TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO

**METODOLOGIA E FERRAMENTAS DE PROJETO
DE REDES LOCAIS**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

Área de Concentração:
Sistemas Digitais

Orientador:
Prof. Dr. Wilson Vicente Ruggiero

São Paulo
1995

Dedico esta tese aos meus pais, que serão para mim sempre um exemplo de vida pelo seu amor, honestidade e espírito de luta.

Agradecimentos

Todos que já fizeram uma tese de doutorado ou mesmo uma dissertação de mestrado sabem que o seu desenvolvimento, dificilmente, transcorre de maneira tranquila. Vivenciamos períodos de grandes questionamentos, ansiedade, contentamentos súbitos, desânimo e, também, de realização intensa. São sentimentos que vão se alternando, de maneira cada vez mais freqüente, principalmente na etapa final do trabalho, quando, de maneira geral, lutamos contra o tempo e a favor dele para que tudo termine o mais rápido possível.

Sobreviver a tudo isso é muito mais fácil se pudermos contar com um braço amigo... E, aí, eu tenho muito a quem agradecer...

Em primeiro lugar, ao meu marido, Sidney Monreal Martin, meu maior amigo, que esteve ao meu lado sempre me incentivando e apoiando de todas as formas, inclusive na revisão final do texto com valiosas sugestões.

A todos da minha família, pais, sogros, irmãos, cunhados, tios, em especial às tias Lourdes e Vice, que sempre foram e serão o meu grande incentivo, agradeço por compreenderem a minha ausência e por sempre estarem torcendo pelo meu sucesso.

Aos meus amigos do PCS, em especial, aos Profs. Denis Gabos, Carlos Cugnasca, João José Neto e Antônio Aguirra Massola pelo apoio e orientações corretas, às Profa. Selma Shin Shimizu Melnikoff e Stefania Stiubiener, que participaram do meu exame de qualificação, pelas preciosas sugestões, a Léia Sicília, pelo suporte e disposição em solucionar os problemas do dia-a-dia da maneira mais ágil possível e a todos que, direta e indiretamente, me apoiaram e incentivaram.

Aos amigos do LARC pelo apoio e incentivo, em especial a Regina Melo Silveira pela sua boa vontade em ajudar-me no que fosse necessário.

Aos amigos da SGA, à sua Diretoria e, em especial, a Eurico Maimone Henriques, Diretor Regional de São Paulo, o meu agradecimento por seu constante apoio e empenho em viabilizar o meu afastamento para que pudesse finalizar em tempo hábil as minhas atividades de doutoramento, e a Sérgio Koury Jerez e Ricardo Lobo de Souza pelas valiosas sugestões.

A Neusa Yoscimoto, pela sua dedicação e extrema boa vontade em auxiliar-me na pesquisa das referências bibliográficas e na revisão do texto correspondente.

Aos meus amigos da indústria, em especial a Cezar Frazatto e ao pessoal da CEGELEC, Priscila Paula David, Lizabete Abreu da Ponte e todo o pessoal da 3Com que sempre se dispuseram a me auxiliar e resolver dúvidas sobre cabeamento estruturado e equipamentos de rede.

Por último, ao Prof. Wilson Vicente Ruggiero, o meu obrigado pelas suas palavras de incentivo e tranquilidade, pela sua orientação e suas intervenções certeiras.

Não é possível negar que uma tese de doutorado traz consigo uma grande lição de vida. Aprende-se muito, tanto no campo profissional como pessoal. De tudo isso, o que levo de mais precioso é o valor dessas amizades que sempre foram o alicerce das minhas mais importantes realizações.

Sumário

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

RESUMO

“ABSTRACT”

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO	1
1.2 MOTIVAÇÃO	1
1.3 ESCOPO DO TRABALHO.....	2
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	5
CAPÍTULO 2 - TECNOLOGIAS DE REDES LOCAIS E METROPOLITANAS.....	8
2.1 INTRODUÇÃO	8
2.2 CONCEITOS GERAIS.....	8
2.2.1 <i>Técnicas de Comutação</i>	9
2.2.1.1 Comutação por Circuito.....	9
2.2.1.2 Comutação por Pacotes.....	11
2.2.1.3 Comutação por Células.....	12
2.2.2 <i>Modos de Transmissão</i>	14
2.1.2.1 Transmissão Assíncrona	14
2.1.2.2 Transmissão Síncrona.....	15
2.1.2.3 Transmissão Isócrona	15
2.2.3 <i>Topologias de Rede</i>	16
2.2.3.1 Topologia em Estrela.....	16
2.2.3.2 Topologia em Via.....	17
2.2.3.3 Topologia em Anel	18
2.2.3.4 Topologia em Grafo.....	20
2.2.4 <i>Classificação das Redes</i>	20
2.3 TECNOLOGIAS DE REDES LOCAIS E METROPOLITANAS.....	22
2.3.1 <i>Redes Locais e Metropolitanas e o Modelo OSI</i>	24
2.3.2 <i>Redes Ethernet</i>	27
2.3.2.1 Subcamada MAC	28
2.3.2.1.1 Operação da Subcamada MAC	28
2.3.2.1.2 Quadros MAC.....	29
2.3.2.2 Camada Física.....	31
2.3.2.3 Configurações Físicas.....	32
2.3.2.3.1 Redes 10Base5.....	33
2.3.2.3.2 Redes 10Base2.....	33
2.3.2.3.3 Redes 10BaseT e 10BaseF	34
2.3.2.3.4 Comparação entre as Configurações Físicas.....	35
2.3.3 <i>Redes Fast Ethernet</i>	36
2.3.3.1 Subcamada MAC	37
2.3.3.2 Camada Física.....	37
2.3.3.3 Configurações Físicas.....	38
2.3.3.3.1 Redes 100BaseT4.....	38
2.3.3.3.2 Redes 100BaseTX e 100BaseFX	39
2.3.3.3.3 Comparação entre as Configurações Físicas.....	39
2.3.4 <i>Redes Token Ring</i>	40
2.3.4.1 Subcamada MAC	41
2.3.4.1.1 Operação da Subcamada MAC	41
2.3.4.1.2 Quadros MAC.....	44

2.3.4.2 Camada Física.....	45
2.3.5 Rede 100VG-AnyLAN.....	46
2.3.5.1 Subcamada MAC.....	46
2.3.5.1.1 Operação da Subcamada MAC.....	46
2.3.5.1.2 Quadros MAC.....	48
2.3.5.2 Camada Física.....	48
2.3.5 Redes FDDI (Fiber Distributed Data Interface).....	49
2.3.5.1 Subcamada MAC.....	51
2.3.5.1.1 Quadros MAC.....	51
2.3.5.1.2 Operação da Subcamada MAC.....	55
2.3.5.1.2.1 Protocolo MAC.....	55
2.3.5.1.2.2 Esquema de Alocação da Banda de Transmissão.....	56
2.3.5.1.2.3 Monitoração do Anel.....	60
2.3.5.2 Subcamada PHY.....	61
2.3.5.2.1 Codificação e Decodificação de Dados.....	61
2.3.5.2.2 Sincronização de Clock.....	61
2.3.5.3 Subcamada PMD.....	63
2.3.5.3.1 Tipos de Estações.....	63
2.3.5.3.2 Tipos de Portas.....	65
2.3.5.3.3 Topologias Suportadas.....	66
2.3.5.3.4 Mecanismos de Configuração.....	67
2.3.5.3.5 Meios Físicos de Transmissão.....	70
2.3.6 Redes ATM (Asynchronous Transfer Mode).....	70
2.3.6.1 Conceitos Básicos.....	71
2.3.6.1.1 Interfaces UNI e NNI.....	71
2.3.6.1.2 Vias de Transmissão, Vias Virtuais e Canais Virtuais.....	72
2.3.6.2 Células ATM.....	74
2.3.6.3 Modelo de Referência ATM.....	74
2.3.6.3.1 Camada Física.....	76
2.3.6.3.2 Camada ATM.....	77
2.3.6.3.3 Camada de Adaptação ATM.....	78
2.3.7 Redes Computadas.....	80
2.3.7.1 Técnica Store-and-Forward.....	80
2.3.7.2 Técnica Cut-Through.....	80
2.3.7.3 Produtos de Mercado.....	81
2.4 INTERCONEXÃO DE REDES.....	82
2.4.1 Repetidores.....	82
2.4.2 Pontes.....	82
2.4.3 Roteadores.....	84
2.4.4 Comparação entre Pontes e Roteadores.....	86
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
CAPÍTULO 3 - TECNOLOGIAS DE CABEAMENTO DE REDES.....	89
3.1 INTRODUÇÃO.....	89
3.2 DESCRIÇÃO GERAL.....	89
3.3 COMPONENTES DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO.....	91
3.3.1 Tomada de Comunicação.....	92
3.3.1.1 Tipos de Montagens.....	93
3.3.1.2 Cabos de Estação.....	94
3.3.1.3 Posicionamento das Tomadas.....	95
3.3.2 Quadros de Distribuição.....	95
3.3.2.1 Componentes de Quadros de Distribuição.....	96
3.3.2.2 Posicionamento dos Quadros de Distribuição.....	98
3.3.3 Cabos.....	99
3.3.4 Salas.....	100
3.4 SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO.....	102
3.4.1 Sistema de Distribuição de um Campus.....	102
3.4.2 Sistema de Distribuição de um Prédio.....	103
3.4.2.1 Sistemas de Distribuição Horizontal.....	104
3.4.2.1.1 Tipos de Sistemas de Distribuição Horizontal.....	104
3.4.2.1.2 Tipos de Cabos do Sistema de Distribuição Horizontal.....	113

