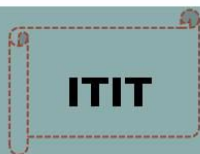
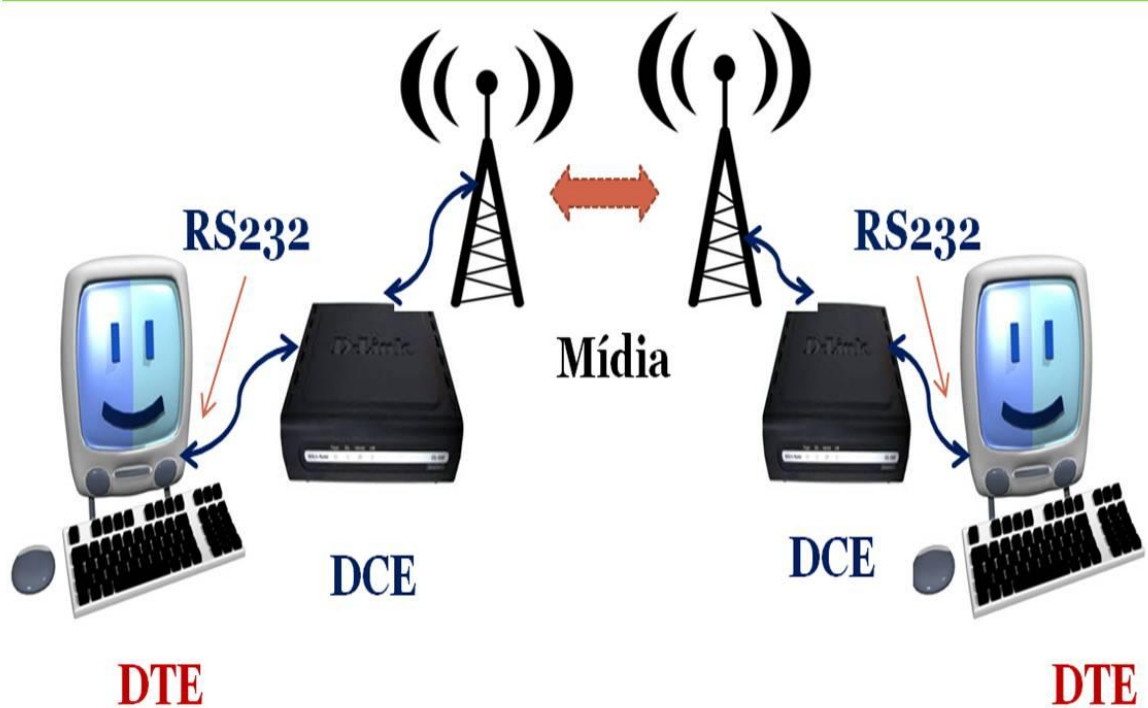


Fundamentos de Telecomunicações e Comunicação de Dados



Ademar Felipe Fey
Raul Ricardo Gauer

2ª edição
2020

**ADEMAR FELIPE FEY
RAUL RICARDO GAUER**

**FUNDAMENTOS DE
TELECOMUNICAÇÕES E
COMUNICAÇÃO DE DADOS**

2ª edição

**Caxias do Sul
Ademar Felipe Fey
2020**

Resumo:

O avanço das telecomunicações permitiu criar a infraestrutura do mundo totalmente conectada da atualidade. A comunicação de dados atualmente ocorre entre dispositivos fixos e móveis da chamada Internet das Coisas. Este livro pretende contribuir com o leitor no sentido de lhe possibilitar acesso aos fundamentos das telecomunicações e da comunicação de dados. Esses fundamentos são necessários na área de TI devido à integração cada vez mais presente das áreas de Telecomunicações, de Comunicação de Dados, de Redes de Computadores e da Telefonia. Dominado os fundamentos apresentados é possível ao leitor evoluir para leitura de assuntos avançados nestas duas áreas em que o mercado carece de profissionais devidamente capacitados. Exercícios teóricos são disponibilizados no final de cada capítulo e as respostas estão disponíveis no Anexo A do livro.

Projeto gráfico da capa: Anderson Felipe Fey.

Fey, Ademar Felipe. Gauer, Raul Ricardo.

Fundamentos de Telecomunicações e Comunicação de Dados. Ademar Felipe Fey. 2ª ed. Caxias do Sul: 2020. 266 p.

ISBN 978-85-919835-3-7

© Ademar Felipe Fey e Raul Ricardo Gauer

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução parcial ou total sem autorização por escrito dos autores.

Nota: apesar dos cuidados e revisões, podem ocorrer erros de digitação, ortográficos e dúvidas conceituais. Em qualquer hipótese, solicitamos a comunicação para o e-mail **ademar.fey@gmail.com**, para que possamos esclarecer ou encaminhar a questão.

Nem o editor nem o autor assumem qualquer responsabilidade por eventuais danos ou perdas a pessoas ou bens, originados do uso desta publicação.

APRESENTAÇÃO

Este livro é um esforço de pesquisa, tradução de artigos, reescrita de anotações de cursos realizados na Empresa Brasileira de Telecomunicações – EMBRATEL, anotações em sala de aula de diversos treinamentos em fabricantes de equipamentos de telecomunicações e apresentações elaboradas para as disciplinas presenciais de Comunicação de Dados, Multiplexadores, Telefonia I e II (TECBRASIL – Caxias do Sul/RS), Comunicação de Dados e Redes de Computadores (FTEC – Caxias do Sul/RS), Interconexão de Redes de Computadores e Telefonia (ETFAR – Farroupilha/RS), além do material utilizado no curso On-Line de Fundamentos de Telecomunicações e Comunicação de Dados (www.ademarfey.wordpress.com).

O entendimento dos assuntos abordados exigirá por parte do leitor um conhecimento básico de eletricidade, matemática e redes de computadores.

O objetivo deste livro é uma introdução aos fundamentos de Telecomunicações e de Comunicação de Dados.

Sugestões, críticas e pedidos de informações podem ser enviados para o e-mail do autor ademarfey@gmail.com.

