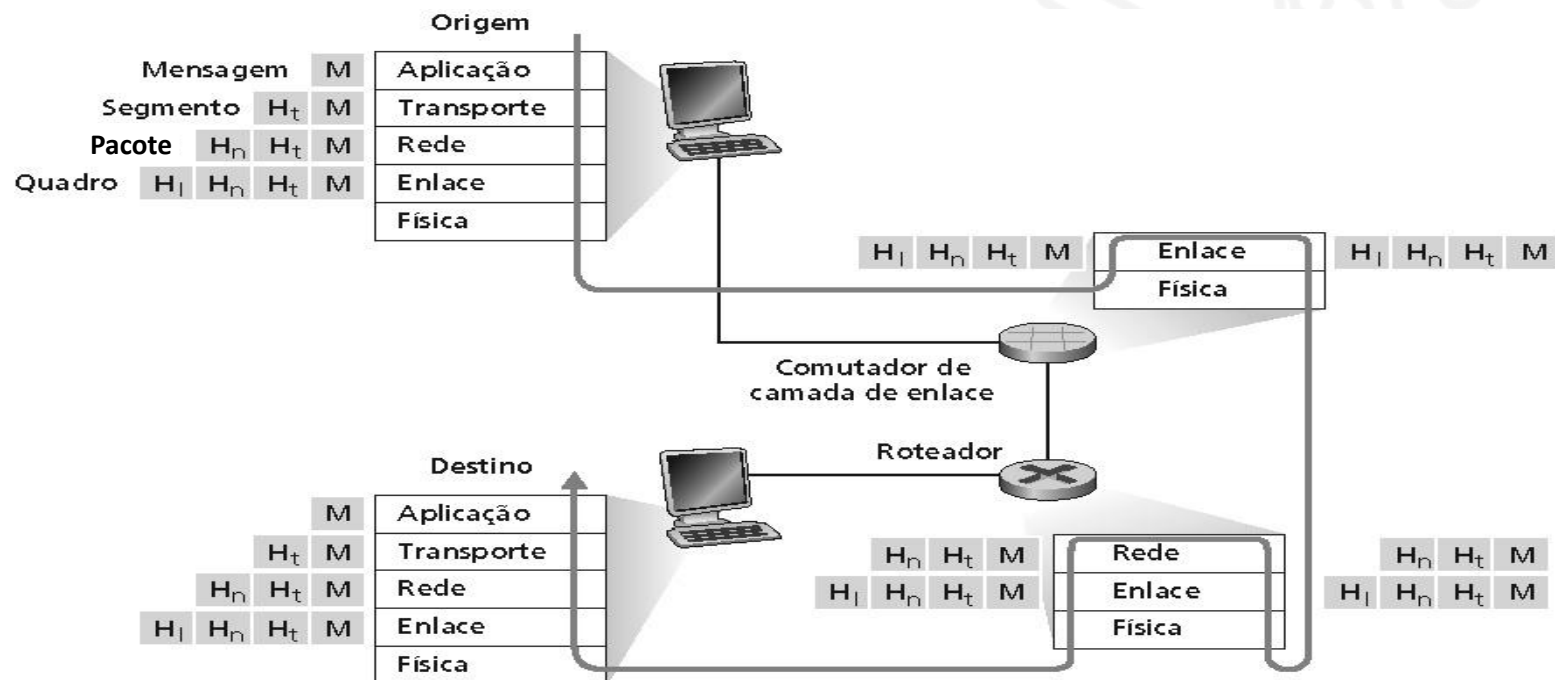
Comunicação real

# Comunicação em Camadas



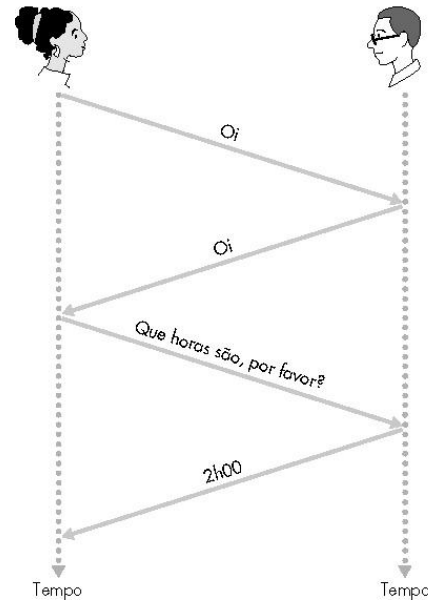


# Comunicação em Camadas

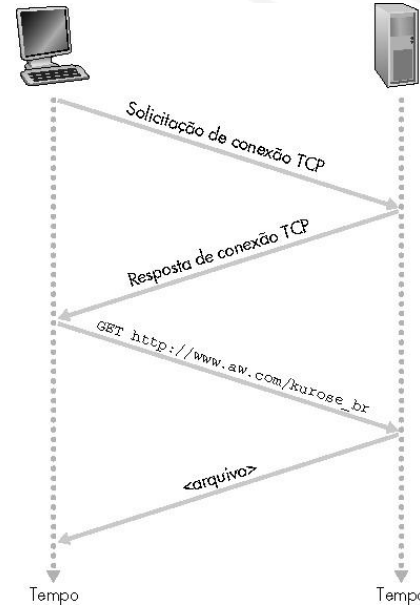


# Protocolos de Comunicação

## Protocolo humano



## Protocolo de rede



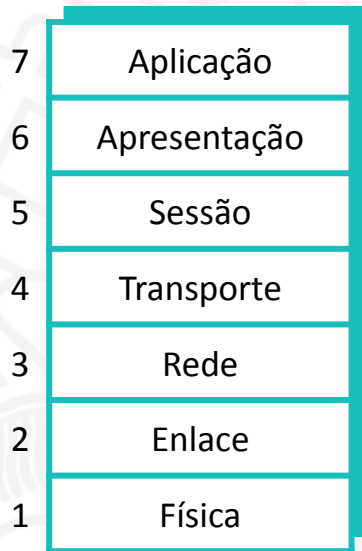
# Modelos de Referência

- Propostas concretas de arquiteturas de rede
- Duas arquiteturas de rede importantes:
  - Modelo *Open Systems Interconnection* (OSI) da ISO
    - Não é uma arquitetura, pois não especifica protocolos
    - Informa apenas o que cada camada deve fazer
  - TCP/IP