3.4.2.2 Sistema de Distribuição Vertical	115
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DE PROJETO DE REDES LOCAIS	117
4.1 INTRODUÇÃO	117
4.2 DESCRIÇÃO GERAL DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	118
4.3 DESCRIÇÃO DAS FASES DA METODOLOGIA PROPOSTA	120
4.3.1 <i>Levantamento de Informações</i>	120
4.3.1.1 Levantamento das Características do Ambiente Atual de Informática	121
4.3.1.2 Levantamento das Tendências de Evolução do Ambiente de Informática	123
4.3.1.3 Análise das Informações Coletadas	124
4.3.2 <i>Especificação de Requisitos</i>	125
4.3.3 <i>Projeto Físico</i>	134
4.3.3.1 Projeto do Sistema de Cabeamento	134
4.3.3.1.1 Levantamento de Informações Complementares.....	135
4.3.3.1.2 Projeto do Sistema de Cabeamento dos Prédios	137
4.3.3.1.2.1 Sistema de Distribuição Horizontal	137
4.3.3.1.2.2 Sistema de Distribuição Vertical	141
4.3.3.1.3 Projeto do Sistema de Cabeamento do Campus.....	141
4.3.3.1.4 Documentação do Projeto	141
4.3.3.2 Especificação da Configuração Física da Rede	141
4.3.3.2.1 Especificação das Tecnologias e Topologias das Sub-Redes.....	142
4.3.3.2.2 Seleção dos Equipamentos de Rede	146
4.3.3.2.3 Documentação do Projeto	149
4.4 EXEMPLO ILUSTRATIVO	149
4.5 AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA	152
CAPÍTULO 5 - FERRAMENTAS DE PROJETO DE REDES LOCAIS	155
5.1 INTRODUÇÃO	155
5.2 FERRAMENTA DE CABEAMENTO ESTRUTURADO.....	156
5.2.1 <i>Descrição Geral da Ferramenta</i>	158
5.2.1.1 Apresentação dos Comandos	158
5.2.1.1.1 Barra de Menu	159
5.2.1.1.2 Barra de Ferramentas	165
5.2.1.1.3 Barra de Status.....	167
5.2.1.2 Procedimentos de Utilização da Ferramenta.....	167
5.2.1.2.1 Projeto do Cabeamento do Campus.....	167
5.2.1.2.2 Projeto do Cabeamento dos Prédios	168
5.2.1.2.2.1 Sistema de Distribuição Horizontal	170
5.2.1.2.2.2 Sistema de Distribuição Vertical	172
5.2.1.3 Apresentação dos Resultados.....	173
5.2.1.3.1 Plantas	173
5.2.1.3.1.1 Plantas do Campus.....	173
5.2.1.3.1.2 Plantas dos Andares de Prédio	174
5.2.1.3.1.3 Perfil de Prédio.....	174
5.2.1.3.2 Lista de Componentes	175
5.2.2 <i>Aspectos de Implementação</i>	178
5.2.2.1 Regras de Projeto	178
5.2.2.2 Regras de Projeto e Algoritmos.....	193
5.2.2.3 Base de Dados.....	216
5.2.2.3.1 Objetos de Desenho de uma Planta.....	216
5.2.2.3.1.1 Objetos de Desenho.....	216
5.2.2.3.1.2 Objetos de Desenho Civil	217
5.2.2.3.1.3 Objetos de Desenho Elétrico.....	219
5.2.2.3.1.4 Objetos de Desenho de Comunicação	222
5.2.2.3.2 Tabelas de Dados	229
5.3 FERRAMENTA DE SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS	231
5.3.1 <i>Descrição Geral da Ferramenta</i>	233
5.3.1.1 Apresentação dos Comandos	234
5.3.1.1.1 Barra de Menu	234
5.3.1.1.2 Barra de Ferramentas	237

5.3.1.1.3 Barra de Status.....	240
5.3.1.2 Procedimentos de Utilização da Ferramenta.....	240
5.3.1.3 Apresentação dos Resultados.....	245
5.3.1.3.1 Desenho Esquemático	245
5.3.1.3.1.1 Topologia Geral da Rede.....	245
5.3.1.3.1.2 Topologia das Sub-Redes	245
5.3.1.3.1.3 Topologia Física.....	246
5.3.1.3.2 Lista de Componentes	247
5.3.2 Aspectos de Implementação.....	248
5.3.2.1 Regras de Projeto	248
5.3.2.2 Regras de Projeto e Algoritmos.....	263
5.3.2.3 Base de Dados.....	281
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	287
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	288
6.1 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	288
6.2 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	289
6.3 TRABALHOS FUTUROS	291
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	292

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Técnicas de Comutação.....	9
Figura 2.2 - Técnica de Comutação de Circuitos.....	10
Figura 2.3 - Técnica de Comutação de Pacotes.....	12
Figura 2.4 - Técnica de Comutação de Células.....	14
Figura 2.5 - Topologias de Rede.....	17
Figura 2.6 - Topologia Anel-Estrela.....	20
Figura 2.7 - Classificação das Redes segundo Área Geográfica e Taxa de Transmissão.....	22
Figura 2.8 - Redes Locais e Metropolitanas e o Modelo OSI.....	24
Figura 2.9 - Padronizações de Redes Locais e Metropolitanas.....	27
Figura 2.10 - Arquitetura das Redes Ethernet e o Modelo OSI.....	28
Figura 2.11 - Fluxo de Controle para Transmissão de Dados.....	29
Figura 2.12 - Formato dos Quadros Ethernet.....	30
Figura 2.13 - Formato dos Campos de Endereço.....	31
Figura 2.14 - Configuração de uma Rede 10Base5.....	33
Figura 2.15 - Configuração de uma Rede 10Base2.....	34
Figura 2.16 - Configuração das Redes 10BaseT e 10BaseF.....	35
Figura 2.17 - Exemplo de Interconexão de <i>Hubs</i> 10BaseT através de uma Rede 10Base5.....	36
Figura 2.18 - Arquitetura de Redes Fast Ethernet e o Modelo OSI.....	37
Figura 2.19 - Arquitetura de Redes 100BaseT4 e o Modelo OSI.....	38
Figura 2.20 - Arquitetura de Redes 100BaseTX e 100BaseFX e o Modelo OSI.....	39
Figura 2.21 - Arquitetura de Redes Token Ring e o Modelo OSI.....	41
Figura 2.22 - Exemplo do Modo de Operação do Método de Acesso das Redes Token Ring.....	43
Figura 2.23 - Formato dos Quadros Token Ring.....	44
Figura 2.24 - Arquitetura das Redes 100VG-AnyLAN e o Modelo OSI.....	46
Figura 2.25 - Exemplo do Modo de Operação do Método de Acesso das Redes 100VG-AnyLAN.....	48
Figura 2.26 - Arquitetura de Protocolos FDDI.....	50
Figura 2.27 - Formato dos Quadros e do <i>Token</i> FDDI.....	52
Figura 2.28 - Formato do Campo de <i>Source Address</i>	54
Figura 2.29 - Exemplo de Operação do Método de Acesso das redes FDDI.....	57
Figura 2.30 - Operação do Protocolo MAC.....	59
Figura 2.31 - Diagrama da Camada Física (PHY e PMD) de uma Estação FDDI.....	62
Figura 2.32 - Tipos de Estações FDDI.....	64
Figura 2.33 - Exemplo de uma Rede FDDI com Topologia Anel Dual com Árvores.....	67
Figura 2.34 - Exemplo de Interconexão entre os Vários Tipos de Portas de uma Rede FDDI com Topologia Anel Dual com Árvores.....	68
Figura 2.35 - Exemplo de Configuração <i>Dual Homing</i>	69
Figura 2.36 - Princípio de Operação do ATM.....	71
Figura 2.37 - Interfaces UNI e NNI.....	72
Figura 2.38 - Via de Transmissão, Canais e Vias Virtuais.....	73
Figura 2.39 - Comutação de Via Virtual.....	73
Figura 2.40 - Comutação de Canal e Via Virtual.....	74
Figura 2.41 - Estrutura Geral de uma Célula ATM.....	74
Figura 2.42 - Modelo de Referência ATM.....	75
Figura 2.43 - Funções das Camadas do Modelo de Referência do ATM.....	76
Figura 2.44 - Função de Conversão de VPI/VCI.....	78
Figura 2.45 - Elementos de Interconexão e o Modelo OSI.....	82
Figura 3.1 - Estrutura Hierárquica de um Sistema de Cabeamento Estruturado.....	91
Figura 3.2 - Componentes dos Sistemas de Distribuição.....	92
Figura 3.3 - Sistema de Distribuição de um Campus.....	103
Figura 3.4 - Exemplo de <i>Layout</i> de um Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso.....	105
Figura 3.5 - Exemplo de <i>Layout</i> de um Sistema de Distribuição de Teto Falso.....	108
Figura 3.6 - Exemplos de <i>Layout</i> para o Sistema de Distribuição Adaptável.....	111
Figura 3.7 - Posicionamento Típico das Caixas de Transição.....	112
Figura 3.8 - Sistema de Distribuição Vertical.....	115

