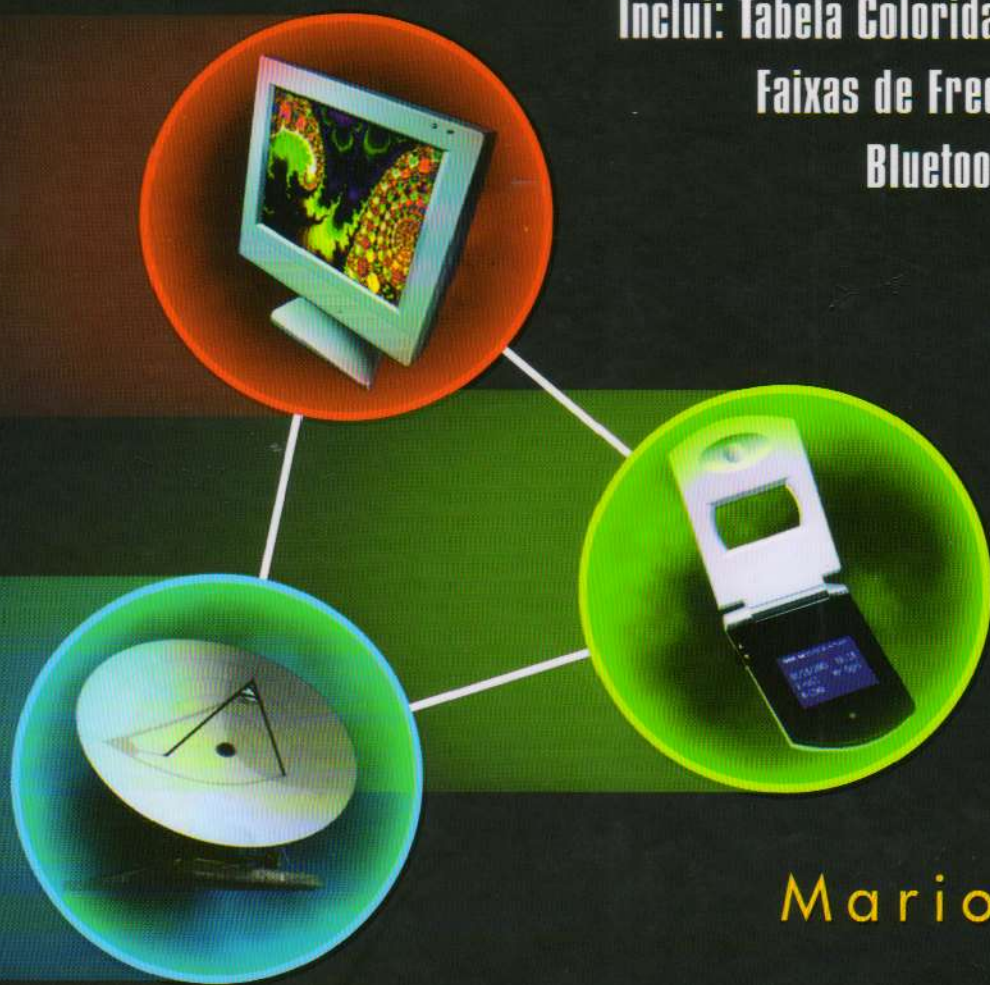


# Tecnologias de Redes de Comunicação e Computadores

Inclui: Tabela Colorida de Atribuição de  
Faixas de Frequência no Brasil,  
Bluetooth, WAP, Cluster e  
Grid Computing

