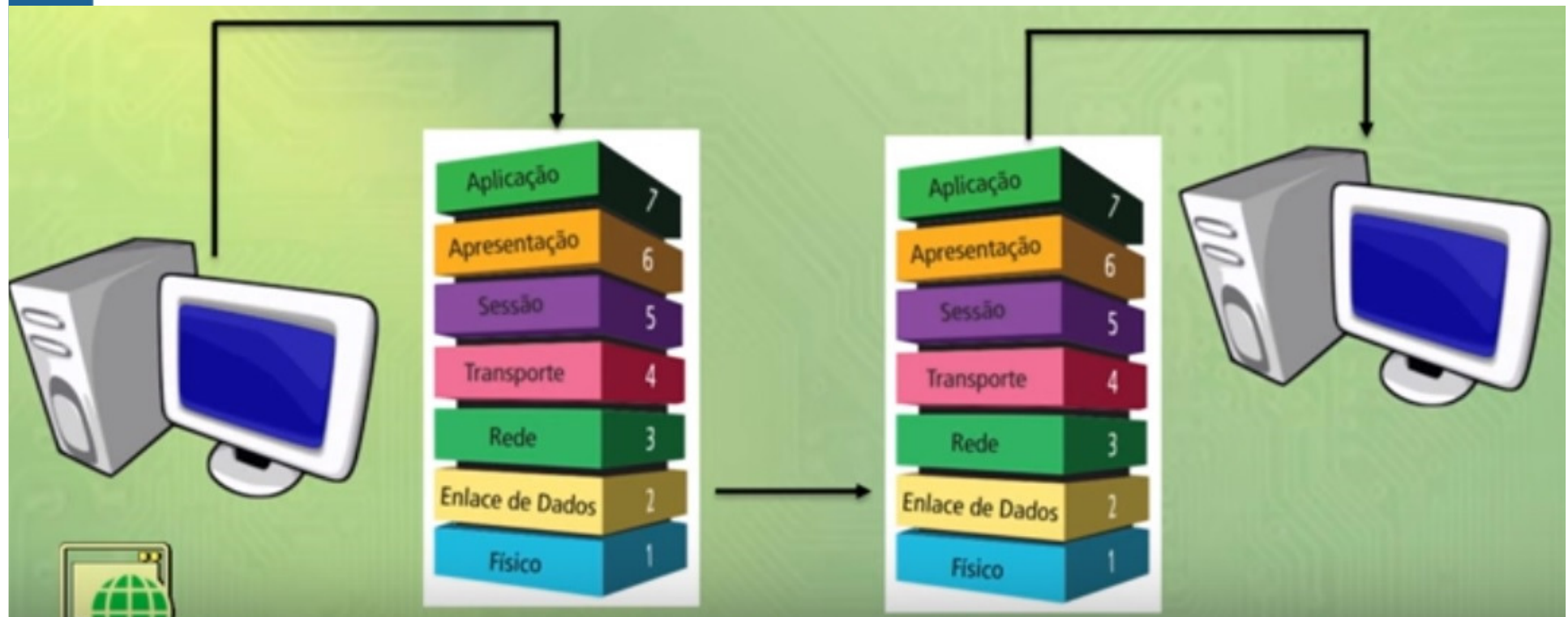




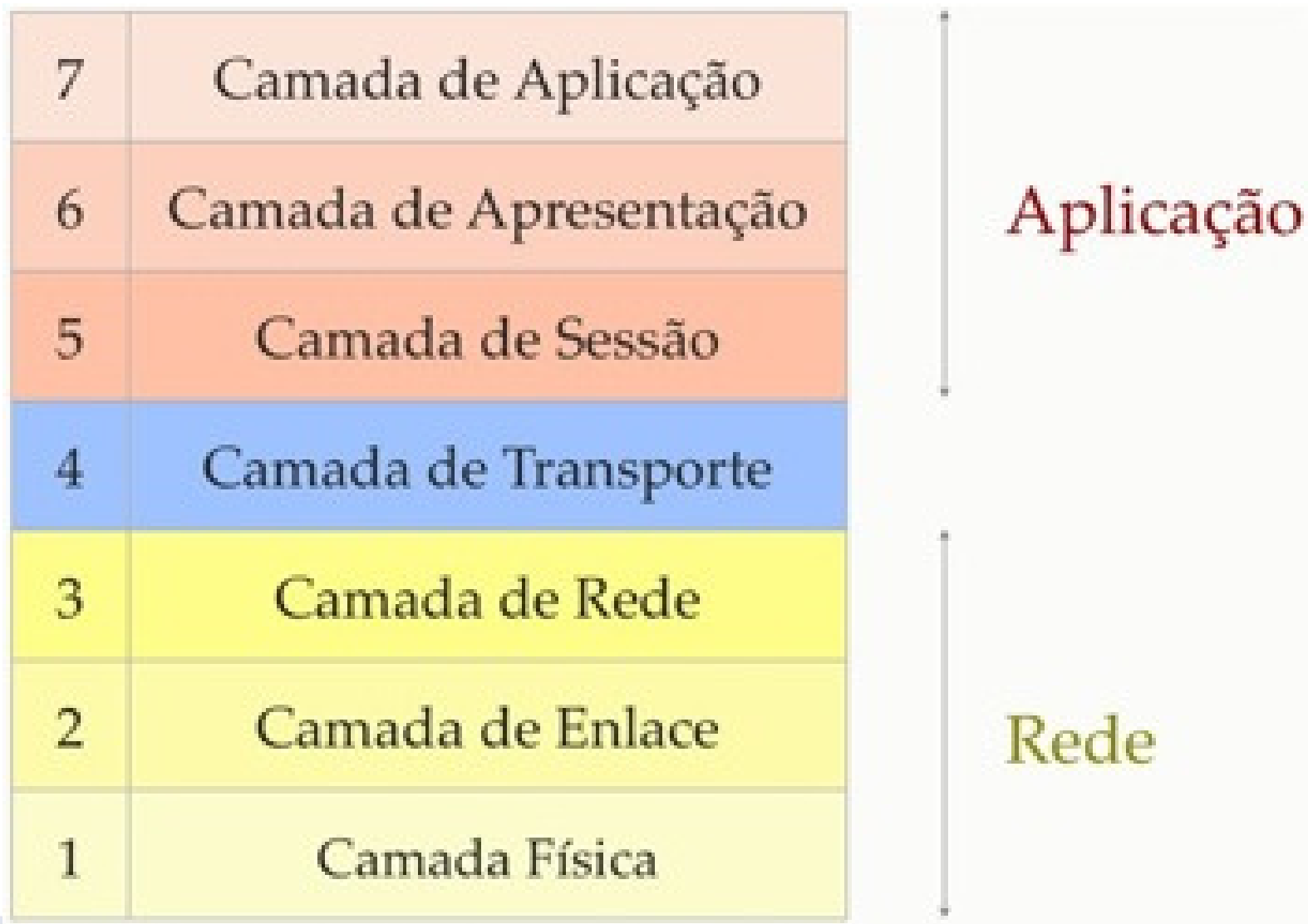
Curso de Redes de Computadores

Vinicius F. Caridá

Modelo OSI



Modelo OSI





O que que é a Internet:

1- *Players*

- ☐ Milhões de computadores interligados:
- ☐ Microcomputadores, estações, servidores, telefones, PDAs, games, GPS, robôs, geladeiras, terminais, etc...
 - Rodando **aplicações** de rede.

2 - Componentes

- ☐ **Enlaces** (*links*) de comunicação.
 - fibra, cobre, rádio, satélite.
- ☐ Roteadores (*routers*): encaminham **blocos** de dados pela rede



Cada vez mais dispositivos na 'net'





Internet

A Internet pública é uma rede de computadores mundial, isto é, uma rede que interconecta milhões de equipamentos de computação em todo o mundo.

O termo rede de computadores está começando a soar um tanto desatualizado, dados os muitos equipamentos não tradicionais que estão sendo ligados à Internet.



Internet

Todos esses equipamentos são denominados **hospedeiros** ou **sistemas finais**.

Sistemas finais são conectados entre si por **enlaces** (links) **de comunicação**. Enlaces diferentes podem transmitir dados em taxas diferentes, sendo a **taxa de transmissão**(banda passante) de um enlace medida em bits/s.



Estrutura da Internet



roteador



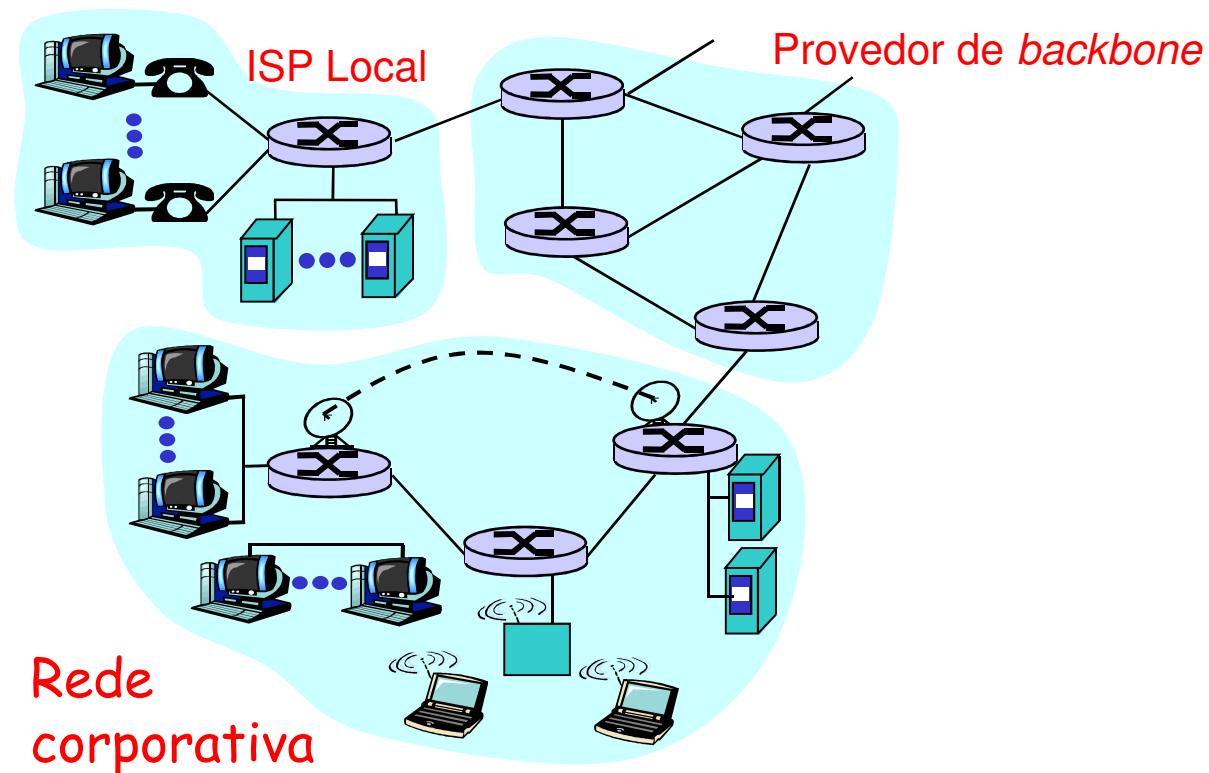
estação



servidor



móvel





Em geral, sistemas finais não são interligados diretamente por um único enlace de comunicação, em vez disso, são interligados indiretamente por equipamentos intermediários de comutação conhecidos como **comutadores de pacotes** (tipos mais predominantes: roteadores e comutadores de camada de enlace). Eles encaminham a informação que está chegando em um de seus enlaces de entrada para um de seus enlaces de saída. Em redes de computadores o bloco de informação é denominado **pacote**.



Estrutura da Internet



roteador



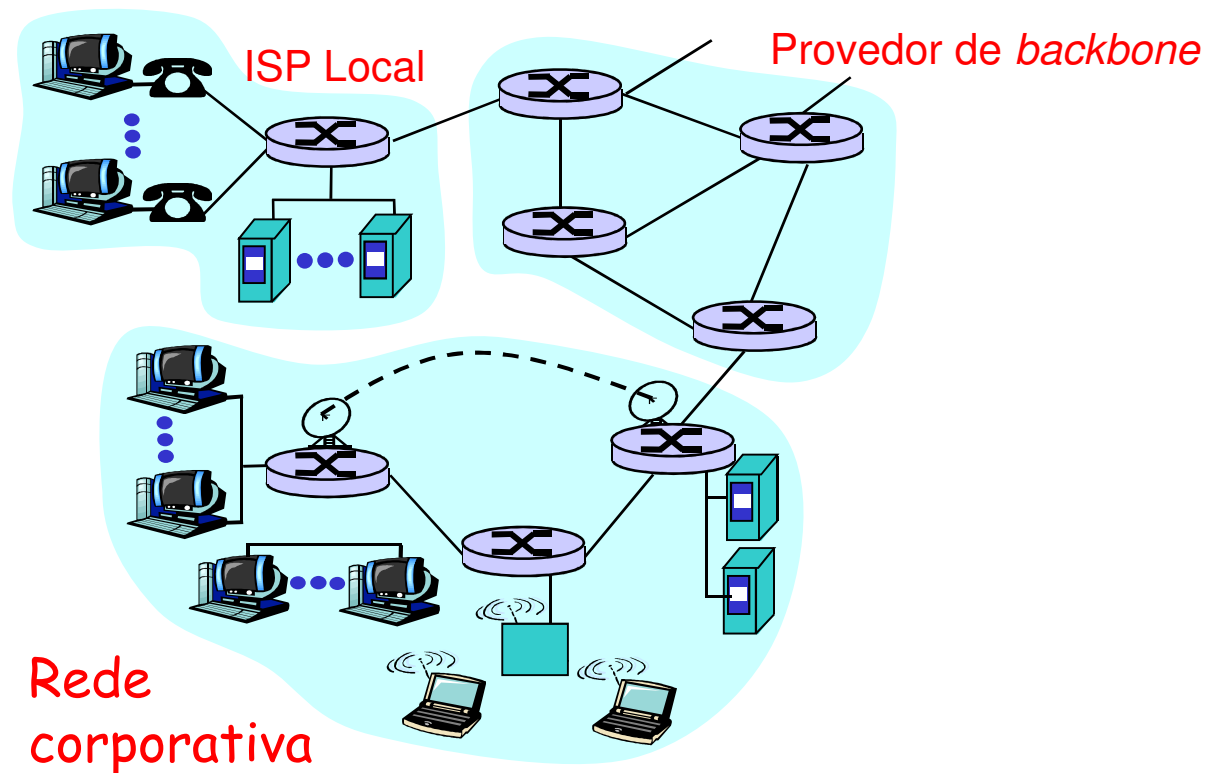
estação



servidor



móvel





Internet

A sequência de enlaces de comunicação e comutadores de pacotes que um pacote percorre desde o sistema final remetente até o sistema final receptor é conhecida como **rota** ou **caminho** através da rede. A Internet usa uma técnica conhecida com **comutação de pacote**, que permite que vários sistemas finais comunicantes compartilhem ao mesmo tempo um caminho ou partes dele.



