



# Interativa

## Redes de Computadores e Telecomunicação

**Autora:** Profa. Christiane Meiler Baptista

**Colaboradores:** Prof. Roberto Macias

Profa. Elisângela Mônaco de Moraes

Prof. Fábio Vieira do Amaral

## Professora conteudista: Christiane Meiler Baptista

Mestre em Engenharia Elétrica pelo Departamento de Computação e Sistemas Digitais da Escola Politécnica da USP, no Laboratório de Arquitetura e Redes de Computadores (LARC) Christiane Meiler Baptista teve sua pesquisa focada em tecnologias para o aprendizado eletrônico (*e-learning*). Possui MBA em Redes de Computadores pela mesma instituição e é engenheira eletrônica, com ênfase em telecomunicações, formada pela Escola de Engenharia Mauá.

Atua como professora da Universidade Paulista e do Instituto Brasileiro de Tecnologia Avançada nos cursos de *Análise e Desenvolvimento de Sistemas*, *Sistemas da Informação*, *Ciências da Computação* e *Gerenciamento em Redes de Computadores*. Nestas instituições leciona as disciplinas *Organização de Computadores*, *Arquitetura de Redes* e *Engenharia de Software*.

Participou de diversos projetos de Redes de Computadores e Aprendizado Eletrônico no LARC e trabalhou na multinacional Tracker do Brasil (Lojack) como Analista de Negócios e na coordenação de projetos. Atualmente é responsável pela área de educação da empresa Sciere Plataformas Educacionais, na qual atua como gerente de projetos e consultora dos ambientes educacionais que a empresa desenvolve voltados para cursos colaborativos, de apoio ao ensino presencial e de estudo individual (*e-learning*).

Desde 2010 é responsável pela elaboração deste material didático para a disciplina *Redes de Computadores e Telecomunicação* do curso de EaD da UNIP.

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B222r Baptista, Christiane Meiler

Redes de computadores e telecomunicações / Christiane Meiler Baptista. – São Paulo, 2012.

144 p., il.

Nota: este volume está publicado nos Cadernos de Estudos e Pesquisas da UNIP, Série Didática, ano XVII, n.2-045/12, ISSN 1517-9230.

1. Redes de computadores. 2. Telecomunicações. 3. Informática I. Título.

CDU 681.324

Prof. Dr. João Carlos Di Genio  
**Reitor**

Prof. Fábio Romeu de Carvalho  
**Vice-Reitor de Planejamento, Administração e Finanças**

Profa. Melânia Dalla Torre  
**Vice-Reitora de Unidades Universitárias**

Prof. Dr. Yugo Okida  
**Vice-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa**

Profa. Dra. Marília Ancona-Lopez  
**Vice-Reitora de Graduação**

### **Unip Interativa – EaD**

Profa. Elisabete Brihy

Prof. Marcelo Souza

Profa. Melissa Larrabure

### **Material Didático – EaD**

Comissão editorial:

Dra. Angélica L. Carlini (UNIP)  
Dr. Cid Santos Gesteira (UFBA)  
Dra. Divane Alves da Silva (UNIP)  
Dr. Ivan Dias da Motta (CESUMAR)  
Dra. Kátia Mosorov Alonso (UFMT)  
Dra. Valéria de Carvalho (UNIP)

Apoio:

Profa. Cláudia Regina Baptista – EaD  
Profa. Betisa Malaman – Comissão de Qualificação e Avaliação de Cursos

Projeto gráfico:

Prof. Alexandre Ponzetto

Revisão:

Elaine Fares



# Sumário

## Redes de Computadores e Telecomunicação

APRESENTAÇÃO .....	7
INTRODUÇÃO .....	7

### Unidade I

1 REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET .....	9
1.1 O que é internet? .....	9
1.2 Componentes de rede .....	10
1.3 Serviços .....	12
1.4 Protocolos .....	13
1.5 Redes de acesso .....	14
1.5.1 Conexão discada ( <i>dial-up</i> ) .....	14
1.5.2 DSL .....	15
1.5.3 Cabo .....	18
1.5.4 FTTH ( <i>Fiber To The Home</i> ) .....	19
1.5.5 Ethernet .....	20
1.5.6 WiFi .....	21
2 TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO E ARQUITETURA DE CAMADAS .....	22
2.1 Transmissão de informação .....	22
2.1.1 Modulação .....	22
2.2 O núcleo da rede .....	24
2.3 Topologias de redes .....	25
2.3.1 Barramento .....	25
2.3.2 Anel .....	26
2.3.3 Estrela .....	26
2.3.4 Árvore .....	26
2.3.5 Malha .....	27
2.3.6 Híbrida .....	27
2.4 Arquitetura de camadas .....	27
2.4.1 Modelo OSI .....	29
2.4.2 Arquitetura TCP/IP .....	33

### Unidade II

3 CAMADA DE APLICAÇÃO .....	45
3.1 Princípios de aplicações .....	45
3.2 Funções específicas da Camada de Aplicação .....	46
3.3 Comunicação entre processos e processos cliente-servidor .....	47
3.4 WWW: a <i>World Wide Web</i> e o protocolo HTTP .....	53

3.5 Transferência de arquivos e o FTP.....	57
3.6 Correio eletrônico e seus protocolos.....	59
3.7 Serviços de diretório de nomes – DNS.....	64
4 CAMADA DE APRESENTAÇÃO E SESSÃO .....	70
4.1 Camada de Apresentação .....	70
4.1.1 Principais funções.....	70
4.2 Camada de Sessão .....	71
4.2.1 Visão geral .....	72
4.2.2 Principais serviços.....	72

### Unidade III

5 CAMADA DE TRANSPORTE .....	79
5.1 Serviços de transporte.....	79
5.1.1 A origem e o destino das mensagens.....	84
5.2 Protocolos de transporte.....	86
5.2.1 O protocolo UDP .....	86
5.2.2 O protocolo TCP .....	89
6 CAMADA DE REDE .....	98
6.1 O protocolo IP .....	100
6.1.1 Fragmentação.....	102
6.2 Endereçamento IPv4 .....	103
6.2.1 Classes e formatos de endereço IP .....	104
6.2.2 Máscaras de sub-rede .....	106
6.2.3 Endereços IP reservados.....	109
6.2.4 NAT e DHCP.....	110
6.3 Roteamento.....	110
6.3.1 Algoritmos e protocolos de roteamento.....	111

### Unidade IV

7 CAMADA DE ENLACE .....	118
7.1 Enquadramento .....	119
7.2 Controle de erros.....	119
7.3 Controle de fluxo.....	120
7.4 Problemas na transmissão.....	120
7.5 Detecção e correção de erros.....	121
7.6 Protocolos elementares .....	122
7.6.1 Simplex.....	122
7.6.2 Duplex.....	122
8 CAMADA FÍSICA.....	122
8.1 Par de fios de cobre .....	123
8.2 Cabo coaxial .....	124
8.3 Fibra óptica .....	124
8.4 Transmissão via rádio terrestre .....	124
8.5 Transmissão via rádio satélite .....	125

## APRESENTAÇÃO

*Redes de Computadores e Telecomunicação* é uma das disciplinas-base para o profissional formado nos cursos de *Tecnologia em Gerenciamento de Redes*, *Gestão em Tecnologia da Informação* e *Engenharia da Computação*, entre outros.

Em *Arquitetura de Redes de Computadores* e *Organização de Computadores* você aprende o funcionamento do computador em detalhes. Em *Telecomunicação* considera-se um equipamento transmissor ou receptor dos sinais que se estuda.

O objetivo deste curso é que você aprenda a interligar os computadores utilizando padrões que permitem a troca de dados, o compartilhamento de recursos computacionais e a execução de aplicações a distância.

Este livro-texto está dividido em quatro unidades de leitura. São elas:

- Unidade I – Redes de computadores e a internet e Transmissão de informação e arquitetura de camadas.
- Unidade II – Camadas de alto nível de protocolos e seus modelos de serviços: Camadas de Aplicação, Apresentação e Sessão.
- Unidade III – Camadas fundamentais para a transferência de mensagens por meio da rede: Camadas de Transporte e de Rede.
- Unidade IV – Camadas de baixo nível de protocolos de estrutura da rede: Camada de Enlace e Camada Física.

Ao final da disciplina, você estará preparado para compreender, por meio de embasamento teórico, o funcionamento das aplicações distribuídas e para aplicar seu conhecimento na prática em seu dia a dia de trabalho.

## INTRODUÇÃO

Esta disciplina apresentará, de forma estruturada, os principais conceitos teóricos e práticos de redes de computadores e telecomunicação. Nossa jornada se inicia com a exposição dos elementos e componentes básicos da Rede Internet para, em seguida, apresentarmos a forma com que a informação é distribuída por meio das redes de computadores. Aqui será levado em consideração o modelo de referência OSI, um modelo de camadas didático que permite fazer uso de padrões para implementar os diversos níveis.

A abordagem deste livro-texto foca o aprendizado *top-down* do modelo de camadas, que compreende uma visão geral, desde as aplicações que fazem parte de nosso dia a dia até a infraestrutura computacional básica de transmissão dos dados. Para tanto, serão considerados os conceitos de comunicação entre as camadas e apresentadas as principais arquiteturas que embasam as redes de computadores e a comunicação entre sistemas distribuídos.





# Unidade I

## 1 REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET

Nesta unidade inicial, iremos nos familiarizar com alguns conceitos interessantes que envolvem as telecomunicações e as redes de computadores. Este livro-texto foi elaborado pensando em trazer o que há de mais recente para você, usando uma linguagem agradável e prazerosa. Boa leitura!

### 1.1 O que é internet?

A internet é, sem dúvida, muito importante nos dias atuais. Diariamente são mencionados seu nome, suas aplicações e vantagens. Mas o que vem a ser esse enorme sistema de engenharia?

Antes, vejamos um breve resumo da sua história.

A internet surgiu durante a Guerra Fria. Estados Unidos e União Soviética disputavam palmo a palmo a liderança tecnológica quando os soviéticos lançaram o Sputnik, que foi o primeiro satélite artificial de comunicação. Buscando se recuperar na disputa, os Estados Unidos criaram a Advanced Research Projects Agency (Agência de Projetos de Pesquisa Avançada), conhecida como ARPA. Essa agência passou a desenvolver diversas tecnologias, importantes até os dias atuais, inclusive as primeiras redes de comunicação interligando diversos radares por todo o território norte-americano. Porém, essas redes utilizavam o sistema de comutação de circuito que, por essência, é frágil a ataques. Alguns anos mais tarde, os Estados Unidos adotaram o sistema de comutação por pacotes e esse foi o primeiro passo para o surgimento da internet como a conhecemos. No decorrer deste livro-texto, veremos o que são e quais as principais diferenças entre a comutação por pacotes e a comutação por circuito.

Voltando à pergunta: o que é internet? Há várias respostas que podem ser dadas, podemos enxergá-la do ponto de vista da estrutura, da aplicação ou da topologia.

Veremos a estrutura da internet no próximo tópico – Componentes de rede. A aplicação talvez seja a mais fácil de entender e, ao mesmo tempo, a mais difícil de explicar: é infinita, já que o limite é a imaginação humana, tudo é de todos e, ao mesmo tempo, não é de ninguém, e nela a informação é mais veloz do que nossa capacidade de absorvê-la.

A topologia da internet é um conglomerado de redes privativas interligando milhões de computadores pelo mundo e utilizando os protocolos TCP/IP.



### Observação

TCP e IP são dois protocolos muito utilizados na internet e serão apresentados mais detalhadamente nas próximas unidades.

As redes privadas são independentes e se conectam por meio de redes de acesso aos *backbones* de comunicação, ambas administradas por operadoras de telecomunicações. Os *backbones* (espinha dorsal) são redes de alta velocidade que concentram o acúmulo de dados de diversas outras redes para conexão. Hierarquicamente falando, temos um *backbone* de ligação intercontinental recebendo tráfego de *backbones* internacionais que, por sua vez, concentram os *backbones* nacionais que receberam os dados gerados nas redes regionais.



