

# Parte 1

## Fundamentos de Redes de Computadores

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# O que é uma rede de computadores?

**Uma rede de computadores é um conjunto de computadores autônomos interconectados por uma única tecnologia.**

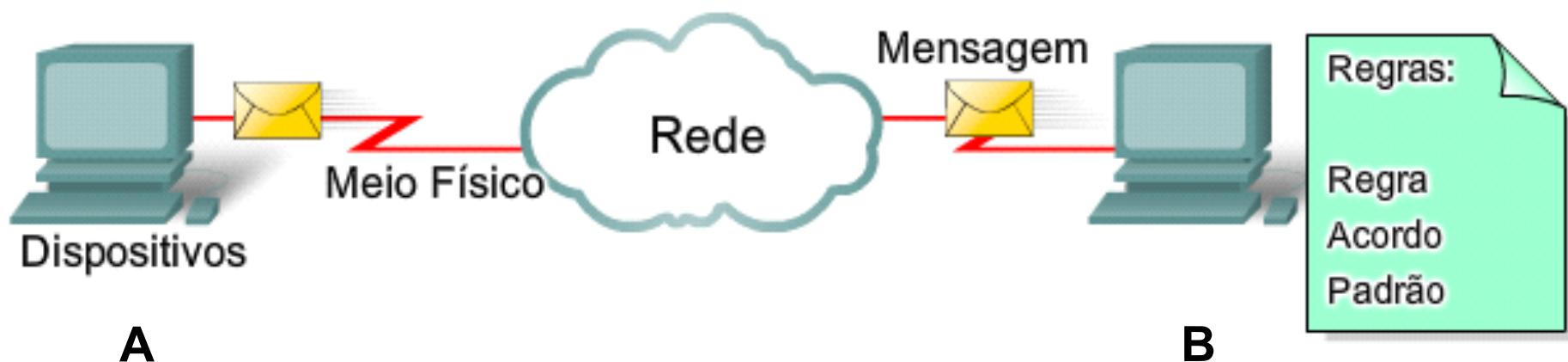
- A Internet é uma rede de computadores?
  - Não. A Internet não é uma única rede, mas uma rede de redes.
- A World Wide Web é uma rede de computadores?
  - Não. A Web é um sistema distribuído que funciona na Internet.

**Em um sistema distribuído, um conjunto de computadores independentes parece ser, para seus usuários, um único sistema coerente.**

- Na Web, tudo tem a aparência de um documento (uma página Web);
- Em uma rede de computadores, essa coerência está ausente, os usuários ficam expostos às máquinas reais.

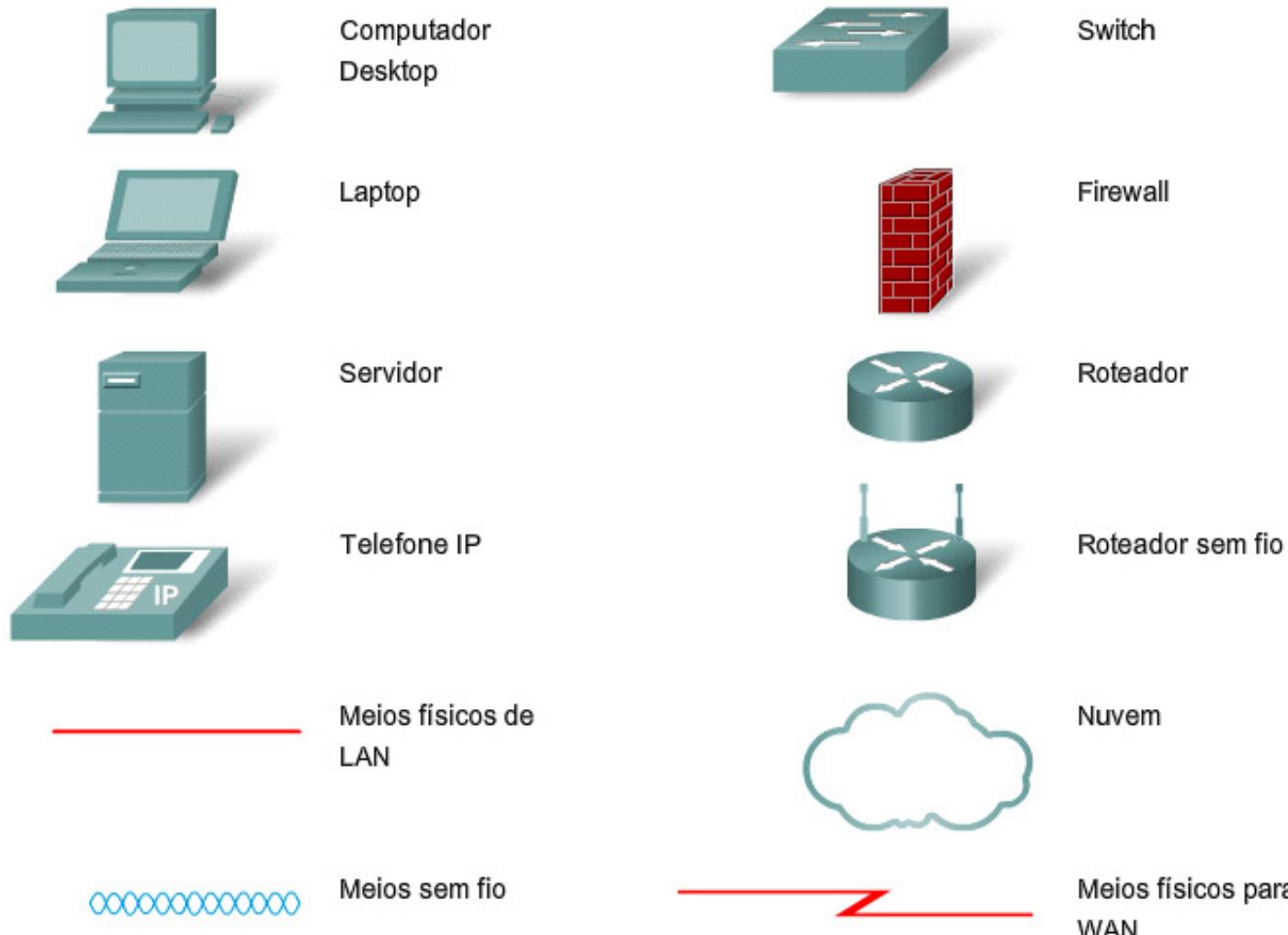
# Elementos de uma rede

- Todas as redes possuem quatro elementos básicos em comum:
  - **Regras** ou acordos para determinar como as mensagens são enviadas, direcionadas, recebidas e interpretadas;
  - As **mensagens** ou unidades de informação que navegam de um dispositivo para outro;
  - Um **meio** de interligar esses dispositivos - um meio que possa transportar as mensagens de um dispositivo para outro;
  - **Dispositivos** na rede que trocam mensagens entre si.
- A padronização dos vários elementos da rede possibilita que equipamentos e dispositivos criados por diferentes empresas trabalhem em conjunto.



# Elementos de uma rede

Símbolos de Redes de Dados Comuns

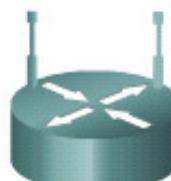


# Elementos de uma rede

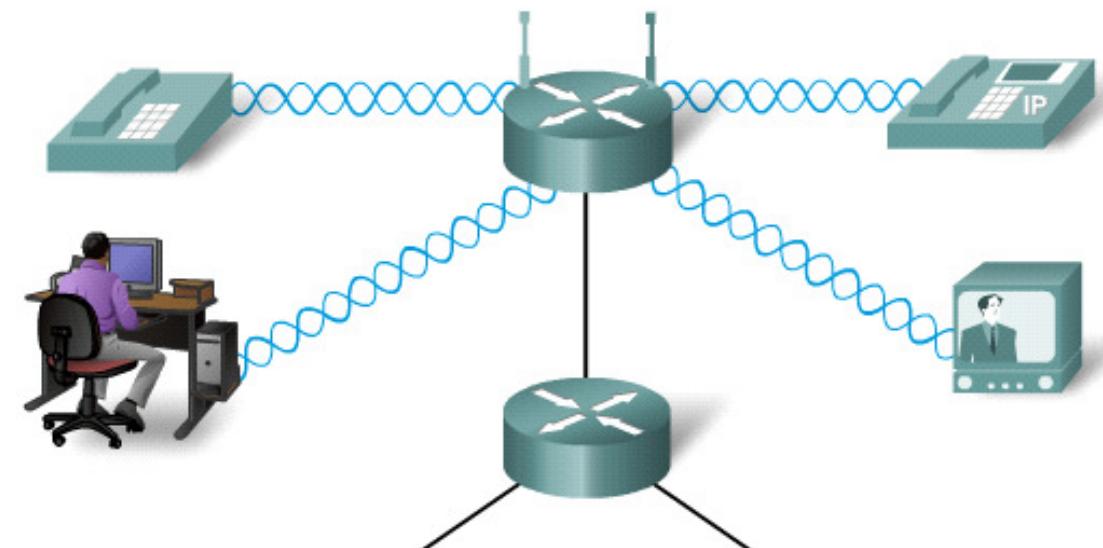
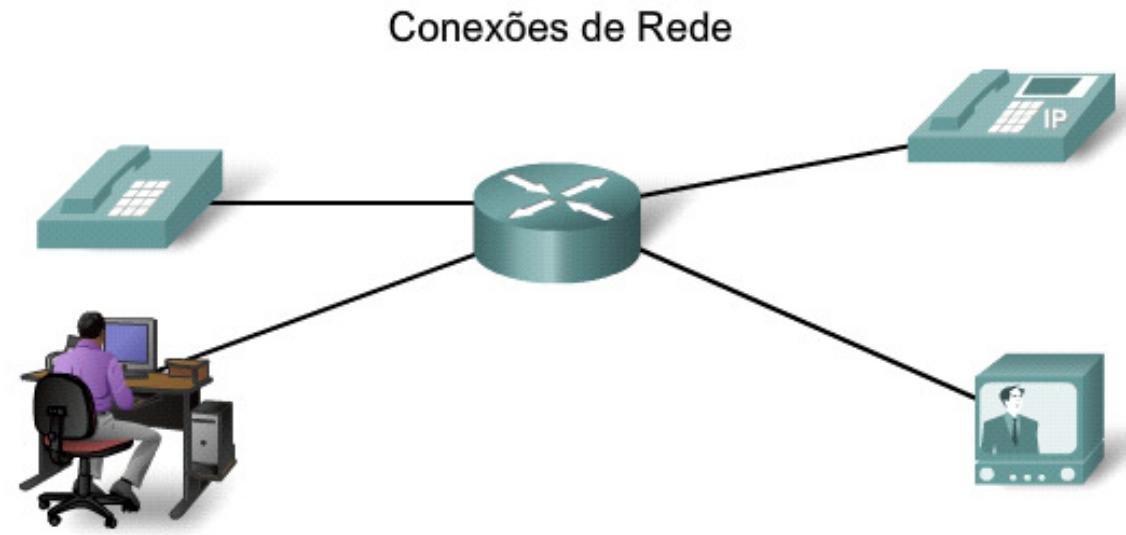
Com fio: redes usam cabos físicos para conectar dispositivos.



Sem fio: redes usam ondas de rádio para comunicar entre os dispositivos.



Redes sem fio também são conectadas a redes com fio, em algum ponto.



# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# Serviços e Protocolos

- World Wide Web (WWW)
  - HTTP (Hypertext Transport Protocol)
- E-mail
  - SMTP (Simple Mail Transport Protocol)
  - POP (Post Office Protocol)
- Telefonia IP (VoIP)
  - SIP (Session Initiation Protocol)

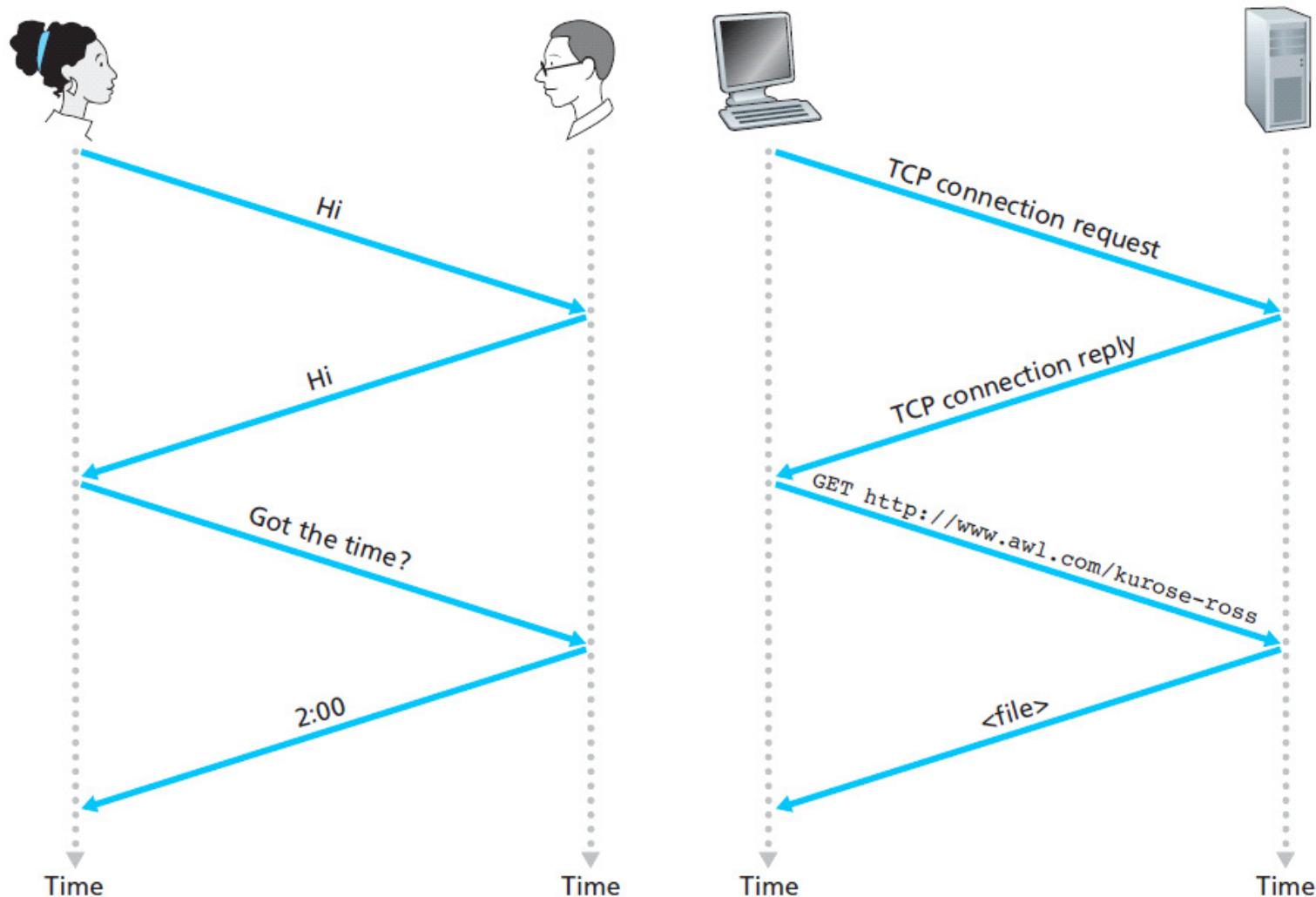
# O que é um protocolo?

**Protocolos são as regras que os dispositivos de rede usam para se comunicarem.**

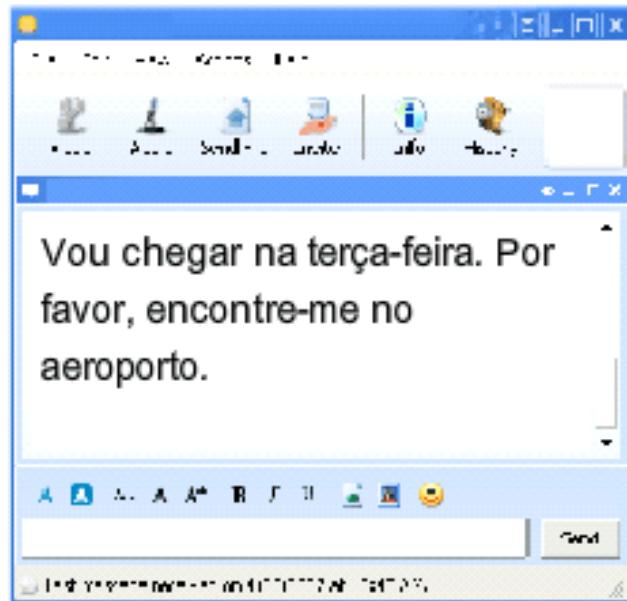
**Um protocolo define o formato e a ordem das mensagens trocadas entre duas ou mais entidades comunicantes, bem como as ações realizadas na transmissão e/ou no recebimento de uma mensagem ou outro evento.**

**Dominar a área de redes de computadores equivale a entender o que são, por que existem e como funcionam os protocolos de rede.**

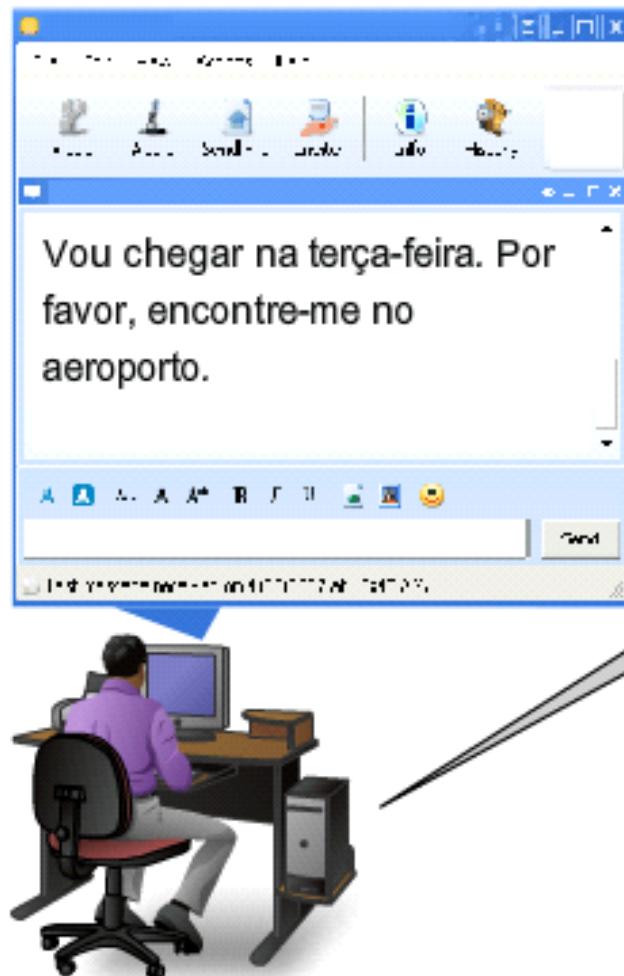
# Protocolos



# Enviando uma mensagem instantânea



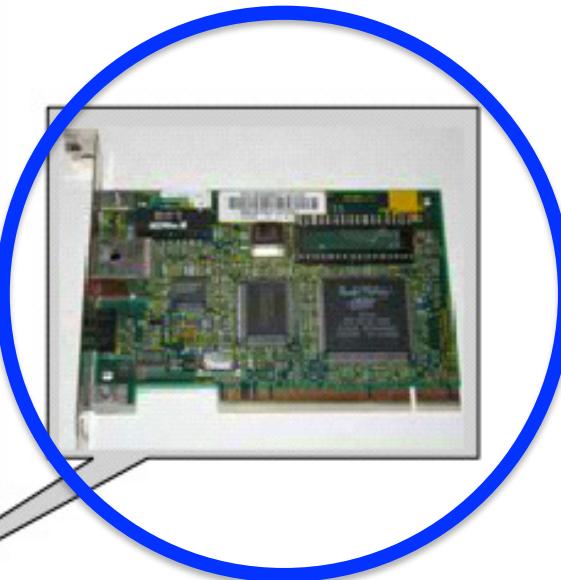
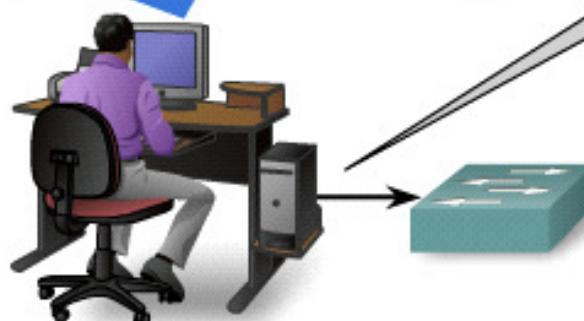
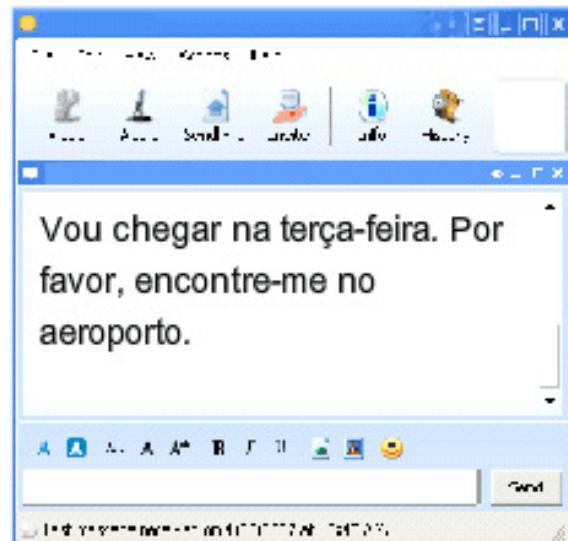
# Enviando uma mensagem instantânea



0 1 1 1 0 1 0 1  
0 0 0 0 0 1 1 1  
0 1 0 1 0 1 0 0  
1 0 0 1 0 1 0 1

Mensagens Instantâneas são convertidas em bits binários antes de serem transmitidas nos meios físicos.

# Enviando uma mensagem instantânea



A placa de rede interna dentro do PC gera sinais elétricos para representar os bits e os insere nos meios físicos. Os bits chegam ao primeiro dispositivo de rede.