# Modelos de Referência

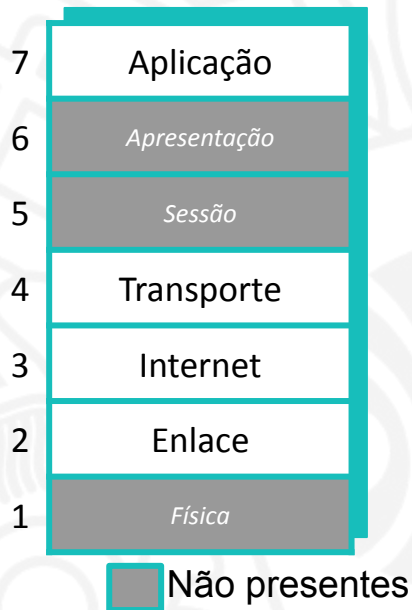
# Modelo de Referência OSI

- Trata da interconexão de sistemas abertos
- Aberto no sentido que qualquer sistema que seguir os padrões será capaz de se interconectar
- Possui sete camadas



# Modelo de Referência TCP/IP

- Usado na “avó” de todas as redes, a ARPANET, e em sua sucessora, a Internet mundial
- Surgiu como um conjunto de protocolos que deveriam ter certas características para uso militar
- Seus protocolos são flexíveis para suportar diferentes aplicações
- Surgiu “oficialmente” com o re-projeto dos protocolos TCP/IP no início da década de 80