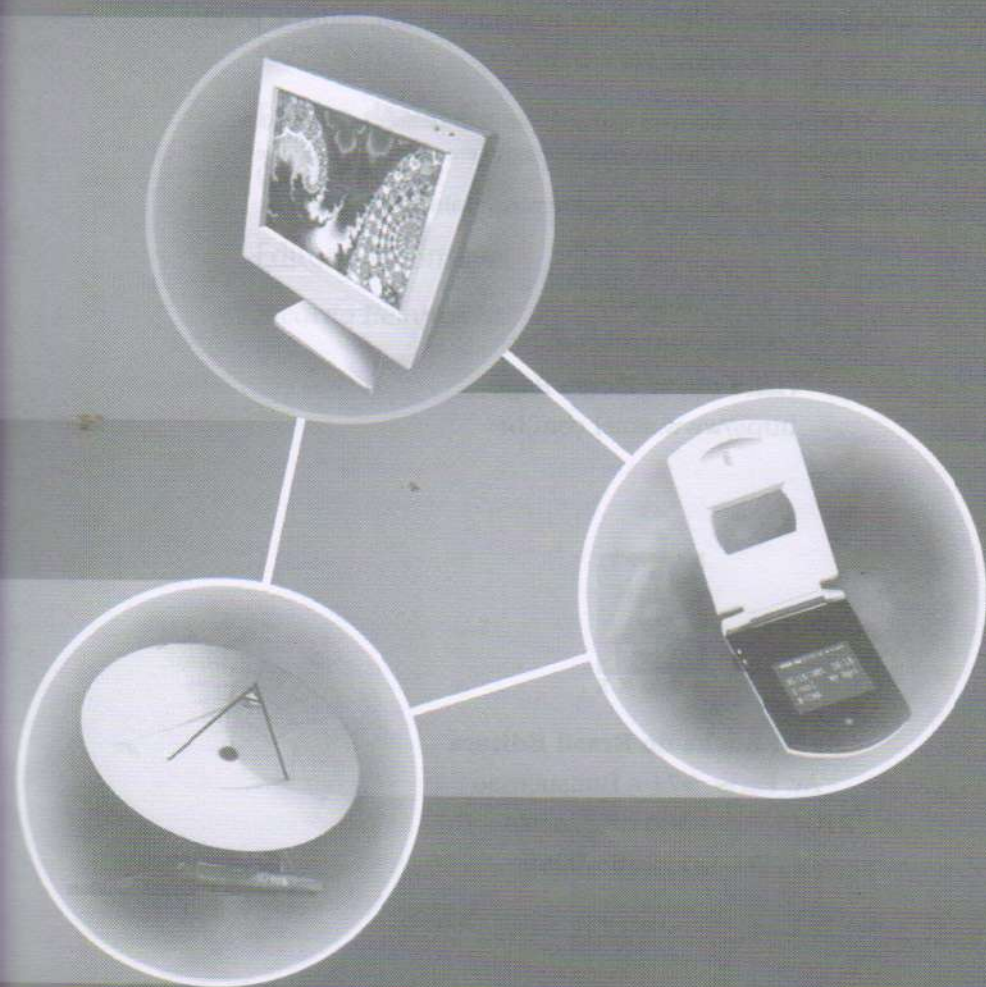


Mario Dantas



# Tecnologias de Redes de Comunicação e Computadores

Mario Dantas



**A**  
AXCEL  
BOOKS



Copyright © 2002 by Mario Dantas  
Copyright © 2002 by Axcel Books do Brasil Editora Ltda.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida  
sem autorização prévia e escrita de Axcel Books do Brasil Editora.

**Ilustração:** Ingo Bertelli & Mario Dantas

**Editora de Produção:** Gisella Narcisi

**Editor Responsável:** Ricardo Reinprecht

Tecnologias de Redes de Comunicação e Computadores

Mario Dantas

ISBN: 85-7323-169-6

### **Suporte Técnico ao Leitor**

**Limite de garantia:** Nosso suporte técnico limita-se ao conteúdo específico do livro, e não a questões gerais referentes ao(s) assunto(s) descrito(s). Para obter esse suporte técnico específico, o leitor deve informar título, autor e página, somente via e-mail.

Todos os originais de livros enviados para avaliação pela Editora serão destruídos, caso não sejam aprovados. Não será feita sua devolução em nenhuma hipótese.

Os conceitos emitidos nesta obra são de inteira responsabilidade do Autor.

