

Ch. 01 – Rede Internet

1.1 – Visão Geral da Internet

1.2 – Borda da Rede Internet

1.2.1 Clientes e Servidores

1.2.2 Redes de Acesso

1.2.3 Meios Físicos

1.3 – Núcleo da Rede Internet

1.3.1 – Comutação de Circuitos

1.3.2 – Comutação de Pacotes

1.3.3 – ISPs e Backbones da Rede Internet

... Ch. 01 – Rede Internet

1.4 – Atraso, Perda e Vazão em Redes de Comutação de Pacotes

1.4.1 – Atraso em Redes de Computação de Pacotes

1.4.2 – Atraso de Fila e Perda de Pacote

1.4.3 – Vazão nas Redes de Computadores

1.5 – Camada de Protocolo e Modelos de Serviço

1.5.1 – Arquitetura de Camadas

1.5.2 – Mensagens, Segmento, Datagramas e Quadros

... Ch. 01 – Rede Internet

1.6 – Segurança na Rede Internet

1.7 – História das Redes de Computadores

1.7.1 – Comutação de Pacotes – 1961 a 1972

1.7.2 – Interconexão das Redes – 1970 a 1980

1.7.3 – Proliferação das Redes – 1980 a 1990

1.7.4 – Exploração da Internet - 1990

1.7.5 – Novo Milênio

Referências Bibliográficas

- James F. Kurose; Keith W. Ross – Redes de Computadores e a Internet: Uma Abordagem Top-Down – Pearson São Paulo; 6ª Ed.; 2013; ISBN-13 : 978-8581436777
- ... Lectures dos autores James F. Kurose; Keith W. Ross ([“www.pearsonhigherd.com/kurose-ross/”](http://www.pearsonhigherd.com/kurose-ross/))
- Notas de Aula do Prof. Maurício Magalhães e Eleri Cardozo da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da UNICAMP [“www.dca.feec.unicamp.br/”](http://www.dca.feec.unicamp.br/) [~mauricio/~eler].

1 – Introdução a Rede Internet

- “**objetivos**” ... entender os princípios da Rede Internet:
 - .. definição e perscepção do que é um protocolo;
 - .. “host” ou hospedeiros, rede de acesso e meio físico;
 - .. comutação de pacotes no núcleo da rede;
 - .. estrutura da Rede Internet ou Rede das Redes;
 - .. desempenho - perda, atraso, vazão e segurança;
 - .. camadas de protocolo e modelos de serviço.
-
- Leitura Complementar: História da Rede Internet.

1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

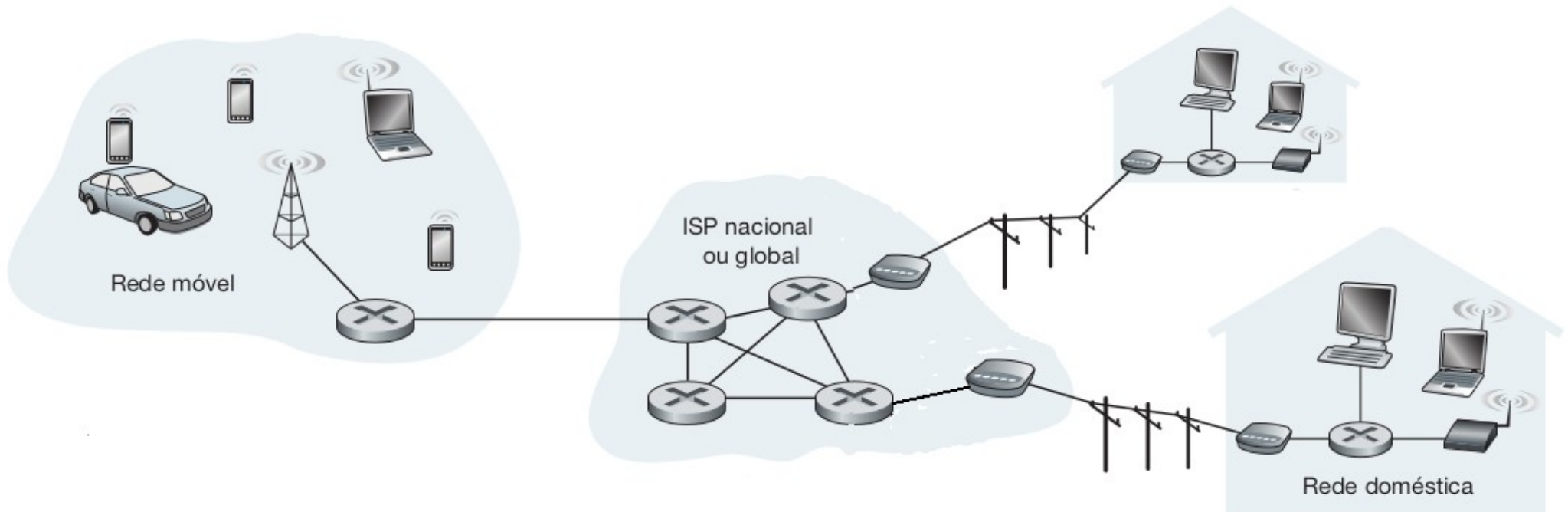
1.1 – Visão Geral da Internet

- “**idéia básica**” .. utilizar a Rede Internet / Arquitetura Internet para discutir as redes de computadores e seus protocolos.
- Como DEFINIR ou CARACTERIZAR a REDE INTERNET ? .. há diversas maneiras de responder a essa questão.
- **1º** .. pode-se descrever os aspectos principais da Internet, ou seja, os componentes de “software” e “hardware” que a formam.
- **2º** .. pode-se descrever a Rede Internet como uma infraestrutura de redes que fornece “serviços” para aplicações distribuídas.

1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

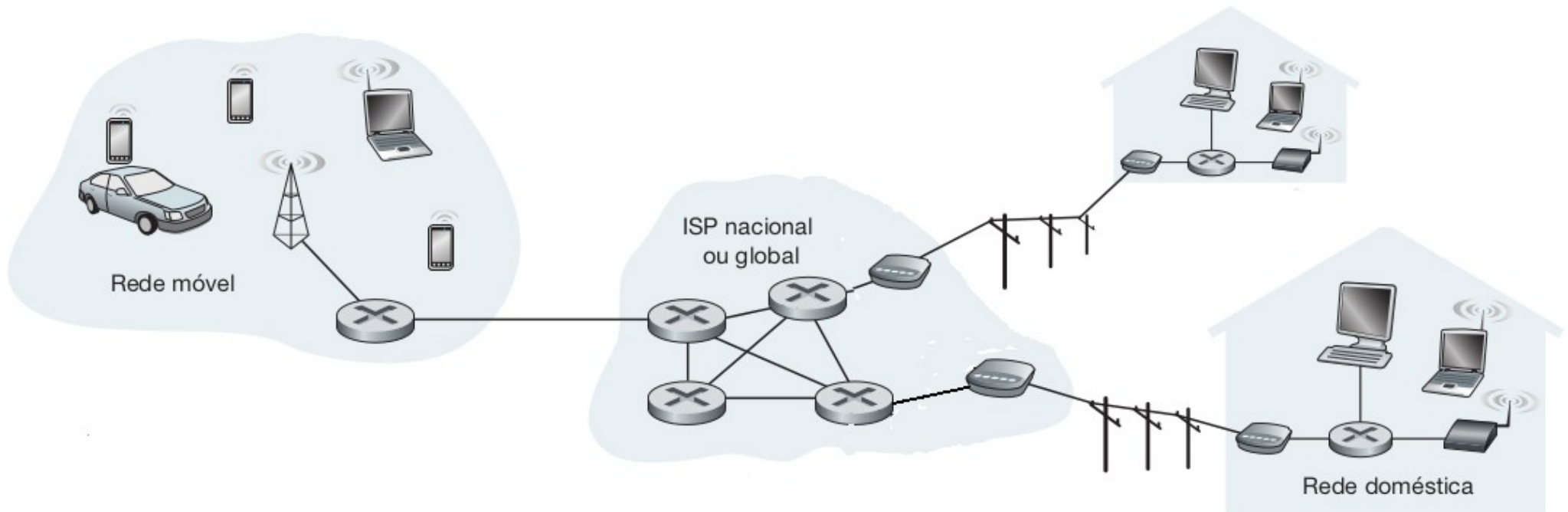
- “**rede de computadores**” .. milhões de dispositivos finais de computação conectados, ou seja, sistemas finais ou hospedeiros.
- “**jargão da rede**” .. todos esses equipamentos são denominados “hosts” ou “end systems” ou “hospedeiros”.



1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

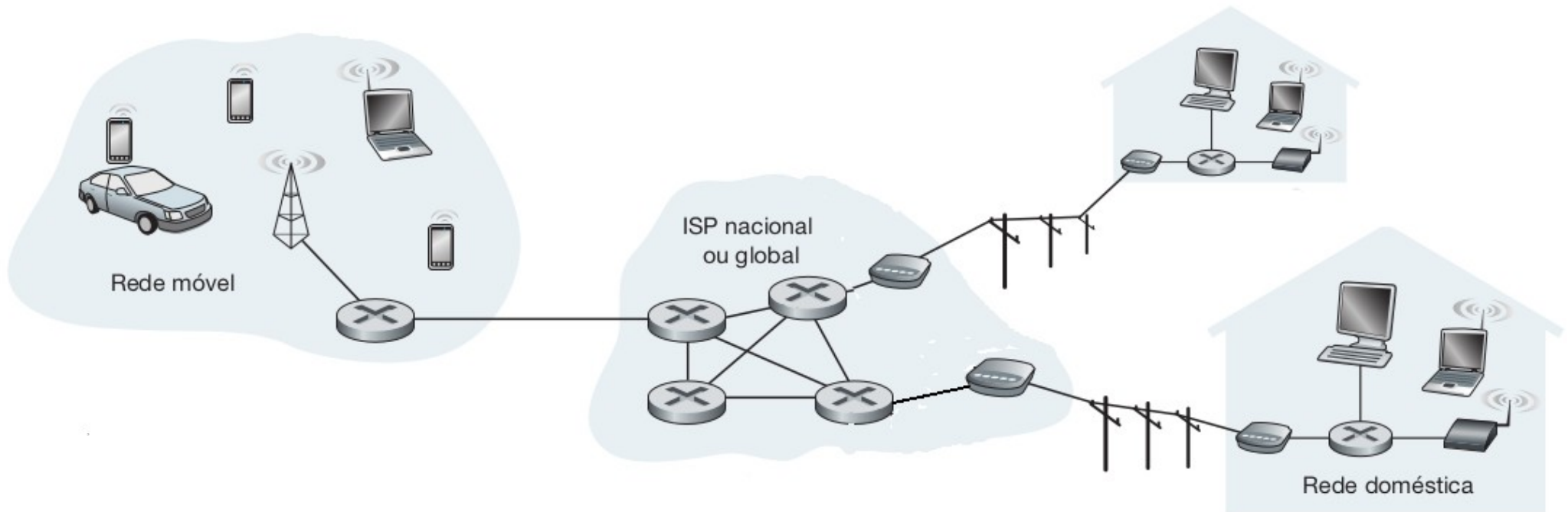
- “**hosts**” estão conectados a outros “**hosts**” por enlaces ou “links” de comunicação, bem como por comutadores (“switches”) de pacotes.
- .. ainda veremos que há muitos tipos de enlaces de comunicação, que são constituídos de diferentes tipos de meios físicos, entre eles cabos coaxiais, fios de cobre, fibras óticas e ondas de rádio.



1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

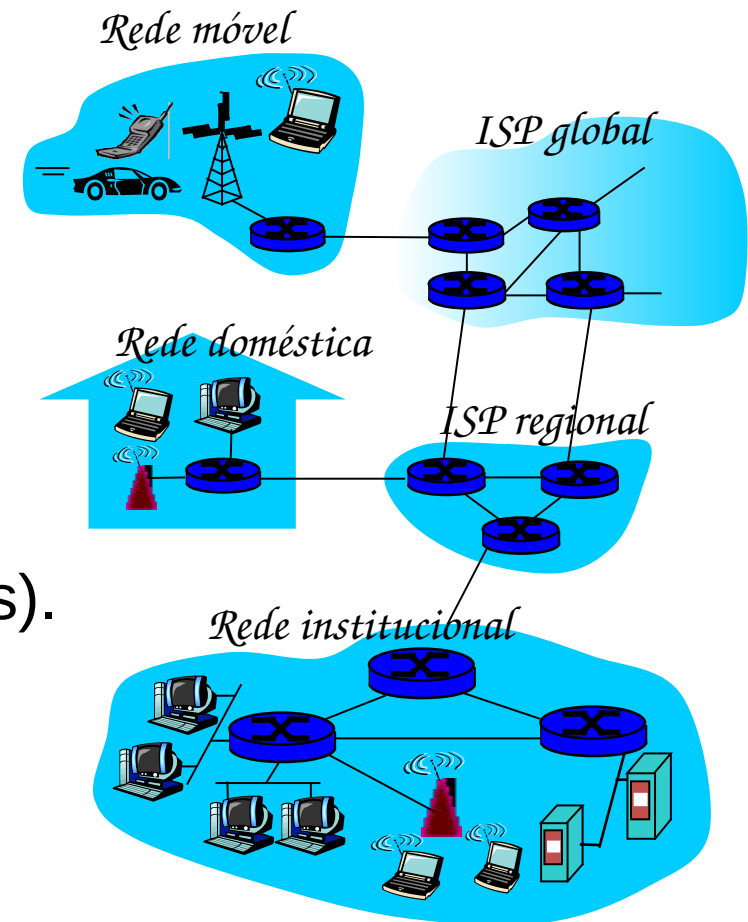
- “**hosts**” estão conectados a outros “**hosts**” por enlaces ou “links” de comunicação, bem como por comutadores (switches) de pacotes.
- .. enlaces diferentes podem transmitir dados em taxas diferentes, sendo a taxa de transmissão é medida em bits por segundo (bps).



1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

- .. centenas (100s) de 1000s de dispositivos finais de computação conectados, ou seja, “hosts” ou “end systems” ou hospedeiros e, nos quais, as aplicações distribuídas são executadas.
- enlaces de comunicação:
 - fibra, cobre, rádio e satélite.
 - taxa de transmissão = larg. de banda.
- roteadores:
 - encaminham pacotes (porções de dados).



1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

- “**pacotes de informações**” .. conhecidos como pacotes no jargão de rede de computadores, são enviados através da rede ao “host” de destino, onde são remontados e entregues à aplicação final.
- “**comutador de pacotes**” .. encaminha o pacote que está chegando em um de seus enlaces de comunicação de entrada para um de seus enlaces de comunicação de saída.
- .. há comutadores de pacotes de todos os tipos e formas, mas os 02 mais proeminentes na Internet de hoje são “roteadores” e “comutadores” de camada de enlace (nome comercial – “switch”).

1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

- “**end systems**” .. acessam a Internet por meio de Provedores de Serviços de Internet (Internet Service Providers – ISPs).
- ISPs oferecem uma variedade de acessos à rede, incluindo acesso residencial de banda larga como modem a cabo ou DSL (Linha Digital de Assinante), acesso por LAN de alta velocidade e acesso sem fio.
- ISPs também fornecem acesso a provedores de conteúdo, conectando “sites” ou elementos finais diretamente à Internet .
- .. cada Rede ISP, seja de nível mais alto ou mais baixo, é gerenciada de forma independente, executa o protocolo IP e obedece a certas convenções de nomeação e endereço.

1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

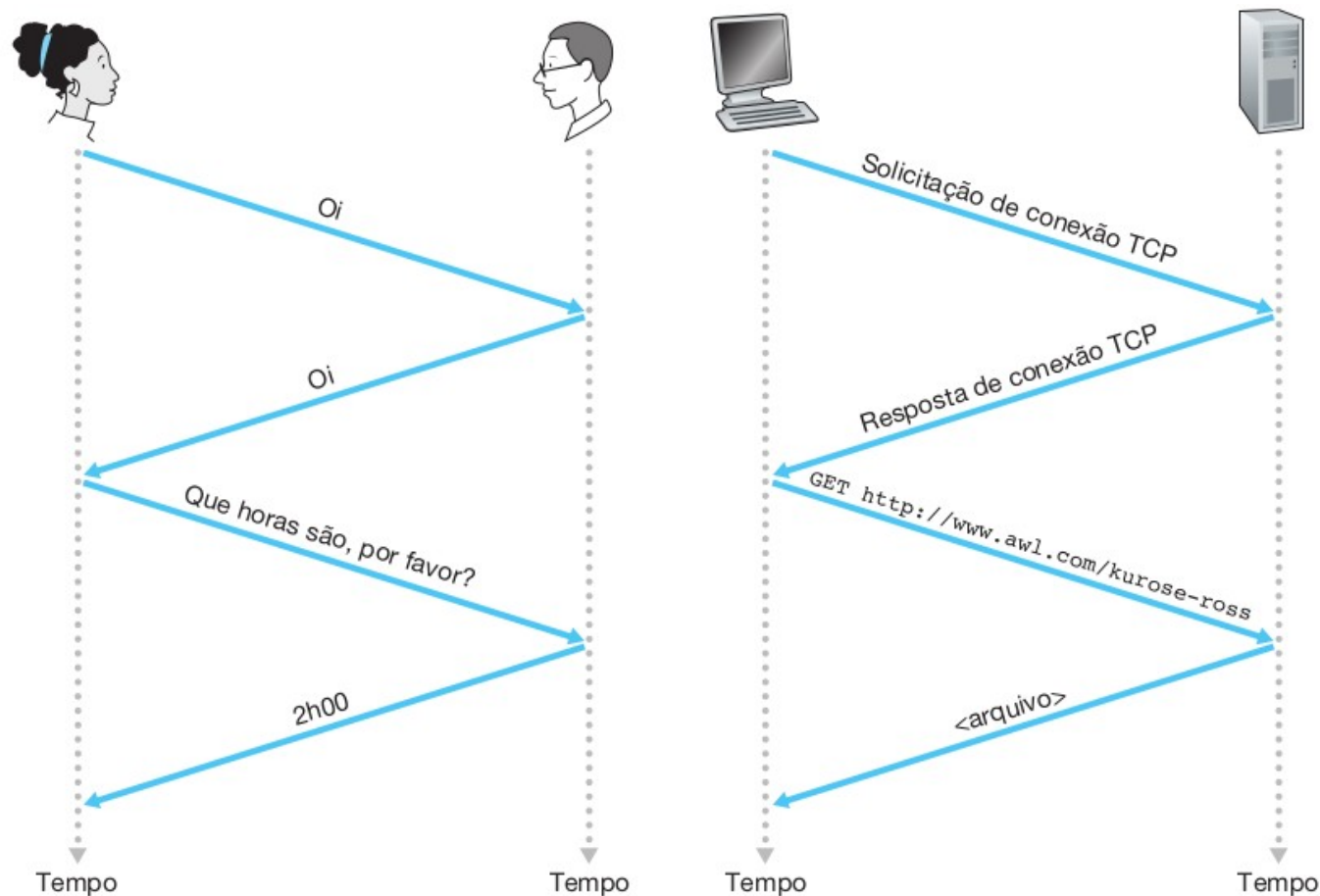
... 1.1 – Visão Geral da Internet

- **“Rede Internet”** (outro ponto de vista) .. infraestrutura de “serviços” às aplicações, que incluem correio eletrônico, navegação na Web, redes sociais, mensagem instantânea, vídeo em tempo real, etc.
- ... jogos distribuídos, compartilhamento de arquivos peer-to-peer (P2P), televisão pela Internet, “login” remoto e muito mais.
- **“host origem”** .. ligado à Internet oferece uma API que especifica como o programa executado no próprio “host” solicita por meio da Arquitetura Internet o envio de dados para um programa em um **“host destino”**.

1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

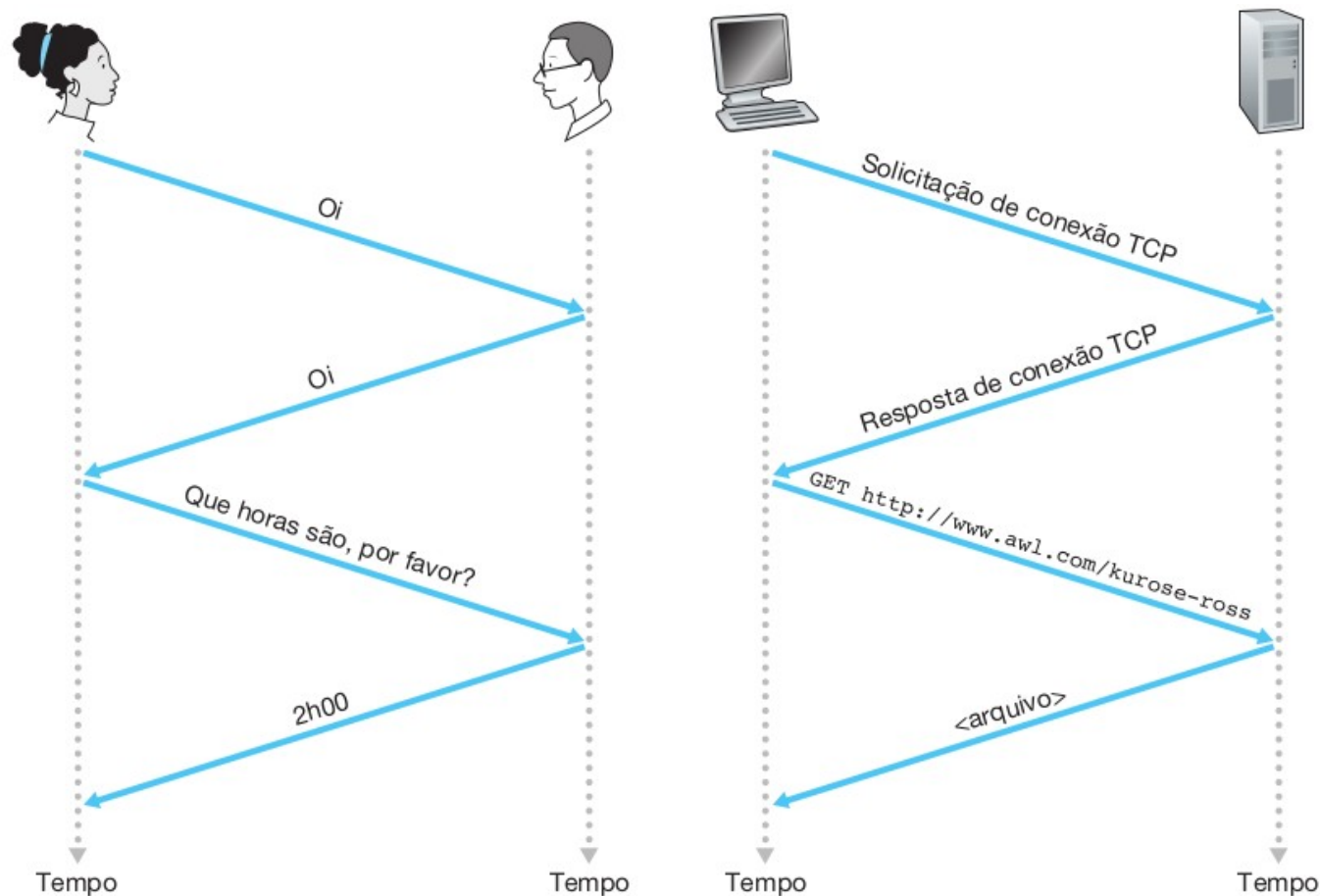
- “**resumo**” .. já entendemos um pouco o que é a Internet, então já é momento de apresentar o termo “**protocolo**” e seu significado.



1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

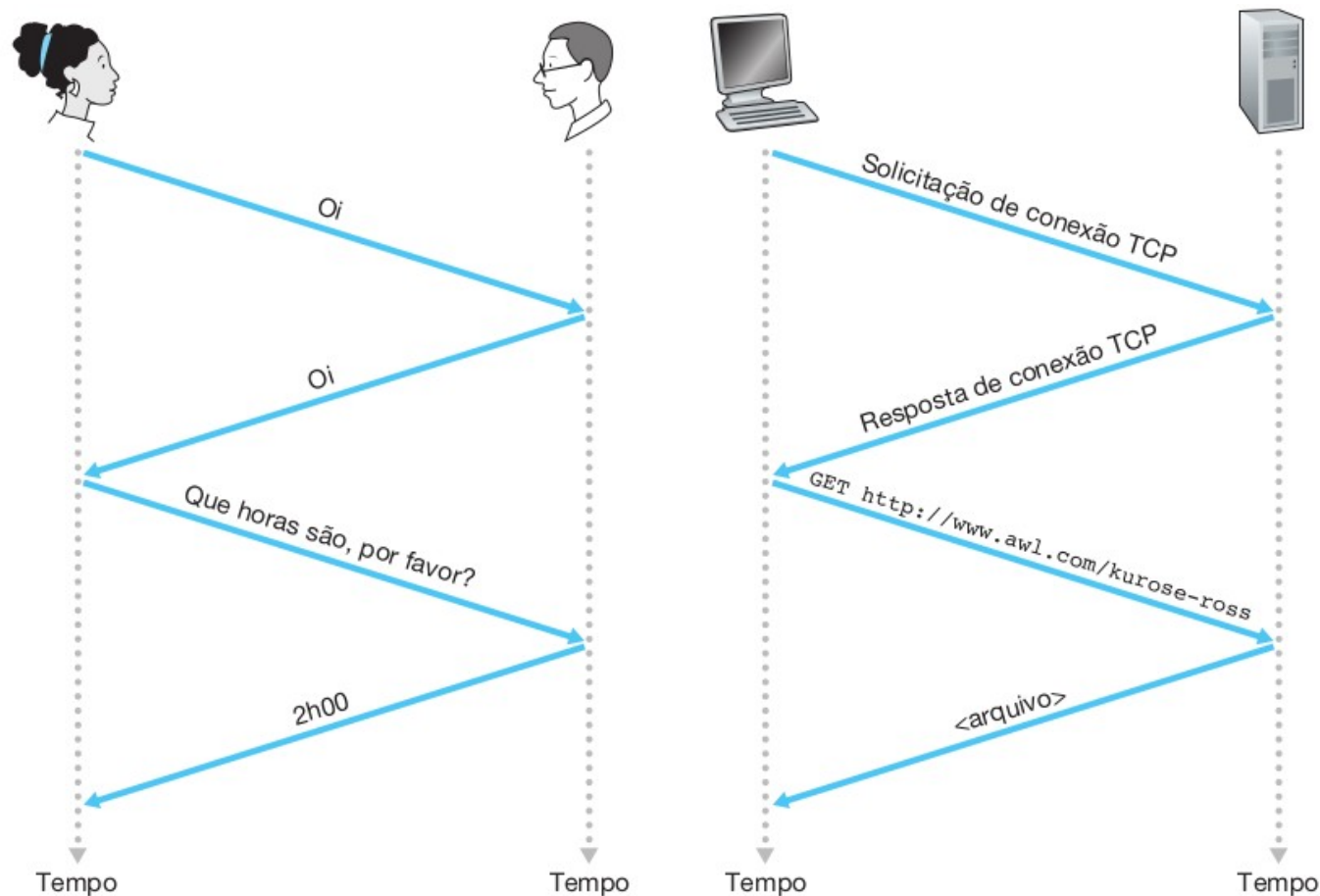
- “**protocolo de rede**” .. semelhante a um protocolo humano de troca de mensagens onde as entidades que trocam mensagens são componentes de “hardware” ou “software” (p.ex. computador, “tablet”).



1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

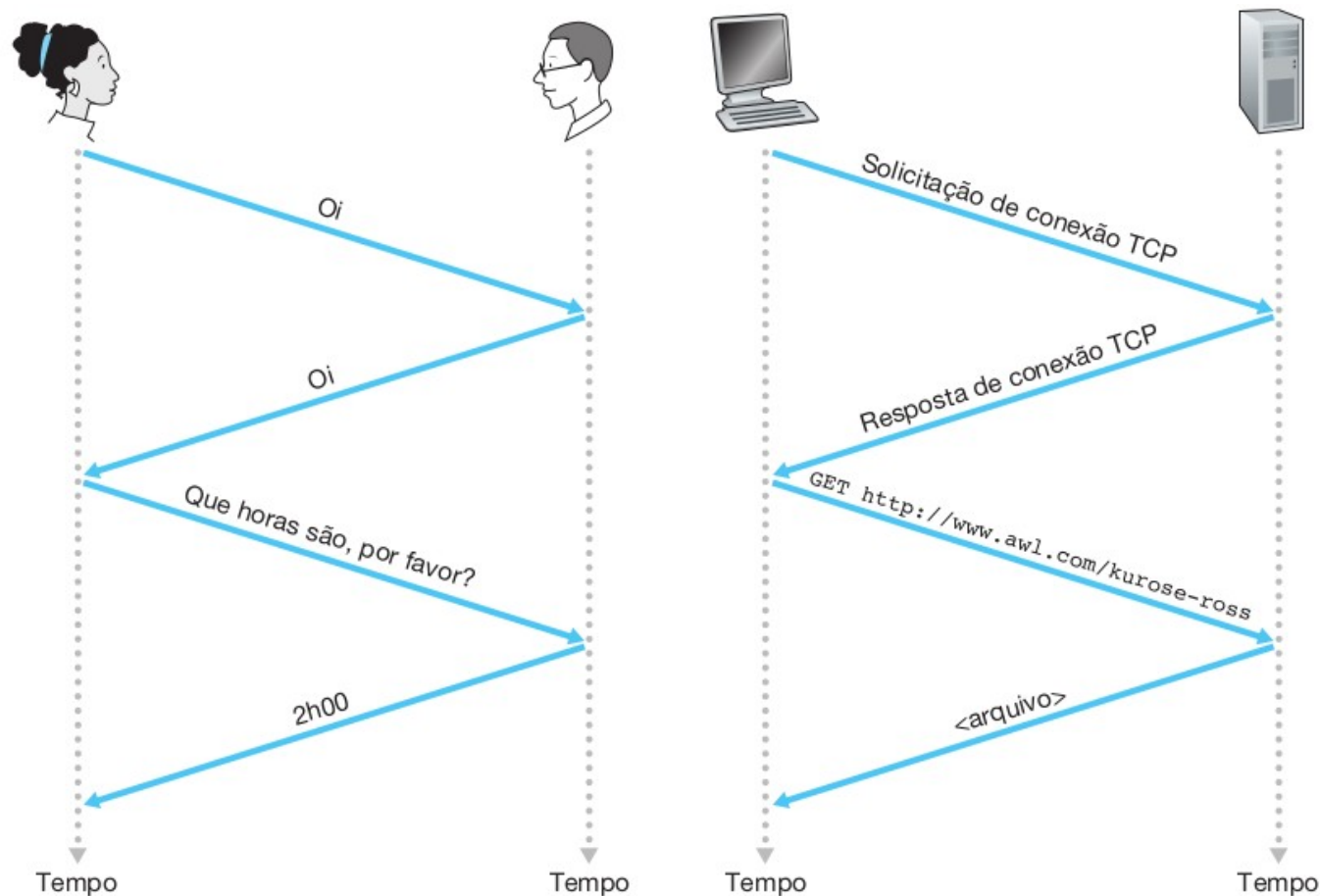
- e.g., considere o que acontece quando se faz uma requisição a um servidor Web, ou seja, quando o usuário de um navegador digita uma URL (Universal Resource Locator) de uma página Web no “browser”.



1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

... 1.1 – Visão Geral da Internet

- .. este é um exemplo prático do uso de protocolos na troca de informações entre o navegador do “host” origem e o serviço Web do “host” identificado pela URL inserida no navegador do usuário.



1 - Rede Internet / 1.1 - Visão Geral da Internet

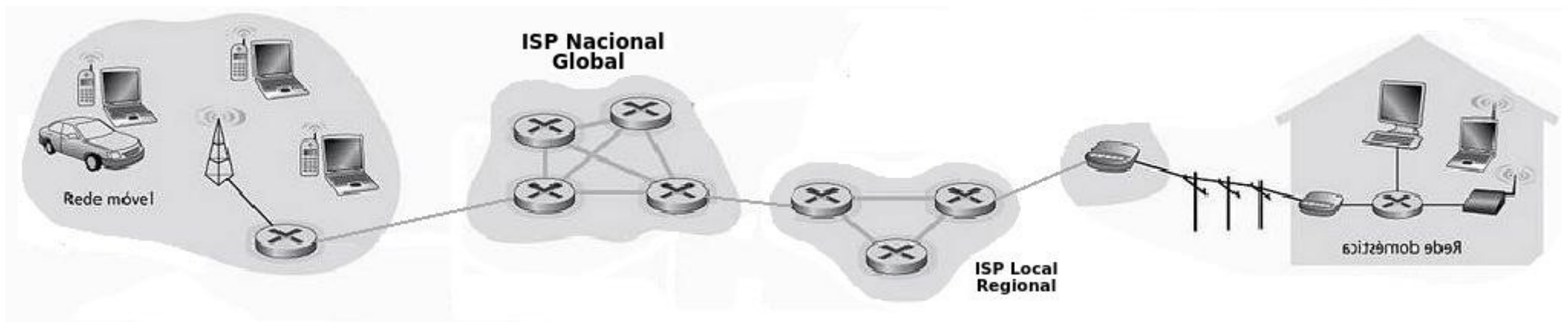
... 1.1 – Visão Geral da Internet

- “**protocolo**” .. define o formato e a ordem das mensagens trocadas entre 02 ou mais entidades comunicantes, bem como as ações realizadas na transmissão e/ou no recebimento de uma mensagem.
- Rede de Computadores em Geral utilizam-se de diferentes tipos de protocolos para diferentes tarefas de comunicação.
- .. nas próximas sessões, iremos nos deparar com protocolos simples e diretos, mas também há protocolos mais complexos.
- ... dominar a área de redes de computadores equivale a entender o que os protocolos são, por que existem e como funcionam.

1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

1.2 – Borda da Rede Internet

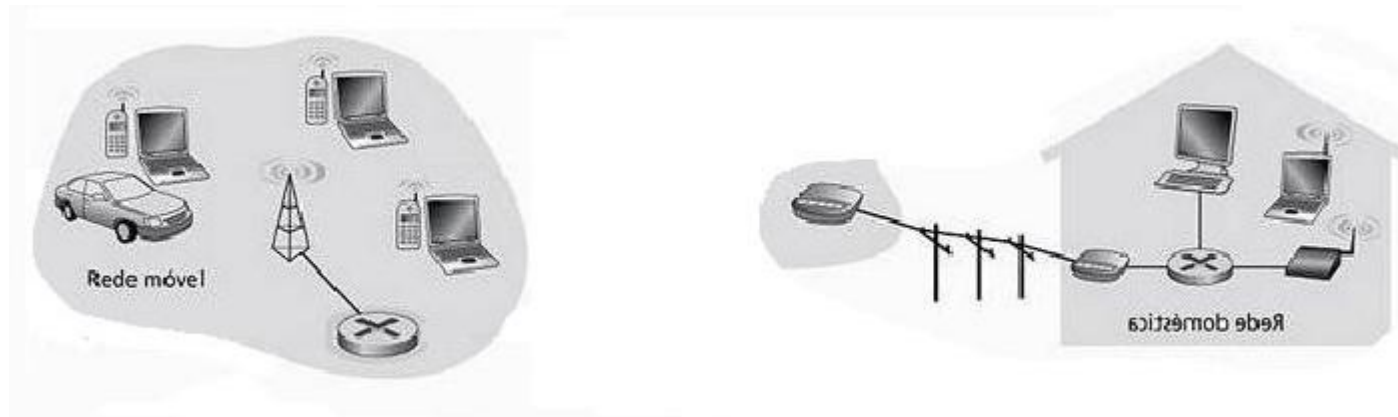
- “**borda da rede**” .. “hosts” ou “end systems” suportam a execução de programas e aplicações “cliente/servidor” ou “peer-to-peer”.
- “cliente/servidor” .. “host” cliente solicita serviço de servidor (ativo).
- “peer-to-peer” .. uso mínimo ou nenhum de servidores dedicados.
- “redes de acesso” .. enlaces de comunicação com/sem fio.
- “núcleo da rede” .. roteadores interconectados (rede de redes).