### Lembrete

Um exemplo de **rede privada** é a rede que você utiliza na sua empresa.

Já o **backbone** é uma rede de alta velocidade que concentra várias redes privadas.

## 1.2 Componentes de rede

Na internet são milhares de dispositivos computacionais trabalhando para que bilhões de pessoas possam se interconectar. Até pouco tempo, os dispositivos de acesso eram basicamente computadores. Hoje temos muitos outros elementos participando da rede: televisores, geladeiras, carros, máquinas de produção, celulares, *video games* etc. Por isso, é comum serem chamados de sistemas finais, também conhecidos como hospedeiros da rede. Eles necessitam de um sistema emissor, que normalmente é uma placa de rede, para se conectar às redes de computadores.

A internet tem como um dos principais elementos o comutador de pacote, também conhecido como **roteador**. Ele encaminha os pacotes, que são gerados por um sistema final, e os endereça ao seu destino. Ou seja, o roteador é o responsável por entregar a requisição de um usuário ao servidor que a possui. Cada roteador está interligado a diversos outros e conhece o caminho para as diversas redes existentes no mundo. Se comparado aos correios, cada roteador seria um carteiro, que é o responsável por distribuir as correspondências destinadas ao seu bairro de trabalho. Ele também deve recolher as cartas que forem remetidas nesse bairro e direcioná-las à agência dos correios mais próxima, que, por sua vez, irá encaminhá-las à outra agência que esteja mais próxima do destino, que irá entregá-las ao carteiro daquele bairro.

A soma dos roteadores chamamos de *nuvem*. Ela é responsável pelo encaminhamento dos dados de um ponto ao outro e leva esse nome porque, apesar de sua importância, é quase invisível para o usuário. A figura 1, a seguir, traz uma visão deste conceito.

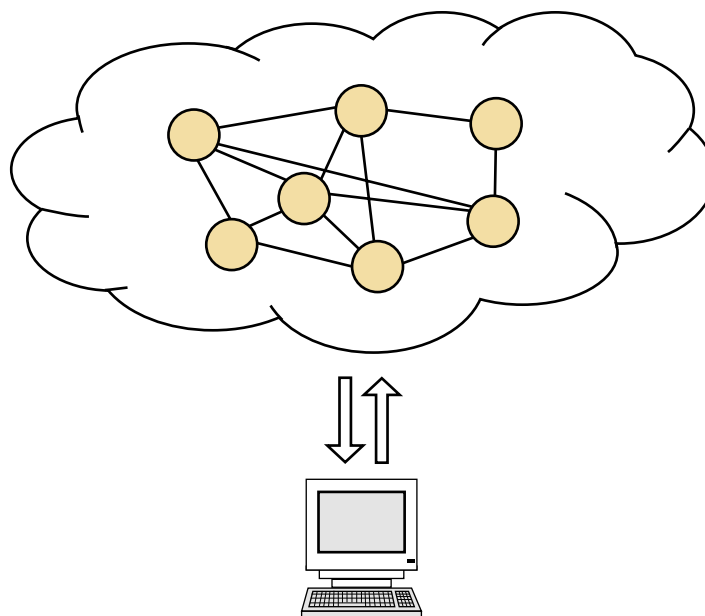


Figura 1 - Exemplo de nuvem da internet (elaborada pela autora)

Para acessar a nuvem, é preciso contratar uma rede de acesso, que será o meio necessário para estabelecer conexão entre o sistema final e o primeiro roteador disponível. Veremos mais detalhes sobre as redes de acesso em seguida.

Você sabia que a expressão "computação nas nuvens" vem do inglês *cloud computing*? Está associada a uma nova visão na área de computação. Essa nova estrutura desloca o processamento da infraestrutura computacional para a rede. Entre outras coisas, proporciona redução de custos com *software* e *hardware* (VAQUERO et al, 2009).

Os principais conceitos de computação na nuvem são:

- Virtualização: são ambientes amigáveis para os usuários que escondem as características físicas da plataforma computacional.
- Escalabilidade: é a possibilidade de aumento ou redução do tamanho dos ambientes virtuais.
- Modelo de pagamento sob demanda (*pay-per-use*): o usuário só paga pelos serviços de que realmente necessita.

Conheça a definição apontada por Vaquero et al (2009, p. 47) no texto a seguir:

Computação nas nuvens, como o próprio nome sugere, engloba as chamadas nuvens, que são ambientes que possuem recursos (*hardware*, plataformas de desenvolvimento e/ou serviços) acessados virtualmente e de fácil utilização. Esses recursos, devido à virtualização, podem ser reconfigurados dinamicamente de modo a se ajustar a uma determinada

variável, permitindo, assim, um uso otimizado dos recursos. Esses ambientes são, em geral, explorados através de um modelo *pay-per-use*.



### Saiba mais

Para saber mais a respeito do tema, sugerimos a leitura do artigo *Cloud computing: prepare-se para a nova onda em tecnologia*, disponível no link indicado abaixo:

<<http://computerworld.uol.com.br/gestao/2008/04/17/cloud-computing-prepare-se-para-a-nova-onda-em-tecnologia/>>.

### 1.3 Serviços

Já falamos de como é composta a internet e de seus elementos principais. Agora vamos abordar sua aplicação. Podemos imaginar a *web* como uma ferramenta para prover serviços como o *e-mail*, navegação *web* em *sites*, mensagens instantâneas, voz sobre IP (VoIP), *streaming* de vídeo, acesso remoto e muitos outros. Todas as aplicações são executadas nos sistemas finais e não sofrem influência dos elementos de rede por onde passam. Os sistemas finais proveem uma Interface de Programação de Aplicação (API – Application Programming Interface), que determina como o componente do serviço que está sendo requisitado será encaminhado à internet. Podemos entender então que a API da internet é um conjunto de regras que o *software* emissor deve cumprir para permitir que a internet possa encaminhar os dados ao destino.

Por exemplo, se queremos enviar uma carta, não podemos escrevê-la e simplesmente entregar a qualquer pessoa. Primeiro, nós a colocamos em um envelope, preenchemos os dados pessoais e postais do destinatário no envelope, selamos a carta e a colocamos em uma caixa oficial dos Correios. Essa carta deve chegar ao destinatário porque todas as regras foram cumpridas. Voltando à internet, a carta seria o dado que queremos transmitir, os Correios, a própria internet, e as regras citadas de postagem, a API.



### Observação

API é um conjunto definido de mensagens de requisição e resposta. A partir da Unidade II falaremos com detalhes sobre as diversas APIs das aplicações *web*.

Então também podemos entender a internet como uma plataforma de serviços e aplicações baseada no conteúdo criado por seus próprios usuários, que podem ser grandes empresas, como o Google, ou usuários comuns, como eu e você, por meio de *blogs*, por exemplo.

## 1.4 Protocolos

Os protocolos são regras que definem a troca de informações entre dois elementos. Podemos usar como exemplo a língua falada por um povo. No Brasil, usamos a língua portuguesa, que é a mesma usada em Angola, Cabo Verde, Guiné-Bissau, Guiné Equatorial, Moçambique, Portugal, São Tomé e Príncipe, Timor-Leste e na região de Macau, na China. Todos nós usamos o mesmo protocolo de comunicação e, portanto, podemos trocar informações sem maiores dificuldades. O mesmo serve para as máquinas: é preciso que ambas as pontas estejam falando a mesma língua, usando o mesmo protocolo de comunicação.

Os protocolos também são regras que dizem como os dispositivos devem iniciar, manter e encerrar uma comunicação por meio da rede. Vamos para outro "exemplo humano", porque, afinal, nós usamos diversos protocolos diariamente.

Duas pessoas se encontram na rua e uma delas deseja saber as horas. Segundo o protocolo de boas maneiras, a conversa se inicia por uma saudação, em que aquele que deseja estabelecer o contato deve dizer um "olá". Se o interlocutor responder com um "olá" também, então temos a conversação estabelecida. Em seguida, o primeiro pergunta as horas e aguarda uma resposta. Se o segundo tiver meios de informar, deve responder. Caso o primeiro esteja satisfeito com a resposta, deve confirmar o recebimento dela com um agradecimento. O encerramento é iniciado por uma despedida e, caso o interlocutor não tenha mais nada a dizer, irá também se despedir.

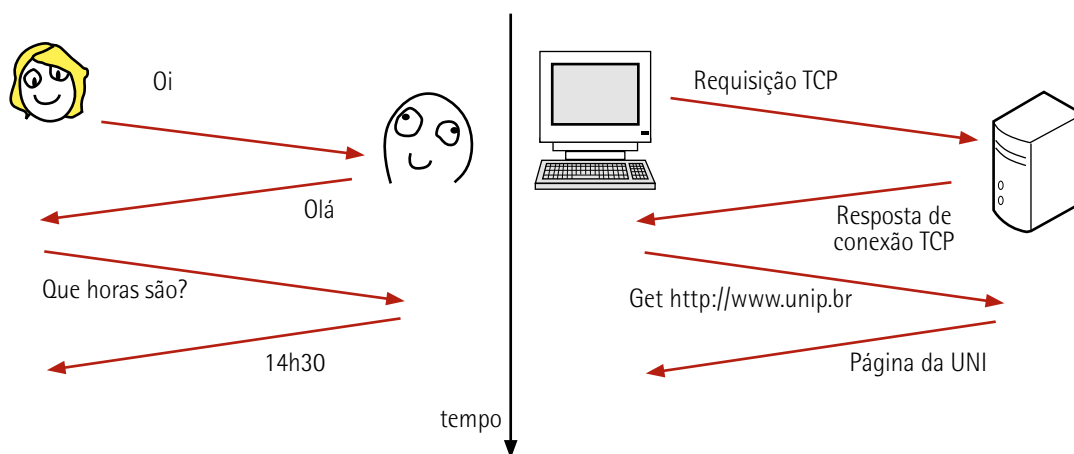


Figura 2 - Exemplo de protocolo

Então vejamos nas redes de computadores como funciona: estabelecemos a comunicação solicitando a informação, confirmamos o recebimento dela e depois encerramos o contato. A figura 2 mostra a analogia entre um "exemplo humano" e o de uma requisição de página na internet. Ao digitar [www.unip.br](http://www.unip.br), uma requisição TCP é solicitada ao servidor (que armazena o *site* da UNIP). Ele devolve uma resposta em que a conexão TCP é estabelecida. Em seguida, a página inicial do *site* da UNIP é exibida no navegador do usuário.

Mas nem todos os protocolos são assim – cada um atende a uma necessidade e, portanto, estabelece uma regra. Veremos mais detalhes adiante.

### 1.5 Redes de acesso

Rede de acesso é o enlace físico que interliga o sistema final ao roteador mais próximo, também conhecido como roteador de borda.



#### Observação

Um roteador de borda também é aquele que executa mais de um protocolo de roteamento. Os protocolos de roteamento serão abordados em detalhes quando falarmos da camada 3 do modelo OSI – a Camada IP.

Para acessar a nuvem a partir de sua casa, é necessário contratar um provedor de acesso à internet, os chamados ISP (Internet Service Providers), que normalmente são empresas de telecomunicações com uma rede regional bastante capilarizada, que por um lado alcança os domicílios e por outro se conecta aos *backbones* regionais para permitir ao usuário acesso a qualquer rede que também esteja conectada à *web*. Existem atualmente diversas tecnologias nas redes de acesso. A seguir, veremos as principais delas.

#### 1.5.1 Conexão discada (*dial-up*)

Em meados da década de 1990, era bem comum o uso dessa tecnologia nas residências pelo mundo. Ela utiliza a rede de par trançados das linhas telefônicas – isso mesmo, aquele par de fios que você usa para fazer chamadas telefônicas – e um *modem* conectado ao computador. Aliás, *modem* significa modulador e demodulador. Basicamente, o que ele faz é pegar o sinal digital binário do computador e transformá-lo em sinal analógico apropriado para ser enviado pela linha e vice-versa.