AVISOS

É possível que algumas referências tenham sido omitidas, pois alguns textos impressos que foram traduzidos não continham os dados dos autores originais. Além disso, devido à natureza dinâmica da Internet, alguns links a outros textos traduzidos podem ter sido perdidos ou desatualizados.

Esta publicação pode conter imprecisões ortográficas e técnicas ou erros tipográficos. Periodicamente são feitas alterações nas informações aqui contidas; essas alterações serão incorporadas em novas edições da publicação. Os autores podem fazer melhorias e/ou alterações nesta publicação a qualquer momento sem aviso prévio.

As informações contidas nesta publicação são de caráter informativo e de introdução ao assunto, sendo da responsabilidade do leitor buscar maiores informações se desejar aplicar os conhecimentos descritos nesta publicação numa situação prática, na área de sua atuação profissional.

A reprodução parcial ou completa é proibida sem autorização escrita dos autores.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS.

Tanto as telecomunicações como a comunicação de dados possuem temas importantes para o profissional da área de Tecnologia de Informação devido à convergência entre redes de telecomunicações e redes de dados.

Este livro procura focalizar nos princípios básicos das telecomunicações e comunicação de dados, buscando criar uma base teórica dos fundamentos desses dois temas.

Iniciamos o livro no Capítulo 1 com uma breve introdução á telecomunicações, destacando alguns fatos históricos do setor.

No Capítulo 2, realizamos uma importante revisão dos conceitos elementares de telecomunicações. Vários conceitos e termos utilizados no livro se baseiam nos conceitos estudados neste capítulo.

Por sua vez, no Capítulo 3, iniciamos os estudos da Modulação e sua implicação na transmissão das informações via sistemas de comunicação.

Já no Capítulo 4 estudamos a Multiplexação e as hierarquias de multiplexadores utilizados pelas operadoras de telecomunicações na montagem de seus backbones.

No Capítulo 5 estudamos os diversos meios físicos utilizados em sistemas de telecomunicações.

Prosseguindo, no Capítulo 6 abordamos uma Introdução à Comunicação de Dados, com importantes conceitos teóricos utilizados em redes de telecomunicações e redes de dados.

No Capítulo 7 estudamos o Modem e sua aplicação em redes analógicas e digitais.

Já no Capítulo 8 estudamos as Interfaces de Dados mais utilizadas na comunicação de dados entre equipamentos de comunicação.

Por sua vez, no Capítulo 9, iniciamos os estudos sobre a Transmissão Síncrona e Transmissão Assíncrona, estabelecendo as diferenças entre as duas.

Finalizando, no capítulo 10 estudamos os Protocolos de Comunicação que permitem que dois dispositivos possam trocar dados entre si.

Procuramos criar este livro da melhor forma didática possível. O leitor pode ler o capítulo que desejar e na ordem que preferir.

NOTA DA 2ª EDIÇÃO

Este livro é vendido tanto na versão impressa (livro físico) como na versão e-book padrão PDF.

Nesta segunda edição, procedemos a uma revisão total do texto, além de algumas atualizações de conteúdo.

Os exercícios teóricos estão disponibilizados no final de cada capítulo. **As respostas estão disponíveis no Anexo A deste livro.**

Sugestões, críticas e pedidos de informações podem ser enviados para o e-mail ademar.fey@gmail.com.

CONVENÇÕES UTILIZADAS NESTE LIVRO

- Em algumas palavras-chave ou termos-chaves usamos e abusamos de artifícios gráficos, tais como, **negrito**, **aspas**, **colorido**, **primeira letra em maiúscula**, **fonte do caractere aumentada**, no intuito de chamar a atenção dos leitores. Pedimos desculpas se elas ferem algumas regras ortográficas.
- O plural de algumas palavras estrangeiras foi feito utilizando a letra “s” logo após essas palavras (como exemplo, a palavra Bits ou a palavra Hosts), sem usar o apóstrofo, portanto.
- As **citações** estão no texto com **números sobrescritos** que remetem à obra citada nas **referências bibliográficas** (exemplificando: conceito¹¹, onde o “11” é o número da referência).

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO ÀS TELECOMUNICAÇÕES	19
1.1 INTRODUÇÃO	19
1.2 UM BREVE HISTÓRICO DAS TELECOMUNICAÇÕES	19
1.3 PRINCIPAIS EVENTOS NAS TELECOMUNICAÇÕES	24
1.4 O ESTUDO DE TELECOMUNICAÇÕES	26
1.5 SISTEMA BÁSICO DE COMUNICAÇÃO	27
1.6 SETORES TRADICIONAIS DE TELECOMUNICAÇÕES	27
1.7 ENTIDADES DE PADRONIZAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO	29
1.8 EXERCÍCIOS	30
CAPÍTULO 2 BASICO DE TELECOMUNICAÇÕES	31
2.1 INTRODUÇÃO	31
2.2 CONCEITUAÇÕES INICIAIS	31
2.3 SISTEMA BÁSICO DE COMUNICAÇÃO	31
2.3.1 Mensagem.....	32
2.3.2 Sinal e Informação	32
2.3.3 Sinal	32
2.3.4 Informação	33
2.3.5 Mais Informação e Sinal	33
2.3.6 Qualidade de Sinal e de Informação	33
2.3.7 Representação da Informação	33
2.4 TIPOS DE SINAIS UTILIZADOS EM TELECOMUNICAÇÕES	34
2.4.1 Sinal Analógico.....	34
2.4.2 Sinais Digitais.....	36
2.5 CODIFICAÇÃO DIGITAL.....	37
2.5.1 Baud.....	38
2.6 BANDA.....	38
2.6.1 Banda Passante	38