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

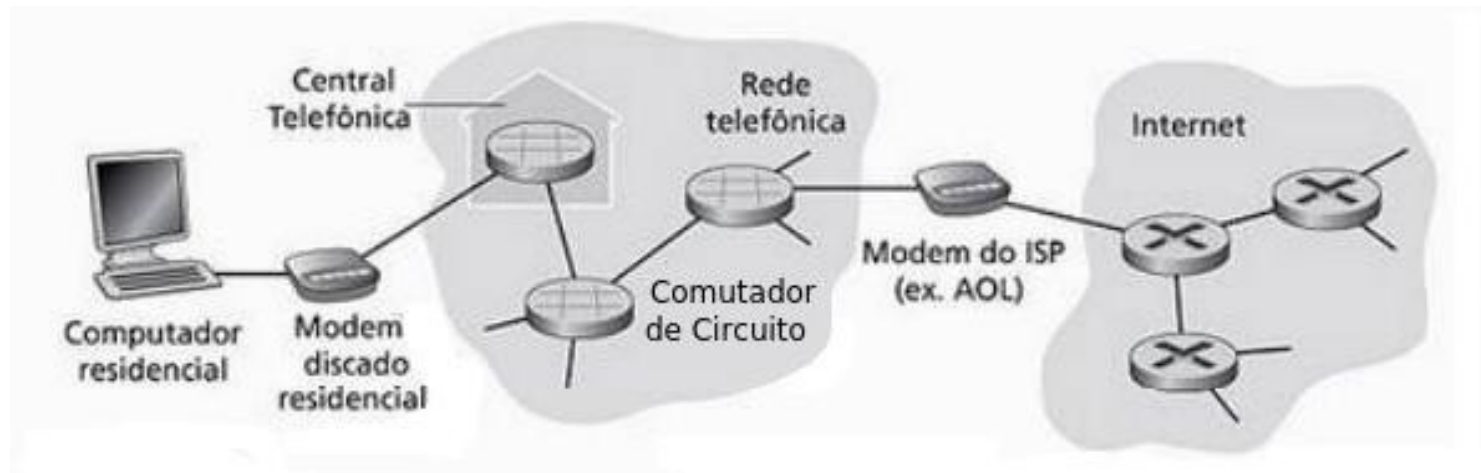
- “**curiosidade**” .. como conectar os “hosts” ao roteador de borda ??
- “**diferentes abordagens**” .. como redes de acesso residencial, ou redes de acesso móvel ou redes de acesso institucional (empresa, etc.)
- “**lembrete**” .. diferentes abordagens se diferem ..
- .. “largura de banda” (bits por segundo) na rede de acesso !?
- .. canal ou enlace compartilhado ou dedicado ?!



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

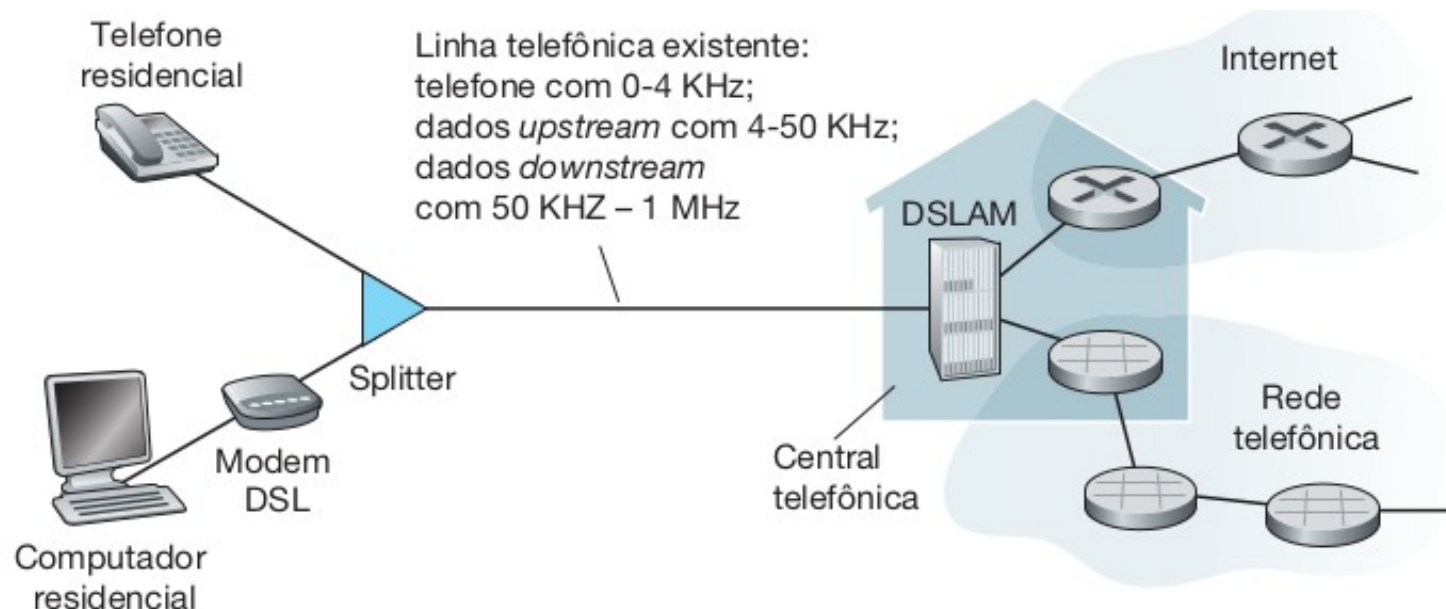
- “**MoDem** (Modulation / Demodulation) **Discado**” – utiliza infraestrutura de telefonia existente e até 56 Kbps de acesso direto ao roteador.
- ... não permite a navegação e o transporte de voz simultaneamente, ou seja, o canal é usado exclusivamente para um dos propósitos.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

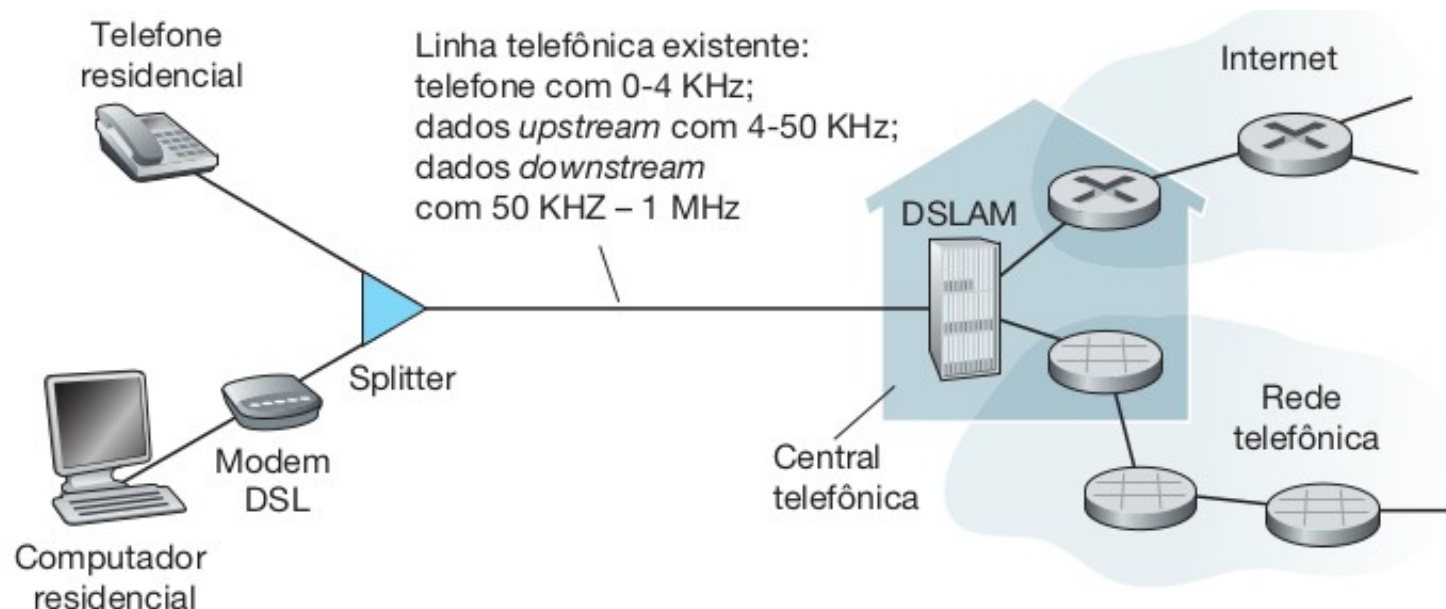
- “**MoDem DSL Residencial**” .. concatena dados digitais e os traduz para sinais de alta frequência para então transmití-los pelos fios do telefone até a Central Telefônica.
- .. sinais analógicos das residências são traduzidos de volta para o formato digital no DSLAM (DSL Access Multiplexer).



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

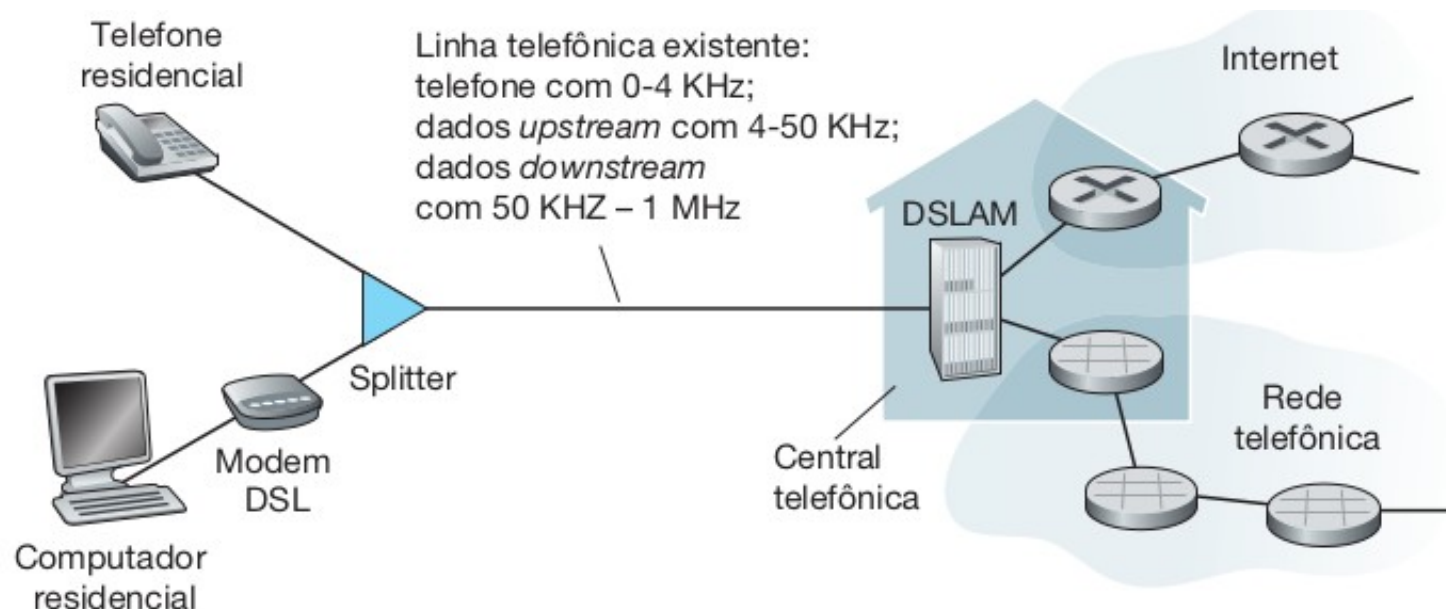
- .. linha telefônica conduz, simultaneamente, dados e sinais telefônicos tradicionais, que são codificados em frequências diferentes.
- “**downstream**” de alta velocidade com faixa de 50 kHz a 1 MHz.
- “**upstream**” de velocidade média com faixa de 4 kHz a 50 kHz.
- canal de telefone bidirecional comum com faixa de 0 a 4 kHz.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

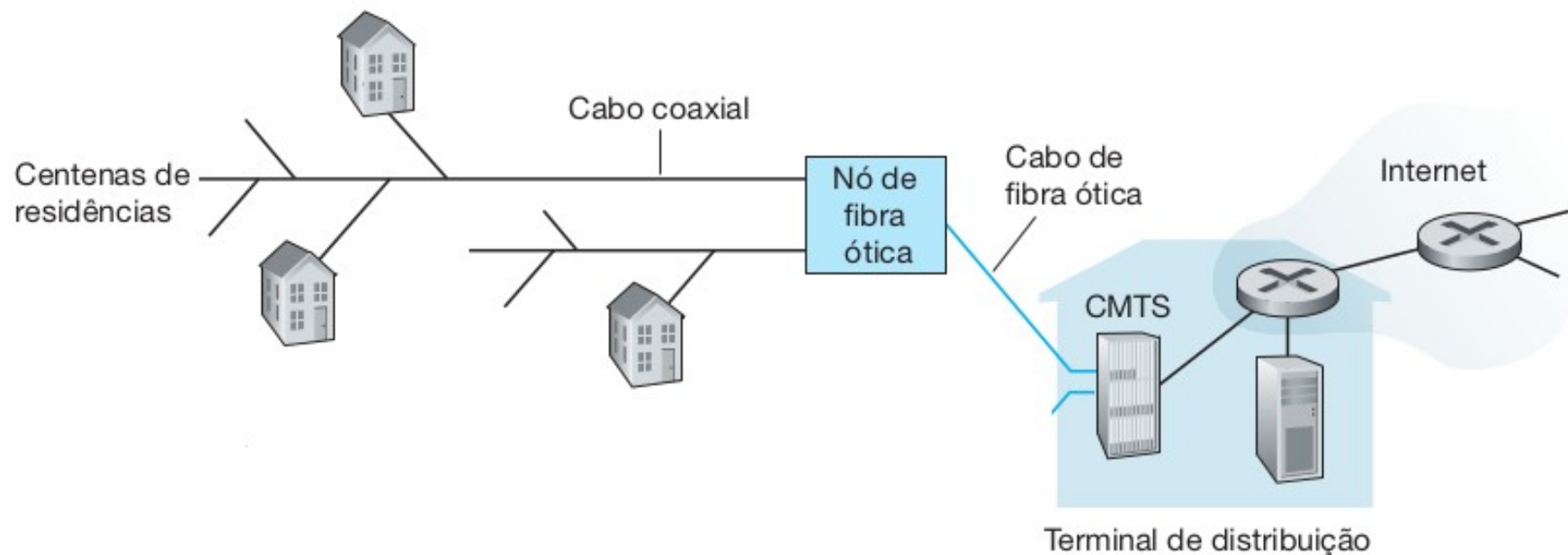
- “**Padrão DSL**” (Digital Subscriber Line) .. define taxas de transmissão de 12 Mbps “downstream” e 1,8 Mbps “upstream” [ITU, 1999] e 24 Mbps “downstream” e 2,5 Mbps “upstream” [ITU, 2003].
- “**lembrete**” .. em razão das taxas de transmissão e recebimento serem diferentes, o acesso é conhecido como “**assimétrico**”.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

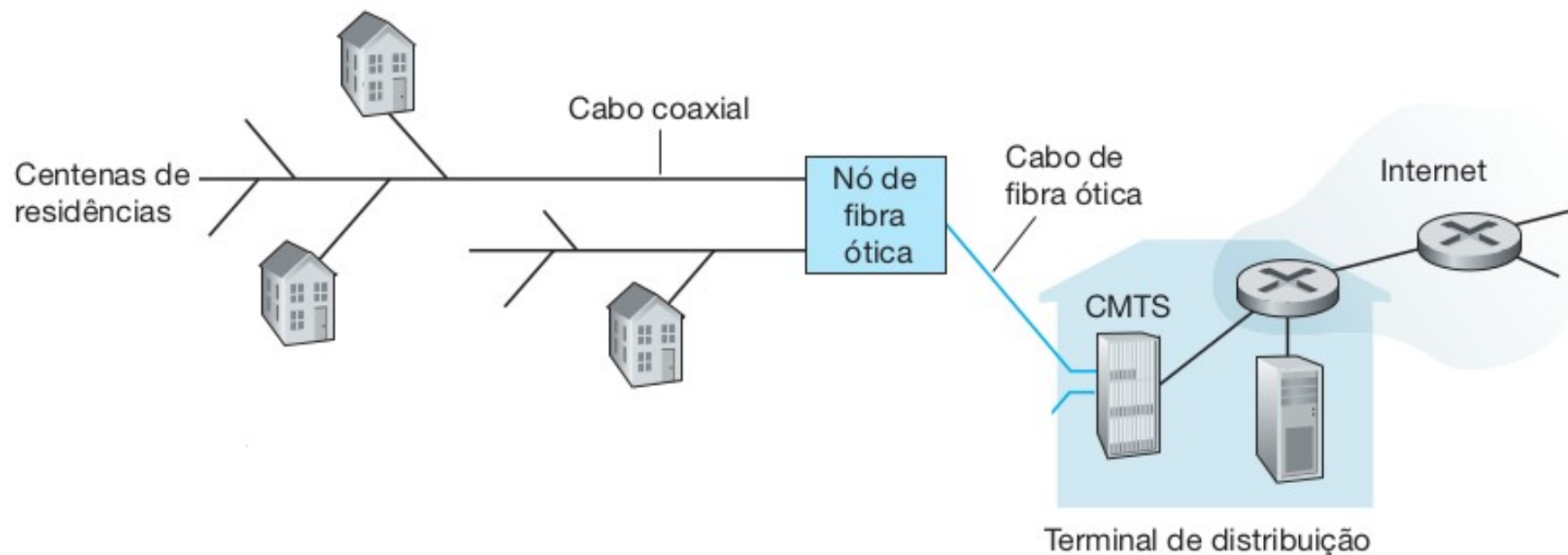
- “**outras formas de acesso**” .. acesso à Internet a cabo utiliza a infraestrutura de TV a Cabo da operadora de Televisão.
- e.g., uma residência obtém acesso à Internet a cabo da mesma empresa que fornece a TV a Cabo.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

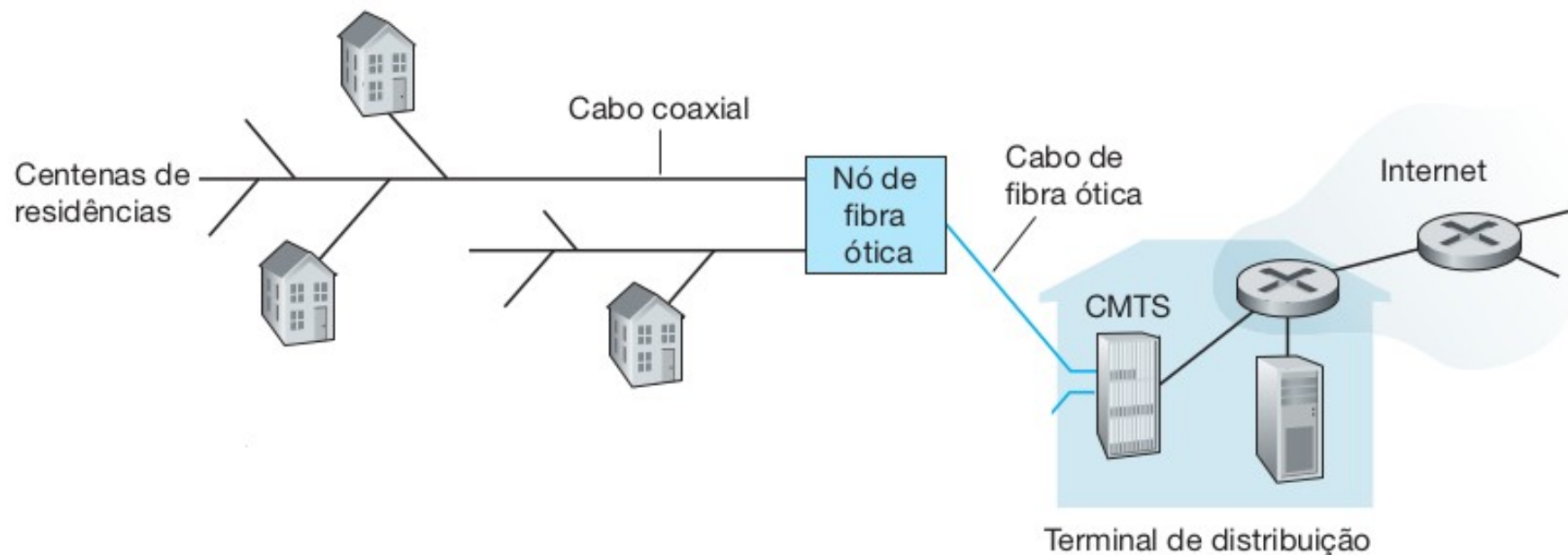
- e.g., uma residência obtém acesso à Internet a cabo da mesma empresa que fornece a TV a Cabo (Rede Híbrida).
- .. neste contexto o cabo coaxial é utilizado para alcançar as residências e apartamentos de maneira individual, enquanto que as fibras óticas conectam o terminal de distribuição às junções da região.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

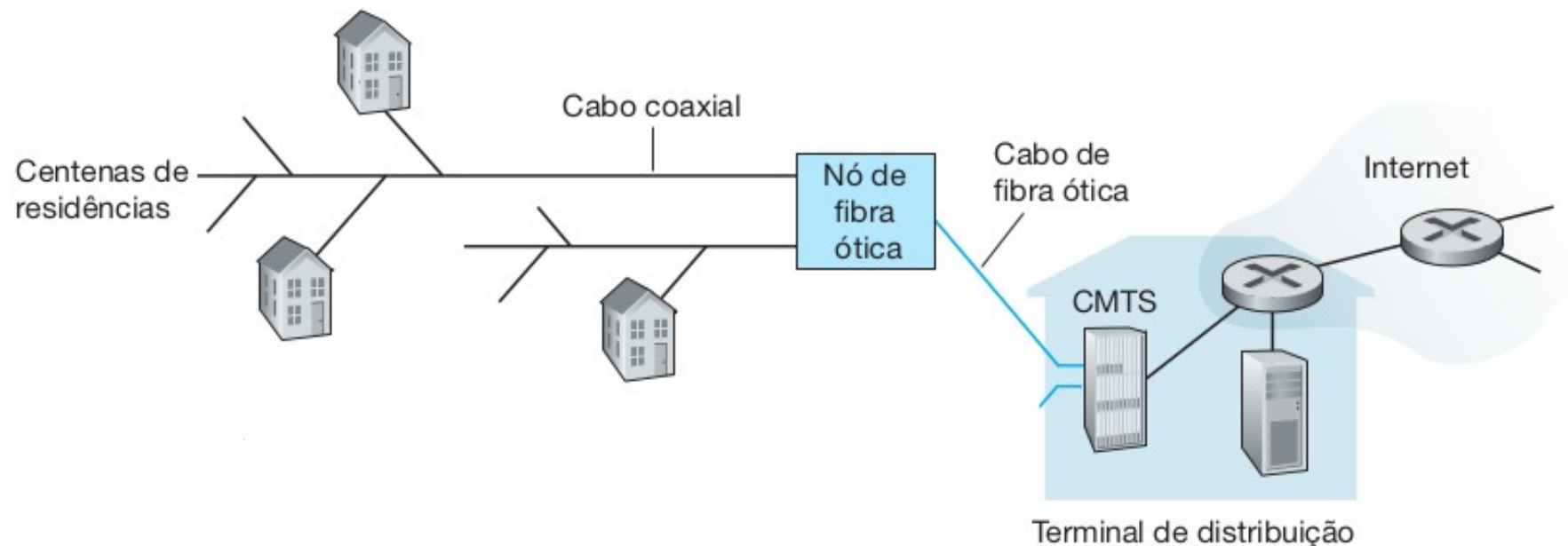
- .. cabe ao terminal de distribuição ou CMTS (Cable MoDem Termination System) prover a interconexão com a Rede Internet e, onde, cada junção pode suportar de 500 a 5.000 casas.
- “**lembrete**” .. em razão da fibra e cabo coaxial fazerem parte desse sistema, a rede é denominada Híbrida Fibra-Coaxial (HFC).



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

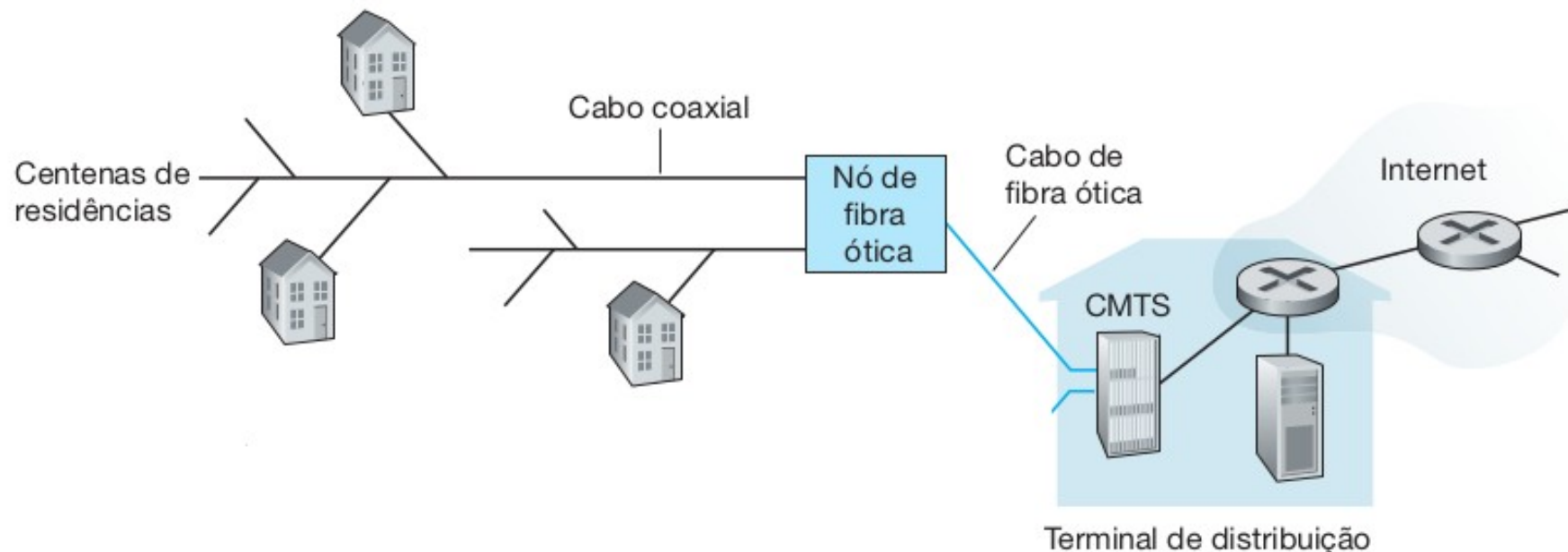
- “**meio compartilhado**” .. acesso a TV a Cabo (HFC) é um meio de transmissão compartilhado entre os usuários.
- .. cada pacote enviado pelo terminal viaja pelos enlaces “downstream” até cada residência e cada pacote enviado por uma residência percorre o canal “upstream” até o terminal de transmissão.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

- “**constatação**” .. se diversos usuários efetuar o “download” de um arquivo de vídeo ao mesmo tempo no canal “downstream”, cada um receberá o arquivo a uma taxa \ll taxa de transmissão do cabo.
- .. mas com alguns poucos usuários ativos, cada um poderá receber conteúdo a uma taxa de “downstream” máxima, pois esses usuários raramente solicitam um conteúdo ao mesmo tempo.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

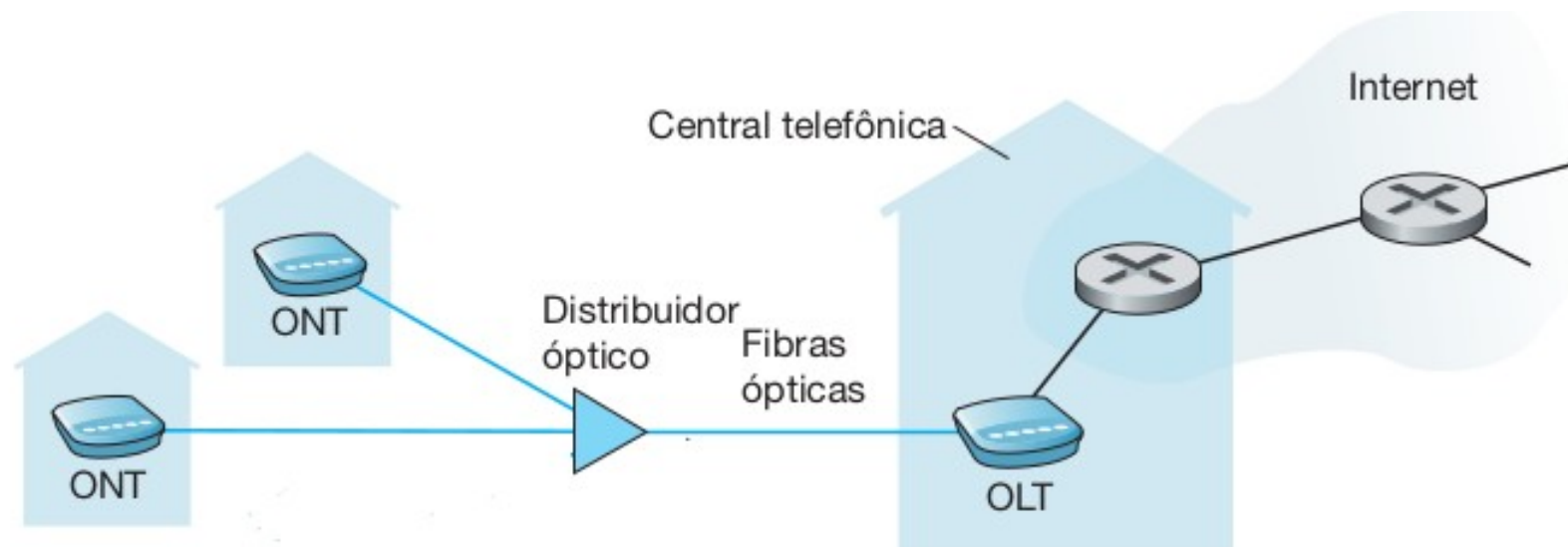
... 1.2 - Borda da Rede Internet

- Redes DSL e TV a Cabo .. representam mais de 90% do acesso de banda larga residencial nos USA, mas a tecnologia FTTH oferece velocidades ainda mais altas [FTTH Council, 2011a].
- FTTH (Fiber To The Home) .. oferece um caminho de fibra ótica da Central Telefônica diretamente até a residência.
- Nota: Nos Estados Unidos, a Verizon saiu na frente com a tecnologia FTTH, lançando o serviço FiOS [Verizon FIOS, 2012].
- .. “fios” é uma palavra irlandesa e significa “conhecimento” e a sigla “FiOS” (Fiber Optic Service) é marca registrada da Verizon.
- **“Arquiteturas FTTH”** .. Redes Óticas Ativas (AONs) e Redes Óticas Passivas (PONs), sendo que as AON constituem na essência a Ethernet comutada (será discutido mais a frente).

1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

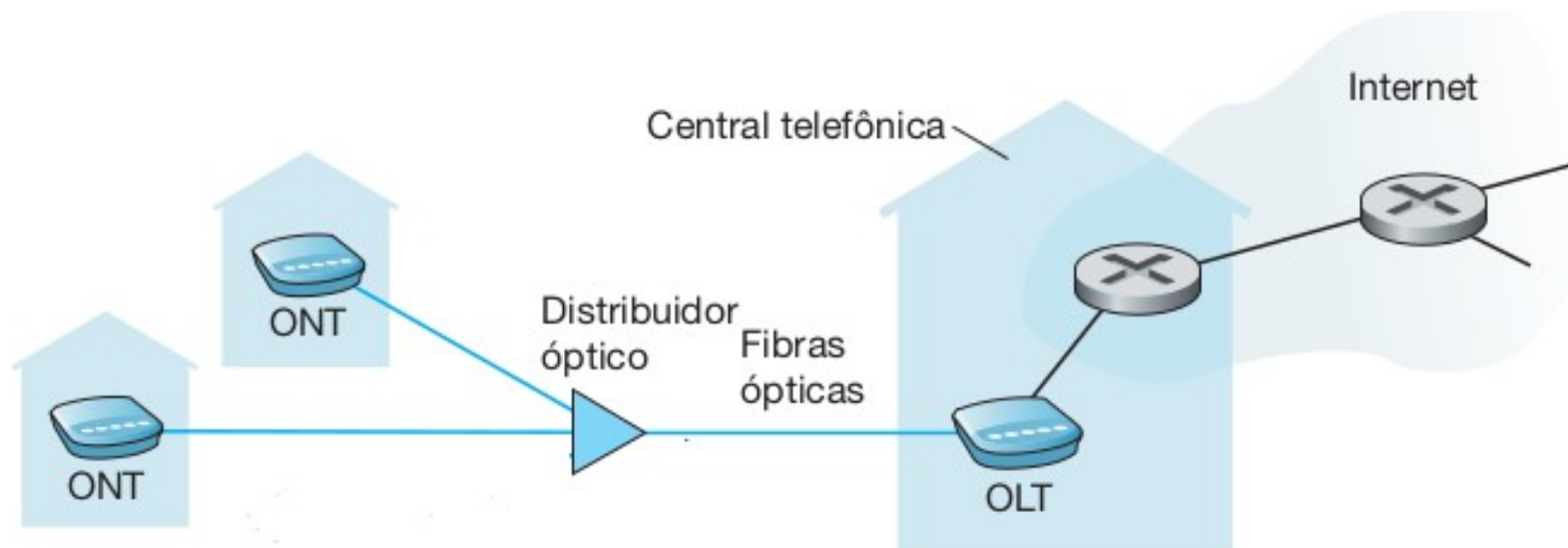
- PON (Passive Optical Network) .. cada residência possui um “Optical Network Terminal” (ONT), que é conectado por uma fibra ótica dedicada a um distribuidor da região.
- ... distribuidor combina certo número de residências (em geral menos de 100) a uma única fibra ótica compartilhada, que se liga a um “Optical Line Terminal” (OLT) na CT (Central Telefônica) da operadora.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

- PON (Passive Optical Network) .. cada residência possui um “Optical Network Terminal” (ONT), que é conectado por uma fibra ótica dedicada a um distribuidor da região.
- ... na residência, o usuário conecta o ONT a um roteador residencial (quase sempre sem fio) pelo qual acessa a Internet.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

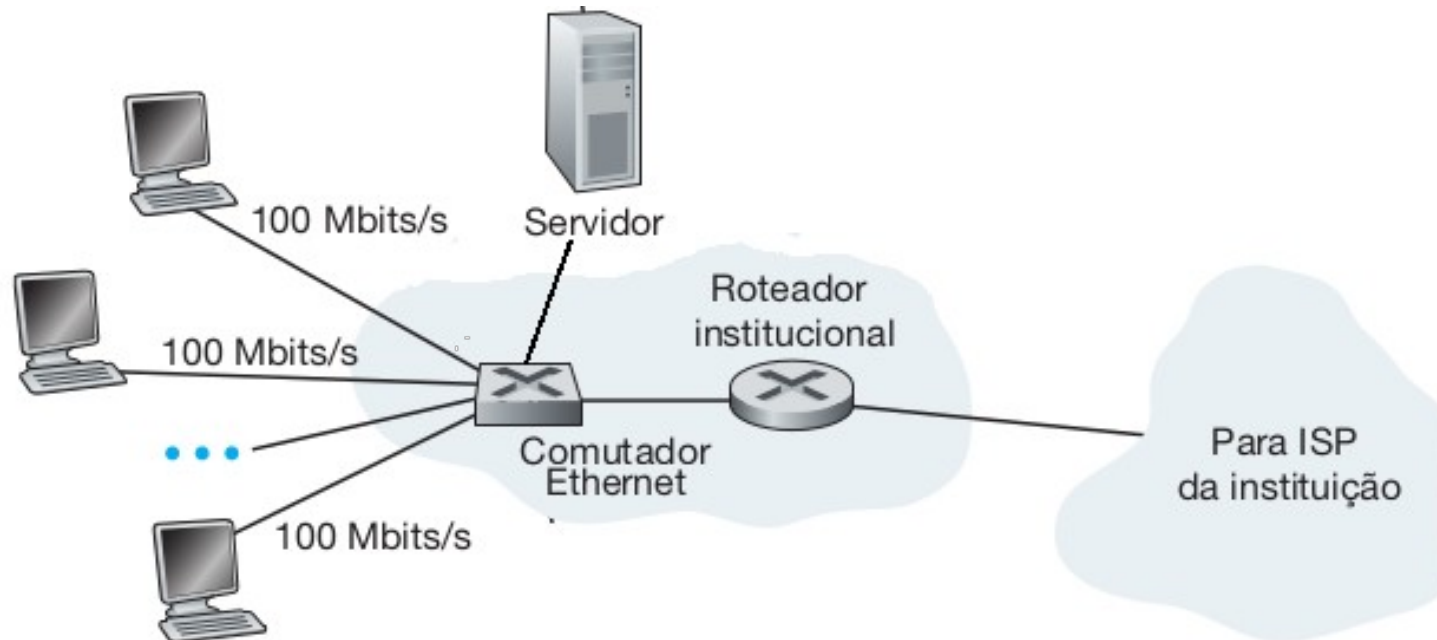
... 1.2 - Borda da Rede Internet

- Arquitetura PON .. todos os pacotes enviados do OLT ao distribuidor são nele replicados (semelhante ao terminal de distribuição a cabo).
- “**lembrete**” .. FTTH consegue potencialmente oferecer taxas de acesso à Internet na faixa de gigabits por segundo (10^9 bps).
- .. porém, maioria dos provedores de FTTH oferece diferentes taxas, das quais as mais altas custam muito mais.
- “**alguns valores**” .. “downstream” de FTTH nos USA na faixa de 20 Mbps em 2011 em comparação com 13 Mbps para as redes de acesso a cabo e menos de 5 Mbps para DSL. [FTTH Council, 2011b].