Nesse sistema, todo o legado das redes de telefonia pôde ser reaproveitado e a expansão da internet foi vertiginosa, já que o investimento, tanto do usuário como das empresas de telecomunicação, foi bem pequeno.

Um sistema final que utiliza acesso *dial-up* necessariamente deverá se conectar antes a um provedor de acesso (ISP – Internet Server Provider). Isso porque o *modem* deverá discar (do inglês *dial*) para o número do ISP (por exemplo, o IG), que estabelece uma chamada telefônica e, a partir de então, o sinal analógico enviado pelo *modem* através da linha telefônica será recebido pelo *modem* do ISP, que fará a conversão para um sinal digital e enviará para o roteador de borda do provedor, como mostrado na figura 3:

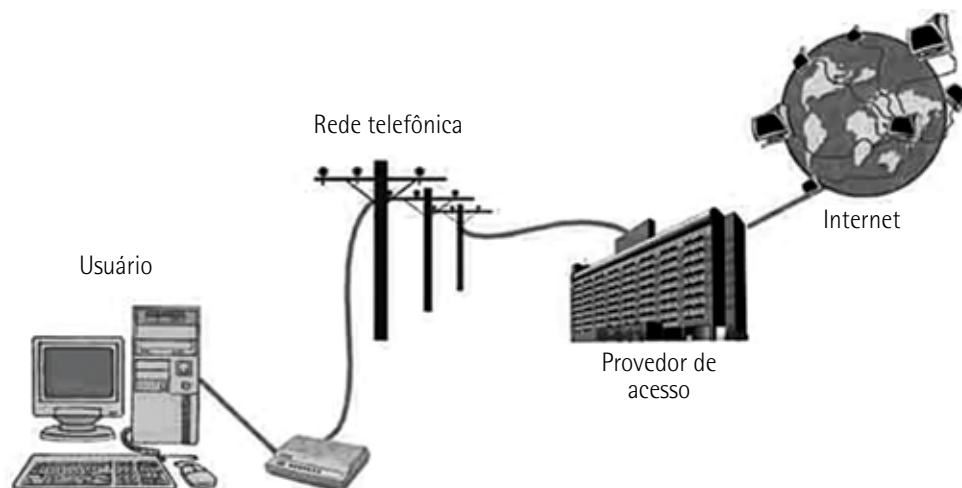


Figura 3 - Topologia de rede *dial-up* (elaborada pela autora)

O acesso discado ainda é um importante meio de conexão, utilizado principalmente em regiões rurais (do Brasil e do mundo) ou naquelas em que ainda não há acesso à banda larga. Segundo o Ibope//NetRatings, de maio de 2010, estima-se que ao menos 4,2 milhões de usuários brasileiros ativos de internet residencial, ou quase 19% do total, tenham acesso discado. Boa parte, por falta de opção.



## Lembrete

Apesar de ainda atender a muitas pessoas, o acesso discado é muito lento para os padrões da internet atual. Sua velocidade nominal é de 56 *kilobits* por segundo, mas na prática trafega em velocidades muito menores. Outro problema do acesso discado é que mantém a linha telefônica ocupada durante a navegação.

### 1.5.2 DSL

Um dos mais populares acessos de banda larga existentes no Brasil, o Digital Subscriber Line (Linha Digital para Assinante) ou simplesmente DSL, vem para revolucionar a maneira como o usuário residencial se conecta à web. Normalmente oferecido pela mesma empresa que presta o serviço de telefonia, o DSL tem velocidades que podem variar de 128 Kbps a 24 Mbps, dependendo da tecnologia utilizada. No Brasil, a mais comum é a ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line ou Linha Digital Assimétrica para Assinante), que, como o próprio nome diz, tem como principal característica a assimetria entre envio e recepção dos dados.

Para entender melhor: a linha telefônica conduz, em paralelo, dados e sinais telefônicos. O par de fios de cobre que chega até as residências possui três canais. Então, veja na figura 4 que tipicamente temos:

- canal de telefone bidirecional comum: banda de 0 a 4 KHz;
- canal *upstream*<sup>1</sup> de média velocidade: 4 KHz a 50 KHz;
- canal *downstream*<sup>2</sup> de alta velocidade: banda de 50 KHz a 1 MHz.



Figura 4 - Canais do sistema DSL (elaborada pela autora)

Dessa maneira, o DSL age como se fossem três conexões distintas, em que cada uma pode funcionar independente das outras. Por isso, podemos acessar a internet enquanto falamos ao telefone. A essa técnica dá-se o nome de multiplexação (veremos um pouco mais sobre essa técnica à frente). Um divisor de frequências, ou *Splitter*, separa o sinal de dados do sinal telefônico, evitando que eles causem interferências entre si.

Diferentemente do *dial-up*, no caso do DSL, tecnicamente não é necessário um provedor, já que o usuário está diretamente ligado ao DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer ou Multiplexador de Acesso à Linha Digital do Assinante) da empresa de telefonia. O DSLAM está conectado ao roteador de borda e permite acesso direto do usuário à internet.

A velocidade real do sistema DSL está inversamente ligada a distância em que se encontra o usuário da central telefônica. Isso porque o cabo de cobre que é utilizado é bastante sensível a interferências e, quanto maior a distância, mais interferência existirá.

Hoje, em países como Japão e Coreia, existe uma variação do DSL chamada de VDSL (Very-high-bit-rate Digital Subscriber Line), tecnologia que atinge incríveis 55 Mbps de *download*.

O DSL tem duas principais vantagens: a velocidade, que ultrapassa a conexão *dial-up* em muitas vezes, e a possibilidade de compartilhamento de dados e voz no mesmo meio físico.

### Usuários de internet no Brasil

Segundo o portal do grupo Teleco (<http://www.teleco.com.br>), uma empresa de consultoria da área de telecomunicações, o número de usuários de internet no Brasil cresceu generosamente desde 2005.

<sup>1</sup> *Upstream*: do cliente para o servidor (*upload*).

<sup>2</sup> *Downstream*: do servidor para o cliente (*download*).



O quadro a seguir mostra a quantidade destes usuários, em milhões:

**Tabela 1**

Milhões	2005	2006	2007	2008	2009
Fonte: PNAD*	32,1	-		55,9	67,9
Fonte: TIC Domicílios	-	35,3	44,9	53,9	63
Fonte: Ibope**		32,5	39	62,3	66,3

Fonte: Teleco. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/internet.asp>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

- \* população de 10 anos ou mais de idade que acessou a internet, pelo menos uma vez, nos 90 dias que antecederam a entrevista.
- \*\* total de pessoas com mais de 16 anos com acesso à internet em qualquer ambiente.

Os dados de 2010 ainda não foram computados, mas, segundo o ComScore, até o mês de maio de 2010 existiam 73 milhões\*\*\* de usuários de internet no Brasil.

- \*\*\* dos 73 milhões, 40,7% estiveram ativos em maio de 2010, sendo 11,9% com idade entre 6 e 14 anos e 56,1% com idade entre 15 e 34 anos.

## Internet banda larga no Brasil

O grupo Teleco divulgou ainda o total de conexões de banda larga no Brasil ao longo dos últimos anos.

**Tabela 2**

Milhares	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	%
ADSL	526	993	1.907	3.152	4.341	5.590	7.001	7.678	7.982	67%
TV assinatura (cabos)	135	203	342	629	1.200	1.753	2.589	3.132	3.238	27%
Outros (Rádio)*	31	40	50	75*	115	375	420	570	650	5%
Total Brasil	692	1.236	2.299	3.856	5.656	7.718	10.010	11.380	11.870	100%

\* estimativa Teleco. Não inclui satélite. (Dados revisados em Ago/07).

Fonte: Operadoras, Anatel (2002 e 2003), ABTA. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/blarga.asp>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

Apesar de não existirem números oficiais recentes, é possível dizer que ainda há muitas pessoas que utilizam acesso discado por meio de provedores para conectar-se à internet.

O governo brasileiro iniciou em 2011 o Plano Nacional de Banda Larga, com o objetivo de massificar, até 2014, a oferta de acessos banda larga e promover o crescimento da capacidade da infraestrutura de telecomunicações do país. Os objetivos deste programa são:

- Acelerar a entrada da população na moderna Sociedade da Informação;
- Promover maior difusão das aplicações de Governo Eletrônico e facilitar aos cidadãos o uso dos serviços do Estado;
- Contribuir para a evolução das redes de telecomunicações do país em direção aos novos paradigmas de tecnologia e arquitetura que se desenham no horizonte futuro, baseados na comunicação sobre o protocolo IP;
- Contribuir para o desenvolvimento industrial e tecnológico do país, em particular do setor de tecnologias de informação e comunicação (TICs);
- Aumentar a competitividade das empresas brasileiras, em especial daquelas do setor de TICs, assim como das micro, pequenas e médias empresas dos demais setores econômicos;
- Contribuir para o aumento do nível de emprego no país;
- Contribuir para o crescimento do PIB brasileiro.<sup>3</sup>



### Saiba mais

Conheça mais sobre esse plano no *link* abaixo:

<<http://www.mc.gov.br/images/pnbl/o-brasil-em-alta-velocidade1.pdf>>.

### 1.5.3 Cabo

Se a tecnologia DSL utiliza a estrutura da telefonia local, o acesso via cabo aproveita a rede de cabos da televisão por assinatura.

Da mesma maneira que no sistema DSL, o acesso via cabo necessita de um *modem* especial, responsável por preparar o sinal vindo do computador. Tanto o cabo coaxial (aquele branco que chega até o televisor ou *modem*) como a fibra óptica fazem parte do sistema, por isso, essa rede é denominada HFC (Hybrid Fiber Coax ou Fibra Coaxial Híbrida). Cada junção da rede pode comportar de 500 até 5.000 pontos de acesso.

Nesse caso, a capacidade da fibra óptica é compartilhada entre todos os que estão ligados à sua junção. Portanto, em um momento em que diversos usuários estejam realizando um *download*, por exemplo, a velocidade real do acesso será comprometida.

---

<sup>3</sup> Disponível em: <<http://www.mc.gov.br/images/pnbl/o-brasil-em-alta-velocidade1.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

De imediato, podemos pensar que a conexão do DSL é mais estável se comparada com a híbrida, já que ela é considerada ponto a ponto, ou seja, o usuário está conectado por um meio exclusivo até a central, no caso, o seu cabo de par trançado. Isso que os defensores do DSL dizem é verdade, uma vez que, sendo conhecida a sua distância da central e, portanto, o quanto seu acesso estará sujeito a interferências, a velocidade não sofrerá grandes variações. Contudo, os defensores das redes HFC dirão que a rede oferece a possibilidade de taxas de transferências maiores e que basta um sistema bem-dimensionado, em que não haja gargalos no ponto de acesso entre a fibra óptica e o cabo coaxial, que sua capacidade de transmissão será superior.

### 1.5.4 FTTH (*Fiber To The Home*)

Fiber To The Home ou simplesmente FTTH é uma tecnologia capaz de transmitir telefonia, TV digital e internet com alta velocidade. Esse meio, até pouco tempo atrás, era utilizado ou como ponto de acesso aos *backbones* das prestadoras de telecomunicações ou para usuários de grande porte, como empresas e indústrias.

No FTTH, as taxas chegam à ordem dos *gigabits*, mas usualmente utilizam-se entre 100 e 500 Mbps. Hoje é crescente a oferta de FTTH nas grandes capitais com taxas similares a essas.

Existem diversas maneiras de distribuição da fibra óptica. A rede mais simples é a chamada fibra direta, na qual existe uma fibra saindo diretamente da central telefônica para a residência do assinante. Dessa maneira, podemos atingir altíssimas velocidades, já que o usuário terá uma fibra dedicada para si, não havendo concorrência.