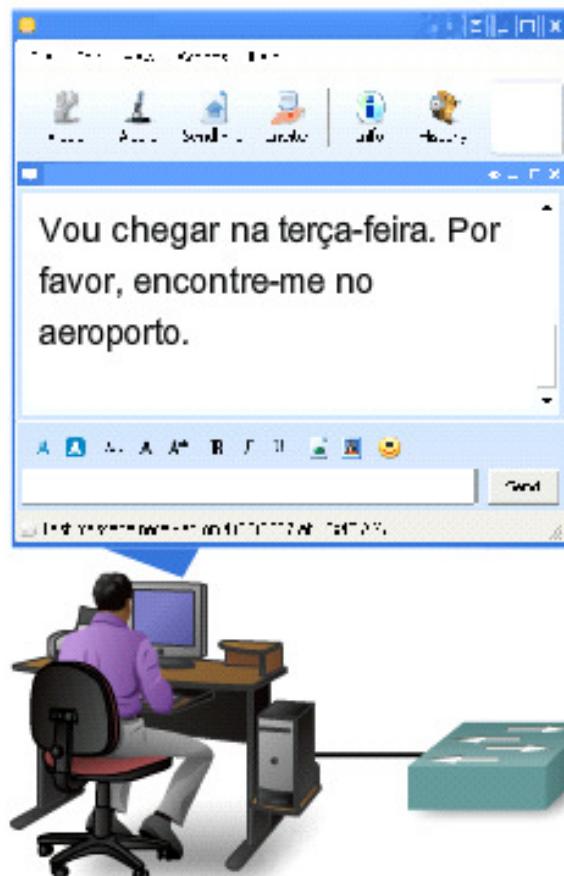
# Enviando uma mensagem instantânea



Um roteador exerce uma função-chave porque reúne as redes e garante que a comunicação seja direcionada para seu destino.

Os bits são passados de dispositivo para dispositivo na área local. Conforme os bits deixam a área local, eles geralmente passam por um roteador.

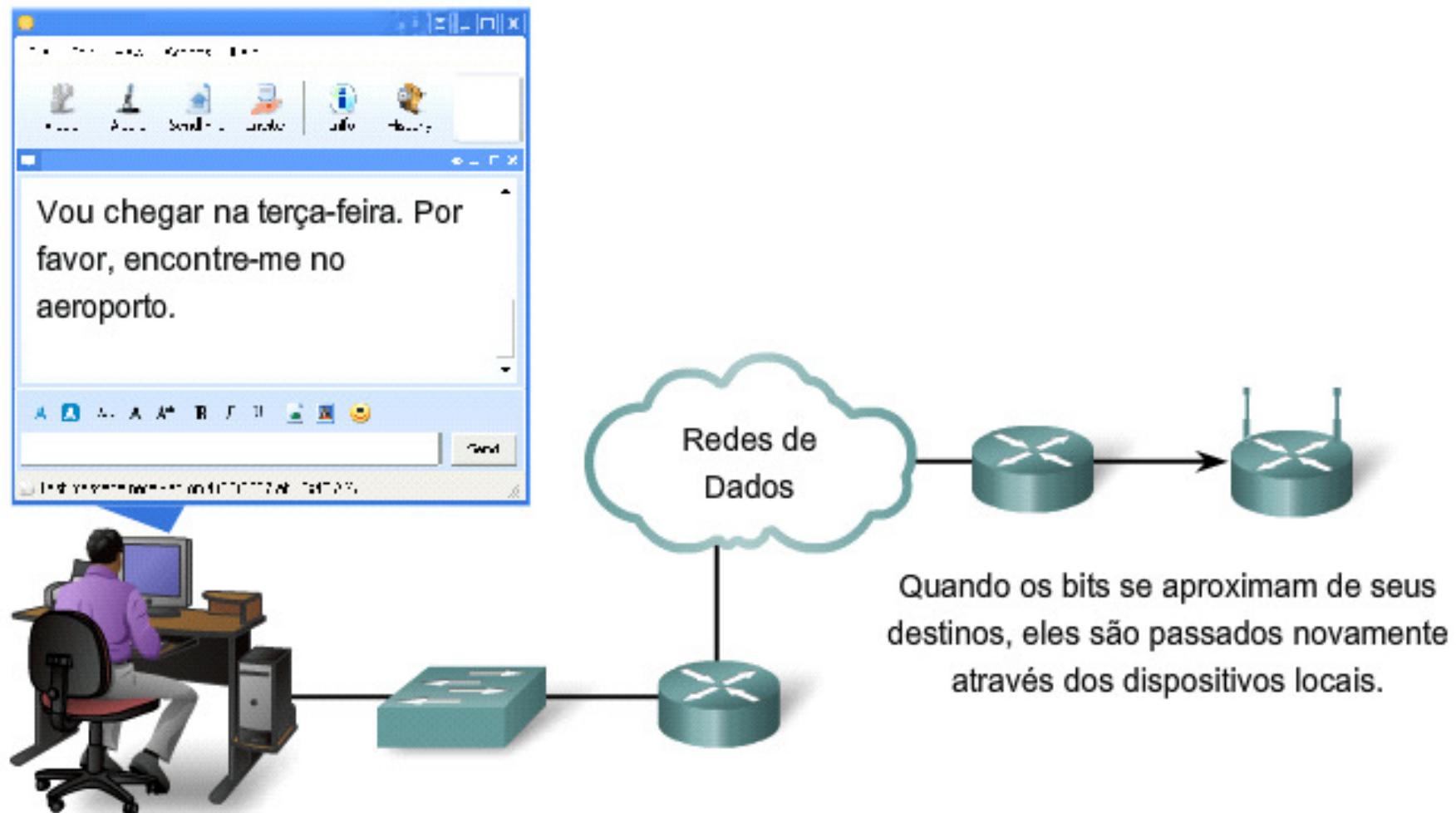
# Enviando uma mensagem instantânea



Desta perspectiva, os diversos dispositivos interconectados através do mundo geralmente são representados por uma nuvem.

Os bits são transmitidos para os dispositivos que conectam as redes locais. Pode haver dúzias, ou mesmo centenas de dispositivos gerenciando os bits que estão sendo roteados para seus destinos.

# Enviando uma mensagem instantânea



# Enviando uma mensagem instantânea



# Vídeo

## *Warriors of the Net*

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

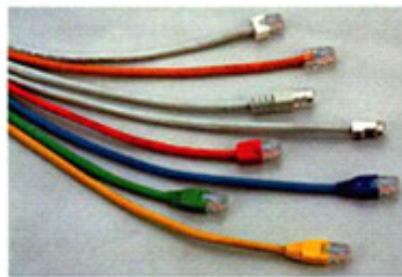
- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# Meios Físicos

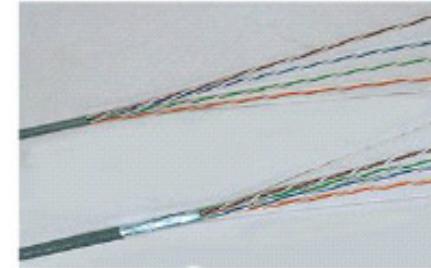
- A comunicação através de uma rede é transmitida em um meio físico (mídia);
- O meio físico fornece o **canal** sobre o qual a mensagem viaja da origem ao destino;
- Redes modernas usam basicamente três tipos de meio físico :
  - ① **Cabos de fios metálicos**: os dados são codificados em **pulsos elétricos** que correspondem a padrões específicos;
  - ② **Fibras de vidro ou plástico (cabo de fibra óptica)**: Transmissões com **pulsos de luz**, dentro de cadeias de luz infravermelha ou visível;
  - ③ **Transmissão sem fio (wireless)**: padrões de **ondas eletromagnéticas** representam os vários valores de bit.

# Meios Físicos

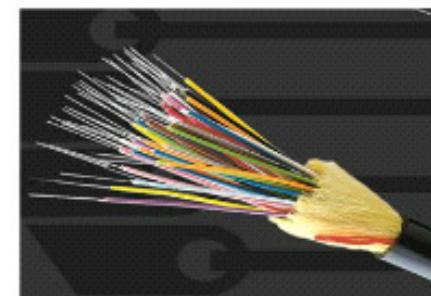
## Meios físicos de Rede



Cobre



Fibra Ótica



Sem Fio



# Meios Físicos

- Os critérios para a escolha de um meio físico de rede são:
  - A **distância** que o meio físico consegue transmitir um sinal com êxito;
  - O **ambiente** no qual o meio físico deve ser instalado;
  - A **quantidade de dados** e a **velocidade** na qual deve ser transmitido;
  - O **custo** do meio físico e da instalação.
- Exemplos de meios físicos:
  - **Par de fios de cobre trançado:** acesso discado e DSL;
  - **Cabo coaxial:** acesso híbrido fibra-coaxial e via cabo;
  - **Fibras óticas:** acesso híbrido fibra-coaxial e FTTH (Fiber-To-The-Home);
  - **Canais de rádio terrestres:** acesso WiFi, WiMAX e celular;
  - **Canais de rádio por satélite:** acesso via satélite;

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# Tipos de Redes

- As redes podem ser classificadas de diferentes maneiras; um possível critério de classificação é a **escala** da rede;
- Classificação quanto à escala:
  - Redes pessoais (**PANs**): 1m;
  - Redes locais (**LANs**): 10m (sala), 100m (edifício) ou 1km (campus);
  - Redes metropolitanas (**MANs**): 10km (cidade);
  - Redes de longa distância (**WANs**): 1.000km (continente);
  - Redes interconectadas (**Internet**): 10.000km (planeta).

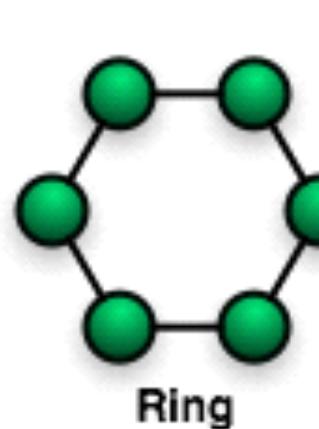
# Redes Pessoais - PANs



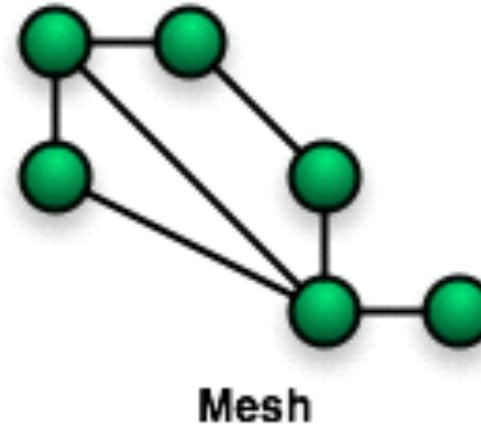
# Redes Locais - LANs

- As redes LANs são amplamente usadas para conectar computadores pessoais e estações de trabalho em escritórios e instalações industriais de empresas;
- Permitem o compartilhamento de recursos e a troca de informações;
- 03 características que distiguem as LANs de outros tipos de redes:
  - **Tamanho**
    - O tamanho restrito permite conhecer com antecedência o pior tempo de transmissão possível, facilitando o projeto e gerenciamento da rede.
  - **Tecnologia de transmissão**
    - Quase sempre consiste em um cabo, ao qual todas as máquinas estão conectadas;
    - LANs tradicionais funcionam em velocidades de 10 Mbps a 100 Mbps, enquanto as modernas operam em até 10 Gbps;
    - Possuem baixo retardo (atraso) e cometem pouquíssimos erros.
  - **Topologia**
    - Barramento, anel, estrela, malha, árvore.

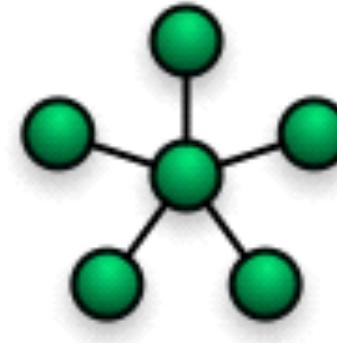
# Topologias de LANs



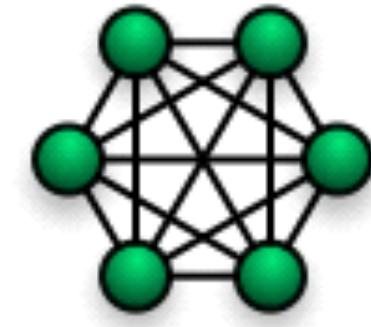
Ring



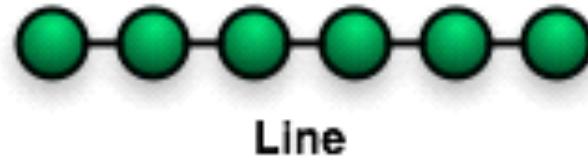
Mesh



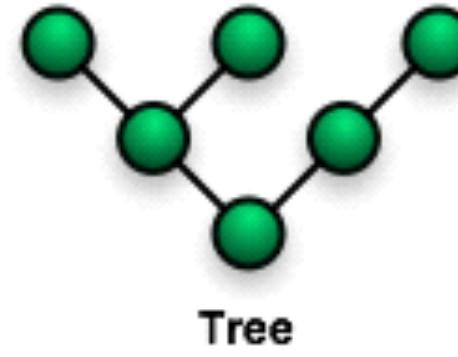
Star



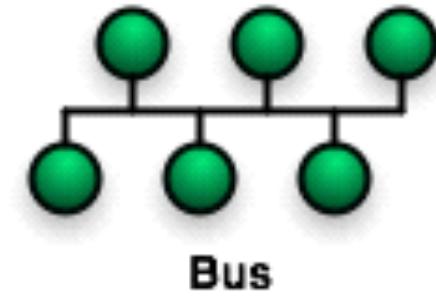
Fully Connected



Line



Tree



Bus

# Topologias de LANs

## ● Barramento

- Todos os computadores são ligados em um mesmo barramento físico de dados (cabo linear coaxial);
- Em qualquer instante no máximo uma máquina desempenha a função de mestre e pode realizar uma transmissão;
- Nesse momento, as outras máquinas serão impedidas de enviar qualquer tipo de mensagem;
- Um mecanismo de arbitragem é necessário para resolver conflitos em caso de transmissão simultânea (colisão).

# Topologias de LANs

## • Anel

- Os dispositivos são conectados em série, formando um circuito fechado;
- Os dados são transmitidos unidirecionalmente de nó em nó até atingir o seu destino;
- Uma mensagem enviada por uma estação passa por outras estações, através das retransmissões, até ser retirada pela estação destino ou pela estação fonte;
- Há uma queda na confiabilidade e um aumento do retardo na rede para um grande número de estações.

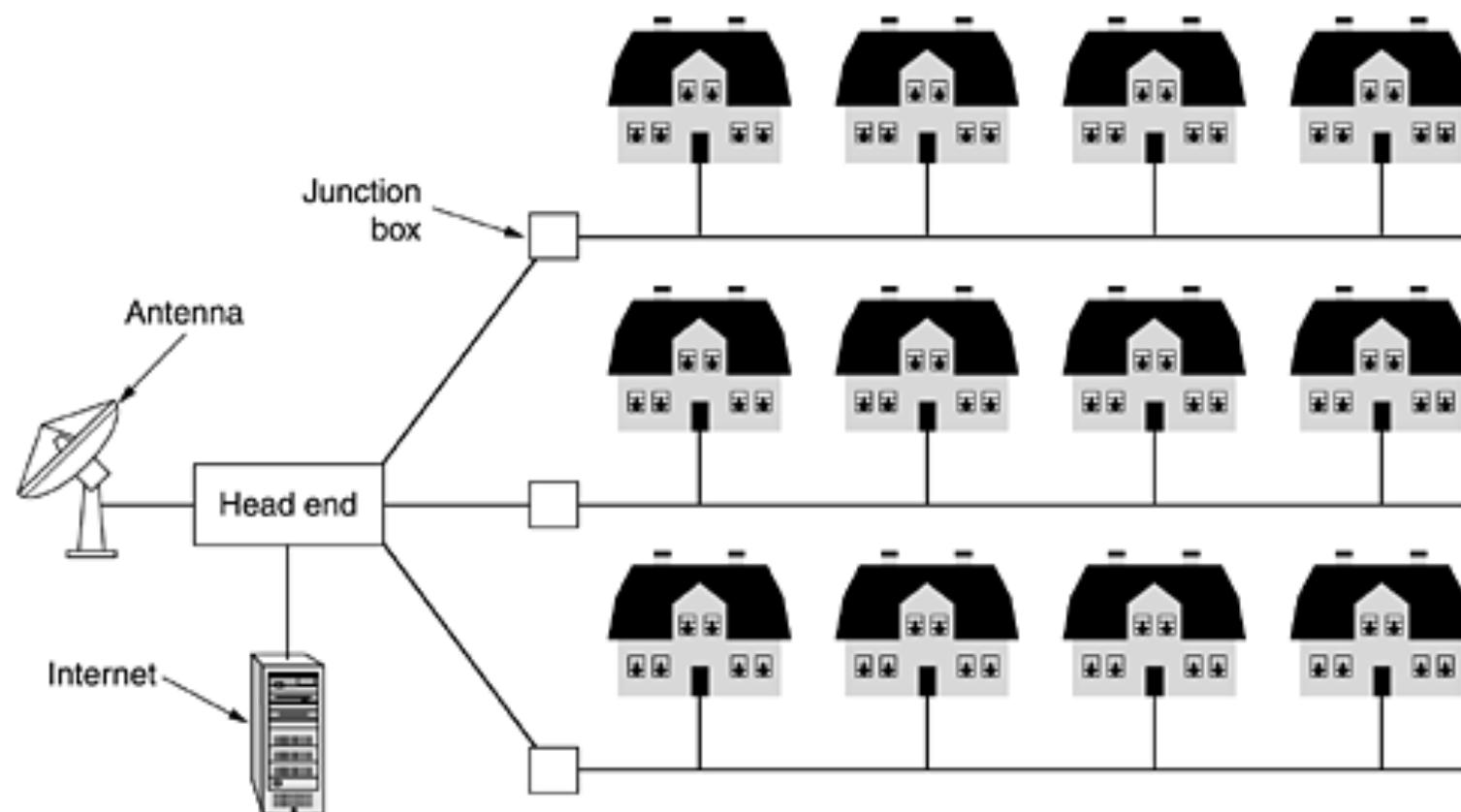
# Topologias de LANs

## • Estrela

- A mais comum atualmente, a topologia em estrela utiliza cabos de par trançado e um concentrador como ponto central da rede;
- O concentrador se encarrega de retransmitir todos os dados para todas as estações;
- Torna mais fácil a localização dos problemas.

# Redes Metropolitanas - MANs

- O exemplo mais conhecido é a rede de televisão a cabo; operadoras perceberam que podiam oferecer serviços de Internet com algumas mudanças no sistema;
- Outro exemplo de MAN é o sistema WiMAX (IEEE 802.16), que oferece acesso sem fio à Internet de alta velocidade.

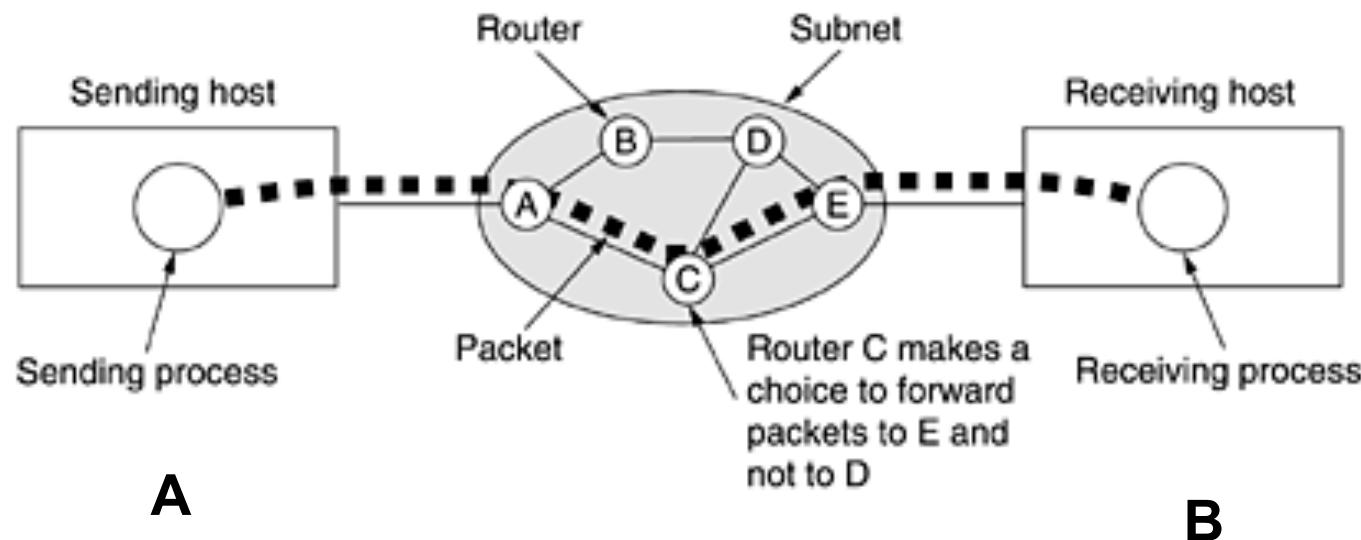


# Redes de Longa Distância - WANs

- São também conhecidas como **Redes Geograficamente Distribuídas**;
- Em redes WAN, os hosts se comunicam através de **sub-redes** de comunicação, a qual é operada por uma empresa de telefonia ou uma ISP;
- Quando um pacote é enviado por meio de um ou mais roteadores intermediários, o pacote é armazenado em cada roteador intermediário, esperando uma linha de saída solicitada ser liberada, para então ser encaminhado.

# Redes de Longa Distância - WANs

- Esse tipo de sub-rede é chamada de **store-and-forward** (de armazenamento e encaminhamento) ou de **comutação por pacotes**;
- Em cada roteador é executado um software chamado **algoritmo de roteamento**, que toma a decisão para onde o pacote deve ser encaminhado.