1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

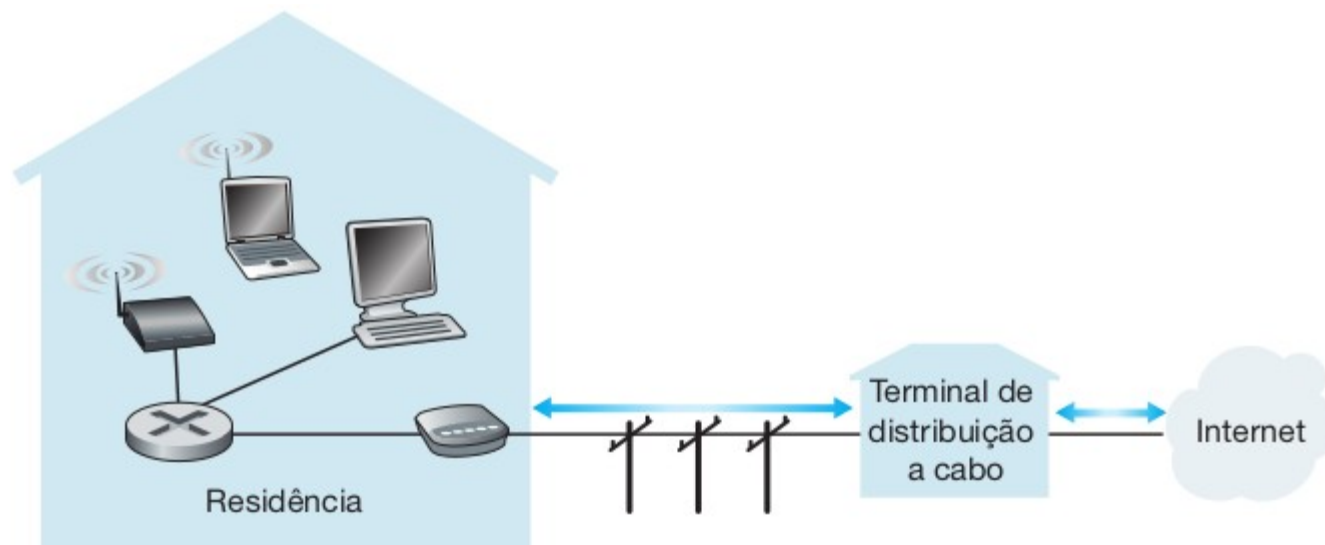
- **“Acesso Ethernet e WiFi”** .. embora haja muitos tipos de tecnologia LAN, a Ethernet é, de longe, a tecnologia de acesso predominante nas redes universitárias, corporativas e domésticas.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

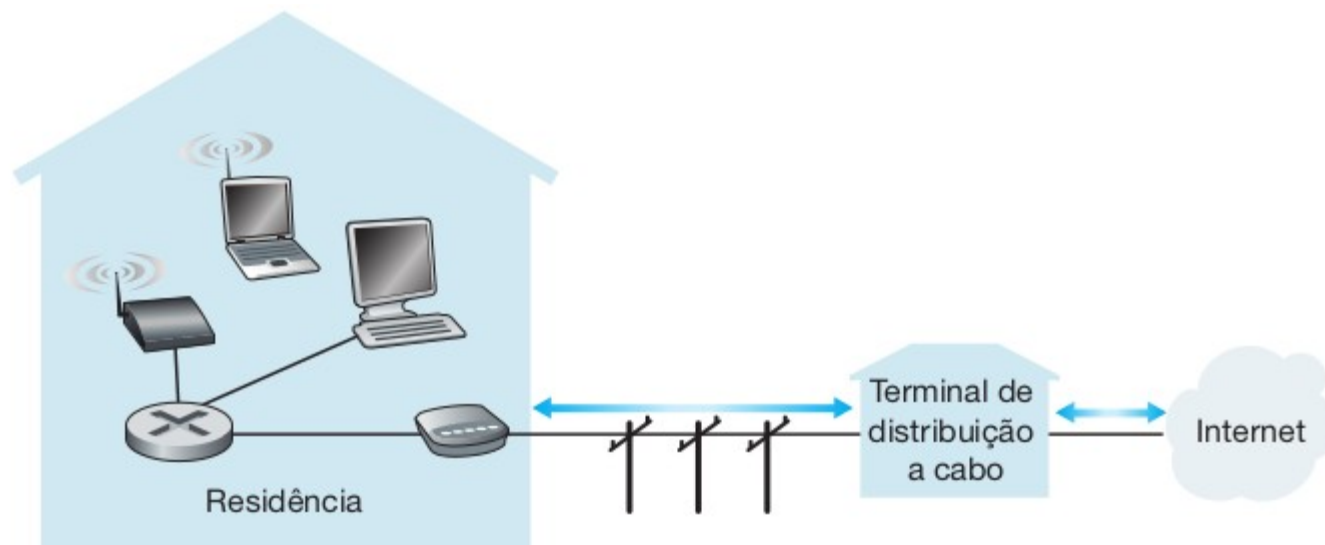
- Redes de Acesso Ethernet e Wi-Fi .. inicialmente implantadas em ambientes corporativos (empresas, universidades), mas há pouco se tornaram componentes bastante comuns das redes residenciais.
- .. muitas residências unem o acesso residencial banda larga (ou seja, modems a cabo ou DSL) com a tecnologia LAN sem fio a um custo acessível para criar potentes redes residenciais [Edwards, 2011].



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

- Redes de Acesso Residencial .. consiste de um modem que fornece acesso banda larga à Internet e um roteador que interconecta a estação-base e o computador fixo com o modem a cabo.
- .. adicionalmente contempla um notebook ou computador com fio que se conecta à Internet por meio de uma estação-base (o ponto de acesso sem fio comunica-se com o notebook).



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

- “**meios físicos de transmissão**” .. se enquadram nas categorias “meios guiados” e “meios não guiados”.
- “**meios guiados**” .. ondas propagam em um meio sólido, p.ex., fibra ótica, par de fios de cobre trançado ou cabo coaxial.
- “algumas tecnologias” .. par trançado, cabo coaxial, fibra ótica.
- “**meios não guiados**” .. ondas se propagam na atmosfera e no espaço, como no caso de uma LAN sem fio ou de um canal digital de satélite.
- “algumas tecnologias” .. canais de rádio terrestres ou por satélite.

1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

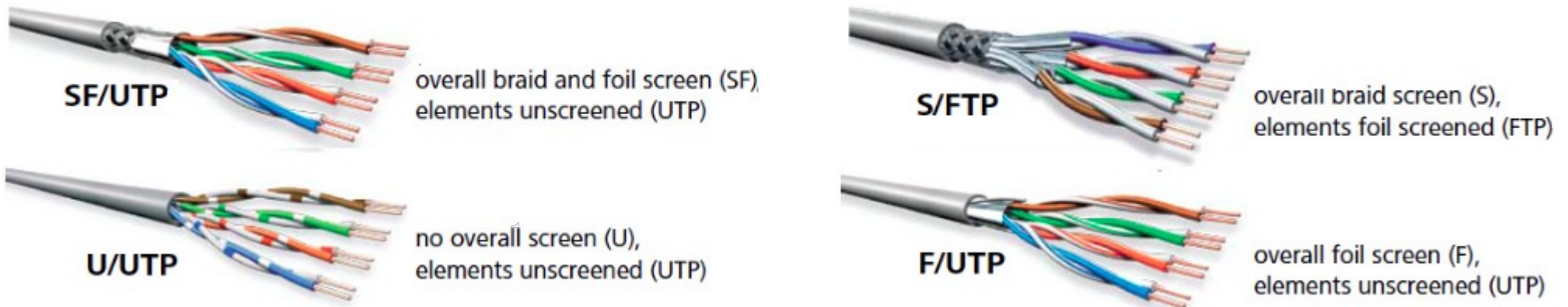
... 1.2 - Borda da Rede Internet

- “**par de fios de cobre trançados**” .. empregado há mais de 100 anos nas redes de telefonia é o meio guiado mais barato e mais usado.
- ... mais de 99% da fiação que conecta aparelhos telefônicos a centrais locais utilizam o meio de transmissão “par trançado”.
- “**fios trançados**” .. reduzem a interferência elétrica de pares semelhantes que estejam próximos.
- ... cada par de fios constitui um único enlace de comunicação, no entanto, uma série de pares é conjugada dentro de um cabo, isolando-se os pares com blindagem de proteção.

1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

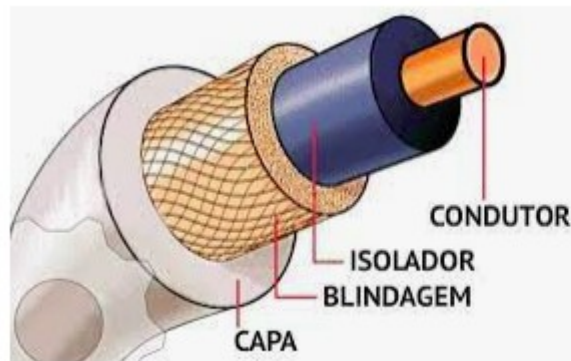
- Cabo UTP (Unshielded Twisted Pair) .. par trançado sem blindagem muito usado em redes de computadores de edifícios, isto é, em LANs.
- e.g., cabo de categoria 6a pode alcançar taxas de transmissão de dados de 10 Gbps para distâncias de até algumas 10s de metros.
- .. quando comparado a fibra ótica, o cabo par trançado firmou-se como a solução dominante para LANs de alta velocidade.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

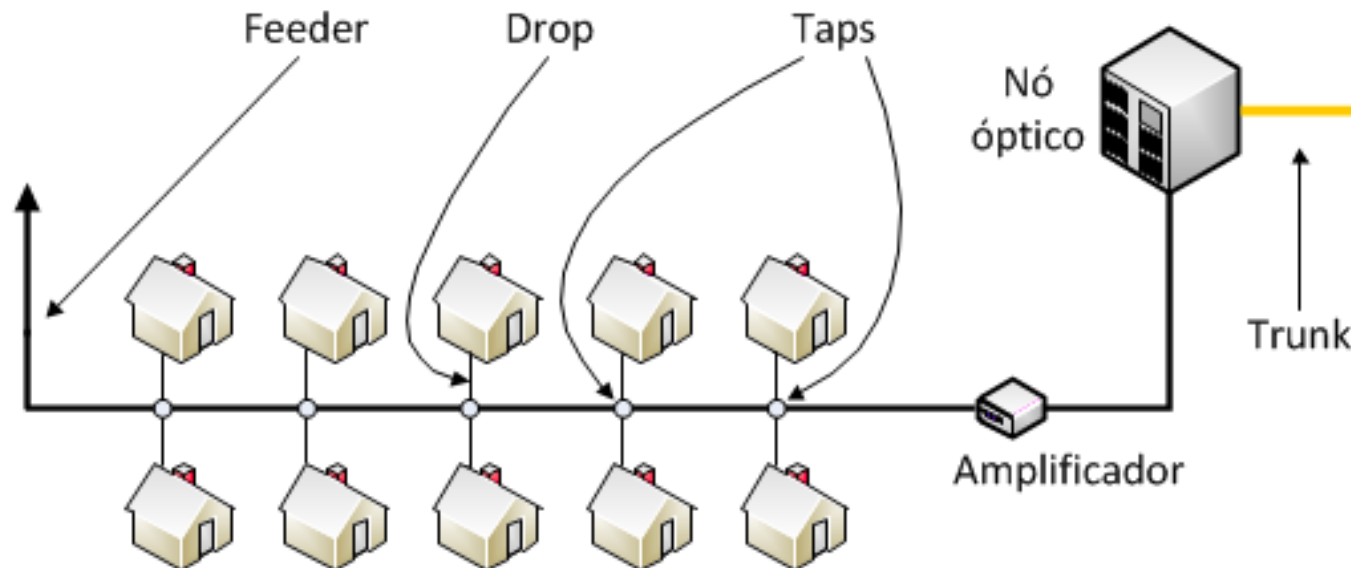
- “**cabo coaxial**” .. constituído de dois condutores de cobre concêntricos e não paralelos e que alcança taxas altas de transmissão de dados.
- e.g., sistemas de televisão a cabo podem ser acoplados a modems a cabo para oferecer aos usuários residenciais acesso à Internet a velocidades de 10s (dezenas) de Mbps.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

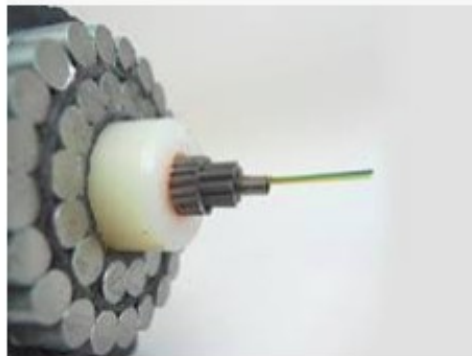
- “**televisão a cabo**” .. nestes casos, o transmissor passa o sinal digital para uma banda de frequência específica e o sinal analógico resultante é enviado do transmissor para um ou mais receptores.
- ... utiliza-se como um meio compartilhado guiado onde vários sistemas finais são conectados diretamente ao cabo e todos eles recebem sinais enviados pelos outros sistemas finais.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

- “**fibra ótica**” .. meio delgado e flexível que conduz pulsos de luz, cada um deles representando um bit que suporta taxas de transmissão elevadíssimas, de até 10s (dezenas) ou mesmo 100s de Gbps.
- .. são imunes à interferência eletromagnética, têm baixíssima atenuação de sinal até 100 quilômetros, mas são difíceis de derivar.
- .. tais características tornam a fibra ótica o meio adequado para a transmissão guiada de grande alcance, p.ex., cabos submarinos.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

- **“uso da fibra ótica”** .. muitas redes telefônicas de longa distância de muitos países usam exclusivamente fibras óticas, que também predominam no “backbone” da Internet.
- **“alto custo de equipamentos ópticos”** .. transmissores, receptores e comutadores impedem a utilização para transporte a curta distância, como em LANs ou em redes de acesso residenciais.
- **“velocidades de conexão”** .. padrão Optical Carrier (OC) varia de 51,84 Mbps a 39,81 Gbps e é frequentemente denominado OC-n, onde “n” é um multiplicador, ou seja, “n” * 51,8 Mbps.
- **“padrões usados”** .. incluem OC-1, OC-3, OC-12, OC-24, OC-48, OC-96, OC-192 e OC-768 (até 39.813,12 Mbps).

1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

- “**canais de rádio terrestres**” .. carregam sinais dentro do espectro eletromagnético e não exigem a instalação de cabos físicos.
- ... características de um canal de rádio depende muito do ambiente de propagação e da distância pela qual o sinal deve ser transmitido.
- ... condições ambientais determinam perda de sinal e atenuação por efeito de sombra (reduz a intensidade do sinal ao transitar por distâncias longas e ao redor por meio da interferência de objetos).
- ... atenuação também pode se dar por caminhos múltiplos face à reflexão do sinal quando atinge objetos interferentes, bem como por interferência de outras transmissões ou sinais eletromagnéticos.

1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

- “**canais de rádio terrestres**” .. classificados em 03 grupos em função das distâncias que operam entre as estações.
- “**distâncias muita curtas**” .. normalmente alguns metros; “**pequeno alcance**” .. operam em locais próximos com 10s ou 100s de metros e os de “**longo alcance**” que abrangem 10s de quilômetros.
- ... dispositivos pessoais como fones sem fio, teclados e dispositivos médicos operam por curtas distâncias de alguns metros.
- ... LANs sem Fio utilizam canais de rádio local, enquanto as tecnologias de acesso no celular utilizam canal de rádio de longo alcance.

1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

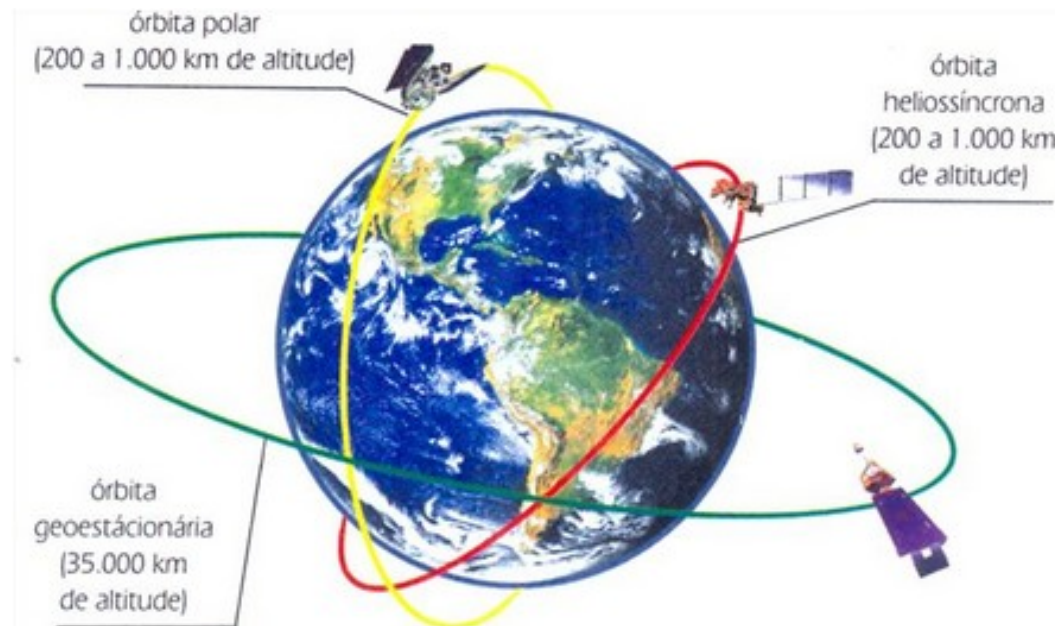
... 1.2 - Borda da Rede Internet

- **“canais de rádio por satélite”** .. interliga dois ou mais transmissores-receptores de micro-ondas tendo por base estações terrestres.
- .. satélite recebe transmissões em uma faixa de frequência e gera um sinal usando um repetidor e o transmite em outra frequência.
- .. 02 (dois) tipos de satélites são usados para comunicações, ou seja, satélites geoestacionários e satélites de órbita baixa (LEO).
- **“satélites geoestacionários”** .. presença estacionária uma vez que estão em órbita a 36.000 quilômetros acima da superfície terrestre, ou seja, estão de modo permanente sobre o mesmo lugar da Terra.

1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

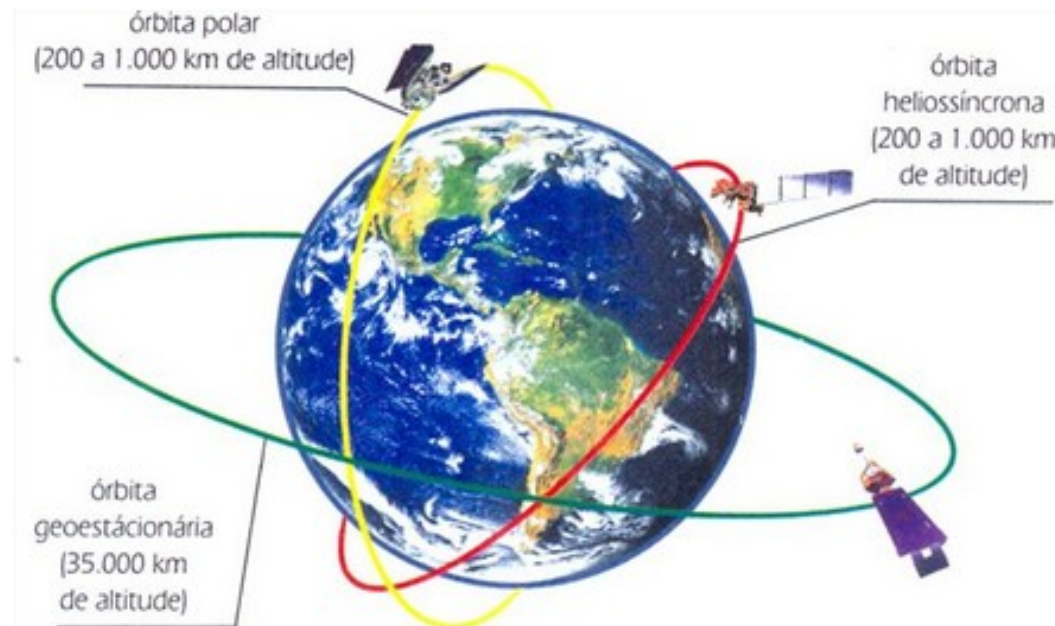
- “**satélites geoestacionários**” .. enorme distância do satélite em relação a terra impõe um atraso substancial de propagação de sinal da ordem de 280 milissegundos
- ... mesmo assim, enlaces por satélite, podem funcionar a velocidades de 100s de Mbps e são frequentemente usados em áreas sem acesso à Internet, p.ex., não uso de MODEM DSL ou Internet a Cabo.



1 - Rede Internet / 1.2 - Borda da Rede Internet

... 1.2 - Borda da Rede Internet

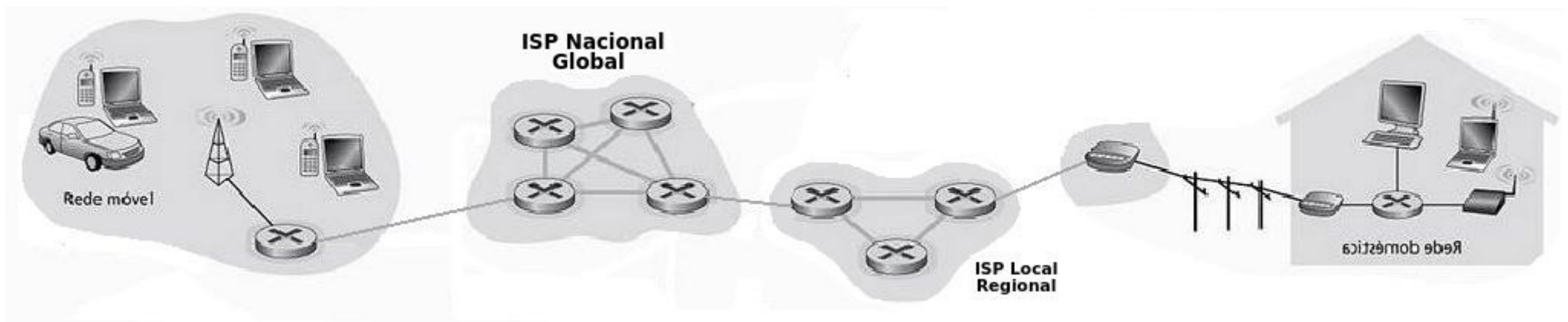
- “**satélites de órbita baixa**” .. são posicionados muito mais próximos da Terra e não estão sempre sobre um único local.
- ... giram ao redor da Terra (exatamente como a Lua) e podem se comunicar uns com os outros e com estações terrestres.
- ... embora em órbita mais baixa, são necessário muitos satélites em órbita para prover cobertura contínua em determinada área.



1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

1.3 – Núcleo da Rede Internet

- “**núcleo da rede**” - malha de roteadores interconectados responsável pela repasse e roteamento de pacotes na rede.
- ... mas como os dados são transferidos pela rede ?
- “**abordagens**” .. pelo movimentação de dados por meio de uma rede de enlaces e comutadores, o encaminhamento de pacotes se dá por “comutação de circuitos” ou “comutação de pacotes”.



1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

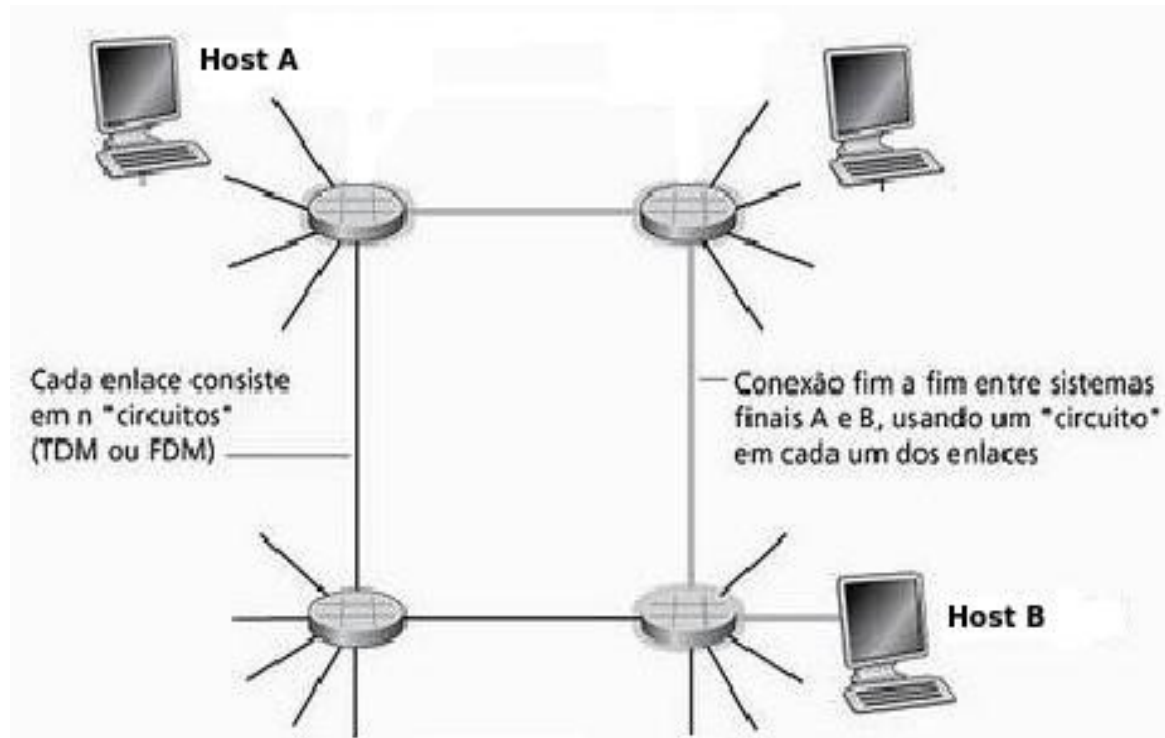
1.3.1 – Comutação de Circuitos

- “**comutação por circuitos**” - recursos como buffers e taxa de transmissão necessários para prover comunicação são reservados pelo período da sessão de comunicação.
- e.g., redes de telefonia são exemplos de redes de comutação de circuitos, pois contemplam o estabelecimento de conexão antes da transferência de dados propriamente dita.
- Obs.: ... mas nem todas as redes de telecomunicações podem ser consideradas redes “puras” de comutação de circuitos e nem mesmo redes “puras” de comutação de pacotes.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.1 – Comutação de Circuitos

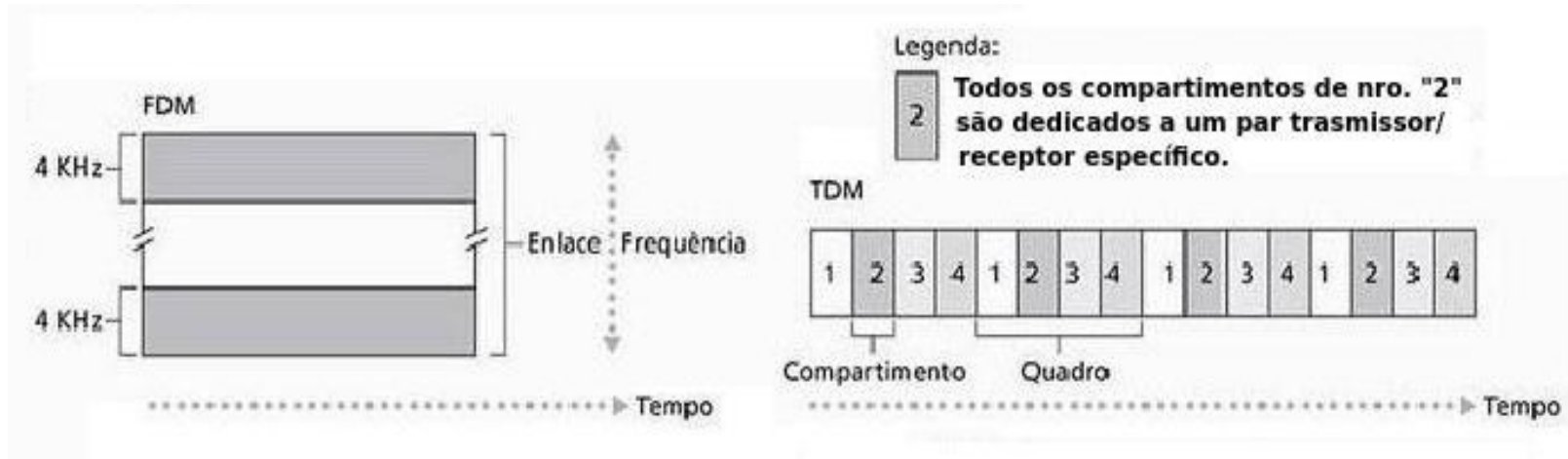
- e.g., considere os “hosts” “A” e “B” e a troca de mensagens entre os mesmos através da “comutação de circuitos”.
- ... como cada enlace tem “n” circuitos, para cada enlace usado pela conexão fim a fim, cabe à conexão uma fração de “1/n” da largura de banda do enlace durante o período da conexão.



1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.1 – Comutação de Circuitos

- “**implementação de circuito**” .. se dá por multiplexação por divisão da frequência (FDM) ou multiplexação por divisão do tempo (TDM).
- .. enlace reserva uma faixa de frequência ou “slot” de tempo para cada conexão durante o período da conexão, p.ex., na rede telefônica a largura desta banda de frequência é de 4 KHz.
- ... já estações de rádio FM compartilham o espectro de frequência de 88 MHz e 108 MHz, sendo atribuída uma faixa para cada estação.



1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.1 – Comutação de Circuitos

- **e.g.**, considere uma rede de comutação de circuitos na qual deseja-se calcular o tempo necessário para transmitir um arquivo de 640.000 bits do “host” “A” para o “host” “B”.
- “**algumas premissas**” .. todos os enlaces são de 1536 Kbps, utilizam TDM com 24 slots/seg e 500 ms para estabelecer circuito fim a fim.
- ... como cada “slot” acomoda uma taxa de transmissão de $1536 / 24$ Kbps, a taxa de transmissão para cada par é de 64 Kbps.
- ... para transmitir 640.000 bits são necessários 10 seg., ou seja, $640.000 \text{ bits} / 64 \text{ Kbps} + \text{tempo para estabelecer a conexão (500 ms)}$.

1.3.2 – Comutação de Pacotes

- “**comutação de pacotes**” .. não há reserva de recursos como buffers e taxa de transmissão para prover comunicação.
- ... mensagens transmitidas em uma sessão utilizam recursos por demanda e, podem por consequência, ter que esperar em uma fila para conseguir acesso a um enlace.
- ... pacotes são enviados à rede sem reservar nenhuma largura de banda, assim, se um dos enlaces estiver congestionado, a mensagem tem que esperar em um “buffer” ou pode ser descartada.
- Obs.: ... nem todas as redes de telecomunicações podem ser consideradas redes “puras” de comutação de circuitos e nem mesmo redes “puras” de comutação de pacotes.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

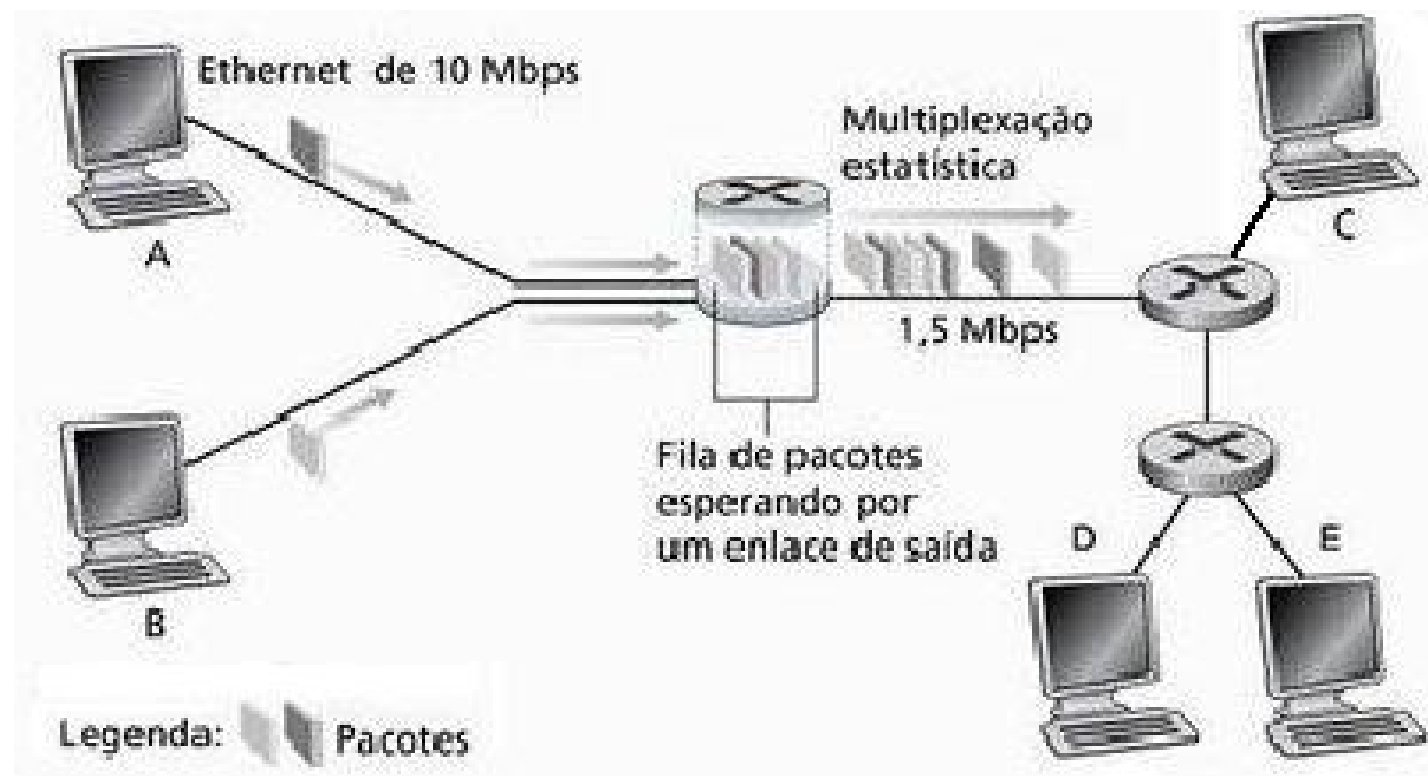
... 1.3.2 – Comutação de Pacotes

- “**comutador de pacotes**” .. em sua maioria utilizam a abordagem “store and forward”, ou seja, o comutador primeiro recebe o pacote por inteiro e somente depois o reencaminha.
- ... isto implica em atraso de armazenamento e reenvio.
- **e.g.**, considere “Q” enlaces entre “hosts” “A” e “B”, cada qual com uma taxa de transmissão de “R” bps.
- ... considere que não há atrasos de fila e que o atraso de propagação é desprezível e, adicionalmente, a comutação seja por pacotes.
- ... pacotes devem ser transmitido pelo 1º enlace, o que leva “L/R” seg. e na sequência por “Q – 1” enlaces, então o atraso = “Q*L/R” seg.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.2 – Comutação de Pacotes

- ... sequência de envio de pacotes dos “hosts” “A” e “B” não tem um padrão fixo, ou seja, a largura de banda utilizada se dá por demanda
» multiplexação estatística.