Figura 4.1 - Fases da Metodologia de Projeto de Redes Locais.....	119
Figura 4.2 - Fase de Levantamento de Informações do Ambiente de Informática da Empresa	121
Figura 4.3 - Fase de Levantamento de Informações	125
Figura 4.4 - Topologia Geral do Ambiente de Redes.....	125
Figura 4.5 - Fase de Especificação de Requisitos	127
Figura 4.6 - Fase do Projeto Físico	134
Figura 4.7 - Projeto do Sistema de Cabeamento.....	136
Figura 4.8 - Detalhamento da Etapa de Especificação da Configuração Física da Rede.....	143
Figura 4.9 - Desenho Esquemático da Topologia Geral da Rede Projetada.....	150
Figura 4.10 - Esquema da Metodologia Proposta e Identificação dos Itens de Descrição das Suas Fases	154
Figura 5.1 - Ferramenta de Projeto de Cabeamento Estruturado	157
Figura 5.2 - Menus da Barra de Menu da Ferramenta de Projeto de Cabeamento Estruturado.....	160
Figura 5.3 - Etapas de Projeto do Sistema de Cabeamento Estruturado de um Prédio.....	169
Figura 5.4 - Exemplo da Planta de um Campus.....	173
Figura 5.5 - Exemplo de Impressão da Planta de um Andar com Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso.....	174
Figura 5.6 - Exemplo de Impressão do Perfil de Prédio com Sistema de Distribuição Vertical	175
Figura 5.7 - Exemplo de uma Lista de Compra de Componentes do Sistema Horizontal.....	178
Figura 5.8 - Classes Básicas de Objetos de Desenho	216
Figura 5.9 - Hierarquia de Classes dos Objetos de Desenho Civil	218
Figura 5.10 - Hierarquia de Classes de Objeto de Desenho Elétrico	220
Figura 5.11 - Hierarquia de Classes dos Objetos de Comunicação.....	223
Figura 5.12 - Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Cabo.....	223
Figura 5.13 - Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Duto	223
Figura 5.14 - Hierarquia de Agregação dos Objetos Elétricos da Planta de um Andar de um Prédio ...	227
Figura 5.15 - Hierarquia de Agregação dos Objetos de Comunicação da Planta de um Andar de um Prédio	228
Figura 5.16 - Hierarquia de Agregação dos Objetos de Comunicação de um Campus	229
Figura 5.17 - Ferramenta de Seleção de Equipamentos.....	232
Figura 5.18 - Menus da Barra de Menu da Ferramenta de Seleção de Equipamentos	236
Figura 5.19 - Etapas do Projeto Físico do Ambiente de Redes de um Prédio	241
Figura 5.20 - Exemplo de Desenho Esquemático da Topologia Geral da Rede de um Prédio.....	245
Figura 5.21 - Exemplo do Desenho Esquemático da Topologia das Sub-Redes de um Prédio.....	246
Figura 5.22 - Exemplo de Desenho Esquemático da Topologia Física da Rede de um Prédio	247
Figura 5.23 - Exemplo de uma Lista de Compra de Equipamentos de Rede.....	248
Figura 5.24 - Hierarquia Básica dos Equipamentos de Rede	282
Figura 5.25 - Hierarquia de Classes de <i>Hubs</i>	283
Figura 5.26 - Hierarquia de Classes de Equipamentos de Interconexão.....	283
Figura 5.27 - Hierarquia de Classes de Módulos de <i>Hubs</i> e Equipamentos de Interconexão	284
Figura 5.28 - Hierarquia de Agregação dos Equipamentos de Rede.	287

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Quadro Comparativo das Configurações Físicas das Redes Ethernet	36
Tabela 2.2 - Quadro Comparativo das Configurações Físicas das Redes Fast Ethernet	40
Tabela 2.3 - Campo de <i>Frame Control</i> de um Quadro FDDI	53
Tabela 2.4 - Relação entre os Tipos de Portas e os Tipos de Interconexão entre as Estações	66
Tabela 2.5 - Classificação dos Serviços para a Subcamada AAL	79
Tabela 2.6 - Comparação entre as funcionalidades das Pontes e Roteadores	86
Tabela 2.7 - Comparação entre Tecnologias para LAN e MAN	87
Tabela 3.1 - Tecnologias e Serviços de Rede versus Tipos de Conectores	93
Tabela 3.2 - Vantagens e Desvantagens dos Diversos Tipos de Montagens de Tomadas	94
Tabela 3.3 - Vantagens e Desvantagens dos Diversos Tipos de Sistemas de Distribuição Horizontal ...	114
Tabela 4.1 - Características e Necessidades do Ambiente de Informática x Requisitos de Projeto	130
Tabela 4.2 - Principais Requisitos do Projeto de Cabeamento	132
Tabela 4.3 - Principais Requisitos do Projeto Físico (Configuração Física)	133
Tabela 4.4 - Relação dos Prédios e suas Características Básicas	150
Tabela 5.1 - Parâmetros de Projeto dos Sistemas de Cabeamento de um Campus e dos Sistemas Horizontais e Vertical de um Prédio	161
Tabela 5.2 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado comuns aos Sistemas de Distribuição do Campus, Vertical e Horizontal	180
Tabela 5.3 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado comuns aos Sistemas de Distribuição do Campus e Vertical e Horizontal	182
Tabela 5.4 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado comuns aos Sistemas de Distribuição Vertical e Horizontal	183
Tabela 5.5 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição do Campus	184
Tabela 5.6 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Vertical	186
Tabela 5.7 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Horizontal	188
Tabela 5.8 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso.	191
Tabela 5.9 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Horizontal de Teto Falso	192
Tabela 5.10 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Horizontal Moldável.	193
Tabela 5.11 - Definição das Ações realizadas pelo Projetista ou Sistema para os diversos Modos de Operação	194
Tabela 5.12 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição de um Campus pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado	195
Tabela 5.13 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para os Sistemas de Distribuição de um Prédio pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado.	197
Tabela 5.14 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Vertical pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado.	203
Tabela 5.15 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado	206
Tabela 5.16 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal de Teto Falso pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado.	207
Tabela 5.17 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal Moldável pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado	209
Tabela 5.18 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Determinação da Identificação dos Componentes dos Sistemas de Distribuição Horizontal pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado ..	214
Tabela 5.19 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Cálculo dos Componentes dos Sistemas de Distribuição Horizontal pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado	215