**E-mail:**

editora@axcel.com.br

**Visite nossa Home Page**

<http://www.axcel.com.br>



**Axcel Books do Brasil Editora**

Av. Paris, 571 – Bonsucesso

21041-020 – Rio de Janeiro – RJ

Tel. (21) 2564-0085



## Prefácio

## Créditos

### Produção

Alexandre Ramires

Carlos Alberto Sá Ferreira

### Revisão

Natália Zappa do Valle Barbosa

Vanessa Garcia

### Arte e Diagramação

Ingo Bertelli

### Supervisor de Produção

Carlos Alberto Sá Ferreira

### Capa

Ingo Bertelli

### Editora de Produção

Gisella Narcisi

### Editor Responsável

Ricardo Reinprecht



## Dedicatória

Para Mônica, Izabella e Maria Clara, por todo amor, carinho e imensa compreensão e suporte nas minhas inúmeras ausências por causa deste projeto.

## Agradecimentos

Gostaria de endereçar meus primeiros agradecimentos para meus pais, irmãos, tios e tias pelo incentivo e amizade ao longo dos anos.

Aos professores Alba Melo, Fernando Albuquerque, Gerson Pfitscher, João Gondim, Luis A. Frota e Maria Emília Walter e Ricardo Jacobi, do Departamento de Ciência da Computação da UnB, pela contínua força para realização deste livro.

Devo mencionar, também, que neste livro utilizei muitos conhecimentos profissionais adquiridos no convívio de aproximadamente 12 anos de projetos com inúmeros amigos na Petrobras. Agradeço a todos vocês. Em adição, gostaria de deixar um agradecimento como tributo aos superintendentes Gabriele e Cajueiro do antigo Depro (Departamento de Produção), pela gerência administrativa orientada para a qualidade técnica dos profissionais do departamento.

Aos alunos de graduação, especialização e mestrado, pelo imenso entusiasmo e companheirismo que nos impulsionam a cada novo projeto.

A ANATEL, COMPAQ, FURUKAWA, NEC e SGI pelo direito de uso de algumas imagens e atenção às minhas solicitações.

A Deus por sua contínua proteção.

Muito obrigado a todos vocês.



Associação Brasileira de Editores

Av. Paulista, 571 - São Paulo, SP

01311-9000 - 011-3545-0000

http://www.abrel.org.br

## Prefácio

O objetivo de escrever este livro advém da observação de que as abordagens encontradas, muitas vezes na literatura das redes de comunicação e computadores não ajudam na fluência da compreensão do assunto. Em outras palavras, verifica-se que, inicialmente, é apresentada para os leitores uma excessiva formalização sem um estabelecimento prévio de contexto. Modelos, protocolos, camadas, arquiteturas de protocolos e interfaces são apresentados de uma maneira fragmentada sem a preocupação em ilustrar para o leitor a razão necessária de tal complexidade.

Desta forma, neste livro, procuramos inicialmente trabalhar os conceitos sem uma maior preocupação com a formalização. Entendemos que o leitor se sentindo mais a vontade com uma abordagem tecnológica familiar do seu dia-a-dia (exemplos são modems, ADSL, linha digital, telefonia celular, redes wireless, palmtops, pagers e WAP, para citar alguns dispositivos e tecnologias comuns em qualquer jornal diário), a necessidade de formalizar o conhecimento é um próximo passo óbvio.

Em adição, procuramos introduzir alguns conceitos e ambientes que são importantes para a computação distribuída. Um fator diferencial que podemos observar em ambientes computacionais modernos é a quantidade de recursos que podem ser agrupados para execução de problemas complexos de uma organização. Em outras palavras, estamos dizendo que configurações como, por exemplo, as de *cluster* e *grid computing* são ambientes de redes que deverão ser mais (e mais) utilizados nesta década. Atualmente, existe uma preocupação excessiva dos profissionais com relação ao aumento da largura de banda. Este fato, algumas vezes, desvia a atenção do objetivo de uma rede, a computação distribuída. Parâmetros tais como latência, qualidade de serviço, serviços diferenciados e integrados, interligação dos dispositivos de rede e eficiência dos protocolos devem ser observados também em um projeto de rede.