1.3.3 – Comutação de Pacotes versus Circuitos

- “**comutação de pacotes**” - permite que mais usuários utilizem a rede, pois oferece um melhor compartilhamento da banda.
- ... implementação mais simples, mais eficiente e mais barata do que a implementação da “comutação de circuitos”.
- **e.g.**, considere o compartilhamento de um enlace de 1 Mbps entre “n” usuários que alternam em períodos de atividade, quando geram dados a 100 Kbps e em períodos de inatividade.
- ... na comutação de circuitos, reserva-se 100 Kbps para cada usuário durante todo o tempo, ou seja, usando TDM um quadro de 1 seg. será dividido em 10 compartimentos de 100 miliseg. (1 para cada usuário).
- » enlace pode suportar somente 10 usuários simultaneamente !!

... 1.3.3 – Comutação de Pacotes versus Circuitos

- “**comutação de pacotes**” - probabilidade de haver um usuário específico ativo é de 0,1, logo se houver 35 usuários, a probabilidade de haver 11 ou mais usuários ativos simultaneamente é de aprox. 0,0004.
- ... já a probabilidade de termos 10 ou menos usuários ativos é de 0,9996 o que possibilita uma taxa de chegada de dados ≤ 1 Mbps.
- ... pacotes fluem pelo enlace essencialmente sem atraso, como na “comutação de circuitos”.
- “**conclusão**” - ambos apresentam o mesmo desempenho, a não ser pelo nro de usuários que a comutação de pacotes pode acomodar, ou seja, $3 \times$ nro. usuários do que na “comutação de circuitos”.

... 1.3.3 – Comutação de Pacotes versus Circuitos

- ... exemplo acima ilustra a diferença crucial entre a “comutação de pacotes” e a “comutação de circuitos” quanto a forma de compartilhamento da taxa de transmissão entre várias correntes de bits.
- Obs.: ... embora a “comutação de pacotes” e a “comutação de circuitos” predominem nas redes de telecomunicações, há uma tendência, sem dúvida, para a “comutação de pacotes”.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

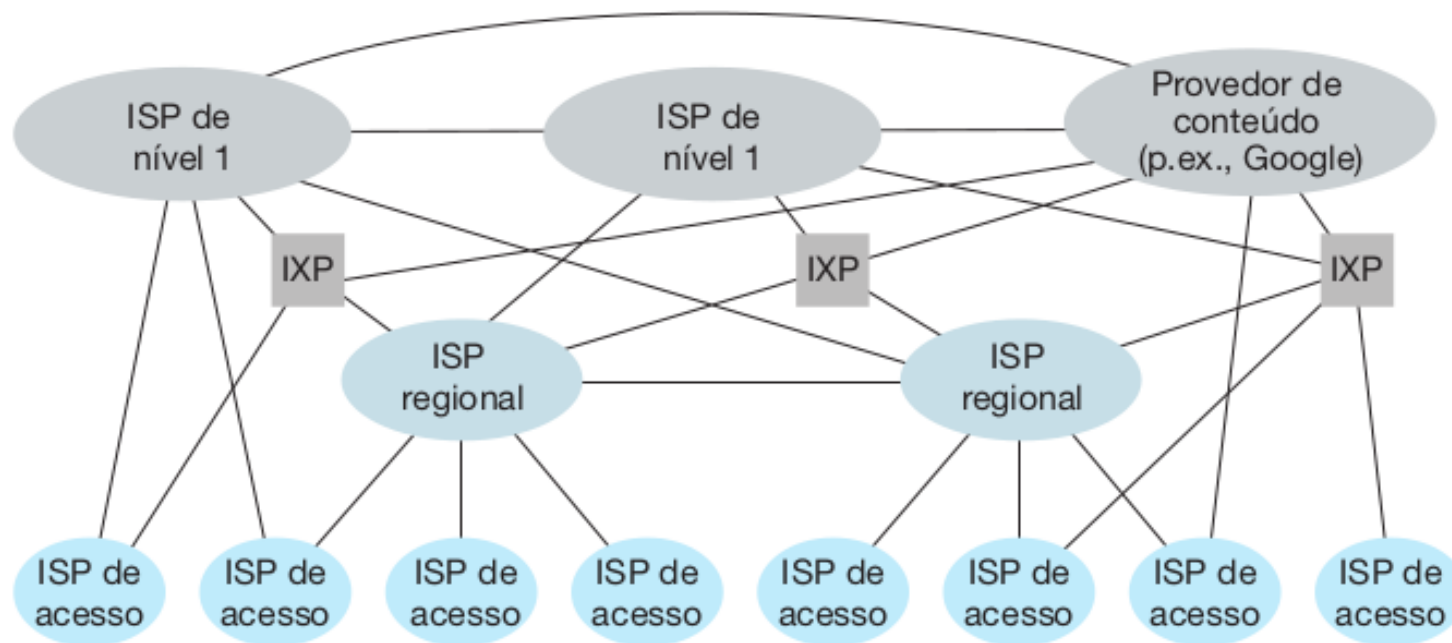
1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- **“já visto”** .. “end systems” como PCs, smartphones, servidores Web, servidores de correio eletrônico e etc. conectam-se à Internet por meio de um Internet Service Provider (ISP).
- .. cabe ao ISP prover a conectividade com ou sem fio, utilizando-se das tecnologias de acesso disponíveis, p.ex., DSL, Cabo ou FTTH.
- e.g., provedor local não precisa ser uma operadora de telefonia ou uma empresa de TV a Cabo, mas pode ser, p.ex., uma universidade ou uma empresa (que oferece acesso para seus funcionários).
- **“motivação”** .. como se resolve o problema de conexão de 1000s de usuários e de 100s de 1000s de redes que compõem a Rede Internet ?
- **“isto pode ser alcançado”** .. por meio da Rede das Redes !!

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- ... conexão de usuários através das redes de acesso é apenas uma parte do problema de conexão de 1000s de usuários e de 100s de 1000s de redes que compõem a Rede Internet;
- ... redes de acesso situadas nas bordas são conectadas ao núcleo da rede segundo uma “**hierarquia**” de níveis de ISPs.



1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- “**estrutura da Rede Internet**” .. seja a análise de estruturas possíveis que de alguma forma se aproximam da estrutura da Rede Internet.
- “**ISPs Interconetados em Malha**” .. cada ISP se conecta diretamente a cada outro ISP, como um sistema em malha de ISPs.
- “**alguns problemas**” .. exige que cada ISP disponibilize um enlace de comunicação para cada um das 100s de 1000s de ISPs, logo, torna-se muito caro senão inexecutável para a maioria dos ISPs.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet
... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- **“ISP de Trânsito Global”** .. interconexão de todos os ISPs de acesso a um único ISP (que no imaginário) é uma rede de roteadores e enlaces de comunicação espalhada pelo planeta.
- ... a rede de roteadores também mantém um roteador próximo de cada uma das centenas de milhares de ISPs de acesso de modo que o ISP de Acesso se conecte ao ISP de Trânsito Global.
- **“alguns problemas”** .. é muito oneroso para o ISP Global montar essa rede tão extensa de roteadores e com abrangência mundial.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- “**alguns problemas**” .. é muito oneroso para o ISP Global montar essa rede tão extensa de roteadores e com abrangência mundial.
- “**premissa**” .. se tal rede for exequível, é necessário que cada ISP de Acesso pague pela conectividade, o que por sua vez, irá se refletir na qualidade de tráfego que um ISP de Acesso troca com o ISP Global.
- .. neste contexto, ISPs de Acesso são Clientes do ISP de Trânsito Global que por sua vez é um Provedor.
- “**hipótese**” .. se alguma empresa montar e operar um ISP de Trânsito Global que seja lucrativo, então será natural para outras empresas montem seus próprios ISPs de Trânsito Global.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

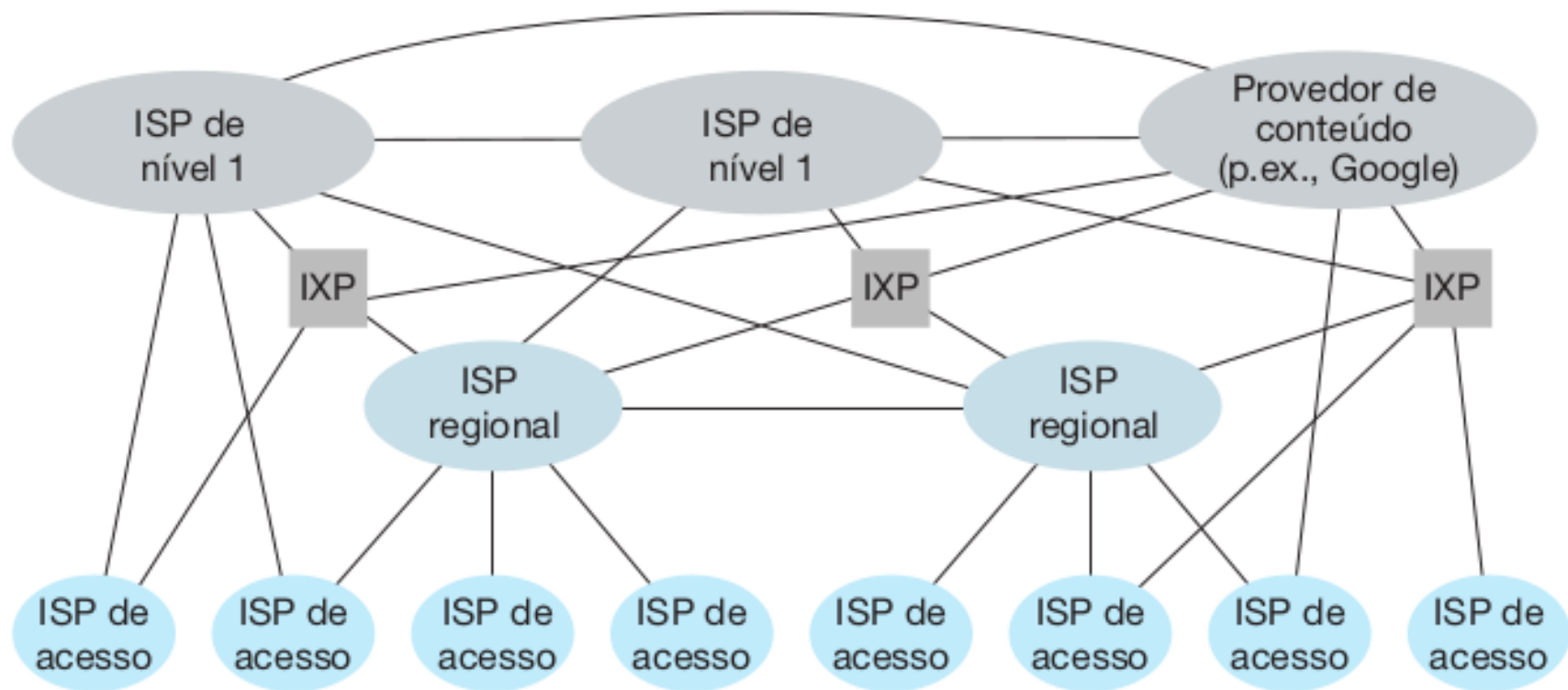
... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- “**hipótese**” .. se alguma empresa montar e operar um ISP de Trânsito Global que seja lucrativo, então será natural para outras empresas montem seus próprios ISPs de Trânsito Global.
- .. neste contexto, os próprios ISPs de Trânsito Global precisam se interconectar, caso contrário, os ISPs de Acesso ligados a diferentes ISPs de Trânsito Global não podem se comunicar.
- .. tal estrutura descreve uma hierarquia de “**duas camadas**” com ISPs de Trânsito Global residindo no nível superior e os ISPs de Acesso no nível inferior e próximo do usuário final ou “end systems”.
- “**hierarquia multinível**” .. generalização desta estrutura que ao contemplar ISPs de diferentes níveis, p.ex., regionais, nacionais e internacionais constitui-se numa aproximação grosseira da Internet.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- Para montar uma rede que se assemelhe mais à Internet, tem-se que acrescentar “Points of Presence” (PoPs), “multi-homing”, emparelhamento e “Internet eXchange Points” (IXPs).



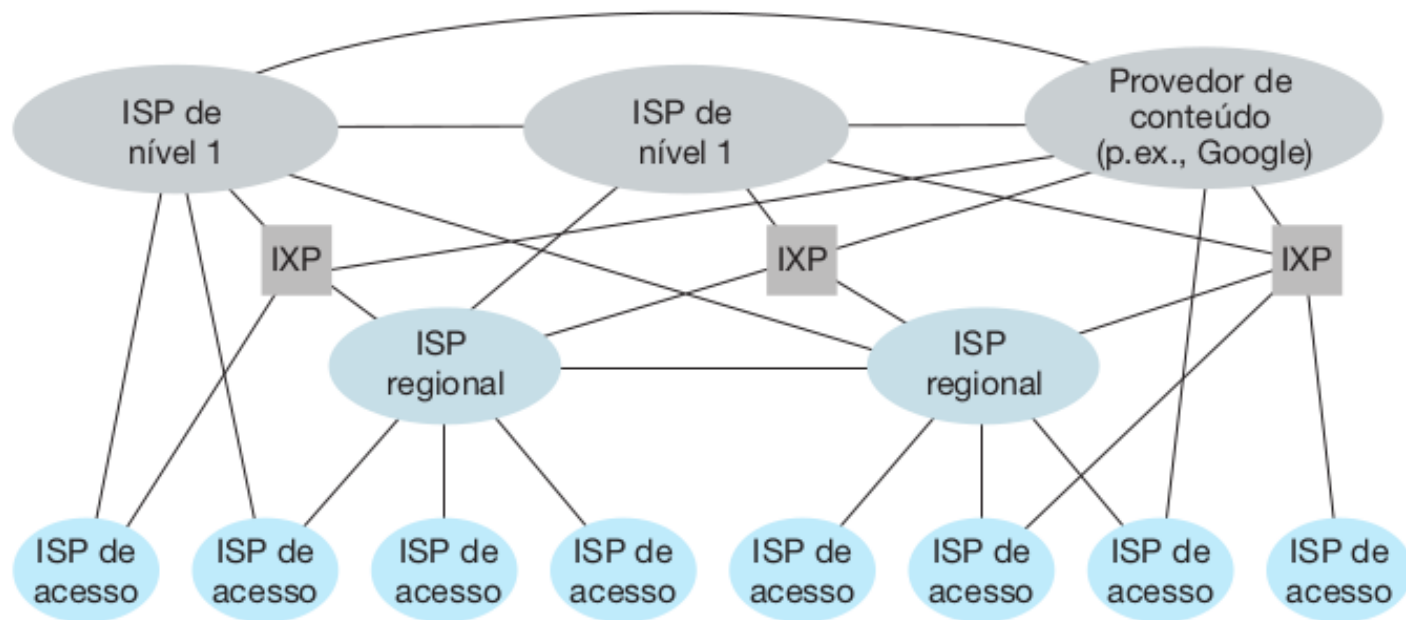
1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet
... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- **“Points of Presence” (PoPs)** .. é um grupo de um ou mais roteadores (no mesmo local) na rede do provedor, onde os ISPs Clientes podem se conectar ao ISP Provedor.
- .. cliente conecta-se a um PoP alugando um enlace de alta velocidade de um provedor de telecomunicações para conectar um de seus roteadores a um roteador do PoP.
- .. qualquer ISP (exceto os de nível 1) pode decidir efetuar o “multi-home”, ou seja, conectar-se a dois ou mais ISPs provedores.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- e.g., ISP de Acesso pode efetuar “multi-home” com 02 ISPs Regionais, ou com 02 ISPs Regionais e também com um ISP #1, regra que vale para um ISP Regional em “multi-home” com vários ISPs #1.
- ... quando um ISP efetua “multi-home”, ele pode continuar a enviar e receber pacotes na Internet, mesmo que um de seus provedores apresente uma falha em razão da redundância.



1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

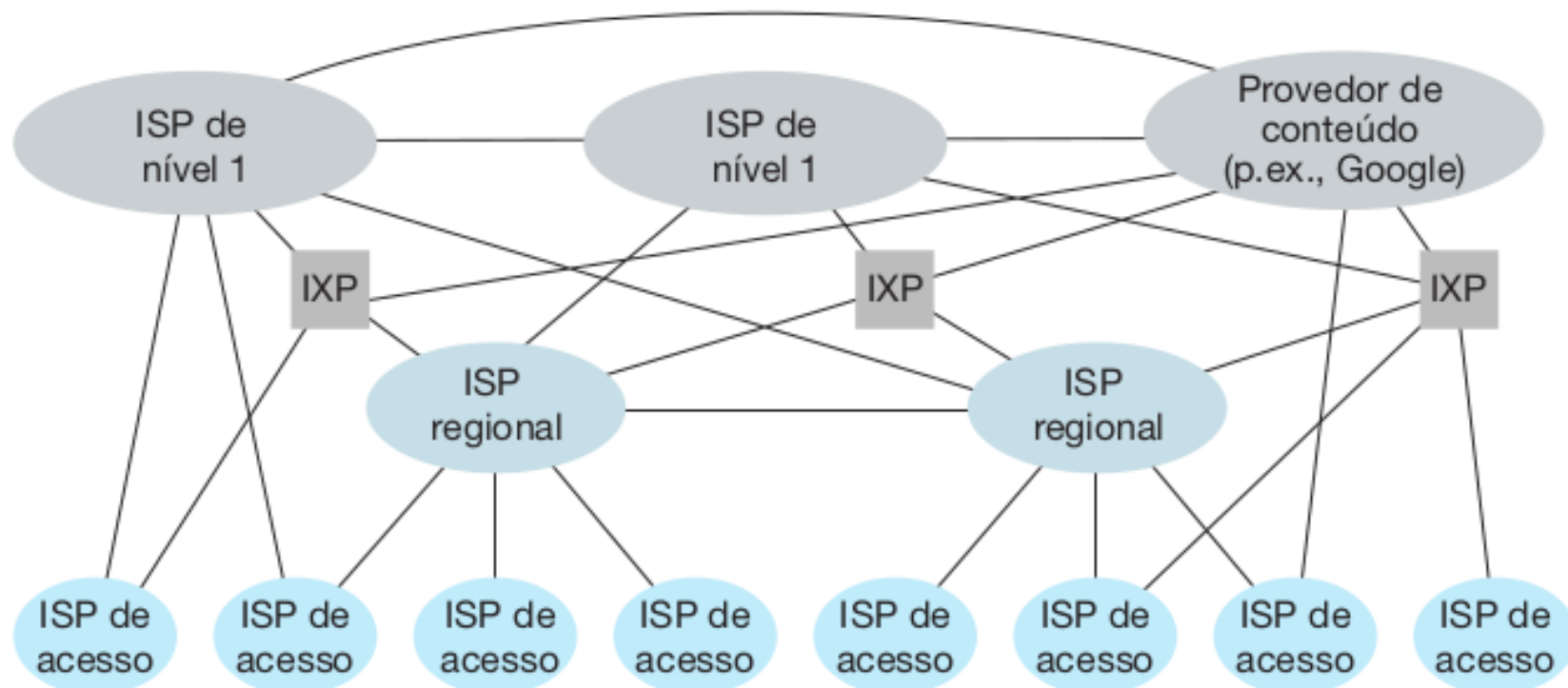
... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- “**algumas análises**” .. como vimos, ISPs clientes pagam aos seus ISPs provedores para obter interconectividade global com a Internet.
- .. normalmente o valor que um ISP cliente paga a um ISP provedor reflete a quantidade de tráfego que ele troca com o provedor.
- “**conclusão**” .. para reduzir custos, ISPs próximos ou na mesma hierarquia podem emparelhar, ou seja, conectar diretamente suas redes, de modo que todo o tráfego entre elas passe pela conexão direta.
- “**Internet Exchange Point**” (IXPs) .. ponto de encontro onde vários ISPs podem se emparelhar para aumentar a interconectividade e redundância, bem como diminuir custos operacionais.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- “**Rede Internet**” .. ecossistema consistindo de ISPs de Acesso, ISPs Regionais, ISPs #1, PoPs, “multi-homing”, emparelhamento e IXPs.
- .. acrescida dos “Provedores de Conteúdo”, p.ex., Google.



1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- **“Content Delivery Network”** (CDNs) .. Google é um dos principais exemplos dessa rede de provedor de conteúdo.
- .. estima-se que a Google tenha de 30 a 50 centros de dados distribuídos na América do Norte, Europa, Ásia, América do Sul e Austrália.
- .. trata-se de um rede privada que “contorna” as camadas mais altas da Internet emparelhando (sem custo) com outros ISPs de nível mais baixo, seja conectando diretamente ou interligando com eles em IXPs.
- .. com sua própria rede, um provedor de conteúdo reduz custos com ISPs da camada mais alta, mas também tem maior controle de como seus serviços são entregues aos usuários finais.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- **“Rede Internet”** .. contempla uma topologia complexa, consistindo de 10s de ISPs #1 e 100s de 1000s de ISPs de níveis mais baixos.
- .. cobertura dos ISPs é bastante diversificada, sendo que alguns cobrem continentes e oceanos e outros se limitam a pequenas regiões.
- .. ISPs de níveis mais baixos conectam-se a ISPs de níveis mais altos e estes se interconectam uns com os outros.
- .. usuários e provedores de conteúdo são clientes de ISPs de níveis mais baixos e estes são clientes de ISPs de níveis mais altos.
- **“tendência”** .. nos últimos anos, os principais provedores de conteúdo têm criado suas próprias redes e se conectado diretamente a ISPs de níveis mais baixos, quando possível.

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

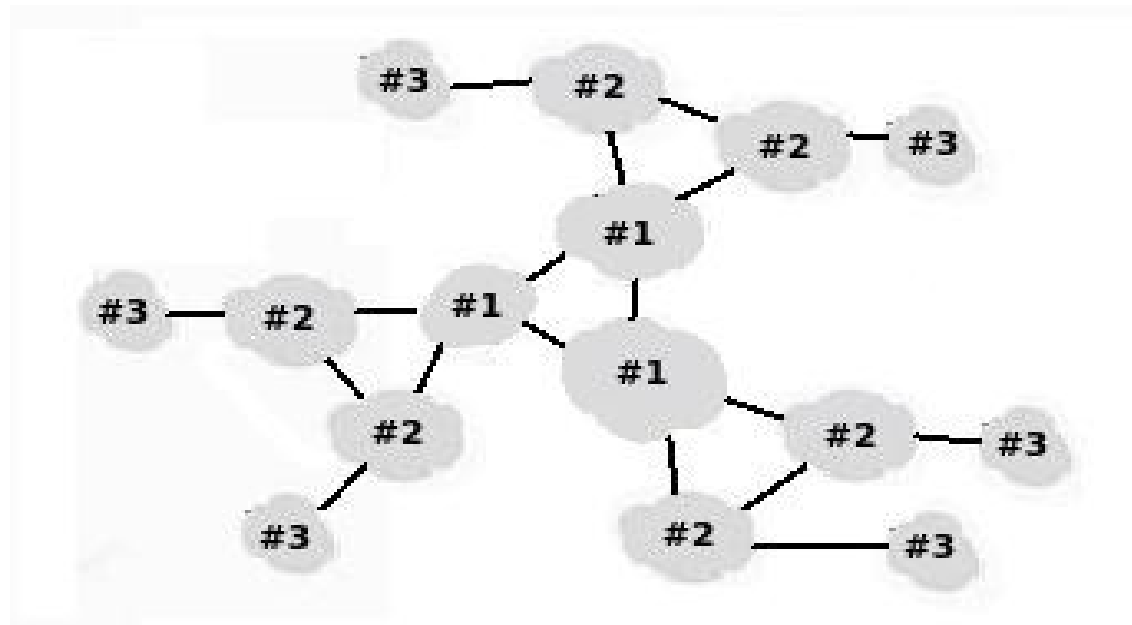
... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- **“ISPs de Nível #1”** - nro. reduzido de ISPs que em muitos aspectos são iguais a qualquer rede e contém enlaces e roteadores.
- ... velocidades alcançam 622 Mbps ou mais, tendo os maiores deles enlaces de 2,5 Gbps a 10 Gbps.
- ... seus roteadores são capazes de transmitir a taxas extremamente altas e estão interligados por enlaces de 10s ou 1000s de quilômetros, ou seja, espectro de cobertura internacional.
- ... conectam-se a um grande nro. de ISPs de Nível #2 e, por isso, são conhecidos como ISPs que formam a Rede de Backbone da Internet.
- e.g., ... exemplos de ISPs #1: Sprint, MCI (UUNet/WorldCom), AT&T, Level 3, Qwest e Cable & Wireless

1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

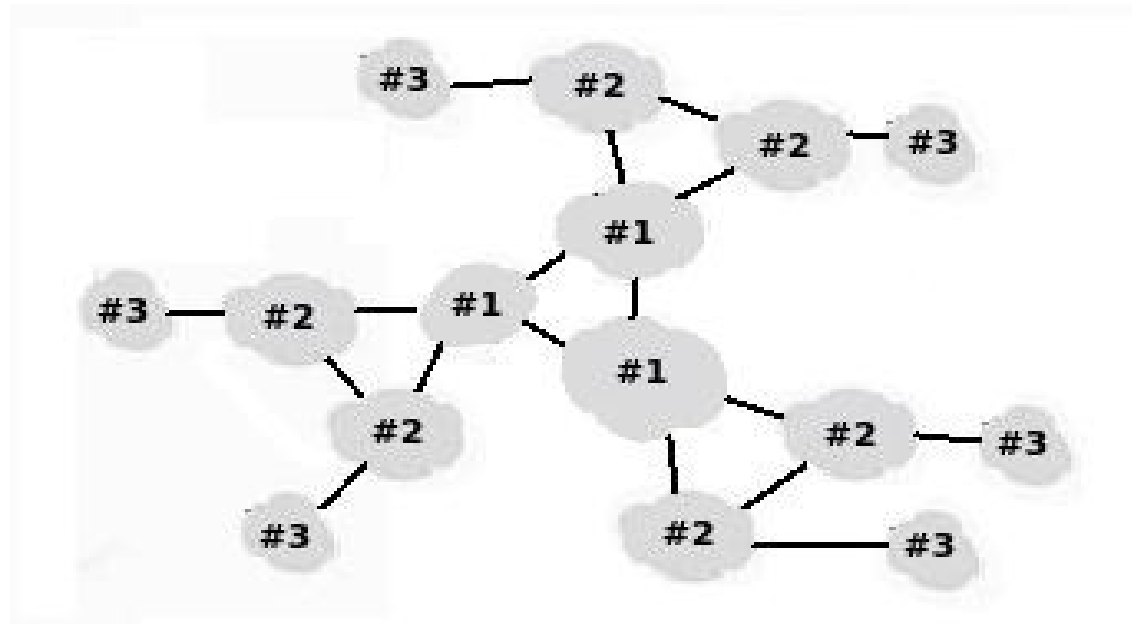
- **“ISPs de Nível #2”** - ... normalmente com alcance mais restrito e regional conectam-se apenas a uns poucos ISPs de Nível #1.
- ... para direccionar o tráfego através de ISPs #1, ISPs #2 são clientes dos ISPs de Nível #1 aos quais estão conectados.
- ... ISPs de Nível #1 cobram um tarifa dos seus Clientes, ou seja, ISPs #2, o que normalmente depende da taxa de transmissão do enlace.



1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

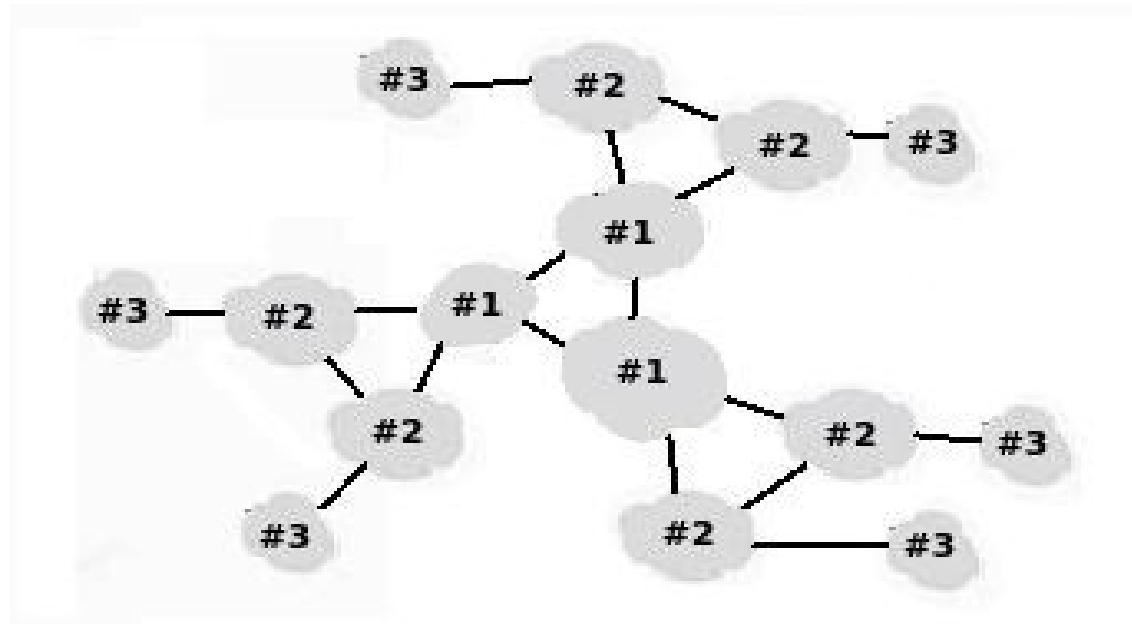
- **“Point of Presence” (POP)** – pontos em que um ISP se conecta a outros ISPs, seja abaixo, acima ou no mesmo nível.
- ... ISPs de Nível #1 normalmente contemplam múltiplos POPs espalhados por diferentes localidades geográficas em sua rede.
- ... ISPs de Nível #1 normalmente contemplam um rede de clientes e de outros ISPs ligados a cada POP da sua rede.



1 - Rede Internet / 1.3 - Núcleo da Rede Internet

... 1.3.4 – ISPs e Backbone (Rede das Redes)

- “**ISPs de Acesso**” - estão no nível mais baixo desta hierarquia, ou seja, são os ISPs de Nível #3.
- ... normalmente provêem conectividade tanto com ou sem fio, utilizando um conjunto de tecnologias de acesso incluindo DSL, MoDem, FTTH, WiFi, Telefone Celular, WiMax.



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- **“transmissão dos pacotes”** .. pacotes viajam de um “host” por meio de roteadores e terminam sua jornada em um outro “host”.
- ... ao longo deste caminho, os pacotes sofrem diversos tipos de atrasos nos nós pelos quais passam, dos quais se destacam ..
- atraso de processamento nodal;
- atraso de fila;
- atraso de transmissão;
- atraso de propagação.

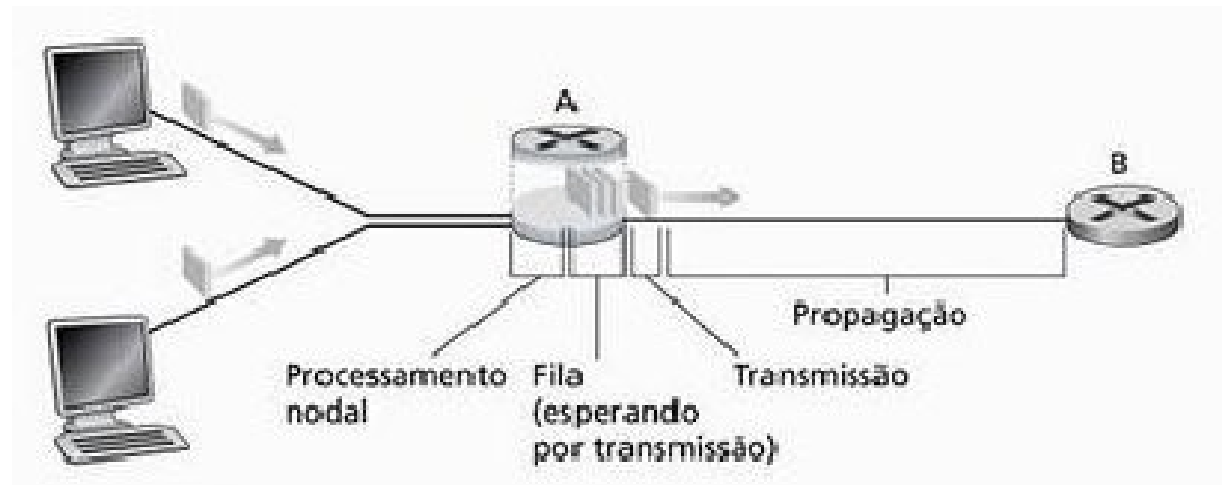
1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- **“propagação dos pacotes”** .. pacotes viajam de um “host” por meio de roteadores e terminam sua jornada em um outro “host”.
- ... ao longo deste caminho os pacotes sofrem diversos tipos de atrasos nos nós pelos quais passam (processamento nodal, atraso de fila, atraso de transmissão e atraso de propagação).
- ... quando pacote chega a um roteador, o mesmo examina o cabeçalho do pacote para determinar o enlace de saída apropriado e então o direciona ao enlace de saída.
- ... se o enlace estiver ocupado ou com pacotes à espera, o pacote recém-chegado entra em uma fila caso haja espaço para enfileirar.

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- **“atraso de processamento nodal”** - tempo requerido para examinar o cabeçalho do pacote e determinar para onde direcioná-lo constitui parte do atraso de processamento.
- **“atraso de fila”** - tempo de fila enquanto espera para ser transmitido.
- ... depende da quantidade de pacotes que chegaram antes e que estão esperando por transmissão no mesmo enlace.



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- **“atraso de transmissão”** - tempo necessário para que todos os bits dos pacotes sejam encaminhados pelo enlace.
- ... normalmente pacotes são transmitidos segundo a estratégia de “primeiro a chegar é o primeiro a ser processado” e, além disso, primeiro são armazenados e depois transmitidos.
- e.g., considere um canal de transmissão entre 02 roteadores “A” e “B” de “R” bps, ou seja, “R” é a velocidade de transmissão;
- ... se o pacote a ser transmitido contempla “L” bits, então serão necessários “L/R” segundos para transmitir o pacote.