Tabela 5.20 - Atributos das Classes de Objetos de Desenho Civil da Planta de um Campus	218
Tabela 5.21 - Atributos das Classes de Objetos de Desenho Civil da Planta de um Andar de Prédio ...	219
Tabela 5.22 - Atributos das Classes de Objetos de Desenho Elétrico da Planta de um Campus.....	221
Tabela 5.23 - Atributos das Classes de Objetos de Desenho Elétrico da Planta de um Andar de Prédio	221
Tabela 5.24 - Atributos das Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Eletroduto.....	222
Tabela 5.25 - Atributos das Classes de Objetos de Desenho de Comunicação da Planta de um Campus	224
Tabela 5.26 - Atributos das Classes de Objetos de Desenho de Comunicação da Planta de um Andar de Prédio.....	225
Tabela 5.27 - Atributos das Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Cabo	226
Tabela 5.28 - Atributos das Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Duto.....	226
Tabela 5.29 - Descrição das Regras de Projeto de Carácter Geral e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação	250
Tabela 5.30 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia Ethernet e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.	253
Tabela 5.31 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia Token Ring e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.	257
Tabela 5.32 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia 100VG-AnyLAN e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.	258
Tabela 5.33 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia FDDI e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.	259
Tabela 5.34 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia CDDI e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.	261
Tabela 5.35 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia ATM e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.	262
Tabela 5.36 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Especificação da Topologia Geral da Rede pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos.....	264
Tabela 5.37 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Especificação das Tecnologias das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos.....	265
Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos.....	267
Tabela 5.39 - Atributos das Diversas Subclasses de <i>Hubs</i> de Mesa.....	285
Tabela 5.40 - Atributos das Diversas Subclasses de <i>Hubs</i> de Chassi	286

Lista de Siglas e Acrônimos

AAL	- <i>ATM Adaption Layer</i>
AC	- <i>Access Control</i>
ANSI	- <i>American National Standards Institute</i>
API	- <i>Application Program Interface</i>
ATM	- <i>Asynchronous Transfer Mode</i>
AUI	- <i>Attachment Unit Interface</i>
B-ISDN	- <i>Broad-Integrated Service Digital Network</i>
CAD/CAE	- <i>Computer Aided Design/Computer Aided Engineering</i>
CAD/CAM	- <i>Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing</i>
CBR	- <i>Constant Bit Rate</i>
CCITT ²	- <i>Consultative Committee for International Telegraph and Telephone</i>
CDDI	- <i>Copper Distributed Data Interface</i>
Compr.	- <i>Comprimento</i>
CPD	- <i>Centro de Processamento de Dados</i>
CRC	- <i>Cyclic Redundance Checking</i>
CS	- <i>Convergence Sublayer</i>
CS-MUX	- <i>Circuit Switching Multiplexers</i>
CSMA/CD	- <i>Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection</i>
DA	- <i>Destination Address</i>
DAC	- <i>Dual Attachment Concentrator</i>
DAS	- <i>Dual Attachment Station</i>
DPP	- <i>Demand Priority Protocol</i>
DQDB	- <i>Distributed Queue Dual Bus</i>
DSn	- <i>Digital Signal level n</i>
ED	- <i>Ending Delimiter</i>
EFS	- <i>End-of-Frame Sequence</i>
EIA	- <i>Electronic Industries Association</i>
FC	- <i>Frame Control</i>
FCS	- <i>Frame Check Sequence</i>
FDM	- <i>Frequency Division Multiplexing</i>
FFOL	- <i>FDDI Follow - On Local Area Networks</i>
FS	- <i>Frame Status</i>
GAN	- <i>Global Area Networks</i>
H-MUX	- <i>Hybrid Multiplexer</i>
HEC	- <i>Header Error Control</i>
HRC	- <i>Hybrid Ring Control</i>
HSLN	- <i>High-Speed Local Networks</i>

²O CCITT teve o seu nome alterado para TSS (Telecommunications Standard Sector) dentro da ITU (International Telecommunications Union).

I-MAC	- <i>Isochronous Medium Access Control</i>
ICMP	- <i>Internet Control Message Protocol</i>
ID	- <i>IDentification</i>
IEC	- <i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	- <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
I/G	- <i>Individual/Group</i>
IP	- <i>Internet Protocol</i>
ISO	- <i>International Organization for Standardization</i>
ITU-T	- <i>International Telecommunications Union - Telecommunications</i>
KS	- <i>Key Systems</i>
LAN	- <i>Local Area Network</i>
Late-ct	- <i>Late counter</i>
LLC	- <i>Logical Link Control</i>
MAC	- <i>Medium Access Control</i>
MAN	- <i>Metropolitan Area Network</i>
MAU	- <i>Medium Attachment Unit</i>
MDI	- <i>Medium Dependent Interface</i>
MIB	- <i>Management Information Base</i>
MIC	- <i>Media Interface Connector</i>
MID	- <i>Multiplexing Identification Function</i>
MII	- <i>Medium Independent Interface</i>
MTBF	- <i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	- <i>Mean Time To Repair</i>
NNI	- <i>Network Network Interface</i>
NRZI	- <i>NonReturn to Zero Inverted</i>
OC n	- <i>Optical Carrier level n (SONET)</i>
OSI	- <i>Open Systems Interconnection</i>
OSPF	- <i>Open Shortest Path First protocol</i>
PBX	- <i>Private Branch eXchange</i>
PCS	- <i>Physical Coding Sublayer</i>
PDH	- <i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>
PDU	- <i>Protocol Data Unit</i>
PHY	- <i>Physical Layer Protocol</i>
PI	- <i>Primary ring, In</i>
PLC	- <i>Programmable Logic Controller</i>
PLCP	- <i>Physical Layer Convergence Protocol</i>
PLS	- <i>Physical Signalling</i>
PM	- <i>Physical Medium Sublayer</i>
PMA	- <i>Physical Medium Attachment</i>
PMD	- <i>Physical Medium Dependent</i>
PMI	- <i>Physical Medium Independent</i>
PO	- <i>Primary ring, Out</i>
RII	- <i>Routing Information Indicator</i>

RIP	- <i>Routing Information Protocol</i>
RI/RO	- <i>Ring-In/Ring-Out</i>
SA	- <i>Source Address</i>
SAC	- <i>Single Attachment Concentrator</i>
SAR	- <i>Segmentation and Reassembly Sublayer</i>
SAS	- <i>Single Attachment Station</i>
SD	- <i>Starting Delimiter</i>
SDH	- <i>Synchronous Digital Hierarchy</i>
SDU	- <i>Service Data Unit</i>
SFD	- <i>Start Frame Delimiter</i>
SFS	- <i>Start-of-Frame Sequence</i>
SI	- <i>Secondary ring, In</i>
SIF	- <i>Station Information Frames</i>
SMDS	- <i>Switched Multimegabit Data Service</i>
SMT	- <i>Station Management</i>
SO	- <i>Secondary ring, Out</i>
SONET	- <i>Synchronous Optical Network</i>
SPM	- <i>SONET Physical Layer Mapping</i>
SMF-PMD	- <i>Single Mode Fiber - PMD</i>
STM n	- <i>Synchronous Transport Module level n (SDH)</i>
STP	- <i>Shielded Twisted -Pair</i>
STS n	- <i>Synchronous Transport Signal level n (SONET)</i>
STS Nc	- <i>Concatenated Synchronous Transport Signal level N (SONET)</i>
TC	- <i>Transmission Convergence Sublayer</i>
TCP	- <i>Transmission Control Protocol</i>
TCU	- <i>Trunk Coupling Unit</i>
TDM	- <i>Time Division Multiplexing</i>
THT	- <i>Token Holding Timer</i>
TIA	- <i>Telecommunications Industries Association</i>
TP	- <i>Transmission Path</i>
TP-DDI	- <i>Twisted Pair-Distributed Interface</i>
TP-PMD	- <i>Twisted-Pair Physical Layer Medium Dependent</i>
TRT	- <i>Token Rotation Timer</i>
TTRT	- <i>Target token Rotation Timer</i>
TVX	- <i>Valid Transmission Timer</i>
U/L	- <i>Esquema de endereçamento das sub-redes: Universal ou Local</i>
UNI	- <i>User Network Interface</i>
UTP	- <i>Unshielded Twisted-Pair</i>
VBR	- <i>Variable Bit Rate</i>
VC	- <i>Virtual Channel</i>
VCC	- <i>Virtual Channel Connection</i>
VCI	- <i>Virtual Channel Identifier</i>
VLAN	- <i>Virtual LAN</i>

VP - *Virtual Path*
VPC - *Virtual Path Connection*
VPI - *Virtual Path Identifier*
WAN - *Wide Area Network*

Resumo

Nos dias atuais, é incontestável a importância crescente que vão adquirindo as redes em empresas dos mais diversos ramos, incluindo bureau de serviços, organizações bancárias, lojas, instituições educacionais e hospitais, entre outros. Como consequência, torna-se, cada vez mais importante, oferecer a tais empresas projetos de rede com nível de qualidade que garanta o sucesso e o retorno dos investimentos realizados.