Estrutura da Internet



roteador



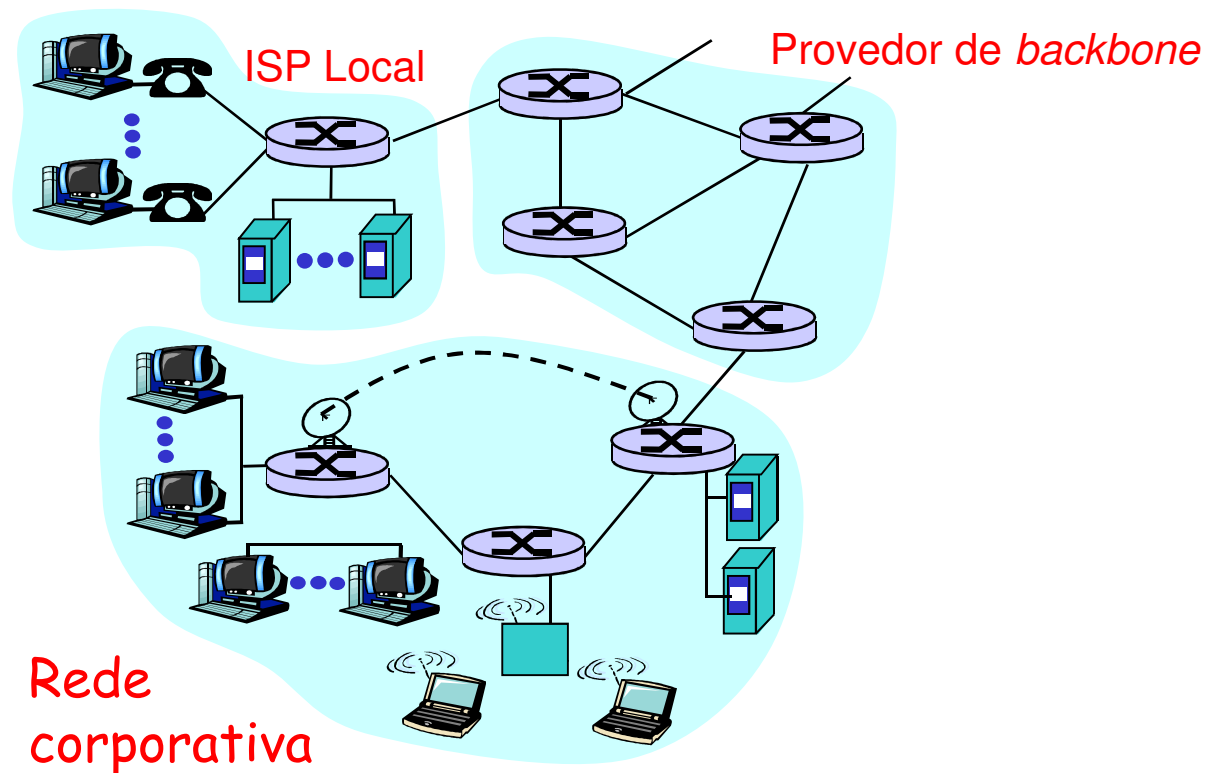
estação



servidor



móvel





Internet

Sistemas finais acessam a Internet por meio de **Provedores de Serviços de Internet (ISPs)**. Cada ISP é uma rede de comutadores de pacotes e enlaces de comunicação. ISPs provêem aos sistemas finais uma variedade de tipos de acesso à rede (acesso por modem discado, banda larga) e acesso a provedores de conteúdo, conectando sites Web diretamente à Internet.



Internet

Para permitir a comunicação entre usuários da Internet e possibilitar a usuários acesso mundial ao conteúdo da Internet, ISPs de nível mais baixo são interconectados por meio de ISPs de nível mais alto (consiste em roteadores de alta velocidade interconectados com enlaces de fibra ótica de alta velocidade).



Estrutura da Internet



roteador



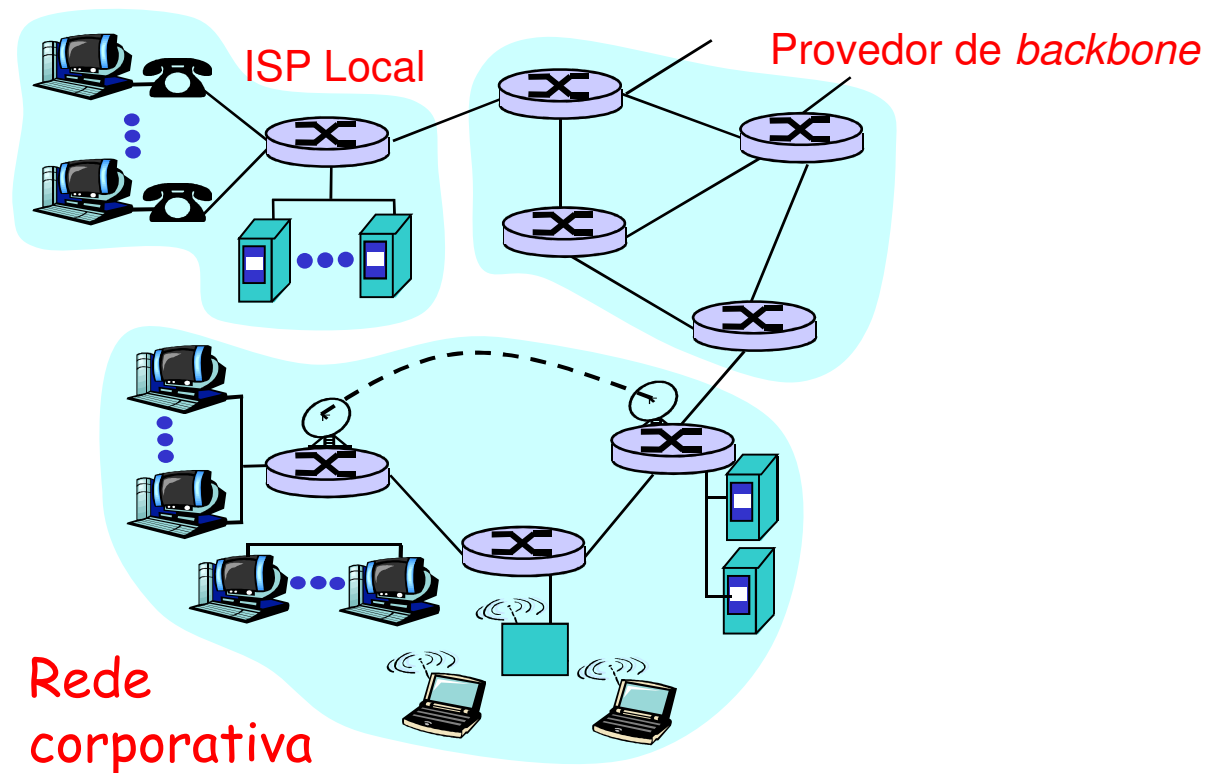
estação



servidor



móvel





Internet

Os sistemas finais, os comutadores de pacotes e outras peças da Internet executam **protocolos** que controlam o envio e o recebimento de informações dentro da Internet.



Os componentes da Internet

❑ **Protocolos:** controlam envio, recepção de mensagens:

- TCP, IP, HTTP, FTP, SSH, etc... etc...
- Protocolo define uma “capacidade”.

❑ Internet é a “**rede de redes**”.

- Aproximadamente hierárquica.
- *Internetworking*: interconexão de redes.

❑ Padrões Internet

- *RFC: Request for comments.*

<http://www.faqs.org>

- *IETF: Internet Engineering Task Force*

<http://www.ietf.org>



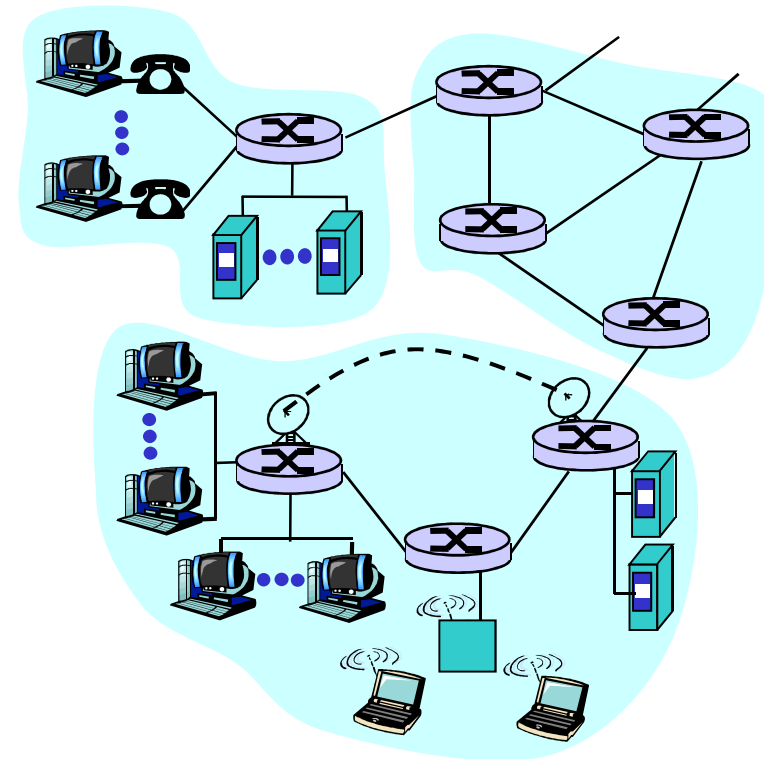
Os serviços na Internet

❑ Infra-estrutura de comunicação: possibilita aplicações distribuídas:

- WWW, correio, jogos, comércio eletrônico, P2P, bases de dados, eleições, etc...

❑ Dois serviços de comunicação oferecidos:

- Sem conexão.
- Orientado a conexão.





Cyberspaço / *Cyberspace*

Ciberespaço [William Gibson]:

“Uma alucinação consensual ...”

Neuromancer



A Internet e sua explosão para o mundo

❑ Internet dentro do mundo dos **negócios**:

World Wide Web (WWW)

- Foi adotado um **conjunto de padrões** relativamente **simples**.
- Permitiu **acessar a informação em qualquer lugar**.



WWW (1)

□ Hipertexto:

“A mente humana (...) opera por associação. De posse de um item, ela parte instantaneamente para outro que é sugerido pela associação de pensamentos, de acordo com alguma teia intrincada de trilhas levadas pelas células do cérebro.”

1945 - Vannevar Bush

RAND Co.

(United States Armed Forces / Douglas Aircraft Company)

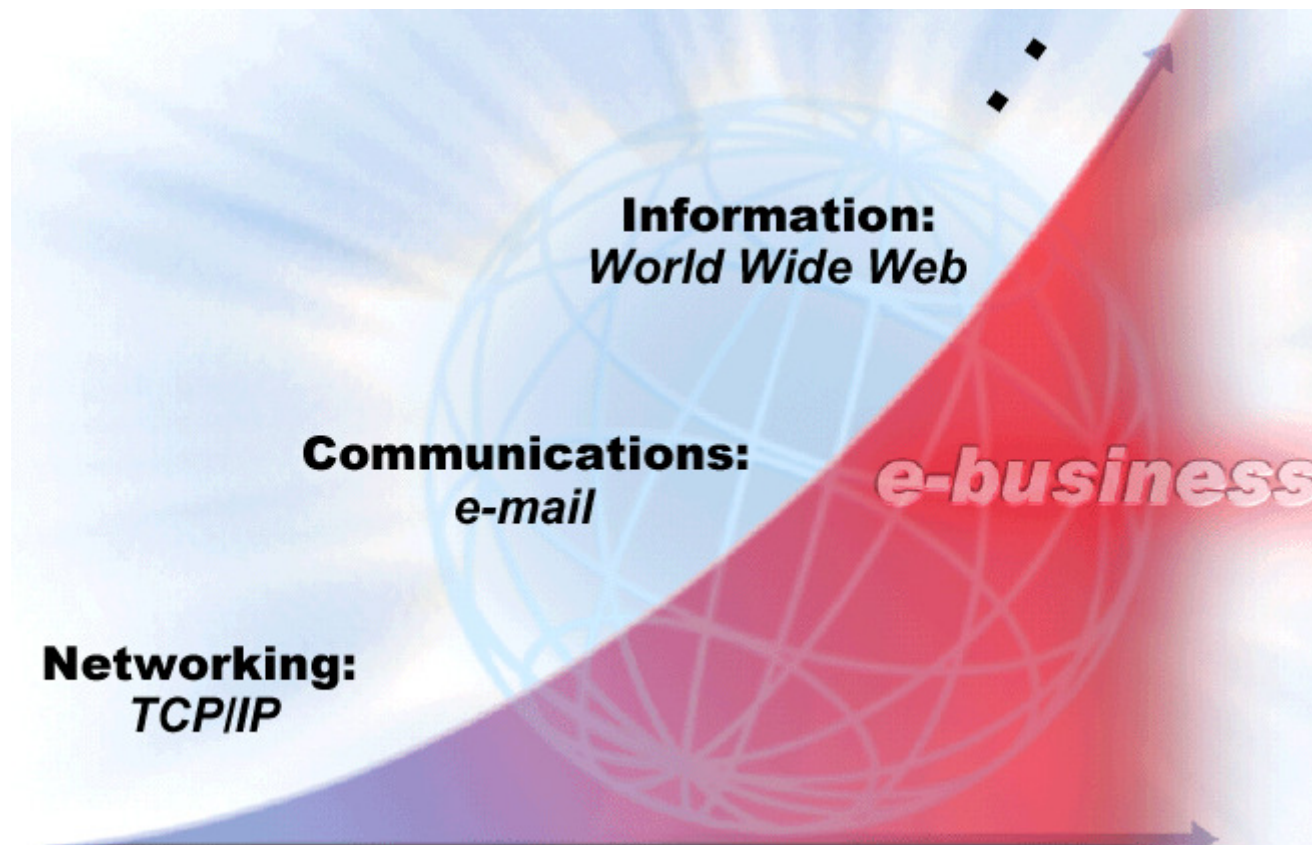


WWW (2)

- ❑ 1988 - Theodore Nelson (Xanadu Network)
- ❑ 1992 / 1993
 - Marc Andreessen e Eric Bina (NCSA - Illinois)
 - Tim Berners-Lee (CERN - Suíça)
- ❑ Acadêmica.
- ❑ Idéia certa, feita pelos motivos errados: a ligação de 200 cientistas a um número ínfimo de supercomputadores.



A Internet para o *e-business*





Afinal, o que que é um protocolo?

Protocolos humanos:

- ❑ “-Que horas são?”
- ❑ “-Tenho uma dúvida”.
- ❑ Cumprimentos / Apresentações.

... **mensagens**
específicas enviadas.

... **ações** específicas
adotadas ao receber
mensagens.

Protocolos de rede:

- ❑ **Máquinas** ao invés de gente.
- ❑ Toda comunicação na Internet é governada por **protocolos**.

FORMALISMO:

Protocolos definem **formato**, **ordem** de mensagens enviadas e recebidas entre entidades de rede, e **ações** adotadas ao enviar ou receber uma mensagem.



Protocolos

- ❑ 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.



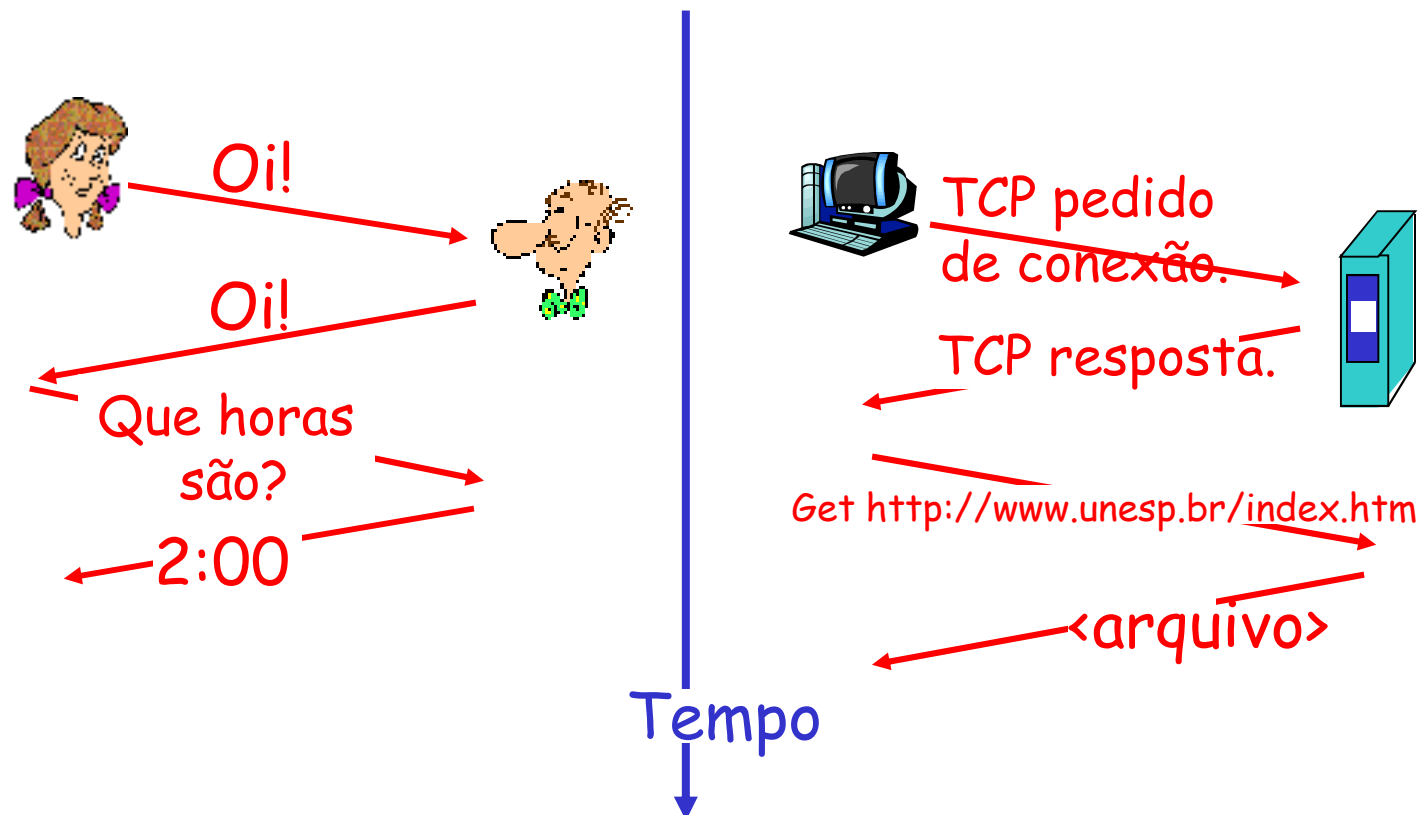
Protocolos

- ❑ Um protocolo de rede é semelhante a um protocolo humano, a diferença é que as entidades que trocam mensagens e realizam ações são componentes de hardware ou software de algum equipamento. Todas as atividades na Internet que envolvem duas ou mais entidades remotas comunicantes são governadas por um protocolo.