2.7 SÉRIE DE FOURIER	38
2.7.1 Domínio do Tempo e da Frequência	39
2.7.2 Um Pulso Retangular Visto nos Domínios do Tempo e Frequência.....	39
2.7.3 Resumo dos Conceitos de Decomposição de Sinais	40
2.8 TRANSMISSÃO DE SINAIS DIGITAIS EM MEIOS FÍSICOS	40
2.9 BANDA PASSANTE E LARGURA DE BANDA	41
2.10 DISTORÇÃO DE SINAIS DEVIDO À FILTRAGEM DE FREQUÊNCIAS	41
2.11 CURVA DE GANHO PARA CADA FREQUÊNCIA EM UM MEIO FÍSICO.....	42
2.12 BANDA PASSANTE DOS MEIOS FÍSICOS	42
2.12.1 Banda Passante Necessária	43
2.12.2 Banda Passante Necessária Mínima.....	43
2.13 TEOREMA DE NYQUIST	44
2.13.1 Capacidade Máxima de um Canal	44
2.13.2 Relação entre Velocidade e Banda Passante	44
2.14 DISTORÇÃO DE SINAIS	45
2.15 FONTES DE RUÍDOS.....	45
2.15.1 Ruído Térmico.....	45
2.15.2 Ruído de Intermodulação	45
2.15.3 Ruído de Crosstalk.....	46
2.15.4 Ruído Impulsivo.....	46
2.16 QUANTIFICAÇÃO DO RUÍDO	46
2.17 LEI DE SHANNON	47
2.17.1 Lei de Shannon - Exemplo	48
2.18 ATENUAÇÃO	48
2.19 REPETIDORES DE SINAL	48
2.20 ECOS	49
2.21 ATRASO.....	49
2.22 DISTORÇÃO.....	49
2.23 INFORMAÇÃO X RUÍDO X LARGURA DE BANDA	50
2.24 UNIDADES DE MEDIDA EM TELECOMUNICAÇÕES	50
2.24.1 Decibel	51
2.24.2 Nível absoluto e Nível relativo	52
2.24.3 Relação Sinal/Ruído.....	53

2.25 RESUMO.....	54
2.26 EXERCÍCIOS	54
CAPÍTULO 3 MODULAÇÃO	56
3.1 INTRODUÇÃO	56
3.2 CONCEITOS BÁSICOS	56
3.2.1 Modulação.....	56
3.2.2 O porquê da Modulação.....	57
3.2.3 “Modulação” e “Modem”	57
3.3 OS TIPOS DE MODULAÇÃO	58
3.3.1 Modulação Analógica	58
3.3.2 Modulação Digital.....	60
3.4 MODEM ANALÓGICO	60
3.5 UMA PORTADORA TÍPICA E SUAS PROPRIEDADES.....	61
3.6 A PORTADORA EM TELEFONIA E O TEOREMA DE NYQUIST	63
3.7 AS TÉCNICAS DE MODULAÇÃO DIGITAIS CONVENCIONAIS	64
3.7.1 Amplitude	65
3.7.1.1 Amplitude de uma Onda Analógica	65
3.7.2 Frequência	65
3.7.3 Fase	65
3.8 MODULAÇÃO E DEMODULAÇÃO.....	65
3.8.1 ASK (<i>Amplitude Shift-Keying</i>) ou Modulação por Amplitude	66
3.8.2 FSK (<i>Frequency Shift- Keying</i>) ou Modulação por Frequência	67
3.8.3 PM (<i>Phase Modulation</i>) ou Modulação por Fase	68
3.9 TÉCNICAS COMBINADAS DE MODULAÇÃO	73
3.9.1 Modulação de Amplitude em Quadratura (QAM).	73
3.9.2 Modulação Codificação em Treliça (TCM)	76
3.9.2.1 Técnica de Detecção Viterbi.....	78
3.10 MODULAÇÃO PCM	80
3.11 RESUMO.....	81
3.12 EXERCÍCIOS	82
CAPÍTULO 4 MULTIPLEXAÇÃO	84
4.1 INTRODUÇÃO	84
4.2 FUNÇÃO DA MULTIPLEXAÇÃO	84
4.3 TIPOS DE MULTIPLEXAÇÃO.....	85

4.4 MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO DE FREQUÊNCIA (FDM).....	85
4.4.1 Técnica para Realizar a Multiplexação por Divisão de Frequência	85
4.4.2 Multiplexação na Frequência de Dois Sinais de Voz.....	85
4.5 MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO DE TEMPO (TDM)	86
4.5.1 FDM e TDM – Uma Analogia	87
4.5.2 TDM Síncrono	88
4.5.2.1 Canal.....	89
4.5.2.2 Canais Dedicados e Chaveados	89
4.5.2.3 Canal Dedicado.....	89
4.5.2.4 Canal Chaveado.....	89
4.5.2.5 Chaveamento de Circuitos	90
4.5.3 TDM Assíncrono.....	90
4.6 MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO DE CÓDIGO (CDM)	90
4.7 MULTIPLEXAÇÃO POR DIVISÃO DE COMPRIMENTO DE ONDA (WDM)	91
4.8 MULTIPLEXADOR X ACESSO MÚLTIPLO	92
4.9 HIERARQUIAS DE TRANSMISSÃO DIGITAL.....	93
4.9.1 PDH.....	93
4.9.1.1 Hierarquia de Sinais Europeia e Hierarquia de Sinais Americana.....	94
4.9.1.2 Hierarquia de Sinais T1 (Hierarquia Americana)	94
4.9.1.3 Hierarquia de Sinais E1 (Hierarquia Europeia).....	95
4.9.2 SDH.....	95
4.9.2.1 Taxas de Bits da SDH	96
4.9.3 Tendências das Redes SDH	97
4.9.3.1 Redes Inteligentes.....	97
4.9.3.2 SDH em redes de acesso.....	98
4.10 GLOSSÁRIO	98
4.11 RESUMO.....	99
4.12 EXERCÍCIOS	99
CAPÍTULO 5 MEIOS FÍSICOS	101
5.1 INTRODUÇÃO	101
5.2 CONCEITOS BÁSICOS DO MEIO FÍSICO.....	101
5.3 TERMINOLOGIA.....	102
5.4 TIPOS DE MÍDIAS MAIS UTILIZADAS EM TELECOMUNICAÇÕES	102
5.5 MEIOS FÍSICOS GUIADOS	103