Como projeto de qualidade entende-se aquele que atenda às necessidades da empresa, possa incorporar novos serviços acompanhando a evolução do seu ambiente de informática e seja executável dentro das restrições de custo e prazo existentes.

Para que isso seja possível, é importante se contar com uma poderosa metodologia de projeto, que contemple todos esses aspectos, e com projetistas que tenham uma base sólida de conhecimento teórico e prático na área e possam aplicar tal metodologia e as correspondentes regras de projeto, e optar pela tecnologia e equipamentos de rede mais adequados.

Dentro deste cenário, este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia de projeto de redes locais, para ambientes que podem envolver desde alguns andares de um prédio até diversos prédios de um campus, e especificar ferramentas de suporte à sua aplicação.

A metodologia proposta é constituída de diversas fases, que incluem o levantamento de informações referentes às características e necessidades do ambiente atual de informática da empresa e das suas tendências de evolução, a especificação dos requisitos de projeto e a elaboração dos projetos físico e lógico, propriamente ditos. Cada uma dessas fases, com exceção da referente ao projeto lógico que está fora do escopo deste trabalho, é descrita, detalhando-se as suas entradas, os procedimentos executados e os resultados gerados.

[Com o objetivo de auxiliar o projetista na fase de projeto físico, são especificadas duas ferramentas: "ferramenta de cabeamento estruturado" e "ferramenta de seleção de equipamentos". A primeira opera como um sistema de CAD/CAE (*Computer Aided Design/Computer Aided Engineering*) permitindo que o projetista elabore as plantas civil, de instalação elétrica e da infra-estrutura de comunicação de andares de um prédio ou de um campus e desenvolva o seu projeto de cabeamento estruturado. Para tanto, essa ferramenta verifica as regras de projeto para cada ação executada pelo projetista, implementa tais regras, quando estiver operando em modo automático, e auxilia o projetista na seleção dos componentes de distribuição mais adequados ao projeto.

A segunda ferramenta implementa um "driver" da metodologia proposta. Permite que o projetista especifique as sub-redes (grupos de trabalho e redes *backbones*) do ambiente de redes a ser projetado e o auxilia na seleção da tecnologia e dos equipamentos mais apropriados para cada uma dessas sub-redes. No caso específico da seleção da tecnologia e equipamentos de rede, essa ferramenta determina o conjunto de tecnologias e equipamentos que podem ser empregados em cada sub-rede, aplicando regras de projeto e utilizando informações sobre tecnologias e equipamentos de rede cadastrados na sua base de dados e sobre as características do ambiente de informática considerado e os requisitos de projeto fornecidas pelo próprio projetista.]

A utilização da metodologia proposta com o suporte de tais ferramentas garante a qualidade e precisão almejada em qualquer projeto de redes, sistematizando as suas etapas e fornecendo subsídios para que o projetista especifique a solução desejada para o mesmo.

Abstract

Today, networks are assuming an increasing importance in all kinds of companies, like bureau of services, bank organizations, shopping stores, educational institutions and hospitals, among others. As a consequence, it's becoming more important to offer to these companies high quality network designs, that could warranty the return of the investments made.

A high quality design should fulfil the company needs, the addition of new services as the information system evolves and be capable of implementation according to the company budget and time constraints.

To achieve this goal it is important to count with a powerful local network design methodology and with designers with strong theoretical and practical knowledge. The designer should apply such methodology and the corresponding designing rules to define the most appropriate network technology and equipments.

Inside this context, the purpose of this work is to propose a local network design methodology for environments spanning from a few floors of a building to various buildings comprising a campus and the supporting software tools for its application.

The proposed methodology consists of various phases: collecting all the information concerning the needs and characteristics of the company's present computing environment, their future trends and the development of the physical and logical network design. With exception of the logical network design, that is out of the scope of this work, this methodology specifies the inputs, the procedures and the expected results for each phase.

With the purpose of helping the designer during the physical network design phase two software tools are specified: structured cabling tool and equipment selection tool. The first one run like a CAD/CAE (Computer Aided Design/Computer Aided Engineering), allowing the designer to enter the civil plant, the electrical installation and the communication infrastructure for the building and campus and to develop of the structured cabling solution. In order to accomplish these objectives, this tool verifies the designing rules for each action, implements these rules when operating in the automatic mode, and helps the designer in the selection of the most suited distribution components.

The second tool implements a driver of the proposed methodology. It allows the designer to specify the sub-networks (workgroups and backbone networks) and helps with the selection of the most suited technology and network equipments for each sub-network. This tool also chooses the set of technologies and network equipments that could be used in each sub-network. It provides these choices based on the designing rules, on a database of technologies and equipments and on the characteristics of the computing environment and the design requirements provided by the designer.

The use of the proposed methodology and its supporting tool's warranties the targeted quality and precision for any network design, organize its application and give the necessary information allowing the designer to specify the desired solution.

O grande desafio de nossas vidas é aprender a amar. Amar as pessoas, os lugares e tudo o que fazemos ... A partir daí, tudo soa como uma suave melodia, tudo brilha, tudo é interessante...

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Capítulo 1 - Introdução

1.1 Objetivo

O objetivo desta tese é apresentar uma metodologia de desenvolvimento de projetos de redes locais baseada no conhecimento técnico teórico e prático de projetos desta natureza; identificar, compilar e definir regras de projeto que fundamentam e dão uma natureza prática a essa metodologia; e especificar ferramentas de suporte que sistematizem a sua aplicação, verifiquem e implementem tais regras de projeto e ofereçam subsídios para a seleção de componentes de mercado mais adequados à implantação do projeto elaborado.

A metodologia proposta focaliza projetos desenvolvidos dentro do contexto de redes corporativas, envolvendo a interconexão de redes existentes em diferentes andares de um prédio ou dispersas através de prédios de um campus. Neste cenário, podem ser identificados, basicamente, três níveis hierárquicos de sistemas. O primeiro nível, ou nível inferior, engloba as redes locais instaladas nos diversos andares de cada prédio desse campus. O nível intermediário é constituído de uma ou mais redes *backbones* usadas na interconexão de tais sub-redes. Por último, o nível superior corresponde a uma rede *backbone* de campus, que conecta as redes, de cada prédio, entre si. Tal metodologia permite desenvolver projetos de redes locais considerando cada um destes sistemas e suas interdependências.

1.2 Motivação

Atualmente, pode-se dizer que a utilização de redes locais é disseminada nos mais diversos ambientes, incluindo escritórios, bancos, plantas fabris, hospitais, entre outros. O número de redes instaladas é crescente e envolve não apenas a aquisição de novas redes, como também a ampliação e renovação de parques de redes já instalados. Tal ampliação e renovação se verifica, normalmente, em decorrência da necessidade de absorver novos usuários e adicionar novos serviços às redes já existentes e, na maioria das vezes, pressupõe a incorporação de novas tecnologias.

Contudo, o que se percebe na maioria das empresas é a inexistência de um projeto e um plano de implantação que contemple a instalação das diversas redes de maneira gradativa com a incorporação, também gradativa, de novos usuários e serviços. O que costuma acontecer é a instalação de redes departamentais, de maneira isolada e por vezes até caótica, sem que sejam avaliadas, de maneira adequada e abrangente, as necessidades dos seus potenciais usuários e os tipos de serviços que devem ser oferecidos de modo a atendê-las e sem que seja prevista a sua integração dentro do âmbito da empresa como um todo. Esta situação mantém-se até que, em um dado momento, se detecta, a nível organizacional, a necessidade de se ter uma rede corporativa como suporte aos processos internos e à

própria atuação da empresa junto ao mercado, integrando as redes já existentes. Esta integração, na maioria das vezes, devido à falta de planejamento anterior, não é trivial e pode implicar na perda de investimentos já realizados a níveis departamentais.