Outra maneira seria a chamada Rede Óptica Passiva (PON – Passive Optical Network). Nela, cada fibra que sai da central telefônica é compartilhada entre diversas residências. É também chamada de rede ponto-multiponto, já que um emissor atende a diversos receptores. Nas PONs, o sinal óptico é transmitido por uma única fibra e depois é derivado para os usuários finais por meio de divisores ópticos passivos (POS).

Seu custo de implementação é diversas vezes mais barato do que o da fibra dedicada e torna viável o uso dessa tecnologia. No Brasil, o FTTH vem crescendo, mas ainda é pouco difundido. Existe uma organização chamada FTTH Council<sup>4</sup> que tem o objetivo de compartilhar conhecimentos e construir um consenso sobre questões importantes em torno da tecnologia de Fiber To The Home. Sua missão é educar o público e governos quando às soluções FTTH e promover a popularização dessa tecnologia.

### NGN: *Next Generation Network*

NGN é o conceito abrangente que define como serão as próximas redes de telecomunicações. Em geral é uma rede convergente de transporte de diversos serviços, como: voz, dados e vídeos, inclusive televisão sob demanda.

---

<sup>4</sup> Conheça mais sobre essa iniciativa em: <<http://www.ftthcouncil.org>>. Acesso em: 24 abr. 2012.

Vale destacar que NGN não é uma tecnologia, e sim um conceito. É o estabelecimento de uma plataforma plural de serviços sobre as redes atuais, principalmente as redes FTTH, que permitem maior velocidade de tráfego de dados.

Essa convergência visa à redução de custos e à consequente oferta de serviços mais baratos. Além disso, surgem novas possibilidades, como televisão sob demanda, em que o telespectador pode acessar seus programas favoritos em qualquer horário, em qualquer dia.

No mesmo ponto de acesso haverá conexão para internet, sinal para TV digital, voz, videoconferência, entre outras. Somando isso à possibilidade de acesso às novas tecnologias, como WI-MAX e WI-FI, será possível ver essa transformação em pouco tempo.



### Saiba mais

Para saber ainda mais sobre esse assunto, sugerimos a leitura de *Next-Generation Network Services*, de Robert Wood, um guia da Cisco para a construção de redes orientadas a serviços.

#### 1.5.5 Ethernet

A rede Ethernet é, sem dúvida, a tecnologia de acesso mais utilizada em redes locais (LAN – Local Area Network). Nela, os usuários estão conectados via cabos de cobre trançados a um comutador. Hoje em dia é mais comum o uso de *switches*, já que a Ethernet Comutada (Switched Ethernet) oferece maior largura de banda e cabeamento mais simplificado.



### Observação

**Você sabia?** O nome Ethernet vem da Teoria do Éter. Cientistas antigos a idealizaram após a descoberta de que a luz era uma onda eletromagnética, para explicar como ela podia viajar no espaço. O Éter preenche todo o espaço e assim a luz tem um meio para se propagar.

Outra opção é a Hubs Ethernet, em que todos os pacotes são endereçados a todos os computadores. Isso tem dois problemas principais: o primeiro deles é o consumo excessivo e desnecessário de banda e o segundo, o alto risco de colisão de pacotes. Veremos mais adiante detalhes a respeito de colisão de pacotes.

Com a internet comutada, o *switch* reconhece onde cada computador está na rede e direciona os pacotes ao seu endereço, poupando, assim, tráfegos.

Normalmente a rede Ethernet trafega a 100 Mbps, enquanto os servidores possuem acesso de 1 Gbps ou, em alguns casos, 10 Gbps.

## 1.5.6 WiFi

Wireless Fidelity (Fidelidade sem Fio) ou simplesmente WiFi é uma tecnologia que permite o acesso à internet por meio de dispositivos em sistemas finais sem fio. Hoje um grande número de equipamentos é capaz de utilizar o sistema WiFi, como *laptops*, PCs, celulares, televisores, geladeiras, câmeras de segurança, *video games* e muitos outros.

Há basicamente dois tipos de acesso sem fio, ambos muito conhecidos. Um deles é a *Wireless LAN*, em que a conexão se dá por meio de um roteador *wireless*, também chamado de ponto de acesso ou *hotspot*, e os pacotes são transmitidos ao roteador, que se encarrega de enviá-los à rede com fio. Muitas pessoas utilizam essa tecnologia nas suas casas, permitindo o compartilhamento de sua internet entre diversos computadores, sem precisar com isso distribuir cabeamento por toda a residência. O raio de ação de um roteador *wireless* é limitado a alguns metros. Eventualmente pode-se usar uma antena com ganho de sinal, o que permite aumentar em algumas vezes o campo de recepção. O padrão utilizado é o 802.11 e sua taxa de transmissão pode chegar a até 54 Mbps.

Outra tecnologia de acesso sem fio importante é a das redes celulares. Por meio dela, podemos acessar a internet em velocidades teóricas de até 8 Mbps nas redes 3,5G, também conhecidas como HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access). Nesse caso, fatores como a distância em que o usuário está da ERB (Estação Rádio Base) ou número de assinantes conectados ao mesmo tempo podem interferir na velocidade máxima alcançada. Tipicamente, a velocidade média é de 1 Mbps, o que é bastante considerável, já que é um acesso que nos permite uma mobilidade nunca antes vista.

As empresas do SMP (Serviço Móvel Pessoal, o famoso celular) estão investindo amplamente nessas novas tecnologias de acesso à internet, visando a um público que cada vez mais necessita de conexões rápidas, estáveis e amplas. Imagina-se que as tecnologias sem fio serão os principais meios de acesso em um futuro não muito distante.

### **Brasil com 24,9 milhões de celulares 3G em Maio/11**

Segundo dados da Anatel, o Brasil terminou maio de 2011 com 24,9 milhões de celulares 3G, sendo 19,8 milhões de aparelhos WCDMA e 5,1 milhões de terminais de dados 3G (11,6% dos celulares do Brasil são 3G).

Das adições líquidas de 749 mil acessos 3G no mês, 633 mil foram via aparelhos WCDMA e 116 mil por terminais de dados 3G.

A Anatel considera banda larga móvel a soma dos acessos WCDMA com todos os terminais de dados, sejam eles 3G ou não. Pelo critério da Anatel existiriam 26,3 milhões acessos de banda larga móvel em maio de 2011, sendo 19,8 milhões aparelhos WCDMA e 6,5 milhões terminais de dados, que apresentaram adições líquidas de 59 mil acessos em maio de 2011.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/3g\\_brasil.asp](http://www.teleco.com.br/3g_brasil.asp)>. Acesso em: 26 abr. 2012.

**Tabela 3 – Celulares 3G em Abril/11 (Dados Preliminares da Anatel).**

milhares	Dez / 10	Jan / 11	Fev / 11	Mar / 11	Abr / 11	Mai / 11
Acesso 3G por aparelhos (WCDMA)	14.614	16.469	17.400	18.146	19.127	19.760
Terminais de dados 3G	4.253	4.425	4.597	4.779	5.001	5.117
<b>Total de acessos 3G</b>	<b>18.867</b>	<b>20.894</b>	<b>21.997</b>	<b>22.924</b>	<b>24.128</b>	<b>24.877</b>
Terminais de dados (3G e não 3G)	6.014	6.098	6.187	6.289	6.436	6.495
<b>Total Banda Larga Móvel (Anatel)</b>	<b>20.628</b>	<b>22.568</b>	<b>23.587</b>	<b>24.434</b>	<b>25.562</b>	<b>26.254</b>

Nota: Anatel considera Banda Larga Móvel a soma dos acessos 3G por aparelhos (WCDMA) com o total de terminais de dados (3G ou não 3G). O total de terminais de dados 3G é estimado pela Teleco. Disponível em: <[http://www.teleco.com.br/3g\\_brasil.asp](http://www.teleco.com.br/3g_brasil.asp)>. Acesso em: 26 abr. 2012.

## 2 TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO E ARQUITETURA DE CAMADAS

### 2.1 Transmissão de informação

#### 2.1.1 Modulação

Modulação é o processo sistemático de alteração de uma onda portadora por meio de uma onda modulante para conter uma informação. Parece confuso, mas não é.

Veja, quando falamos também ocorre um processo de modulação, no caso, modulação de uma onda acústica. O som que é gerado pelas cordas vocais é alterado pelos movimentos da boca e do maxilar para conter informações. Basta tentar falar uma palavra sem mover a boca que será possível notar a presença da onda portadora, mas sem o sinal modulante, que nesse nosso exemplo seriam as consoantes e vogais que pretendemos emitir.

Podemos resumir, então: *modulação é a soma da informação com uma onda adequada para transmissão*. Simples assim.

A maioria dos sinais de informação gerados não pode ser diretamente enviada, então eles são modulados com uma onda elétrica portadora ou simplesmente "portadora", como é conhecida.

No processo de modulação podemos alterar a amplitude, a fase ou a frequência, deformando o sinal da portadora. Sabemos como o sinal da portadora deveria chegar e temos o sinal irradiado. A diferença entre elas, ou seja, entre a portadora original e a recebida, é o nosso sinal modulante ou a informação. Basta demodular, no caso, extrair a portadora, e restam os dados.



## Lembrete

O equipamento responsável por modular e demodular um sinal é conhecido como *modem*.

Existem diversas técnicas de modulação de um sinal, cada qual indicada para uma situação.

- Modulação em amplitude (Amplitude Modulation – AM): o sinal senoidal da portadora é modificado em sua amplitude pelo sinal modulante.

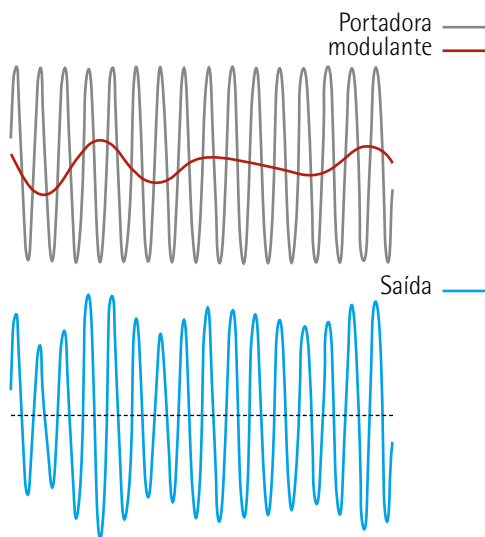


Figura 5 - Modulação AM (elaborada pela autora)

- Modulação em fase (Phase Modulation – PM): o sinal da portadora é alterado na sua fase pelo sinal modulante. Mais comumente usado para transmissões digitais.

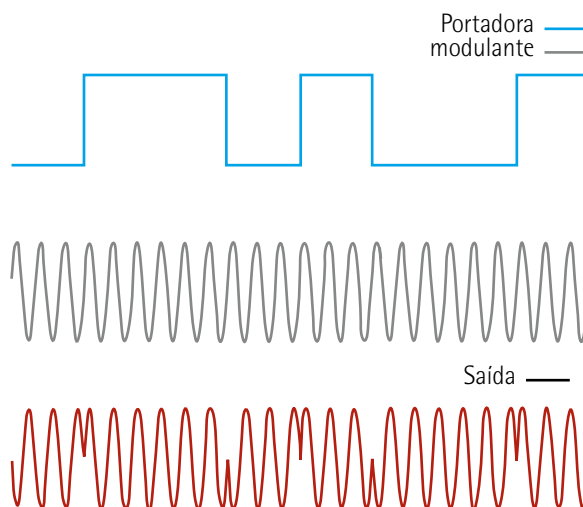


Figura 6 - Modulação PM (elaborada pela autora)



### Observação

A modulação em fase é especialmente utilizada na transformação de um sinal digital (onda quadrada) em um sinal analógico (senoidal).

- Modulação em frequência (Frequency Modulation – FM): o sinal da portadora agora é alterado em sua frequência pelo sinal modulante.