5.5.1 Pares metálicos	103
5.5.1.1 Tipos de Transmissão no Par Metálico	104
5.5.1.2 Fenômenos de Transmissão	104
5.5.1.3 Tipos de Cabos de pares metálicos	105
5.5.1.4	Vantagens do par metálico 106
5.5.1.5 Desvantagens do par metálico	106
5.5.1.6 Aplicações do par metálico.....	106
5.5.2 Cabos Coaxiais	107
5.5.2.1 Tipos de Cabos Coaxiais.....	108
5.5.2.1.1 Cabo Coaxial Banda Larga	108
5.5.2.1.2 Cabo Coaxial Banda Base	109
5.5.2.2 Vantagens do Cabo Coaxial sobre o par trançado.....	110
5.5.2.3 Desvantagens do Cabo Coaxial	111
5.5.2.4 Aplicações típicas do cabo coaxial	111
5.5.3 Fibras Ópticas	111
5.5.3.1 Vantagens das Fibras Ópticas	113
5.5.3.2 Desvantagens das Fibras Ópticas.....	114
5.5.3.3 Instalação	115
5.5.3.4 Aplicações	115
5.5.3.5 Transmissores e Receptores Ópticos.....	115
5.5.3.5.1 Transmissores.....	115
5.5.3.5.2 Receptores	116
5.5.3.6 Conectores Ópticos	116
5.6 MEIOS FÍSICOS NÃO GUIADOS	117
5.6.1 Sistema Rádio	118
5.6.1.1 Propagação das ondas de rádio.....	120
5.6.2 Micro-ondas.....	123
5.6.2.1 Vantagens das Micro-ondas.....	124
5.6.2.2 Desvantagens das Micro-ondas	124
5.6.2.3 Aplicações típicas.....	125
5.6.3 Satélite	125
5.6.3.1 Vantagens de Transmissão por Satélite.....	126
5.6.3.2 Desvantagens de Transmissão de Satélite	126

5.7 RESUMO.....	127
5.8 EXERCÍCIOS	127
CAPÍTULO 6 INTRODUÇÃO À COMUNICAÇÃO DE DADOS.....	129
6.1 INTRODUÇÃO	129
6.2 CONCEITOS BÁSICOS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS	129
6.3 TRANSFORMANDO DADOS EM INFORMAÇÃO	132
6.4 COMUNICAÇÃO DE DADOS	133
6.4.1 Códigos Digitais Binários.....	134
6.4.2 Representando dados	134
6.5 FUNÇÕES DA COMUNICAÇÃO DE DADOS	136
6.5.1 Função I - Transmissão de dados	137
6.5.2 Função II - Adaptação (força e conversão) do sinal transmitido.....	140
6.5.3 Função III - Detecção e Correção de Erros	147
6.5.4 Função IV - Estabelecimento e controle da comunicação.....	148
6.6 RESUMO.....	151
6.7 EXERCÍCIOS	151
CAPÍTULO 7 MODEM	153
7.1 INTRODUÇÃO	153
7.2 HISTÓRICO	153
7.3 MODEM ANALÓGICO	154
7.3.1 O que é o modem?.....	154
7.3.2 MODEMs Residenciais.....	154
7.3.3 MODEM - Diagrama Funcional	154
7.3.4 Como funciona um modem?	155
7.3.5 O telefone.....	155
7.3.6 O computador e a porta serial	156
7.3.7 Os modems	156
7.3.8 Definição da velocidade de transmissão e recebimento do modem.....	156
7.3.9 Velocidade serial x Velocidade modem.....	156
7.3.10 Modulação e Demodulação.....	158
7.3.11 A modulação	158
7.3.12 A Modulação e a Transmissão de Dados.....	159
7.3.13 Modems de alta velocidade.....	161
7.4 PROTOCOLOS DE MODULAÇÃO	162

7.4.1 O que são Protocolos?	162
7.4.1.1 O que são os protocolos de modulação?	162
7.4.1.2 Protocolos de correção de erros (V.42 e MNP 2-4) ²⁴	167
7.4.1.3 Protocolos de compressão de dados (V.42bis e MNP5)	168
7.4.1.3.1 Compactação de Dados	168
7.4.1.3.2 Diferenças entre V.42bis e MNP5	169
7.4.1.3.3 O que são modems RPI e por que são mal vistos?	169
7.4.2 V.42 e MNP 4 ajudando na performance.	170
7.4.3 V.42bis e MNP 5 aumentando ainda mais a performance	171
7.5 PROTOCOLOS DE TRANSFERÊNCIA DE ARQUIVOS	171
7.5.1 O que são protocolos de transferência de arquivos?	171
7.5.2 Quais protocolos de transferência existem?.....	172
7.5.2.1 Xmodem	172
7.5.2.2 Xmodem-CRC	172
7.5.2.3 Xmodem-1k	172
7.5.2.4 Ymodem	172
7.5.2.5 Ymodem-G	173
7.5.2.6 Zmodem	173
7.5.2.7 ZedZap	173
7.5.2.8 ASCII	173
7.5.2.9 Kermit	174
7.6 COMANDOS HAYES	175
7.6.1 O que são comandos? Como usá-los?	175
7.6.2 O que é padrão Hayes?	175
7.6.3 Como enviar comandos ao modem?	175
7.6.4 Quais são os comandos mais comuns?	176
7.7 CONFIGURAÇÕES DO PROGRAMA DE COMUNICAÇÃO	177
7.7.1 Velocidade serial x Velocidade modem (diferenças DTE x DCE).	177
7.7.2 O que é 8N1 e 7E1?	178
7.8 CONTROLE DE FLUXO.....	179
7.8.1 Como configurar o flow control (RTS/CTS - Xon/Xoff)?	179
7.8.2 O que é porta serial?	180
7.9 TERMINAIS DE COMUNICAÇÃO.....	181