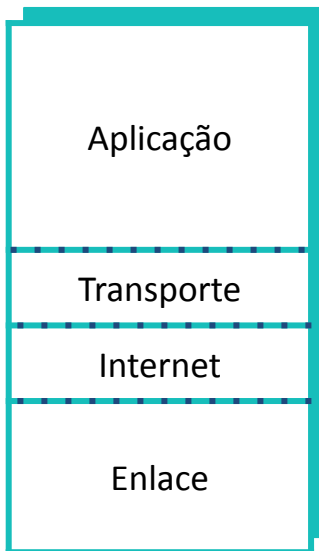


# Organização em Camadas

## Modelo OSI



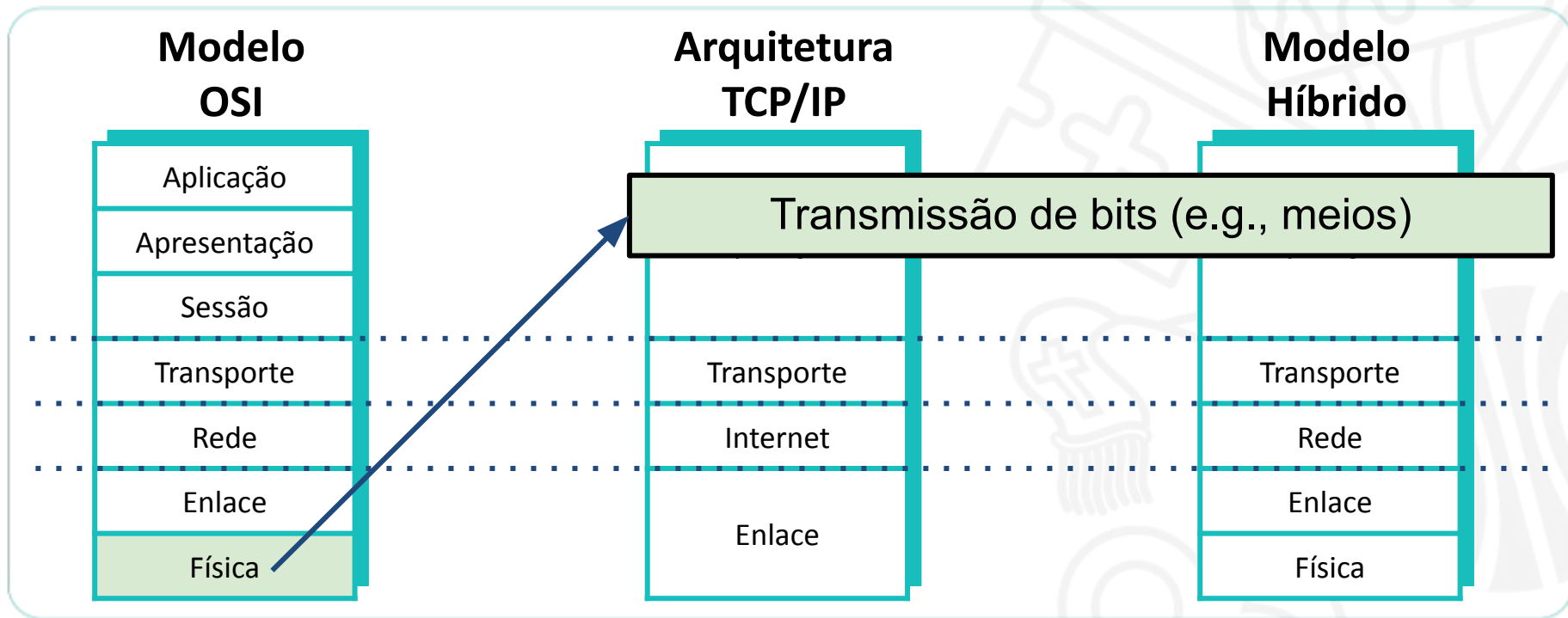
## Arquitetura TCP/IP



## Modelo Híbrido



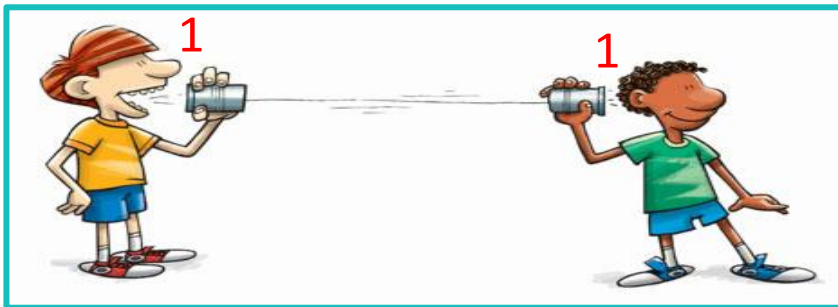
# Organização em Camadas



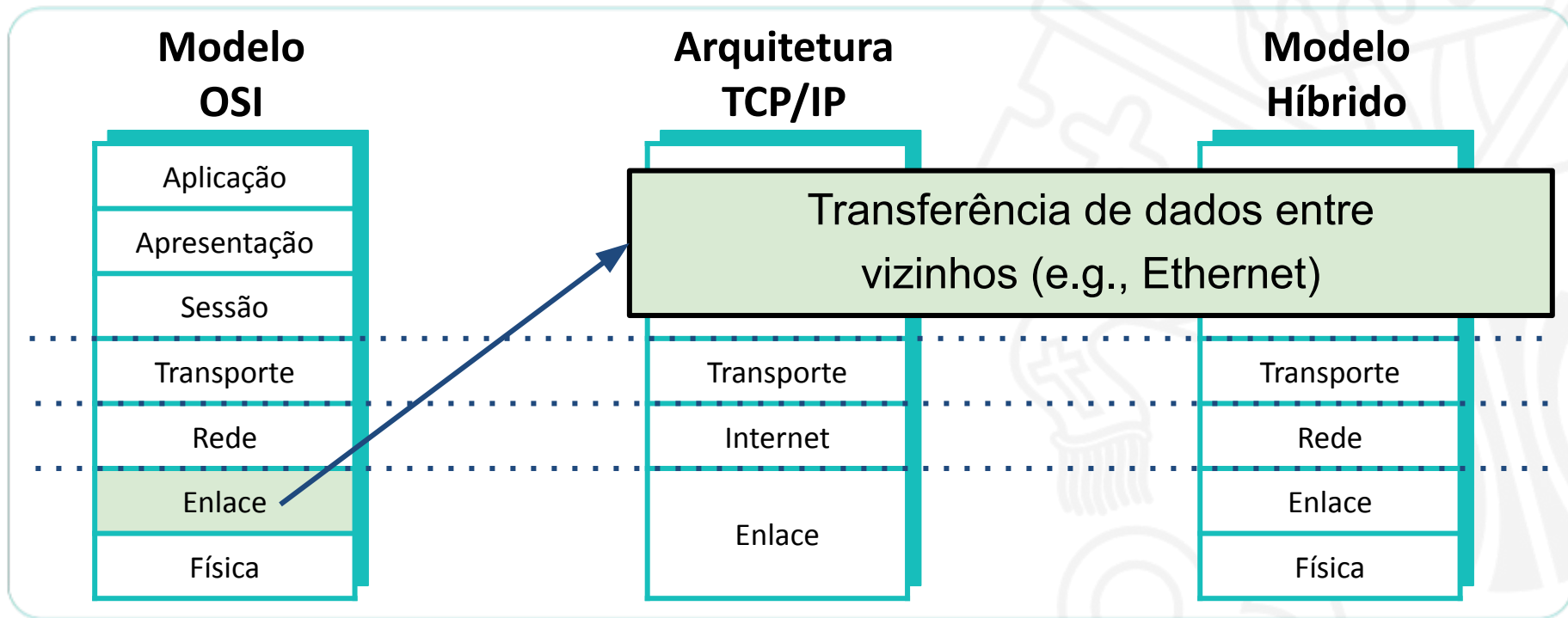


# Camada Física

- Trata da transmissão de bits através do canal, garantindo que quando um lado enviar um bit 1, o outro o receberá o bit 1 (não um 0)
- Define interfaces elétricas, de sincronização e outras, pelas quais os bits são enviados como sinais pelos canais



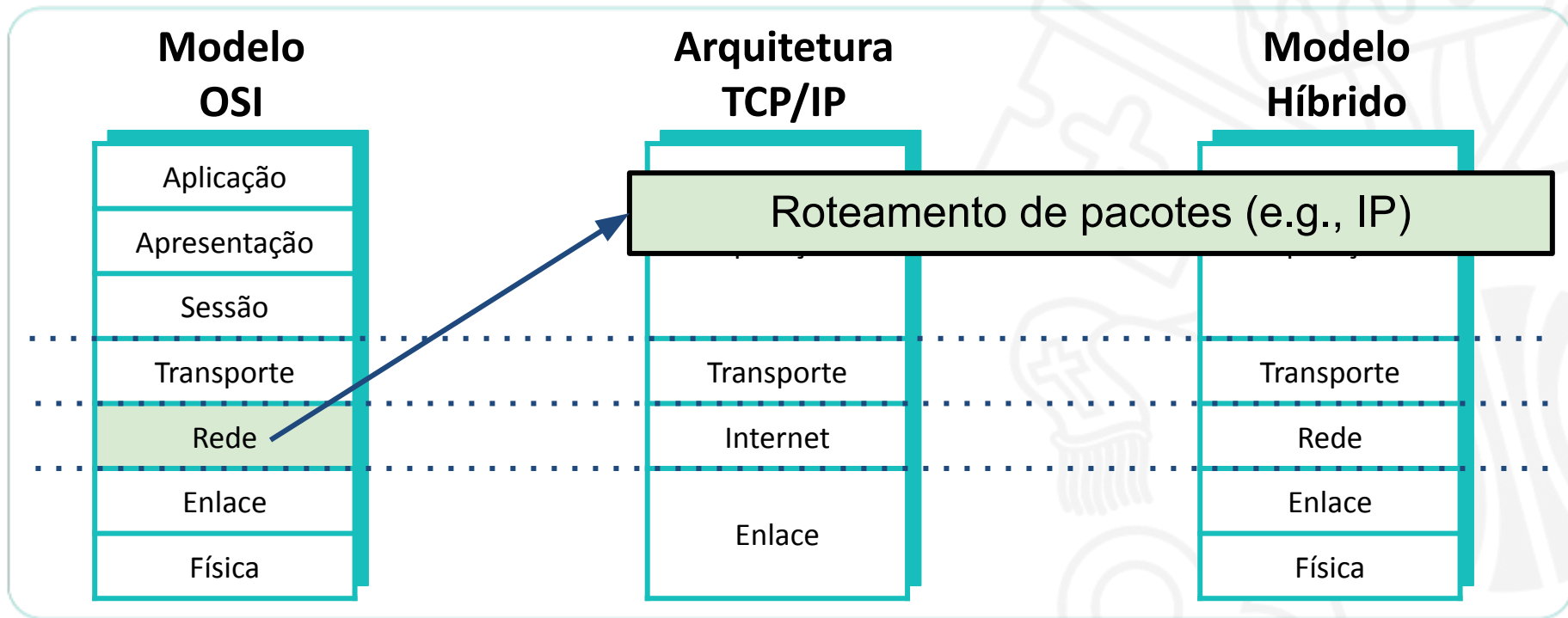
# Organização em Camadas



# Camada de Enlace

- Responsável pelas tarefas de:
  - Enquadramento
  - Controle de Erros
  - Controle de Fluxo