O que que é um protocolo?

Um protocolo humano e um protocolo de rede :





Protocolos

- ❑ O **TCP** e o **IP** são dois dos protocolos mais importantes da Internet. O protocolo IP especifica o formato dos pacotes que são enviados e recebidos entre roteadores e sistemas finais. Os principais protocolos da Internet são conhecidos coletivamente como **TCP/IP**.
- ❑ Os **padrões da Internet** são desenvolvidos pela IETF e os documentos padronizados dela são denominados **RFCs**.



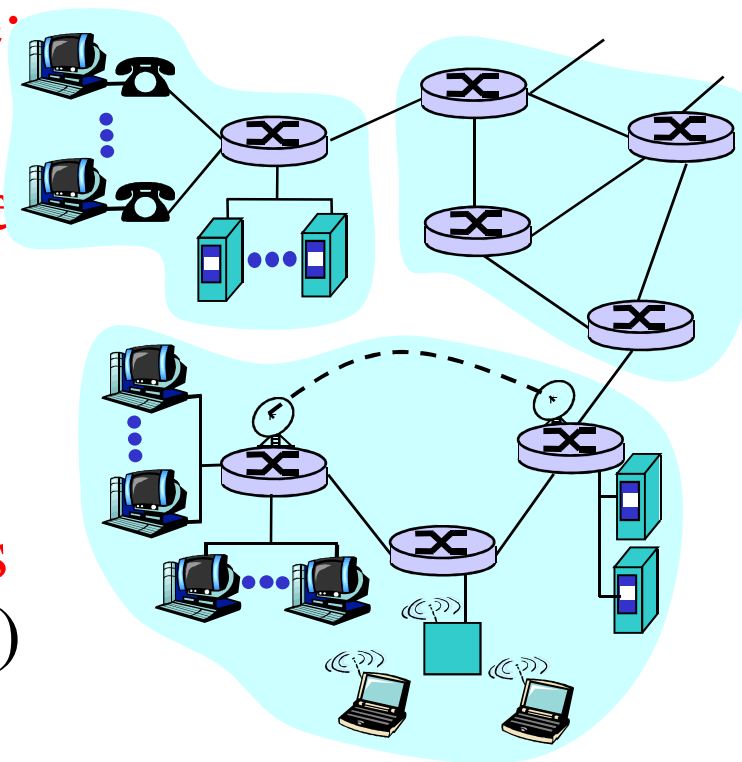
Protocolos

Existem redes privadas cujos hospedeiros não podem trocar mensagens com hospedeiros que estão fora da rede privada, elas são denominadas **intranets**, pois usam o mesmo tipo de hospedeiros, roteadores, enlaces e protocolos da Internet pública.



Detalhes sobre a estrutura da rede

- ❑ **Borda (edge)** da rede: aplicações e *hosts*.
- ❑ **Núcleo (core)** da rede
 - Roteadores.
 - Rede de redes.
- ❑ Redes de acesso são formadas pelos meios físicos: enlaces (*links*) de comunicação.





Detalhes sobre a estrutura da rede

Os computadores conectados à Internet são usualmente chamados de **sistemas finais** (computadores de mesa, servidores, computadores móveis), por que estão na periferia da internet. Sistemas finais também são denominados hospedeiros (hosts) por que hospedam programas de aplicação. Às vezes, sistemas finais são ainda subdivididos em duas categorias: **clientes** e **servidores**.



Detalhes sobre a estrutura da rede

Normalmente, clientes costumam ser PCs de mesa ou móveis, enquanto servidores tendem a ser máquinas mais poderosas que armazenam e distribuem páginas Web, vídeo em tempo real, etc.



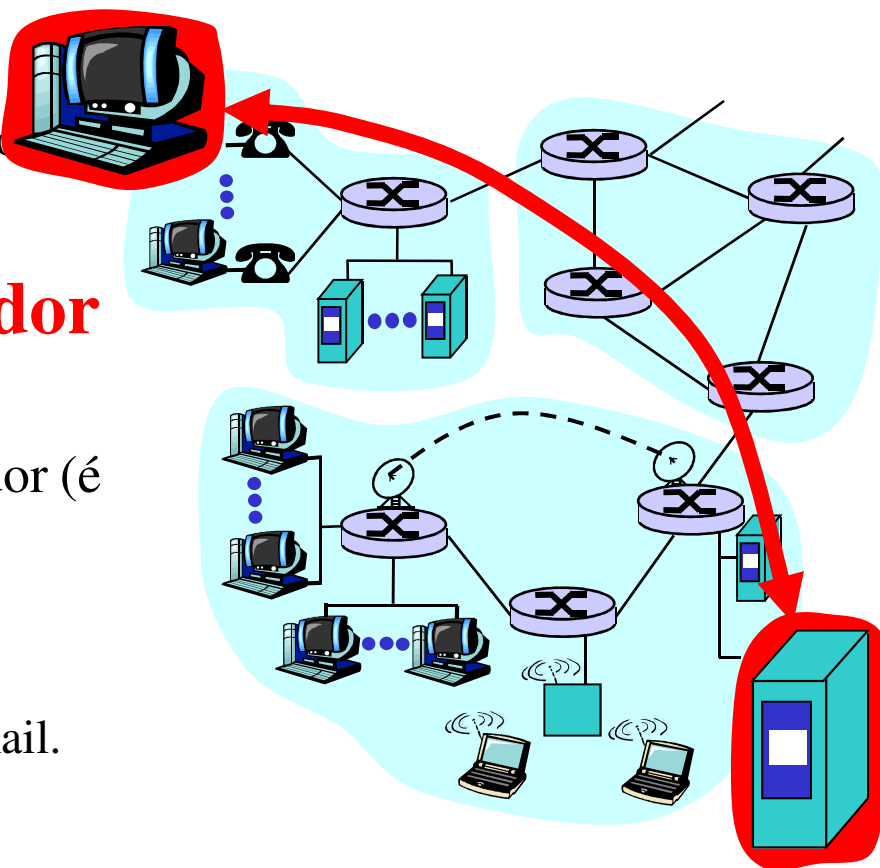
A borda da rede:

❑ Sistemas terminais:

- Rodam aplicações
 - Exemplo: WWW, correio
- Na “borda da rede”.

❑ Modelo cliente/servidor

- Cliente solicita.
- E recebe serviço do servidor (é “servido”).
 - Exemplo: cliente WWW (*browser*) / servidor;
 - Cliente / servidor de e-mail.
 - P2P.





Detalhes sobre a estrutura da rede

Um programa cliente é um programa que funciona em um sistema final, que solicita e recebe um serviço de um programa servidor, que funciona em outro sistema final. Uma vez que um programa cliente normalmente roda em um computador e o programa servidor, em outro, aplicações cliente-servidor de Internet são, por definição, **aplicações distribuídas**. Eles interagem enviando mensagens um para o outro pela Internet.



Detalhes sobre a estrutura da rede

Nem todas as aplicações de hoje consistem em programas puramente clientes ou servidores, as aplicações P2P de compartilhamento de arquivos populares, o sistema final do usuário funciona como um programa cliente(quando requisita um arquivo de outro par) e também como um programa servidor(quando envia um arquivo para outro par).



Serviços **com** e **sem** conexão.

Borda da rede



Serviços

A Internet provê dois serviços a suas aplicações distribuídas: um **serviço confiável orientado para conexão** (garante que os dados transmitidos de uma origem a um destino sejam finalmente entregues ao destinatário em ordem e completos) e um **serviço não confiável não orientado para conexão** (não oferece nenhuma garantia quanto à entrega final). A aplicação distribuída usa um ou outro desses serviços, mas não ambos.

Serviço orientado para conexão



Quando uma aplicação usa o serviço orientado para conexão, o programa cliente e o programa servidor (sistemas finais diferentes) enviam pacotes de controle um para o outro antes de remeter pacotes com dados reais que deverão ser transferidos. Este procedimento, apresentação, alerta o cliente e o servidor para que se preparem para uma rajada de pacotes. Quando o processo de apresentação for concluído uma conexão foi estabelecida entre os dois sistemas finais.

Serviço orientado para conexão



Os serviços orientados para conexão providos pela Internet vêm conjugados com diversos outros serviços, entre eles a **transferência de dados confiável**, que quer dizer que uma aplicação pode confiar que a conexão entregará todos os seus dados sem erro e na ordem certa. A confiabilidade na Internet é conseguida por meio da utilização de confirmações e retransmissões.

Serviço orientado para conexão



O **controle de fluxo** garante que nenhum dos lados de uma conexão sobrecarregue o outro enviando demasiados pacotes muito rapidamente. O serviço de **controle de congestionamento** da Internet ajuda a evitar que ela trave, quando os comutadores de pacotes ficam congestionados, seus buffers podem transbordar e pode ocorrer perda de pacotes. O serviço orientado para conexão da Internet tem um nome – **Protocolo de Controle de Transmissão (TCP)**. Entre os serviços que o TCP provê a uma aplicação estão: transporte confiável, controle de fluxo e controle de congestionamento.



Borda da rede: **serviço orientado a conexão** (1)

Meta do serviço: transferência de dados entre sistemas.

- ❑ “*handshaking*”: preparação para iniciar transferência.
 - Protocolo humano: “Oi!” - “Oi!”
 - **Serve para Criar “estado”** entre 2 sistemas que desejam se comunicar.
- ❑ TCP - *Transmission Control Protocol*
 - É o **serviço orientado a conexão** da Internet.



Borda da rede: serviço orientado a conexão (2)

Características do Serviço TCP [RFC 793]:

☐ Fluxo de bytes ordenado e confiável:

- Quando há perdas: confirmações e retransmissões

☐ Controle de fluxo:

- Remetente rápido não vai “afogar” um receptor.

☐ Controle de congestionamento:

- Remetentes reduzem a taxa de envio quando rede fica congestionada.



Serviço não orientado para conexão

Não há apresentação mútua no serviço não orientado para conexão da Internet. Quando um lado quer enviar pacotes ao outro lado, ele simplesmente envia. Como não processo de apresentação, os dados podem ser entregues mais rápido, o que torna esse serviço ideal para aplicações simples orientadas para transação.



Serviço não orientado para conexão

Porém, como não há nenhuma transferência confiável de dados, uma fonte nunca tem certeza de quais pacotes chegaram ao destino. Este serviço também não provê controle de fluxo, nem de congestionamento. O serviço de Internet não orientado para conexão é denominado **Protocolo de Datagrama do Usuário (UDP)**.



Borda da rede: **serviço sem conexão**

Meta do serviço: transferência de dados entre sistemas

Pergunta: A mesma coisa que antes ?!?

❑ **UDP** - *User Datagram Protocol* [RFC 768]:
Serviço **sem conexão** da Internet.

- Transferência de dados **não confiável**.
- Sem controle de fluxo.
- Sem controle de congestionamento.



Aplicações

Aplicações usando TCP:

- ❑ HTTP (WWW), FTP (transferência de arquivo), Telnet (acesso remoto), SMTP (correio), ssh,...

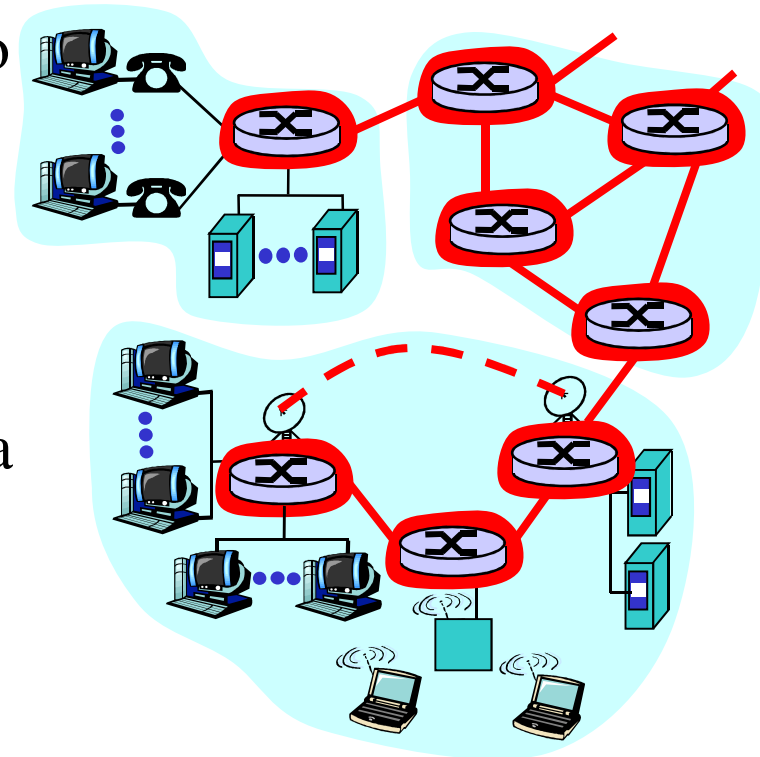
Aplicações usando UDP:

- ❑ Mídia com “*streaming*”, teleconferências, telefonia pela Internet.



Núcleo (*core*) da Rede

- ❑ Malha conexa de roteadores.
- ❑ **A questão fundamental:** como se transfere dados através da rede?
 - **Comutação de circuitos:** circuito dedicado por chamada: rede de telefonia
 - **Comutação de pacotes:** dados enviados pela rede em quantias discretas (“pedaços”).





Núcleo (*core*) da Rede

- Há duas abordagens fundamentais para montagem de um núcleo de rede:
comutação de circuitos e comutação de pacotes.



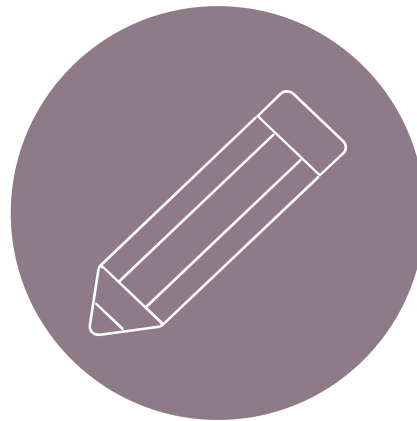
Núcleo (*core*) da Rede

- ❑ Em redes de comutação de circuitos, os recursos necessários ao longo de um caminho para prover comunicação entre sistemas finais são reservados pelo período da sessão de comunicação.



Núcleo (*core*) da Rede

- ❑ Em redes de comutação de pacotes , esses recursos não são reservados; as mensagens de uma sessão usam os recursos por demanda, e como consequência, poderão ter de esperar para conseguir acesso a um enlace de comunicação.



• ANOTA AÍ!

As redes de telefonia são exemplos de redes de comutação de circuitos. A Internet é um exemplo de rede de comutação de pacotes.



Comutação de CIRCUITOS



Comutação de Circuitos

- Quando dois sistemas finais querem se comunicar, a rede estabelece uma conexão fim-a-fim dedicada entre os dois sistemas finais. Para que o sistema final A envie mensagens ao sistema B, a rede deve primeiramente reservar um circuito em cada dois enlaces.



Comutação de Circuitos - Multiplexação

- ❑ Multiplexação: Um circuito é implementado em um enlace por **multiplexação por divisão de frequência(FDM)** ou por **multiplexação por divisão de tempo(TDM)**.



Comutação de Circuitos - Multiplexação

- ❑ Com FDM, o espectro de frequência de um enlace é compartilhado entre as conexões estabelecidas através do enlace que reserva uma banda de frequência para cada conexão durante o período da ligação.