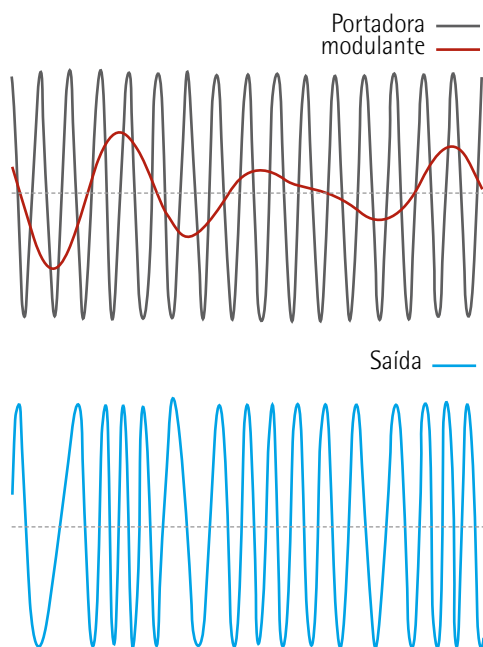


Figura 7 - Modulação FM (elaborada pela autora)

## 2.2 O núcleo da rede

Existem duas abordagens fundamentais para tráfego de dados em redes de enlaces e roteadores: as redes de comutação em circuito e as redes de comutação em pacote.

Em redes de comutação de circuito, um caminho é estabelecido e reservado enquanto a sessão estiver em andamento, mesmo que não haja troca de informações. Nas redes de comutação de pacotes, todos os recursos são compartilhados, de maneira que cada pacote de dados, quando chega a um nó da rede, aguarda em uma fila para ser enviado ao próximo nó.

As redes telefônicas são exemplos de comutação de circuito. A partir do momento em que se estabelece uma ligação, todos os recursos daquele par de cobre que sai da sua casa até chegar na casa do destinatário estarão reservados a você.

A chamada se inicia no seu telefone, chegando até a central telefônica mais próxima. Essa central, por sua vez, conecta-se com a central mais próxima da casa do destinatário, que se liga à residência do destinatário. Dessa maneira, isso garantirá todos os recursos desse meio.



Na comutação de pacotes, a transmissão também ocorre em enlaces, contudo não há reserva de recursos. Quando mandamos um pacote para a internet, por exemplo, em cada roteador que ele chegar terá de concorrer com outros pacotes e aguardar sua vez na transmissão. Caso haja um tráfego maior do que o suportado pelo nó da rede, deverá aguardar em um *buffer* até que possa ser enviado. Na internet não temos garantia de entrega imediata. Contudo, dessa maneira também não há desperdício, porque todos os recursos são sempre compartilhados e otimizados para atender o maior número de pessoas com o menor custo.



## Observação

Nas redes de acesso discadas, o primeiro trecho de conexão entre a residência e o provedor é comutação de circuito. A partir daí, passa a ser comutação de pacote, que é o padrão da internet.

## 2.3 Topologias de redes

Como topologia de rede, podemos entender o desenho dos enlaces e a distribuição dos elementos nos enlaces.

Há duas maneiras de descrever a topologia de uma rede: topologia física, em que consideramos a aparência e as distribuições dos enlaces, e topologia lógica, em que o que vale é o fluxo de dados na rede. Vejamos a seguir as topologias mais comuns.

### 2.3.1 Barramento

Nessa topologia, todos os computadores estão conectados em um mesmo barramento físico de dados, como mostra a figura 8. Apesar de apenas uma máquina poder transmitir por vez, todos os outros elementos recebem ao mesmo tempo. A placa de rede é responsável por gerenciar os pacotes que devem ser descartados. São usados cabos coaxiais que se subdividem para cada elemento. É pouco utilizada atualmente, pela disposição física dos elementos, mas sua lógica ainda acompanha as redes Ethernet.

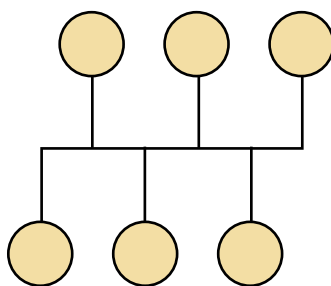


Figura 8 - Topologia de barramento (elaborada pela autora)

### 2.3.2. Anel

Nessa topologia, os dispositivos estão ligados em série, formando um grande círculo, como mostra a figura 9. Os dados são enviados em uma única direção, de nó em nó, até o seu destino. O sinal é mais imune a ruídos e distorções, já que as distâncias são menores, e cada nó também age como um repetidor. Contudo, isso gera atraso na transmissão.



#### Lembrete

Repetidor é um equipamento de rede com a função de regenerar eletricamente um sinal recebido através do meio físico.

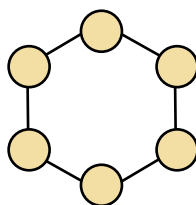


Figura 9 - Topologia em anel (elaborada pela autora)

### 2.3.3 Estrela

Essa é a topologia mais utilizada na comutação de pacotes. Várias máquinas se conectam a um concentrador da rede – como mostrado na figura 10 –, que, por sua vez, é responsável por repetir para todas as máquinas o sinal transmitido. É utilizada em redes de pequeno porte, já que os concentradores normalmente disponibilizam oito ou dezesseis portas. Podemos configurar redes estrela de maneira roteada, ou seja, os pacotes somente serão enviados à porta de destino, desconsiderando as outras máquinas.

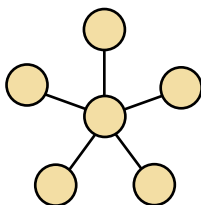


Figura 10 - Topologia em estrela (elaborada pela autora)

### 2.3.4 Árvore

A topologia em árvore é composta por barramentos conectados em alguns pontos, como mostra a figura 11. Geralmente temos barramentos principais, barramentos secundários e terciários. A velocidade dessa rede é tipicamente menor, porque haverá derivações em que o sinal deverá propagar-se por dois caminhos distintos.

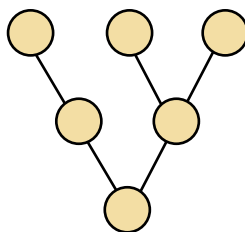


Figura 11 - Topologia em árvore (elaborada pela autora)

## 2.3.5 Malha

Nessa topologia, cada elemento está conectado a diversos outros, como mostra a figura 12, permitindo que cada um possua comunicação direta e privilegiada com os outros. Apesar da topologia em malha possuir altas taxas de transmissão e baixa incidência de erros, seu custo de implantação a torna inviável.

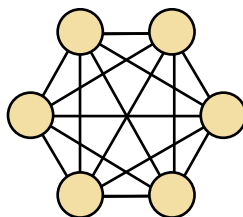


Figura 12 - Topologia em malha (elaborada pela autora)

## 2.3.6 Híbrida

A característica dessa topologia é a flexibilidade, podendo ter pedaços de cada uma das topologias anteriores; dessa maneira, a rede se adapta plenamente às necessidades de cada local. Vale a criatividade de explorar os benefícios de cada uma das topologias existentes.

## 2.4 Arquitetura de camadas

A internet é um sistema extremamente complicado, que possui muitos componentes: inúmeras aplicações e protocolos, vários tipos de sistemas finais e conexões entre eles, roteadores, além de vários tipos de meios físicos de enlace. Com tamanha diversidade de elementos nas redes, é necessário organizar a arquitetura de rede.

Fazendo uma analogia, podemos descrever o sistema de uma companhia aérea, desde o momento em que é solicitada a compra de uma passagem até o momento após o desembarque, quando o passageiro pode fazer uma reclamação à companhia aérea, se o serviço não foi bem prestado. Trata-se de um sistema complexo, com emissão de passagens, pessoal para embarque, bagagem, pilotos, aviões, controle de tráfego aéreo etc.

Podemos definir algumas das ações que você realiza quando viaja por uma empresa aérea:

- compra a passagem;
- despacha as malas;
- dirige-se ao portão de embarque;
- entra no avião;
- decola até o destino.

Após a aterrissagem, você:

- desembarca no portão;
- recupera as malas;
- se a viagem for ruim, você reclama na agência de viagens que lhe vendeu a passagem.

As ações descritas acima podem ser agrupadas em níveis ou camadas, como mostra a figura 13, para melhor organizar a estrutura de discussão de uma viagem por uma empresa aérea. A passagem pode ser comprada antes da viagem e, se houver algum problema, pode-se reclamar com a empresa aérea que a vendeu, na volta da viagem. A bagagem poderá ser despachada antes do embarque e deverá ser recuperada após o desembarque. O embarque de passageiros é feito por meio dos portões e, após a aterrissagem, eles também permitem o desembarque. Com os passageiros a bordo, o avião decola. Após a decolagem, a aeronave segue a rota até a aterrissagem no seu destino.

Por meio das camadas, é possível perceber que cada uma, combinada com as camadas abaixo dela, implementa alguma funcionalidade, algum **serviço**. Cada camada provê seu serviço:

- realizando certas ações dentro da camada;
- utilizando os serviços da camada inferior imediatamente.

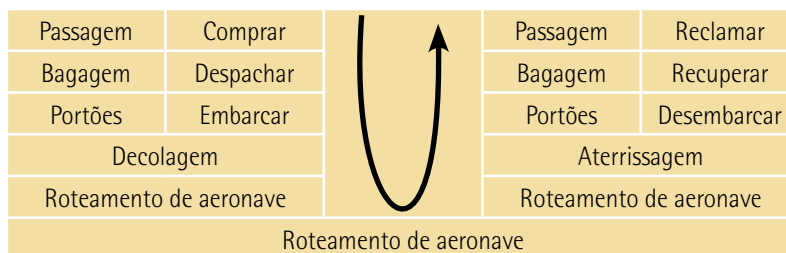


Figura 13 – Analogia de arquitetura em camadas (KUROSE; ROSS, 2010)

Repare que o embarque e o desembarque de passageiros podem ser feitos de diversas formas, variadas as circunstâncias: o responsável pelo embarque pode avisar que, devido ao tamanho da aeronave, o embarque será realizado em etapas e que primeiro deverão embarcar apenas passageiros das poltronas do final da aeronave para depois embarcar passageiros que viajarão nas poltronas frontais. O mesmo pode acontecer no momento do desembarque.

Nesse caso, a funcionalidade principal da camada "portões", de embarcar e desembarcar passageiros, mantém-se, embora existam novas regras para o embarque ou desembarque acontecerem.

Com uma arquitetura em camadas, repare que fica mais fácil discutir uma "parte" da viagem, ou seja, discutir uma parcela específica e bem-definida de um sistema complexo (simplificação). Torna-se mais fácil também modificar, quando necessário, a implementação do serviço oferecido pela camada, contanto que utilize os mesmos serviços da camada inferior e forneça os mesmos serviços para a camada superior. É importante notar que modificar a implementação de um serviço é muito diferente de mudar o próprio serviço.

Voltando às redes de computadores, para reduzir a dificuldade de projeto, os projetistas de rede organizam os protocolos – e o *hardware* e o *software* de rede que implementam os protocolos – em **camadas**. Com uma arquitetura de protocolo em camadas, cada protocolo pertence a uma das camadas. Quando tomados em conjuntos, os protocolos das várias camadas são denominados **pilha de protocolos** (KUROSE, 2010).

### 2.4.1 Modelo OSI

A ISO (International Standards Organization) desenvolveu um modelo de referência chamado OSI (Open Systems Interconnections), para facilitar a interconexão de sistemas de computadores e para que os fabricantes pudessem criar protocolos a partir dele. Assim, passaram a existir padrões de protocolos.