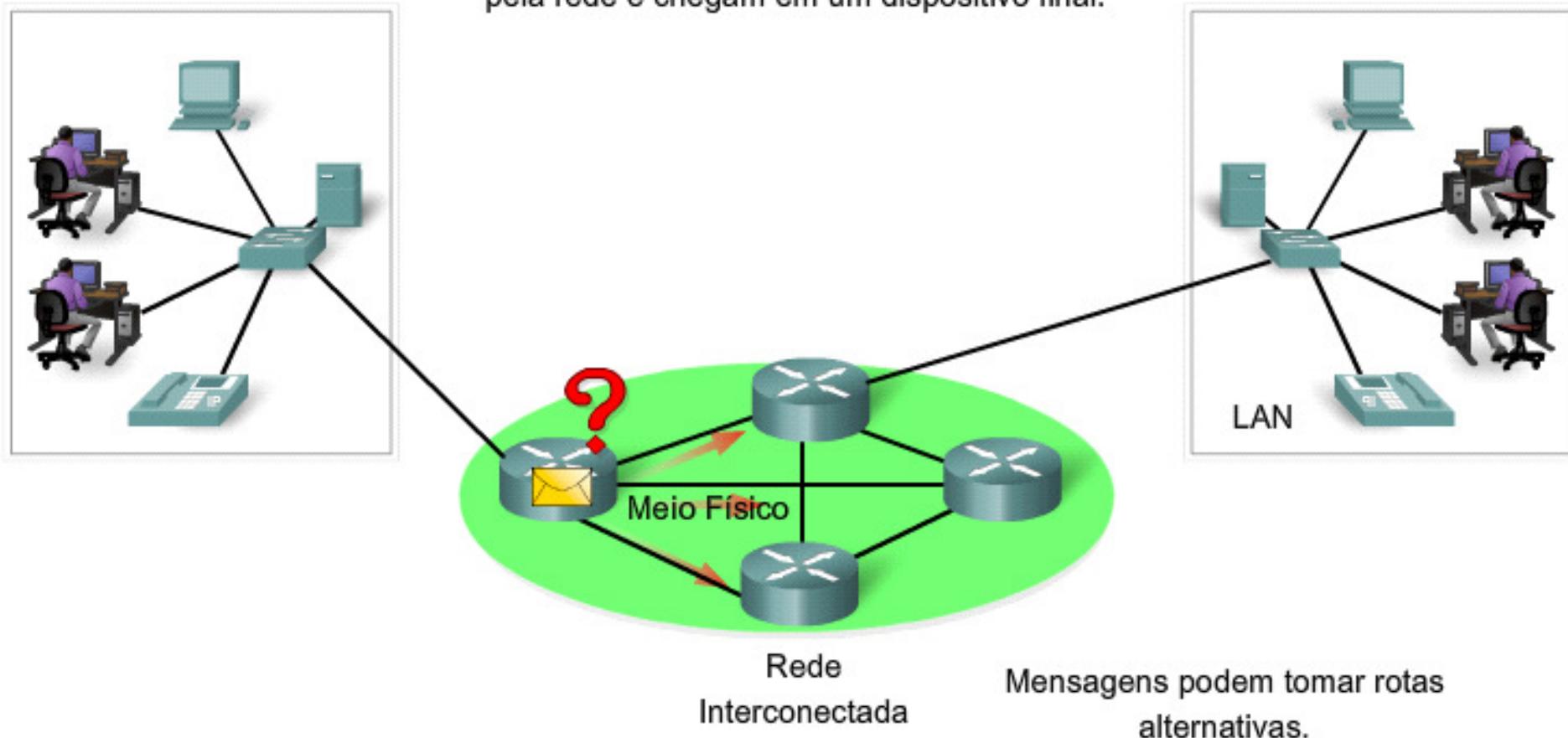
# Redes interconectadas: Internet

- Existem muitas redes no mundo, com frequência apresentando diferentes tipos de hardware e software;
- É preciso que se estabeleçam conexões entre redes quase sempre incompatíveis, geralmente por meio de máquinas chamadas **gateways**;
- Um conjunto de redes interconectadas é chamado **inter-rede**;
- O exemplo mais conhecido de rede interconectada é a **Internet**;
- A Internet é criada por uma interconexão de redes pertencentes a diferentes ISPs.

## AS - Autonomous Systems

# Redes interconectadas: Internet

Os dados se originam com um dispositivo final, fluem pela rede e chegam em um dispositivo final.



# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# O que é a Internet?

A Internet é um conjunto de redes de computadores que interconecta milhões de dispositivos computacionais ao redor do mundo.

- Atualmente, cada vez mais equipamentos modernos, tais como TVs, laptops, videogames, celulares, webcams, automóveis, etc, estão sendo conectados à Internet; esses equipamentos são chamados **sistemas finais ou hospedeiros (hosts)**;
- Hosts são conectados entre si por **enlaces (links) de comunicação e comutadores de pacotes**;
- Há muitos tipos de enlaces de comunicação, que são constituídos de diferentes tipos de meios físicos, tais como cabos coaxiais, fibras ópticas, ondas de rádio, etc;

# O que é a Internet?

- Quando um host possui dados para enviar a outro host, o host emissor segmenta esses dados e adiciona bytes de cabeçalhos a cada segmento; os pacotes são enviados através da rede ao host de destino, onde são reagregados aos dados originais;
- Os principais comutadores de pacotes usados na Internet são: **roteadores** e comutadores de camada de enlace (**switches**);
- Os switches são tipicamente utilizados em redes de acesso (periferia da rede), enquanto os roteadores são usados principalmente no núcleo da rede;
- A sequência de enlaces de comunicação e comutadores de pacotes que um pacote percorre desde o host remetente até o host receptor é conhecida como **rota ou caminho** através da rede.

Comutador de pacotes

Switch (Camada de Enlace - L2)

Roteador (Camada de rede - L3)

# O que é a Internet?

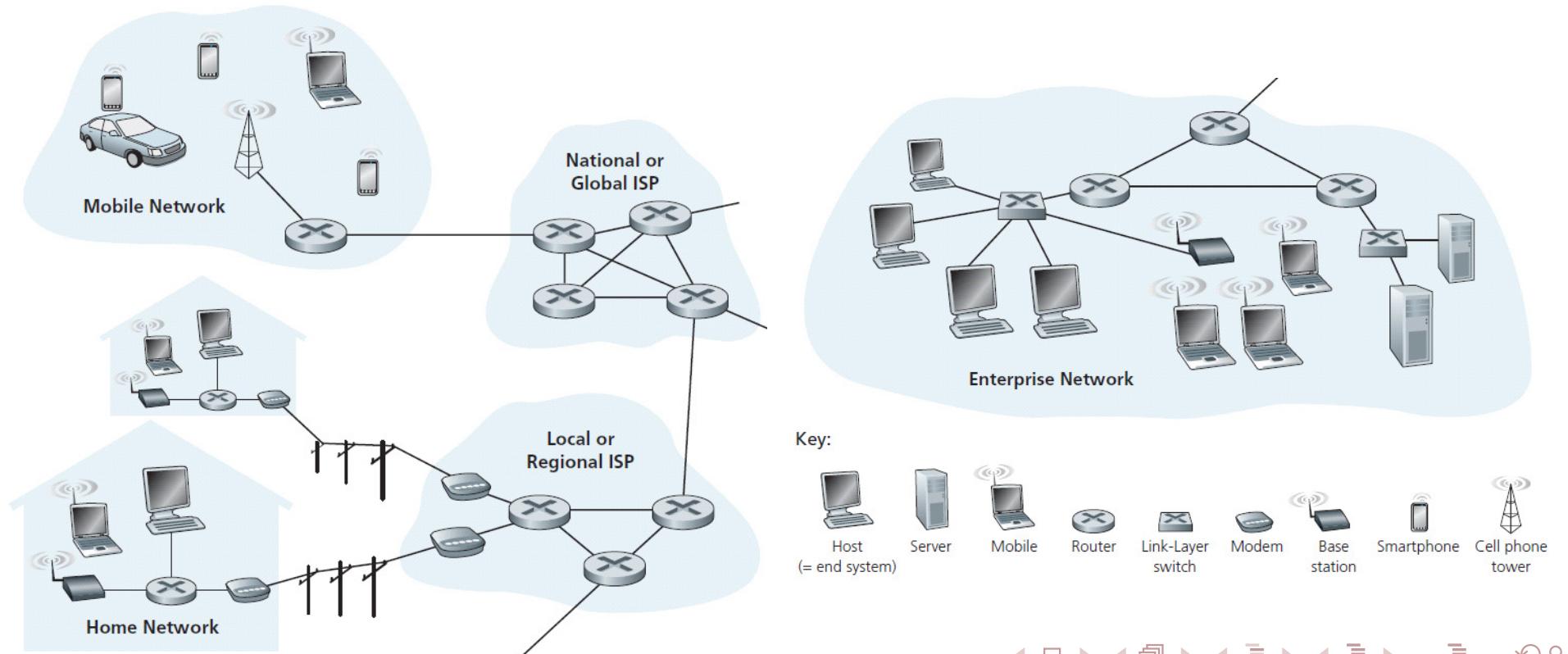
- As redes comutadas por pacotes (que transportam pacotes) são semelhantes às redes de transporte de rodovias, estradas e cruzamentos (que transportam veículos);

**Analogia com uma fábrica que precise transportar uma quantidade de carga muito grande a algum depósito localizado a milhares de quilômetros**

- Pacotes  $\rightleftharpoons$  Caminhões;
- Enlaces de comunicação  $\rightleftharpoons$  Rodovias e estradas;
- Comutadores de pacotes  $\rightleftharpoons$  Cruzamentos;
- Sistemas finais (hosts)  $\rightleftharpoons$  Prédios.

# O que é a Internet?

- Hosts acessam a Internet por meio de ISPs (Internet Service Providers)
  - Exemplos de ISPs: residenciais como empresas de TV a cabo ou empresas de telefonia; corporativos; universidades; ISPs que fornecem acesso sem fio em locais públicos;
  - ISP é uma rede de comutadores de pacotes e enlaces de comunicação.



# O que é a Internet?

A Internet é uma infraestrutura que provê serviços a aplicações distribuídas.

- Exemplos de aplicações: correio eletrônico, navegação na Web, mensagem instantânea, Voz sobre IP (VoIP), Internet via rádio, vídeo em tempo real, jogos distribuídos, compartilhamento de arquivos peer-to-peer (P2P), televisão pela Internet, login remoto, etc;
- As aplicações da Internet são executadas nos hosts, e não em comutadores de pacotes no núcleo da rede;

# O que é a Internet?

## Como transformar uma grande ideia em uma aplicação real da Internet?

- Como as aplicações rodam nos hosts, você precisará criar componentes de software (usando Java, C, ou Python) que sejam executados nos hosts;
- Os componentes de software executados em diferentes hosts precisarão enviar dados uns aos outros;
- Os hosts provêem uma Application Programming Interface (API), a qual é um conjunto de regras que o software emissor deve cumprir para que a Internet seja capaz de enviar os dados ao componente de destino.

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# Redes de Acesso

Redes de acesso são formadas por enlaces físicos que conectam um host ao primeiro roteador (também conhecido como “roteador de borda”), partindo de um host até outro qualquer.

- Muitas redes de acesso empregam, em níveis que variam, parcelas da tradicional infraestrutura telefônica com fio;
- Exemplos de redes de acesso:
  - ➊ Dial-up (discado);
  - ➋ DSL (Digital Subscriber Line);
  - ➌ Cabo;
  - ➍ FTTH (Fiber-To-The-Home);
  - ➎ Ethernet;
  - ➏ WiFi;
  - ➐ Redes celulares;
  - ➑ WiMAX.

# Redes de Acesso

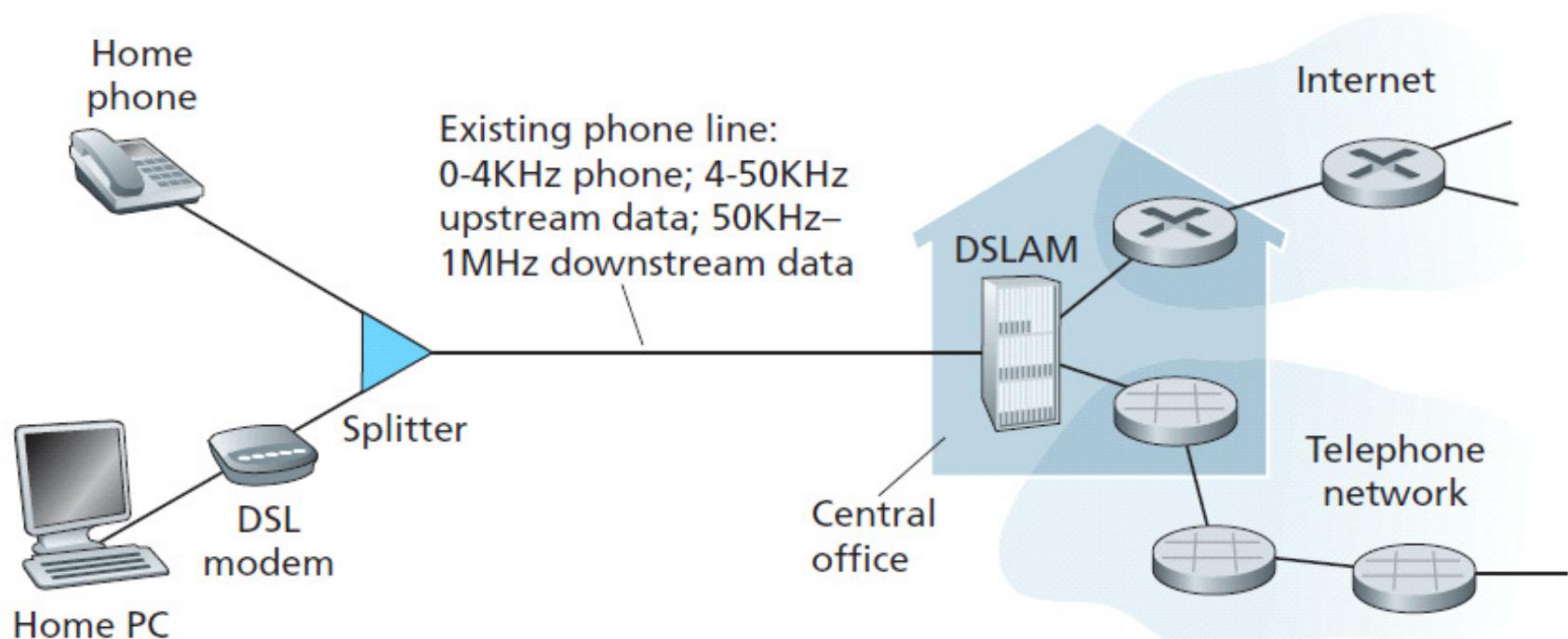
## ● Dial-up (discado)

- Acesso à Internet por meio de linhas telefônicas analógicas utilizando um **modem discado**;
- O software do usuário disca um número de telefone do ISP e realiza uma **ligação telefônica** tradicional com o ISP;

# Redes de Acesso

## • DSL - Digital Subscriber Line

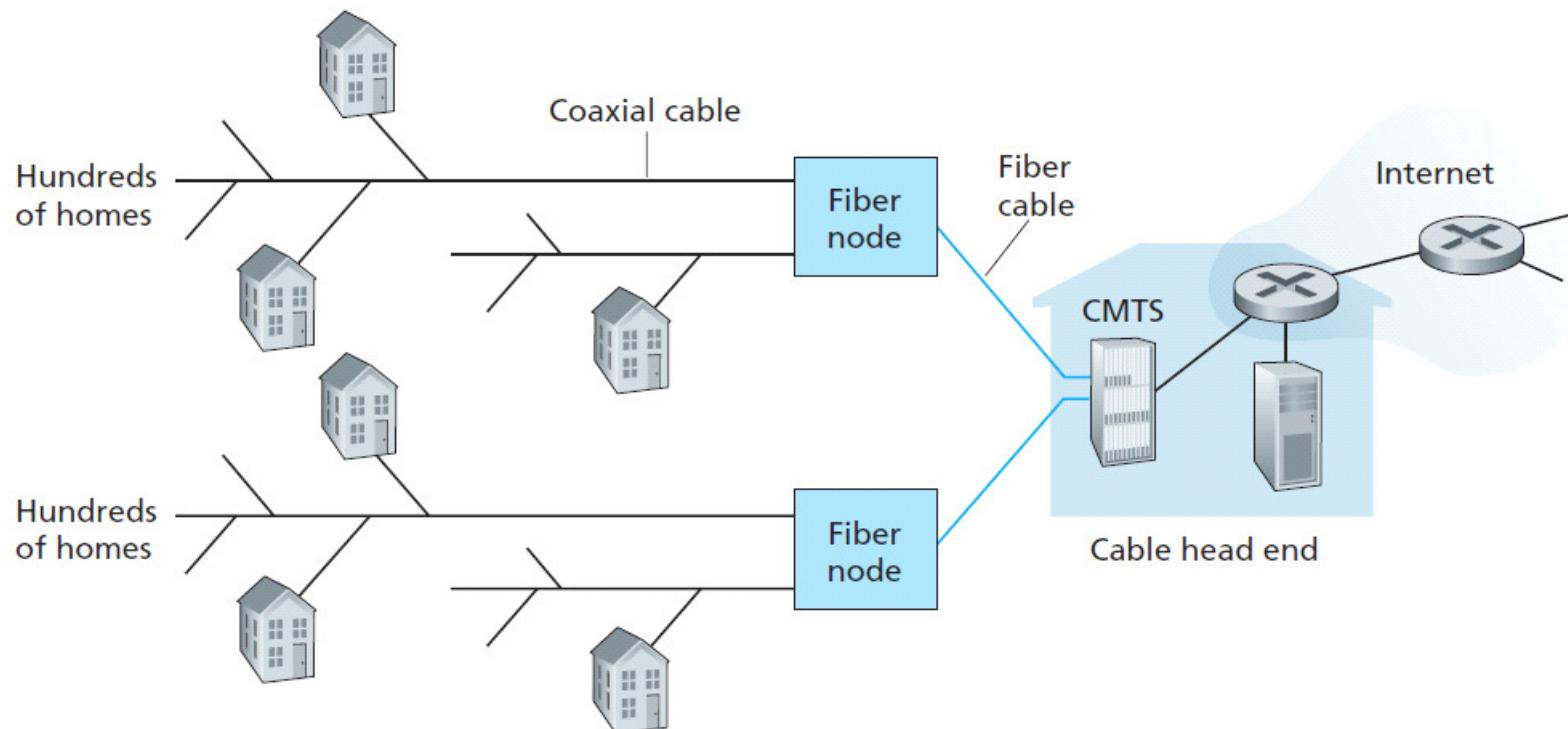
- Normalmente uma residência obtém acesso DSL à Internet da mesma empresa (operadora/ISP) que fornece acesso telefônico local com fio;
- Principais vantagens do DSL sobre o acesso discado:
  - **Taxas** de transmissão e recepção muito mais **elevadas**; a taxa real disponível **depende da distância** entre a casa e a central telefônica;
  - Usuários podem **falar** ao telefone e acessar à Internet **simultaneamente**.



# Redes de Acesso

## • Cabo

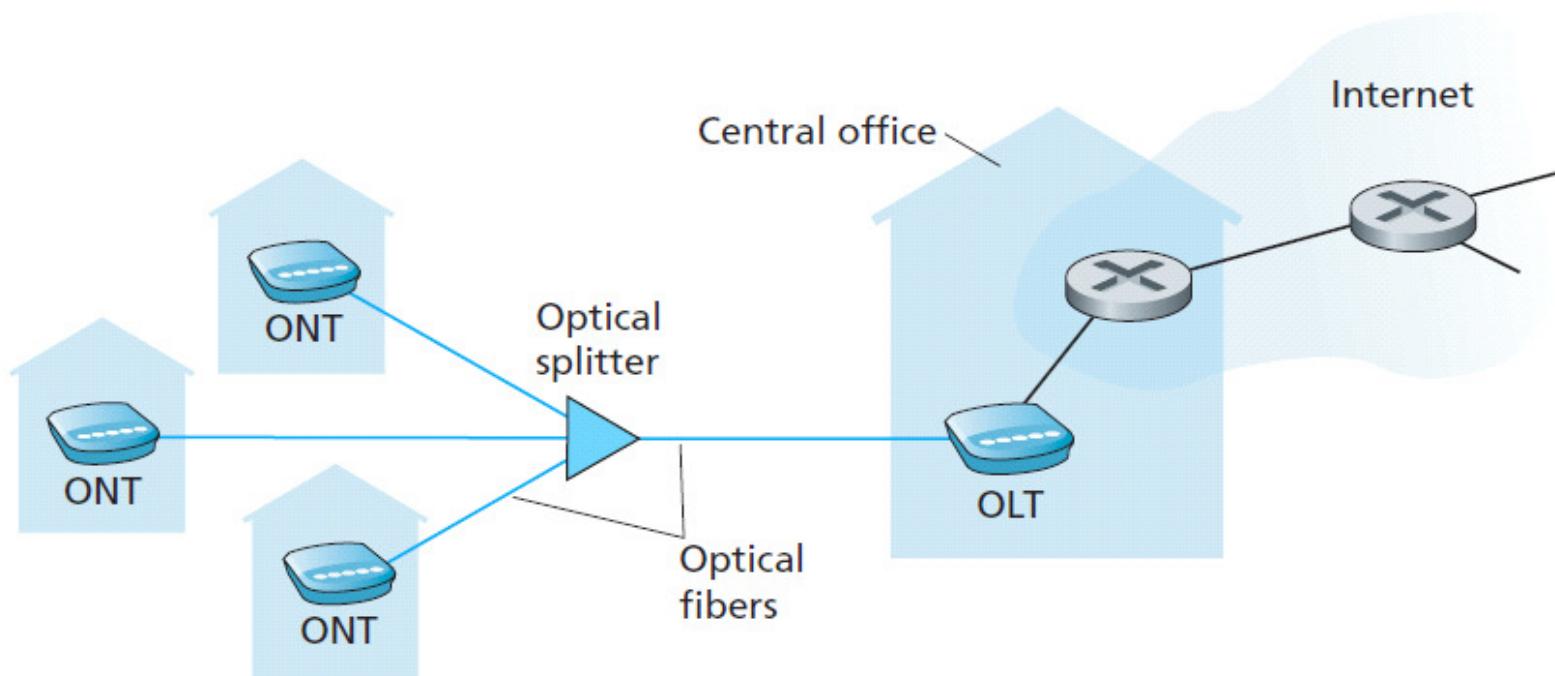
- Utiliza-se da infraestrutura de **televisão a cabo** existente da empresa de TV a cabo;
- **Rede híbrida fibra-coaxial**;
- Necessita de modems especiais (**modems a cabo**);
- **Meio de transmissão é compartilhado**.