Comutação de Circuitos - Multiplexação

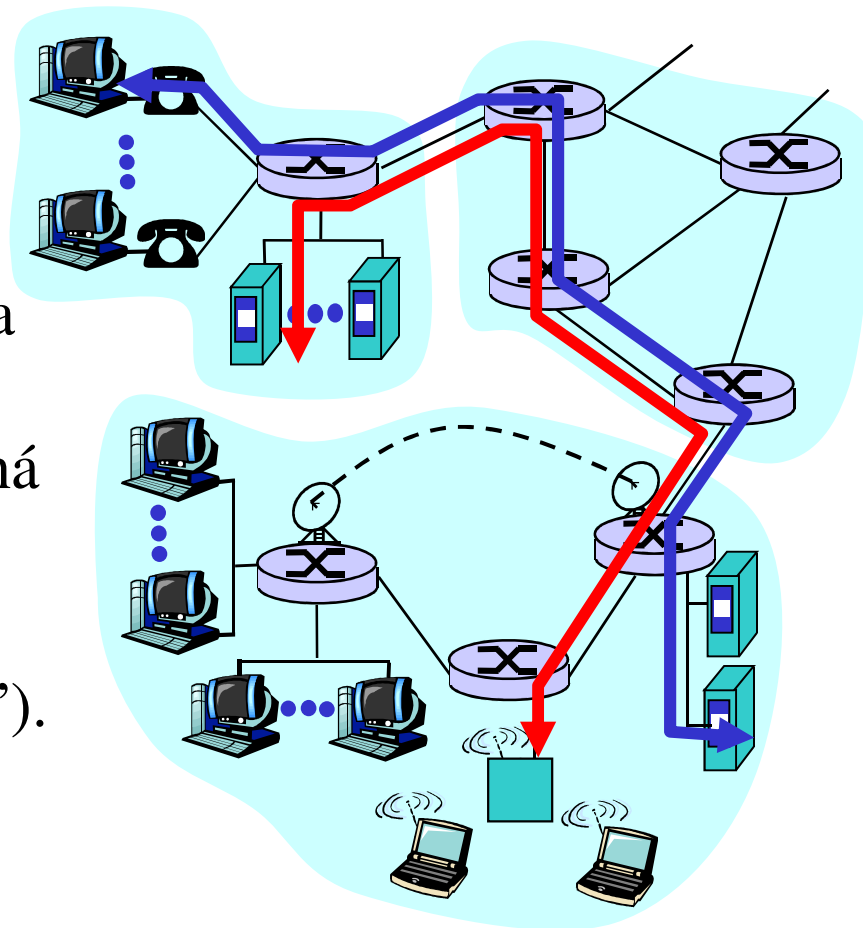
- ❑ Em um enlace TDM, o tempo é dividido em quadros de duração fixa, e cada quadro é dividido em um numero fixo de compartimentos (slots) Quando estabelece uma conexão por meio de um enlace, a rede dedica à conexão um compartimento de tempo em cada quadro. Esses compartimentos são reservados para o uso exclusivo dessa conexão, e um dos compartimentos de tempo (em cada quadro) fica disponível para transmitir os dados dela.



Núcleo da Rede: comutação de **circuitos** (1)

Recursos fim a fim reservados para a “chamada”

- ❑ Banda de enlace baseada na capacidade de comutação.
- ❑ **Recursos dedicados:** não há compartilhamento.
- ❑ Desempenho é garantido.
- ❑ Requer fase inicial (“*setup*”).





Núcleo da Rede: comutação de **circuitos** (2)

Recursos de rede **dividido em “pedaços”**.

- Por exemplo: Banda (*bandwidth*)

- ☐ Pedaços alocados para as chamadas.
- ☐ Recurso fica **ocioso** se não é usado pela chamada.
- ☐ **Não há compartilhamento.**



Exemplo:

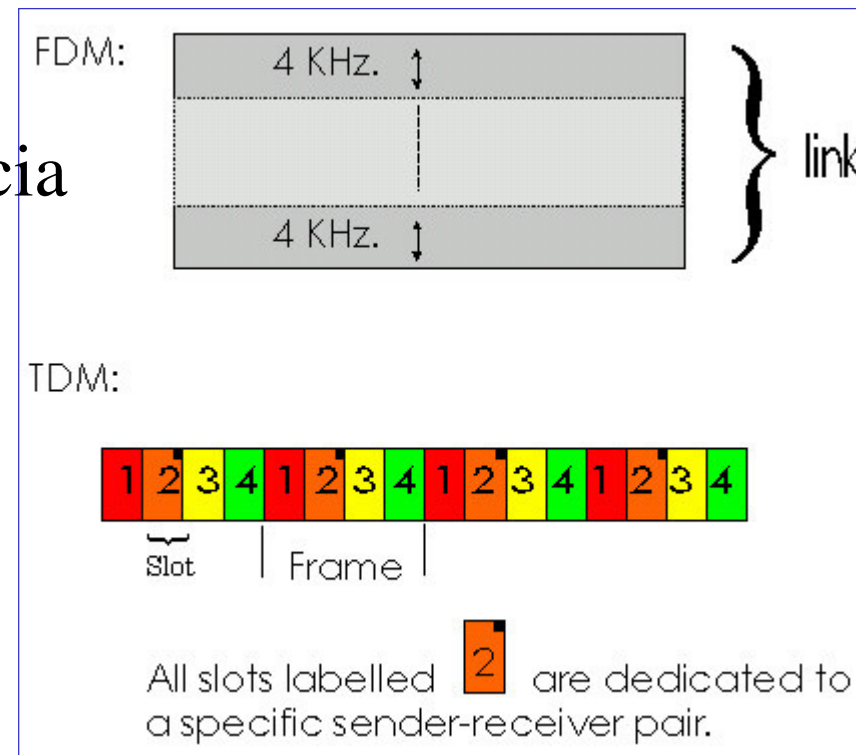
- ❑ Um circuito de **1 Mbps** só pode acomodar **10 usuários** que consomem **100 Kbps**.
 - Estejam eles transmitindo ou não.
- ❑ Digamos que os usuários só transmitam 10% do tempo: **há muita ociosidade do canal**.
 - Será comparado mais adiante.



Núcleo da Rede: comutação de **circuitos** (3)

Divisão de banda em
“pedaços”

- ❑ Divisão por frequência
(*FDMA - Frequency Division Multiplexing Access*)
- ❑ Divisão por tempo
(*TDMA - Time Division Multiplexing Access*)



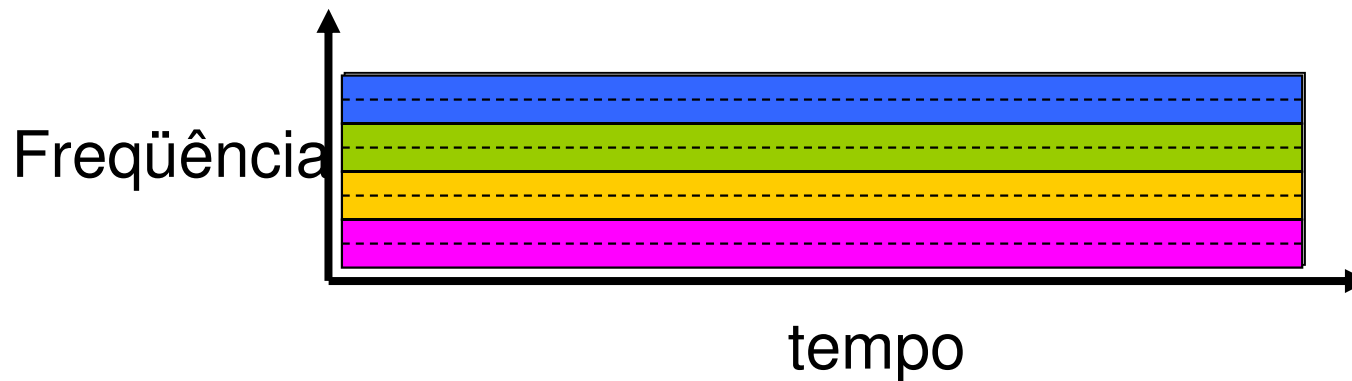
Comutação de Circuitos: FDMA e TDMA



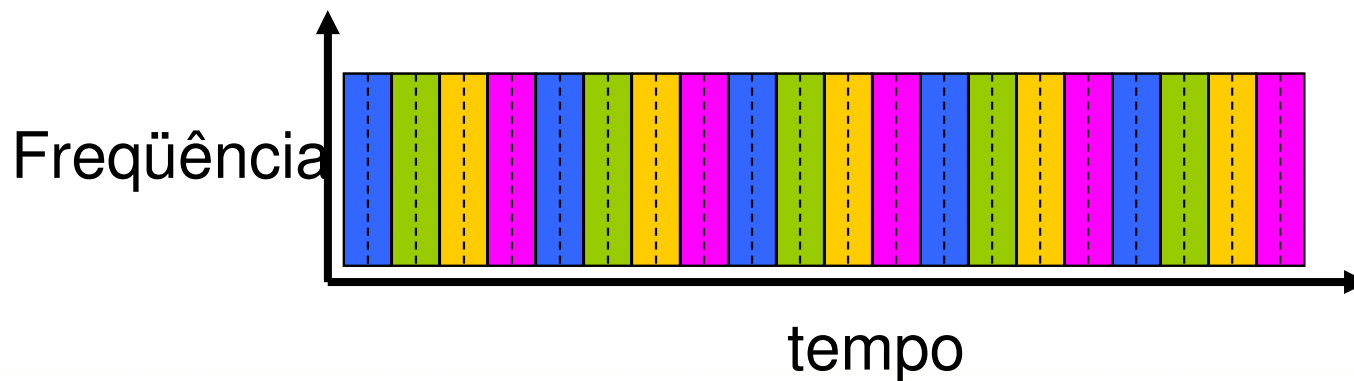
FDMA

Exemplo:

4 usuários    



TDMA





Comutação de PACOTES



Comutação de pacotes

- ❑ Em redes de computadores modernas, o originador fragmenta mensagens longas em porções de dados menores, os pacotes. Entre origem e destino, cada um desses pacotes percorre enlaces de comunicação e comutadores de pacotes.



Comutação de pacotes

- ❑ Pacotes são transmitidos por cada enlace de comunicação a uma taxa igual à de transmissão total do enlace. A maioria dos comutadores de pacotes armazena e reenvia os pacotes nas entradas dos enlaces, onde ele deve receber o pacote inteiro antes de poder começar a transmitir o primeiro bit do pacote para o enlace de saída



Comutação de pacotes

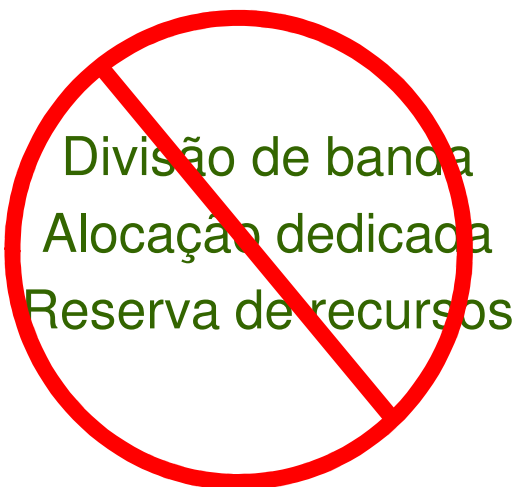
- Assim, eles introduzem um atraso de armazenamento e reenvio na entrada de cada enlace (se um pacote consiste em L bits e deve ser reenviado por um enlace de saída de R bps, então $\text{atraso} = L/R$).



Núcleo da Rede: comutação de **pacotes** (1)

Cada fluxo de dados da origem ao destino é dividido em pacotes:

- ☐ Pacotes **compartilham** recursos.
- ☐ **Cada pacote usa a banda inteira** do enlace.
 - Veremos exemplo mais adiante.
- ☐ Recursos usados sob demanda.





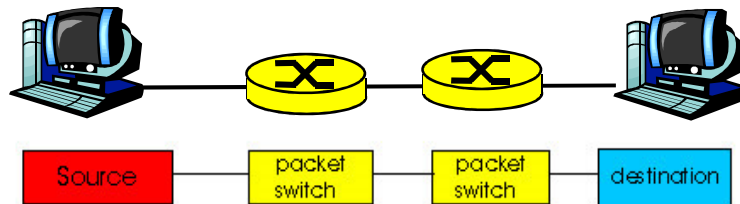
Núcleo da Rede: comutação de **pacotes** (2)

Contenção de recursos:

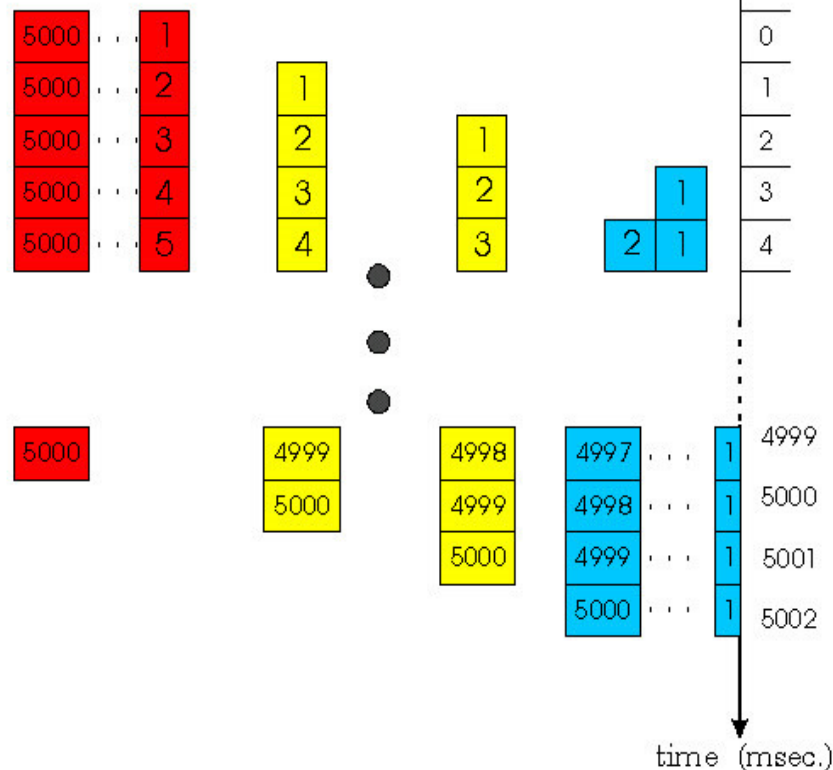
- ☐ Demanda agregada pode exceder os recursos disponíveis.
- ☐ **Congestionamento:**
 - Fila de pacotes em espera para uso do enlace.
- ☐ Armazena e re-encaminha (*forward*):
 - Pacotes passam por um enlace a cada vez.
 - **Transmite através do enlace.**
 - Aguarda vez para o próximo.



Núcleo da Rede: comutação de pacotes (3)



Comutação de pacotes:
“armazena e re-encaminha”
(*store-and-forward*)



- Cada link 1,5 Mbps
- 7,5 Mbits = 5000 pacotes de 1,5 Kbits

Coisas acontecem ao mesmo tempo:
1o. Pacote leva 1 ms até router 1
1o. Pacote leva 2 ms até router 2

Mas pacote 2 já começa a vir para router 1 = 1 ms
1o. Pacote chega ao destino em 3ms
enquanto isso o pacote 2 chega no router 2 em 2 ms
etc...

Tempo total para os 5000 pacotes é de 5,002 seg.



Núcleo da Rede: comutação de pacotes (3)

- ❑ Cada link 1,5 Mbps
- ❑ Total de 7,5 Mbits para transmitir = 5000 pacotes de 1,5 Kbits

Coisas acontecem ao mesmo tempo:

1º. Pacote leva 1 ms até *router* 1

1º. Pacote leva 2 ms até *router* 2

- ❑ Mas pacote 2º. já começa a vir para router 1 = 1 ms.
 - ❑ 1o. Pacote chega ao destino em 3ms.
 - ❑ enquanto isso o pacote 2 chega no router 2 em 2 ms.
- etc...

Tempo total para os 5000 pacotes é de 5,002 seg.



Comutação de pacotes X comutação de circuitos

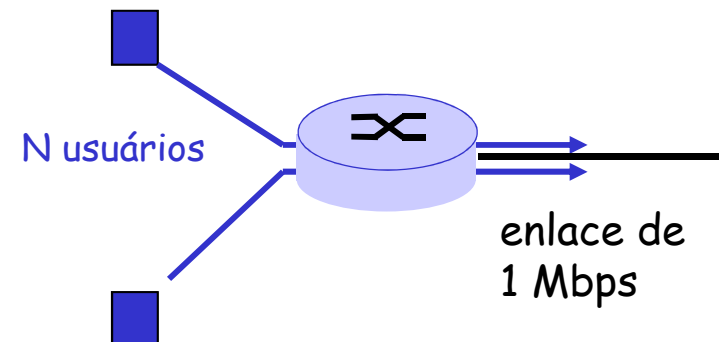
- ❑ Comutação de circuitos aloca previamente a utilização do enlace de transmissão independentemente de demanda, com desperdício de tempo de enlace desnecessário alocado e não utilizado. Comutação de pacotes, por outro lado, aloca utilização de enlace por demanda. A capacidade de transmissão do enlace será compartilhada pacote por pacote somente entre os usuários que tenham pacotes que precisem ser transmitidos pelo enlace. Tal comportamento de recursos por demanda (e não por alocação prévia) às vezes é denominado **multiplexação estatística** de recursos.