É um modelo didático que nos faz entender como seria um protocolo ideal nas redes de computadores. Para se chegar às sete camadas, existem alguns princípios que são seguidos:

- uma camada deve ser criada onde houver necessidade de outro grau de abstração;
- a camada deve executar uma função bem definida;
- a função de cada camada deve ser escolhida segundo a definição de protocolos padronizados internacionalmente;
- os limites da camada devem ser selecionados para reduzir o fluxo de informações transportadas entre as interfaces;
- o número de camadas deve ser grande o bastante para que funções distintas não precisem ser necessariamente colocadas na mesma camada e pequeno o bastante para que a arquitetura não se torne difícil de controlar.

As camadas consideradas pelo modelo OSI estão apresentadas na figura 14 e serão detalhadas ao longo deste livro-texto, nas próximas unidades.

7	Aplicação
6	Apresentação
5	Sessão
4	Transporte
3	Rede
2	Enlace
1	Física

Figura 14 - Arquitetura de camadas do Modelo OSI (TANENBAUM, 2003)

Algumas arquiteturas não seguem esse modelo, como é o caso da arquitetura TCP/IP, que implementa apenas 4 níveis dos 7 considerados pelo modelo OSI.

O modelo de referência OSI foi desenvolvido pela ISO no início da década de 1980. Conheça a seguir um pouco sobre essa história:

### A história do modelo OSI

Nas primeiras redes, apenas computadores de um mesmo fabricante poderiam se comunicar. Isto por questões de compatibilidade, pois cada fabricante adotava seu próprio padrão. Na época, os dois fabricantes que dominavam o mercado eram a IBM e a DEC (Digital Equipment Corporation, que hoje é a HP).

Esse problema estava dando dor de cabeça a muitos empresários, pois, se uma empresa "A" que tinha a IBM como solução em TI comprasse uma empresa "B" que utilizasse recursos DEC, a fusão das duas seria muito complicada, senão impossível tecnologicamente falando. Insatisfeito com a situação atual, os consumidores exigiram que esse problema fosse solucionado o mais rápido possível.

No início da década de 1980, a ISO (International Standards Organization) se reuniu com representantes de várias empresas para tentar resolver este impasse. Foi quando em 1984 o modelo OSI (International Systems Interconnections) foi criado, permitindo a comunicação de dados entre *hardwares* e *softwares* de fabricantes diferentes e, mais do que isso, o modelo OSI também padronizou a forma como os dados são preparados, organizados, enviados, recebidos, interpretados e utilizados, tudo organizado por camadas, em que cada camada tinha um conjunto de protocolos (regras), tudo padronizado para que todos os fabricantes "falassem a mesma língua". O modelo ficou conhecido como arquitetura em camadas.

O governo americano tentou impor esse modelo e, em seguida, o governo brasileiro também o fez através da Lei da Informática, porém, todas as tentativas fracassaram e lentamente esse modelo foi sendo ultrapassado por outros.

O modelo OSI foi o mais bem-estruturado de sua época, porém, não foi o primeiro modelo de referência independente de fabricantes. Outro modelo já estava rondando as redes havia um bom tempo, mas sem a ISO lhe "apadrinhando", era o modelo TCP/IP. Não era estruturado como o OSI nem tinha a ISO como endosse, como dito anteriormente, por isso dizia-se que era um modelo informal, entretanto era, e é ainda hoje, muito mais flexível que o modelo OSI e muito mais fácil de ser aplicado.

Desenvolvido na Universidade de Stanford e homologado com sucesso por Bob Kahn e Vinton G. Cerf em 1974, ainda não era um modelo e sim um conjunto de protocolos cujo TCP era o principal.

O Departamento de Defesa Americana (DoD – Department of Defense) abriu uma espécie de licitação na época, para a criação de um modelo confiável, flexível e fácil de ser implementado, temendo ataques nucleares. O TCP/IP foi o escolhido e adotado. Em 1976, o TCP/IP foi implementado na ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) pela DoD, por isso alguns autores chamam o modelo TCP/IP de modelo DoD.

Inicialmente só para uso militar, o que seria a internet na época, era chamada de ARPANET, sendo muito vulnerável.

O modelo TCP/IP foi amadurecendo e hoje é o padrão por se tratar de um modelo flexível e fácil de ser implementado.<sup>6</sup>



### Saiba mais

Leia o livro *CCNA 4.1 – guia completo de estudo*, de Marco Aurélio Filippette. O guia é a ferramenta ideal para preparar o candidato rumo ao exame Cisco 640-802, pois abrange 100% dos tópicos abordados por ele e complementa a parte teórica com cenários que podem ser facilmente implementados em laboratório ou no simulador Dynamips. Esta obra contém, ainda, dois cenários avançados, que reproduzem alguns problemas do mundo real encarados por um administrador de redes, acompanhados de sua devida resolução.

<sup>6</sup> FILIPPETTE, M. A. *CCNA 4.1 – guia completo de estudo*. Florianópolis: Visual Books, 2008.

Antes de iniciar o estudo detalhado sobre cada camada, que faremos ao longo deste livro-texto, é importante destacar rapidamente as principais funções de cada camada deste modelo didático OSI:

### **Camada de Aplicação**

Executa funções específicas de utilização dos sistemas pelos usuários finais e foca nos processos de aplicação. Alguns exemplos de aplicações são: correio eletrônico, transferência de arquivos, serviço de diretório, processamento de transações, terminal virtual, acesso a bancos de dados, gerência de rede e formato de dados, entre outras diversas existentes.

### **Camada de Apresentação**

A Camada de Apresentação lida com a transparência de representação dos dados, ou seja, interpreta as diversas sintaxes entre o transmissor e o receptor. Entre os exemplos existentes podemos citar a codificação das aplicações e a conversão de informações, como criptografia.

### **Camada de Sessão**

Esta camada é responsável pelo sincronismo de diálogo entre o receptor e o transmissor. Sua função é recuperar conexões de transporte sem perder as conexões de sessão. Para isso, possui mecanismos de verificação (sincronização) e não efetua multiplexação da Camada de Transporte, utilizando a mesma conexão de transporte para várias conexões de sessão não simultâneas.

### **Camada de Transporte**

A transferência de dados transparente, independente de sub-redes, deve ser executada fim a fim, ou seja, da origem ao destino, independente de topologias de redes por onde os dados também passam. Esta camada é responsável pelo controle de qualidade de serviço de rede de forma global, detecta e é capaz de recuperar erros de transmissão, como perda de pacotes, por exemplo.

### **Camada de Rede**

É a camada que concentra as funcionalidades essenciais para o bom funcionamento da internet. Ela é responsável pela interconexão das redes e sub-redes, pelo endereçamento lógico e roteamento dos pacotes.

### **Camada de Enlace**

Ela esconde características físicas do meio de transmissão, provendo meio de transmissão confiável entre dois sistemas adjacentes, ou seja, entre dois nós na rede. As principais funções dessa camada são: delimitação dos quadros de acordo com a tecnologia da rede, detecção de erros e recuperação de erros (ainda de forma simples), sequencialização e controle de fluxo.



## Camada Física

Trata da transmissão transparente de sequências de *bits* pelo meio físico, contém padrões mecânicos, funcionais, elétricos e procedimentos para acesso a esse meio físico. Além disso, mantém a conexão física entre sistemas e considera vários tipos de conexão, dentre elas: ponto a ponto ou multiponto, *full* ou *half* duplex, serial ou paralela.

### 2.4.2 Arquitetura TCP/IP

A arquitetura TCP/IP é o modelo de camadas utilizado em todas as redes de computadores, a ARPANET e a internet. Em 1974, um estudo propôs um grupo de protocolos centrais para satisfazer as seguintes necessidades:

- roteamento entre redes e sub-redes diferentes;
- independência da tecnologia de redes utilizada para poder conectar as sub-redes;
- independência do *hardware*;
- possibilidade de recobrar-se de falhas.

Originalmente esses protocolos foram chamados de NCP (Network Control Program), mas, em 1978, passaram a ser chamados de TCP/IP. Em 1983, foi exigida a implementação do TCP/IP em todos os computadores que quisessem se conectar à ARPANET. Assim, ocorreu a criação de uma arquitetura flexível, capaz de se adaptar a aplicações com necessidades divergentes, como a transferência de arquivos e a transmissão de dados e voz, em tempo real (KOVACH, 2009).

A arquitetura TCP/IP é um modelo de quatro camadas e pode ser comparada com o modelo OSI, como mostra a figura 15:

TCP/IP		OSI	
4	Aplicação	7	Aplicação
		6	Apresentação
		5	Sessão
3	Transporte	4	Transporte
2	Internet	3	Rede
1	Interface com a rede	2	Enlace
		1	Física

Figura 15 - Modelo de camadas da arquitetura TCP/IP (TANENBAUM, 2003)

Comparando com o modelo OSI, a Camada de Aplicação da arquitetura TCP/IP implementa as camadas de Aplicação, Apresentação e Sessão correspondentes ao modelo OSI. Embora tenha as mesmas funcionalidades, a Camada de Rede do modelo OSI é aqui chamada de internet, por ser a arquitetura

TCP/IP a padrão utilizada pela rede internet. A camada mais inferior desse modelo está internamente dividida em Enlace e Física, como o modelo OSI, mas é considerada aqui encapsulada em uma única camada denominada Interface com a Rede.

A figura 16 mostra a pilha de protocolos da arquitetura TCP/IP, considerando os principais protocolos em cada camada e a relação entre eles nos diversos níveis.

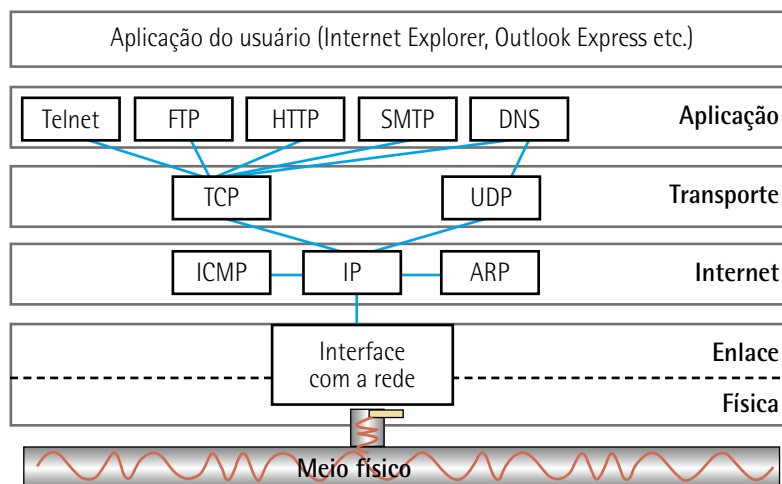


Figura 16 - Pilha de principais protocolos da arquitetura TCP/IP (KOVACH, 2009)

### Encapsulamento e desencapsulamento

Na comunicação entre dois nós de uma rede, quando uma mensagem precisa ser enviada a um nó cujo destino está distribuído em outro ponto da rede, à mensagem da Camada de Aplicação é adicionado um cabeçalho que contém informações que serão utilizadas por esta camada, no destino. A Camada de Aplicação encaminha esse conjunto de dados mais o cabeçalho à camada logo abaixo dela, que adicionará o cabeçalho referente à sua camada e ele será interpretado pela camada de mesmo nível, no destino. Ao processo de agrupar cada cabeçalho, camada a camada, na origem, damos o nome de **encapsulamento**.



### Observação

Em redes, o cabeçalho que é adicionado em cada uma das camadas tem a função de permitir que os dados sejam recuperados na outra ponta. Cada protocolo terá sua própria estrutura de cabeçalho.

No destino, ao contrário do encapsulamento, cada camada lê as informações presentes no cabeçalho referente à sua camada, utiliza essas informações para executar suas tarefas e serviços na camada, retira o cabeçalho e encaminha o que restou (dados e os cabeçalhos das camadas superiores) às próximas camadas. A esse processo denominamos **desencapsulamento**.

Assim, todo pacote que viaja através da rede é encapsulado na origem e desencapsulado no destino, como mostra o exemplo a seguir, de um pacote de uma aplicação FTP que sai da origem e viaja através da rede até o destino.