Um outro ponto interessante que a experiência sinaliza é a falta da compreensão da igual importância de todos os níveis de protocolos em uma rede de comunicação e computadores. O fato de a Internet ter mais de trinta anos e de ter se tornado uma realidade mundial nos últimos anos ratifica esta tese. O trabalho na camada de aplicação gerou todo um ambiente, conhecido como World Wide Web, que proporcionou um acesso amigável aos vários recursos de software e hardware espalhados no globo. É bom comentar que este ambiente de rede ainda é jurássico, quando comparado com inúmeros desenvolvimentos tecnológicos em curso. Exemplo de uma realidade que deverá se popularizar em um curto espaço de tempo são os serviços de acesso e transferência de imagens/textos/vídeos/e-mails da Internet na telefonia celular de terceira geração. Outra tecnologia que deverá causar um impacto são as redes sem fio (wireless) de pequena distância. Um exemplo é o ambiente Bluetooth, que permite que todos os eletrodomésticos de uma casa façam parte de uma rede. Por outro lado, as configurações de *cluster* e *grid*



*computing* representam novos paradigmas na área de redes de computadores que deverão tornar o poder computacional distribuído uma realidade.

Como o assunto do livro é vasto e complexo, entendemos que alguns erros podem ter passado. Desta forma, críticas e sugestões serão sempre bem recebidas.

Finalizando, espero que o leitor goste de nossa abordagem e que compreenda a mensagem.

Mario Dantas

mardantas@computer.org

# Sumário

<b>Capítulo 1 – Redes de Comunicação e Computadores .....</b>	<b>1</b>
Introdução .....	2
Redes de Comunicação e Computadores .....	2
Evolução das Redes de Comunicação e Computadores .....	3
Redes de Comunicação .....	3
Redes de Computadores .....	4
A Organização do Livro .....	5
Referências .....	6
Bibliografia .....	6
<b>Capítulo 2 – Conceitos Básicos de Comunicação de Dados .....</b>	<b>7</b>
Introdução .....	8
Princípios de Comunicação .....	8
Conceitos Básicos .....	11
Frequência e Sinal .....	19
Frequência .....	19
Sinais Analógicos e Digitais .....	22
Transmissão .....	25
Transmissão Analógica .....	25
Transmissão Digital .....	26
Representação Binária .....	27
Transmissão em Banda Base e Banda Larga .....	29
Largura de Banda, Taxa de Transmissão e Capacidade de Canal .....	32
Bps, Baud e Símbolos .....	34
Sentidos de Transmissão .....	35
Modos de Transmissão .....	36
Modulação, Codificação e Multiplexação .....	37
Modulação .....	37
Codificação .....	38
Multiplexação .....	42
Frequency Division Multiplexing (FDM) e Wave Division Multiplexing (WDM) .....	43
Time Division Multiplexing (TDM) .....	45
Exercícios .....	45
Referências .....	46
Bibliografia .....	46
<b>Capítulo 3 – Meios de Transmissão, Interfaces e Padronização .....</b>	<b>47</b>
Introdução .....	48
Meios de Transmissão .....	48
Meios Guiados .....	49
Cabo Coaxial .....	49
Cabo de Par Trançado .....	51
UTP (Unshielded Twisted Pair) .....	51
STP (Shielded Twisted Pair) .....	53
Cabos de Fibra Óptica .....	54
Meios Não Guiados .....	57
Satélites .....	58