Comutação de pacotes X comutação de circuitos (1)

Comutação de pacotes permite admitir mais usuários!

- ❑ Enlace de 1 Mbps.
- ❑ Suponha que cada usuário:
 - 100 Kbps quando “ativo”
 - Ativo 10% do tempo
- ❑ Comutação de circuitos:
 - Comporta só 10 usuários.
 - Tem que reservar a banda toda.

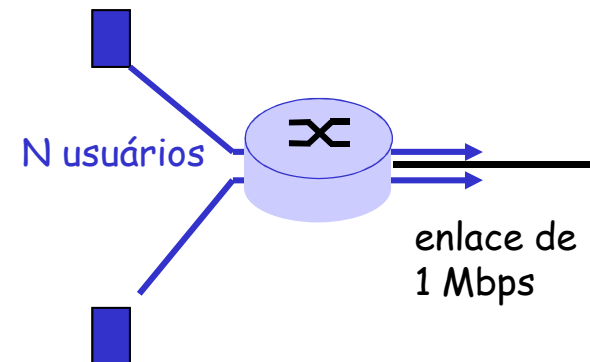




Comutação de pacotes X comutação de circuitos (2)

Comutação de pacotes permite admitir mais usuários!

- ❑ Enlace de 1 Mbps.
- ❑ Cada usuário:
 - 100 Kbps quando “ativo”
 - Ativo 10% do tempo
- ❑ Comutação de pacotes:
 - Probabilidade de haver um usuário específico ativo é 0,1 (ou seja, 10%).
 - Se houver **35 usuários**: a **probabilidade de haver mais de 11 ou mais usuários ativos simultâneos é menor que 0,0004** (Exercício)





Comutação de pacotes X comutação de circuitos (3)

- ❑ Usuário quando ativo gera dados a 100 Kbps.
 - Prob. de **MAIS** de 10 usuários ativos é 0.0004
 - Prob. 10 ou **MENOS** usuários ativos é 0.9996
- ❑ Moral da estória:
 - numa rede de *packet switching* de 1 Mbps existe probabilidade **$P = 0.9996$** dos 35 usuários terem disponível a **mesma banda** que existiria em uma rede *circuit switching* de 1 Mbps com 10 usuários.
 - Suporta 3 vezes mais usuários que *circuit switch*.



Comutação de pacotes X comutação de circuitos (3)

Comutação de pacotes será sempre o melhor?

- ❑ Ótimo para dados em **rajadas**
 - Compartilha recursos.
 - Não requer inicialização do circuito (*setup*).
 - ❑ Questões a serem tratadas:
 - **Se há congestionamento excessivo:** ocorrem retardo e perdas.
 - Mas, há protocolos necessários **para transferência confiável** de dados e **controle de congestionamento**.
 - **Como prover (simular) comportamento de circuitos?**
 - Garantias de banda necessárias para aplicações de áudio/vídeo.
- (...é um problema ainda sem solução)



Redes de acesso e meio físico



Redes de acesso e meios físicos

- Há duas grandes classes de redes de comutação de pacotes: redes de datagramas (qualquer rede que transmite pacotes segundo endereços de sistemas finais de destino, ex: roteadores) e redes de circuitos virtuais (qualquer rede que transmita pacotes segundo números de circuitos virtuais).



Redes de circuitos virtuais

- ❑ Um circuito virtual pode ser imaginado como uma conexão virtual entre um sistema final de origem e um sistema final de destino. Um identificador de circuito virtual será atribuído a CV quando ele for estabelecido pela primeira vez entre a fonte e o destino. Qualquer pacote que faça parte do CV terá esse identificador em seu cabeçalho.



Redes de circuitos virtuais

- ❑ Quando um pacote chega a um comutador de pacotes, este examina o ID CV, indexa a sua tabela e transmite o pacote ao enlace de saída. Um comutador em uma rede de CVs mantém informação de estado para suas conexões em curso, cada vez que uma nova conexão é ativada por um comutador, um novo registro de conexão deve ser adicionado à tabela de tradução dele, e cada vez que uma conexão é desativada, um registro deve ser removido da tabela.



Redes de datagrama

- ❑ Redes de datagramas são análogas, em muitos aspectos, ao serviço postal. Quando um remetente envia uma carta a um destino, ele a coloca em um envelope e nele escreve o endereço do destinatário. Em uma rede de datagramas, cada pacote que transita por ela contém em seu cabeçalho o endereço de destino.



Redes de datagrama

- ❑ Quando um pacote chega a um comutador de pacotes da rede, ele examina uma parte do endereço de destino do pacote e o remete a um comutador adjacente. Redes de datagramas não mantêm informação de estado de conexão em seus comutadores.



Redes de pacotes e roteamento

- ❑ **Meta:** mover pacotes entre roteadores da origem ao destino.
 - Serão estudados algoritmos de seleção de rota (Cap. 4)
- ❑ **Rede de datagramas:**
 - *endereço de destino* determina próximo passo.
 - rotas podem mudar durante uma sessão.
 - analogia: dirigindo, perguntando o caminho.
- ❑ **Rede de circuitos virtuais:**
 - Cada pacote carrega rótulo (ID de circuito virtual), rótulo determina próximo passo.
 - Rota fixa determinada em *tempo de estabelecimento da chamada*, permanece fixa durante a chamada.
 - Roteadores mantêm estado por chamada.



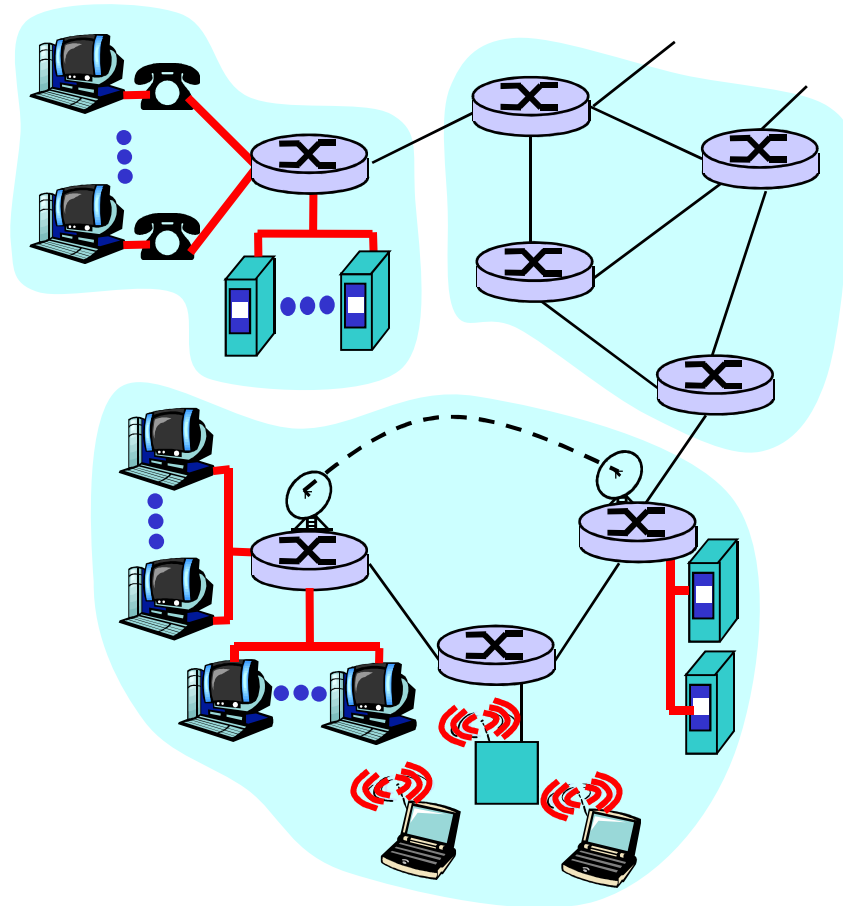
Redes de acesso e meios físicos

❑ Como ligar sistemas terminais ao 1º. roteador?

- Redes de acesso residencial.
- Redes de acesso institucional (escola, empresa, etc...).
- Redes de acesso móvel.

Características principais:

- Qual a Banda (*bits per second*) da rede de acesso?
- É Compartilhada ou dedicada?





Acesso residencial

- ❑ Refere-se à conexão de um sistema final residencial a um roteador de borda(primeiro roteador de um caminho entre um sistema final e qualquer outro sistema final remoto). Uma forma comum de acesso residencial é o **modem discado** ligado por uma linha telefônica a um ISP residencial. O modem converte o sinal digital de saída do PC em formato analógico para transmissão pela linha telefônica(é a mesma usada para fazer chamadas telefônicas normais).



Acesso residencial

- ❑ Na outra extremidade da linha telefônica analógica , um modem no ISP converte o sinal analógico novamente para sinal digital para entrar no roteador ISP. A rede de acesso é simplesmente um par de modems juntamente com uma linha telefônica ponto a ponto discada.



Acesso residencial

- ❑ Como o acesso discado é lento e impede a utilização normal da linha telefônica, novas tecnologias surgiram, como a banda larga que oferece taxas mais altas de bits a usuários residenciais, além de fornecer meios para que os usuários acesse a Internet e falem ao telefone ao mesmo tempo. Há dois tipos comuns de acesso banda larga, o DSL e o HFC.



Acesso residencial

- ❑ O acesso DSL normalmente é fornecido por uma companhia telefônica, às vezes em parceria com um ISP independente. A DSL usa multiplexação por divisão de frequência. Diferentemente de modems discados, as DSLs foram explicitamente projetadas para distancias curtas entre modems residenciais e modems de ISP, o que permite taxas de transmissão substancialmente mais altas do que as de acesso discado.



Acesso residencial

- ❑ Enquanto DSL e modems discados usam linhas telefônicas comuns, redes de acesso HFC são extensões das redes de cabos existentes usadas para transmissão de TV a cabo. Como acontece com a DSL, o HFC requer modems especiais, denominados modems a cabo, eles dividem a rede HFC em dois canais, um canal na direção do usuário(descida) e um na direção do provedor(subida).



Acesso residencial

- ❑ Como na DSL, taxa de transmissão de descida normalmente é maior do que a de subida. A rede HFC é um meio de transmissão compartilhado. DSL e HFC possuem serviços sempre disponíveis.



Acesso corporativo

- ❑ Refere-se à conexão de sistemas finais de uma empresa ou instituição educacional à rede(roteador de borda). Nesses locais, normalmente é usada uma rede local (LAN). O roteador de borda é responsável pelo roteamento de pacotes cujo destino é externo à LAN.



Acesso corporativo

- ❑ A tecnologia Ethernet é, hoje, a que predomina em redes corporativas, como o HFC, ela usa um meio compartilhado, de modo que usuários finais compartilham a velocidade de transmissão da LAN.



Acesso corporativo

- ❑ A tecnologia Ethernet é, hoje, a que predomina em redes corporativas, como o HFC, ela usa um meio compartilhado, de modo que usuários finais compartilham a velocidade de transmissão da LAN.



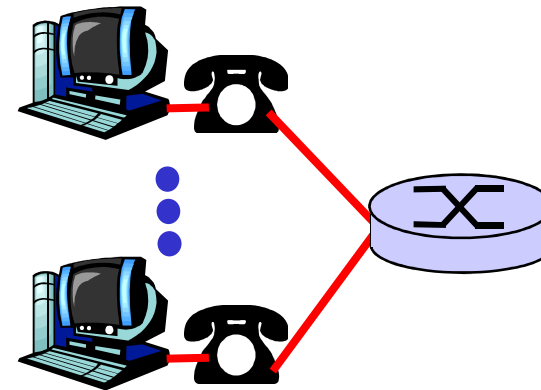
Acesso sem fio

- Há duas categorias amplas de acesso sem fio à Internet. Nas LANS sem fio, os usuários sem fio transmitem/recebem pacotes de/para uma estação-base dentro de um raio de algumas dezenas de metros. No acesso sem fio usa-se um espectro de rádio para conectar um sistema final portátil a uma estação-base, que estará conectada um roteador de borda.



Acesso residencial: acesso ponto a ponto

- ❑ Discado via modem (*dial-up*)
 - até 56Kbps, acesso “direto” ao roteador.
- ❑ **ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line**
 - Até 4 Mbps de casa ao roteador.
 - Até 34 Mbps do roteador a casa.
 - Disponibilidade de ADSL :
Telefônica, Telemar, etc...



Canal Voice: **de 0 a 4 KHz**
Canal Upload: **4KHz a 50 KHz**
Canal Download: **50 KHz e 1 MHz**



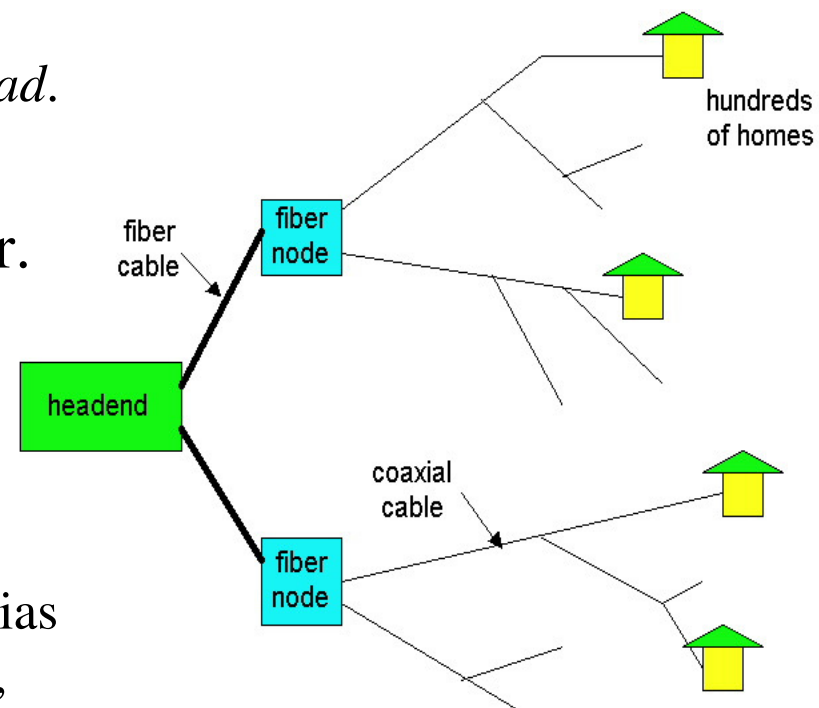
Acesso residencial: *cable modems*

□ HFC: *hybrid fiber coax*

- assimétrico: até 10Mbps *download* e 1 Mbps para *upload*.

□ Rede de cabo e fibra liga a casa ao roteador do provedor.

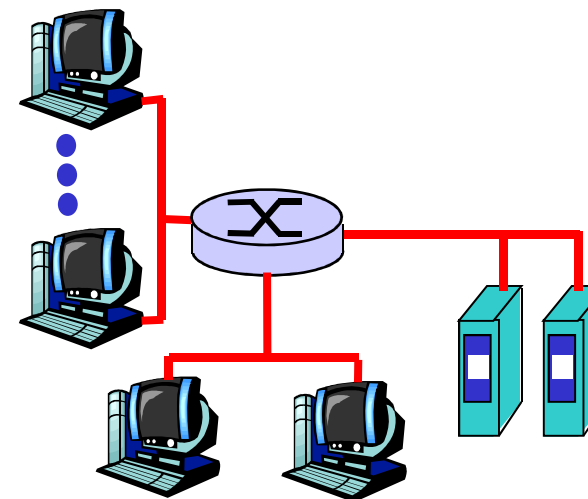
- Acesso compartilhado ao roteador pelas casas.
- Problemas: dimensionamento, congestionamento.
- Disponibilidade: via companhias de TV a cabo, Exemplo: NET, TVA.





Acesso institucional: redes locais

- ❑ **Rede local** (LAN) liga sistema terminal ao 1º roteador.
- ❑ **Ethernet:** cabo compartilhado ou dedicado usado para acesso ao roteador. 10 Mbps, 100Mbps, Gigabit Ethernet
- ❑ **Disponibilidade:** Corporações e instituições, redes domésticas ...
- ❑ LANs - Redes locais.