# Organização em Camadas



# Camada de Rede

- Responsável por tarefas como, por exemplo, o roteamento de pacotes
- O protocolo de rede da Internet é o Internet Protocol (IP) cujas versões atuais são IPv4 e IPv6
- Cada máquina na Internet possui um “único” número IP (endereço de rede)

# Considerações sobre a Camada de Rede

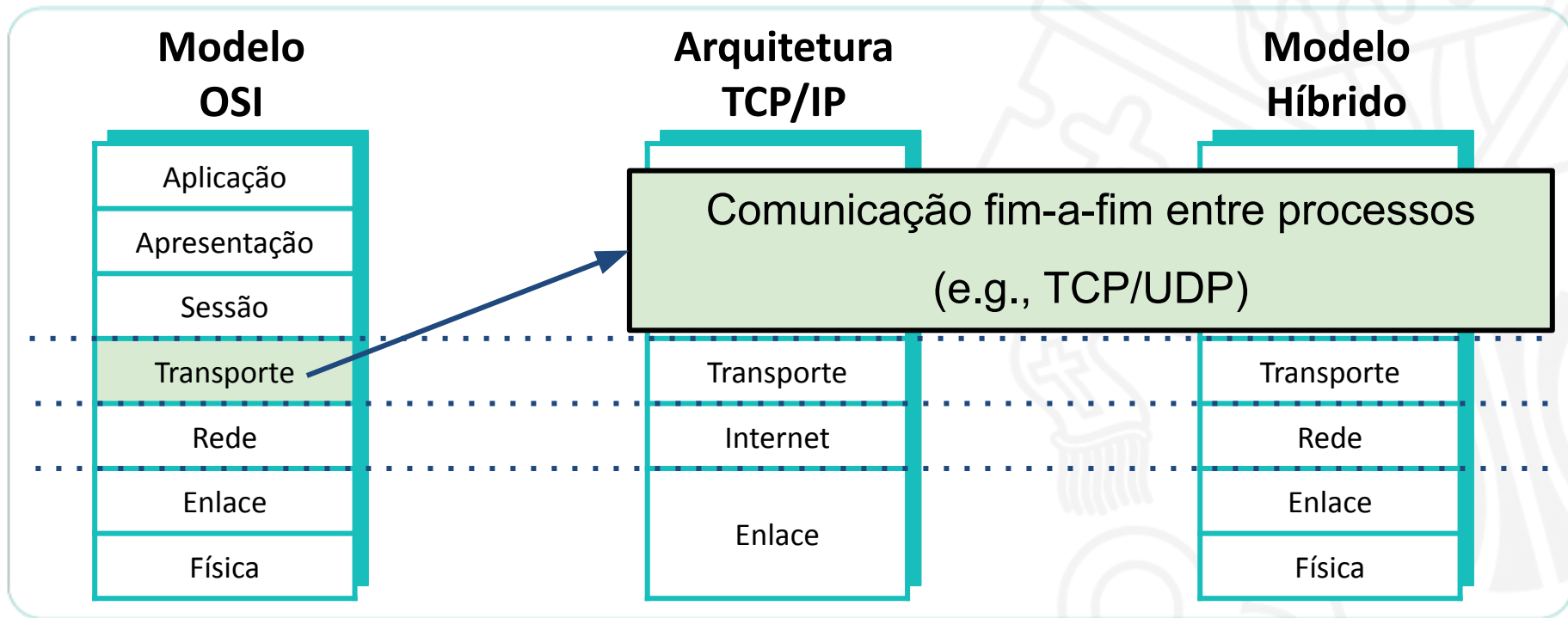
- No IPv4, cada endereço IP tem 32 bits e é representado em quartetos de oito bits separados por um ponto. Assim, temos,  $x_1.x_2.x_3.x_4$ , onde cada  $x_i$  é número entre 0 e 255
- Endereços  $127.x_2.x_3.x_4$  representam a máquina local ou (*localhost*)



There is no place like

**127.0.0.1**

# Organização em Camadas



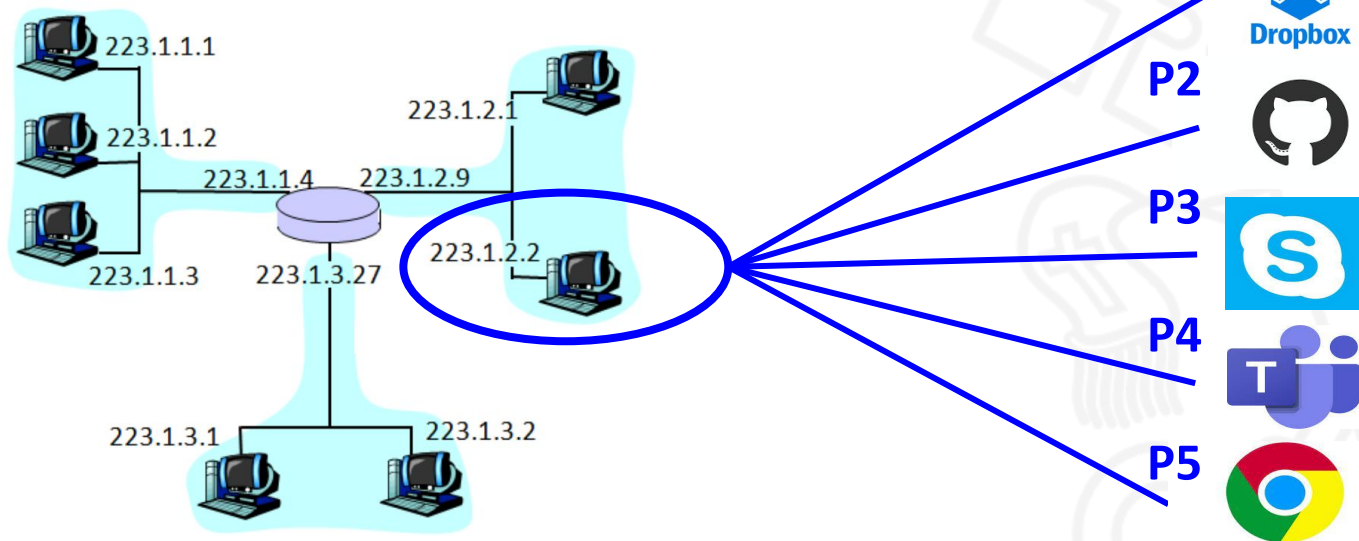
# Camada de Transporte

- Responsável pela comunicação fim-a-fim, gerenciando processos (serviços) de comunicação que rodam exclusivamente na origem e destino
- Protocolos tradicionais nesta camada: *Transmission Control Protocol* (TCP) e *User Datagram Protocol* (UDP)
- Cada serviço disponível em uma máquina possui uma porta
- Uma máquina pode ser servidora de vários serviços (e.g., páginas, e-mails, vídeos)