# Redes de Acesso

- **FTTH (Fiber-To-The-Home)**

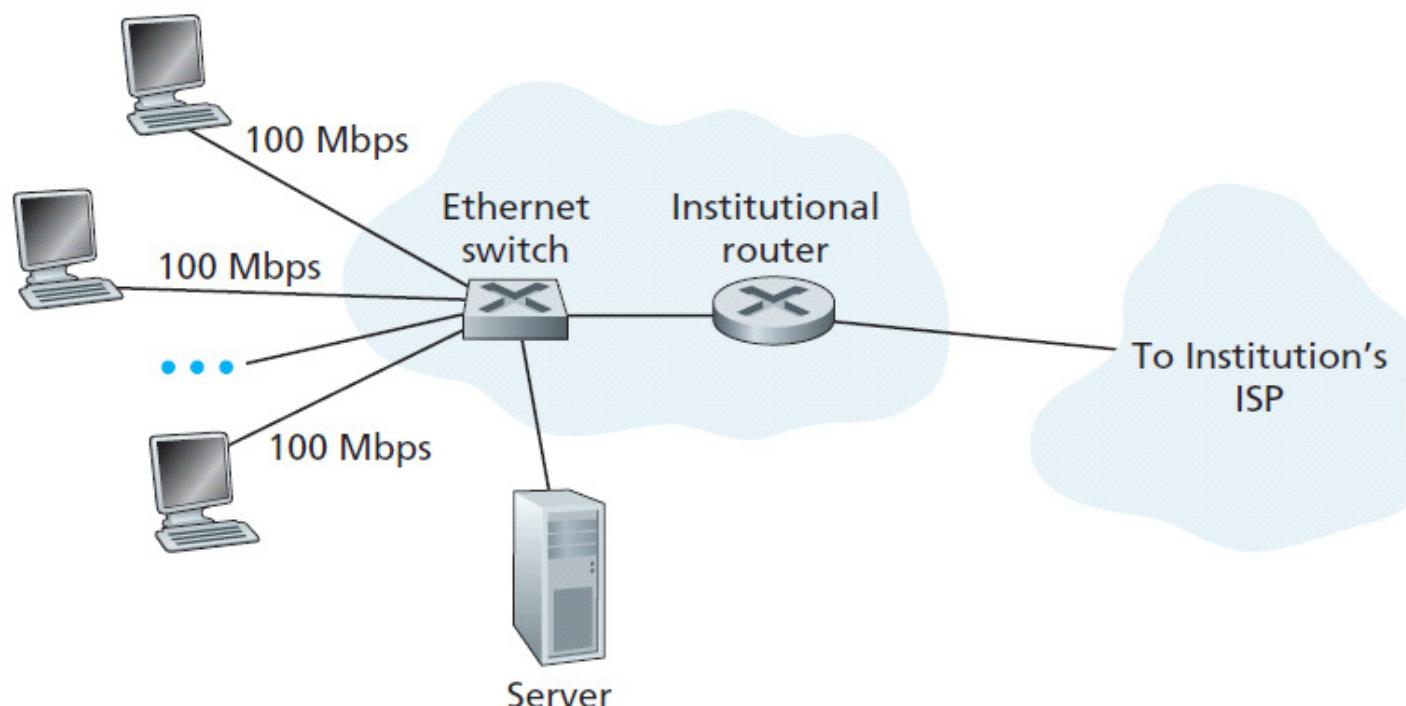
- A fibra ótica pode oferecer **taxas de transmissão significativamente mais altas**;
- Algumas operadoras locais oferecem acesso à Internet de alta velocidade, bem como serviços telefônicos e televisivos através de fibras óticas;
- **Fibra direta x fibra compartilhada.**



# Redes de Acesso

## • Ethernet

- Tipo de tecnologia para redes LANs;
- Tecnologia de acesso mais predominante nas **redes universitárias e corporativas**;
- Os usuários da Ethernet utilizam par de fios de cobre trançado (**par trançado**) para se comunicarem a um switch Ethernet.



# Redes de Acesso Sem Fio

## ● WiFi (Wireless LAN)

- Os usuários transmitem/recebem pacotes para/de um **ponto de acesso** (AP) que, por sua vez, é conectado à Internet com fio;
- O usuário de WiFi deve estar no espaço de alguns metros do AP;
- Pode ser associado a modems a cabo ou DSL para prover acesso residencial banda larga;
- **Padrão IEEE 802.11.**

## ● Rede celular

- Para acesso em áreas amplas, os usuários de Internet móvel utilizam a infraestrutura da **telefonia celular**;
- Acesso a **estações-base** que estão a até 10 km de distância;
- Padrões **1G, 2G, 3G, 4G, 5G**.

## ● WiMAX (Wireless MAN)

- Primo distante da tecnologia WiFi 802.11;
- **Padrão IEEE 802.16.**

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# Comutação de Circuitos

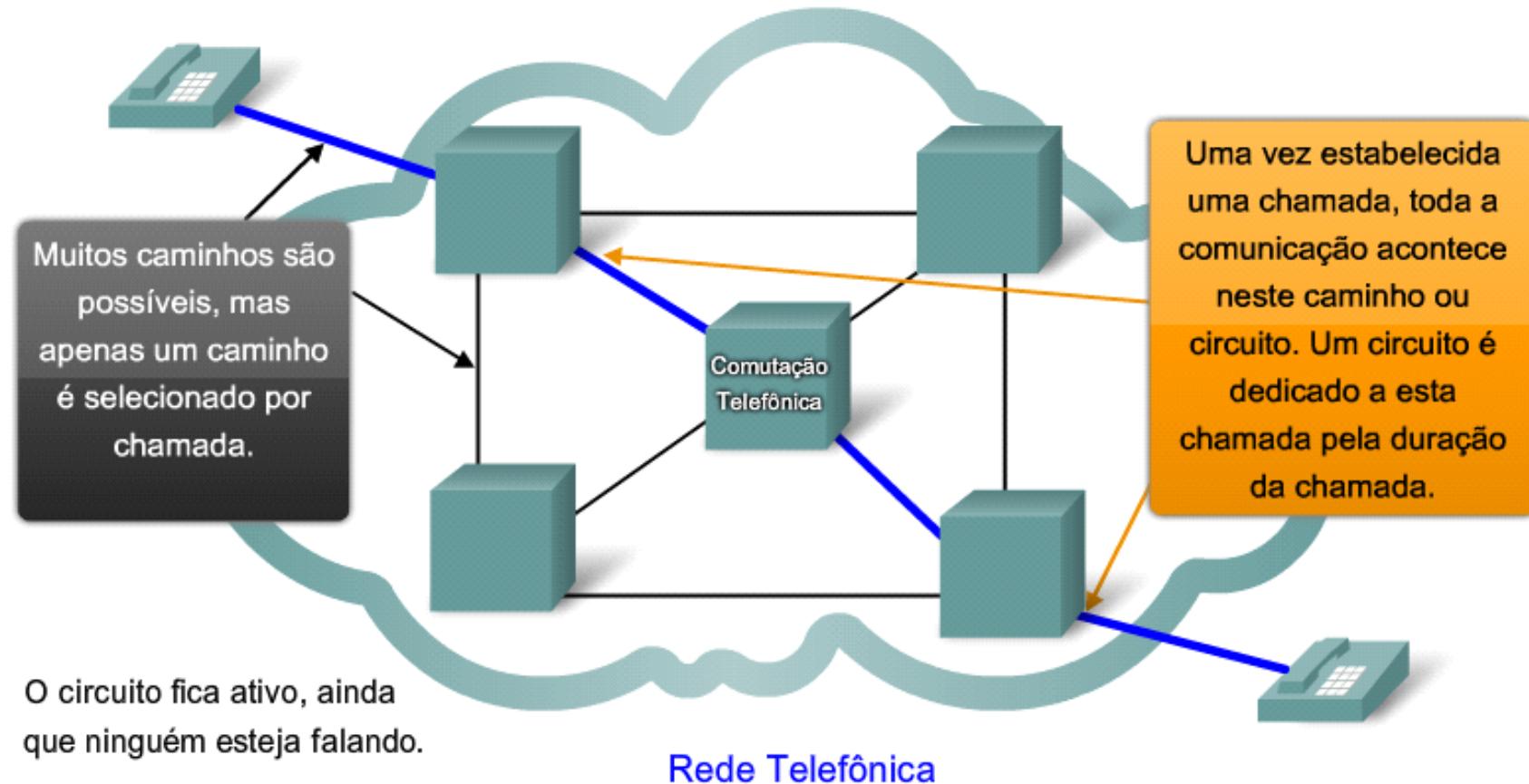
- Os **recursos** necessários ao longo de um caminho (buffers, taxas de transmissão de enlaces, etc) para prover comunicação entre os host são **reservados** pelo período da sessão de comunicação;
- As redes de telefonia são exemplos de redes de comutação de circuitos;
- Reserva-se largura de banda para a conexão remetente-destinatário; o remetente pode transferir dados ao destinatário a uma **taxa constante garantida**;
- No jargão da telefonia, esta conexão é chamada **círculo**;
- Alocação prévia da utilização do enlace de transmissão **independentemente da demanda**.

■

## Comutação de circuitos x Comutação de pacotes

# Comutação de Circuitos

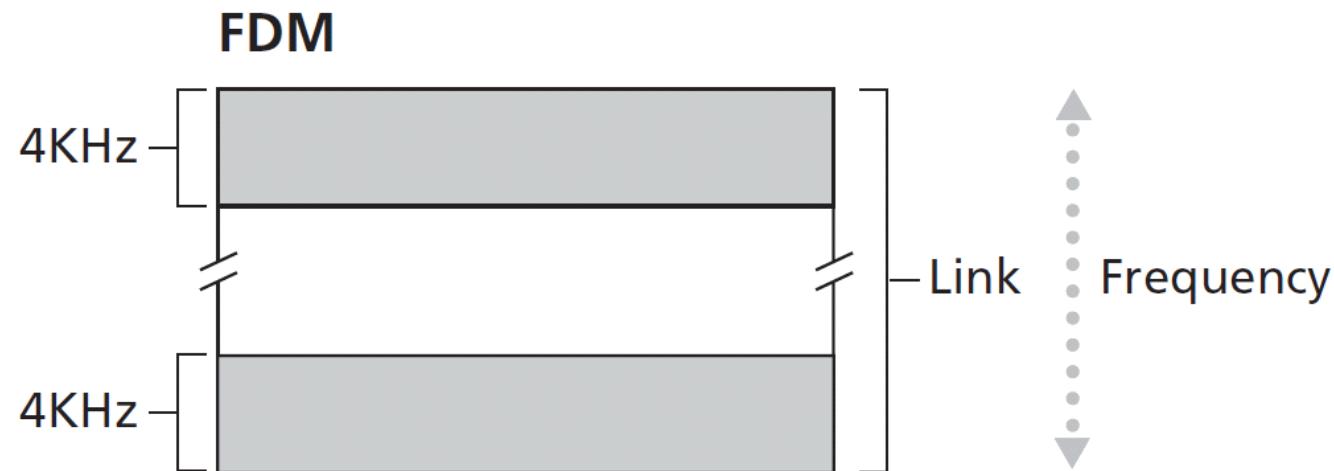
Circuitos Alternados em uma Rede Telefônica



Existem muitos, muitos circuitos, mas um número finito. Durante períodos de pico, algumas chamadas podem ser negadas.

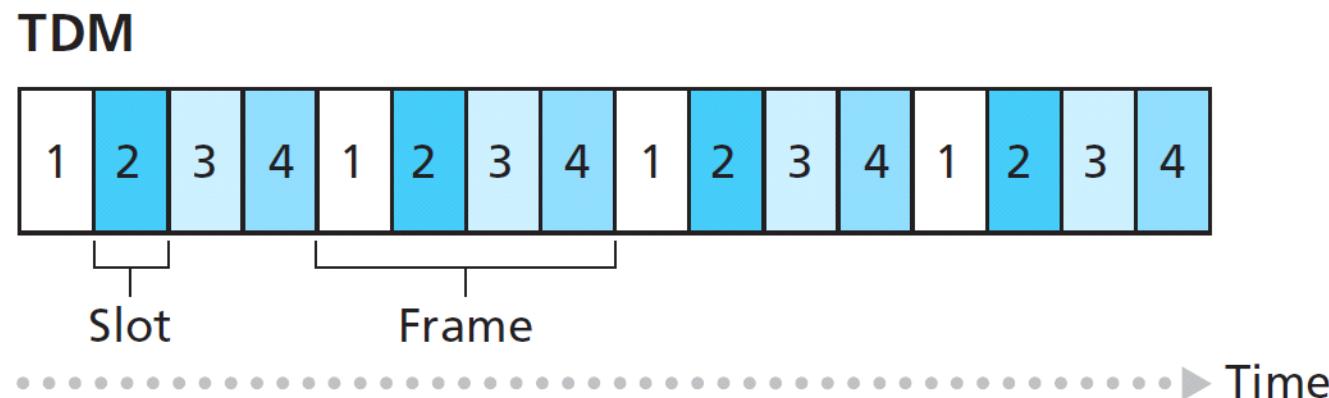
# Multiplexação em Redes de Comutação de Circuitos

- Um circuito é implementado em um enlace por **multiplexação por divisão de frequência** (Frequency Division Multiplexing - FDM) ou por **multiplexação por divisão de tempo** (Time Division Multiplexing - TDM);
- Com FDM, cada circuito dispõe continuamente de uma **fração da largura de banda**;



# Multiplexação em Redes de Comutação de Circuitos

- Com TDM, cada circuito dispõe de **toda a largura de banda periodicamente**, durante breves intervalos de tempo (isto é, durante compartimentos de tempo - slots).



Key:



All slots labeled "2" are dedicated to a specific sender-receiver pair.

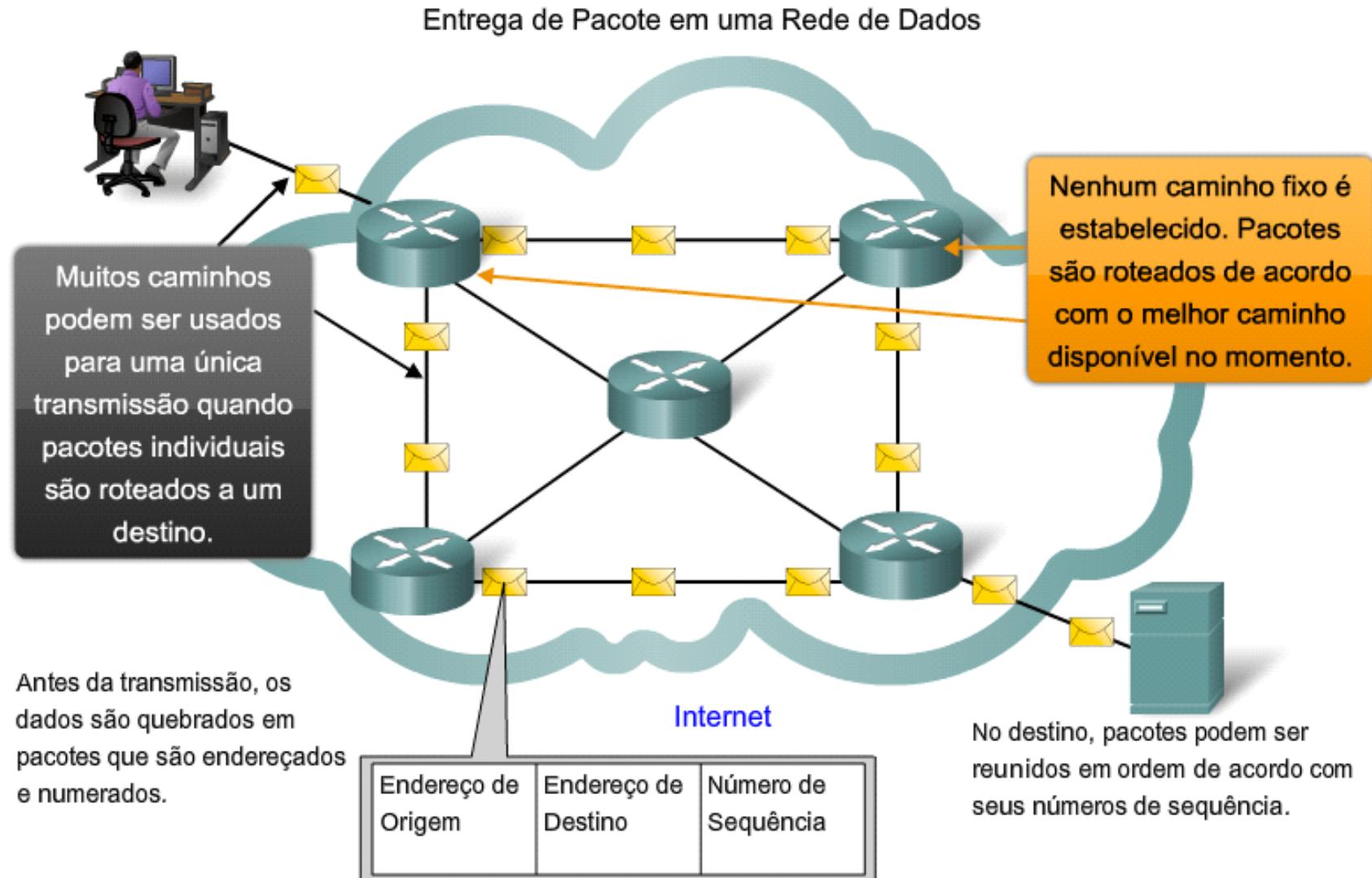
# Comutação de Pacotes

- O host origem fragmenta mensagens longas em porções de dados menores denominadas pacotes;
- Os recursos necessários para prover a comunicação não são reservados previamente: **alocação de recursos por demanda - multiplexação estatística de recursos**;
- O maior exemplo de uma rede de comutação de pacotes é a **Internet**;
- Pacotes são transmitidos por uma série de enlaces de comunicação; se um dos enlaces estiver **congestionado**, então nosso pacote terá de esperar em um buffer e sofrerá um **atraso**;
- A Internet faz o **melhor esforço** para entregar os dados prontamente, mas não dá nenhuma garantia.

# Comutação de Pacotes

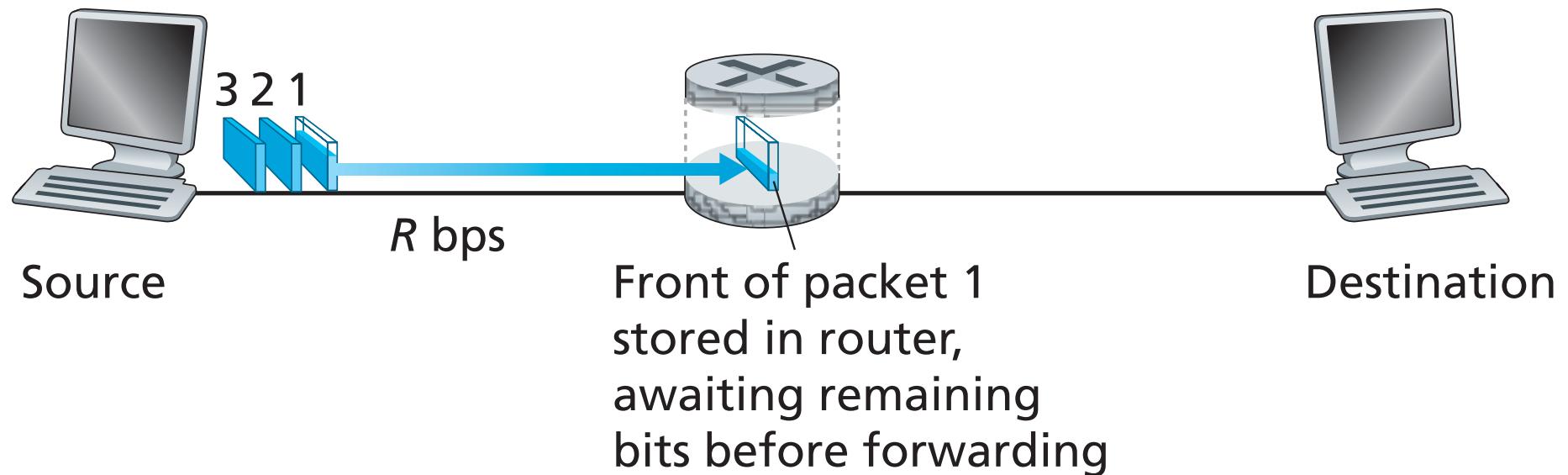
- **Técnica de armazena-e-reenvia** (store-and-forward), onde o comutador deve receber o pacote inteiro antes de poder começar a transmitir o primeiro bit do pacote para o enlace de saída;
- **Atraso de armazenagem e reenvio** na entrada de cada enlace ao longo da rota do pacote;
- Para cada enlace conectado ao comutador de pacotes, existe um **buffer de saída** (também denominado fila de saída), que armazena pacotes prestes a serem enviados pelo roteador para aquele enlace;
- **Atrasos de fila** no buffer de saída;
- **Perda de pacote** devido a buffer de saída lotado.