Redes de acesso sem fio (*wireless*)

- ❑ Rede de acesso sem fio
liga ao roteador
- ❑ **Redes locais sem fio:**
 - Espectro de rádio substitui cabo.
 - Mais usados: 802.11g de 54 Mbps.
 - Também usada para ligações ponto a ponto (rede *ad-hoc*).
- ❑ **Acesso sem fio não local**
 - Acesso sem fio ao roteador do provedor via rede de telefonia celular.
 - Celular 3G.

roteador



estação
base



sistemas
móveis



Meios Físicos

- ❑ Os meios físicos se enquadram em duas categorias, **meios guiados e meios não guiados**. Nos meios guiados, as ondas são dirigidas ao longo de um meio sólido, tal como um cabo de fibra ótica, um par de fios de cobre trançado ou um cabo coaxial. Nos meios não guiados, as ondas se propagam na atmosfera e no espaço, como é o caso de uma LAN sem fio ou de um canal digital de satélite. O custo de um enlace físico é em geral relativamente insignificante em comparação a outros custos da rede.



Par de fios de cobre trançado

- ❑ Meio de transmissão guiado mais barato e mais comumente usado. Esse par é constituído de dois fios de cobre isolados, cada um com aproximadamente um milímetro de espessura, enrolados em espiral. Os fios são trançados para reduzir a interferência elétrica de pares semelhantes que estejam próximos. Tecnologia de modem discado e DSL usam pares trançados..



Meios físicos

❑ Enlace físico:

Bit de dados transmitido propaga através do enlace.

❑ Meio guiado:

- Sinais propagam em meios sólidos: cobre, fibra.

❑ Meios não guiados:

- Sinais propagam livremente, p.ex., rádio

Par trançado

(Twisted Pair - TP)

❑ Dois fios isolados de cobre.

- Categoria 3: fio telefônico tradicional, ethernet de 10 Mbps
- Categoria 5: ethernet de 100Mbps





Cabo coaxial

- ❑ Como o par trançado, o cabo coaxial é constituído de dois condutores de cobre, porém concêntricos e não paralelos, é bidirecional. Cabos coaxiais são muito comuns em sistemas de televisão a cabo.



Fibras óticas

- ❑ A fibra ótica é um meio delgado e flexível que conduz pulsos de luz, sendo que cada um desses pulsos representa um bit. Suporta taxas de transmissão elevadíssimas. Fibras óticas são imunes à interferência eletromagnética, têm baixíssima atenuação de sinal de até cem km e são muito difíceis de derivar. Essas características fizeram da fibra ótica o meio preferido para a transmissão guiada de grande alcance, em particular para cabos submarinos.

Meios físicos: cabo coaxial, fibra

Cabo coaxial:

- ☐ Fio (portador do sinal) dentro de um fio (blindagem)
 - Banda básica: canal único no cabo.
 - Banda larga: múltiplos canais no cabo.
- ☐ Bidirecional.
- ☐ Uso era comum em *Ethernet* de 10Mbps



Cabo de fibra ótica:

- ☐ Fibra de vidro iluminada por pulsos de luz
- ☐ Operação de alta velocidade:
 - *Ethernet* de 100Mbps
 - Transmissão de alta velocidade ponto a ponto (p.ex., **10 Gbps**)
- ☐ Baixa taxa de erros.
- ☐ 2 tipos de fibra: monomodo, multimodo.





Canais de rádio terrestre

- ❑ Canais de rádio carregam sinais dentro do espectro eletromagnético. Sua instalação não requer cabos físicos, podem atravessar paredes, dão conectividade ao usuário móvel e, podem transmitir um sinal a longas distancias. Suas características dependem do ambiente de propagação e da distancia pela qual o sinal deve ser transmitido. Condições ambientais determinam perda de sinal no caminho e atenuação por efeito de sombra e interferência. Podem ser classificados em dois grupos, os de pequeno alcance, e os de longo alcance..



Canais de rádio por satélite

- Existem dois tipos de satélites usados para comunicação, satélites geoestacionários e satélites de baixa altitude. Os geoestacionários ficam permanentemente sobre o mesmo lugar na Terra, estão a grandes distâncias da Terra e causam atraso de propagação. Os de baixa altitude são posicionados muito mais próximos da Terra e não ficam permanentemente sobre um único lugar, giram ao redor da Terra.



Meios físicos: rádio (1)

- ❑ Sinal enviado pelo espectro eletromagnético.
- ❑ Sem “fio” físico.
- ❑ Bidirecional.
- ❑ Efeitos sobre propagação do ambiente:
 - Reflexão.
 - Obstrução por objetos.
 - Interferência.



Meios físicos: rádio (2)

Tipos de enlace de rádio:

☐ Microondas

- p.ex. canais até 155 Mbps

☐ Rede local (p.ex. 802.11B, G e N)

- 11Mbps e 54Mbps

☐ Longa distância (p.ex., celular)

- p.ex. CDPD, 10's Kbps ou 3G em alta velocidade.

☐ Satélite

- Canais de até 50Mbps (ou múltiplos canais menores)
- Retardo ponto a ponto de 270 ms.
- Geosíncrono X LEOS (*Low Earth Orbit Satellite*)



Atrasos / *Delays*



Atrasos / Delays

- Quando um pacote viaja da sua origem para seu destino, ele sofre, ao longo do caminho, diversos tipos de atraso em cada nó(sistema final ou roteador) existente no caminho.



Atrasos em redes de pacotes

Pacotes experimentam
atraso em caminhos fim
a fim.

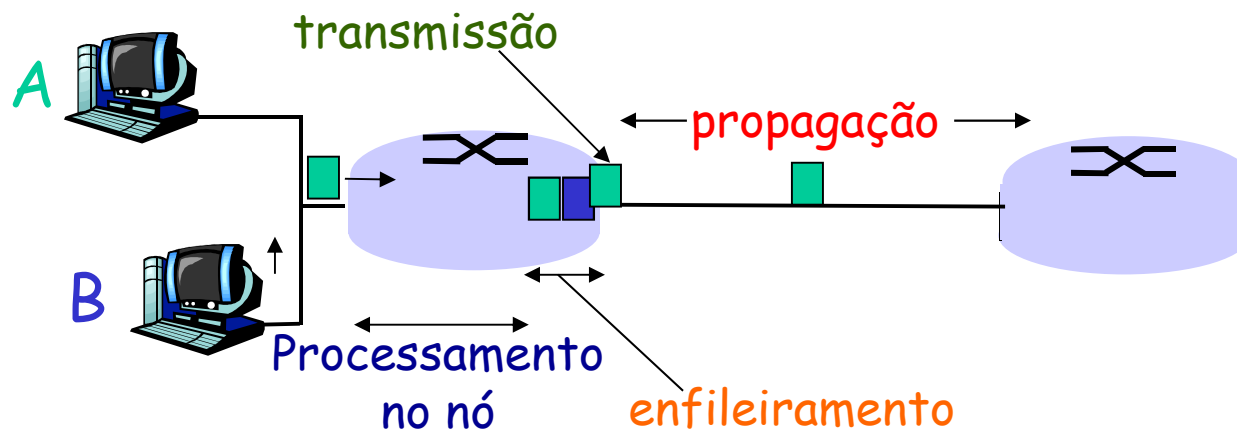
❑ **Quatro** causas de atraso
a cada enlace:

❑ Transmissão.

❑ Propagação.

❑ Processamento.

❑ Enfileiramento.





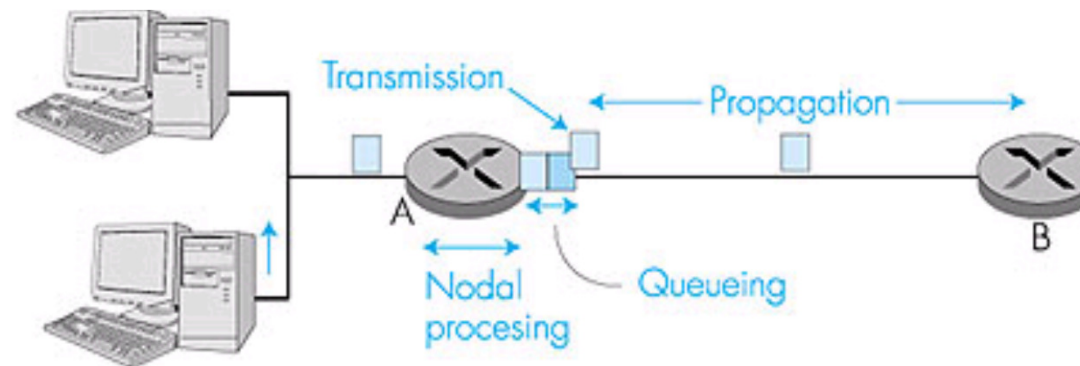
Atrasos ou retardos (*delays*)

Enquanto um pacote viaja de um nó (seja um *host* ou *router*) até o nó subsequente, o pacote sofre diversos tipos diferentes de atraso **em cada nó ao longo do trajeto**.

Os mais importantes atrasos são:

- Atraso de **processamento** nodal (referente a cada nó) $\rightarrow d_{\text{proc}}$
- Atraso de **enfileiramento** $\rightarrow d_{\text{queue}}$
- Atraso de **transmissão** $\rightarrow d_{\text{trans}}$
- Atraso de **propagação** $\rightarrow d_{\text{prop}}$

Atraso nodal total $\rightarrow d_{\text{nodal}}$.





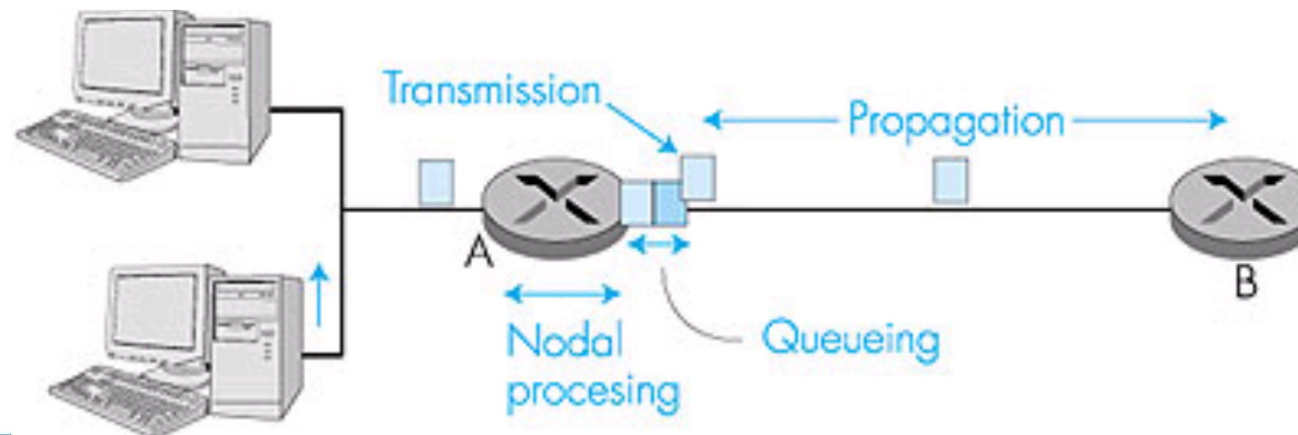
Atrasos de processamento

- ❑ O tempo requerido para examinar o cabeçalho do pacote e determinar para onde direcioná-lo é parte do atraso de processamento, que pode incluir outros fatores, como o tempo necessário para verificar erros em bits existentes. Geralmente esses atrasos são da ordem de microssegundos.



Atraso de Processamento

- (d_{proc}) **Atraso de Processamento**: O tempo requerido para examinar o cabeçalho do pacote e determinar onde enviar o pacote.
- O atraso de processamento pode também incluir outros fatores, tais como **o tempo necessário para verificar se há erros** eventualmente ocorridos ao transmitir o pacote do host ao *router* A.
- Os **atrasos de processamento** em *routers* de alta-velocidade estão tipicamente na ordem dos **microsegundos** ou menores.
- Após este processamento, o *router* envia o pacote à fila que precede a ligação até o router B.





Atrasos de fila

- ❑ O pacote sofre um atraso de fila enquanto espera para ser transmitido no enlace. O tamanho desse atraso dependerá da quantidade de outros pacotes que chegaram antes e que já estiverem na fila. Se a fila estiver vazia, então o tempo de atraso de fila do pacote será zero, porém se o tráfego estiver pesado e houver muitos pacotes também esperando, o atraso será longo. Esses atrasos são da ordem de micro a milissegundos.



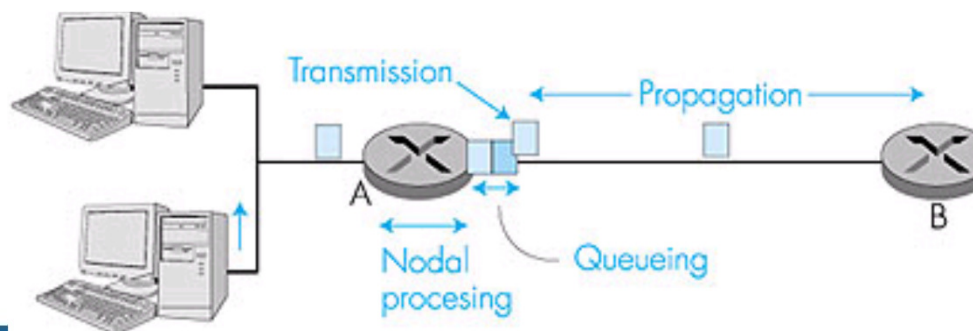
Atraso de Fila

Uma vez na fila, o pacote experimenta **um atraso de enfileiramento** d_{queue} enquanto espera para ser transmitido na ligação.

Variável: **O atraso de enfileiramento de um pacote depende da quantidade de outros pacotes, que chegaram antes, e que estão na fila aguardando a transmissão** através do link.

Se a fila estiver vazia, e nenhum outro pacote estiver sendo transmitido no momento, então o **atraso de enfileiramento do pacote é zero**.

Já **se o tráfego for pesado**, e muitos outros **pacotes** também **estiverem esperando** para ser transmitidos, o **atraso de enfileiramento será longo**.





Atrasos de transmissão

- Um pacote é transmitido depois que todos os pacotes que chegaram antes dele tenham sido enviados. O atraso de transmissão é L/R (onde L é o tamanho do pacote e R é a velocidade de transmissão do enlace do roteador A ao roteador B). Esta é a quantidade de tempo requerida para empurrar (transmitir) todos os bits do pacote para o enlace. Da ordem de micro a milissegundos.



Atraso de Transmissão (1)

d_{trans} depende da **LARGURA de BANDA** (velocidade) do enlace.

Pacotes são transmitidos de maneira **first-come-first-serve**.

Se o comprimento do pacote por **L bits**, e a taxa da transmissão do link do **router A** ao **router B** de **R bits/sec**.

A taxa **R** é a **taxa da transmissão da ligação entre os routers**.

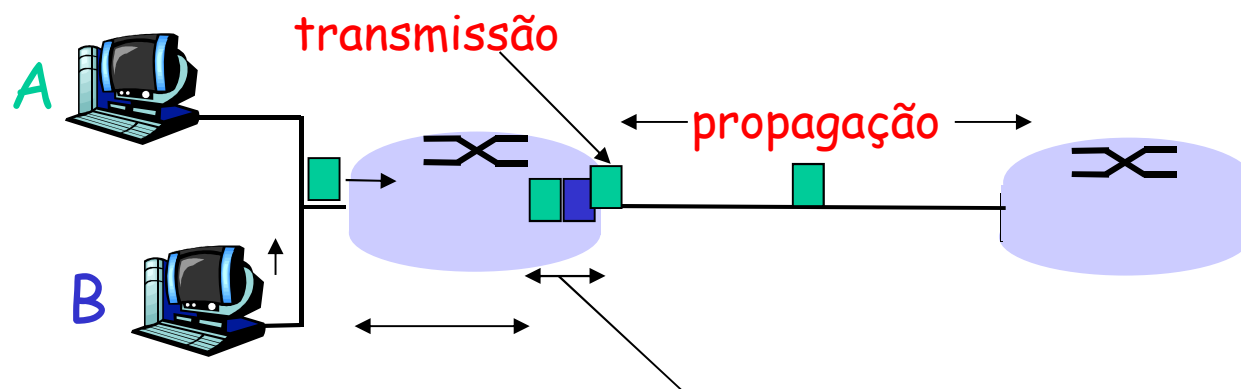
- Ethernet 100 Mbps $\rightarrow R = 100$ Mbps
- Wi-fi 802.11g $\rightarrow R = 54$ Mbps
- **Atraso de transmissão** $d_{trans} = L/R \rightarrow$ é a **quantidade de tempo para transmitir todo o pacote no link**.
- Na prática, os atrasos da transmissão estão tipicamente na ordem dos **microsegundos**, ou menos.