7.9.1 O que são terminais de comunicação?	181
7.9.2 Como funciona o terminal ANSI?	181
7.9.3 Que outros terminais existem?	182
7.10 PADRÕES TÍPICOS DOS MODEMS ANALÓGICOS	182
7.11 MODEMS DIGITAIS	183
7.12.1 Características dos modems digitais:	184
7.12.2 Técnicas de Codificação Modems Digitais	184
7.12.2.1 Codificação AMI	185
7.12.2.2 Codificação HDB-3	185
7.12.2.3 Codificação Miller	186
7.13 MODEM ADSL	187
7.14 MODEMS CURVA DE RESPOSTA DE FREQUÊNCIA	190
7.15 RESUMO	191
7.16 EXERCÍCIOS	191
CAPÍTULO 8 INTERFACE DE DADOS	193
8.1 INTRODUÇÃO	193
8.2 INTERFACE V.24 (RS232C / EIA232)	193
8.2.1 Recomendação funcional da V.24 (RS-232)	198
8.2.1.1 Definição dos circuitos da V.24	198
8.2.2 Recomendação elétrica V.28 (V.24/RS.232)	200
8.2.3 Recomendação mecânica da V24	201
8.2.4 Comunicação Síncrona x Assíncrona na RS232	201
8.3 RECOMENDAÇÃO V.35	202
8.3.1 Interface mecânica da V.35	203
8.3.2 Recomendação funcional V.35	203
8.3.3 Interfaces balanceadas na V.35	204
8.3.3.1 Características dos circuitos balanceados na V.35	206
8.4 RECOMENDAÇÃO V.36	206
8.4.1 Pinagem RS449 / V.11	207
8.4.2 Interface Principal RS449 (V.36)	207
8.4.3 Interface Secundária EIA-449 (V-36)	208
8.5 RECOMENDAÇÃO G.703	208
8.6 RJ-45	209
8.7 G.957	210

8.8 OUTROS DISPOSITIVOS SERIAIS (NÃO ASSÍNCRONOS EIA-232)	210
8.8.1 Sucessores do EIA-232.....	210
8.8.2 EIA-422-A (equilibrado) e EIA-423-A (desequilibrado).....	211
8.8.3 EIA-485	211
8.8.4 EIA-530	211
8.8.5 EIA-612/613	211
8.9 EQUIVALÊNCIA FUNCIONAL DOS SINAIS DE INTERFACES	212
8.10 RESUMO.....	213
8.11 EXERCÍCIOS	213
CAPÍTULO 9 TRANSMISSÃO SÍNCRONA E ASSÍNCRONA	215
9.1 INTRODUÇÃO	215
9.2 DEFININDO OS TERMOS ASSÍNCRONO E SÍNCRONO.....	215
9.3 O PROBLEMA DA SINCRONIZAÇÃO.....	215
9.4 TRANSMISSÃO SERIAL ASSÍNCRONA.....	216
9.4.1 Taxa de Bit (Bit-rate) e Taxa de Baud (Baud-rate)	219
9.4.2 Exercício.....	219
9.4.2.1 Solução	220
9.4.3 Características da transmissão assíncrona.....	220
9.4.4 Aplicações da transmissão assíncrona	221
9.5 TRANSMISSÃO SÍNCRONA	221
9.5.1 Técnicas de Detecção de Erros	223
9.5.2 Características da Comunicação Serial Síncrona	223
9.5.3 Aplicações da transmissão síncrona	225
9.6 RESUMO.....	225
9.7 EXERCÍCIOS	225
CAPÍTULO 10 PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO	227
10.1 INTRODUÇÃO	227
10.2 CONCEITOS BÁSICOS SOBRE PROTOCOLO.....	227
10.2.1 Protocolos Assíncronos.....	227
10.2.2 Protocolos Síncronos	228
10.3 PROTOCOLOS SÍNCRONOS ORIENTADOS A BYTE / CHARACTER.....	228
10.3.1 Protocolo BSC.....	229
10.4 PROTOCOLOS SÍNCRONOS ORIENTADOS A BIT	230
10.4.1 Protocolo SDLC.....	230

10.4.2 Protocolo HDLC	234
10.4.3 Protocolo X.25	236
10.4.3.1 LAPB (Link Access Protocol, Balanced).....	238
10.4.4 Frame Relay.....	238
10.4.5 PPP (Point to Point Protocol)	239
10.4.6 Outros protocolos de comunicação síncronos.....	242
10.5 RESUMO.....	243
10.6 EXERCÍCIOS	243
CONCLUSÃO DO LIVRO FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICAÇÕES E COMUNICAÇÃO DE DADOS.....	245
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	246
LIVROS E ARTIGOS CONSULTADOS.....	248
ANEXO A – RESPOSTAS DAS QUESTÕES TEÓRICAS	249
APÊNDICE A – CADASTRO NO BLOG INFRAESTRUTURA DE REDES	260
APÊNDICE B – INDICAÇÕES DE CURSOS INFRA/E-BOOKS POR ASSUNTO	261
APÊNDICE C – CURSOS INFRAESTRUTURA DE REDE DOS AUTORES	264
APÊNDICE D – OUTROS E-BOOKS/LIVROS DOS AUTORES.....	265
APÊNDICE E – VIDEOAULAS DOS AUTORES.....	266

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO ÀS TELECOMUNICAÇÕES

1.1 INTRODUÇÃO

Neste livro o nosso objetivo é estudarmos os principais conceitos relacionados com telecomunicações e com comunicação de dados.

O livro está dividido da seguinte forma:

Fundamentos de Telecomunicações:

Capítulo 1 – Introdução às Telecomunicações

Capítulo 2 – Básico de Telecomunicações

Capítulo 3 – Modulação

Capítulo 4 – Multiplexação

Capítulo 5 – Meios Físicos

Fundamentos da Comunicação de Dados:

Capítulo 6 – Introdução à Comunicação de Dados

Capítulo 7 – Interfaces de Dados

Capítulo 8 – Modems

Capítulo 9 – Transmissão Síncrona e Assíncrona

Capítulo 10 – Protocolos de Comunicação

Portanto, a primeira parte do livro (capítulo 1 a 5) trata sobre os conceitos de básicos de telecomunicações e a segunda parte (capítulo 6 a 10) sobre os conceitos básicos de comunicações de dados.