## Saiba mais

Veja no *link* indicado abaixo algumas animações que ilustram o que foi dito:

<<http://vimeo.com/32170600>>.

Na origem, os dados (U) na Camada de Aplicação recebem o cabeçalho do protocolo da aplicação, neste caso o FTP com o cabeçalho "F", como mostra a figura 17:

### Arquitetura TCP/IP

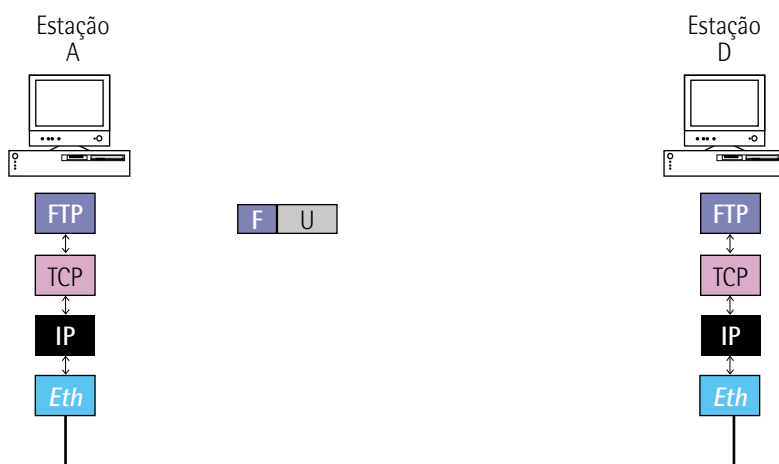


Figura 17 - Exemplo do cabeçalho FTP da Camada de Aplicação (elaborada pela autora)

A Camada de Aplicação (camada 5), após executar as ações que são pertinentes a ela, encaminha os dados e o cabeçalho para a camada logo abaixo, a Camada de Transporte (camada 4).

Como a aplicação FTP utiliza o protocolo TCP no nível de transporte, o cabeçalho do TCP é adicionado ao segmento que veio da camada anterior, acima dela, como mostra a figura 18, abaixo. Repare que no nível TCP não interessa o que são dados e o que é protocolo da camada anterior de aplicação. Ambos são tratados como informações que vieram da camada acima, representados por agora por "A" na imagem a seguir:

## Arquitetura TCP/IP

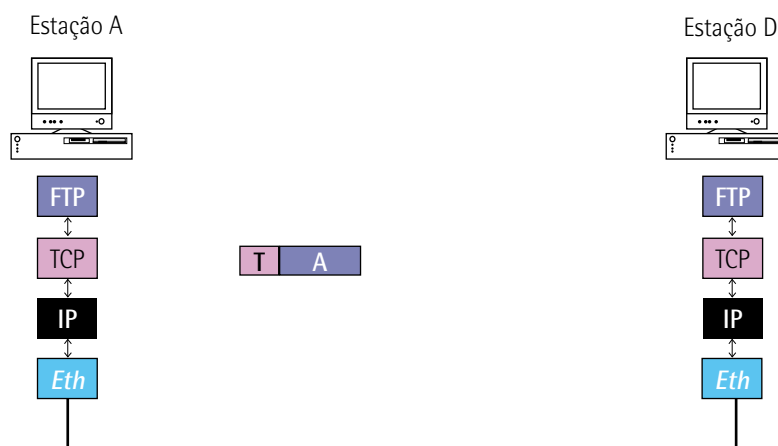


Figura 18 - Cabeçalho TCP sendo adicionado às informações que vieram da camada acima (elaborada pela autora)

A Camada de Transporte, após executar seus serviços, passa as informações para a camada 3, ou Camada de Rede, que fará o mesmo processo anterior, adicionando o cabeçalho que lhe é pertinente (neste caso, o IP) ao bloco de cabeçalhos, como mostra a figura 19:

## Arquitetura TCP/IP

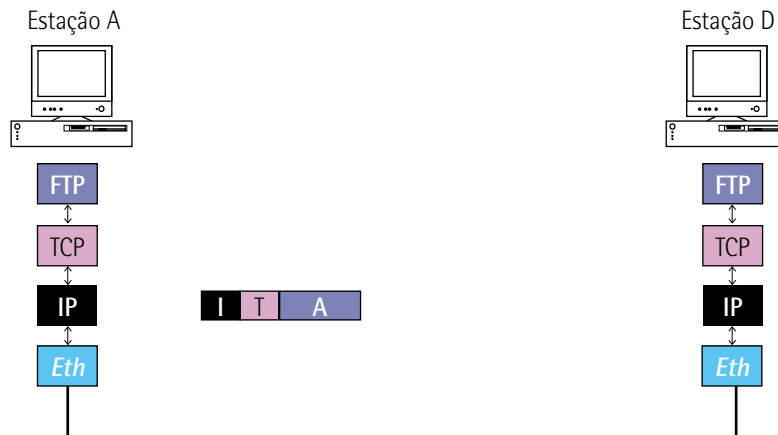


Figura 19 - Cabeçalho IP sendo adicionado às informações que vieram da Camada de Transporte (elaborada pela autora)

A camada do protocolo IP fará o mesmo processo anterior, em que adiciona o seu cabeçalho, e passará as informações para a camada 2, abaixo dela, ou Camada de Enlace. Neste exemplo, o protocolo que está operando neste nível é o Ethernet que, como os demais anteriores, adicionará seu cabeçalho às informações recebidas da camada IP, como mostra a figura 20:

## Arquitetura TCP/IP

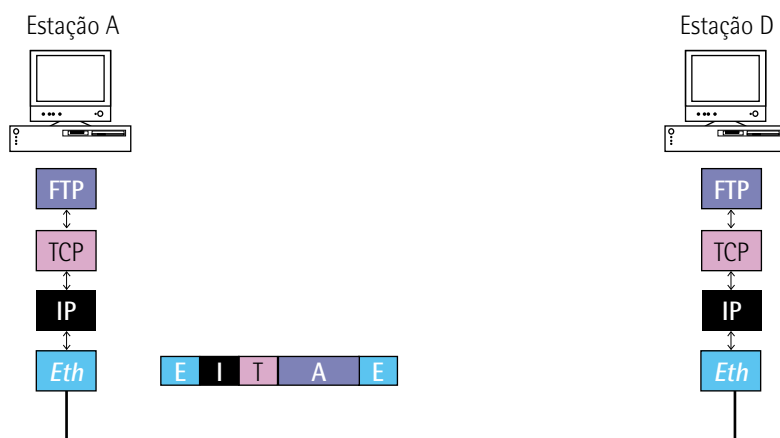


Figura 20 - Cabeçalho Ethernet sendo adicionado às informações que vieram da Camada de Rede (elaborada pela autora)

### Observação

Você deve ter reparado que o Ethernet adicionou dois cabeçalhos na Camada de Enlace. Isso é uma característica específica deste protocolo, com a qual você não deve se preocupar neste momento.

A Camada de Enlace, ao finalizar as ações que lhe são pertinentes, encerra o processo de encapsulamento e envia as informações para a Camada Física, responsável por transportar os dados entre a origem e o destino através do meio físico, como mostra a figura 21:

## Arquitetura TCP/IP

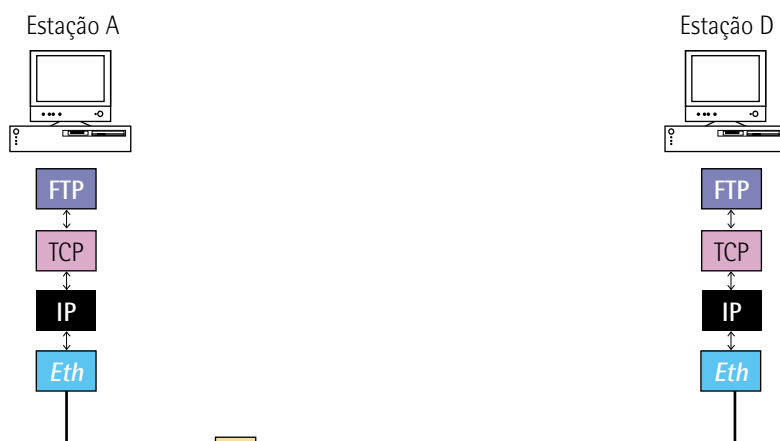


Figura 21 - Os dados sendo transportados da origem ao destino, através do meio físico (elaborada pela autora)

Quando chega ao destino, os dados chegam à camada 2 novamente, com as mesmas informações de dados e cabeçalhos que saíram da origem, neste mesmo nível. A figura 22

mostra os cabeçalhos de todas as camadas encapsulados na origem. Aqui se inicia o processo de desencapsulamento.

### Arquitetura TCP/IP

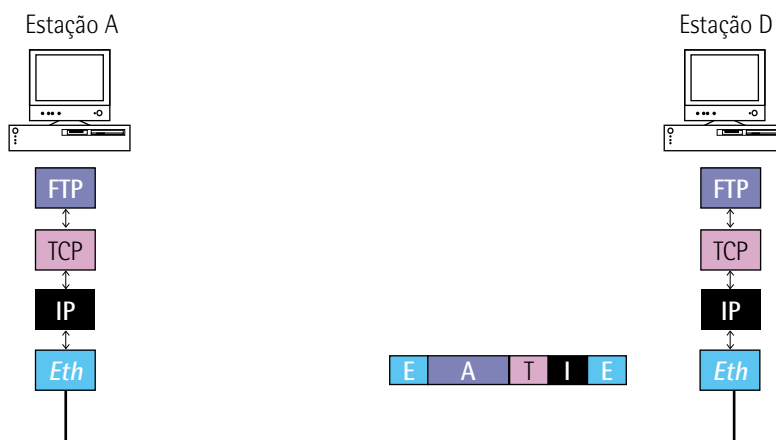


Figura 22 - Início do processo de desencapsulamento pela Camada do cabeçalho Ethernet (elaborada pela autora)

No destino, a Camada de Enlace abre o cabeçalho referente à sua camada (cabeçalho Ethernet) e executa as ações que lhe são pertinentes. Em seguida, descarta os cabeçalhos Ethernet e entrega o restante à camada acima dela, como mostra a figura 23:

### Arquitetura TCP/IP

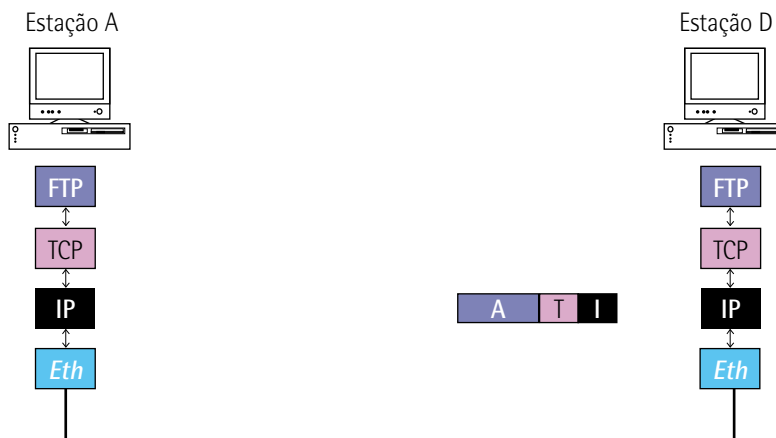


Figura 23 - Cabeçalhos Ethernet descartados e o restante passado para a Camada de Rede (elaborada pela autora)

Na Camada de Rede, o protocolo IP faz a mesma ação da camada anterior, ou seja, abre o cabeçalho IP e, após executar as tarefas que lhe são pertinentes, descarta o seu cabeçalho e encaminha o restante à camada superior a esta, como mostra a figura 24:

## Arquitetura TCP/IP

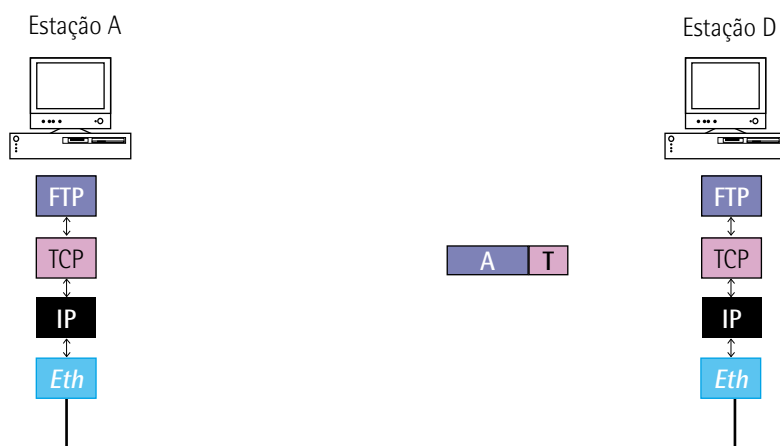


Figura 24 - Cabeçalho IP descartado e o restante encaminhado para a Camada de Transporte (elaborada pela autora)

O processo se repete para a Camada de Transporte neste exemplo com o protocolo TCP, que, após descartar seu cabeçalho, passa para a Camada de Aplicação. O protocolo FTP desta aplicação específica também repetirá o processo de desencapsulamento, agora separando os dados do cabeçalho FTP da aplicação, como mostra a imagem da figura 25:

## Arquitetura TCP/IP

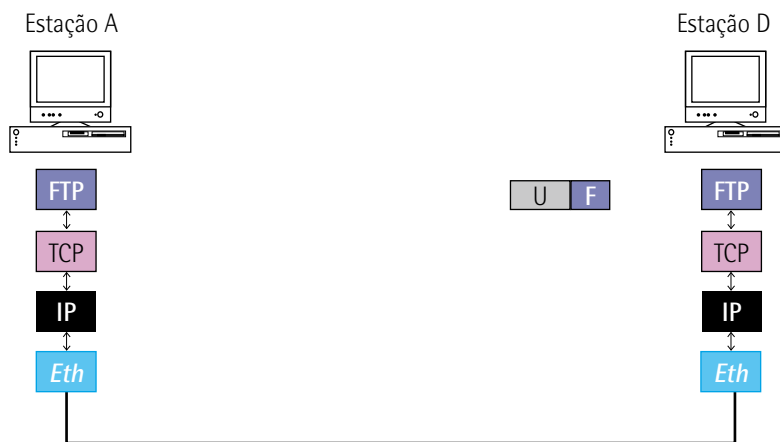


Figura 25 - Cabeçalho TCP descartado na Camada de Aplicação os dados e cabeçalho FTP restantes (elaborada pela autora)

A imagem da figura 26 mostra a visão geral do processo de encapsulamento e desencapsulamento em cada um dos níveis, na origem e no destino:

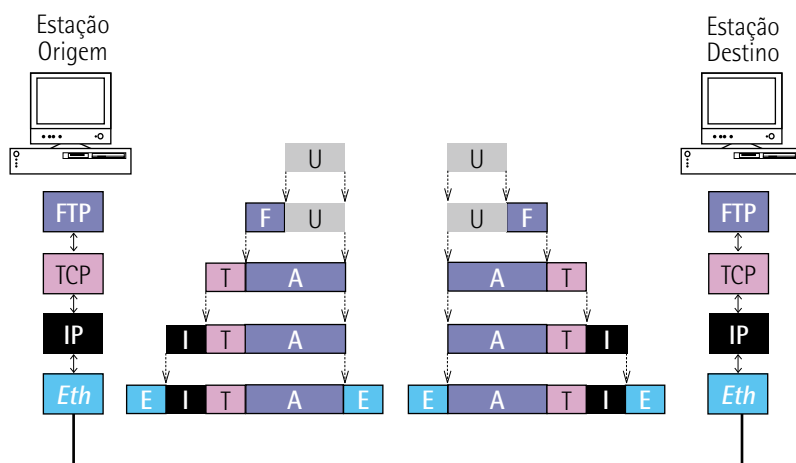


Figura 26 - Encapsulamento e desencapsulamento de pacotes (elaborada pela autora)

## Operação entre as camadas

Na operação entre as camadas, dizemos que existe uma comunicação virtual entre os níveis de camadas correspondentes na origem e no destino, pois quando analisamos a comunicação de uma camada do transmissor com a mesma camada do receptor, normalmente não nos preocupamos com a comunicação nas camadas inferiores ou não precisamos saber como ela está ocorrendo.

Se voltarmos à figura 26, veremos que os cabeçalhos e dados em cada nível de camada são os mesmos, na origem e no destino. É como se virtualmente não existisse todo o processo de encapsulamento e desencapsulamento e as camadas se comunicassem diretamente. A figura 27 demonstra de forma simplificada essa comunicação:



Figura 27 - Comunicação virtual entre camadas (KOVACH, 2009)

Neste momento é importante destacar que em cada camada o dado (ou pacote) transportado é chamado de uma maneira específica. Nas três camadas de alto nível, o pacote tem o nome de **mensagem**. Na Camada de Transporte é chamado de **segmento**, na de Enlace, **quadros**, e, na camada mais baixa, a Camada Física, os **bits** são transferidos individualmente, como mostra a figura 28.



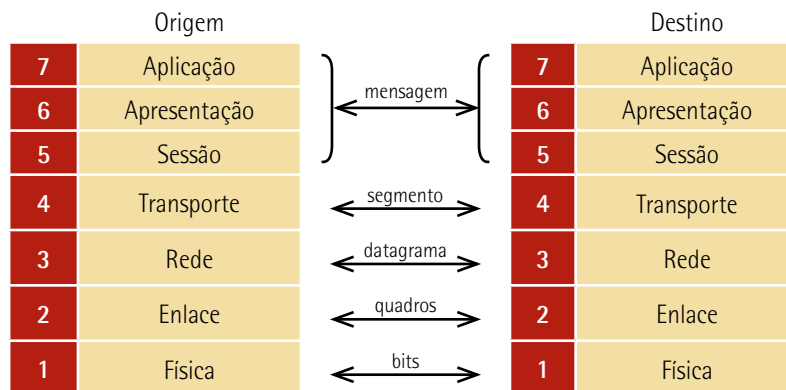


Figura 28 - Como os pacotes são chamados em cada nível (KOVACH, 2009)



## Lembrete

Note que a operação entre as camadas funciona sempre da mesma maneira, independente da arquitetura. Aqui foi demonstrada no modelo OSI, mas também se aplica à arquitetura TCP/IP.



## Resumo

Essa unidade mostrou uma breve história do surgimento da internet através da ARPA e fez uma introdução dos elementos que a compõem.

Lembre-se de que os **backbones** são as redes de alta velocidade que interligam as diversas **redes privadas** e que os **sistemas finais** são os elementos que permitem conectar-nos a essas redes.

Os **roteadores** são responsáveis por endereçar os pacotes na internet. A soma dos roteadores é chamada de **nuvem**.

Vimos alguns dos principais tipos de **serviços** disponibilizados na internet e entendemos que existe uma infinita possibilidade de muitos outros. Falamos das **APIs**, que são as interfaces que adaptam as aplicações para serem trafegadas na rede.

Os **protocolos** de redes são regras que definem a comunicação entre dois sistemas finais.

As **redes de acesso** permitem interligar o sistema final ao roteador mais próximo, que chamamos de roteador de borda. Através dos ISPs é possível que os usuários em suas casas acessem a nuvem da internet. As

redes de acesso podem fazer uso de diferentes tipos de tecnologias, como conexão discada (*dial-up*), DSL, cabo, FTTH, Ethernet, WiFi, entre outras. Vejamos:

- **Dial-up**: conexão discada através de modem, de baixa velocidade para os padrões atuais.
- **DSL**: banda larga com três canais: 2 de dados e 1 de voz.
- **Cabo**: normalmente utiliza cabo coaxial e consegue suportar maiores velocidades.
- **FTTH**: redes de altíssima velocidade baseadas nas fibras ópticas.
- **Ethernet**: é uma tecnologia utilizada para interconectar redes locais.
- **WiFi**: tecnologia de rede de acesso sem fio.

**Modulação** é a soma da informação com uma onda portadora adequada para transmissão.

A **comutação de pacotes** possui meios compartilhados sem garantias de recursos. Já na **comutação de circuitos**, o meio é exclusivo, entretanto o uso da rede é pouco eficiente.

Existem diversas **topologias de rede**, cada qual com um leiaute diferente que caracteriza o tráfego de informações e como os dispositivos estão conectados. Nesta unidade conhecemos os seguintes tipos: **barramento, anel, estrela, árvore, malha e híbrida**.

Iniciamos também os conceitos de **arquitetura de camadas**, explicando como ela facilita o estudo e a implementação das arquiteturas de rede. Falamos do **Modelo OSI**, explicando de forma simplificada as funções de cada uma das sete camadas importantes para esse estudo. Cada camada deste modelo implementa protocolos responsáveis por executar as funções em cada nível.

A **Arquitetura TCP/IP**, embora não implemente todas as camadas do modelo OSI, tem grande importância por se tratar da arquitetura da rede Internet. Vimos o que são cabeçalhos e de que forma são utilizados nos processos de **encapsulamento** e **desencapsulamento** em cada aplicação distribuída através da rede. Com cada camada sendo responsável por executar seus serviços sem se preocupar com os demais níveis, dizemos que a operação entre as camadas pode ser interpretada por uma **comunicação virtual** e, em cada um dos níveis, os pacotes recebem nomes distintos, a lembrar:

- Aplicação, apresentação e sessão: **mensagem**
- Transporte: **segmento**
- Rede: **datagrama**
- Enlace: **quadros**
- Física: **bits**



## Exercícios

**Questão 1.** Leia o exemplo abaixo e responda à questão proposta, assinalando a afirmativa correta.

Duas pessoas se encontram na rua, e uma delas deseja saber as horas. Segundo o protocolo de boas maneiras, a conversa se inicia por uma saudação, em que aquela que deseja estabelecer o contato deve dizer um "olá". Se o interlocutor responder com um "olá" também, então temos a conversação estabelecida. Em seguida, a primeira pergunta as horas e aguarda uma resposta. Se a segunda tiver meios de informar deve responder informando as horas. Caso a primeira esteja satisfeita com a resposta, deve confirmar o recebimento dela com um agradecimento. O encerramento é iniciado por uma despedida e, caso o interlocutor não tenha mais nada a dizer, irá também se despedir.

O que são protocolos para a comunicação?

- A) Conexão.
- B) Regras.
- C) Acesso.
- D) Enlace.
- E) Transporte.

Resposta correta: alternativa B.

### Análise das alternativas:

A) Alternativa incorreta.

Justificativa:

Conexão é o nome que se dá ao se estabelecer uma **ligação** entre o sistema final e o primeiro roteador disponível.

B) Alternativa correta.

Justificativa:

Os protocolos são regras que definem a troca de informações entre dois elementos; também são regras que dizem como os dispositivos, através da rede, devem iniciar, manter e encerrar uma comunicação.

C) Alternativa incorreta.

Justificativa:

Acesso ou Rede de Acesso será o **meio necessário** para estabelecer conexão entre o sistema final e o primeiro roteador disponível.

D) Alternativa incorreta.

Justificativa:

Enlace físico é o que **interliga** o sistema final ao roteador mais próximo, também conhecido como roteador de borda.

E) Alternativa incorreta.

Justificativa:

Transporte é **o nome dado a uma camada** do protocolo TCP/IP.

**Questão 2.** Em determinada topologia, todos os computadores estão conectados em um mesmo barramento físico de dados. Apesar de apenas uma máquina poder transmitir por vez, todos os outros elementos recebem ao mesmo tempo. Estamos identificando qual tipo de arquitetura de rede?

A) Anel.

B) Estrela.

C) Barramento.

D) Malha.

E) OSI.

**Resolução desta questão na Plataforma.**