# Número IP e Porta

- Número IP identifica cada máquina em uma rede e a porta, cada serviço em uma máquina



# Número IP e Porta

- Número IP identifica cada máquina em uma rede e a porta, cada serviço em uma máquina



P1



Para acessarmos um serviço web, precisamos saber o número IP da máquina e a porta do serviço desejado na máquina

223.1.3.1



223.1.3.2



P5

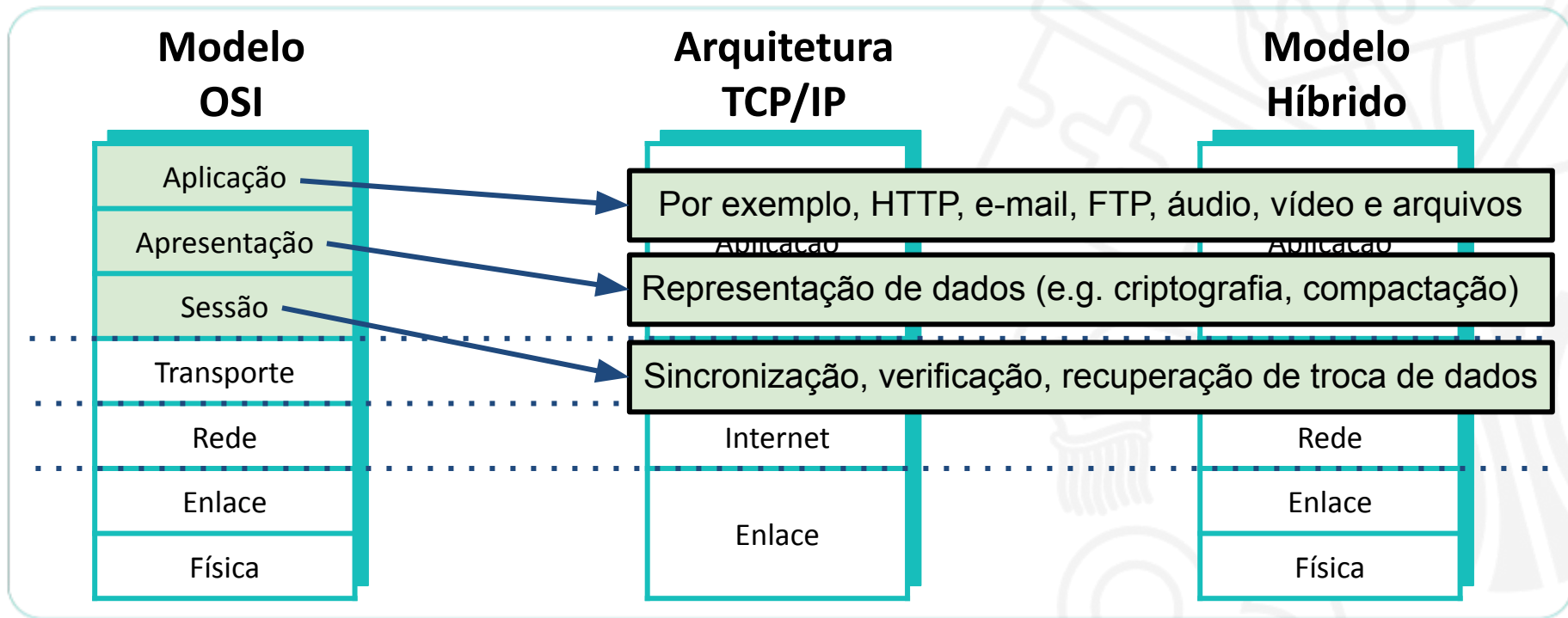


# Portas Bem Conhecidas

- Do inglês, *well-known ports*
- Reservadas para protocolos de aplicação tradicionais (entre 0 e 1023)

Porta	Descrição
20/TCP	FTP - porta de dados
21/TCP	FTP - porta de controle
22/TCP,UDP	SSH
23/TCP,UDP	Telnet
25/TCP,UDP	SMTP
53/TCP,UDP	DNS
80/TCP	HTTP
81/TCP	HTTP Alternativa
110/TCP	POP3
143/TCP,UDP	IMAP4
194/TCP	IRC
366/TCP,UDP	SMTP
989/TCP,UDP	FTP – porta de dados sobre TLS/SSL
990/TCP,UDP	FTP – porta de controle sobre TLS/SSL
993/TCP	IMAP4 sobre SSL
995/TCP	POP3 sobre SSL

# Organização em Camadas



# Distinção entre Camadas: Superiores e Inferiores

## Modelo OSI

## Arquitetura TCP/IP

## Modelo Híbrido

Camadas Superiores

Aplicação

Apresentação

Sessão

Aplicação

Aplicação

Camadas Inferiores

Transporte

Rede

Enlace

Física

Transporte

Internet

Enlace

Transporte

Rede

Enlace

Física

# Distinção entre Camadas: Superiores e Inferiores

Modelo  
OSI

Arquitetura  
TCP/IP

Modelo  
Híbrido

Aplicação

Camadas  
Superiores

- **Camadas superiores:** usuários do serviço de transporte
- **Camadas inferiores:** provedores de serviços de transporte