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- **“atraso de propagação”** - tempo necessário para que cada bit seja propagado do início até o final do enlace.
- ... tempo de propagação do enlace depende do meio físico do enlace, ou seja, fibra ótica, par de fios trançados e assim por diante.
- ... normalmente considera-se um valor entre 200.000 km/s e 300.000 km/s ($3 \cdot 10^8$ m/s - velocidade da luz no vácuo).
- e.g., considere 02 roteadores conectados por um enlace de comprimento “d” metros, então o tempo de propagação será “d/v” seg., onde “v” é velocidade de propagação do sinal no enlace.
- ... “v” - percentual da velocidade da luz no meio transparente, normalmente utiliza-se 2/3 de 300.000 km/s.

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., considere 10 (dez) carros propagando a 100 km/h por uma estrada que contém praças de pedágio ao longo do percurso.
- ... cabines de pedágio levam 12 segundos para atender cada carro, ou seja, análogo ao tempo de transmissão do pacote.
- ... nesta analogia, o “carro” faz o papel do “bit” e a “caravana” faz o papel do “pacote”.
- Quanto tempo para a caravana formar fila antes da 2ª cabine ?



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., considere 10 (dez) carros propagando a 100 km/h por uma estrada que contém praças de pedágio ao longo do percurso.
- Quanto tempo para a caravana formar fila antes da 2ª cabine ?
- **“tempo de transmissão”** .. tempo para empurrar a caravana inteira pela cabina, ou seja, $10 * 12 = 120$ segundos = 2 minutos.
- **“tempo de propagação”** - tempo para o último carro propagar da 1ª até a 2ª cabine a velocidade de 100 km/h, ou seja, 1 hora = 60 min.
- ... ao final, são necessários 62 minutos para que todos os 10 (dez) carros cheguem até o início da 2ª Cabine !

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., considere agora que o tempo gasto em cada cabine por cada carro seja de 60 segundos e que a velocidade de cada carro seja de 1000 km/h e não 100 km/h (bits propagam-se mais rápido).
- “**pergunta**” ... os carros chegarão à 2ª Cabine antes que todos os 10 (dez) carros sejam atendidos na 1ª Cabine ?
- ... após 07 minutos, 1º Carro na 2ª Cabine (distância / velocidade = $100 \text{ km} / 1000 \text{ km/h} = 0,1 \text{ h}$ ou $1/10$ de hora = 6 minutos)
- ... 03 Carros (restantes dos carros) ainda na 1ª Cabine.
- “**conclusão**” .. primeiro “bit” do pacote pode chegar no 2º roteador antes que o pacote seja totalmente transmitido no 1º roteador.

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- **“atraso de processamento”** d_{PROC} .. normalmente assume valores de alguns milisegundos ou menos, conforme as características do enlace.
- **“atraso de enfileiramento”** d_{FILA} .. tempo altamente dependente do congestionamento no enlace da rede.
- **“atraso de transmissão”** d_{TRANS} .. normalmente é significativo para enlaces de baixa velocidade (L/R segundos).
- **“atraso de propagação”** d_{PROP} .. normalmente varia de 10s de microsegundos (p.ex. 0,01 ou 0,0x ms) a 100s de milisegundos (p.ex., 0,1 ms ou 0,x ms)

$$d_{\text{total}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{fila}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- **“atraso fila”** ... é o componente mais complicado ou variável do atraso nodal, uma vez que varia de pacote para pacote.
- ... se 10 pacotes chegarem a uma fila ao mesmo tempo, o 1º pacote transmitido não sofrerá nenhum atraso, ao passo que o último pacote sofrerá um atraso relativamente grande.
- e.g., seja “R” a largura de banda (capacidade de transmissão) de um enlace em “bps”, “L” o tamanho do pacote em “bits” e “a” a taxa média de chegada de pacotes no enlace, então:
- **“intensidade de tráfego”** .. $L \cdot a / R$ desempenha papel importante na estimativa do tamanho do atraso de fila.

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

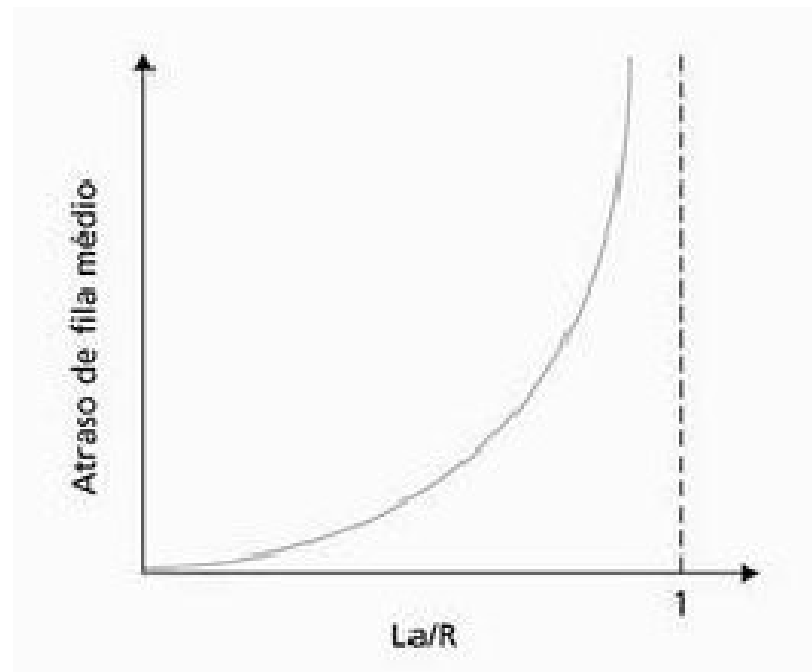
... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- “ $L \cdot a/R > 1$ ” .. velocidade média com que os bits chegam à fila excede a velocidade com que os mesmos bits podem ser transmitidos para fora da fila, ou seja, fila tende a aumentar sem limite.
- “ $L \cdot a/R \leq 1$ ” .. se pacotes chegarem periodicamente, isto é, taxa de chegada a cada “ L/R ” segundos, todos os pacotes chegarão a uma fila vazia e não haverá atraso.
- ... neste caso, a natureza do tráfego influencia o atraso de fila, p.ex., considere o caso de pacotes que chegam em rajada.
- e.g., suponha “ N ” pacotes chegando ao mesmo tempo a cada “ L/R ” seg., então, o 1º pacote transmitido não sofrerá atraso de fila.
- ... 2º pacote sofrerá atraso de “ L/R ” seg. e o enésimo pacote transmitido sofrerá um atraso de $(n-1) \cdot L/R$ seg.

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

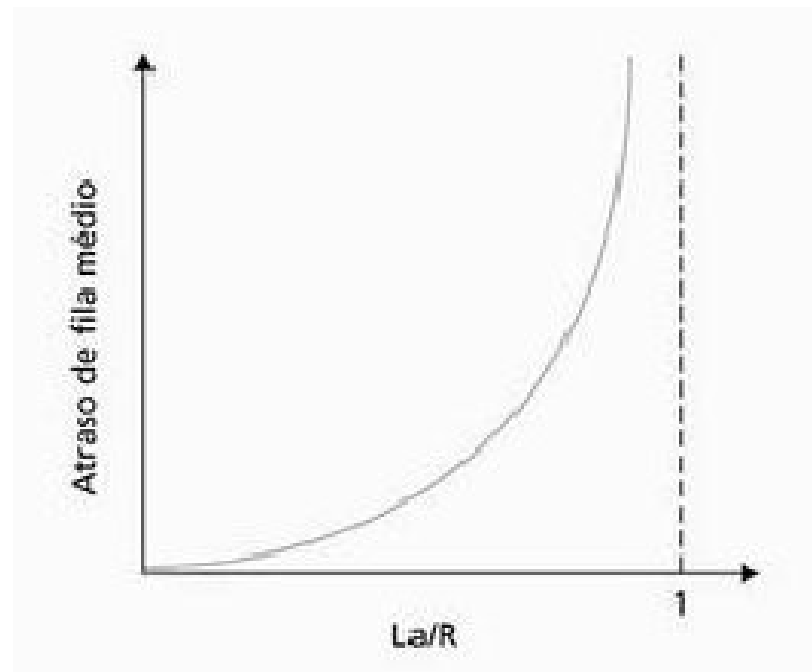
- ... se a intensidade de tráfego for próxima de zero, então a chegada de pacotes é pequena e é improvável que um pacote que esteja chegando encontre outro pacote na fila.
- ... qdo a intensidade de tráfego for próxima de 1, haverá intervalos de tempo em que a velocidade de chegada excede a capacidade de transmissão e uma fila será formada no nó (p.ex., roteador).



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

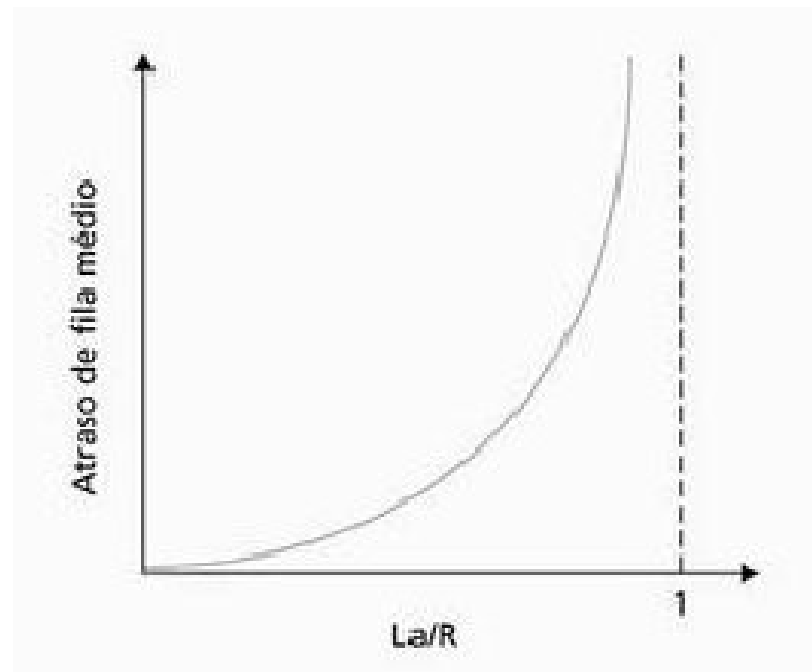
- ... qdo a taxa de chegada de pacotes for menor do que a capacidade de transmissão, a extensão da fila diminui.
- ... todavia a medida que a intensidade de tráfego se aproxima de 1, o atraso médio de fila aumenta rapidamente, ou seja, um pequeno aumento na intensidade resulta em aumento grande no atraso.



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- $L^*a / R \sim 0$ » atraso médio de fila pequeno.
- $L^*a / R \sim e < 1$ » atraso se torna grande.
- $L^*a / R > 1$ » pacotes chegam em quantidade superior a capacidade de transmissão do enlace e, portanto, atraso cresce indefinidamente !



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., para perceber o atraso em um rede de computadores, podemos utilizar o aplicativo “**traceroute**”.
- ... ao executar o “traceroute”, pacotes passam por uma série de roteadores e cada um deles envia uma curta mensagem a origem informando o nome e endereço do roteador.
- ... se considerarmos “N-1” roteadores entre origem e destino, o “host” origem enviará N pacotes à rede e cada um deles estará endereçado ao “host” destino.
- ... aplicativo “traceroute” repete o processo 03 vezes para cada pacote de modo que $3 * N$ pacotes são enviados ao “host” destino.

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

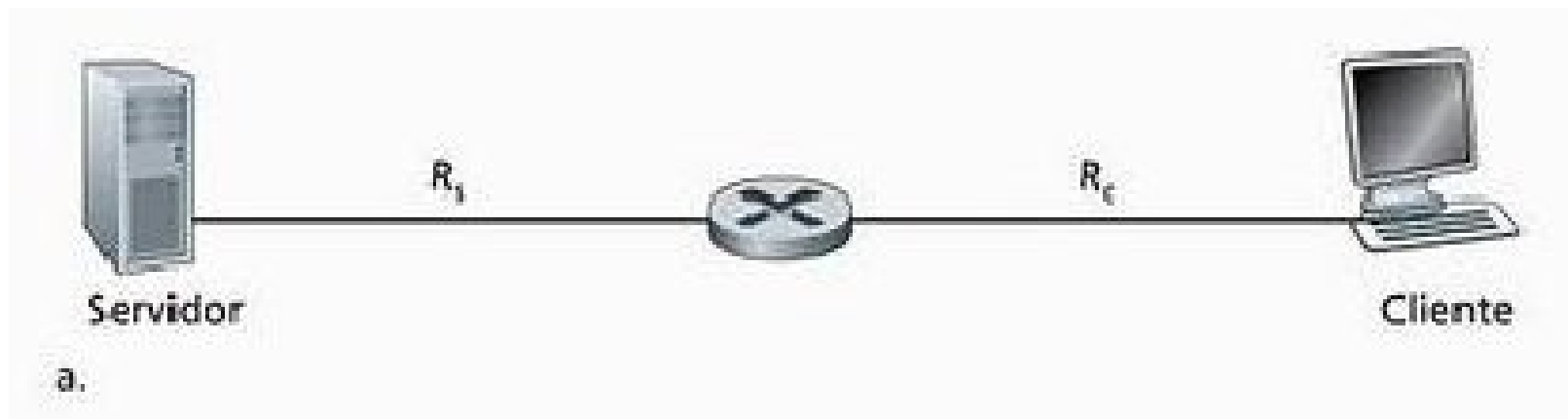
- origem .. gaia.cs.umass.edu (Univ. de Massachusetts)
- destino .. cis.poly.edu (Univ. de Polytechnic - Brooklyn)

```
1 cs-gw (128.119.240.254) 1.009 ms 0.899 ms 0.993 ms
2 128.119.3.154 (128.119.3.154) 0.931 ms 0.441 ms 0.651 ms
3 border4-rt-gi-1-3.gw.umass.edu (128.119.2.194) 1.032 ms 0.484 ms 0.451 ms
4 acr1-ge-2-1-0.Boston.cw.net (208.172.51.129) 10.006 ms 8.150 ms 8.460 ms
5 agr4-loopback.NewYork.cw.net (206.24.194.104) 12.272 ms 14.344 ms 13.267 ms
6 acr2-loopback.NewYork.cw.net (206.24.194.62) 13.225 ms 12.292 ms 12.148 ms
7 pos10-2.core2.NewYork1.Level3.net (209.244.160.133) 12.218 ms 11.823 ms 11.793 ms
8 gige9-1-52.hsipaccess1.NewYork1.Level3.net (64.159.17.39) 13.081 ms 11.556 ms 13.297 ms
9 p0-0.polyu.bbnplanet.net (4.25.109.122) 12.716 ms 13.052 ms 12.786 ms
10 cis.poly.edu (128.238.32.126) 14.080 ms 13.035 ms 12.802 ms
```

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

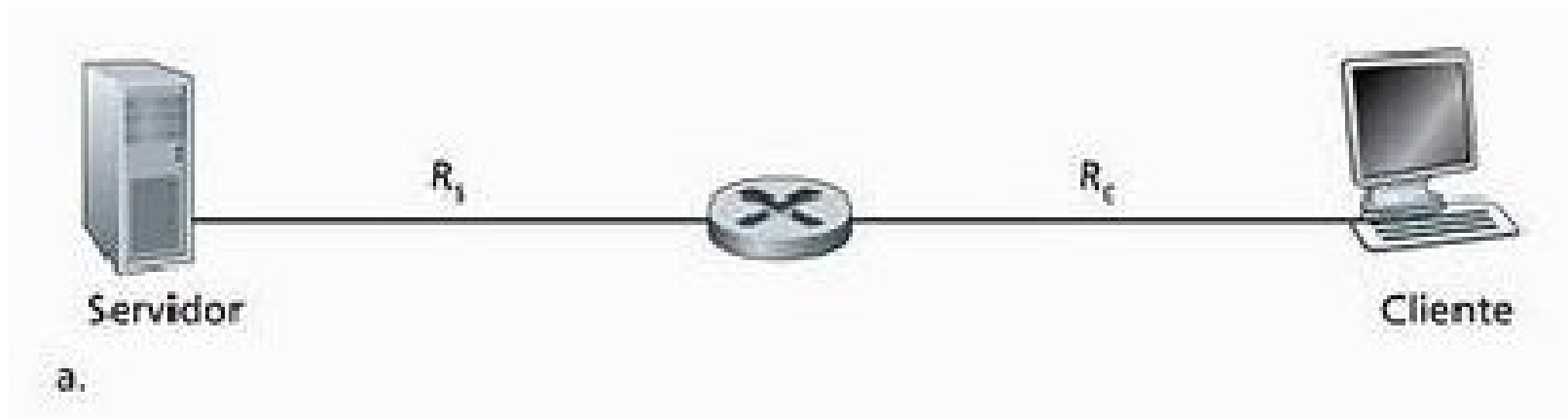
- “**vazão**” .. taxa em “bps” em que “bits” são transferidos do “host” origem (transmissor) para o “host” destino (receptor).
- vazão instantânea – taxa em um dado ponto na linha do tempo.
- vazão média – taxa em um intervalo de tempo, normalmente suficiente para transmissão e recepção de um arquivo completo.
- e.g., considere um servidor e um cliente, conectados por 02 enlaces R_s e R_c de comunicação e um Roteador.



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

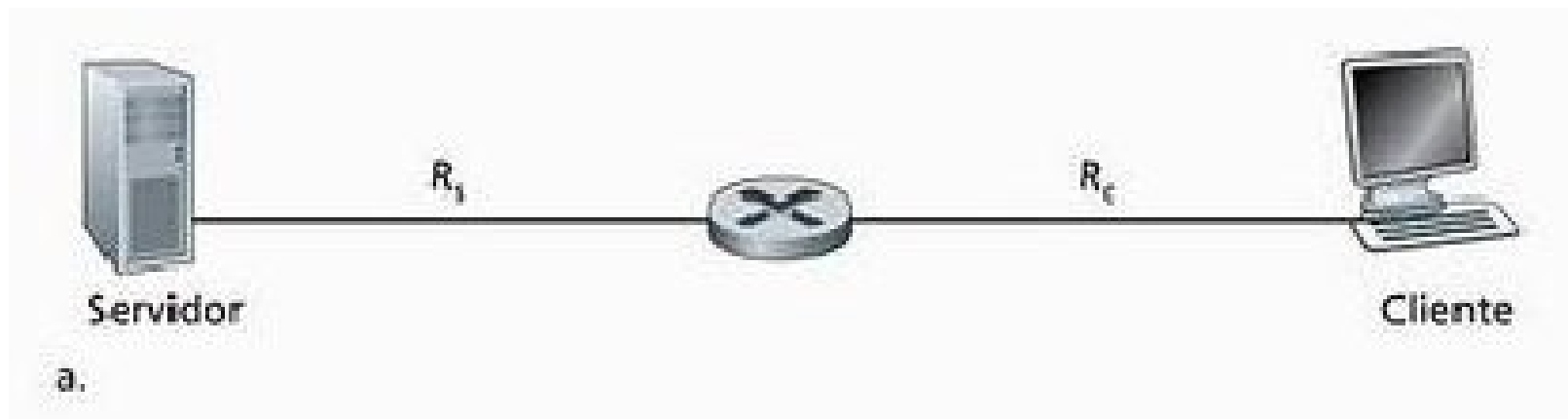
- e.g., considere um servidor e um cliente, conectados por 02 enlaces e um roteador, onde “ R_s ” é a taxa do enlace entre Roteador e Servidor e “ R_c ” a taxa do enlace entre Roteador e o Cliente.
- “ $R_s < R_c$ ” .. bits enviados pelo servidor irão correr diretamente pelo roteador e chegar no cliente a uma taxa “ R_s ” bps.
- “ $R_c < R_s$ ” .. roteador não poderá encaminhar os bits tão rapidamente quanto os recebe, ou seja, bits deixarão o roteador a uma taxa “ R_c ” >> (implica que) vazão fim-a-fim igual a “ R_c ”.



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., considere um servidor e um cliente, conectados por 02 enlaces e um roteador, onde “ R_s ” é a taxa do enlace entre Roteador e Servidor e “ R_c ” a taxa do enlace entre Roteador e o Cliente.
- “**conclusão**” - vazão em uma rede simples de 02 enlaces é o mínimo $[R(c), R(s)]$, ou seja, é taxa de transmissão do enlace de gargalo.



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., considere agora o tempo necessário para enviar um arquivo grande de “F” bits do “host” servidor para o “host” cliente.
- ... download de um arquivo mp3 de 32 milhões de bits; taxa de transmissão do servidor $R_s = 2$ Mbps e o enlace de acesso $R_c = 1$ Mbps.
- ... tempo de transferência = 32 seg (valores refletem aproximações, uma vez que não se considera os tempos de protocolos e pacotes).



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., considere N enlaces entre o servidor e o cliente, com as taxas de transmissão de N enlaces sendo " R_1 ", " R_2 ", ... " R_n ".
- ... qual é a taxa de transmissão do enlace de gargalo ao longo do caminho entre o "host" servidor e o "host" cliente ??
- ... se considerarmos que os enlaces do núcleo da rede tenham taxas de transmissão bem maiores do que " R_c " e " R_s ", então a vazão será dependente do mínimo entre " R_c " e " R_s " ?!



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

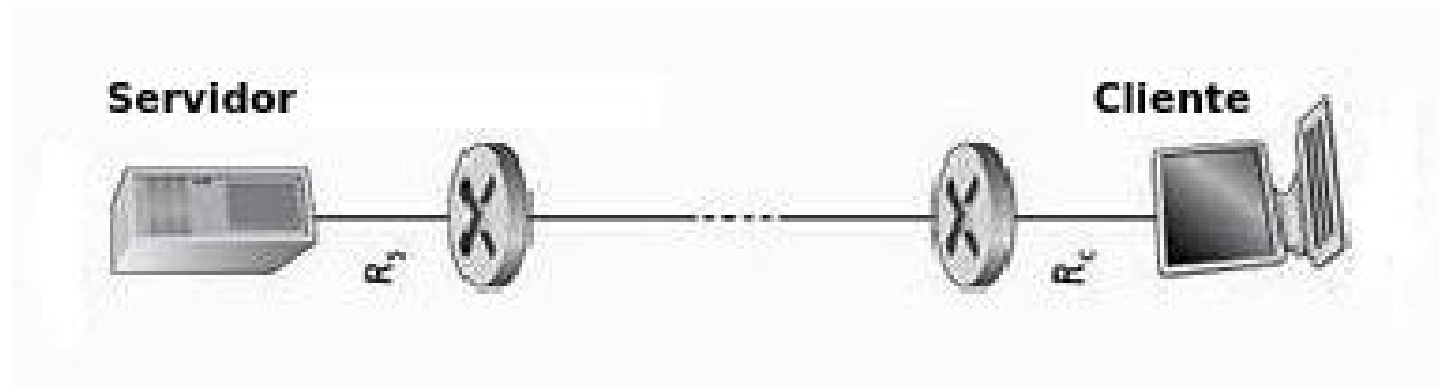
... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., considere N enlaces entre o servidor e o cliente, com as taxas de transmissão de N enlaces sendo " R_1 ", " R_2 ", ... " R_n "
- ... qual é a taxa de transmissão do enlace de gargalo ao longo do caminho entre o "host" servidor e o "host" cliente ??
- "premissa" .. se considerarmos que os enlaces do núcleo da rede tenham taxas de transmissão "**bem maiores**" do que " R_c " e " R_s ", então a vazão será dependente do mínimo entre " R_c " e " R_s " ?!
- $\min \{ R_1, R_2, \dots, R_n \}$.. taxa de transmissão do enlace de gargalo ao longo do caminho entre "host" servidor e "host" cliente.

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

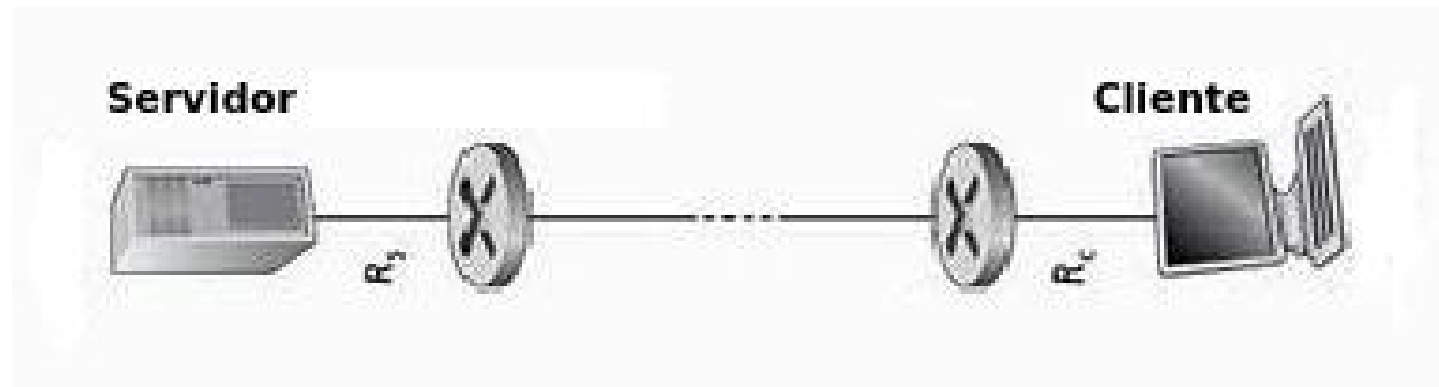
- e.g., considere 02 “hosts” (cliente e servidor) conectados a uma rede de computadores e seja a vazão de transf. de um arquivo !
- ... servidor está conectado à rede com um enlace com taxa de R_s bps e cliente está conectado à rede com enlace de R_c bps.
- ... considere que todos os enlaces do núcleo da rede tenham taxas de transmissão muito maiores do que R_s e R_c



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

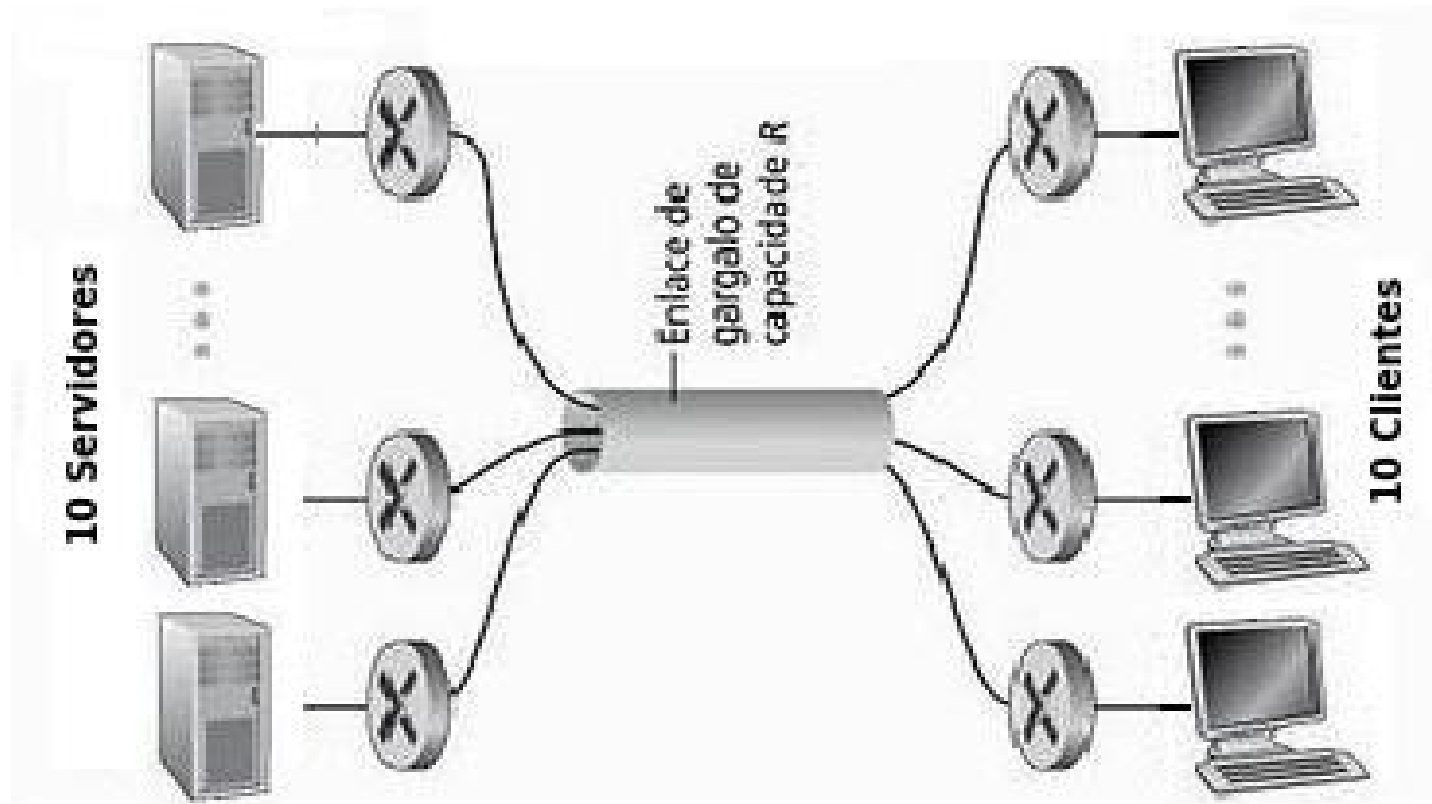
- e.g., considere 02 “hosts” (cliente e servidor) conectados a uma rede de computadores e seja a vazão de transf. de um arquivo !
- ... taxa na qual os bits são transmitidos da origem ao destino é novamente de R_s e R_c , ou seja, $\min\{ R_s ; R_c \} \gg$ (implica que) fator coercitivo para vazão na Rede Internet é normalmente o acesso a rede.
- Obs.: Rede Internet, o núcleo está superabastecido com enlaces de alta velocidade e que sofrem pouco congestionamento.



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., considere 20 “hosts” (cliente e servidor) conectados a uma rede de computadores e seja a vazão de transf. de um arquivo !
- ... 10 servidores e 10 clientes conectados efetuando downloads simultâneos através do núcleo da rede.



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

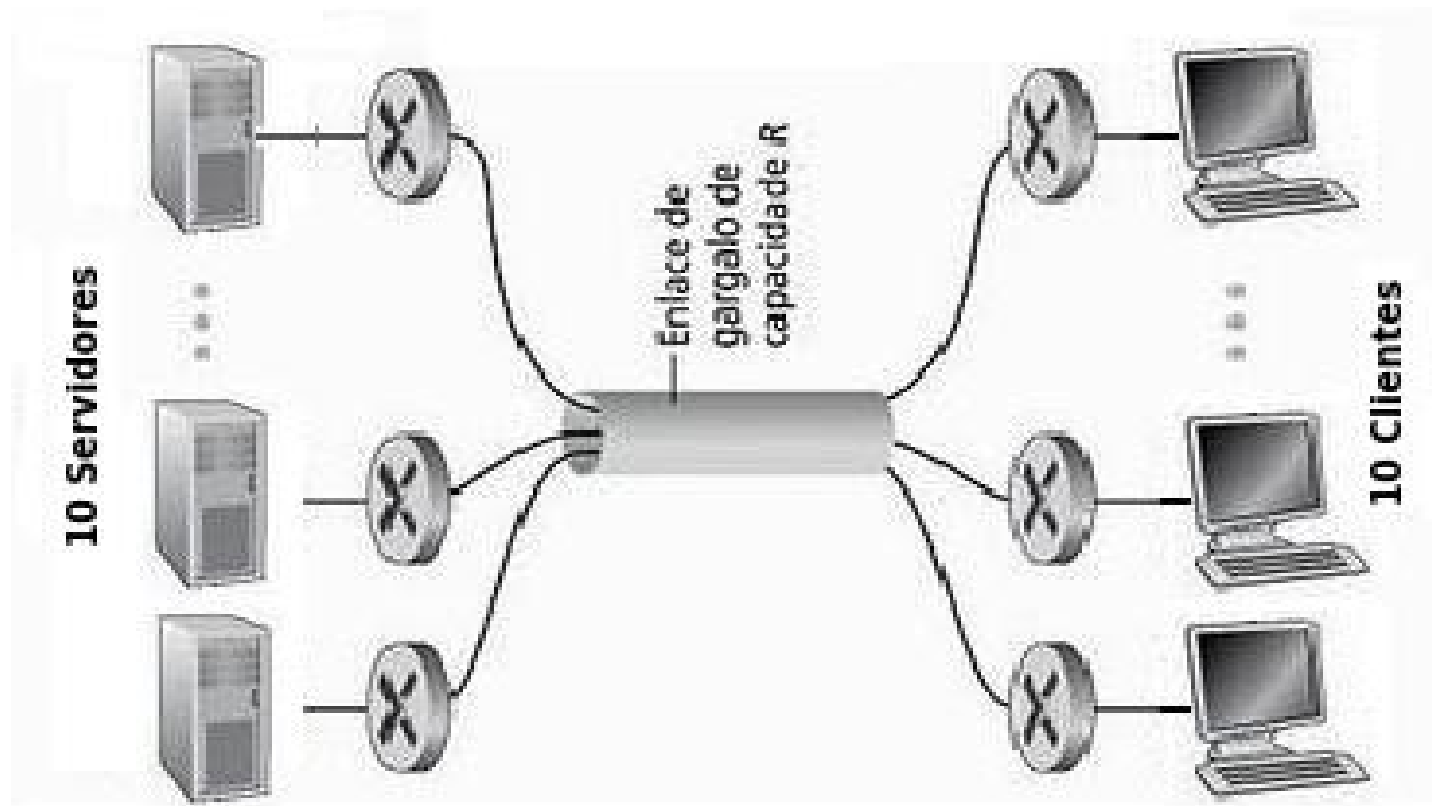
... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., ... enlace no núcleo é utilizado por todos os 10 downloads com taxa de transmissão de R bps (capacidade total do enlace de núcleo).
- “**premissa**” .. considere que todos os enlaces de acesso dos servidores tem a mesma capacidade, ou seja, R_s bps.
- “**premissa**” .. considere que todos os enlaces de acesso dos clientes tem a mesma capacidade, ou seja, R_c bps.
- “**premissa**” .. considere que todos os enlaces do núcleo, com exceção do enlace comum de taxa R bps, sejam muito maiores que R_s , R_c e R .
- “**pergunta**” - qual a vazão dos downloads ?!

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- “**pergunta**” - qual a vazão dos downloads ?!
- ... se considerarmos que R é grande comparado a R_s e R_c , então a vazão para cada “download” será $\min[R_s; R_c]$?!



1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- e.g., seja o exemplo numérico onde $R_s = 2$ Mbps; $R_c = 1$ Mbps e $R = 5$ Mbps e enlace comum compartilhando sua taxa de transmissão igualmente entre 10 “downloads” entre Clientes e Servidores.
- ... então o gargalo para “download” não se encontra mais na rede de acesso, mas no enlace compartilhado no núcleo da rede, pois fornece taxa de 500 Kbps de vazão para cada uma dos “downloads”.
- “**conclusão**” .. logo vazão fim-a-fim é 500 Kbps.
- Obs.: ... os estudos de casos discutidos mostram que a vazão depende das taxas de transmissão dos enlaces sobre as quais os dados são transmitidos bem como do compartilhamento destes enlaces.

1 - Rede Internet / 1.4 - Atraso, Perda e Vazão

... 1.4 – Atraso, Perda e Vazão

- **“algumas observações” ..**
- a) ... os estudos de casos discutidos mostram que a vazão depende das taxas de transmissão dos enlaces sobre os quais os dados são transmitidos bem como do compartilhamento destes enlaces.
- b) ... de maneira geral, a vazão depende não somente das taxas de transmissão dos enlaces ao longo do caminho, mas também do tráfego interveniente neste enlaces oriundos de outras fontes.
- ... enlace com alta taxa de transmissão pode, todavia, ser o enlace de gargalo para uma transferência de arquivo, caso muitos outros fluxos de dados estejam também passando por aquele enlace.