1.2 UM BREVE HISTÓRICO DAS TELECOMUNICAÇÕES

O progresso da humanidade sempre dependeu das formas de comunicação entre os homens. Sinais de fumaça, sinais luminosos emitidos por um espelho, o som produzido num tambor, todas foram formas primitivas de comunicação entre os homens.

Com a descoberta da eletricidade, das ondas eletromagnéticas, o homem iniciou a aventura na invenção de novas formas de comunicação à distância, a telecomunicação: o telégrafo, o rádio e a televisão foram inventados.

Com a descoberta do transistor, do circuito integrado e do microprocessador, se iniciou a era da informática e da digitalização das telecomunicações.

Neste cenário, a telefonia representou a primeira rede de telecomunicações de alcance mundial, a qual descreveremos a seguir, brevemente.

A indústria de telefonia iniciou quando em 1876 na cidade de Boston, Massachusetts (EUA), o escocês Alexander Graham Bell chamou seu assistente Thomas Augustus Watson por um experimento que foi chamado de telefone.

O experimento consistia de uma espécie de membrana mergulhada num copo de água com ácido. Ao se falar, fazia-se a membrana vibrar, provocando mudança de resistência na solução no copo e, conseqüentemente, causando variação de corrente elétrica que chegaria ao receptor do outro lado do fio, fazendo vibrar uma membrana (não exibida no desenho) que reproduziria o som original.

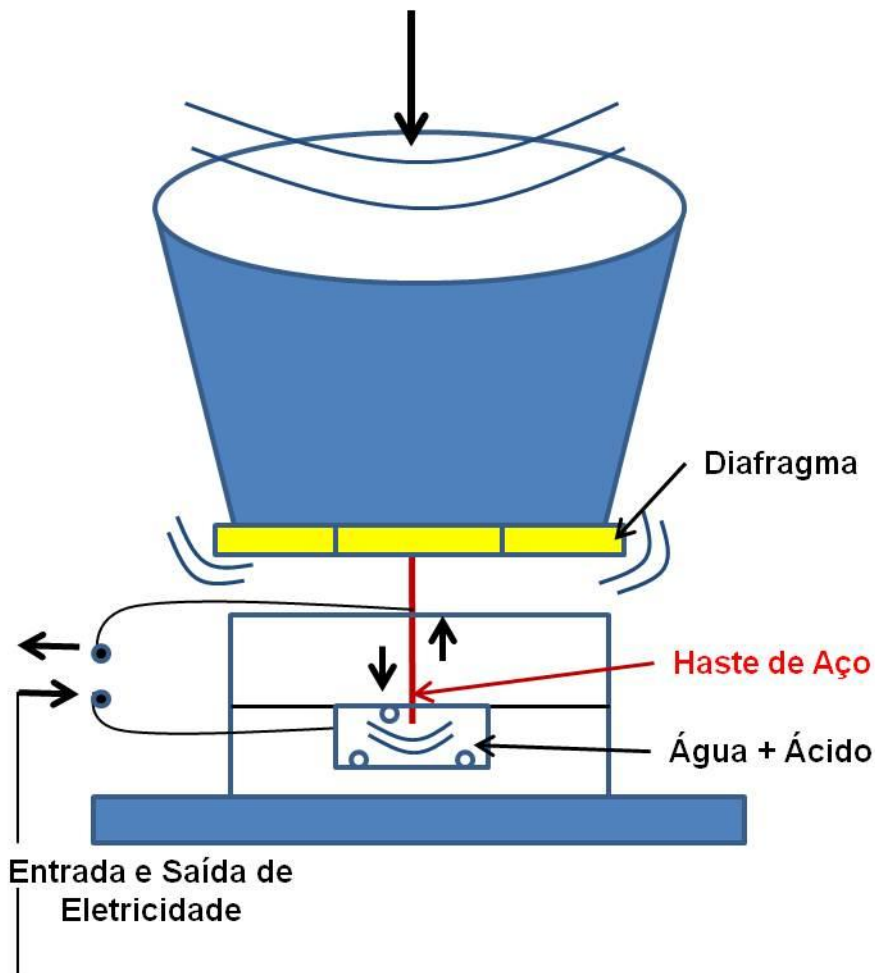


Figura 1.1 Telefone de Graham Bell.

O interessante é que Bell patenteou a sua invenção antes do telefone ter funcionado na prática. O mais interessante ainda é que a sua patente foi encaminhada duas horas antes de outro inventor tentar o mesmo feito, o engenheiro Elisha Gray, que após este fato aparentemente desistiu da pesquisa.

No ano seguinte, a Bell Telephone Company foi fundada e nos anos de 1893 e 1894 a patente da invenção de Bell foi expirada. Iniciou-se aí a livre competição na área de telefonia.

Em janeiro de 1877 foi instalado o primeiro telefone no Brasil. Ele interligava o Palácio São Cristóvão, hoje Museu Nacional, na Quinta da Boa Vista, ao Palácio da Rua Primeiro de Março, na zona central do Rio de Janeiro, hoje prédio pertencente à Empresa de Correios e Telégrafos.

Este telefone foi um presente de Bell ao seu amigo Dom Pedro II. Seguramente este foi um dos primeiros telefones a funcionar fora dos Estados Unidos da América.

Este foi também o primeiro momento histórico das telecomunicações brasileiras.

No final do século passado quase 6.000 companhias telefônicas independentes operavam nos EUA. No entanto estas companhias não se interconectavam.

A AT&T, nos Estados Unidos da América, tornou-se o nome oficial da empresa de Bell. Tinha como objetivo controlar todos os circuitos de longa-distância. E ela não tinha interesse em se conectar às outras companhias.

Em 1912 a justiça americana determinou a interligação entre as centrais das companhias telefônicas independentes. A AT&T então se obrigou a realizar as interligações com as demais companhias.