Camadas  
Inferiores

Enlace

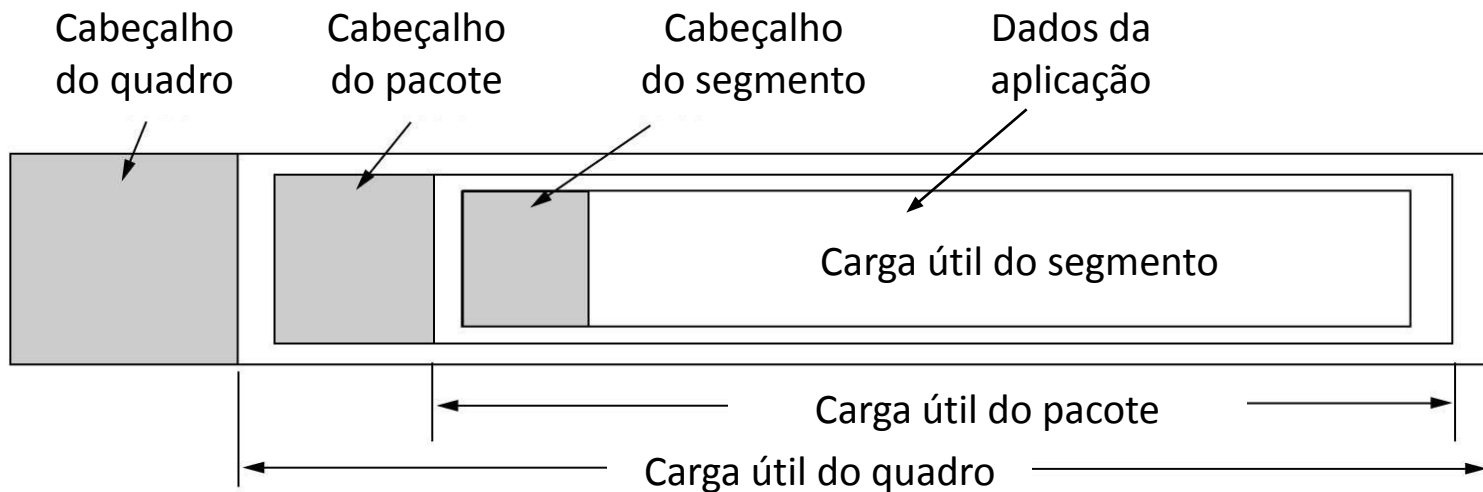
Física

Enlace

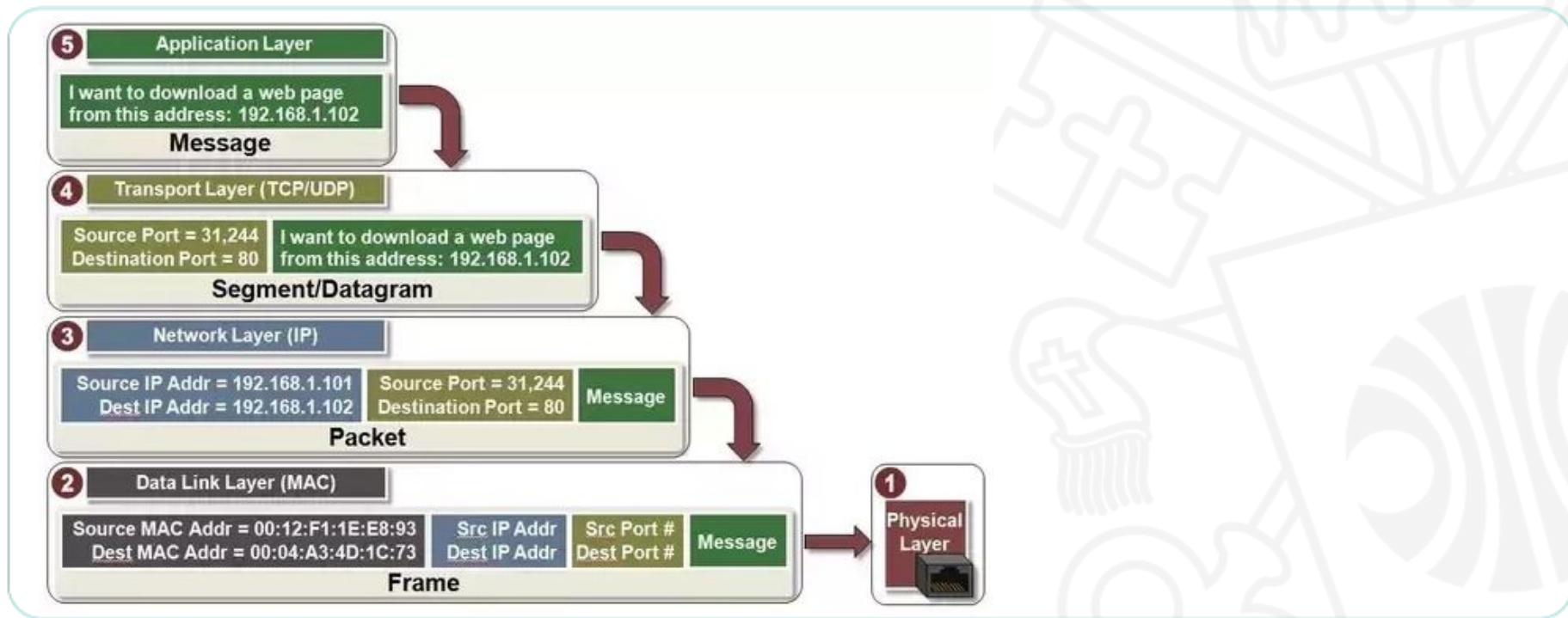
Enlace

Física

# Mensagem, Segmento, Pacote e Quadro



# Mensagem, Segmento, Pacote e Quadro





# Métricas de Rede

# Métricas de Rede

- Custo
- Facilidade de instalação e manutenção
- Taxa de Erros
- *Latency* (Latência)
- *Bandwidth* (Largura de Banda)
- *Troughput* (Taxa de Dados)

# Métricas de Rede

- **Custo**
- **Facilidade de instalação e manutenção**
- **Taxa de Erros**
- *Latency* (Latência)
- *Bandwidth* (Largura de Banda)
- *Troughput* (Taxa de Dados)