1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

1.5 – Camadas e Protocolos

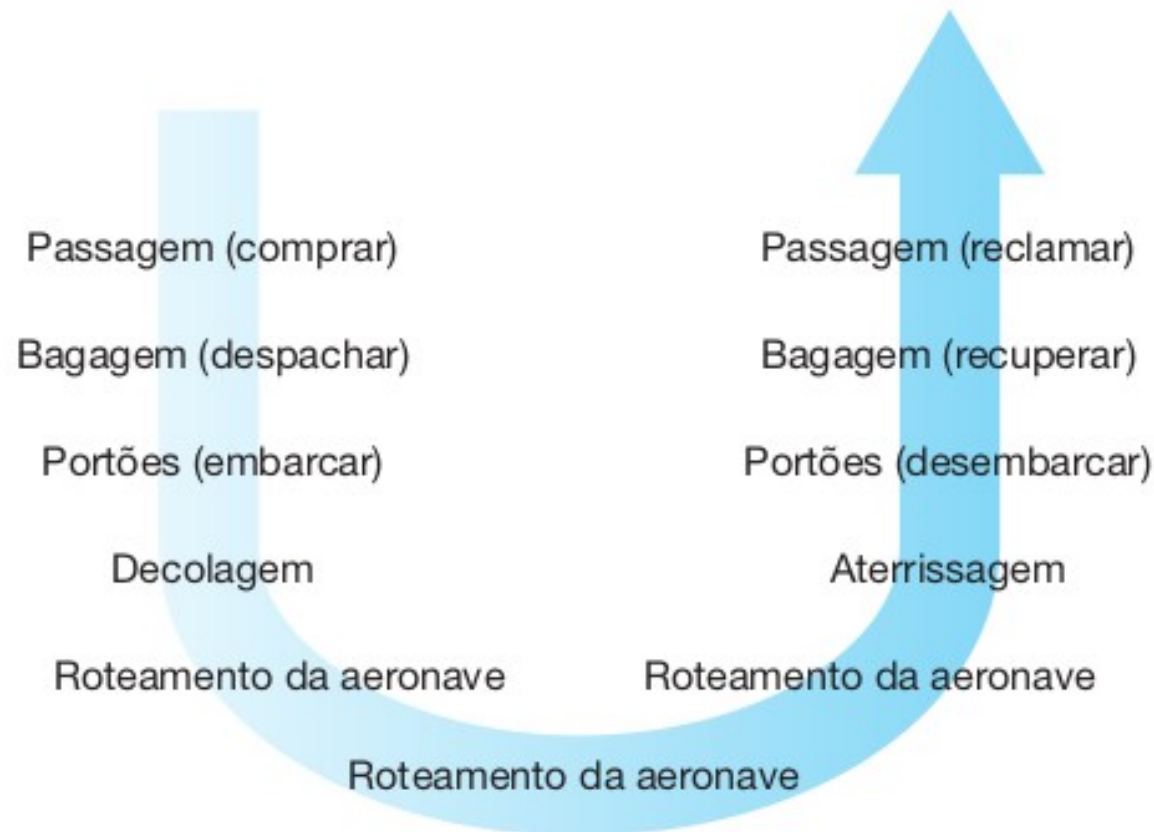
- **“Rede Internet”** .. sistema bastante complexo que acomoda “hosts” e roteadores responsáveis pelos encaminhamentos de 1000s de 1000s de mensagens para 1000s de 1000s de “hosts”.
- acomoda inúmeras aplicações e protocolos nas camadas.
- diferentes “hosts” bem como enlaces entre os “hosts”.
- roteadores interconectados por diferentes meios físicos.

- **“problema”** .. como tais sistemas podem ser organizados ?!
- **“solução”** .. organização hierárquica da pilha de comunicação em camadas bem como especificação de seus protocolos.

1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

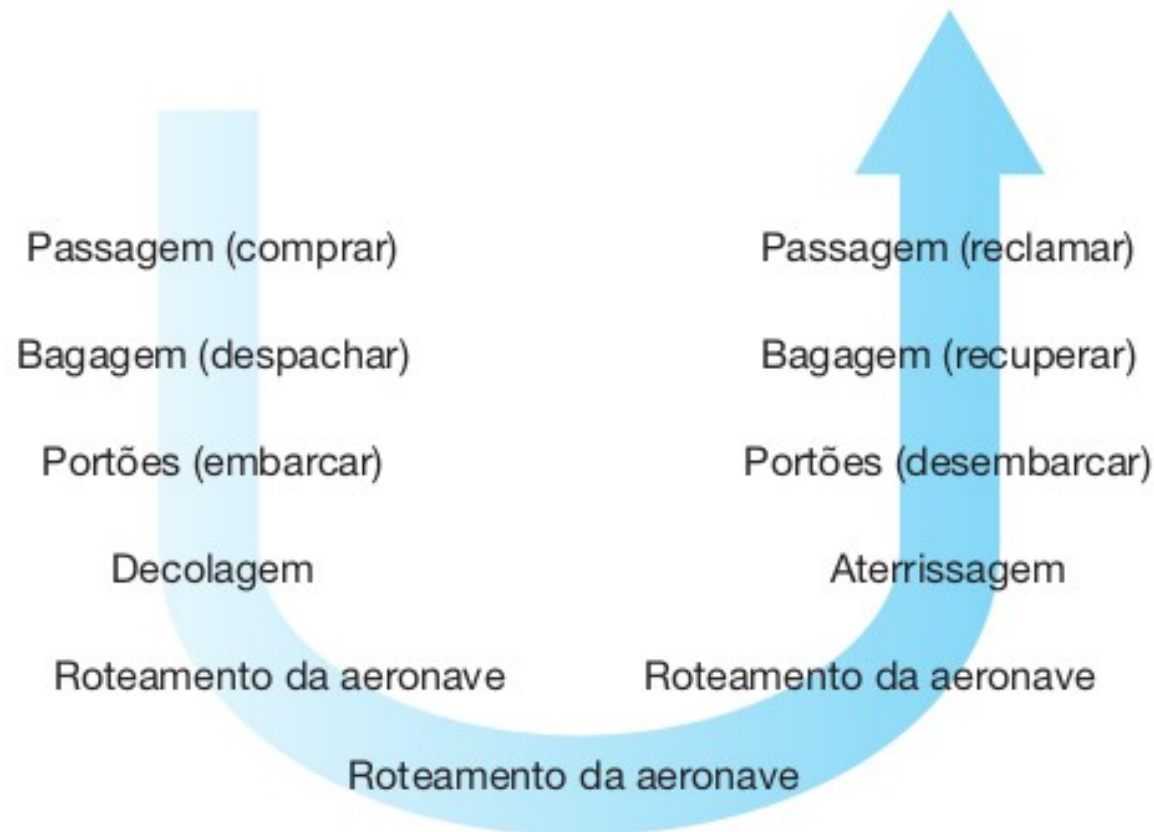
- e.g., considere o sistema de compra de passagens, “check-in” e “check-out”, despacho e recuperação de bagagem, embarque / desembarque do passageiro, decolagem/aterrizagem, etc.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

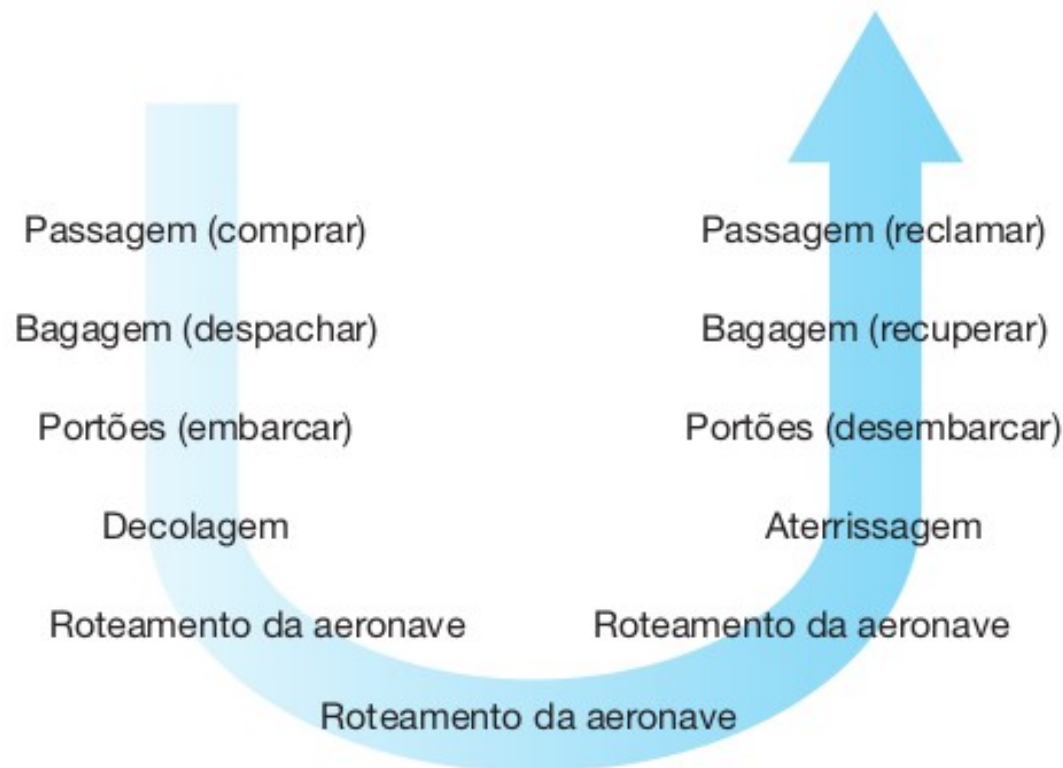
- **“analogia com redes de computadores”** ..
- despacho do cliente da origem ao destino pela companhia aérea.
- despacho de um pacote do “host” origem ao “host” destino.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

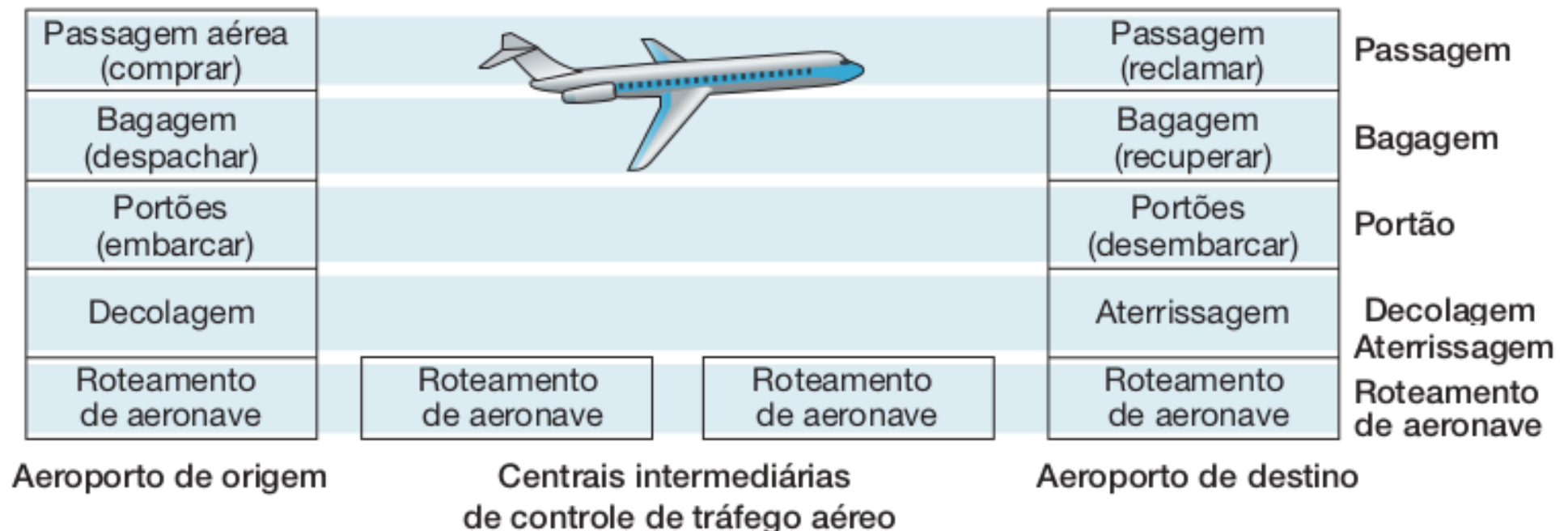
- “**evidências**” .. há uma função referente ao bilhete em cada ponta, assim como uma função de bagagem para passageiros com bilhete.
- .. há uma função de portão de embarque para os que já tem o bilhete e que, eventualmente, despacharam as malas.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- “**evidências**” .. para passageiros que passaram pelo portão de embarque, há uma função de decolagem e de aterrissagem e, durante o voo, uma função de roteamento da aeronave.
- .. isto sugere que pode-se examinar as funcionalidades em camadas (organização hierárquica), o que resulta uma nova representação.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

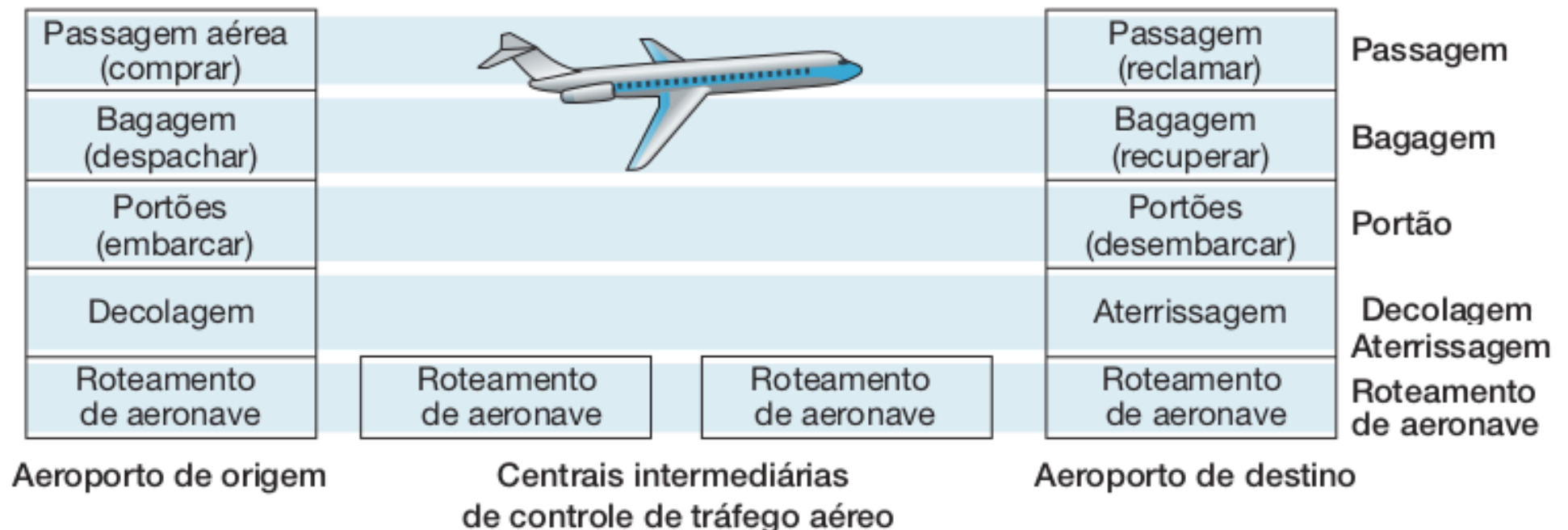
- “**algumas evidências**” .. percebe-se a presença de entidades pares oferecendo serviços aos passageiros, quais sejam ..
- passagem (compra / reclamação)
- bagagem (despacho / recuperação)
- portões (embarque / desembarque)

- “**conclusão**” ... divisão das funcionalidades da linha aérea em camadas, com cada camada oferecendo um conjunto de serviços.
- .. organização hierárquica das camadas com cada camada oferecendo serviços à camada acima e usando serviços da camada logo abaixo.

1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- “**arquitetura em camadas**” .. permite a divisão do sistema em blocos de forma bem definida para sistemas grandes e complexos.
- ... provê modularidade fazendo com que fique muito mais fácil modificar a implementação do(s) serviço(s) prestado(s) pelas camadas.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- “**camada**” .. cada camada oferece serviços pelas próprias ações internas bem como pelo espelhamento ou acréscimo de serviços sobre os serviços oferecidos pela camada subjacente.
- “**camada**” .. estrutura explícita permite identificação e relação entre partes complexas do sistema.
- “**camada**” .. modularização facilita a manutenção e atualização do sistema, uma vez que a mudança de implementação do serviço de uma dada camada é transparente para o restante do sistema.
- e.g., mudanças no procedimento de porta ou identificador (camada de transporte) não afeta o restante do sistema (outras camadas).

1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- “**constatação**” .. cada protocolo pertence a uma camada, assim como cada função na arquitetura de linha aérea pertence a uma camada.
- “**modelo de serviço**” .. estamos interessados nos serviços que uma camada oferece à camada logo acima.
- e.g., serviços providos pela camada “N” podem incluir entrega confiável de mensagens de uma extremidade da rede à outra.
- .. tal serviço pode ser implementado por meio de um serviço não confiável de entrega de msgs. fim a fim da camada “N – 1” ..
- .. pela adição de funcionalidades na camada “N” para, p.ex., detectar e retransmitir mensagens perdidas.

1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- **“execução de um protocolo”** .. entidades pares de um mesmo protocolo podem ser executados em software, hardware, ou em ambos.
- e.g., protocolos de camada de aplicação, como HTTP e SMTP, quase sempre são realizados em software nos “hosts”, assim como com os protocolos de camada de transporte.
- e.g., protocolos de camada de rede quase sempre são executados de forma mista no hardware e software.
- e.g., protocolos de camada física e de enlace de dados são responsáveis pelo manuseio da comunicação por um enlace específico e, em geral são executadas em uma placa de interface de rede.

1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- **“análises comparativas”** .. as funções na arquitetura em camadas da linha aérea são distribuídas entre os vários aeroportos e centrais de controle de tráfego aéreo que compõem o sistema aéreo.
- ... de forma análoga, um protocolo de camada “N” é distribuído entre “hosts”, roteadores e outros componentes que formam a rede.
- **“conclusão”** .. há sempre uma parte de um protocolo de camada “N” em cada componente de rede, seja, intermediário ou final.

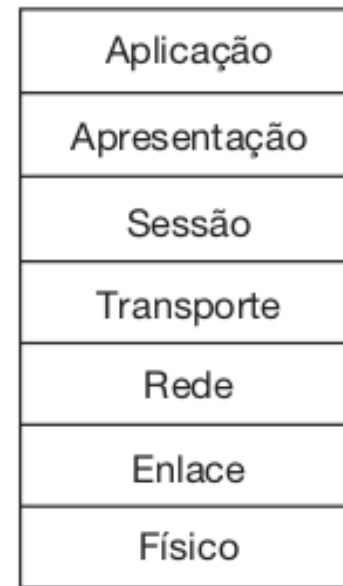
1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- “**pilha de protocolos**” .. quando tomados em conjunto, os protocolos das várias camadas são denominados pilha de protocolos.
- .. pilha de protocolos da Arquitetura Internet é formada por 05 camadas, quais sejam, física, enlace, rede, transporte e aplicação.



a. Pilha de protocolos da Internet de cinco camadas

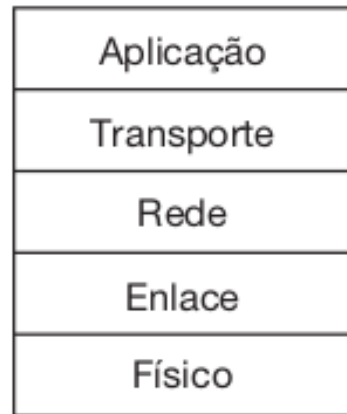


b. Modelo de referência ISO de sete camadas

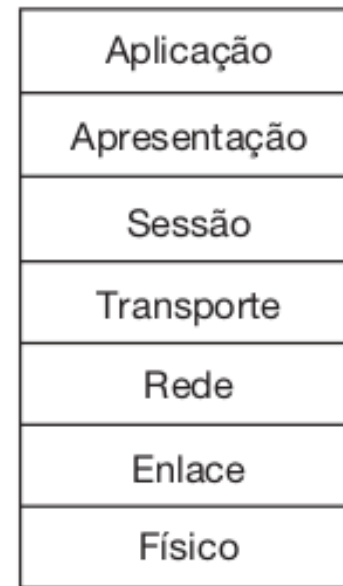
1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- **“estudo das camadas e protocolos”** .. lança-se mão da abordagem “top-down”, primeiro aborda-se a camada de aplicação, na sequência camada de transporte e, assim, as demais camadas.



a. Pilha de protocolos da Internet de cinco camadas



b. Modelo de referência ISO de sete camadas

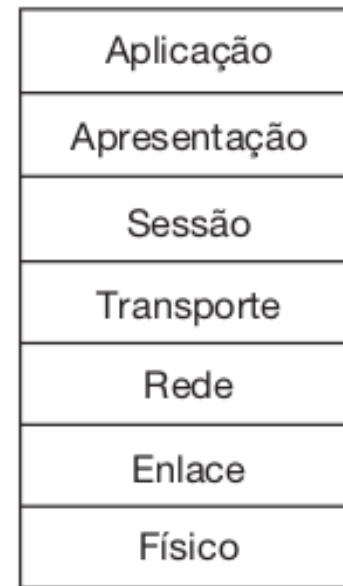
1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- **“Pilha de Protocolos da Rede Internet”** .. comtempla 05 camadas, enquanto o Modelo de Referência OSI contempla 07 camadas.
- RM-OSI .. camada de aplicação, camada de apresentação, camada de sessão, camada de transporte, camada de rede, camada de enlace e camada física, totalizando 07 camadas.



a. Pilha de protocolos da Internet de cinco camadas



b. Modelo de referência ISO de sete camadas

1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

- **“alguns serviços e protocolos”** .. da Arquitetura Internet.
- **“camada de aplicação”** .. responsável pelo suporte às aplicações de rede, acomoda protocolos como FTP, SMTP, HTTP, etc.
- **“camada de transporte”** .. responsável pela transferência de dados processo a processo, acomoda protocolos TCP, UDP.
- **“camada de rede”** .. roteamento de datagramas do “host” origem ao “host” destino, acomoda protocolos IP, RIP, OSPF, etc.
- **“camada de enlace”** .. transferência de dados entre elementos vizinhos na rede, acomoda protocolos PPP, Ethernet.
- **“camada física”** .. transferência dos bits em sinais elétricos, óticos, ou de rádio frequência pelo meio físico.

1 Rede Internet – 1.5 Camadas e Protocolos

... 1.5.1 – Arquitetura de Camadas

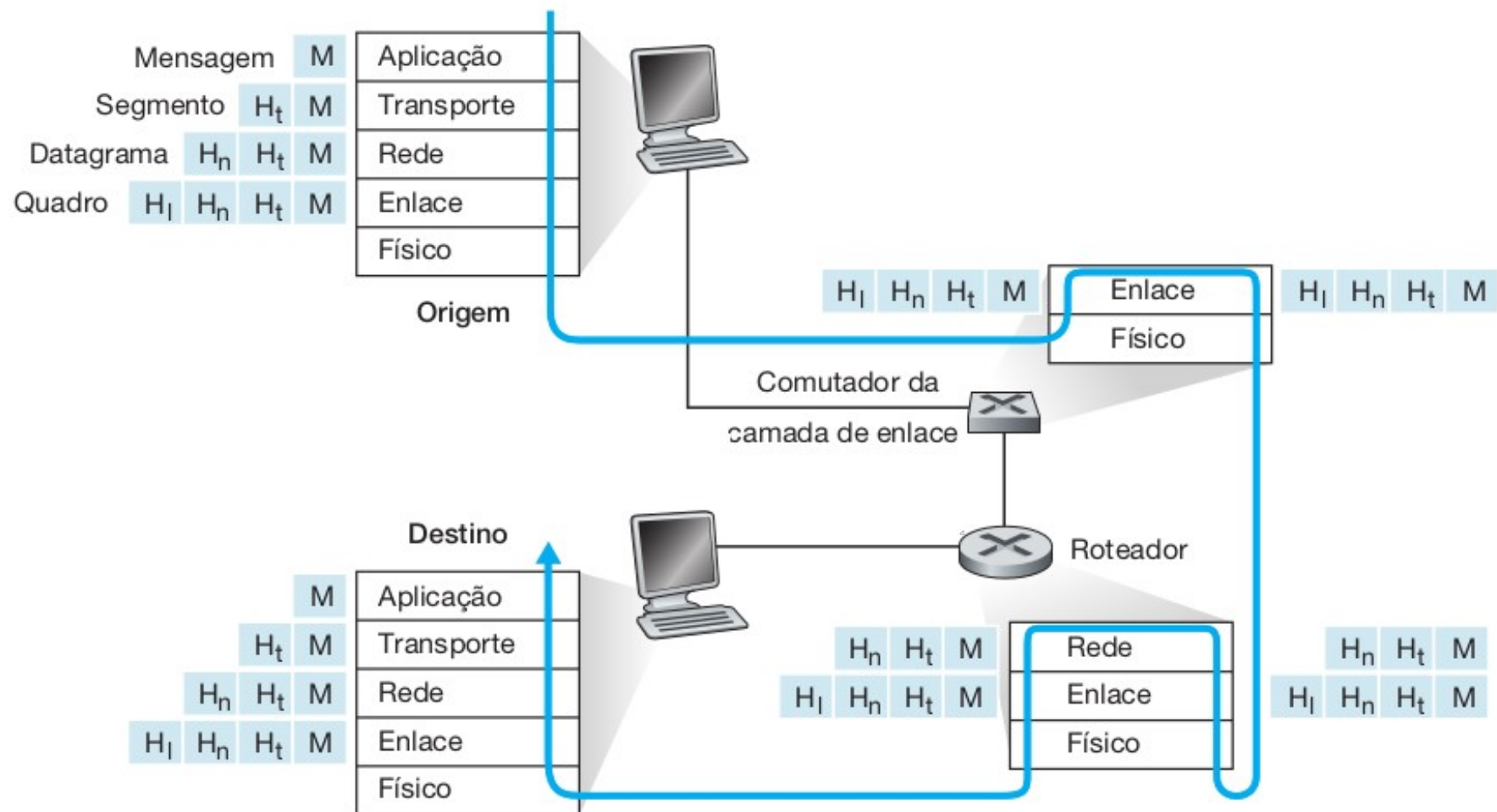
- **“Modelo de Referência OSI”** .. acomoda 07 camadas, 02 a mais do que a Arquitetura TCP/IP ou Arquitetura Internet.
- **“apresentação”** .. permite que as aplicações interpretem significado dos dados, p.ex., criptografia, compactação, “little-endian”, etc.
- **“sessão”** .. sincronização, verificação, recuperação de troca de dados.

- **“Pilha de Comunicação da Arquitetura Internet”** .. não contempla os serviços oferecidos pela camada de apresentação e de sessão.
- ... se necessários, tais serviços devem ser especificados e implementados na camada de aplicação pelo desenvolvedor.

1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

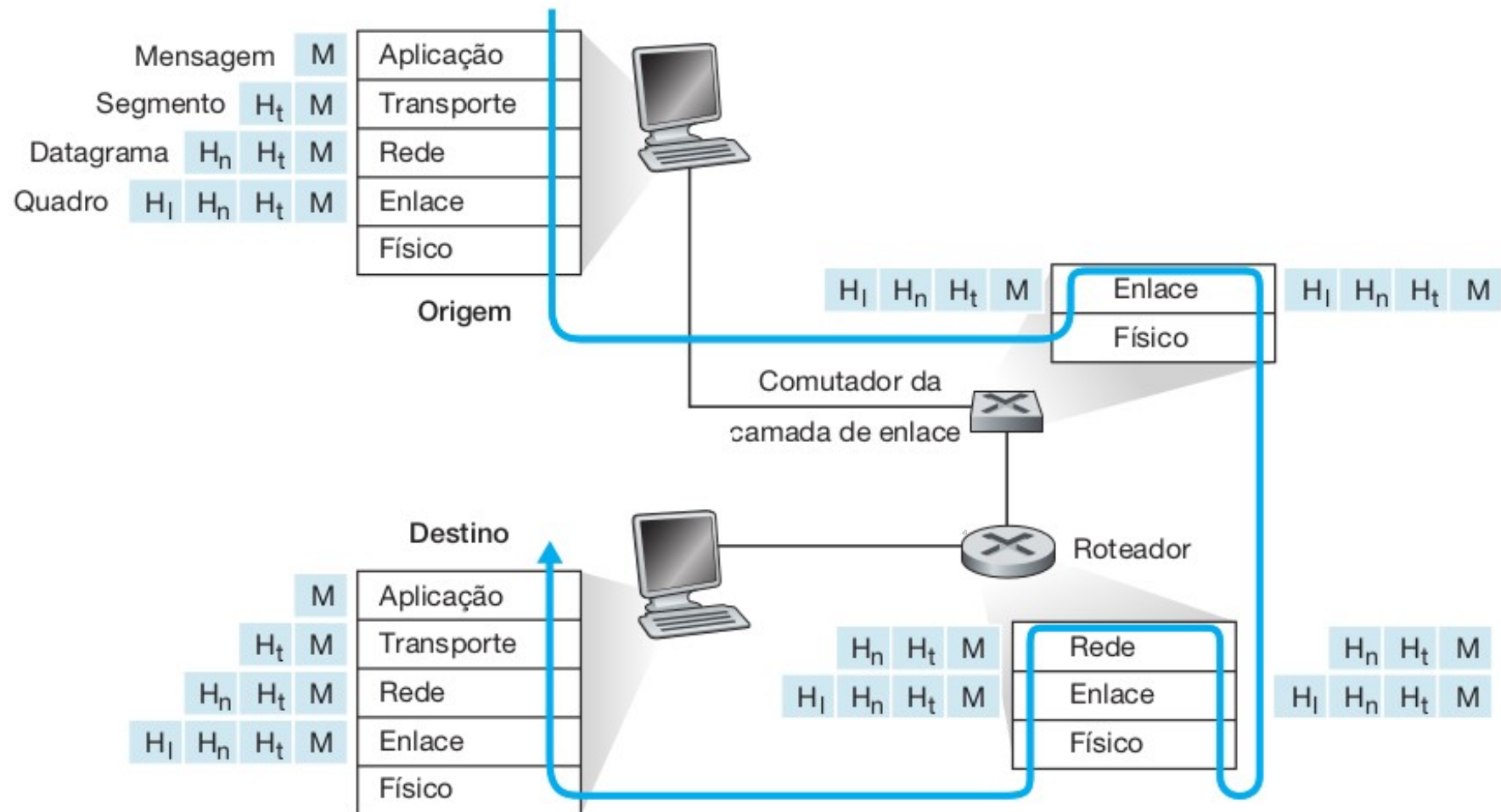
- “**caminho físico**” .. que os dados percorrem na pilha de protocolos de um “host” remetente até o “host” destinatário.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

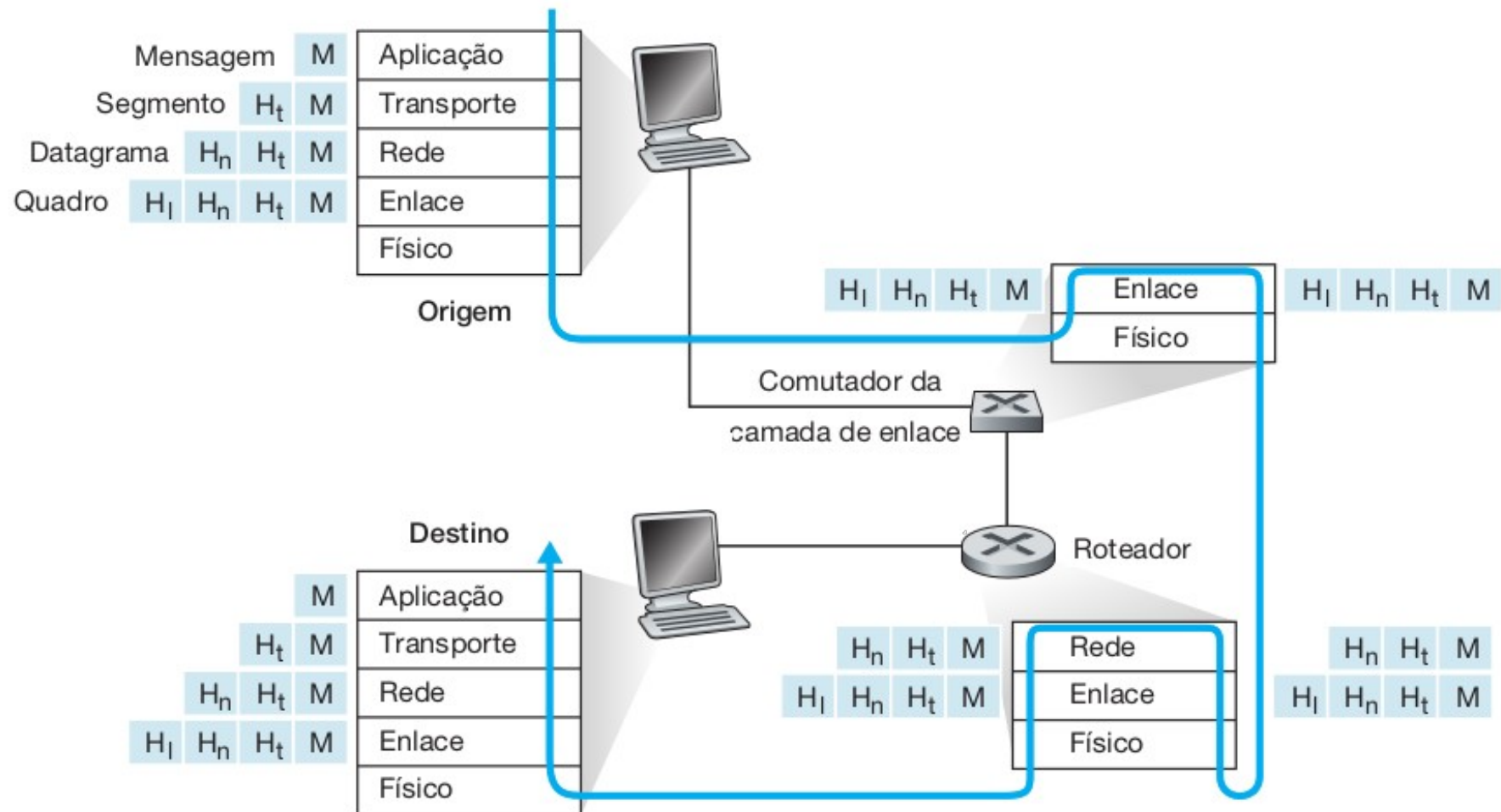
- “**roteadores**” .. não implementam todas as camadas da pilha de protocolos, normalmente e somente as 03 primeiras camadas.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