Em 1934 o congresso americano criou a Federal Communications Commission (FCC) que a partir de então cuidaria de todos os aspectos relacionados à telecomunicação naquele país.

Naquela época, a AT&T dominava a indústria telefônica nos EUA, formando um verdadeiro monopólio.

Em 1949 o Departamento de Justiça americano moveu uma ação contra a AT&T, por ela permitir que a Western Electric aumentasse demasiadamente os preços de equipamentos entregues para seus consumidores (no caso, as companhias telefônicas regionais que pertenciam à AT&T), e estes, por sua vez, aumentassem os seus próprios preços de forma exagerada.

Em 1956, apesar de a AT&T ganhar a causa, a justiça impõe restrições ao conglomerado da Bell System onde deveriam ser garantidas licenças não exclusivas para qualquer operação de serviços.

Em 1982 a justiça americana determinou a cisão da AT&T, separando as companhias telefônicas locais (as chamadas Bells Operations Telephone Company).

Em 1984 esta cisão se efetivou. As 22 companhias de operação local formaram 7 companhias regionais. Estas companhias operariam a nível regional enquanto a AT&T atuaria no âmbito de rede de longa distância.

Em 1996 o governo americano sancionou o chamado “Ato da Telecomunicação de 1996” onde se abriu a competição a nível local e regional. Segundo esta lei, as companhias regionais (as chamadas Bell Operating Companies) ficaram obrigadas a compartilhar seus recursos com as empresas competidoras.

No Brasil, em 27 de agosto de 1962, o governo federal sancionou a lei conhecida como Código Brasileiro de Telecomunicações (Lei 4.117). Este foi o segundo momento histórico das telecomunicações brasileiras.

Esta lei criou o Sistema Nacional das Telecomunicações colocando sob jurisdição da união os serviços de telégrafo, radiocomunicação e telefonia interestadual. Entre outras coisas, esta lei criou também o Fundo Nacional de Telecomunicações que seria utilizado para modernizar o setor e instituiu o Conselho Nacional de Telecomunicações (CONTEL) com as atribuições de aprovar as especificações das redes telefônicas e de fixar as tarifas em todo território brasileiro.

Em 1965 criou-se a EMBRATEL e o CONTEL (Conselho Nacional de Telecomunicações), segunda instituição com este nome, tendo agora a incumbência de funcionar como órgão executivo e regulador que funcionou até a criação do Ministério das Comunicações em 1967.

A EMBRATEL foi incumbida da implantação do sistema básico (conjunto de troncos de micro-ondas de longa distância) e das comunicações internacionais do Brasil.

Em 1972 nasce a TELEBRÁS, a qual absorveu as concessionárias municipais, estaduais e privadas em todo o país. Passou-se a contar praticamente com apenas uma concessionária por estado e mais a EMBRATEL de atuação a nível interestadual e internacional, formando o chamado sistema TELEBRÁS.

A partir de 1995 o cenário brasileiro das telecomunicações se torna totalmente diferente. Surge o terceiro momento da história das telecomunicações no Brasil:

- Emenda Constitucional, aprovada em agosto de 1995, quebrando o monopólio das empresas estatais.
- Elaboração do plano de investimento plurianual, o Programa de Ampliação e Recuperação do Sistema de Telecomunicações e do Sistema Postal (PASTE).

- Elaboração pelo Congresso Nacional da Lei Específica, ou Lei Mínima (Lei 9.295, de julho de 1996) abrindo ao mercado privado os serviços celulares da Banda B, além dos serviços via satélite, serviços limitados, trunking, paging e redes corporativas.
- Elaboração pelo Congresso Nacional, da Lei Geral de Telecomunicações (LGT), que define as linhas gerais do novo modelo institucional, criando um órgão regulador independente, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) em 1997.
- Instalação da Agência Reguladora em 5 de novembro de 1997.
- Privatização do Sistema Telebrás em 29 de julho de 1998, estabelecendo 12 holdings virtuais (três para a telefonia básica, uma para a EMBRATEL e oito operadoras celulares da Banda A). Além disso, iniciou-se a seleção das quatro empresas-espelho que competiriam com as empresas privatizadas: Tele Norte-Leste (Telemar, hoje Oi), Tele Centro-Sul (Brasil Telecom, hoje Oi), Telesp (Telefônica) e EMBRATEL.

A GVT, Vésper, Intelig são algumas das empresas espelhos da telefonia fixa. A Telet (hoje Claro), Vésper (hoje Embratel) e TIM são algumas empresas espelhos que atuam na telefonia celular, sendo a TIM a empresa que iniciou a utilização da tecnologia SMP (Sistema Móvel Pessoal) em nosso país.

Previa-se que a partir de 2002 ocorresse a concorrência plena, ou seja, todas as companhias operadoras de telecomunicações poderiam atuar em qualquer área de seu interesse.

Esta previsão ocorreu em parte, senão vejamos: a Telesp (Telefônica) e a Telemar (Oi) já podem atuar em nível de telefonia Interestadual e Internacional, a Embratel já pode atuar em nível de Telefonia Local e a Brasil Telecom (atualmente a Oi) está buscando antecipar suas metas junto à Anatel para atuar a nível nacional e estadual.

Todavia alguns pontos na legislação estão gerando conflitos entre as operadoras e dificultando a concorrência esperada. Um dos conflitos é aquele referente à tarifa de interconexão entre as operadoras, onde a operadora que inicia a chamada telefônica paga um pedágio para passar pela rede de outra operadora para entregar a chamada ao usuário final. Muitas vezes o custo do pedágio é maior do que a operadora cobra pela chamada junto ao assinante originador da mesma.

De qualquer forma um mercado interessante está surgindo que é o acesso à rede sem fios por tecnologias de redes MAN, especialmente o WiMAX e o LTE. Acredita-se que a partir de 2014 possamos usar a telefonia celular 4G para acesso banda larga efetiva à Internet.