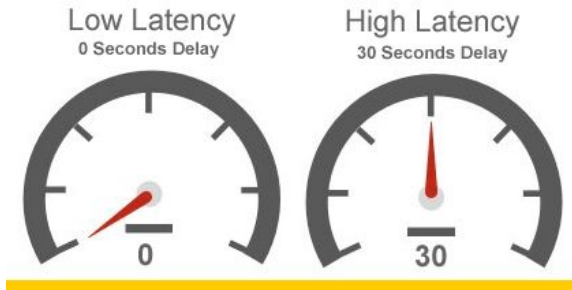
Conceitos tradicionais

# Métricas de Rede

- Custo
- Facilidade de instalação e manutenção
- Taxa de Erros
- *Latency (Latência)*
- *Bandwidth (Largura de Banda)*
- *Troughput (Taxa de Dados)*

# Latency (Latência)

- Também conhecida como atraso (*delay*) ou retardo



# Tipos de Atrasos

- Decorrente de processamento (por exemplo, CPU)
- Decorrente de enfileiramento (por exemplo, FIFO)
- Decorrente de serialização
- Decorrente de propagação fim a fim. Por exemplo, um enlace entre Belo Horizonte (MG) e Contagem (MG) será mais rápido que outro entre Belo Horizonte e São Luís (MA)

# Métricas de Rede

- Custo
- Facilidade de instalação e manutenção
- Taxa de Erros
- *Latency* (Latência)
- **Bandwidth (Largura de Banda)**
- *Troughput* (Taxa de Dados)

# *Bandwidth* (Largura de Banda)

- Quantidade **máxima** de dados que pode ser transmitida em um canal durante um intervalo de tempo
- Propriedade física do canal
- Depende, por exemplo: da construção, espessura e comprimento do meio



# *Bandwidth* (Largura de Banda)

- Para o Engenheiro Eletricista, a largura de banda (analógica) é uma quantidade medida em Hz
- Para o Cientista da Computação, a largura de banda (digital) é a taxa de dados máxima de um canal, uma quantidade medida em bits/s
- Na verdade, a taxa de dados (do Cientista da Computação) é o resultado final do uso da largura de banda

# Métricas de Rede

- Custo
- Facilidade de instalação e manutenção
- Taxa de Erros
- *Latency* (Latência)
- *Bandwidth* (Largura de Banda)
- ***Troughput* (Taxa de Dados)**

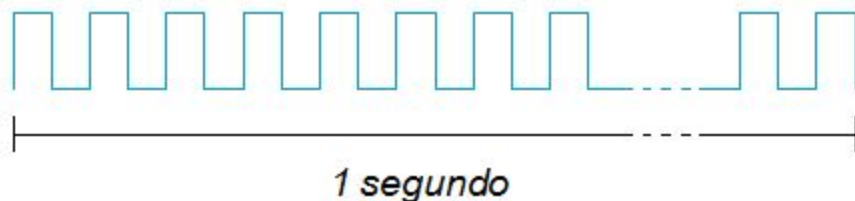
# *Troughput* (Taxa de Dados)

- Número de bits transmitidos por unidade de tempo
- Unidades básicas: bps, Kbps, Mbps, Gbps ou *packets per seconds* (pps)