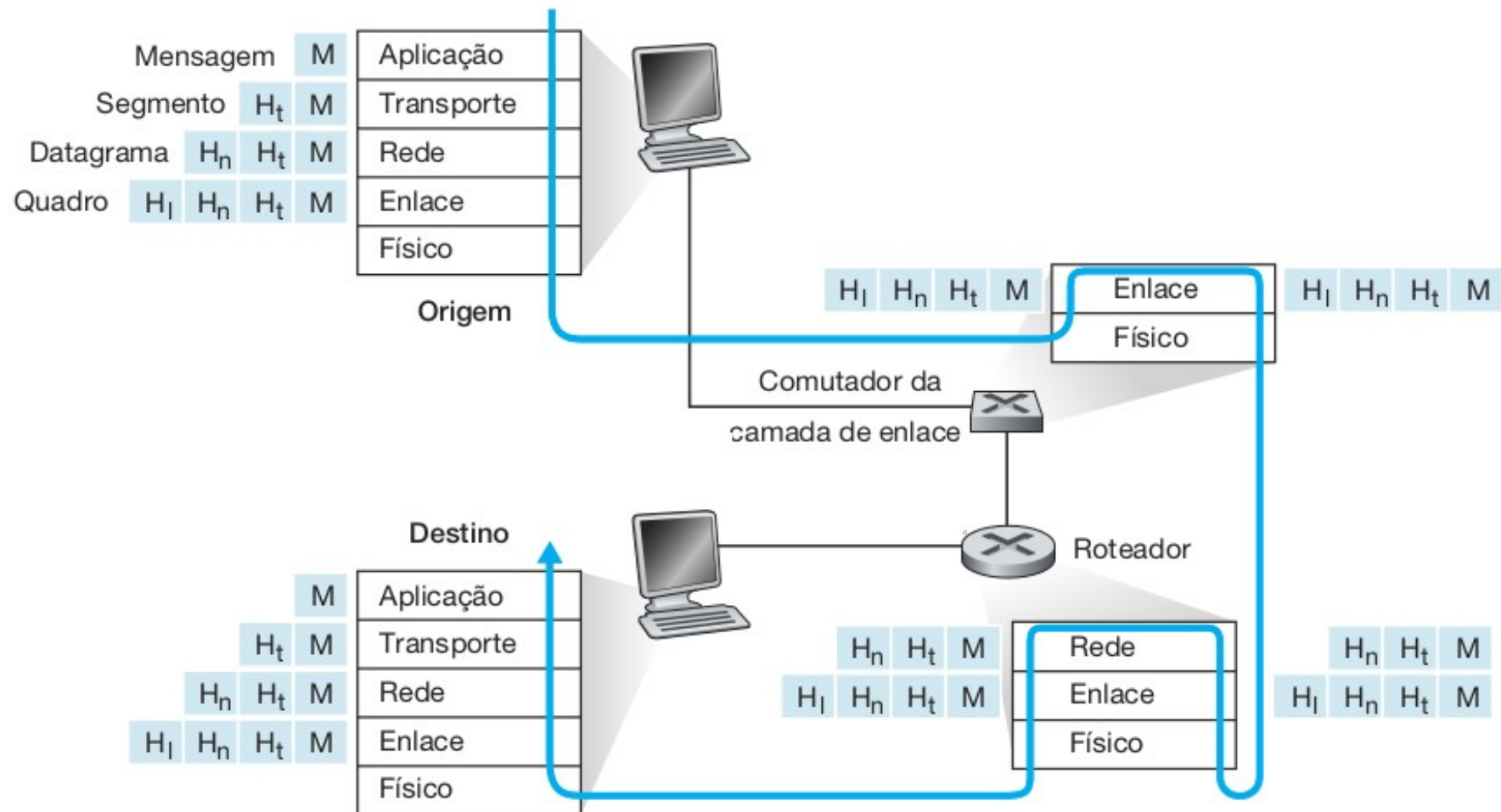
- “**comutadores de camada de enlace**” .. não implementam todas as camadas da pilha de protocolos, normalmente as 02 primeiras.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

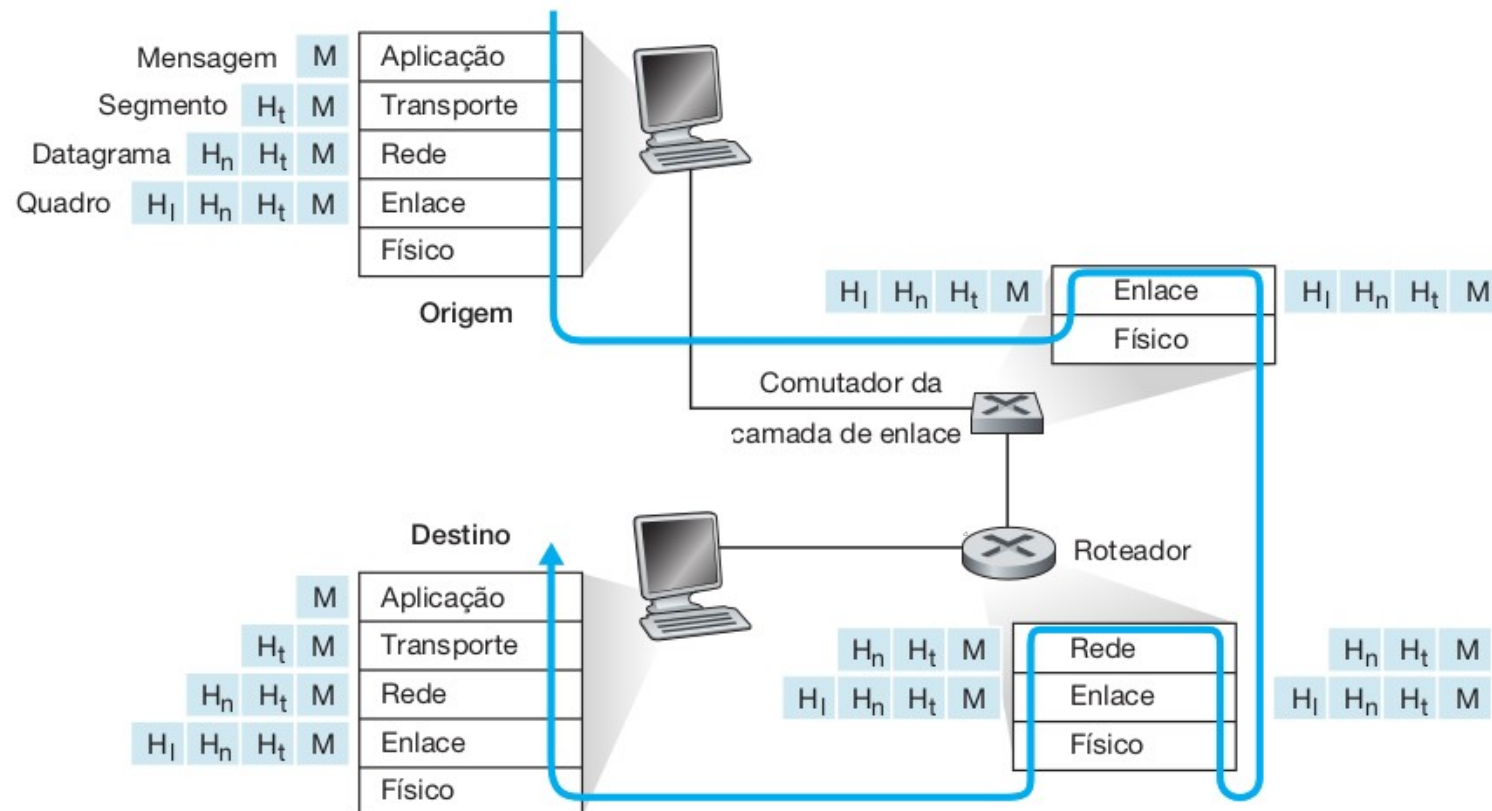
- “**hosts**” .. implementam todas as 05 camadas » consistente com o fato que a Arquitetura Internet concentra sua complexidade na borda.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

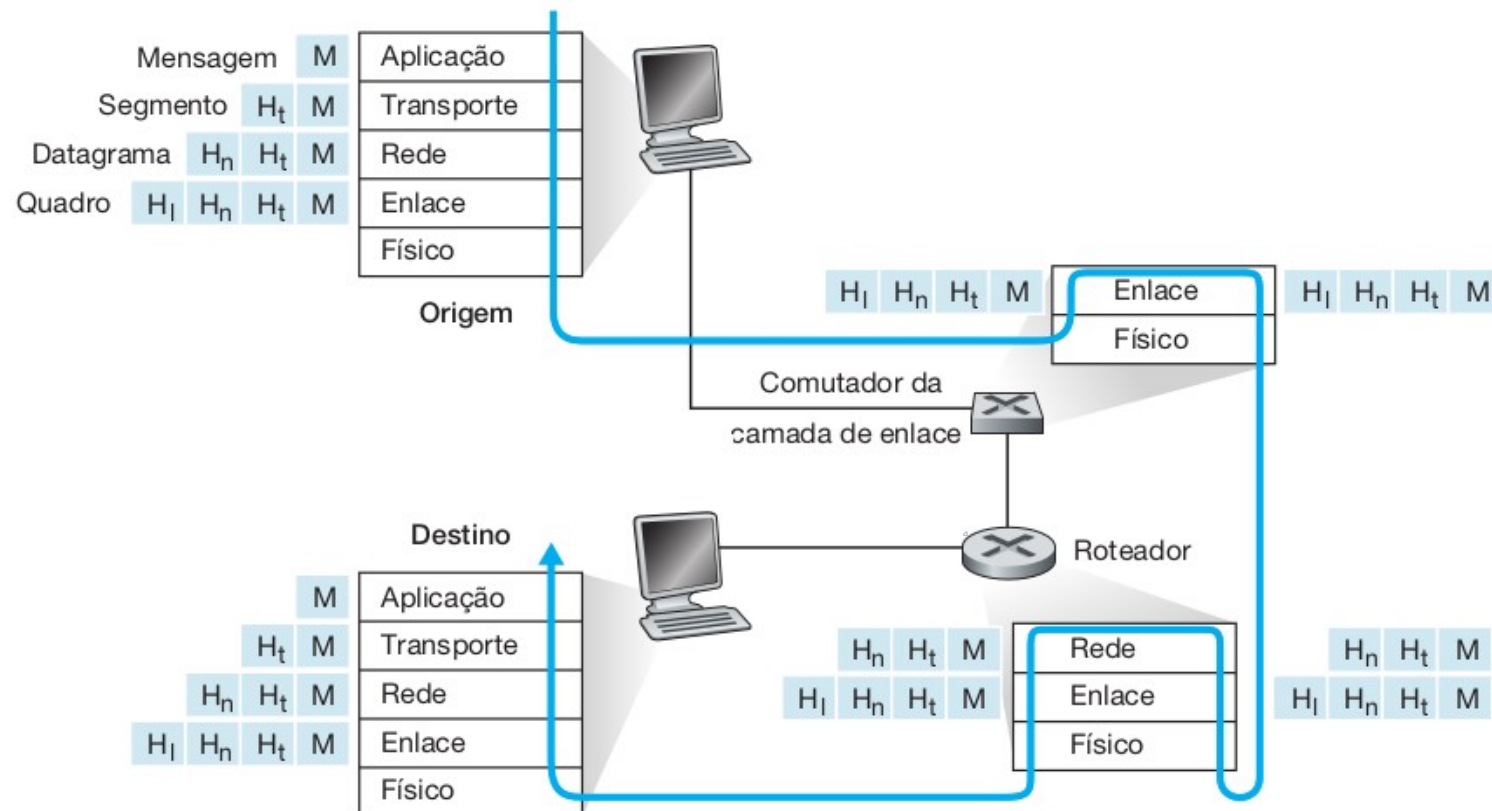
- “**encapsulamento**” .. uma mensagem da camada de aplicação na máquina remetente é passada para a camada de transporte.
- .. remetente na camada de transporte anexa informações adicionais e que são usadas pela camada de transporte do lado receptor.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

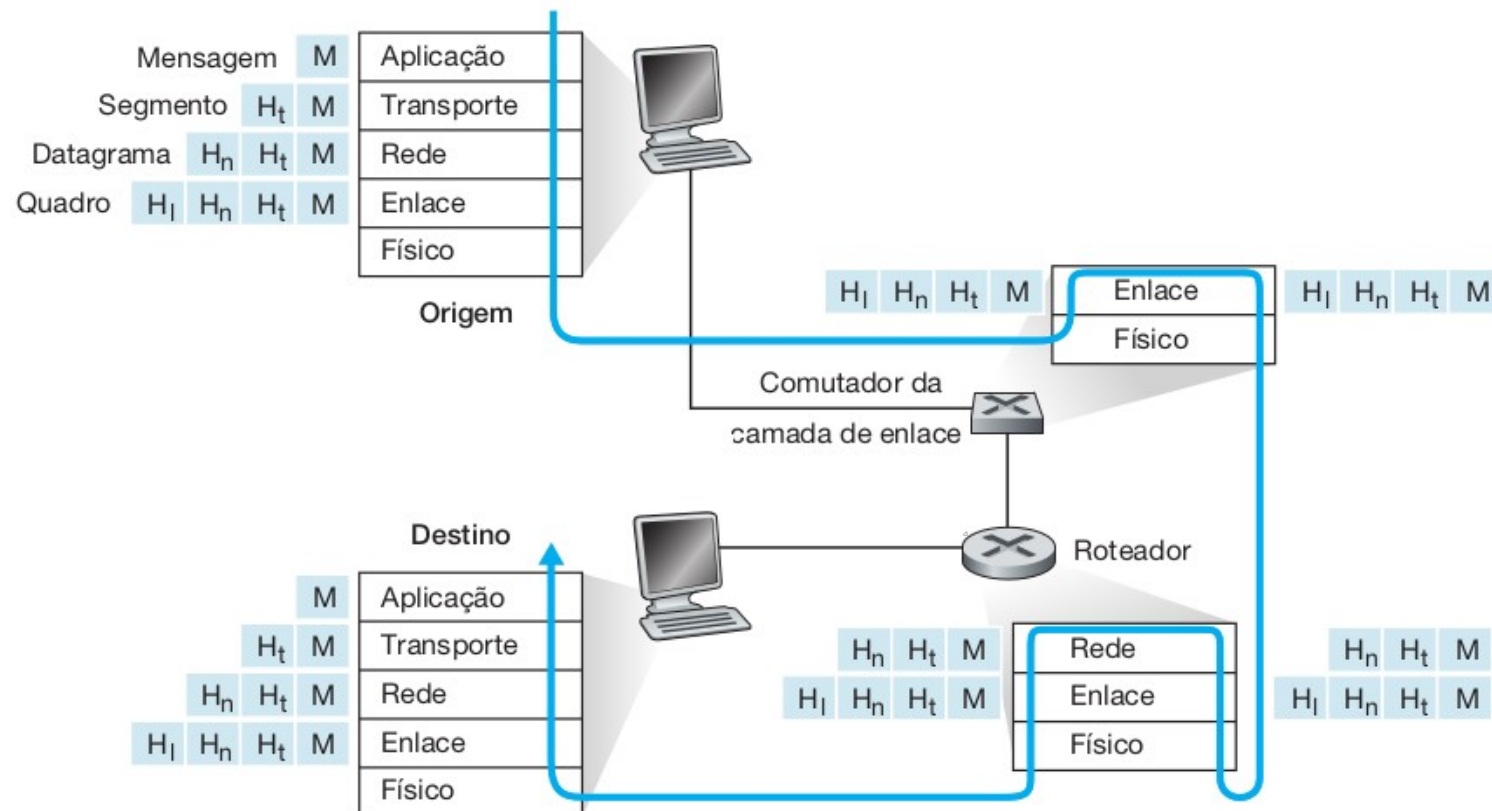
- “**segmento**” .. msg. da camada de aplicação e o cabeçalho da camada de transporte, juntas, constituem o segmento da camada de transporte, que encapsula a mensagem da camada de aplicação.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

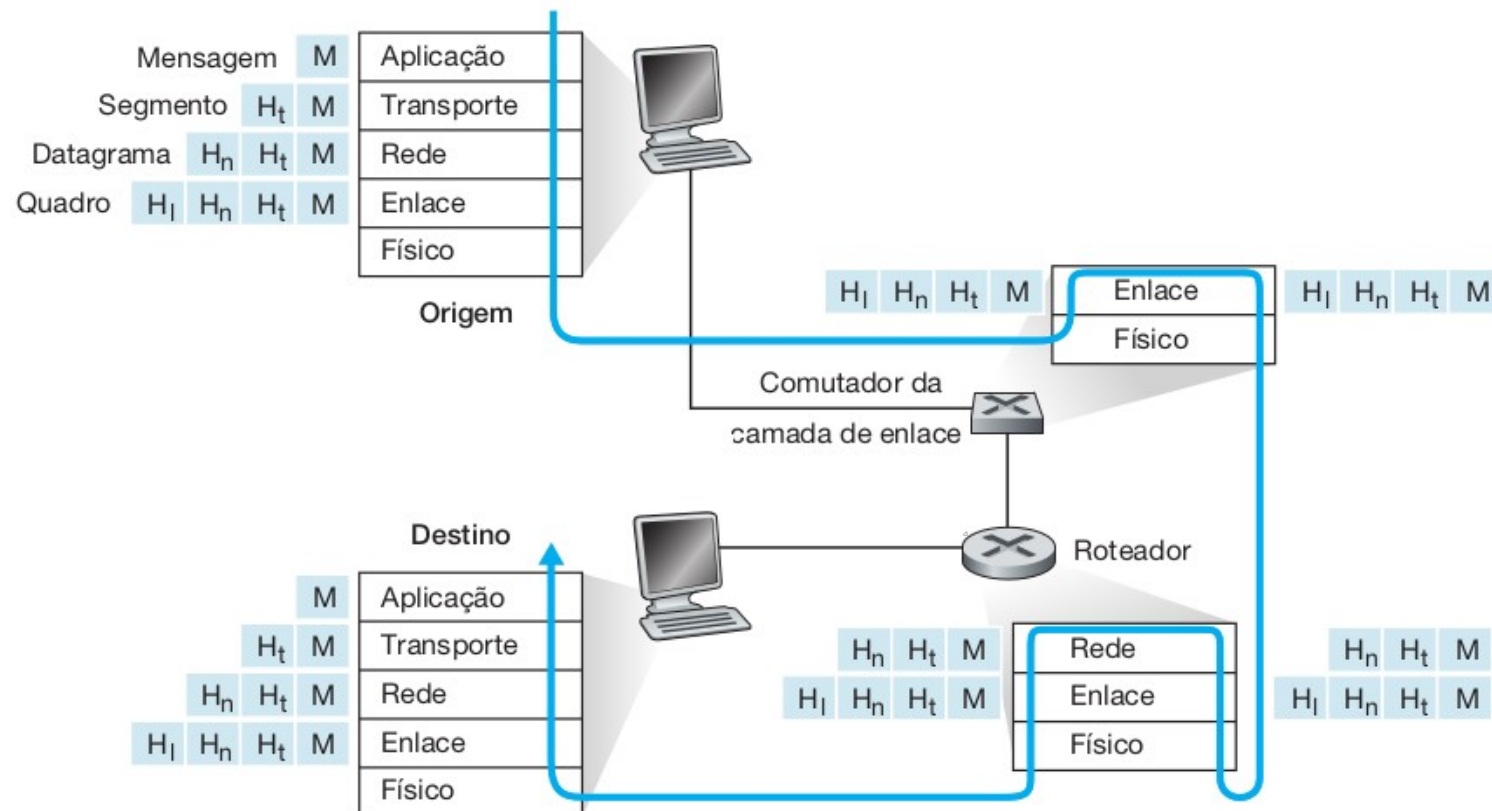
- ... informações adicionadas incluem dados que habilitam a camada de transporte do receptor a entregar a msg. à aplicação correta.
- ... já campos como detecção de erro permitem que o receptor determine se os bits da mensagem foram modificados em trânsito.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

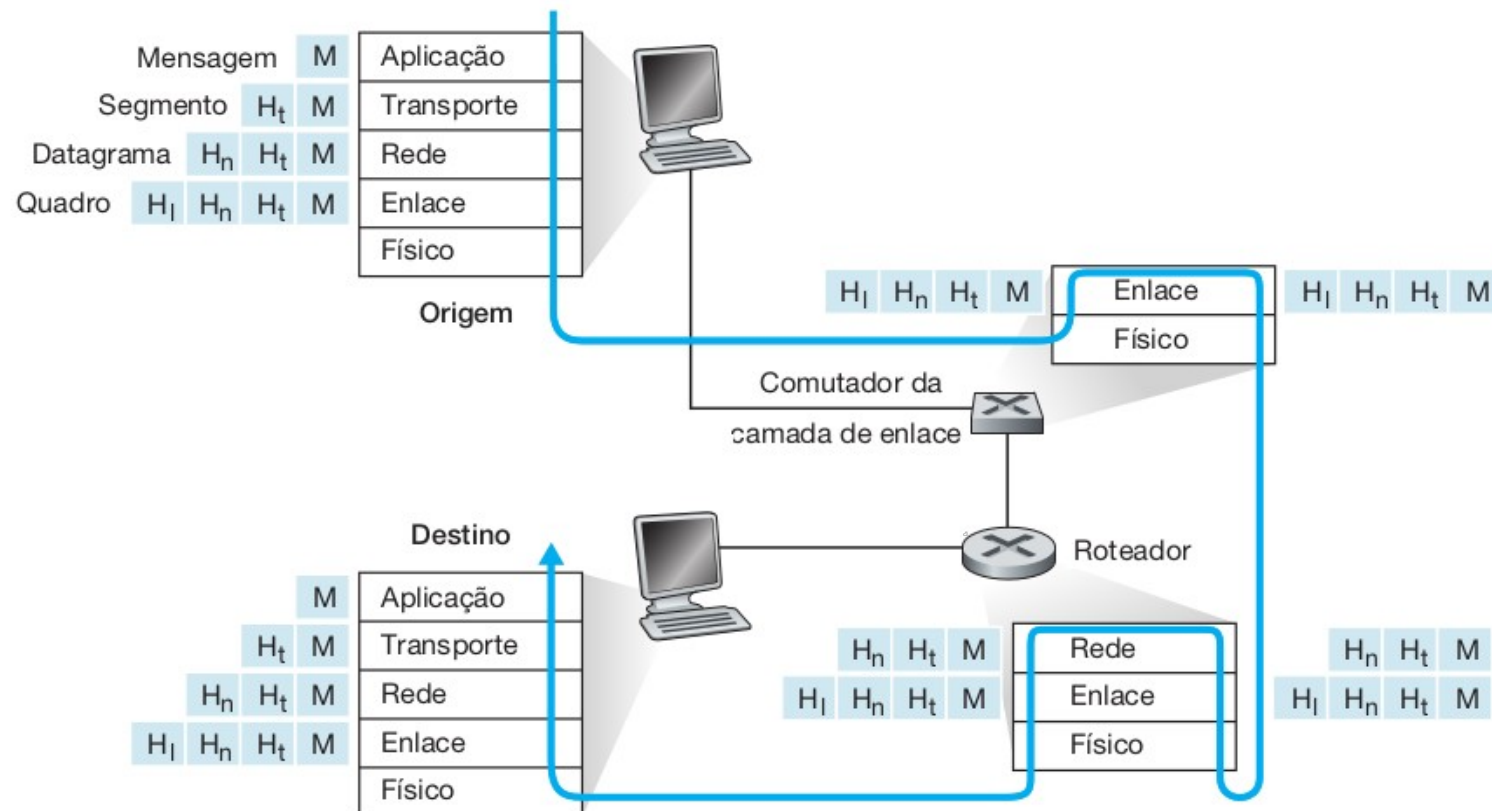
- “**datagrama da camada de rede**” .. camada de transporte passa o segmento à camada de rede, que adiciona informações de cabeçalho como endereços de “hosts” de origem e de destino.



1 - Rede Internet / 1.5 - Camadas e Protocolos

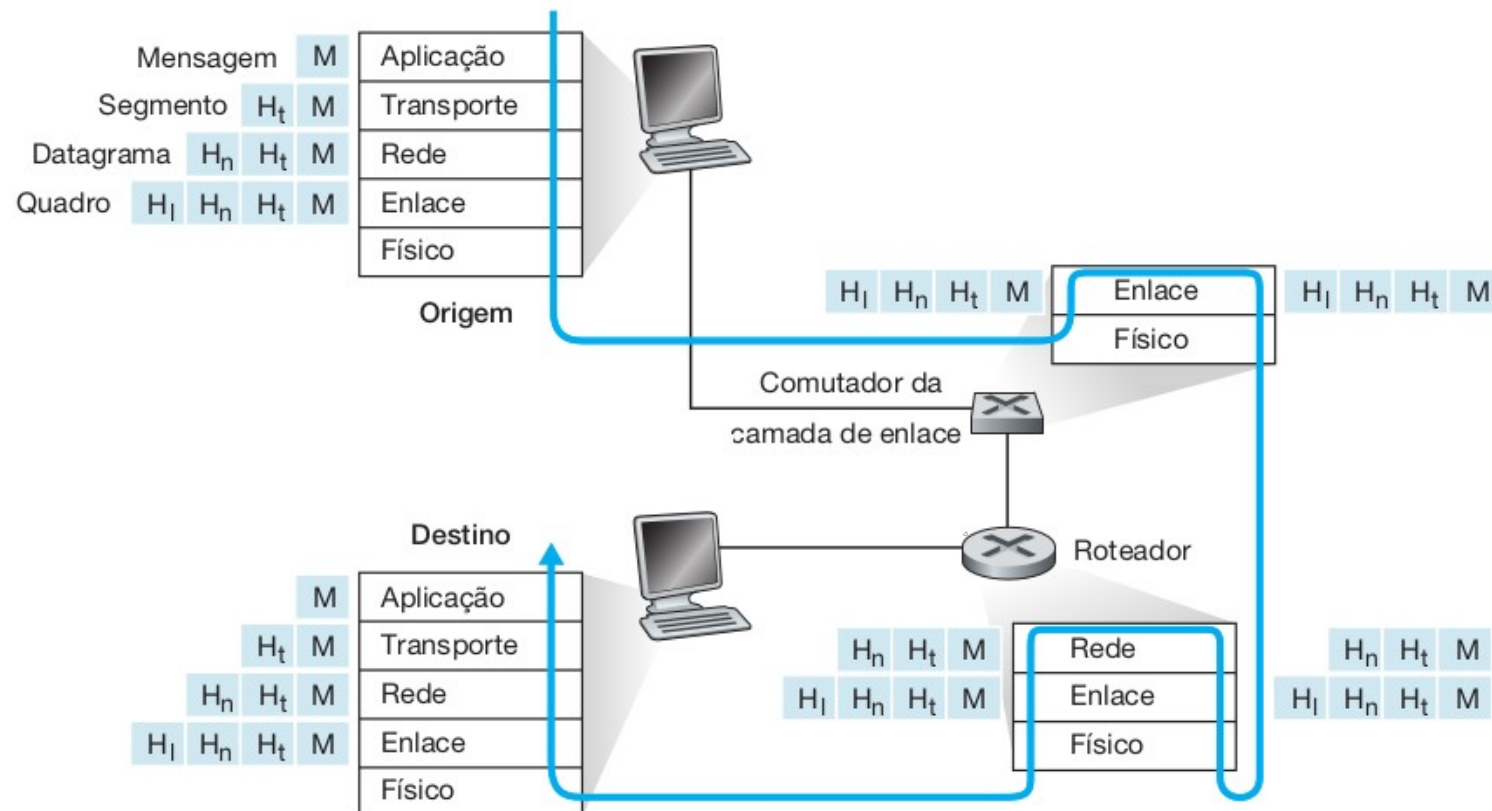
1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

- “**quadro da camada de enlace**” .. datagrama é então passado para a camada de enlace, que adiciona suas próprias informações no cabeçalho e cria um quadro de camada de enlace.



1.5.2 – Msgs, Segmentos, Datagramas e Quadros

- “**conclusão**” .. em cada camada a mensagem (p.ex., segmento, datagrama ou quadro) possui os campos de cabeçalho e de carga útil, que em geral é a mensagem da camada acima.
- .. processo se repete no lado receptor, mas em sentido contrário.



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

1.6 – Segurança na Rede Internet

- “**segurança de rede**” - trata os seguintes aspectos ..
- como defender as redes contra ataques ?
- como maus sujeitos atacam redes de computadores ?
- como projetar arquiteturas imunes a estes ataques ?
- Rede Internet “não” foi criada contemplando segurança !!
- “**premissa**” .. na visão original, a rede é composta por usuários mutuamente confiáveis conectados a uma rede transparente.

1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

- “**malware**” - conjunto de recursos maliciosos que podem entrar e infectar os elementos finais ou “host”;
- “**malware**” do tipo “**spyware**” .. pode registrar toques de teclas, sítios visitados na Web, bem como enviar informações para sites de coleta.
- “**botnet**” .. “host” comprometido pode estar envolvido em uma rede de 1000s de “hosts” comprometidos.
- ... conjunto de “hosts” é controlado e influenciado pelos vilões para distribuição de “spams” ou ataques de recusa de serviço distribuído.
- Obs.: ... muitos “malwares” existentes são autorreprodutivos, uma vez que infectam “hosts” a partir de outro “host”.

1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

- “**malware**” .. se espalham como vírus, “worms” e cavalo de tróia.
- “**vírus**” .. necessitam da interação do usuário para infectar o “host” (p.ex., anexo de e-mail contendo código executável malicioso).
- autorreplicáveis .. propaga-se para outros “hosts”, usuários, etc.
- “**worms**” .. “malwares” capazes de entrar no “host” sem qualquer interação ou intervenção explícita do usuário.
- autorreplicáveis .. propaga-se para outros “hosts”, usuários, etc.

1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

- “**malware**” .. se espalham como vírus, “worms” e cavalo de tróia.
- “**cavalo de tróia**” .. parte oculta de algum software funcional (normalmente em uma página web), p.ex., active-X, plug-in, etc.
- ... são (“malwares”) normalmente persuasivos e exigem soluções caras de proteção no sistema raramente presentes.
- Obs.: ... “malware” normalmente é autorreplicável de um “host” infectado, busca entrada em outros “hosts”.

1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

- **Denial of Service (DoS)** .. atacantes deixam recursos (servidor, largura de banda, etc.) indisponíveis ao tráfego legítimo.
- ... ao mesmo tempo que sobrecarregam recursos com tráfego não gerado pelas aplicações legítimas do usuário.
- ... seleciona alvos; invade “hosts” na rede; envia pacotes para o alvo a partir de “hosts” comprometidos (infectados).
- ... este tipo de ataque torna uma rede, “hosts” e outras partes da infraestrutura inutilizáveis pelos usuários legítimos.

1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

- **“Categorização dos Ataques de DoS” ..**
- **“ataque de vulnerabilidade”** ou **“ataque de falha de segurança”** .. envio de msgs. perfeitas para uma aplicação vulnerável ou para um sistema operacional do “host” escolhido.
- **“vulnerabilidade”** .. interseção de .. a) suscetibilidade ou falha do sistema, b) acesso do atacante à falha e c) capacidade do atacante de explorar a falha.
- **“inundação na largura de banda”** .. envio de um grande nro. de pacotes ao “host” escolhido de modo que o enlace de acesso do “host” alvo não suporte o volume de dados ou nro. de requisições.
- ... isto impede a chegada de pacotes legítimos ao “host” escolhido.

1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

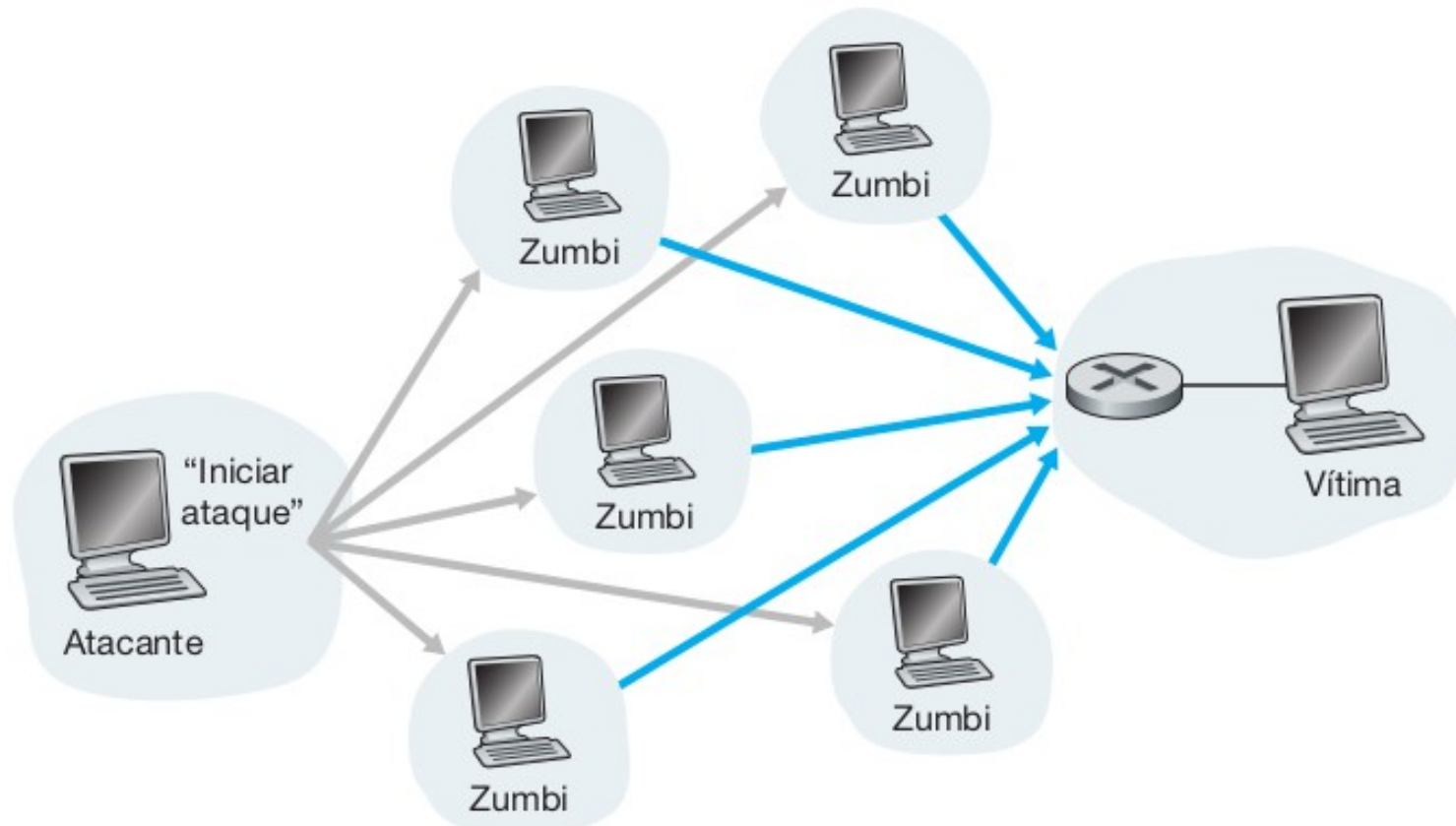
... 1.6 – Segurança na Rede Internet

- **“Categorização dos Ataques de DoS” ..**
- **“inundação na conexão”** .. atacante cria um grande nro. de conexões TCP com o “host” alvo do ataque.
- ... “host” pode ficar tão atolado com as conexões e, na sequência, para de aceitar conexões legítimas de usuários.