Atraso de Transmissão (2)

- ❑ R = banda do enlace (bps)
 - ❑ L = tamanho do pacote (bits)
 - ❑ Tempo (atraso) para transmitir pacote no enlace
- $$d_{\text{trans}} = L/R$$

ATENÇÃO! Cuidado para não confundir com “atraso de propagação” (visto a seguir)





Atrasos de propagação

- Assim que lançado no enlace, um bit precisa se propagar até o roteador B. O tempo necessário para propagar o bit desde o início do enlace até o roteador B é o atraso de propagação. O atraso de propagação é D/S (onde D é a distancia entre os dois roteadores e S é a velocidade de propagação do enlace).



Atraso de Propagação (1)

(d_{prop}) PROPAGAÇÃO:

Uma vez que um bit seja empurrado no *link*, ele precisa se deslocar para o roteador seguinte. O tempo gasto para propagar do começo do link até o router B é o **atraso da propagação**.

A velocidade da propagação depende do meio físico do *link* (isto é, fibra multimodo, fio de cobre par-trançado, e assim por diante) e está na escala de 2×10^8 m/s a 3×10^8 m/s (\cong **velocidade de luz**).

O atraso da propagação é a distância entre dois routers dividida pela velocidade da propagação do sinal no link. $d_{prop} = S / v$

Em redes WAN, os atrasos da propagação estão na ordem dos **milissegundos**.



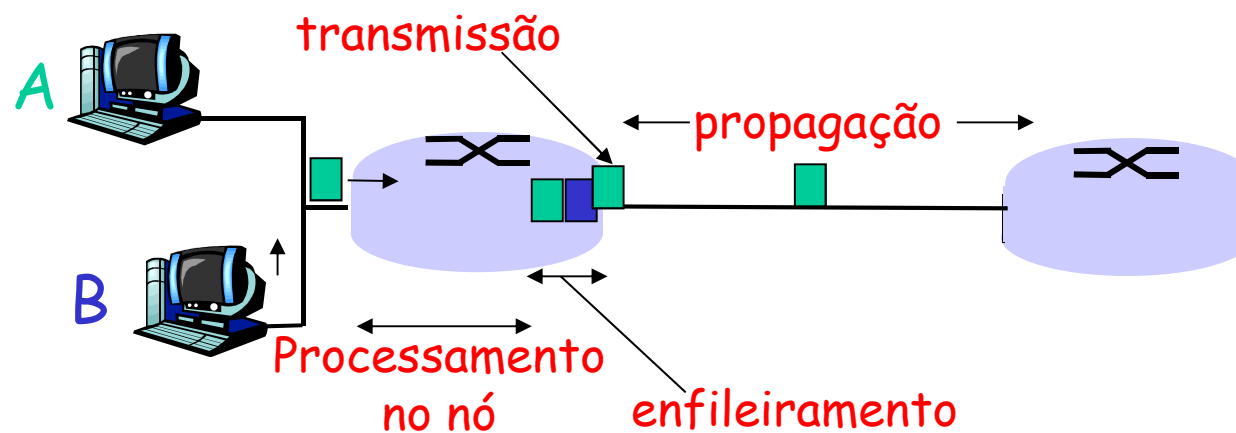
Atraso na PROPAGAÇÃO (2)

Retardo de propagação:

- s = distância do enlace
- v = velocidade de propagação.
($\sim 2 \times 10^8$ metros/sec)
- Atraso de propagação = s/v

Note: v e R são
quantidades
muito diferentes!

R = banda do enlace (bps)





Comparando atrasos de propagação e de transmissão

❑ O atraso de transmissão é a quantidade de tempo requerida para o roteador empurrar o pacote para fora (não tem nada a ver com a distância entre os dois roteadores) e atraso de propagação é o tempo que leva para um bit se propagar de um roteador ao outro (não tem nada a ver com o tamanho do pacote).



Comparando atrasos de propagação e de transmissão

Importante entender a diferença entre o atraso de transmissão e o atraso de propagação. A diferença é sutil, mas importante.

Atraso da transmissão: quantidade de tempo exigida para o router **EMPURRAR** o pacote. Depende do **comprimento do pacote** e da **taxa da transmissão do link**, mas não tem nada fazer com a distância entre os dois routers.

Atraso da propagação: tempo que um bit leva para **propagar de um router ao seguinte**. É uma função da distância entre os dois routers, mas não tem nada ver com o comprimento do pacote, nem com a taxa da transmissão da ligação.



Em redes de pacotes

- O mesmo ocorre em redes *packet-switched*: os primeiros bits em um pacote podem chegar em um router quando muitos dos bits restantes no pacote ainda esperam para ser transmitidos pelo router precedente → já discutido em redes de comutação de pacotes
- Considerando d_{proc} , d_{queue} , d_{trans} , e d_{prop} denotando respectivamente o atraso de processamento, o atraso de enfileiramento, o atraso de transmissão, e atraso de propagação, o **atraso nodal total** é dado por

$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

A contribuição destes componentes do atraso pode variar significativamente.



Atrasos em fila

- Depende da **intensidade de tráfego** a qual é dada por **$L.A/R$** (onde L é o tamanho de todos os pacotes, A é a taxa média com que os pacotes chegam à fila e R é a taxa com que os bits são retirados da fila).



Atrasos em fila

- Se a intensidade for maior que 1, então a velocidade média com que os bits chegam à fila excederá a velocidade com que eles podem ser transmitidos para fora, então a fila irá aumentar sem limite e o atraso tenderá ao infinito. Porém se a intensidade for próxima a zero, então as chegadas de pacotes serão poucas e bem espaçadas e é improvável que um pacote que esteja chegando encontre outro na fila.



Queue delay - o atraso de fila (1)

- Ao contrário de outros três atrasos (a saber, d_{proc} , d_{trans} , e d_{prop}) o **atraso de fila pode variar de pacote para pacote.**
- - Exemplo: se **10 pacotes chegarem em uma fila vazia ao mesmo tempo**, o **primeiro pacote** transmitido **não sofrerá nenhum atraso de fila**, enquanto o **último pacote transmitido sofrerá um atraso de fila relativamente grande** (enquanto espera outros nove pacotes serem transmitidos).
- Ao caracterizar o atraso de fila, usa-se **medidas estatísticas**, tais como o **atraso médio da fila**, a **variância do atraso**, e a **probabilidade** que o atraso de fila exceda algum valor específico.



Queue delay - o atraso de fila (2)

- Denote como sendo “ **a** ” a **taxa média em que os pacotes **chegam** à fila** (**a** é dado em pacotes/seg).
- Suponha também, para simplicidade, que todos os **pacotes consistem em L bits**.
- Então a **taxa média** em que os bits chegam à fila é
 (La) bits/seg



Queue delay - o atraso de fila (3)

- ❑ **R é a taxa da transmissão**, isto é, a taxa em que os bits são eliminados da fila (**em bits/seg**).
- ❑ Suponha que a fila é muito grande, e pode acomodar essencialmente um **número infinito dos bits**. (Claro que isso não é verdade: próximo slide)
- ❑ Então a relação **L_a/R** , é chamada de **intensidade do tráfego** → representa papel importante para estimar o atraso da fila.



Descarte de pacotes

- Quando um pacote chega e encontra uma fila cheia, sem espaço disponível para armazená-lo, o roteador descartará esse pacote, isto é, ele será perdido.

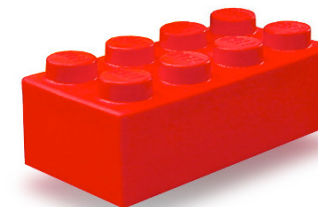
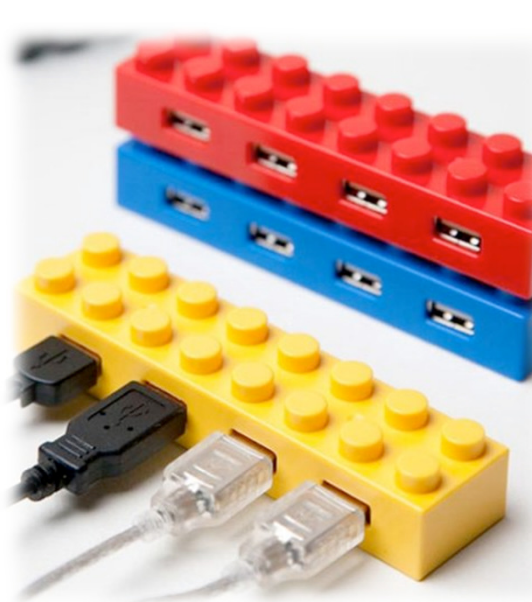


Descarte (“*Drop*”) de pacotes

- ❑ **A capacidade da fila não é infinita**, os atrasos de pacote não se aproximam realmente a infinito → os pacotes **se perdem**.
- ❑ **Um pacote pode chegar e encontrar uma fila cheia.**
 - Sem ter lugar para armazenar ou tratar o pacote, o router **descarta** o pacote → “**drop**” do pacote.
 - Ou seja: o pacote **será perdido**.
- ❑ **A fração de pacotes perdidos aumenta enquanto a intensidade do tráfego aumenta.**
 - Conseqüentemente, o desempenho em um nó é medido não somente nos termos do atraso, mas também nos termos da **probabilidade da perda do pacote**.



Camadas de Protocolos





“Camadas” de Protocolos

Redes são complexas!

☐ Muitos componentes:

- *Hosts*.
- Roteadores.
- *Links* de diversos meios.
- Aplicações.
- Protocolos.
- Hardware, software...

Pergunta:

Como **organizar** a estrutura da rede?



Organização de viagens aéreas

passagem (compra)

passagem (reclama)

bagagem (entrega)

bagagem (recupera)

portão (embarque)

portão (desembarque)

decolagem

aterriçagem

roteamento do avião

roteamento do avião

□ Uma série de passos...



Organização de viagens aéreas: outra visão

passagem (compra)	passagem (reclama)
bagagem (<i>entrega</i>)	bagagem (recupera)
portão (embarque)	portão (desembarque)
decolagem	aterriçagem
roteamento do avião	roteamento do avião

Camadas: cada camada **implementa um serviço.**

- Através das **ações internas** da própria camada.
- Usando os **serviços providos pela camada inferior.**



Viagens aéreas em camadas: serviços

Entrega balcão a balcão de passageiros / bagagem

Entrega de bagagem do *check-in* à esteira

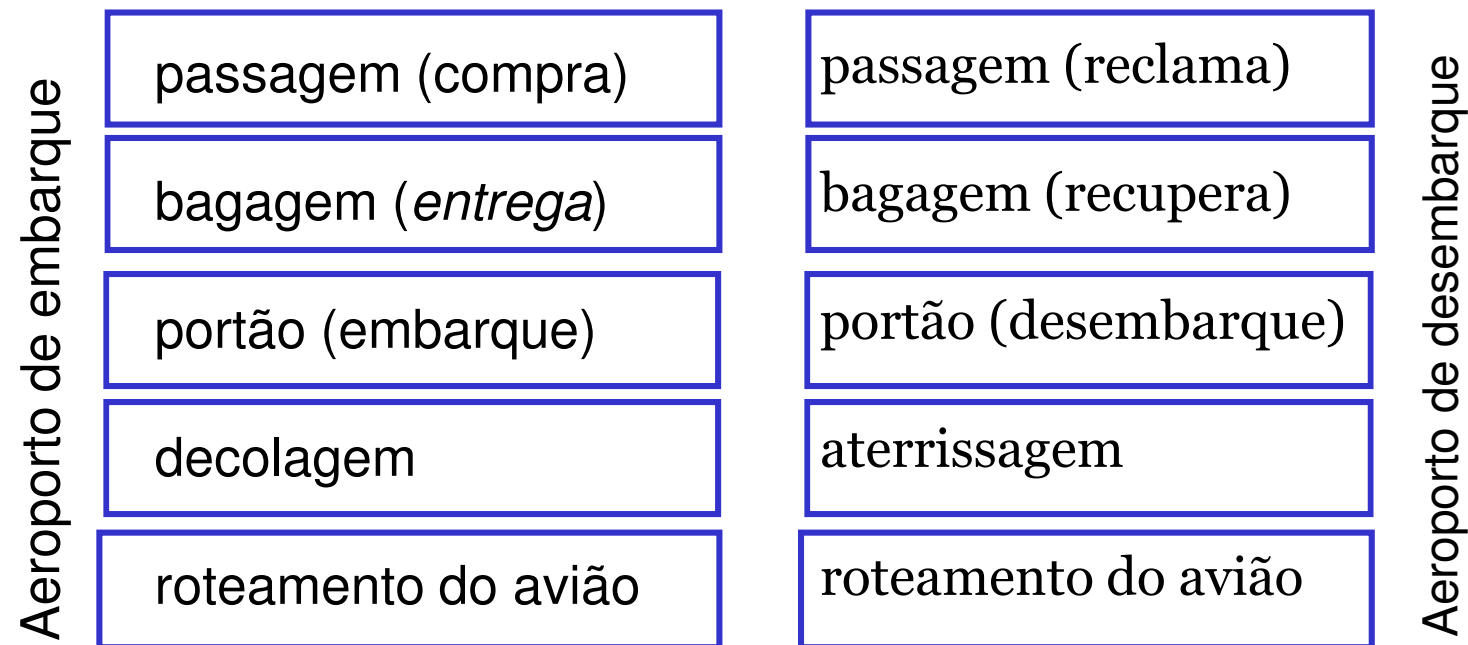
Entrega pessoas: pessoal embarque - ao pessoal desembarque

Entrega de avião: aeroporto a aeroporto

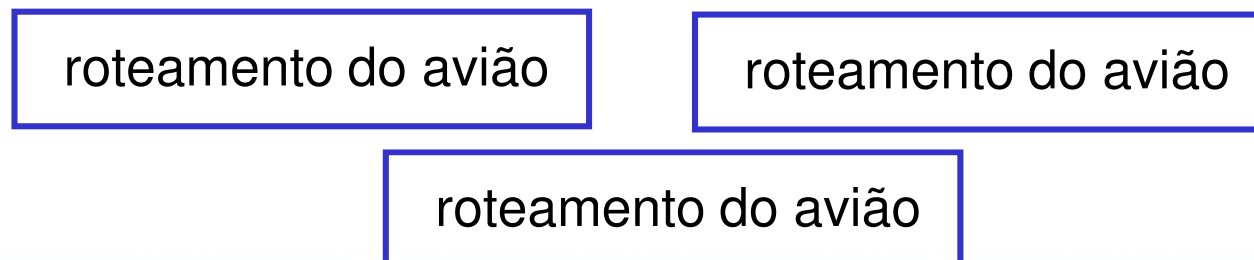
Roteamento do avião da origem ao destino



Implementação distribuída da funcionalidade das camadas



locais intermediários de tráfego aéreo





Por que usar camadas?

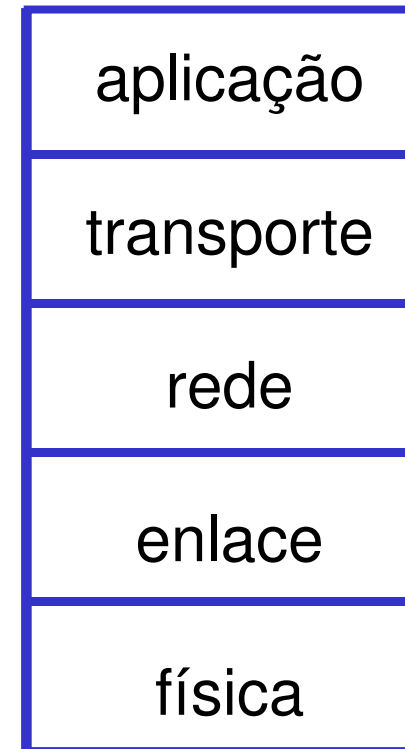
Ao lidar com sistemas complexos:

- ❑ Estrutura permite identificação e relações entre componentes de um sistema complexo.
 - **Forma-se um modelo de referência.**
- ❑ Modularização facilita **manutenção e atualização** do sistema.
 - **Mudanças** de implementação do serviço da camada **são invisíveis** ao resto do sistema.
 - **Exemplo: mudança no procedimento do portão não afeta o resto do sistema.**



Pilha de protocolos da Internet

- ❑ **Aplicação:** suporta aplicações de rede
 - FTP, SMTP, HTTP, TELNET, etc...
- ❑ **Transporte:** transferência de dados entre sistemas terminais
 - TCP ou UDP.
- ❑ **Rede:** roteamento de datagramas da origem ao destino
 - IP = protocolos de roteamento.
- ❑ **Enlace:** transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
 - PPP, frame relay, *ethernet*.
- ❑ **Física:** *bits* “nos cabos”.
 - Na verdade: variação do meio (ondas).