# Comutação de Pacotes

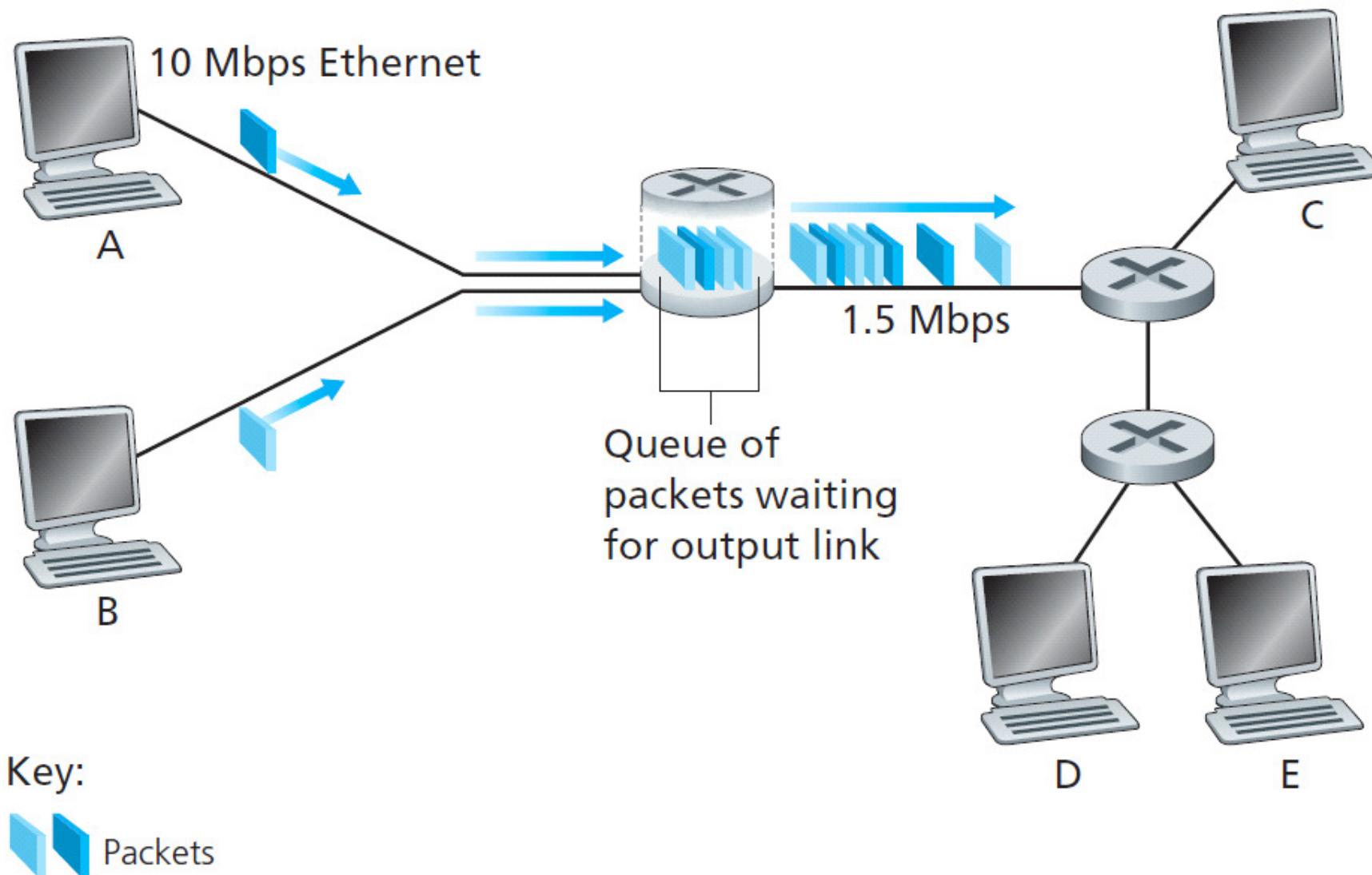


Durante períodos de pico, a comunicação pode ser atrasada, mas não negada.

# Comutação de Pacotes



# Comutação de Pacotes



# Comutação de Circuitos x Comutação de Pacotes

- Argumentos a favor da comutação de circuitos:
  - Em sua versão básica, a comutação de pacotes não é adequada para **serviços de tempo real** (por exemplo, telefonia e videoconferência) por causa de seus atrasos fim a fim variáveis e imprevisíveis;
- Argumentos a favor da comutação de pacotes:
  - A comutação de circuitos desperdiça recursos, porque os circuitos dedicados ficam ociosos durante períodos de silêncio; a comutação de pacotes oferece **melhor compartilhamento de banda**;
  - Estabelecer circuitos fim a fim e reservar larguras de banda fim a fim é complicado e exige softwares complexos de sinalização; a implementação de comutação de pacotes é mais **simples**, mais **eficiente** e mais **barata**.

# Comutação de Circuitos x Comutação de Pacotes

## ● Exemplo 1

- Usuários compartilham um enlace de 1 Mbps;
- Períodos de atividade ( $R = 100 \text{ kbps}$ ) e inatividade ( $R = 0 \text{ kbps}$ );
- Cada usuário está ativo em 10% do tempo;
- **Comutação de circuitos**
  - 100 kbps devem ser reservados para cada usuário durante todo o tempo;
  - O enlace pode suportar 10 ( $= 1 \text{ Mbps}/100 \text{ kbps}$ ) usuários simultaneamente.
- **Comutação de pacotes**
  - Se houver 35 usuários, a probabilidade de haver 11 ou mais usuários ativos simultaneamente é aproximadamente 0,04%;
  - Quando houver 10 ou menos usuários ativos, pacotes de usuários fluirão pelo enlace essencialmente sem atraso.
- A comutação de pacotes tem uma probabilidade muito alta de apresentar o mesmo desempenho da comutação de circuitos, mas servindo mais de três vezes o número de usuários.

# Comutação de Circuitos x Comutação de Pacotes

## ● Exemplo 2

- Dez usuários compartilham um enlace de 1 Mbps;
- Um usuário repentinamente gera mil pacotes de mil bits; os outros nove permanecem inativos;
- **Comutação de circuitos**
  - TDM de dez slots de tempo por quadro, onde cada quadro consiste de mil bits;
  - O usuário ativo poderá usar somente seu único slot por quadro para transmitir dados, enquanto os outros nove slots continuarão ociosos;
  - Serão necessários 10 s para transmitir todos os dados.
- **Comutação de pacotes**
  - O usuário ativo poderá enviar os dados continuamente à taxa total de 1 Mbps;
  - Tempo total de transmissão de 1 s.
  - Nesse exemplo, a comutação de pacotes permite um tempo de transmissão dez vezes menor.

# Como os pacotes percorrem as redes de comutadores de pacotes?

- Cada pacote que atravessa a rede contém o seu endereço de destino em seu cabeçalho;
- Um roteador conduz um pacote que chega em um de seus enlaces de comunicação para outro enlace;

## Como o roteador determina o enlace que deve conduzir o pacote?

Um protocolo de roteamento pode determinar o caminho mais curto de cada roteador a cada destino e utilizar os resultados desse caminho para configurar as bases de encaminhamento nos roteadores.

# Vídeo

## *Como funciona a Internet - Introdução*

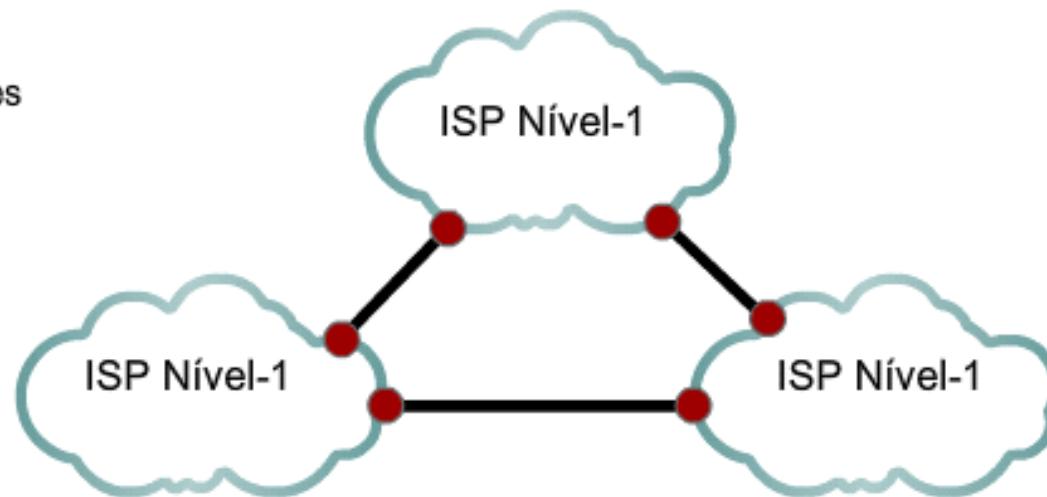
# ISPs e Backbones da Internet

## Estrutura da Internet - Uma rede de "redes"

Ao centro da Internet, os ISPs "Nível-1" fornecem conexões nacionais e internacionais. Esses ISPs são tratados como "parceiros" entre si.

Por exemplo: Verizon,  
Sprint, AT&T, NTT,  
sistemas de cabo e redes  
locais.

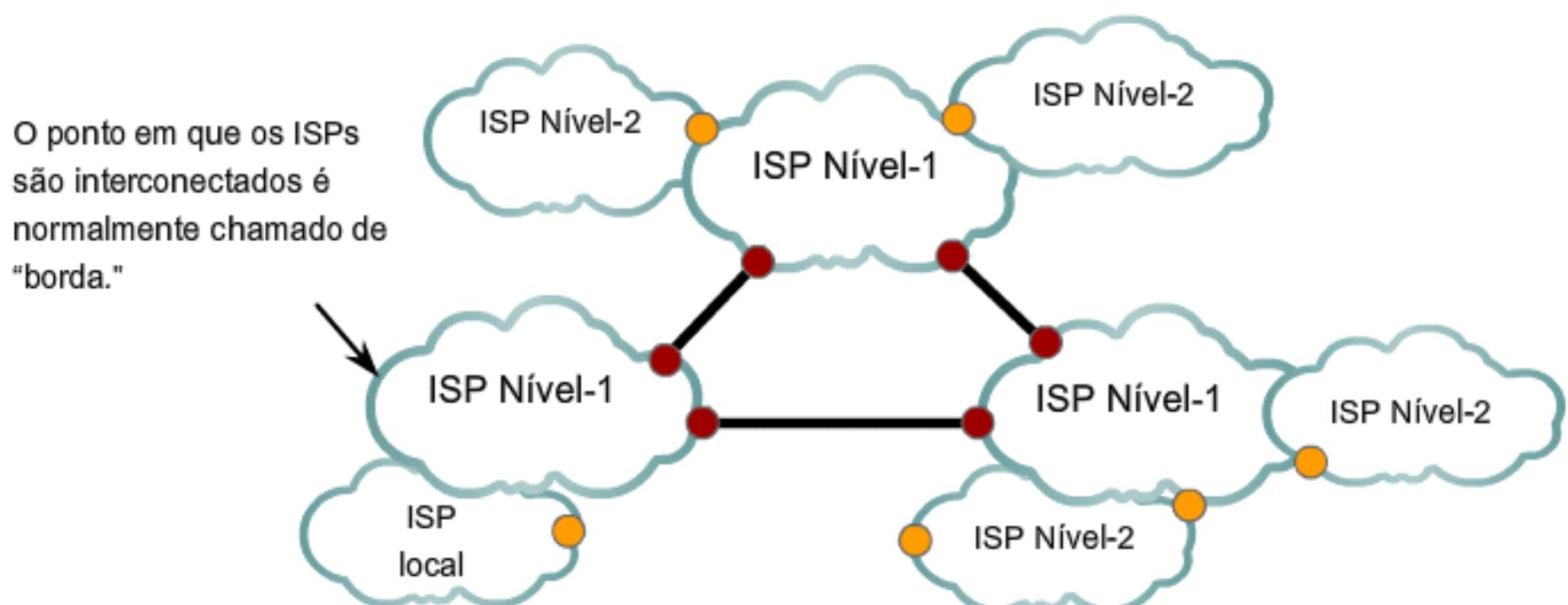
Este é o "backbone" da  
Internet.



# ISPs e Backbones da Internet

## Estrutura da Internet - Uma rede de "redes"

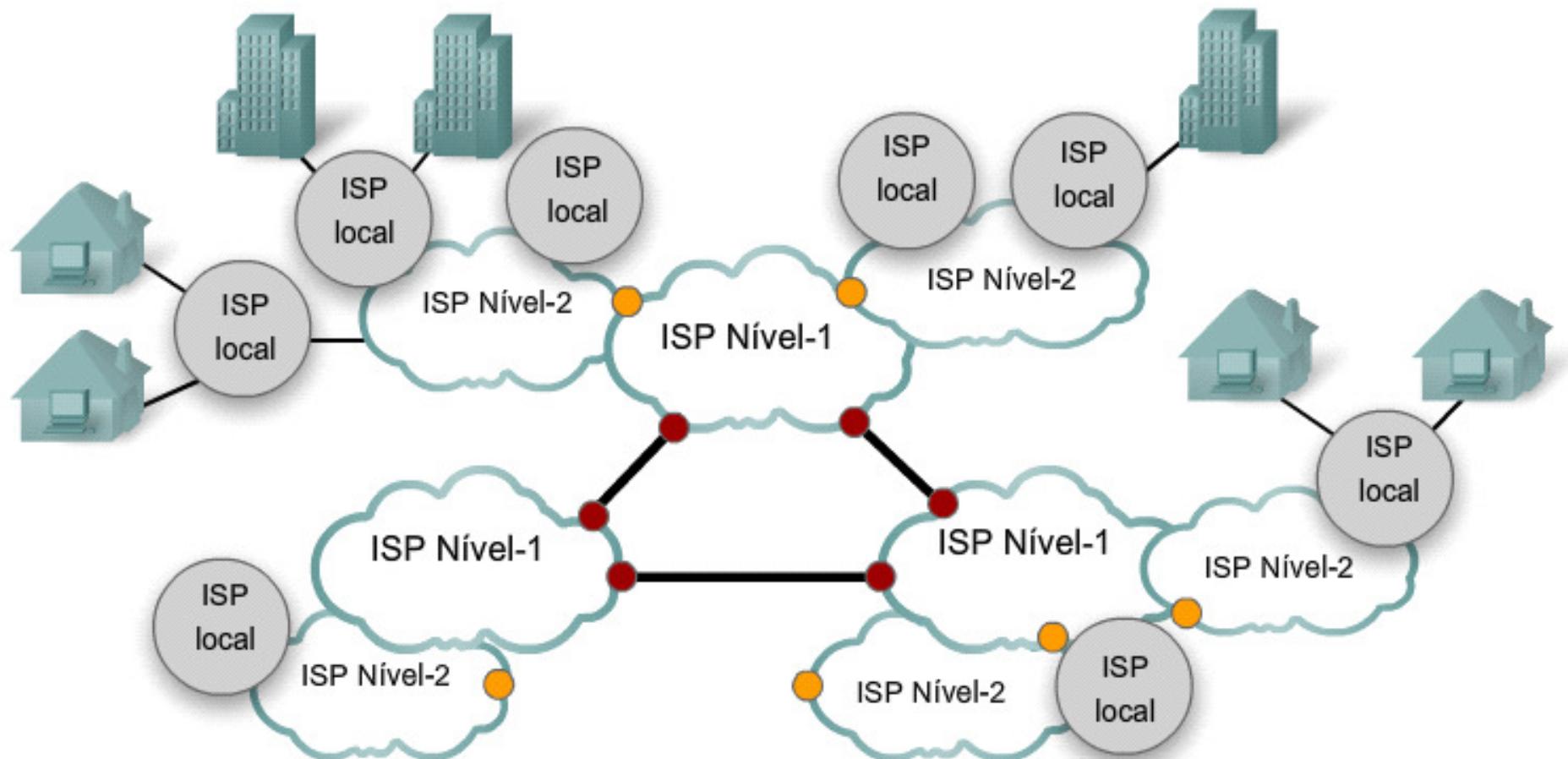
Os ISPs "Nível-2" são menores e normalmente oferecem serviço regional. Os ISPs Nível-2 geralmente pagam ISPs Nível-1 pela conectividade à Internet.



# ISPs e Backbones da Internet

## Estrutura da Internet - Uma rede de "redes"

Os ISPs “Nível-3” são provedores locais que fornecem serviço diretamente aos usuários finais. Os ISPs Nível-3 são normalmente conectados aos ISPs Nível 2 e pagam aos provedores Nível 2 pelo acesso à Internet.



# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

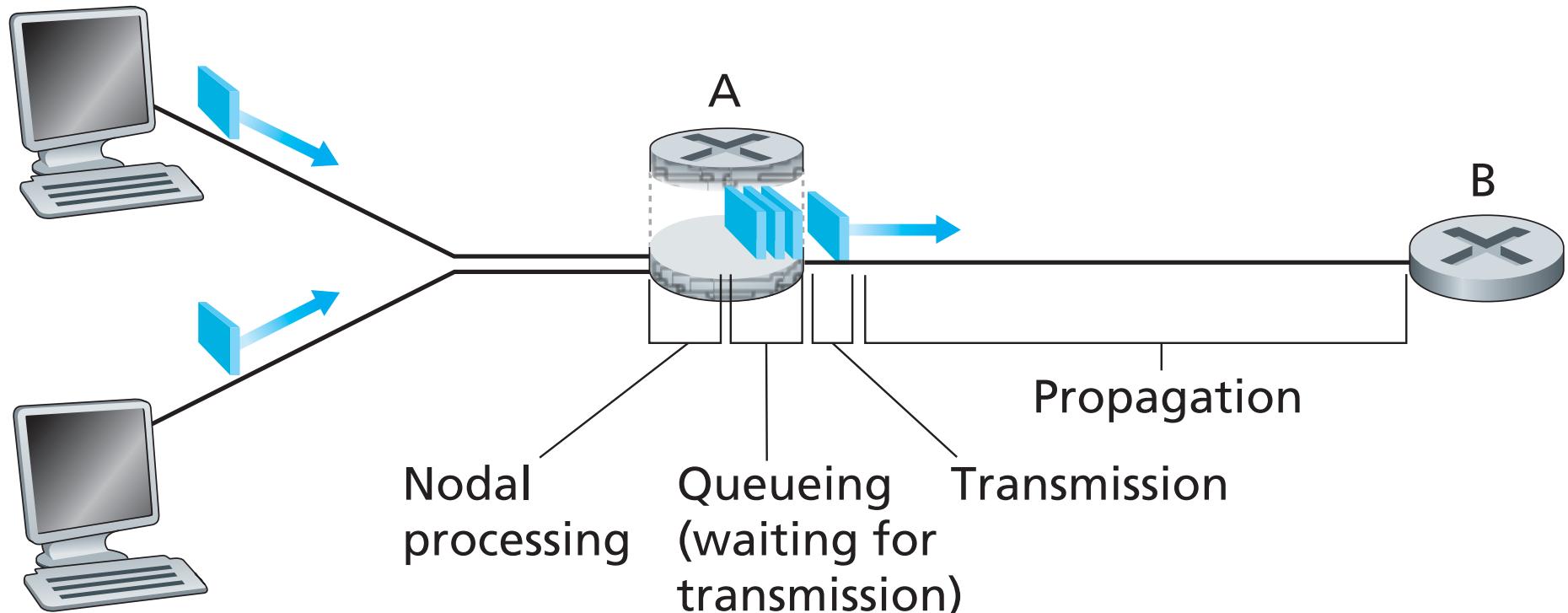
# Fundamentos de QoS

- As redes precisam oferecer serviços seguros, previsíveis, mensuráveis e, às vezes, garantidos;
- A arquitetura de rede de comutação de pacotes não garante que todos os pacotes que compõem uma mensagem em particular chegarão a tempo, na ordem correta, ou mesmo que eles chegarão;
- As redes também precisam de mecanismos para gerenciar o tráfego congestionado da rede.

# Fundamentos de QoS

- Se todas as redes tivessem recursos infinitos, não haveria necessidade de usar um mecanismo para assegurar o QoS (Quality of Service);
- Quando o volume de pacotes é maior do que pode ser transportado através da rede, os dispositivos criam filas de pacotes na memória até que haja recursos disponíveis para transmiti-los;
- O enfileiramento de pacotes gera atraso. Se o número de pacotes a serem enfileirados continuar aumentando, a memória fica cheia e pacotes são descartados.

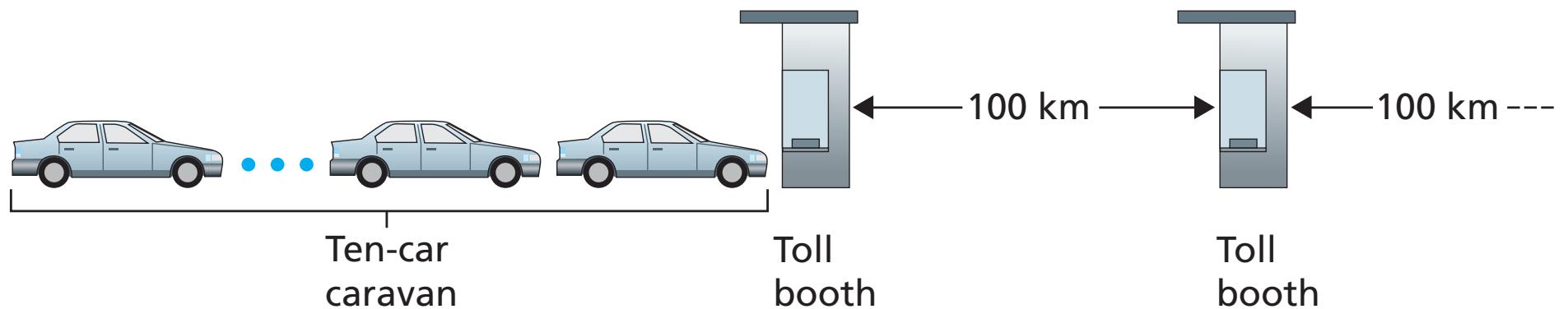
# Atraso, Perda e Vazão de Dados



# Atraso, Perda e Vazão de Dados

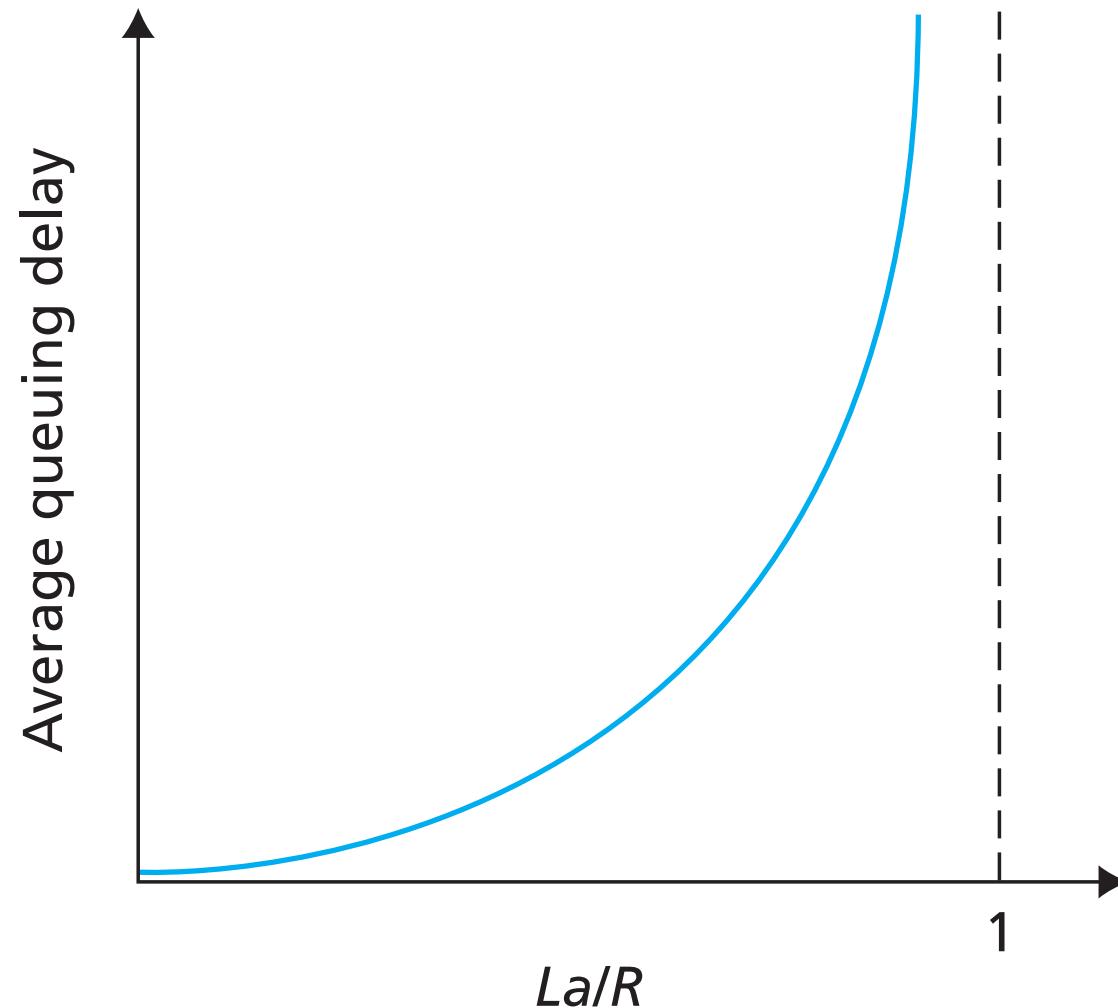
## Comparação entre os atrasos de transmissão e propagação

- Analogia da caravana de carros: o carro é um bit e a caravana é um pacote
  - Velocidade dos carros: 100 km/h.
  - O posto de pedágio serve um carro na taxa de um carro por 12 segundos;
  - O tempo requerido pelo posto para empurrar toda a caravana na rodovia é 2 minutos;
  - O tempo requerido para um carro viajar de um posto a outro é 1 hora;
  - Se o posto servir 1 carro por minuto e o carro viajar a 1000 km/h, o atraso de transmissão é 10 minutos e o atraso de propagação é 6 minutos.