1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

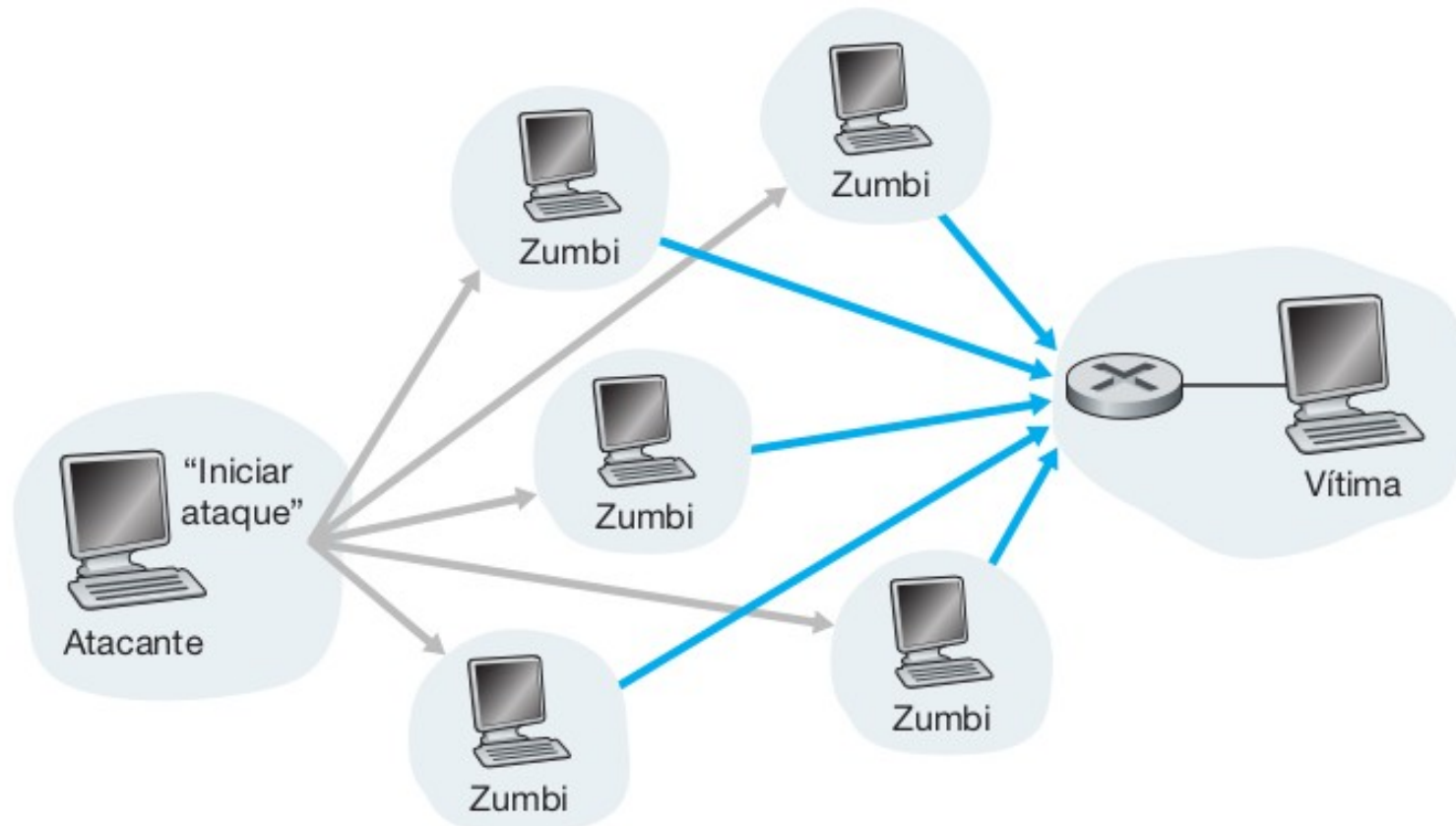
- **Distributed DoS (DDoS)** .. atacante controla múltiplas fontes que sobrecarregam o alvo (vítima), pois a taxa de tráfego agregada precisa ser alta para sobrecarregar o serviço.



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

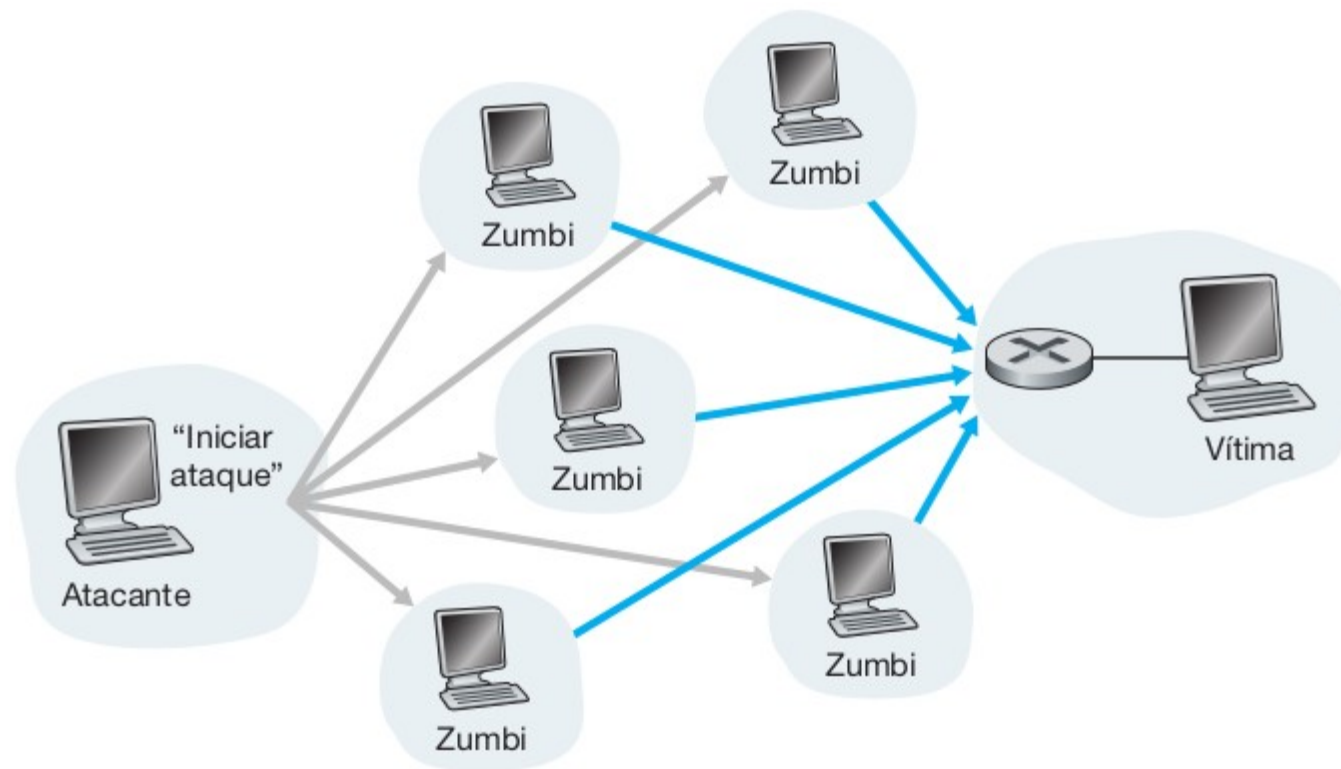
- ... enquanto o acesso onipresente é conveniente e disponibiliza novas aplicações aos usuários móveis, este mesmo acesso cria uma grande vulnerabilidade de segurança.



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

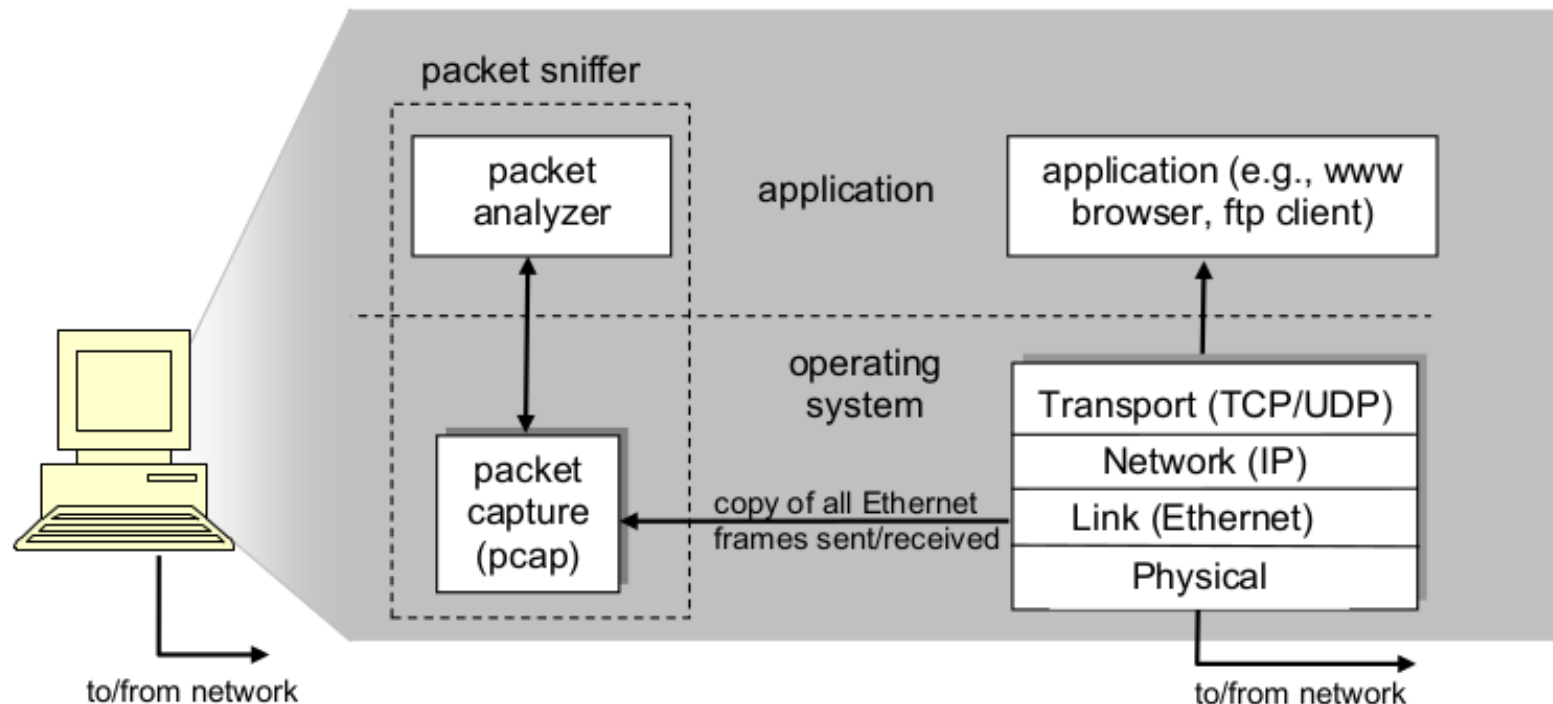
- ... receptor passivo posicionado próximo do transmissor pode obter uma cópia de cada pacote transmitido.
- **“analisador de pacotes”** ... receptor que grava uma cópia de cada pacote que passa é denominado “analisador de pacote”.



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

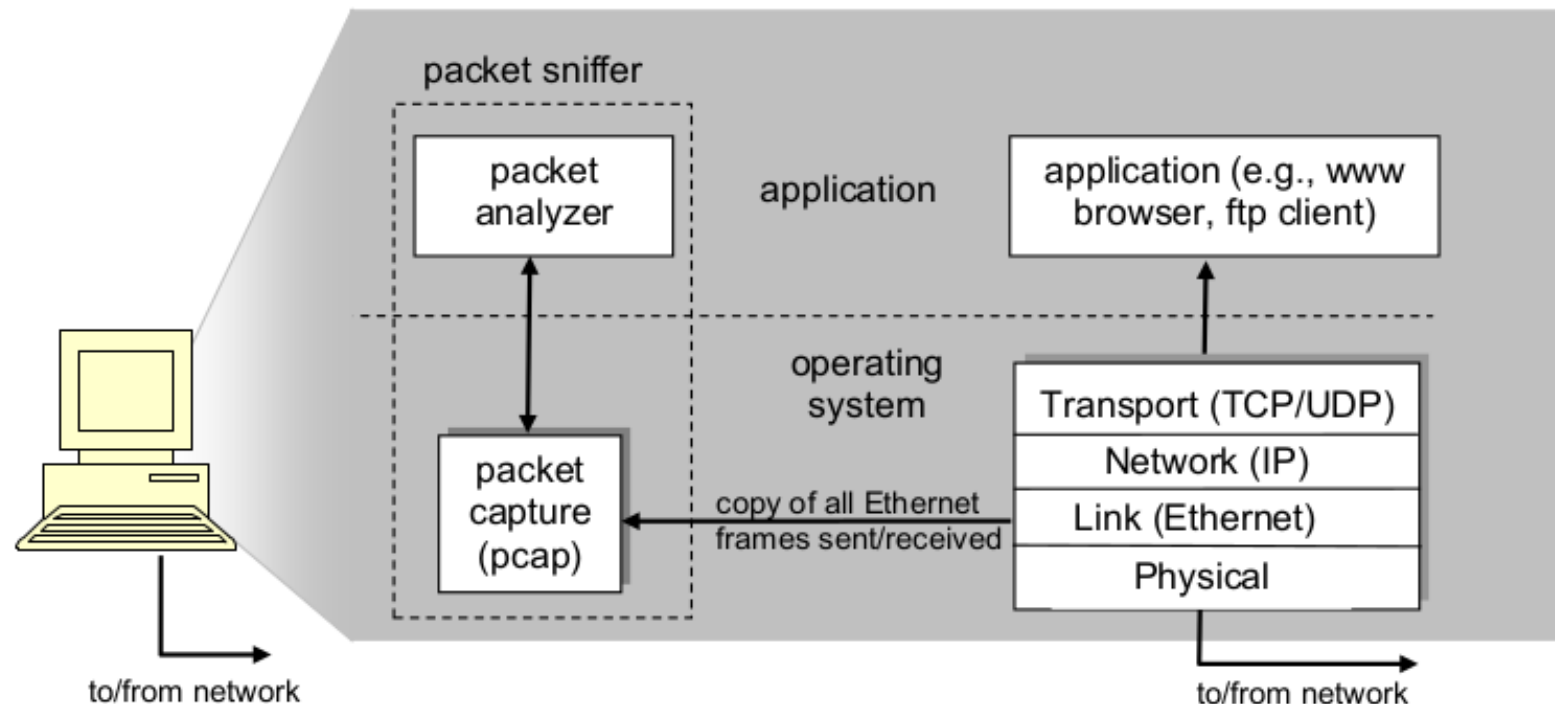
- **Packet Sniffers** .. receptor passivo que grava uma cópia de cada pacote que tem acesso é um “**packet sniffer**”.
- ... presentes nas redes cabeadas ou sem fio, tem por objetivo obter cópias de todos os pacotes enviados pela LAN.



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

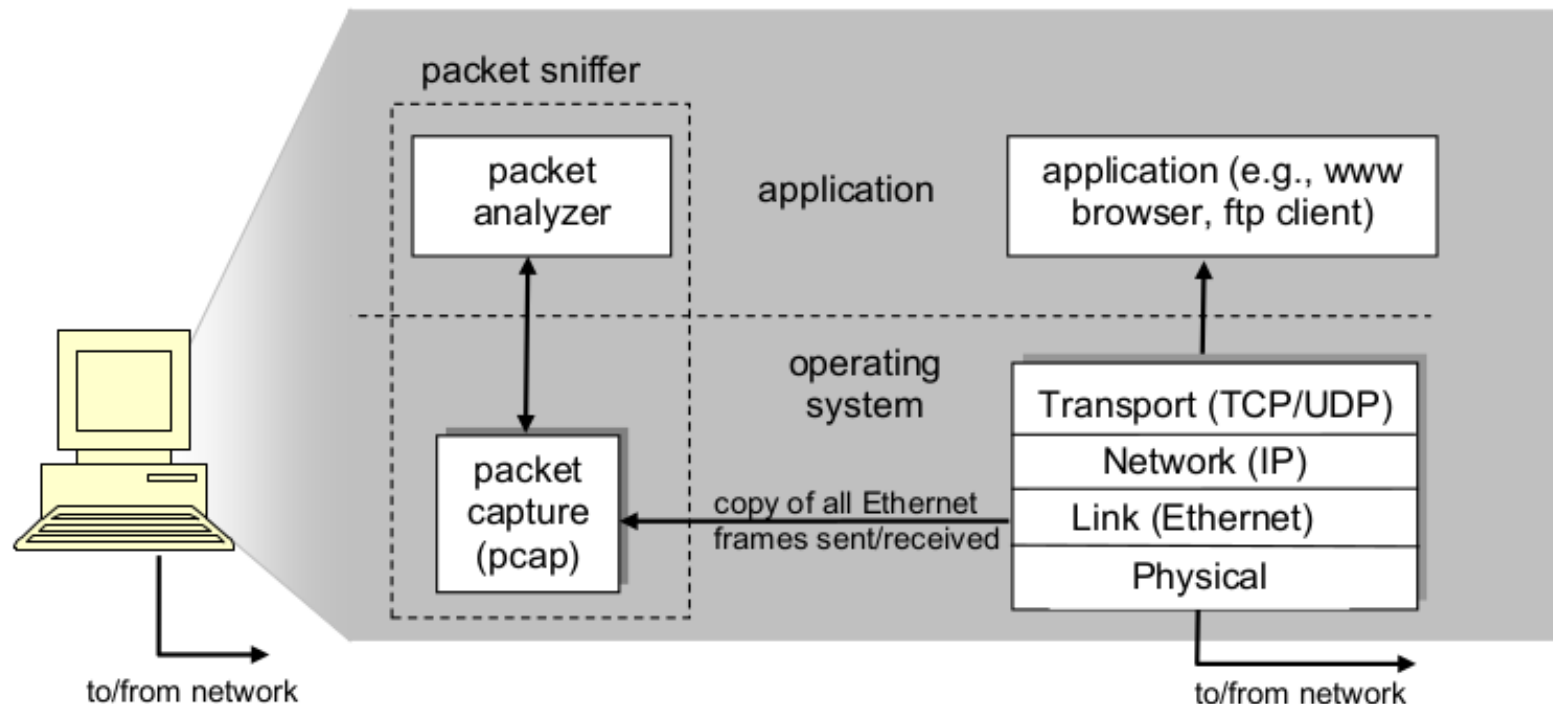
- ... para tanto, ao se tentar e conseguir acesso ao roteador ou enlace de acesso da organização para instalar o analisador, pode-se copiar cada pacote que passa pelo enlace.
- ... pacotes copiados podem ser analisados “a posteriori” ou “off-line” em busca de informações confidenciais de usuários.



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

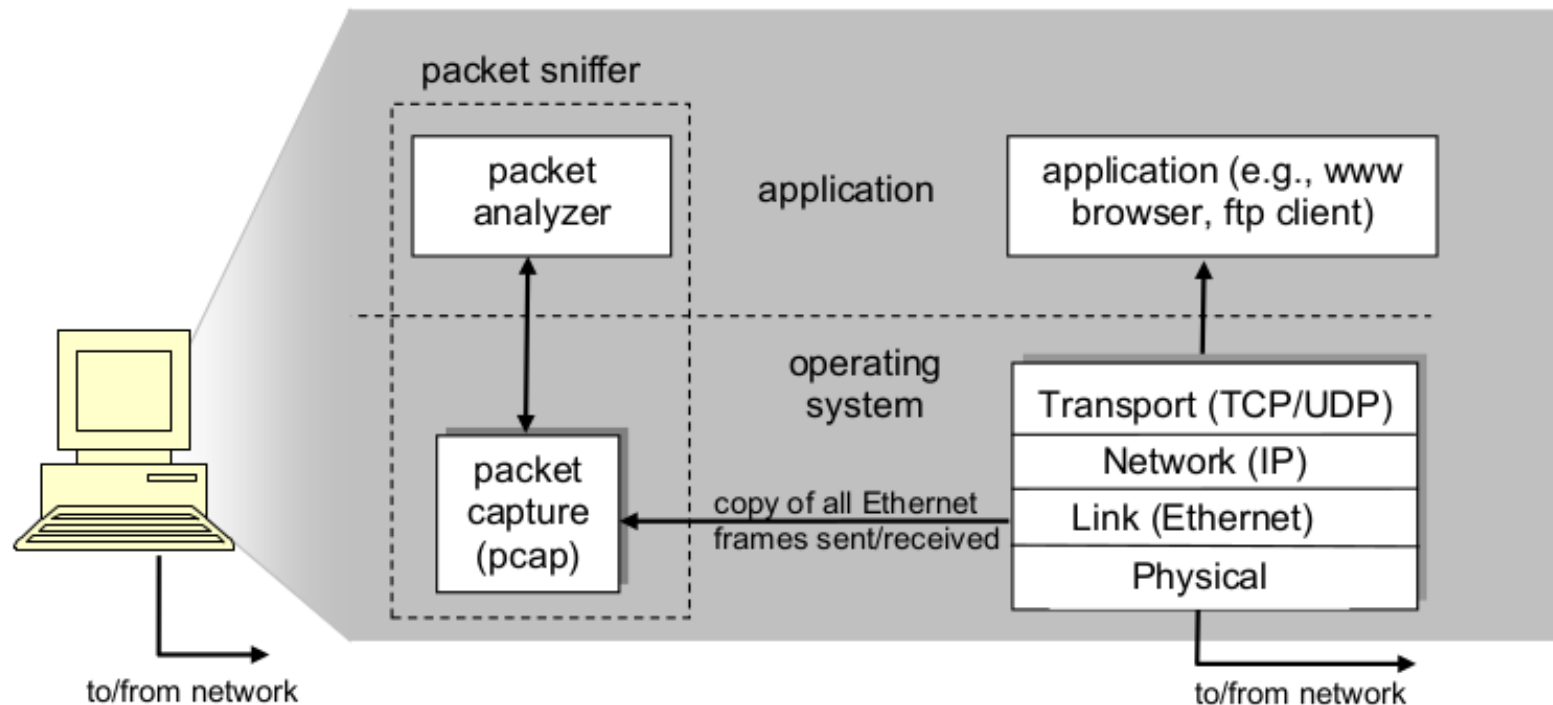
- **WireShark** .. analisador de pacotes disponível gratuitamente em diversos sites da Internet e que pode ser executado em computadores Windows, Mac e Linux / Unix.
- .. é utilizado nos laboratórios, dado que é estável e tem uma grande base de usuários e uma vasta documentação.



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

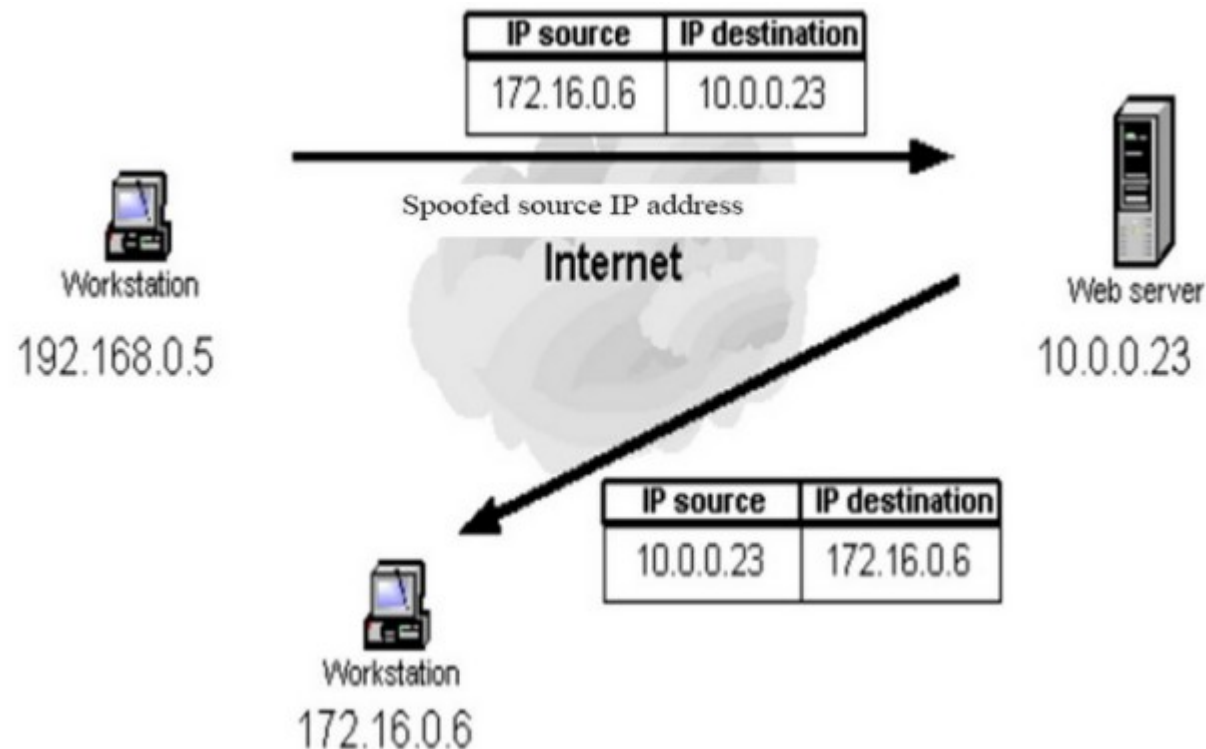
- User Guide .. http://www.wireshark.org/docs/wsug_html_chunked/
- MAN Pages .. <http://www.wireshark.org/docs/man-pages/>
- FAQ (Frequently Asked Questions) .. <http://www.wireshark.org/faq.html>



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

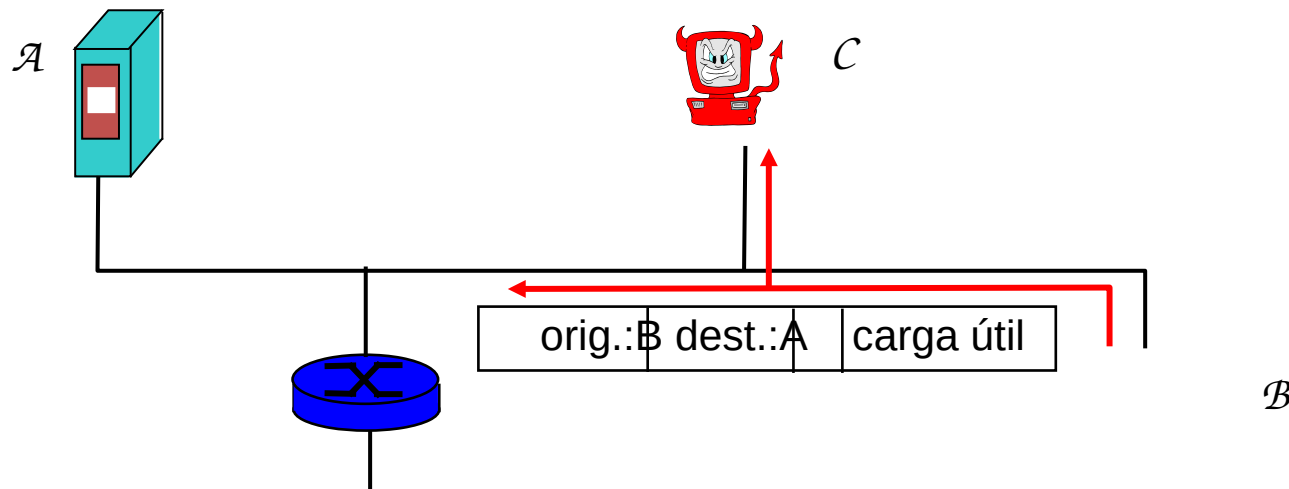
- **“IP Spoofing”** .. capacidade de introduzir pacotes na Internet com um endereço de origem falso é conhecida como “IP Spoofing”.
- **“solução”** .. autenticação do ponto final, ou seja, mecanismo que determina com certeza a origem da mensagem.



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

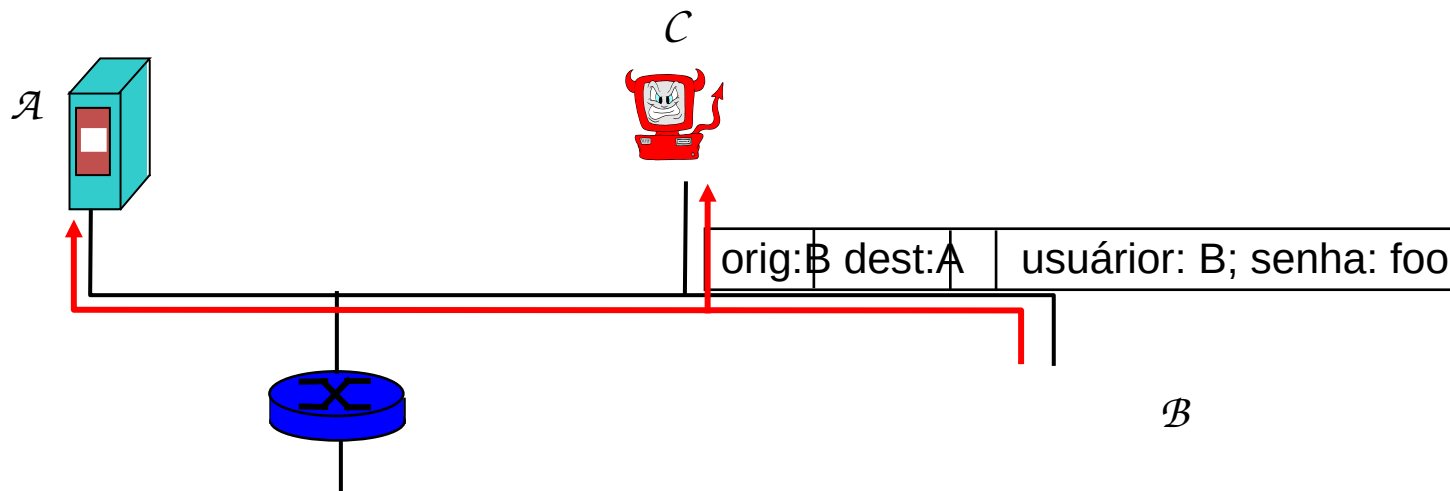
- “**packets spoofing**” ou “**espiando pacotes**” ..
- meio de broadcast (ethernet compartilhada, sem fio).
- interface de rede promíscua - lê/registra todos os pacotes.
- software “wireshark” usado para farejar / espionar pacotes.



1 - Rede Internet / 1.6 - Segurança na Rede Internet

... 1.6 – Segurança na Rede Internet

- “**gravar e reproduzir**” - informação confidencial (p.ex., senha), é salvaguardada para ser usada mais tarde;
- ... embora a senha seja do usuário, quem a possuir, do ponto de vista do sistema irá se passar pelo usuário original.
- “**cartilha de segurança**” .. <https://cartilha.cert.br/>



1 - Rede Internet / 1.7 - História das Redes de Computadores

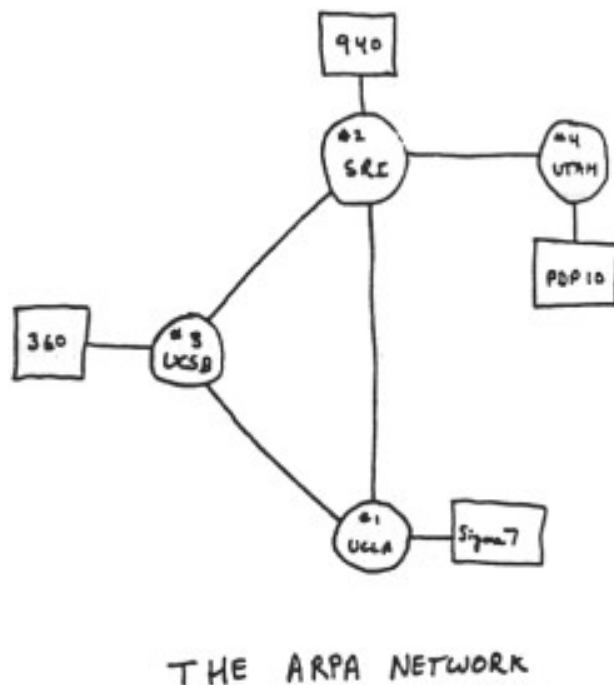
1.7.1 – Comutação de Pacotes – 1961 a 1972

- Leonard Kleinrock [Kleinrock, 1961, 1964] ... teoria das filas demonstra eficiência da comutação por pacotes.
- Paul Baran [Baran, 1964] ... investiga a utilização de comutação de pacotes na transmissão segura de voz pelas redes militares.
- 1967 ... concepção da ARPAnet (ARPA Network) pela ARPA (Advanced Research Projects Agency).
- 1969 ... entra em operação o 1º nó da ARPAnet.

1 - Rede Internet / 1.7 - História das Redes de Computadores

... 1.7.1 – Comutação de Pacotes – 1961 a 1972

- 1972 .. demonstração pública da ARPAnet com 15 nós.
- ... primeiro protocolo fim a fim entre sistemas finais da ARPAnet, conhecido como NCP (Network Control Protocol) ou [RFC 001].



1 - Rede Internet / 1.7 - História das Redes de Computadores

1.7.2 – Interconexão de Redes – 1972 a 1980

- 1970 .. ALOHAnet, uma rede de micro-ondas ligando Universidades das Ilhas do Havaí [Abramson, 1970].
- 1974 .. Interconexão de Redes (trabalho pioneiro), sob a DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency – deu início a rede das redes e foi realizado por Vinton Cerf e Robert Kahn.
- Final da Década de 70 .. arquiteturas proprietárias com DECnet, SNA, XNA frente a necessidade de interconexão.
- Final da Década de 70 .. comutação de pacotes de comprimento fixo (precursor do ATM - Asynchronous Transfer Mode).

1 - Rede Internet / 1.7 - História das Redes de Computadores

... 1.7.2 – Interconexão de Redes – 1972 a 1980

- Princípios da Interconexão de Vinton Cerf e Robert Kahn:
- “**minimalismo e autonomia**” .. ou seja, não é necessária nenhuma mudança interna para interconectar as diferentes redes.
- modelo de serviço “**best effort**”.
- roteadores sem estados ou “**stateless**”.
- “**distributed control**” ou controle descentralizado.
- 1979 - ARPANet com 200 Nós Interconectados.
- Vinton Cerf e Robert Kahn .. princípios que ainda definem a Arquitetura atual da Rede Internet.

1 - Rede Internet / 1.7 - História das Redes de Computadores

1.7.3 – Proliferação das Redes – 1980 a 1990

- 1983 .. implantação do TCP/IP (Transmission Control Protocol) / (Internet Protocol)
- 1982 .. definição do protocolo SMTP para e-mail (Simple Mail Transfer Protocol)
- 1983 .. definição do DNS (Domain Name System) para tradução de nome para endereço IP (Internet Protocol).
- 1985 .. definição do protocolo FTP (File Transfer Protocol).
- 1988 .. controle de congestionamento do TCP
- Novas Redes Nacionais - Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100.000 Hosts conectados numa Confederação de Redes.

1 - Rede Internet / 1.7 - História das Redes de Computadores

1.7.4 – Explosão da Internet – 1990

- Início de 1990 – ARPAnet desativada
- 1991 .. NSF (National Science Foundation) remove restrições ao uso comercial da NSFnet (NSF será desativada em 1995)
- Início de 1990 .. Web (World Wide Web)
 - hipertexto [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - HTML e HTTP .. Berners-Lee
 - 1994 .. Mosaic, posteriormente Netscape
- Fim de 1990 .. Comercialização da Web

1 - Rede Internet / 1.7 - História das Redes de Computadores

... 1.7.4 – Explosão da Internet – 1990

- “**alguns marcos**” do Final da Década de 90 ..
- .. aplicações de mensagens instantâneas.
- .. aplicações de compartilhamento de arquivos ponto-a-ponto.
- .. milhões de hosts interconectados (estima-se 50 milhões).
- .. milhões de usuários interconectados (estima-se 100 milhões).
- .. aumento da capacidade dos enlaces de backbone a Gbps.
- .. necessidade de contemplar segurança como requisito de redes.

1 - Rede Internet / 1.7 - História das Redes de Computadores

1.7.5 – Novo Milênio

- **“marcos no novo milênio” ..**
- .. mais de um Bilhão de Hosts (Smartphones e Tablets).
- .. implantação agressiva de acesso de banda larga.
- .. crescente ubiquidade de acessos “wireless” de Alta Velocidade.
- .. surgimento das Redes Sociais como Facebook com mais de um 1,94 bilhões de usuários ativos em 2017.
- .. provedores de serviço (Google, Microsoft) com suas próprias redes para evitar a Internet, acesso “instantâneo” a buscas, e-mails, etc.
- .. comércio eletrônico, universidades e empresas utilizam-se de serviços na “nuvem” (ex., Amazon EC2, Google, Microsoft)