Microondas .....	61
Infravermelho .....	61
Interfaces .....	62
RS-232 .....	62
RS-422A, RS-423A, RS-449 .....	65
RS-422A .....	65
RS-423A .....	65
RS-449 .....	65
USB e FireWire .....	67
RJ11 e RJ45 .....	67
Padronização .....	69
Padronização na Área de Telecomunicação .....	70
ITU .....	70
Padronização na Área de Computadores .....	71
ISO .....	71
IETF .....	71
IEEE .....	71
W3C .....	72
Exercícios .....	72
Referências .....	72
Bibliografia .....	73
<b>Capítulo 4 – Protocolos de Enlace .....</b>	<b>75</b>
Introdução .....	76
Características do Enlace .....	76
Sincronização de Quadros .....	76
Controle de Fluxo .....	77
Detecção e Correção de Erros .....	80
Detecção .....	80
Correção .....	82
Protocolos de Enlace .....	85
HDLC .....	86
LAPB .....	90
LAPD .....	90
LAPF .....	91
LAPM .....	91
LLC .....	91
Outros Protocolos de Enlace .....	91
Redes de Comunicação .....	92
Exercícios .....	96
Referências .....	96
Bibliografia .....	97
<b>Capítulo 5 – Protocolos, Modelos de Referência e Arquiteturas de Protocolos ....</b>	<b>99</b>
Introdução .....	100
Protocolos .....	100
Fragmentação e Remontagem .....	103
Encapsulamento .....	104
Controle de Conexão .....	104
Entrega Ordenada .....	105
Controle de Fluxo .....	105
Controle de Erro .....	105



Endereçamento .....	106
Multiplexação .....	106
Serviços Diferenciados de Transmissão .....	107
Modelos .....	107
Modelo TCP/IP .....	111
Modelo ISO/OSI .....	113
Modelo IEEE 802 .....	116
Arquiteturas de Protocolos .....	117
Arquitetura TCP/IP .....	118
Camada de Aplicação .....	119
Camada de Transporte .....	123
Transmission Control Protocol (TCP) .....	123
User Datagram Protocol (UDP) .....	126
Camada de Inter-rede .....	127
Internet Protocol (IP) .....	127
Exemplo A .....	130
Exemplo B .....	131
Internet Control Message Protocol (ICMP) .....	132
Address Resolution Protocol (ARP) .....	132
Reverse Address Resolution Protocol (RARP) .....	134
IPv6 .....	134
Exemplo .....	135
Encapsulamento .....	137
A Arquitetura IEEE .....	138
Exercícios .....	139
Referências .....	140
Bibliografia .....	140
<b>Capítulo 6 – LANs e SANs .....</b>	<b>143</b>
Introdução .....	144
Local Area Networks (LANs) .....	145
Tecnologia de Transmissão .....	148
Topologia .....	150
Estrela .....	150
Barra .....	152
Anel .....	153
Protocolos de Acesso ao Meio .....	153
Protocolos com Contenção .....	154
Aloha .....	154
Slotted-Aloha .....	155
CSMA (Carrier Sense Multiple Access) .....	155
np – CSMA .....	155
p-CSMA .....	156
CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) .....	156
ReC-Ring (Resolvable Contention Ring) .....	156
Protocolos com Acesso Ordenados .....	157
Polling .....	157
Slot .....	157
Inserção de Retardo .....	158
Passagem de Permissão .....	158
Redes Locais Ethernet, Fast Ethernet e Gigabit Ethernet .....	158
Ethernet .....	158



Formato e Transmissão em LANs Ethernets .....	159
Características do Cabeamento Ethernet .....	163
Fast Ethernet .....	170
Subdivisão do Nível Físico .....	171
MII vs AUI .....	173
Reconciliation Sublayer (RS) .....	173
Operação em Taxa de Transmissão Dual (10 e 100 Mbps) .....	173
Categoria de Cabos e Número de Pares Trançados .....	174
Topologia .....	174
100BASE-T4 .....	174
100BASETX .....	176
100BASEFX .....	176
Repetidores Fast Ethernet .....	177
Switched Ethernet .....	178
Switches de Nível 2 .....	178
VLAN .....	179
Administração VLAN .....	180
Gigabit Ethernet .....	182
Switch de Nível 3 .....	185
Meios Físicos .....	185
MAC .....	186
Carrier Extension .....	186
Packet Bursting .....	187
Redes Locais Token-Passing .....	191
System Area Networks (SANs) .....	194
Exercícios .....	196
Referências .....	197
Bibliografia .....	197
<b>Capítulo 7 – MANs e WANs .....</b>	<b>199</b>
Introdução .....	200
Redes Metropolitanas (MANs) .....	200
DQDB .....	200
FDDI .....	202
Porque a ANSI desenvolveu o padrão? .....	202
Como você imagina a topologia de uma LAN FDDI? .....	202
Fibre Channel .....	205
WANs .....	206
ATM .....	207
Dispositivos de Interconexão .....	214
Concentradores .....	215
Repetidores .....	215
Pontes .....	215
Roteadores .....	216
Gateways .....	217
Protocolos de Roteamento .....	219
Exercícios .....	223
Referências .....	223
Bibliografia .....	224
<b>Capítulo 8 – Gerência, Segurança e Desempenho de Redes .....</b>	<b>225</b>
Introdução .....	226