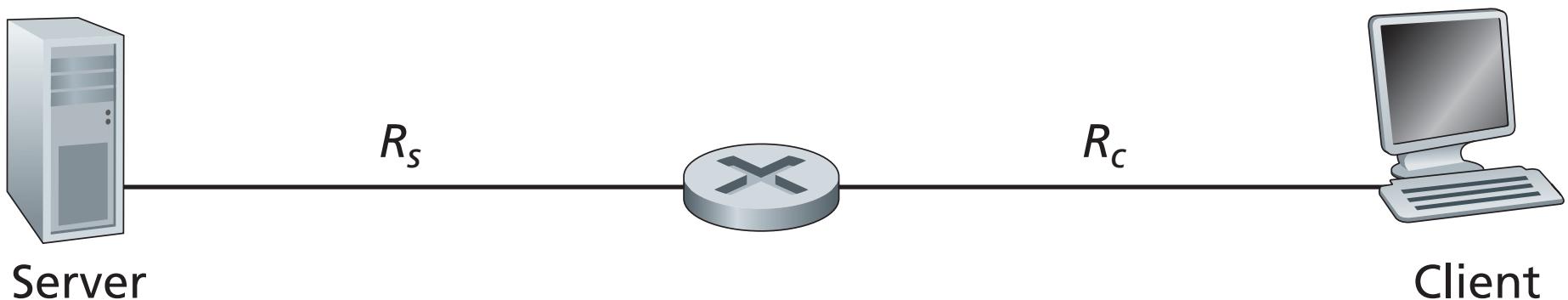
# Atraso, Perda e Vazão de Dados

Dependência do atraso de enfileiramento médio com a intensidade de tráfego

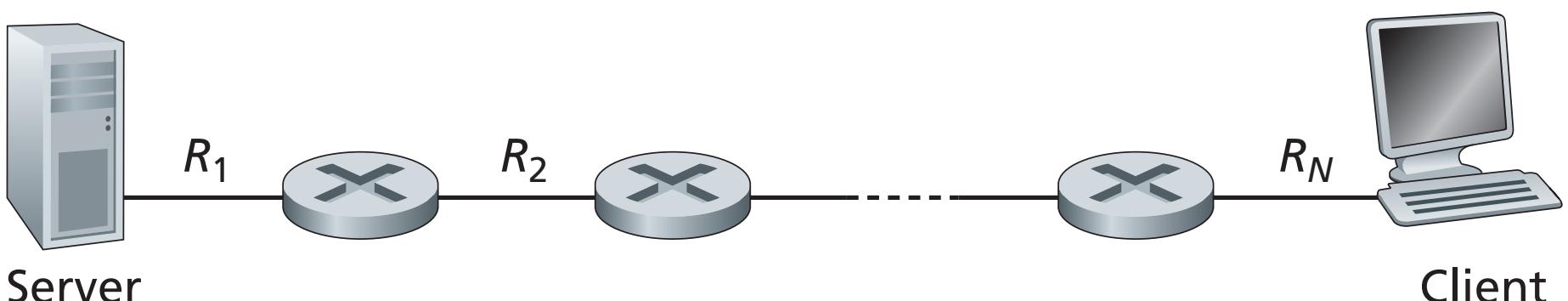


# Atraso, Perda e Vazão de Dados

Vazão de dados de uma transferência de arquivo de um servidor para um cliente



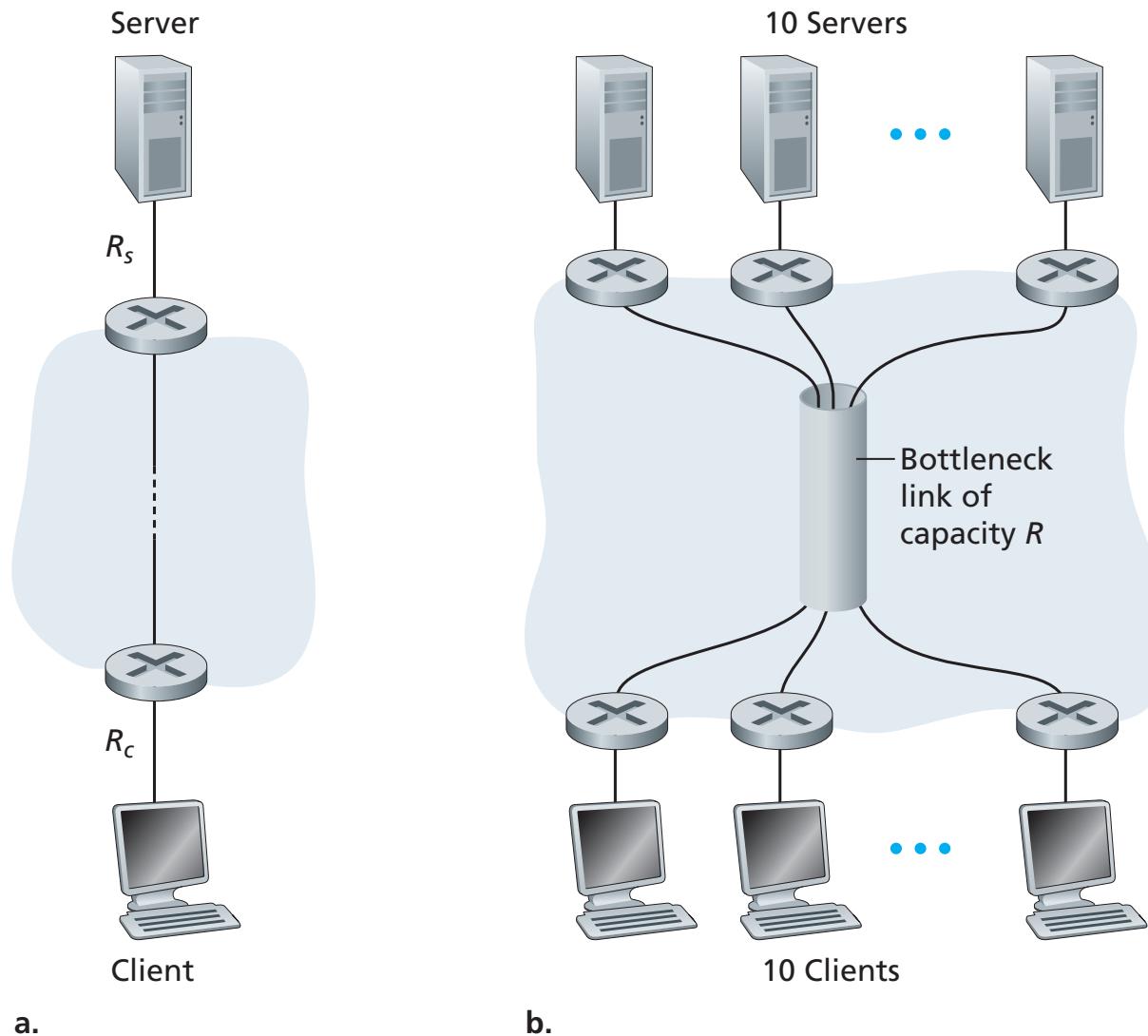
a.



b.

# Atraso, Perda e Vazão de Dados

## Vazão de dados fim-a-fim



# Priorização de filas

- Para assegurar o QoS é necessário um conjunto de técnicas para gerenciar a utilização dos recursos de rede;
- Para manter um alto QoS é necessário priorizar quais os tipos de pacotes devem ser enviados em detrimento de outros tipos de pacotes que podem sofrer atrasos ou serem descartados;
- **Classificação**
  - Classificamos as aplicações em categorias com base na qualidade específica dos requisitos dos serviços.
- **Designação de Prioridades**
  - Um administrador pode decidir alocar a maior parte dos recursos de rede para filmes, por acreditar que essa seja a prioridade para seus clientes;
  - Esse administrador pode decidir que o impacto será mínimo se os usuários de e-mail tiverem que esperar um pouco mais para que seus e-mails cheguem.

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

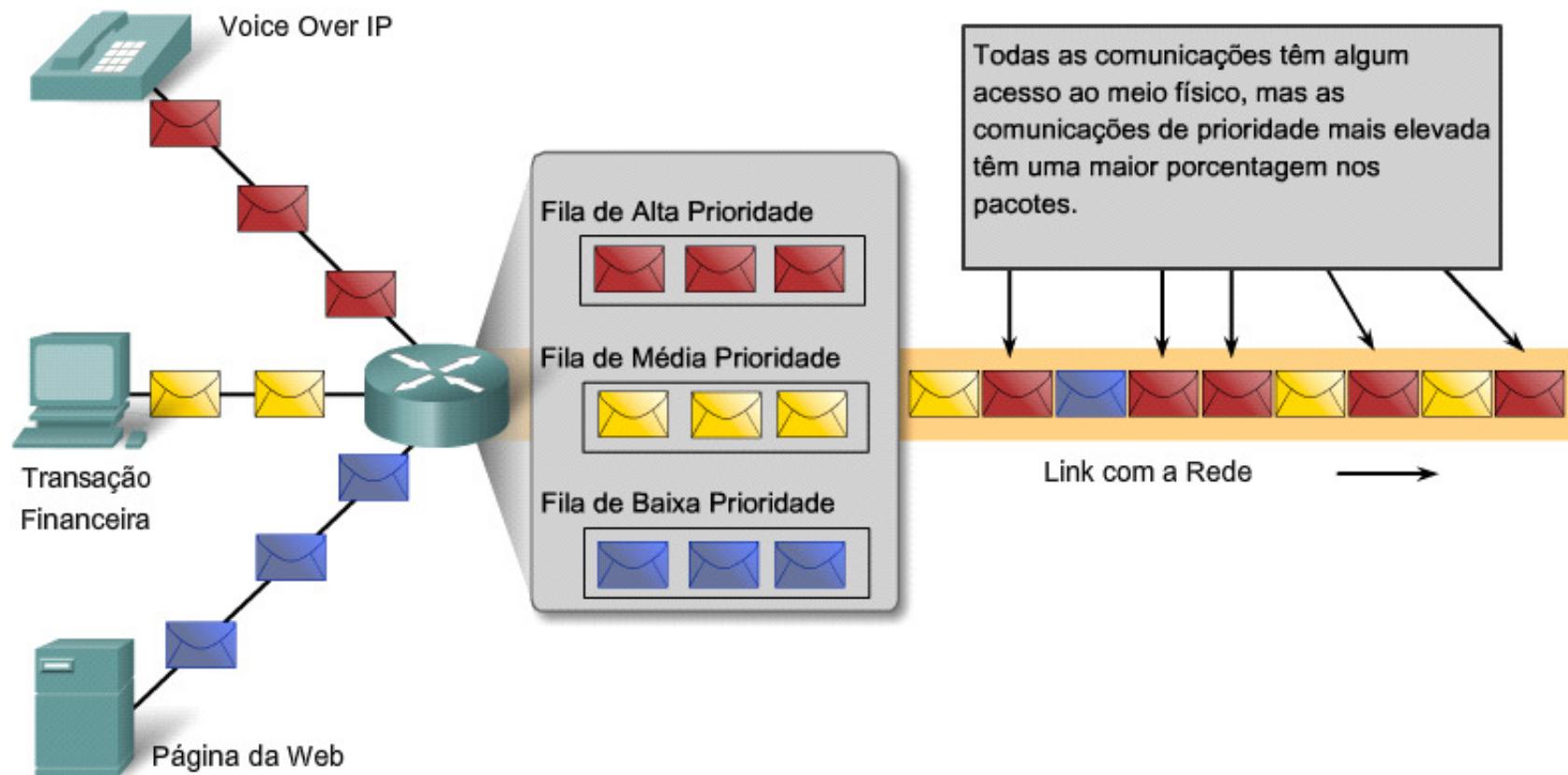
- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# Priorização de filas

## Usando Filas para Priorizar a Comunicação



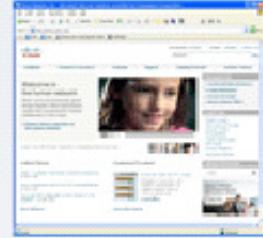
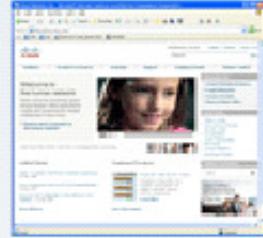
A execução de Filas de acordo com o tipo de dado possibilita que os dados de voz tenham prioridade sobre os dados de transações, que têm prioridade sobre os dados da web.

# Oferecendo Qualidade de Serviço

- Exemplos de decisões sobre prioridade para uma organização podem incluir:
- **Comunicação urgente**
  - Aumenta a prioridade de serviços como telefonia ou distribuição de vídeo.
- **Comunicação não urgente**
  - Diminui a prioridade de recuperação de páginas ou e-mail.
- **Alta importância para organização**
  - Aumenta a prioridade do controle de produção ou de dados de transações comerciais.
- **Comunicação indesejada**
  - Diminui a prioridade ou bloqueia atividades indesejadas, como compartilhamento de arquivos ou entretenimento ao vivo.

# Oferecendo Qualidade de Serviço

## A Qualidade de Serviço é Importante

Tipo de Comunicação	Sem QoS	Com QoS
Video ou audio streaming	 Figura entrecortada inicia e pára.	 Serviço limpo e contínuo.
Transações Vitais	Tempo : Preço  02:14:05 \$1.54 Somente um segundo mais cedo...	Tempo : Preço  02:14:04 \$1.52 O preço pode ser melhor.
Baixando as páginas da web (geralmente com prioridade mais baixa)	 As páginas da web chegam um pouco mais tarde...	 Mas o resultado final é idêntico.

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

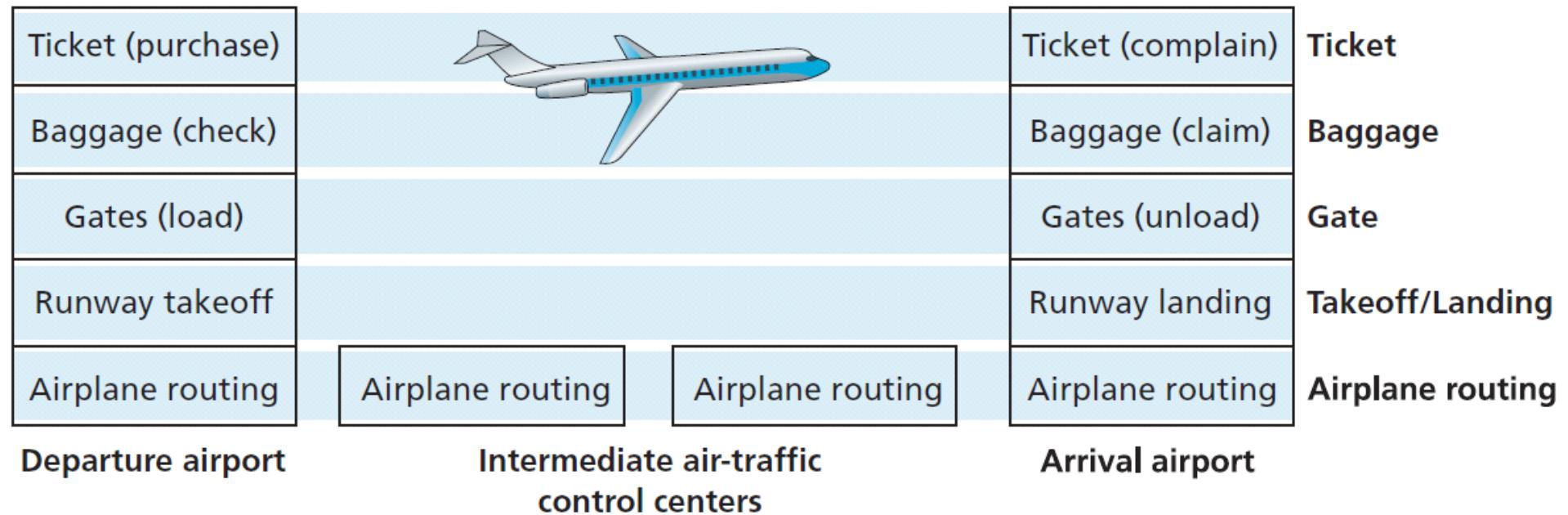
# Regras que Regem as Comunicações

- Toda comunicação, face-a-face ou por uma rede, é regida por **regras pré-determinadas** chamadas de protocolos;
- A comunicação com sucesso entre hosts em uma rede exige a interação de muitos protocolos diferentes;
- Para que os dispositivos se comuniquem com sucesso, um conjunto de protocolos de rede deve descrever **exigências e interações precisas**;
- Esse conjunto de protocolos implementa a **pilha de protocolos** sobre a qual a rede opera;
- Esses protocolos são implementados em software e hardware que são carregados em cada host e dispositivo de rede.

# Regras que Regem as Comunicações

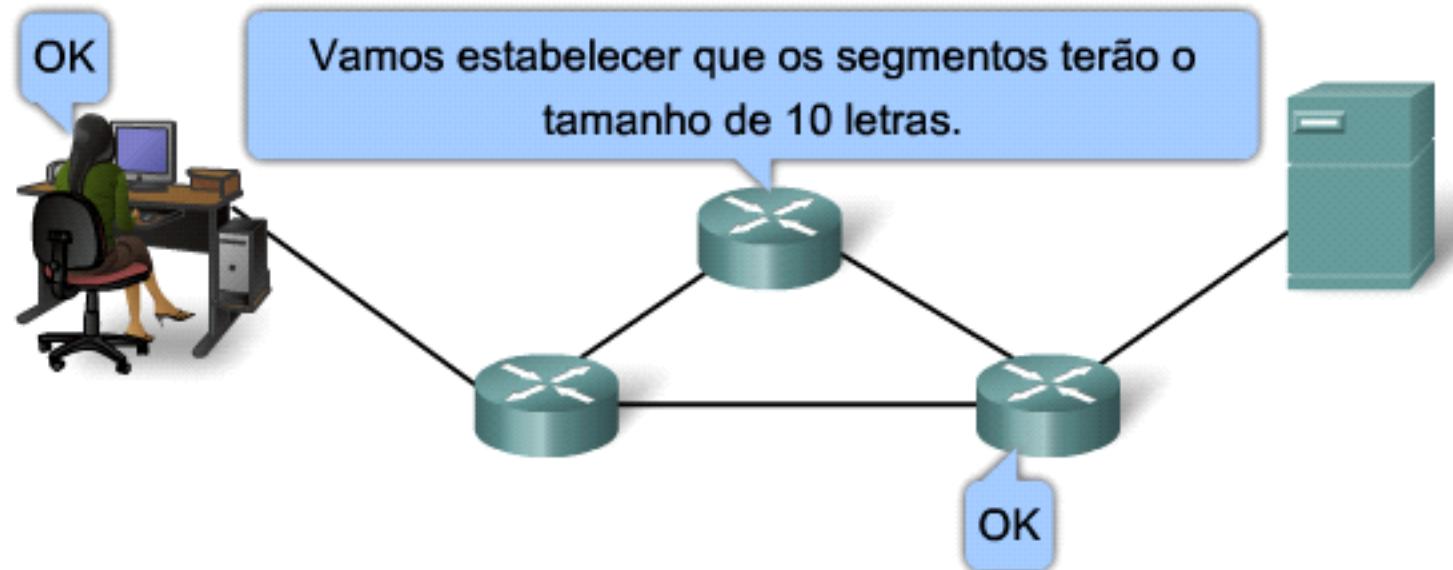
- Os protocolos são visualizados como uma **hierarquia de camadas**, com cada nível de serviço superior dependendo da funcionalidade definida pelos protocolos mostrados nos níveis inferiores;
- As **camadas inferiores** da pilha são relacionadas ao **movimento de dados** pela rede e **fornecimento de serviços** às camadas superiores;
- As **camadas superiores** são focadas no **conteúdo da mensagem** sendo enviada e na **interface de usuário**;
- O uso de camadas é um **modelo** e, como tal, fornece um caminho para quebrar convenientemente uma tarefa complexa em partes e descrever como elas funcionam.

# Regras que Regem as Comunicações



# Protocolos de Rede

- Conjuntos de protocolo de rede descrevem processos tais como:
  - O formato ou estrutura da mensagem.