Para evitar problemas dessa natureza, o emprego de uma metodologia de projeto que sistematize a sua implementação a partir da determinação de requisitos do ambiente de informática que retratem as necessidades atuais e de evolução da rede corporativa da empresa e permitam integrar os recursos já existentes é fundamental.

Mesmo contando com uma poderosa metodologia de projeto de redes, a enorme variedade de alternativas e soluções tecnológicas, tanto para a infra-estrutura de cabeamento como para equipamentos de rede (hardware, software), e as características próprias do ambiente de informática, para o qual o projeto deve ser desenvolvido, constituem complicadores adicionais para a execução do projeto, pois o volume de informações a serem consideradas é, normalmente, muito grande e acabam por requerer do projetista uma base sólida de conhecimento técnico e de prática em projeto de redes, o que nem sempre é possível.

Como consequência, é, atualmente, muito comum se encontrar projetos realizados que não conseguem contemplar toda a vasta gama de restrições ou requisitos, que deveriam ter sido levados em conta, e que resultam em insatisfação ou até mesmo em rejeição por parte dos usuários, que vêem o novo ambiente de informática como um empecilho para a realização das suas tarefas cotidianas e não como um meio de melhorar a produtividade e qualidade do trabalho executado. Como consequência, torna-se necessário que novos investimentos sejam realizados no sentido de ajustar o projeto original às reais necessidades do ambiente corporativo.

Tais motivos justificam o esforço em se definir uma metodologia de projeto de rede local que, obrigatoriamente, estabeleça etapas de projeto bem definidas e permita desenvolver um projeto, de forma sistemática, considerando as características peculiares do ambiente de informática objeto de tal projeto, contemplando todas as suas necessidades, sem deixar de cuidar de nenhuma regra ou restrição de projeto, e tendo, como resultado, uma documentação compatível e totalmente conforme com o projeto realizado.

Para esta metodologia conseguir atingir tal objetivo, é necessário, ainda, que seja instrumentada por um conjunto de ferramentas que auxiliem o projetista a lidar com o grande volume de informações necessárias e oriente o processo de tomada de decisão e a própria elaboração do projeto.

1.3 Escopo do Trabalho

Com base nas necessidades e problemas levantados no item anterior e na experiência vivenciada em vários projetos de redes locais, desenvolveu-se uma metodologia de projeto de redes e especificou-se um conjunto de ferramentas de suporte à sua aplicação, baseadas na verificação e implementação de regras

ou restrições de projeto que sintetizam e utilizam o acervo técnico e a experiência prática em projetos desta natureza.

A metodologia proposta envolve, como primeira etapa, o levantamento das características particulares, das necessidades atuais e das tendências de evolução do ambiente de informática da empresa considerada.

Tal levantamento deve oferecer subsídios para a determinação dos requisitos funcionais do projeto a ser desenvolvido, resultando na elaboração do que é chamado de especificação de requisitos, que contém uma definição macro da topologia geral da rede e dos requisitos associados a cada um dos seus componentes.

A partir dessa especificação de requisitos e das informações relevantes sobre as características do ambiente de informática é possível, então, desenvolver os projetos físico e lógico da rede. O projeto físico envolve desde a definição da infra-estrutura de cabeamento até a definição das características dos equipamentos de rede a serem adquiridos. O projeto de infra-estrutura de cabeamento deve ser baseado na técnica de cabeamento estruturado que garante a expansibilidade e mobilidade das estações da rede. Por outro lado, a definição dos equipamentos de rede implica na avaliação das tecnologias e produtos de mercado e deve considerar, entre outras coisas, a possibilidade de incorporação de tecnologias emergentes, atendendo aos requisitos de evolução do ambiente de redes da empresa. O projeto lógico, por sua vez, engloba a definição da configuração lógica da rede, incluindo a especificação da plataforma de software, da arquitetura de protocolo de comunicação e dos aplicativos de rede, bem como da infra-estrutura de gerenciamento e segurança. Todavia, é bom ressaltar que os fatores custo e prazo, na grande maioria dos casos, são preponderantes na determinação da solução a ser adotada, que pode não ser a melhor solução técnica.

No que se refere à metodologia proposta, o escopo deste trabalho se restringe ao detalhamento das fases de levantamento de informações, especificação de requisitos e projeto físico. Do projeto lógico apenas são detalhados, nas fases que o precedem, todas as informações iniciais necessárias à sua execução.

Dentro do contexto desta metodologia, foram definidas duas ferramentas de suporte ao desenvolvimento de projeto de redes: a primeira é voltada ao desenvolvimento do projeto de cabeamento estruturado de redes de um prédio e de um campus; a segunda implementa um “*driver*” da metodologia proposta, oferecendo recursos para a definição das sub-redes (grupos de trabalho e redes *backbones*) que compõem o ambiente de informática considerado, e a seleção da tecnologia e dos equipamentos (e.g., *hubs*, pontes e roteadores, entre outros) a serem empregados em cada uma dessas sub-redes e na sua interconexão.

A ferramenta de cabeamento estruturado possui as funcionalidades equivalentes de um CAD/CAE (*Computer Aided Design/Computer Aided Engineering*), permitindo, tanto no caso de um campus como do andar de um prédio, desenhar a sua planta civil, a infra-estrutura de instalação elétrica e o sistema de distribuição de comunicação. Os componentes de construção civil e instalação elétrica impõem restrições

à instalação do sistema de distribuição de comunicação, se este já não existir como infra-estrutura para o sistema de telefonia, que devem ser consideradas durante o seu projeto. Um duto de distribuição existente no teto, por exemplo, não deve passar muito próximo dos pontos de luz, principalmente, de luz fluorescente, devido à interferência eletromagnética que tais fontes geram. Tais restrições e as regras de projeto específicas ao sistema de cabeamento são verificadas pela ferramenta à medida em que o projetista, utilizando os seus recursos, vai inserindo na planta considerada os diversos componentes de distribuição e cabeamento, ou aplicadas, diretamente, pela própria ferramenta, quando essa, em modo automático, é responsável por tomar parte das decisões de projeto. Como resultado, pode-se solicitar a impressão das plantas elaboradas e da lista de componentes gastos no projeto de cabeamento estruturado realizado.

A ferramenta de seleção de equipamentos, por sua vez, oferece recursos para o projetista definir a topologia geral do ambiente de redes considerado, que pode envolver vários andares de um prédio e/ou vários prédios de um campus, e especificar os requisitos associados a cada uma das suas sub-redes, a tecnologia e os equipamentos que devem ser empregados para implementá-las. Tem, como ponto de partida, os resultados do projeto de cabeamento desenvolvido, utilizando-se a primeira ferramenta. A definição da topologia geral da rede é realizada, verificando-se se as decisões de projeto tomadas pelo projetista não infringem nenhuma regra de projeto aplicada pela ferramenta. As especificações da tecnologia e dos equipamentos de rede, por sua vez, são efetuadas mediante a seleção de uma lista de alternativas fornecidas pela própria ferramenta. Tais listas, de tecnologias e equipamentos de rede, são geradas considerando as características do ambiente de informática, os requisitos de projeto fornecidos pelo projetista e outras informações contidas na sua base de dados. No caso específico da seleção das tecnologias, tais informações incluem as tecnologias disponíveis no mercado e as correspondentes regras de projeto. Já a seleção de equipamentos requer informações sobre os equipamentos existentes e suas principais características. Como resultado, pode-se solicitar a impressão de três tipos de desenhos esquemáticos, além da lista de equipamentos empregados no projeto e suas principais características. Tais desenhos englobam a topologia geral da rede, em que é detalhada a sua configuração básica constituída de sub-redes no papel de grupos de trabalho e de redes *backbone*; a topologia das sub-redes com indicação das tecnologias selecionadas para as mesmas e a função dos elementos usados na sua interconexão; e, por último, a topologia física da rede que mostra os equipamentos escolhidos para implementar cada um dos componentes (sub-redes e elementos de interconexão) do ambiente de redes projetado e sua interconexão.