Gerência .....	226
Segurança .....	231
Segurança Física .....	232
Criptologia .....	233
Chaves Secretas .....	234
Chaves Públicas .....	235
Autenticação .....	237
Assinaturas Digitais .....	237
Filtragem de Pacotes .....	239
Firewalls .....	239
Desempenho .....	241
Exercícios .....	242
Referências .....	243
Bibliografia .....	244
<b>Capítulo 9 – Protocolos de Alto Desempenho .....</b>	<b>245</b>
Introdução .....	246
Arquitetura TCP/IP .....	247
Monitoração e Melhor Utilização da Largura de Banda .....	249
Quality of Service (QoS) .....	250
Protocolos de Reserva .....	250
IPv6 e QoS .....	250
Gerência de Conexão .....	250
Ferramentas para Gerência de Largura de Banda num Ambiente IPv4 .....	252
Resource Reservation Protocol (RSVP) .....	252
Produtos de Gerência de Largura de Banda (Bandwidth Manager) .....	253
Aponet Bandwidth Manager .....	253
IPATH Active Traffic Manager .....	253
Packeteer Packetshaper .....	254
Checkpoint Floodgate-1 .....	254
Sun Bandwidth Allocator .....	254
Ukiahsoft Trafficware .....	255
Ferramentas para Gerência de Largura de Banda num Ambiente IPv6 .....	255
Flow Label .....	255
Priority .....	255
Protocolos e Ambientes de Alto Desempenho .....	256
Protocolos e Melhoria de Desempenho .....	258
Protocolos de Transporte .....	259
APPN .....	259
Datakit .....	259
Delta-t .....	260
NETBLT .....	260
OSI/TP4 .....	260
VMTP .....	261
XTP .....	261
Análise das Funções do Protocolo de Transporte .....	261
Gerência de Conexão .....	261
Sinalização .....	261
Configuração Inicial e Fechamento .....	262
Seleção do Serviço de Transporte .....	263
Multiplexação .....	263
Controle da Informação .....	264



Desempenho do Xpress Transport Protocol .....	264
Resultados Experimentais .....	265
Comunicação 1:2 .....	268
Comunicação 1:3 e 1:4 .....	271
Avaliação da Influência do Número de Receptores no Desempenho do XTP em Relação ao TCP .....	272
Direções Futuras e Comentários Sobre o XTP .....	273
Ambientes .....	274
Conclusão .....	275
Referências .....	276
Bibliografia .....	276
<b>Capítulo 10 – Ambientes Wireless, Cluster e Grid Computing .....</b>	<b>279</b>
Introdução .....	280
Ambientes Wireless .....	280
WAP (Wireless Application Protocol) .....	281
WAE (Wireless Application Environment) .....	283
WSP (Wireless Session Protocol) .....	288
WTP (Wireless Transaction Protocol) .....	288
WTLS (Wireless Transport Layer Security) .....	289
WDP (Wireless Datagram Protocol) .....	289
Portadoras Wireless .....	292
Bluetooth .....	293
Padrão IEEE 802.11 .....	300
Cluster Computing .....	303
Arquitetura do Ambiente Paralelo .....	303
Ambientes de Software Paralelos .....	306
Grid Computing .....	307
Exercícios .....	308
Referências .....	309
Bibliografia .....	310
<b>Glossário .....</b>	<b>313</b>
<b>Índice Remissivo .....</b>	<b>323</b>