Em qualquer processo de comunicação, existem regras

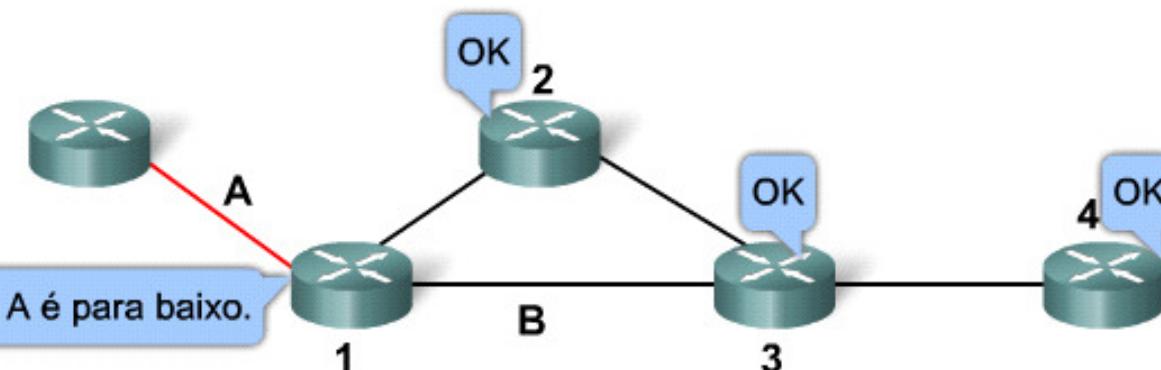
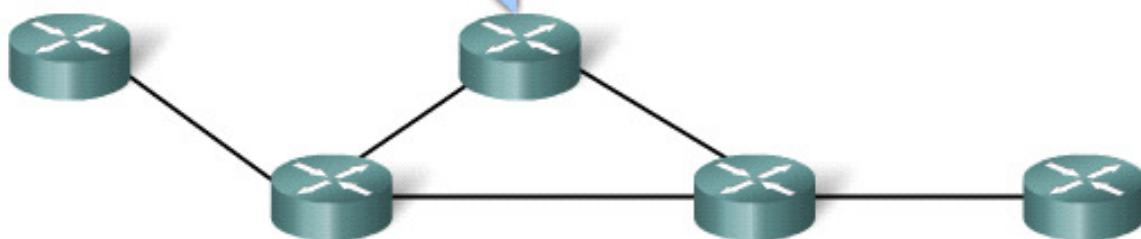
Em qualquer processo de comunicação, existem regras.

O formato ou estrutura dos segmentos de comunicação

# Protocolos de Rede

- Conjuntos de protocolo de rede descrevem processos tais como:
  - O método pelo qual os dispositivos de rede compartilham informações sobre rotas com outras redes.

Vamos estabelecer que um dos nossos percursos é para baixo, nós notificaremos todos os dispositivos conectados.

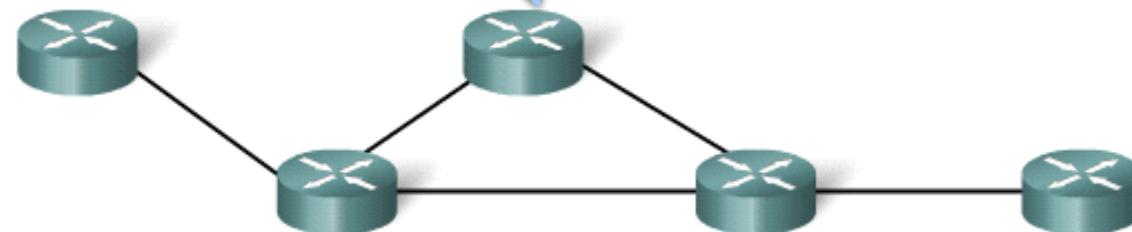


O processo pelo qual os dispositivos de rede compartilham informação sobre percursos para outras redes

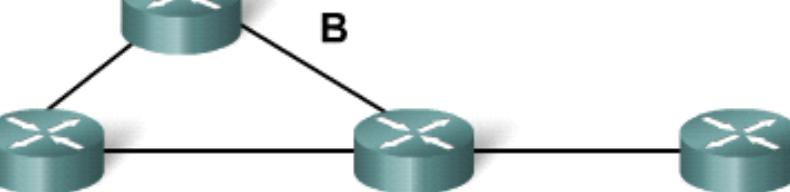
# Protocolos de Rede

- Conjuntos de protocolo de rede descrevem processos tais como:
  - Como e quando mensagens de erro e de sistema são passadas entre dispositivos.

Vamos estabelecer que mensagens de erro terão um único número de identificação.



Erro 1001: Percurso A é para baixo.

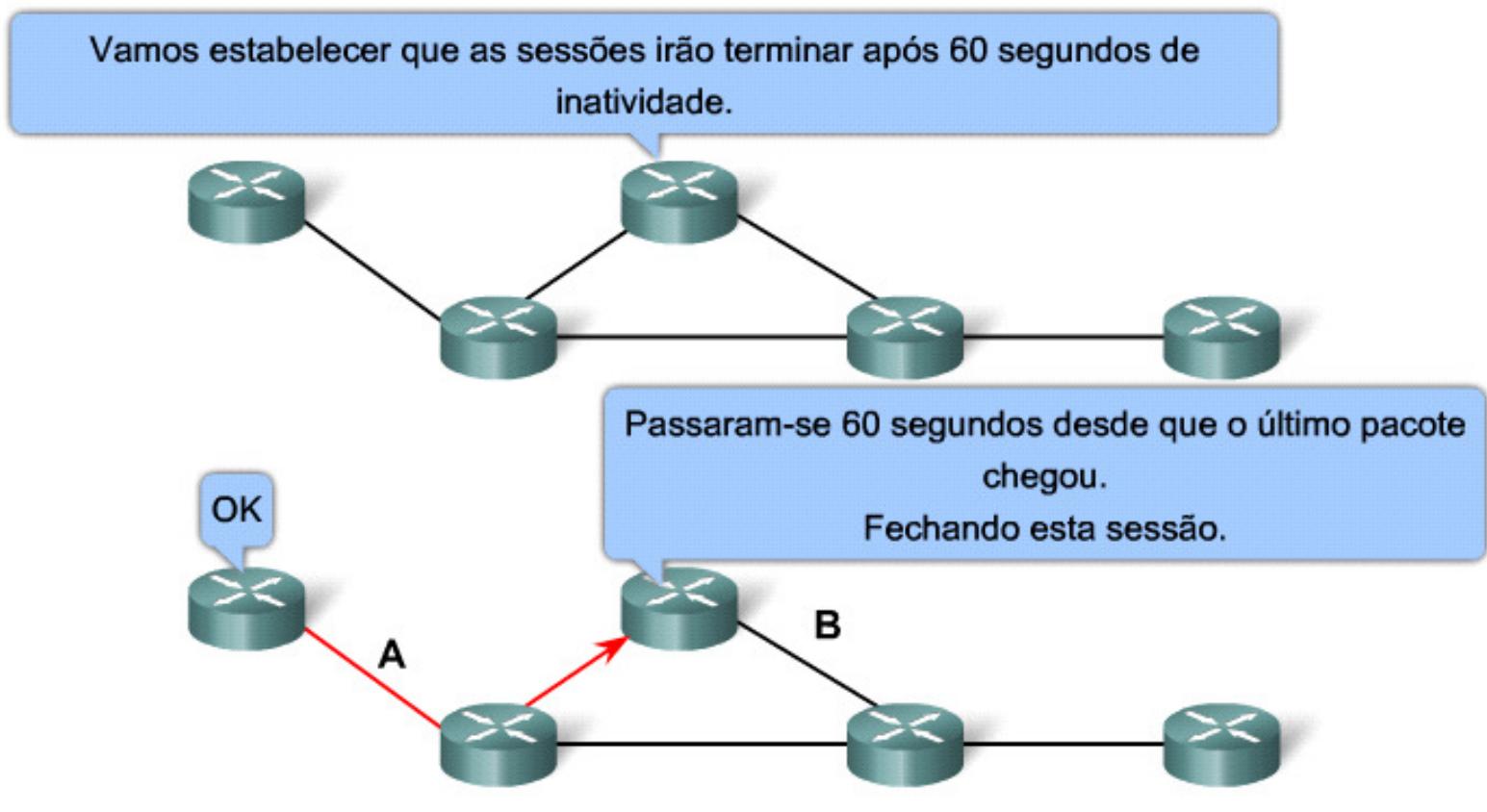


Erro 1002: Percurso B é lento.

Como e quando mensagens de erro e do sistema são passadas entre dispositivos

# Protocolos de Rede

- Conjuntos de protocolo de rede descrevem processos tais como:
  - A configuração e término das sessões de transferência de dados.



# Conjuntos de Protocolo e Padrões de Indústria

- Protocolos individuais em um conjunto de protocolos podem ser específicos de um fornecedor e proprietários;
- Muitos dos protocolos referenciam outros protocolos amplamente utilizados ou **padrões de indústria**;

## Padrão de Indústria

Um padrão é um processo ou protocolo que foi endossado pela indústria de rede e ratificado por uma organização de padrões.

# Conjuntos de Protocolo e Padrões de Indústria

- Exemplos de organizações de padrões:
  - Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE);
  - Internet Engineering Task Force (IETF);
  - 3rd Generation Partnership Project (3GPP).
- O uso de padrões no desenvolvimento e implementação de protocolos garante que os produtos de diferentes fabricantes possam **trabalhar em conjunto** para comunicações eficientes;
- Protocolos descrevem somente **quais** funções são necessárias de uma regra de comunicação específica, mas **não como** elas devem ser executadas.

# Vídeo

## *The OSI Model Animation*

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

## 4 Qualidade de Serviço

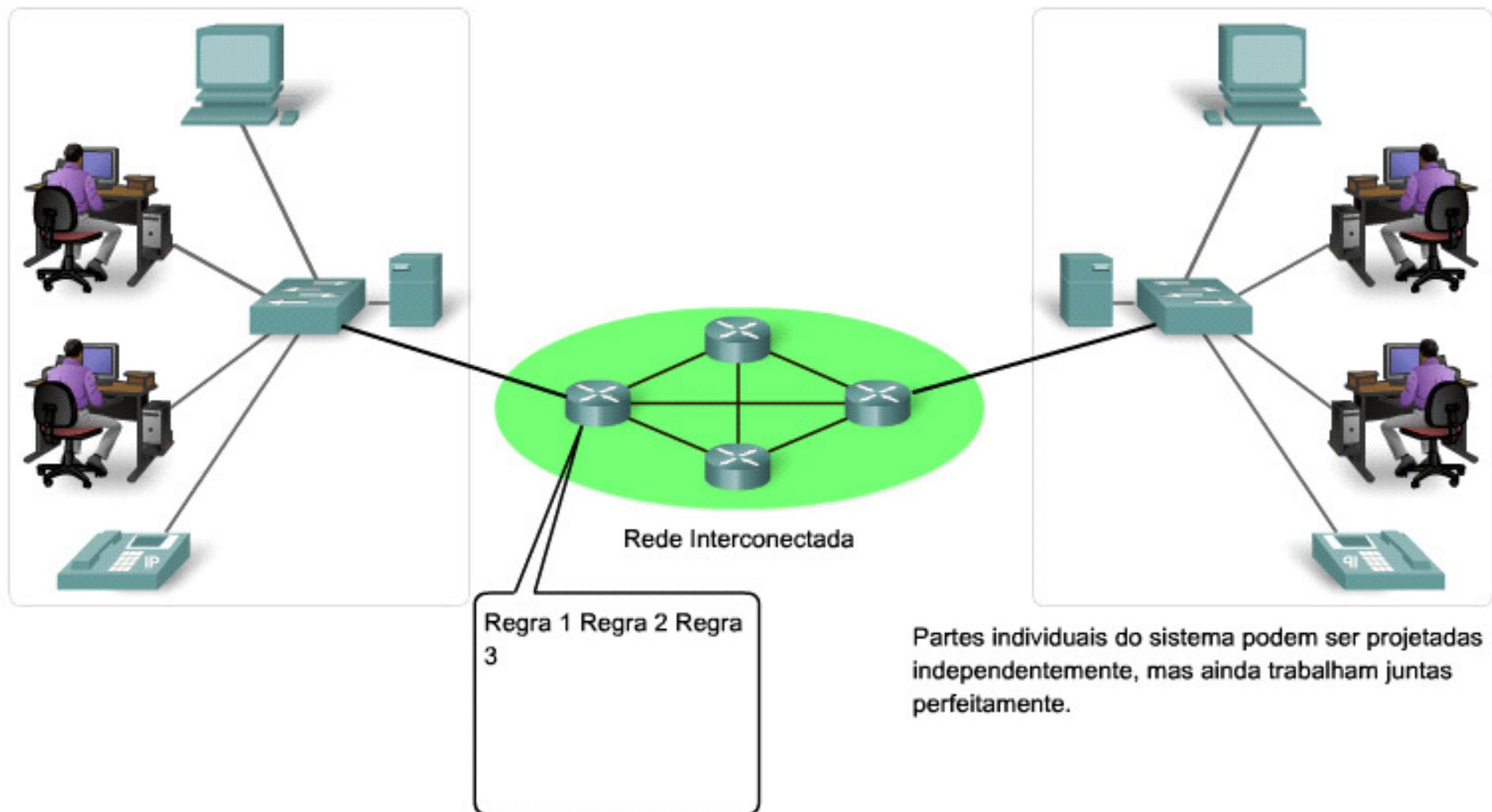
- Fundamentos
- Priorização de Filas

## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Enderecamento de Rede

# Os Benefícios de se Usar um Modelo de Camadas

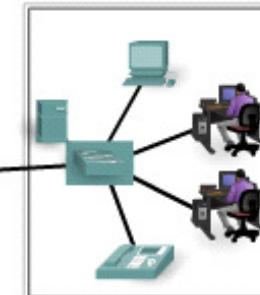
Usar um modelo de camadas ajuda no projeto de redes de múltiplos usos e de múltiplos fornecedores.



# Modelos de Protocolo e de Referência

Modelos Fornecem Orientação

Diagramas de rede representam dispositivos reais nos seus relacionamentos.



Modelo OSI

Modelo TCP/IP

Aplicação

Aplicação

Apresentação

Transporte

Sessão

Internet

Transporte

Acesso à Rede

Rede

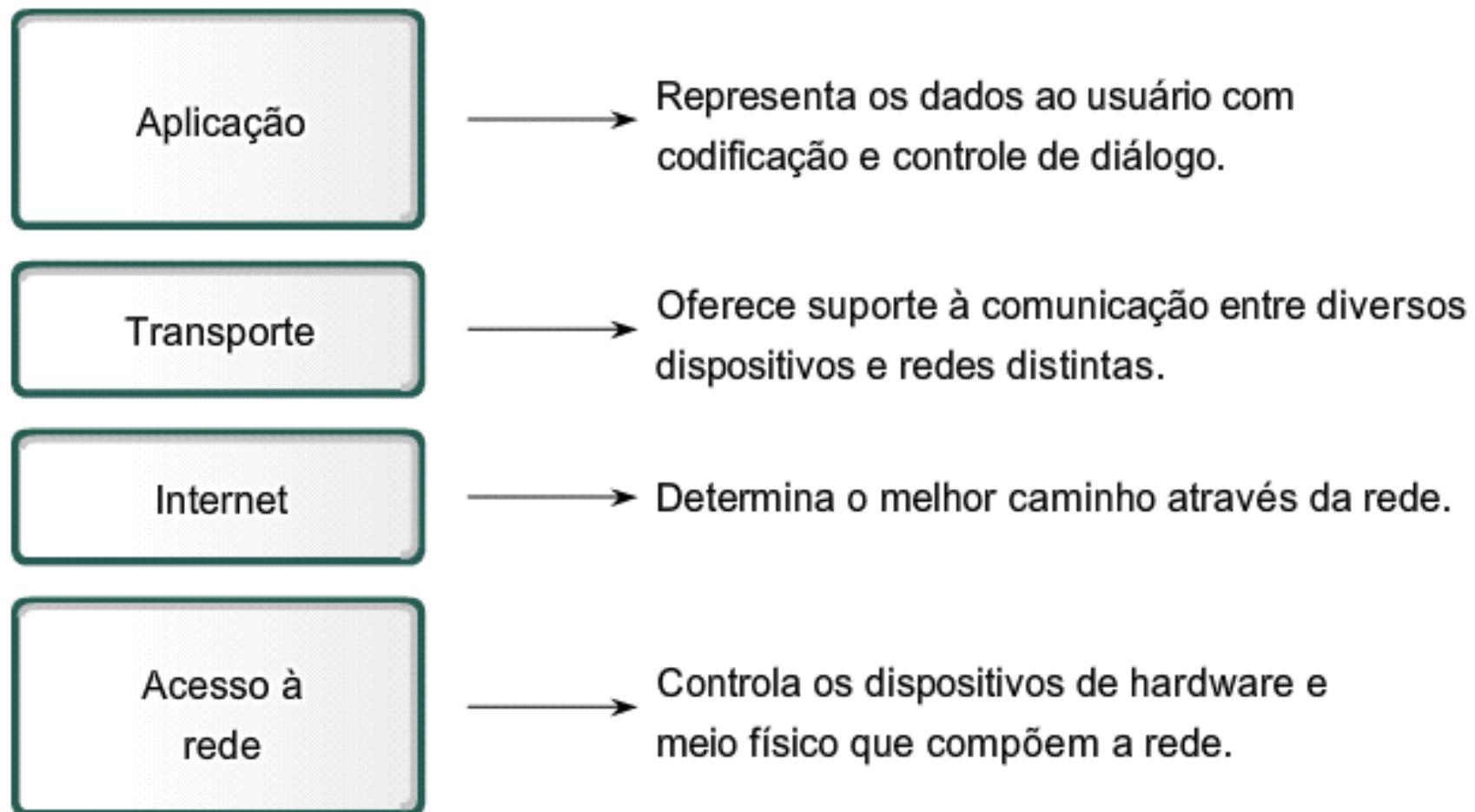
Enlace de Dados

Física

Um modelo de rede é apenas uma representação da operação da rede. O modelo não é a rede real.