1.3 PRINCIPAIS EVENTOS NAS TELECOMUNICAÇÕES

Relacionamos a seguir os principais eventos nas Telecomunicações, por ordem cronológica (baseada na apresentação “*From the Telegraph to Internet2 and Beyond: The Technology of Telecommunications from the Civil War to Star Wars*” do IEEE):

- 1840, Samuel Morse patenteia o **telégrafo**
- 1876 Alexander Graham Bell patenteia a invenção do **telefone**, em 10 de Março
- 1887-1888 Hertz descobriu a existência das **ondas eletromagnéticas**
- 1891 A Strowger Automatic Telephone Exchange produz o equipamento de **comutação telefônica passo a passo**
- 1895 Marconi inventa o **Radio** (spark gap)
- 1904, John Ambrose Fleming inventou o **diodo retificador com tubo a vácuo**
- 1915 A **primeira chamada telefônica** é realizada por Bell em New York para Watson em San Francisco
- 1919 A Bell System inicia a instalação de **centrais passo a passo** feitas pela Automatic Electric.
- 1920 O **amplificador a válvula** é demonstrado
- 1923 A **televisão** é inventada
- 1925 As máquinas **teleimpressoras** se tornam de uso comum
- 1929 O primeiro serviço de **radio** opera entre Grã Bretanha e EUA
- 1930s O **FDM** torna-se de uso mundial
- 1934 O ato das Comunicações pelo congresso dos EUA cria o **FCC**
- 1938 O sistema **PCM** foi concebido (digitalização da voz)
- 1938 Bell introduz **centrais telefônicas com comutadores #1 crossbar**
- 1946 O **ENIAC** foi construído (inicia a era da informática)
- 1947 O **transistor** é inventado
- 1949 O **UNIVAC** foi construído (para uso geral e comercial)
- 1957 O **TDM** é implementado, o banco de canais D1 inicia o desenvolvimento

- 1958 Jack Kilby, da Texas Instruments, desenvolve o primeiro **circuito integrado**.
- 1958 A AT&T introduz **modems** para conexões diretas
- 1962 As **comunicações por satélites orbitais** foram usadas para retransmitir e amplificar transmissões telefônicas pela primeira vez
- 1963 O padrão American Standard Code for Information Exchange (**ASCII**) é criado
- 1965 A AT&T introduz as centrais controladas por programas armazenados (**CPAs**) #1 ESS.
- 1968 A AT&T inicia o desenvolvimento da **Integrated Digital Services Network (ISDN)**.
- 1969 A **ARPANET** inicia entre Stanford e UCLA
- 1970 Ted Hoff, na Intel, desenvolve o 4004, o **primeiro microprocessador**
- 1973 A **Ethernet** foi inventada por Bob Metcalfe na Xerox Parc
- 1973 Primeira descrição do **TCP/IP**
- 1973 O File Transfer Protocol (**FTP**) é introduzido
- 1974 O Transmission Control Protocol (**TCP**) é introduzido
- 1974 Em Abril, o **Intel 8080**, em Agosto, o **Motorola 6800**
- 1975 Bill Gates e Paul Allen estabelecem a **Microsoft**
- 1976 Steve Jobs e Steve Wozniak estabelecem a **Apple Computer**.
- 1976 Alan Shugart, da IBM, introduziu o **floppy disk de 5.25** “
- 1976 A rede **X.25** é implementada
- 1976 O IEEE 802.3 padronizou o **Ethernet**
- 1980 O primeiro sistema de **transmissão via fibra óptica** foi introduzido em Atlanta
- 1980 A **Signaling System 7 (SS7)** inicia o desenvolvimento
- 1981 A Hayes introduz o **modem de 300 bps**
- 1981 A IBM introduz seu **PC** em Agosto
- 1982 A **Sun Microsystems** é estabelecida
- 1983 O **TCP/IP** é implementado na ARPANET, a qual definiu a INTERNET
- 1984 O modelo **OSI** é oficialmente apresentado pela ISO;ITU-T
- 1984 O **Frame Relay** é apresentado pela primeira vez ao CCITT
- 1986 A **NSF** introduz sua rede com backbone com links 56 Kbps
- 1993 O Internet Protocol version 6 (**IPv6**) é proposto
- 1993 O backbone da rede NSF salta de links T-1 para T-3.

- 1993 O browser **MOSAIC** Internet é introduzido
- 1993 O **ADSL** é padronizado usando a tecnologia *discrete multitone*
- 1994 O browser **Netscape** Internet é introduzido.
- 1995 Lançada a **Internet comercial no Brasil**
- 1995 O **VOIP** é introduzido pela AVAYA com sua MultiMedia Communications eXchange (MMCX)
- 1995 O **Broadband Forum** é criado
- 1996 A especificação da rede **ATM** Multi-serviço é lançada
- 1997 Formado o **IETF MPLS Working Group**
- 2001 Formado o **Metro Ethernet Forum**
- 21014 O padrão IEEE 802-11 ac é promulgado (1 Gbps)
- 2015 A tecnologia **LTE** (4G) alcançou mais de 100 milhões de usuários no mundo

Colocamos em negrito as principais tecnologias que foram desenvolvidas, sendo que algumas delas serão explicadas com maiores detalhes durante este livro.

Percebemos que, por exemplo, com o TDM implementado a partir de 1957, as telecomunicações começaram a ser digitalizadas, permitindo o avanço das centrais telefônicas e da comunicação de dados, possibilitado pelo desenvolvimento da eletrônica digital e dos microprocessadores.

1.4 O ESTUDO DE TELECOMUNICAÇÕES

O estudo de Telecomunicações implica em analisarmos os tipos de sinais utilizados para transportar as informações à distância.

É importante se conhecer os tipos de sinais básicos empregados, analógicos e digitais, o que veremos no capítulo 2 deste livro.

Nós podemos dividir as telecomunicações em duas fases distintas:

- **Analógica** – os equipamentos de telecomunicação transmitem o sinal na forma analógica
- **Digital** – os equipamentos de telecomunicação transmitem o sinal na forma digital.

Como vimos anteriormente, a digitalização das telecomunicações começou a ocorrer a partir de 1957 e trouxe importantes transformações para o desenvolvimento mundial.