# Troughput (Taxa de Dados)

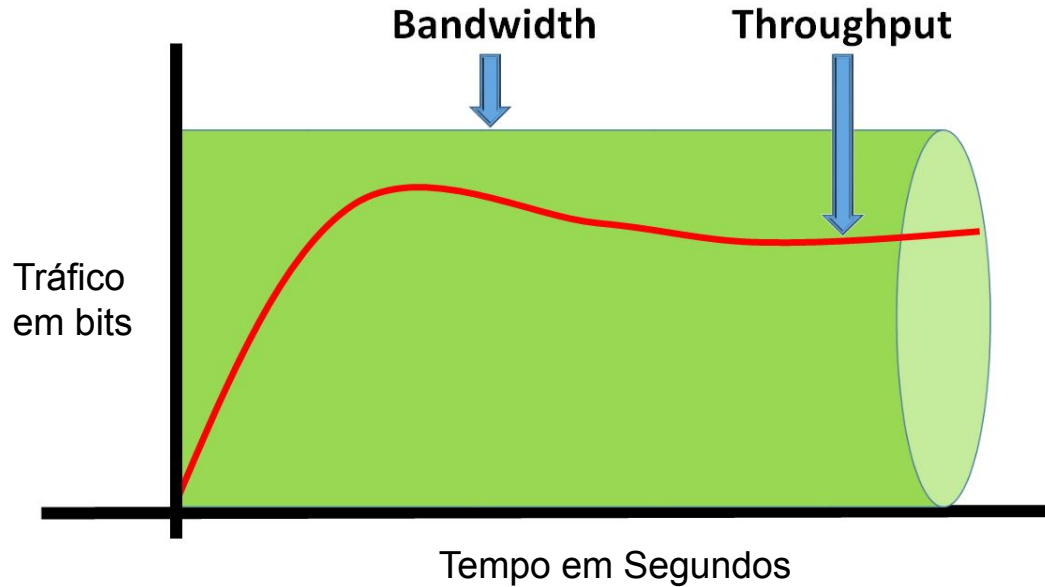


1 Mbps: 1 milhão de bits por segundo ( $1\mu\text{s}$  para transmitir cada bit)

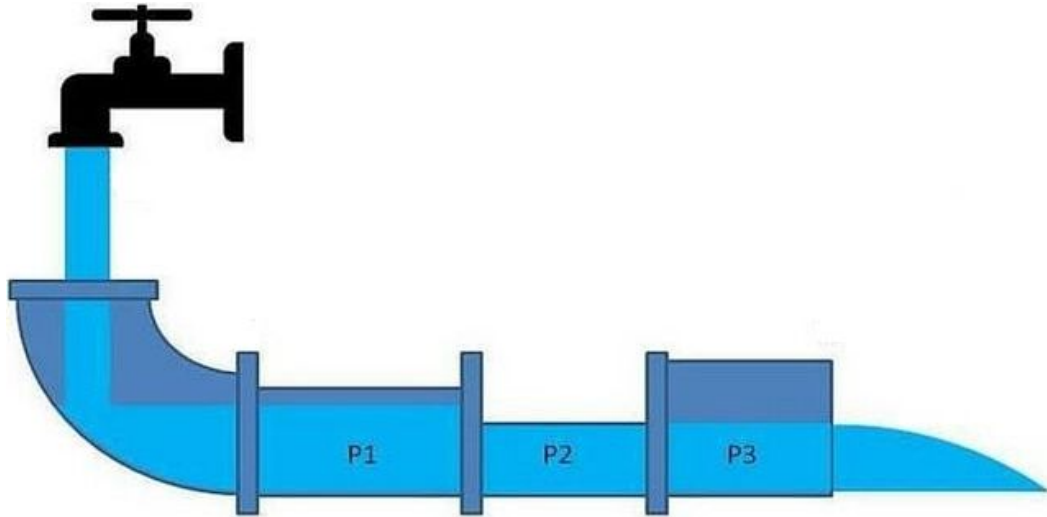


2 Mbps: 2 milhões de bits por segundo ( $0.5\mu\text{s}$  para transmitir cada bit)

# *Throughput vs Bandwidth*

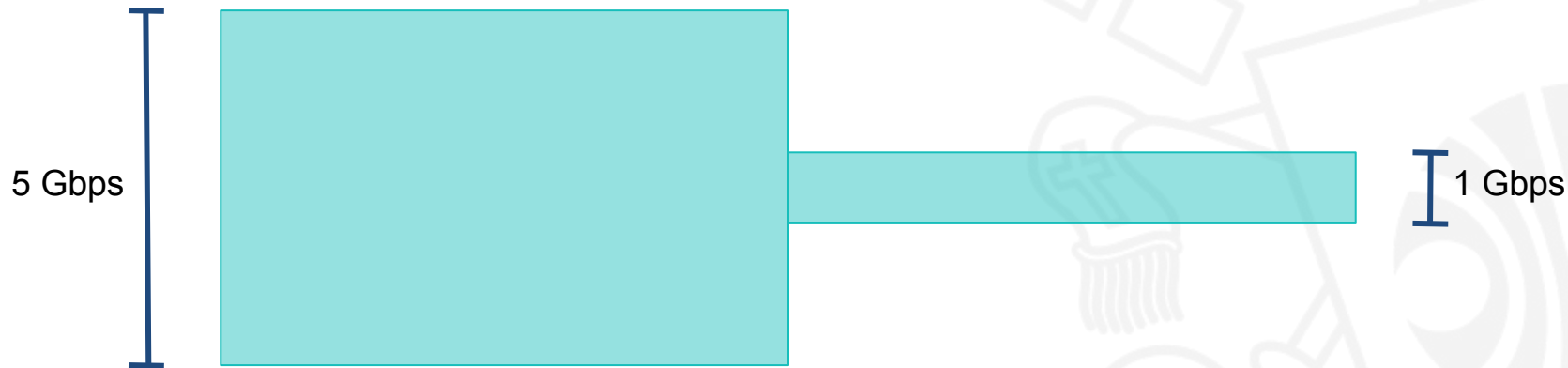


# *Troughput vs Bandwidth*

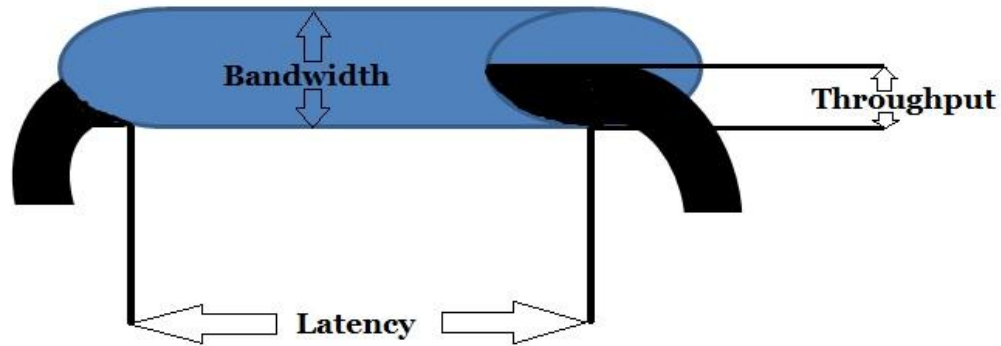


# Troughput vs Bandwidth

- Por exemplo, se dois pontos da rede tem *bandwidth* de 5 Gbps e 1 Gbps, respectivamente, o *troughput* será, no máximo, 1 Gbps



# *Throughput vs Bandwidth vs Latency*





# Exercícios

# Exercício (1)

- Quais são as funções das sete camadas do modelo de referência OSI?

## Exercício (2)

- Qual é a diferença de visibilidade entre as camadas de rede e enlace?

## Exercício (3)

- Tanto a camada de rede quanto a de transporte, são responsáveis pela transferência de dados, qual é a diferença entre elas?

## Exercício (4)

- O que significa *broadcasting* na camada de rede e na de enlace?

## Exercício (5)

- Em breve, teremos um terminal doméstico e seguro conectado a Internet permitindo plebiscitos instantâneos sobre questões importantes. Nesse caso, a política atual será eliminada. Os aspectos positivos dessa democracia direta são óbvios. Apresente alguns dos aspectos negativos.

## Exercício (6)

- O presidente da XBeer resolve trabalhar com a YBeer para produzir uma lata de cerveja invisível (medida higiênica). O presidente pede que o jurídico analise a questão. Esse contacta o departamento de Engenharia. Como resultado, o engenheiro-chefe entra em contato com seu par na YBeer para discutirem os aspectos técnicos. Em seguida, os engenheiros enviam um relatório aos departamentos jurídicos, que discutem os aspectos legais. Por fim, os presidentes discutem as questões financeiras do negócio. Esse é um exemplo de protocolo em várias camadas no sentido utilizado pelas redes de computadores? Justifique.

## Exercício (7)

- Um sistema tem uma hierarquia de protocolos com  $n$  camadas. As aplicações geram mensagens com  $M$  bytes de comprimento. Em cada uma das camadas, é acrescentado um cabeçalho com  $h$  bytes. Qual é a fração dos dados enviados que corresponde ao tamanho dos cabeçalhos?



# Exercício (8)

- Determine qual das camadas do modelo TCP/IP trata de cada uma das tarefas a seguir:
  - a) Dividir o fluxo de bits transmitidos em quadros.
  - b) Definir a rota que será utilizada na sub-rede.

# Exercício (9)

- Cite dois aspectos em que os modelos de referência OSI e TCP/IP são similares e dois em que eles são diferentes

# Exercício (10)

- Diferencie os protocolos TCP e UDP

# Exercício (11)

- Explique os termos Latência, Largura de Banda e Taxa de Dados