Camada de aplicação

- É onde residem aplicações de rede e seu protocolos. Inclui muitos protocolos como o HTTP, SMTP e o FTP.



Camada de transporte

- ❑ Transporta mensagens da camada de aplicação entre os lados do cliente e servidor. Há dois protocolos de transporte na Internet, o TCP e o UDP, e qualquer um deles pode levar mensagens de camada de aplicação.



Camada de rede

- ❑ É responsável pela movimentação, de uma máquina para outra, de pacotes de camada de rede conhecidos como datagramas. Tem dois componentes principais. Um deles é o protocolo que define os campos no datagrama, bem como o modo como os sistemas finais e os roteadores agem nesses campos(protocolo IP). O outro componente é o protocolo de roteamento que determina as rotas que os datagramas seguem entre origens e destinos.



Camada de enlace

- ❑ Roteia um datagrama por meio de uma série de comutadores de pacotes entre a origem e o destino. Pacotes de camada de enlace serão denominados quadros.



Camada de física

- A tarefa da camada física é de movimentar os bits individuais que estão dentro do quadro de um nó para o seguinte.



Camadas, mensagens, segmentos, datagramas e quadros

- Uma mensagem de camada de aplicação na máquina emissora é passada para a camada de transporte, esta pega a mensagem e anexa informações adicionais que serão usadas pela camada de transporte do receptor. A mensagem de camada de aplicação e as informações de cabeçalho da camada de transporte, justas, constituem o segmento de camada de transporte, que encapsula a mensagem de camada de



Camadas, mensagens, segmentos, datagramas e quadros

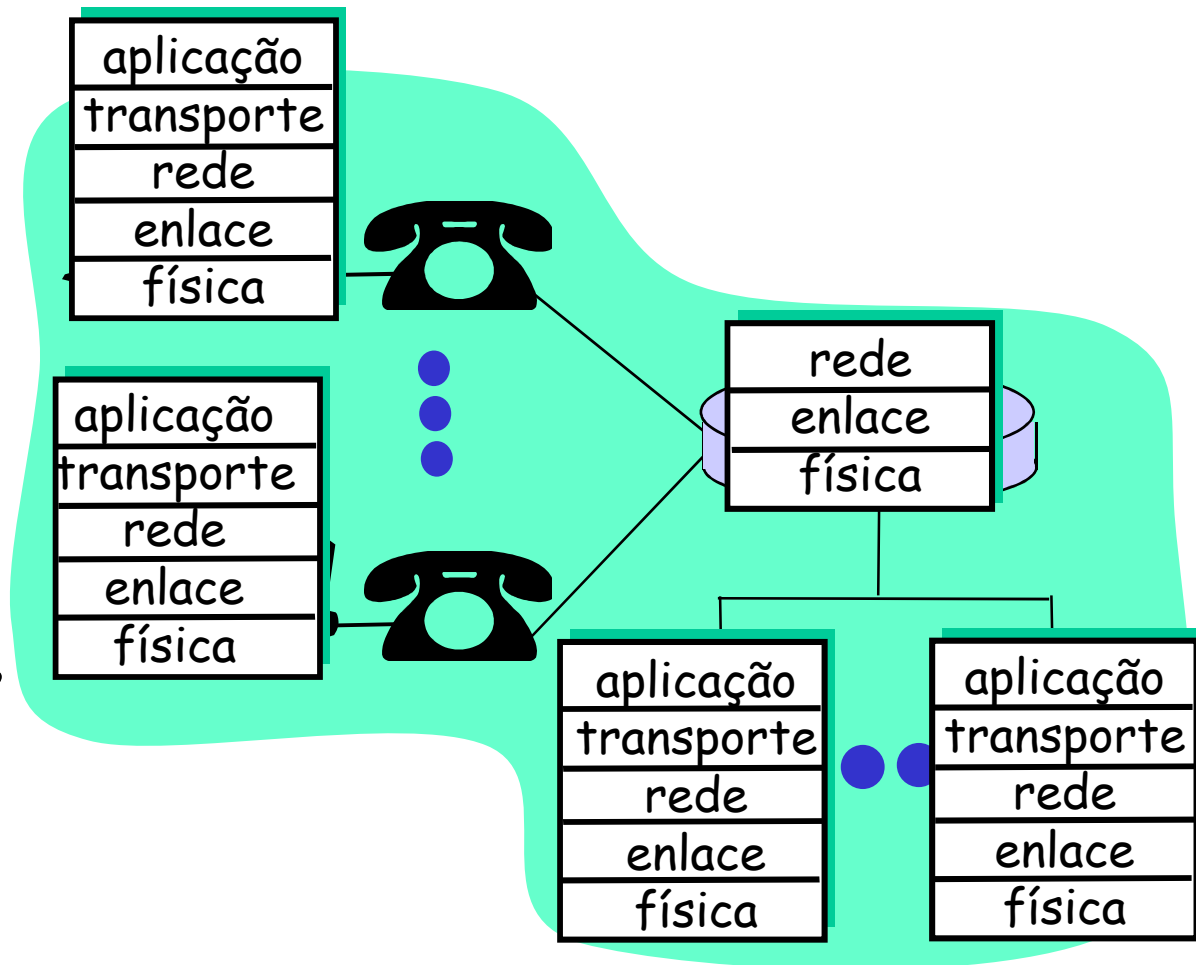
- ❑ A camada de transporte então passa o segmento à camada de rede que adiciona informações de cabeçalho de camada de rede, como endereços de sistemas finais de origem e de destino, criando um datagrama de camada de rede, este então é passado para a camada de enlace que adiciona suas informações e cria um quadro de camada de enlace. O nome disso é **encapsulamento**.



Camadas: comunicação lógica

Cada camada:

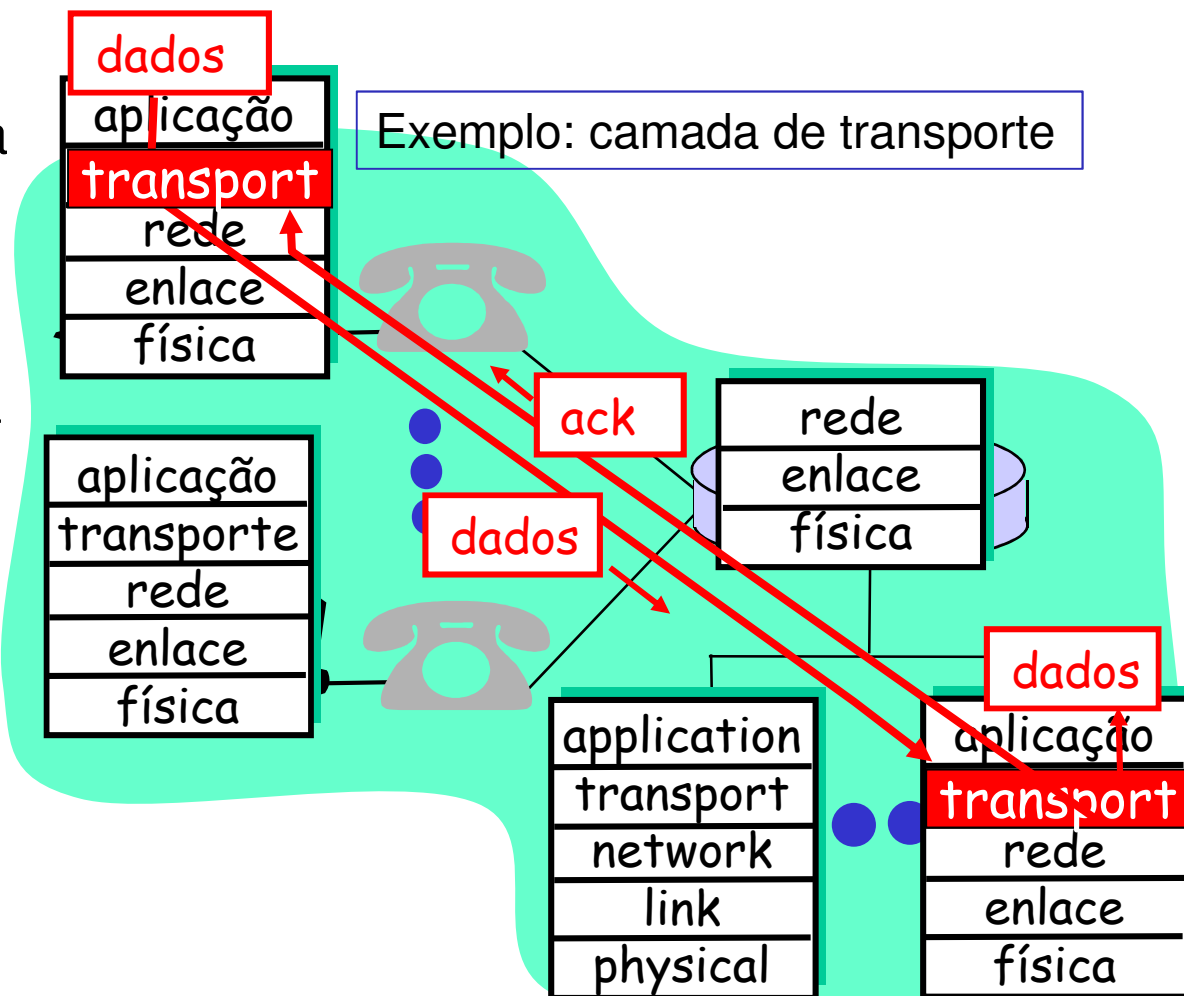
- ❑ Distribuída.
- ❑ “Entidades” implementam funções da camada em cada nó.
- ❑ Entidades realizam ações, **trocam mensagens** com pares.





Camadas: comunicação *lógica*

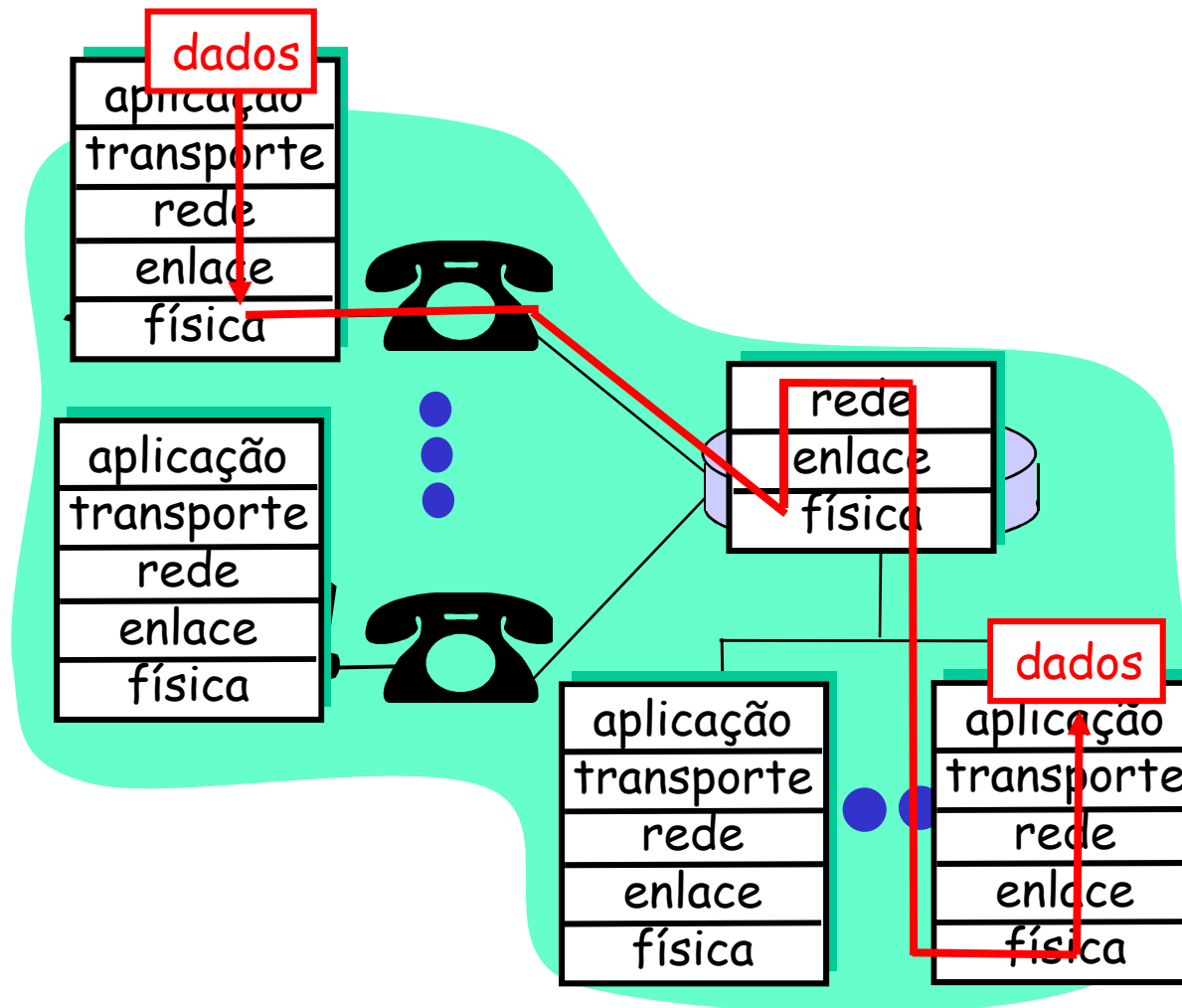
- ❑ Recebe dados da aplicação.
- ❑ Inclui endereços, e outras informações para formar “datagrama”.
- ❑ Envia datagrama ao par.
- ❑ Usa os serviços da camada de baixo.



“Entidade-par” de origem se comunica logicamente com “entidade-par” no destino



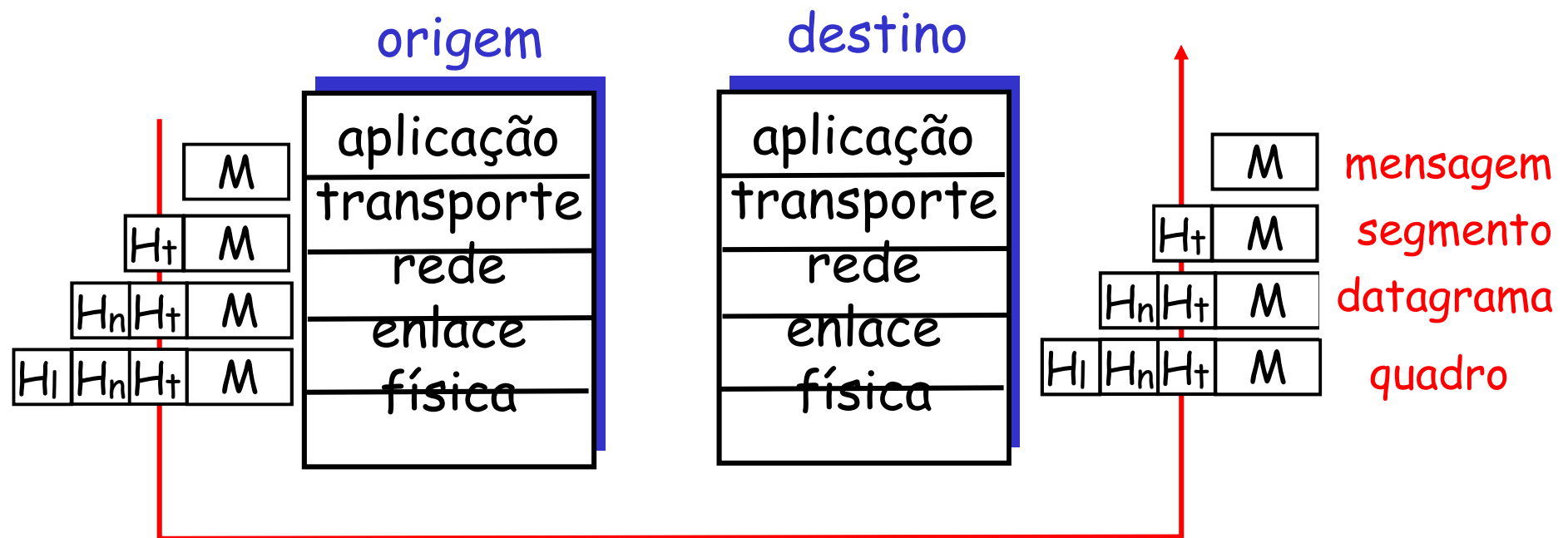
Camadas: comunicação real (física)





Camadas de protocolos e dados

- ❑ Cada camada **recebe** dados da **camada superior**.
- ❑ **Acrescenta cabeçalho** com informação para criar nova unidade de dados.
- ❑ **Entrega** a nova unidade de dados para **camada inferior**.





Vinicius Fernandes Caridá

vfcarida@gmail.com