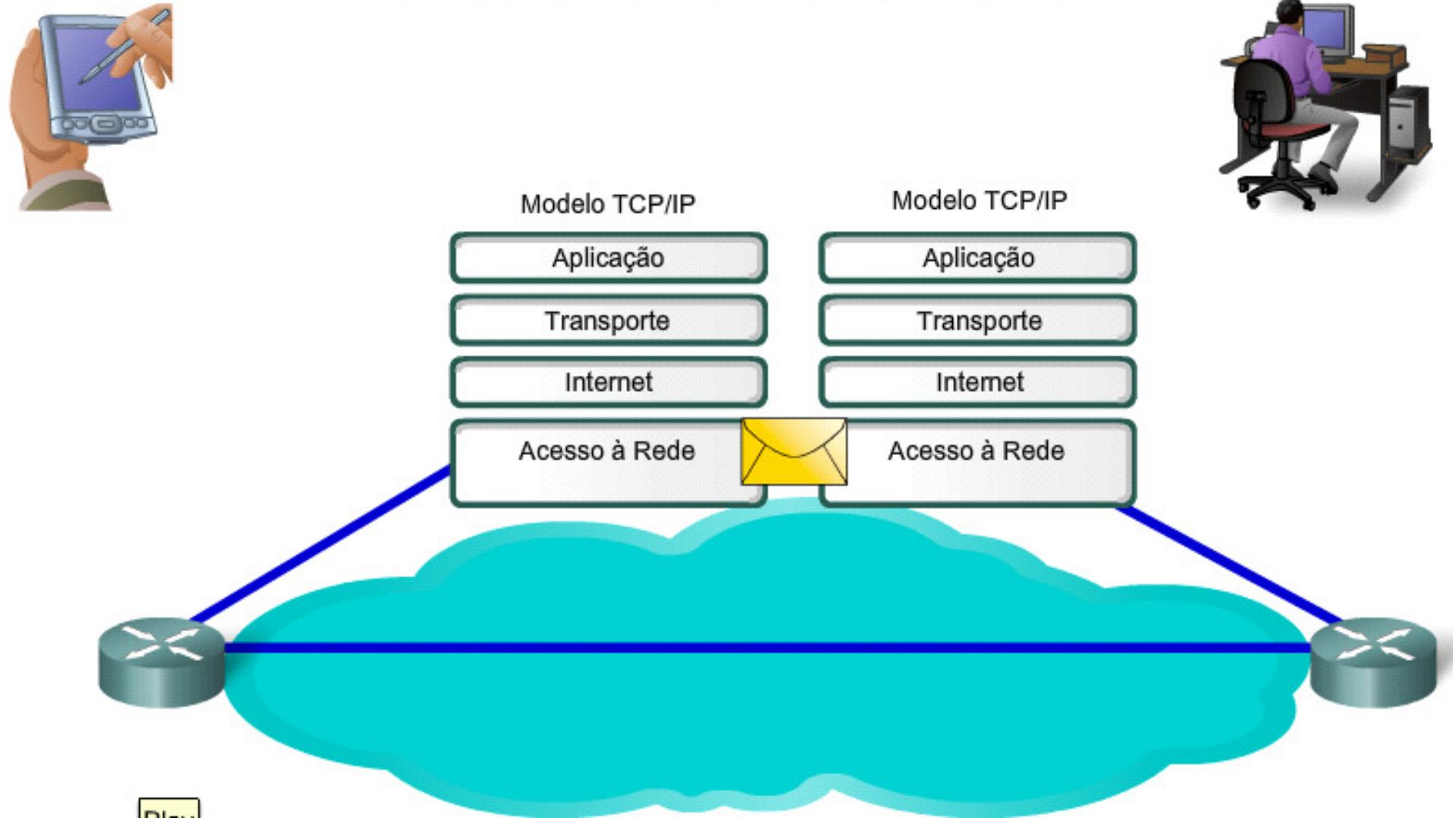
# O Modelo TCP/IP

## Modelo TCP/IP

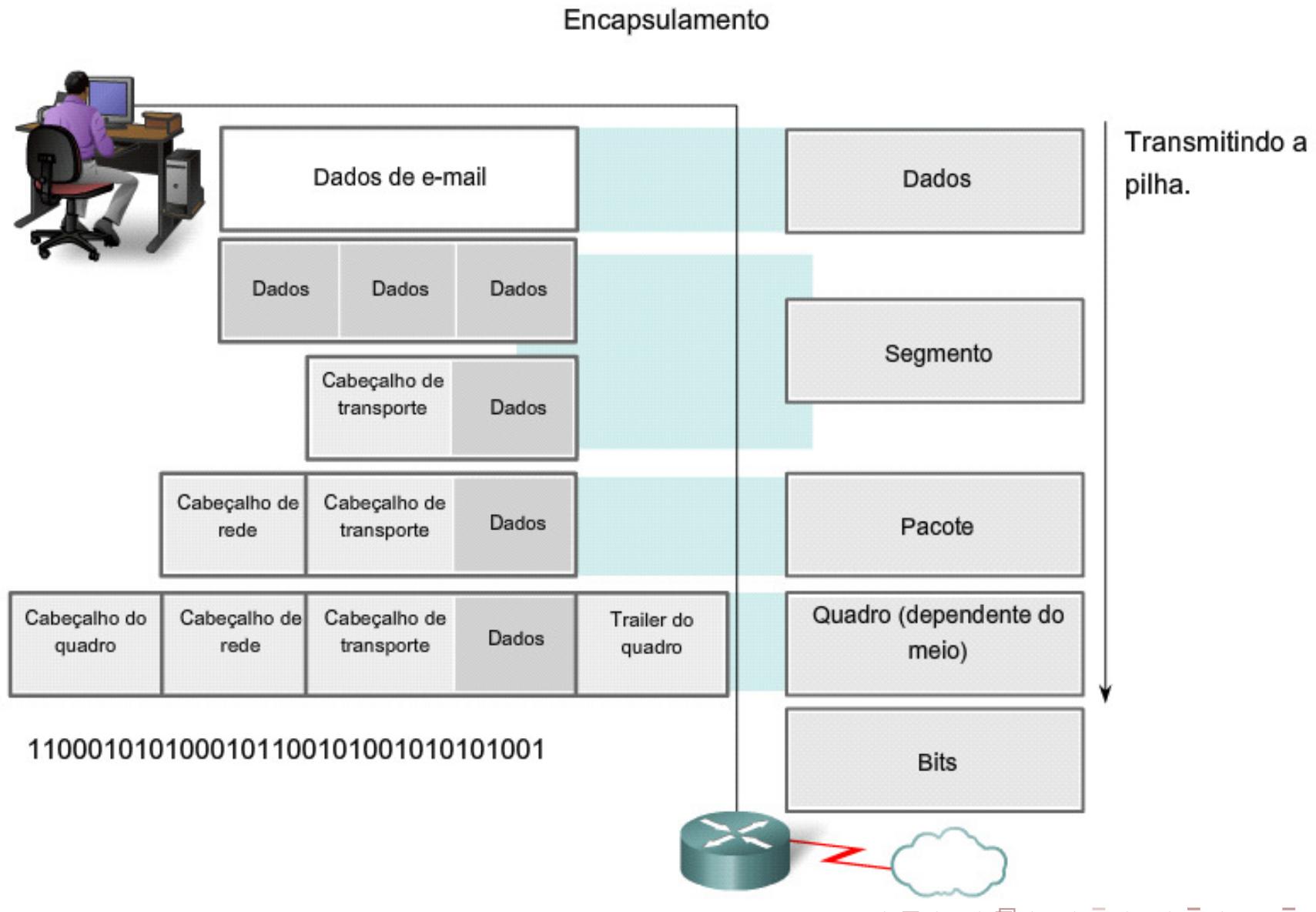


# O Processo de Comunicação

Mensagem Intocada Viaja através de uma Rede



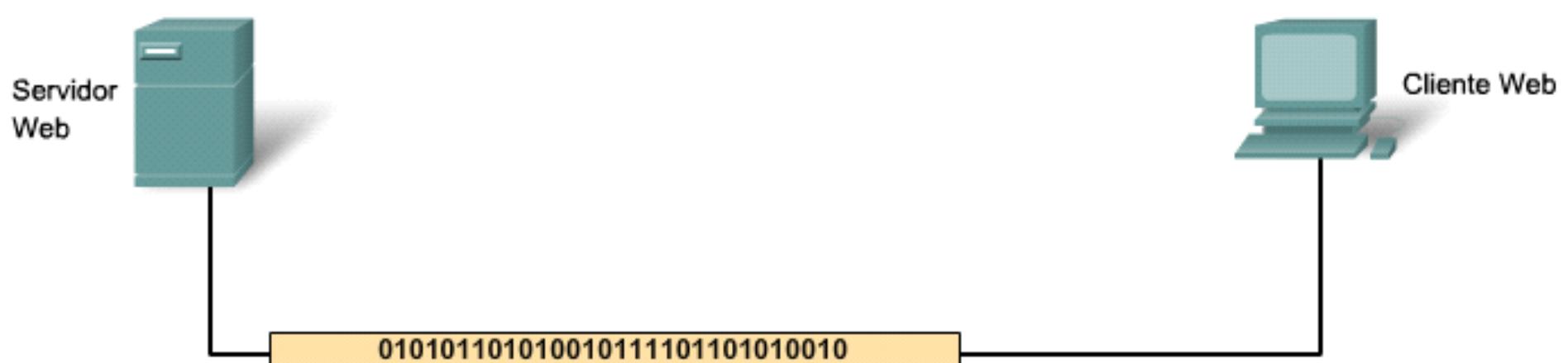
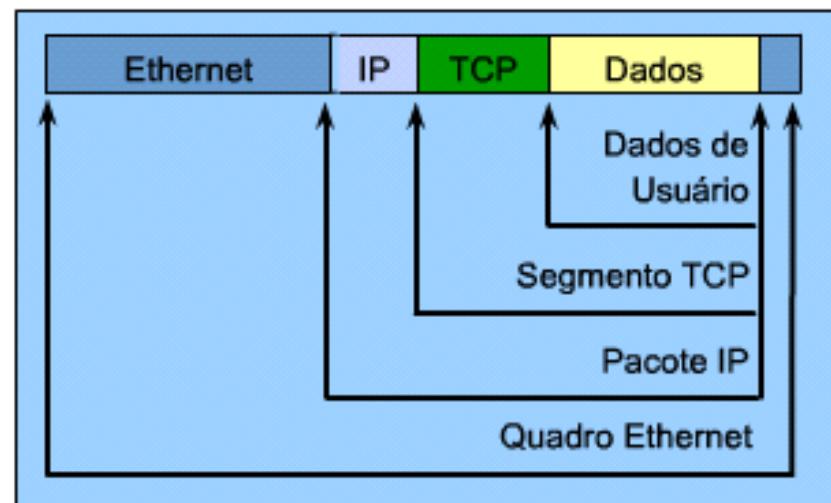
# Unidades de Dados de Protocolo e Encapsulamento



# O Processo de Envio e Recebimento

Operação de Protocolo de Envio e Recebimento de uma Mensagem

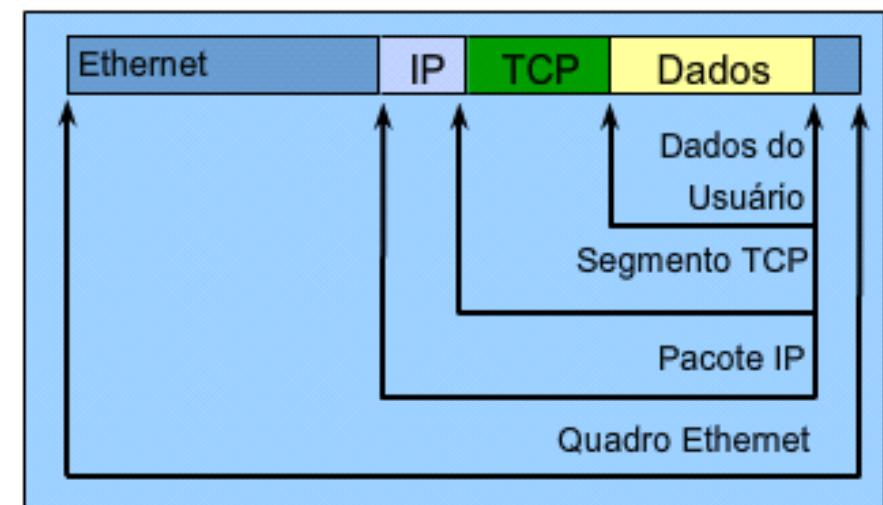
Termos de Encapsulamento do Protocolo



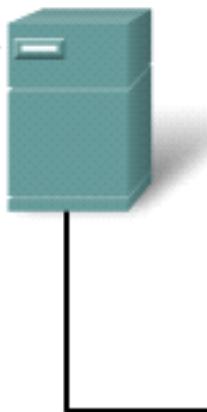
# O Processo de Envio e Recebimento

Operação de Protocolo de Envio e Recebimento de uma Mensagem

Termos de Encapsulamento de Protocolo



Servidor  
Web



010101101010010111101101010010

Cliente Web



# O Modelo OSI

## Camada Física

Os protocolos da camada Física descrevem os meios mecânicos, elétricos, funcionais e procedimentais para ativar, manter e desativar conexões físicas para transmissão de bits para e/ou a partir de um dispositivo de rede.

## Camada de Enlace de Dados

Os protocolos da camada de Enlace de Dados descrevem métodos para trocar quadros de dados entre dispositivos através de um meio físico comum.

**7. Aplicação**

**6. Apresentação**

**5. Sessão**

**4. Transporte**

**3. Rede**

**2. Enlace de Dados**

**1. Física**

# O Modelo OSI

## Camada de Rede

A camada de Rede fornece serviços para trocar pedaços individuais de dados através da rede entre dispositivos finais identificados.

## Camada de Transporte

A camada de Transporte define os serviços para segmentar, transferir e reunir os dados para comunicações individuais entre dispositivos finais.

**7. Aplicação**

**6. Apresentação**

**5. Sessão**

**4. Transporte**

**3. Rede**

**2. Enlace de Dados**

**1. Física**

# O Modelo OSI

## Camada de Sessão

A camada de Sessão fornece serviços à camada de Apresentação para organizar o seu diálogo e para gerenciar a troca de dados.

## Camada de Apresentação

A camada de Apresentação fornece uma representação comum de dados transferidos entre serviços da camada de Aplicação.

## Camada de Aplicação

A camada de aplicação fornece os meios para conectividade ponto-a-ponto entre indivíduos na rede humana usando redes de dados.

**7. Aplicação**

**6. Apresentação**

**5. Sessão**

**4. Transporte**

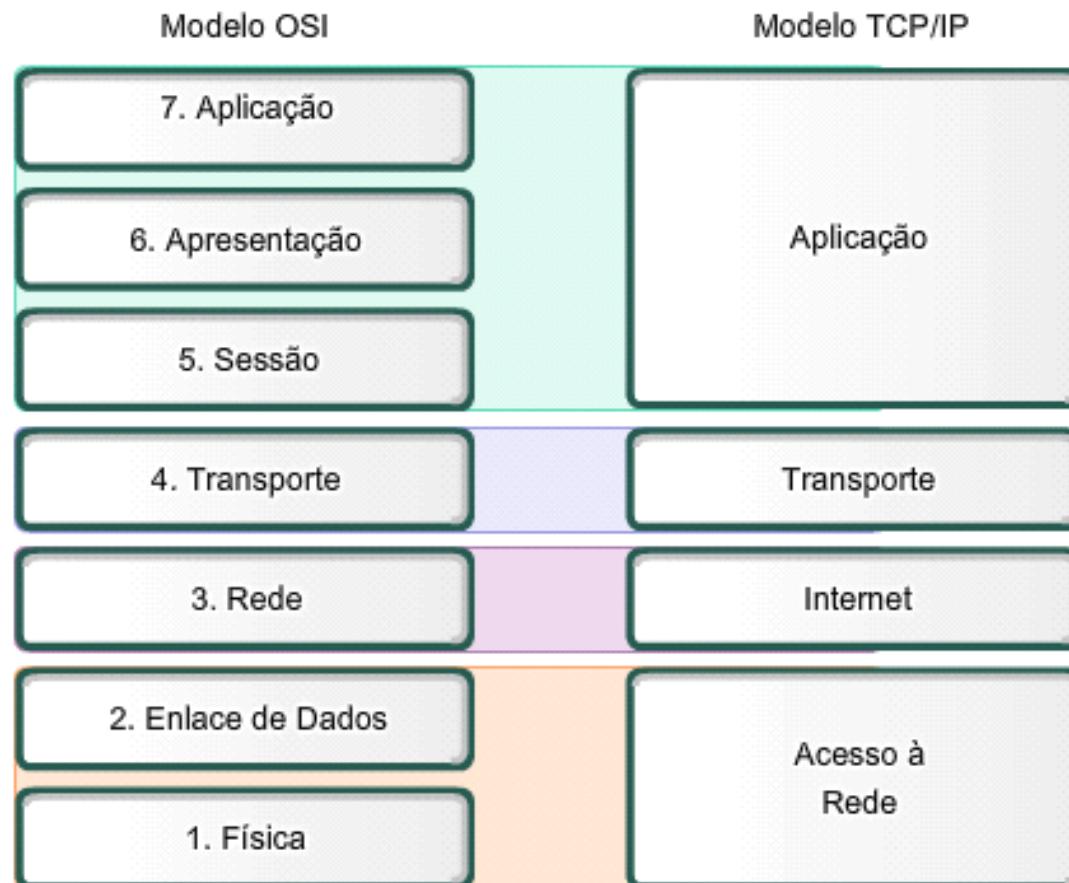
**3. Rede**

**2. Enlace de Dados**

**1. Física**

# Comparando o Modelo OSI com o Modelo TCP/IP

## Comparando os modelos OSI e TCP/IP



Os paralelos principais estão nas camadas de Transporte e de Rede.

# Conteúdo

## 1 Introdução

- Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos
- Protocolos

## 2 Meios Físicos de Transmissão e Tipos de Redes

- Meios Físicos
- Tipos de Redes

## 3 Internet

- Fundamentos
- A Periferia da Internet
- O Núcleo da Internet

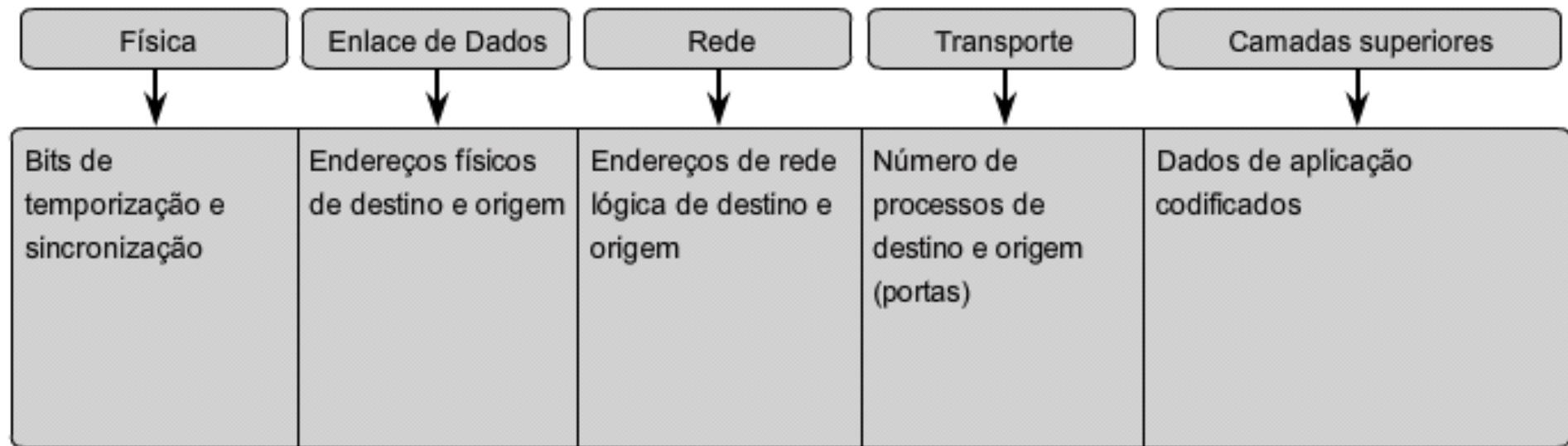
## 4 Qualidade de Serviço

- Fundamentos
- Priorização de Filas

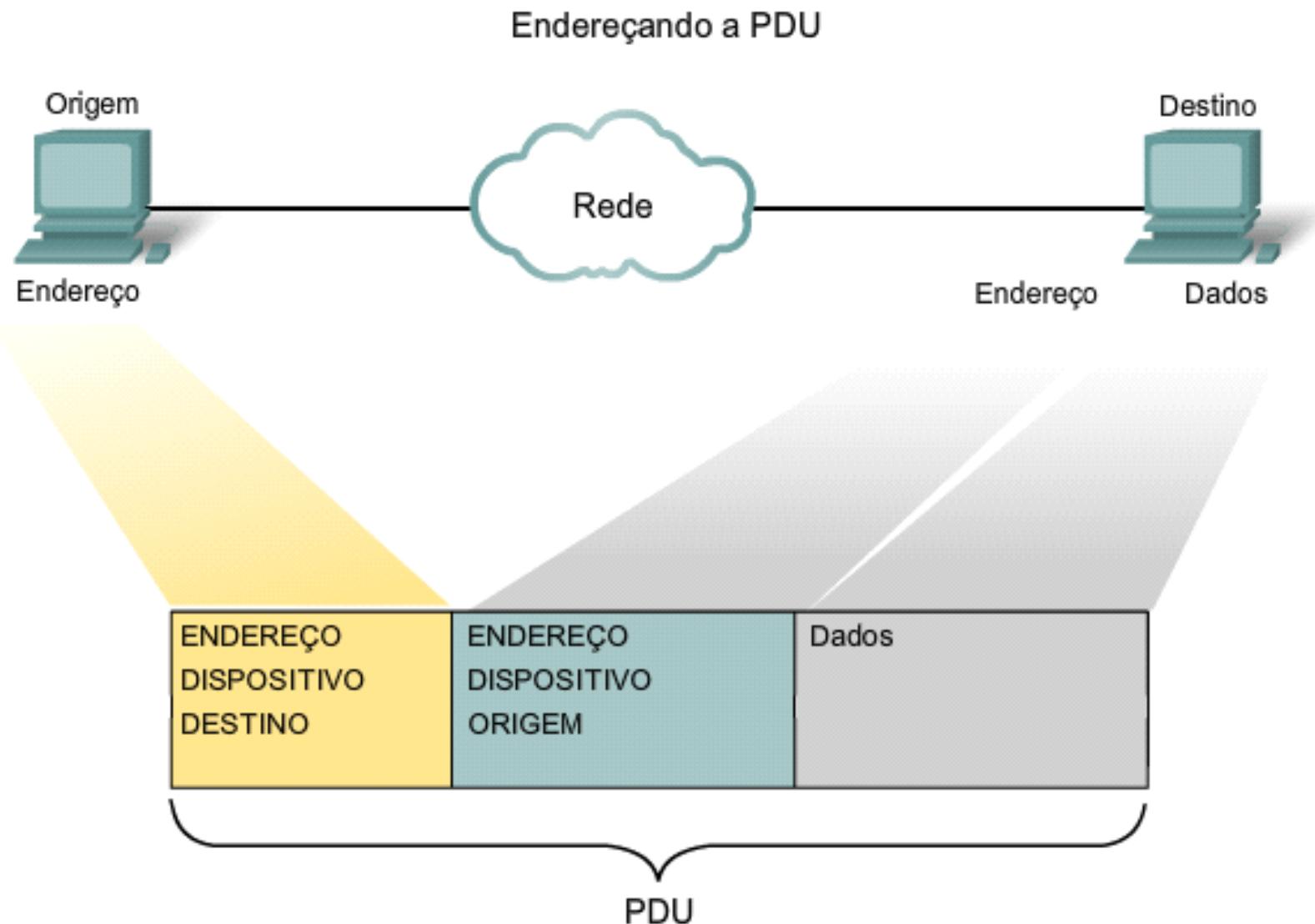
## 5 Arquiteturas e Padrões

- Protocolos
- Arquitetura de Camadas
- Endereçamento de Rede

# Endereçando a Rede



# Obtendo os Dados para o Dispositivo Final



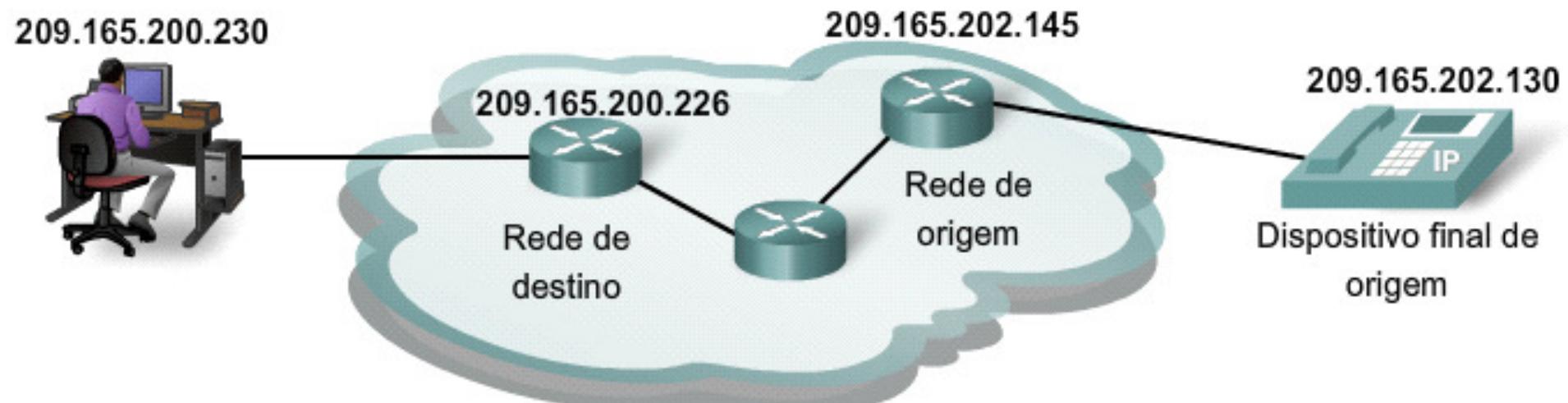
O cabeçalho da PDU contém campos de endereços dos dispositivos.

# Obtendo os Dados Através da Rede

Levar os pacotes à Rede Correta

Unidade de Dados do Protocolo (Protocol Data Unit) (PDU)				
Origem		Destino		Dados
Endereço de Rede	Endereço do Dispositivo	Endereço de Rede	Endereço do Dispositivo	

O cabeçalho de Unidade de Dados do Protocolo (PDU) também contém o endereço de rede.



# Obtendo os Dados da Aplicação Correta

No dispositivo final, o número da porta de serviço direciona os dados para a conversa correta.