Tais ferramentas visam oferecer suporte ao desenvolvimento da fase de projeto físico da metodologia proposta.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, excluindo o capítulo corrente, com o seguinte conteúdo temático:

- **Capítulo 2: Tecnologias de Redes Locais e Metropolitanas**

Contém um tutorial sobre tecnologias de rede, tendo sido organizado em seis partes abordando:

- ♦ conceitos gerais sobre tecnologias de rede, incluindo técnicas de comutação, modos de transmissão (assíncrono, síncrono e isócrono) e critérios de classificação de redes (locais, metropolitanas e de longa distância);
- ♦ descrição das características básicas das tecnologias de redes locais, detalhando-se as suas funcionalidades, a sua arquitetura interna em termos de camadas e subcamadas do Modelo OSI (*Open System Interconnection*), os meios físicos de transmissão suportados e as principais regras de projetos a serem aplicadas quando da sua utilização. Dentro desta categoria de rede, são apresentadas as redes Ethernet, Token Ring, Fast Ethernet e 100VG-AnyLAN;
- ♦ apresentação das tecnologias de redes locais/metropolitanas, usadas mais no contexto de redes *backbones*, valendo o mesmo enfoque da parte anterior, aplicado às redes FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) e ATM (*Asynchronous Transfer Mode*);
- ♦ apresentação dos tipos de elementos empregados na interconexão de redes, que incluem equipamentos comutadores (*switches*), repetidores, pontes e roteadores;
- ♦ análise comparativa das tecnologias de rede, adotando-se, como parâmetros, o método de acesso, a taxa de transmissão, o alcance, os tipos de serviço suportados, disponibilidade de produtos, entre outros;

- **Capítulo 3: Tecnologia de Cabeamento Estruturado**

Foi organizado em seis partes, que tratam dos seguintes aspectos:

- ♦ visão geral da tecnologia de cabeamento estruturado, onde são descritos os principais componentes de um sistema cabeamento estruturado e a relação existente entre os mesmos. Tais componentes incluem: as tomadas de comunicação, os quadros de distribuição e os sistemas de distribuição propriamente ditos;
- ♦ descrição dos tipos de tomadas de comunicação, que dependem do número e tipos de conectores empregados e da sua montagem, e dos cabos de estação, usados para interconectar as estações às respectivas tomadas;

- ♦ categorização de quadros de distribuição e de seus principais componentes, que englobam os *patch panels*, distribuidores ópticos, blocos de conexão e cabos (*patch cords* e cabos de equipamentos);
- ♦ apresentação dos diversos tipos de sistemas de distribuição horizontal, que incluem: sob piso, teto falso, adaptável, sob carpete e piso elevado; dos sistemas de distribuição vertical e do campus. Para cada um destes sistemas, são descritos os tipos de componentes de distribuição (e.g., dutos, caixas de junção, caixas de passagem, entre outros) e tipos de cabos empregados;
- ♦ especificação das regras e parâmetros a serem adotados no projeto de sistemas de cabeamento estruturado de modo a assegurar a sua confiabilidade, expansibilidade e a mobilidade das estações;

• Capítulo 4: Metodologia de Projeto de Redes locais

Foi organizado em quatro partes, englobando:

- ♦ descrição geral da metodologia, que inclui as etapas de levantamento de informações sobre o ambiente de informática objeto do projeto, especificação dos requisitos de projeto e desenvolvimento dos projetos físico e lógico da rede;
- ♦ descrição das diversas fases de projeto e os resultados obtidos na sua execução. Em conformidade com o escopo do trabalho apresentado anteriormente, são detalhadas somente as fases de levantamento de informações, especificação dos requisitos e projeto físico;
- ♦ apresentação de um exemplo ilustrativo, envolvendo o projeto do sistema de cabeamento e das redes propriamente ditas instaladas em dezessete prédios interconectados através de uma rede *backbone*, no qual foi aplicada a metodologia proposta;
- ♦ avaliação da metodologia proposta frente aos objetivos a que se propõe e aos resultados obtidos.

• Capítulo 5: Ferramentas de Projetos de Redes Locais

Este capítulo foi organizado em três partes. As duas primeiras contêm a especificação das ferramentas de projeto de redes, que incluem: uma ferramenta de projeto de cabeamento estruturado, e outra de seleção de equipamentos. Tal especificação é apresentada através de:

- ♦ descrição das suas funcionalidades básicas, da sua interface homem-máquina, englobando uma visão geral da sua tela básica, constituída, normalmente, de uma barra de menu, uma barra de status, uma ou mais barras de ferramentas e a área de trabalho propriamente dita e a apresentação dos comandos e recursos disponíveis através de tais barras; dos procedimentos de utilização de tais ferramentas; e dos tipos de documentação gerada pela mesma;

- ♦ descrição de aspectos de implementação, incluindo a relação de todas as regras de projeto envolvidas e a definição da ação efetuada pela ferramenta de modo a aplicá-las, o detalhamento macro dos algoritmos a serem implementados e o esboço da base de dados a ser empregada em cada caso;

A última parte deste capítulo contém uma avaliação dessas ferramentas e de sua aplicabilidade no em projetos de redes desenvolvidos de acordo com a metodologia proposta.

• Capítulo 6: Considerações Finais

Este último capítulo avalia as contribuições deste trabalho de tese de doutorado e as tendências de evolução das atividades dentro desta área de pesquisa, de modo a garantir a continuidade do mesmo e a obtenção de resultados que possam ser aplicados dentro de atividades didáticas e de desenvolvimento de projetos propriamente ditos.

CAPÍTULO 2

TECNOLOGIAS DE REDES LOCAIS E METROPOLITANAS

Capítulo 2 - Tecnologias de Redes Locais e Metropolitanas

2.1 Introdução

Este capítulo tem por objetivo apresentar uma visão geral sobre as tecnologias de redes locais e metropolitanas. Dentro deste contexto, na sua primeira parte são apresentados alguns conceitos gerais que serão tomados como base na análise comparativa a ser realizada entre as diversas tecnologias de rede que serão descritas no decorrer deste capítulo. Tais conceitos envolvem técnicas de comutação, modos de transmissão, topologias de rede e classificação das redes de acordo com sua alcançabilidade.

Na segunda parte, são descritas as tecnologias de redes locais e metropolitanas propriamente ditas. Tal descrição inclui, fundamentalmente, a apresentação da arquitetura de protocolo, do método de controle de acesso ao meio e dos tipos de meios de transmissão empregados. Além disso, são discutidas as regras de projeto específicas para cada tecnologia e outras de caráter mais geral, que devem ser verificadas pelas ferramentas de projeto de redes propostas neste trabalho. Tais tecnologias englobam as redes Ethernet, Token Ring e 100VG-AnyLAN, consideradas tecnologias de redes locais, redes FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*), usadas no âmbito tanto de rede local como de rede metropolitana, e, por último, as redes ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), que podem operar desde como redes locais até como redes de longa distância.

Segue-se, uma terceira parte, em que são discutidos os problemas normalmente encontrados na interconexão de redes, de mesma tecnologia ou heterogêneas. São descritas as principais características dos diversos tipos de elementos de interconexão, que incluem repetidores, pontes (ou *bridges*) e roteadores, bem como também regras de projeto que devem ser obedecidas quando do emprego de tais elementos de interconexão.

Por último, é realizada uma análise comparativa entre as diversas tecnologias apresentadas anteriormente, tomando como critérios a técnica de comutação empregada, o método de acesso, a topologia da rede, as características dos meios de transmissão suportados e os tipos de serviços oferecidos, entre outros. Tal análise servirá de subsídio para a avaliação das tendências tecnológicas nesta área de projeto de redes locais e metropolitanas.

2.2 Conceitos Gerais

Conforme foi dito anteriormente, nesta parte são apresentados alguns conceitos de caráter geral, que servirão como critérios básicos para a análise comparativa das tecnologias de redes locais e metropolitanas descritas neste capítulo e da avaliação da aplicabilidade das mesmas.

2.2.1 Técnicas de Comutação

Com o objetivo de possibilitar o compartilhamento dos meios de transmissão, existem algumas técnicas de comutação que definem como as informações (dados, voz ou vídeo) são transportadas através de uma rede. A Figura 2.1 mostra as duas principais técnicas de comutação, comutação de circuitos e comutação de pacotes, e algumas de suas variantes representadas segundo um gráfico [STALLINGS93b], que ilustra como variam a complexidade e as taxas de transmissão destas técnicas. De um lado, tem-se a técnica de comutação de circuitos que requer pouca complexidade de processamento dos seus nós e suportam taxa de bit constante (CBR - *Constant Bit Rate*). Do lado oposto, tem-se a técnica de comutação de pacotes que requer maior complexidade de processamento nos nós e oferece, em contrapartida, grande flexibilidade no que diz respeito ao suporte de tráfego inconstante e taxa de bit variável (VBR - *Variable Bit Rate*).

Tais técnicas, suas principais características, vantagens e desvantagens, são discutidas em maior detalhe nos itens que se seguem.

Figura 2.1 - Técnicas de Comutação

2.2.1.1 Comutação por Circuito

Este tipo de técnica de comutação surgiu com o sistema de telefonia pública. É estabelecido um circuito entre os usuários finais, que possui uma capacidade fixa e permanece alocado enquanto a conexão (chamada) não terminar. Se não houver disponibilidade de circuitos, não é possível estabelecer uma conexão entre esses usuários; mas, uma vez que a mesma seja estabelecida, não ocorrem mais problemas de congestionamento e os dados podem ser transferidos entre os usuários finais sem ser necessário o armazenamento temporário dos mesmos nos nós comutadores. Para acomodar requisitos de diferentes taxas de transmissão e múltiplos usuários nos pontos finais, um circuito pode ser multiplexado, empregando-se uma das técnicas de comutação: TDM (*Time Division Multiplexing*) ou FDM (*Frequency Division Multiplexing*).

A Figura 2.2 mostra um exemplo em que os computadores A e C, e B e D se comunicam utilizando a infra-estrutura da rede de telefonia. No caso da comunicação entre A e C, pode-se observar que o estabelecimento de conexão entre os nós comutadores A, B, C e D demora um certo tempo, mas, uma vez estabelecida, pode-se proceder com a transferência de dados fim-a-fim sem que ocorra o armazenamento dos dados nos nós comutadores.

Figura 2.2 - Técnica de Comutação de Circuitos

Em sistemas, que utilizam este tipo de técnica de comutação, a tarifação é, normalmente, baseada na distância entre os usuários finais e no tempo de duração da conexão. Como suas principais vantagens, podem-se citar: a adequação a aplicações, que envolvem taxas de transmissão fixa e alto índice de utilização; o suporte a aplicações sensíveis a atrasos, como é o caso de voz; e a inexistência de problemas de congestionamento durante a transmissão de dados. Por outro lado, como desvantagens, tem-se: a alocação dos circuitos, de maneira dedicada, para cada conexão; a sua inadequação a aplicações, que

geram tráfego em rajadas (*bursty*), que é melhor tratado utilizando-se a técnica de comutação de pacotes; e a complexidade de chaveamento de canais com altas taxas de transmissão diferentes entre si.

2.2.1.2 Comutação por Pacotes

As redes de comutação de pacotes permitem que diversos usuários compartilhem os seus recursos e a sua banda de transmissão através da multiplexação de vários canais lógicos sobre uma única conexão física. O tráfego gerado em cada nó comutador é agregado estatisticamente (TDM estatístico), sendo, portanto, a banda de transmissão alocada de acordo com a demanda. Tais redes operam com pacotes de tamanho variável no modo *store-and-forward*, visto que os pacotes, transmitidos através dessas redes, podem ficar, temporariamente, armazenados nos nós comutadores. No caso de sobrecarga, se for excedida a capacidade de armazenamento dos nós comutadores, pode ocorrer, então, a perda de pacotes, o que requer a implementação de mecanismos de detecção e recuperação de erros. Diferentemente das redes de comutação de circuitos, este tipo de rede tem a sua tarifação baseada no tráfego e no tempo de conexão.

Como exemplo de redes de comutação de pacotes, podem-se citar as redes X.25. Os protocolos X.25, níveis 2 e 3, apresentam grande *overhead* devido aos seus mecanismos de detecção e recuperação de erros implementados na comunicação ponto-a-ponto (nível 2) e fim-a-fim (nível 3). Tais redes são inadequadas para aplicações com altas taxas de transmissão e sensíveis a atraso, devido a tal *overhead* e pelo seu caráter assíncrono.

As redes *Frame Relay* representam uma evolução das redes X.25 e da própria técnica de comutação de pacotes. Foram desenvolvidas para facilidades de comunicação com taxas de transmissão mais altas e taxas de erros bem mais reduzidas em relação às facilidades existentes na época do advento das redes X.25. Neste tipo de rede, há, também, o compartilhamento da banda de transmissão através da multiplexação de vários circuitos virtuais sobre um único circuito físico, sendo a alocação desta banda realizada sob demanda. Opera com quadros de tamanho variável, tipicamente, a uma taxa de transmissão de 2 Mbps, não sendo implementados mecanismos de correção de erros e nem de controle de fluxo fim-a-fim. O congestionamento da rede é tratado, descartando-se quadros de baixa prioridade, que são retransmitidos, posteriormente, devido à ação das camadas superiores de protocolo. O emprego de redes *Frame Relay* é adequado na interconexão de redes locais situadas em áreas geográficas distantes entre si (no âmbito de redes de longa distância).

A Figura 2.3 mostra um exemplo de rede de comutação de pacotes. No diagrama de tempo desta figura, pode-se observar a realização do compartilhamento dos troncos no transporte de pacotes referentes a comunicações fim-a-fim diferentes (entre os computadores B e D e entre B e C).

Figura 2.3 - Técnica de Comutação de Pacotes

Como vantagens da técnica de comutação de pacotes, podem-se mencionar: a utilização da banda de transmissão de acordo com a demanda; a adequação a aplicações com taxa de transmissão variável (tráfego em rajadas); e a possibilidade de se utilizar rotas alternativas, sem ser necessário estabelecer um novo circuito, quando da falha de algum nó ou enlace. Em relação às desvantagens, destacam-se: a falta de suporte a aplicações sensíveis a atrasos; a perda de pacotes devido ao congestionamento da rede; a necessidade de implementação de mecanismos de detecção e recuperação de erros, incluindo reordenação e retransmissão de pacotes.

2.2.1.3 Comutação por Células

A banda de transmissão das redes de comutação de células é, também, compartilhada entre vários usuários através da multiplexação de vários canais lógicos sobre uma única interface física. Tal banda é alocada dinamicamente de acordo com a demanda. Diferentemente da técnica de comutação de pacotes, as redes deste tipo operam com células de tamanho fixo, o que reduz o *overhead* de seu processamento e

possibilita o tráfego de informações tanto com taxa de bit variável como fixa. Estas redes empregam, normalmente, meios de comunicação que suportam altas taxas de transmissão e são, extremamente, confiáveis como é o caso da fibra óptica; não implementam, desta forma, mecanismos de controle de fluxo e, apenas, mecanismos de controle de erros bem limitados, funções que ficam a cargo das camadas superiores de protocolo.

Como exemplo de redes de comutação de células, têm-se as redes ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), que operam com células de tamanho fixo de 53 bytes (5 bytes de cabeçalho e 48 de informação) sobre fibra óptica, cabo UTP - Categoria 5 e outros meios de transmissão a taxas que variam desde 25 Mbps até a ordem de Gbps. Tais redes são descritas no item 2.3.6.

A Figura 2.4 mostra um exemplo de rede de comutação de células. No diagrama de tempo desta figura, pode-se observar a realização do compartilhamento dos recursos da rede entre comunicações simultâneas envolvendo sistemas finais diferentes. Comparando esta figura com a Figura 2.3, no caso específico da comunicação entre os computadores A e C, pode-se constatar que a troca de dados na rede de comutação de pacotes é mais otimizada que para a rede de comutação de células.

Como vantagens oferecidas por este tipo de rede, destacam-se o suporte a serviços de dados (textos e imagens estáticas), voz e vídeo; a possibilidade de transferir informações de naturezas diferentes de maneira integrada; e a integração de redes e sistemas de comunicação de dados, voz e vídeo. Em contrapartida, tem, como desvantagens, a operação não otimizada de nenhum tipo de serviço, dados, voz e vídeo; e o fato de requerer uma infra-estrutura de comunicação pouco suscetível a erros e com altas taxas de transmissão.

Figura 2.4 - Técnica de Comutação de Células

2.2.2 Modos de Transmissão

Outro aspecto bastante importante na classificação de redes está relacionado ao seu modo de transmissão: assíncrono, síncrono e isócrono, que determinam os tipos de aplicações que um determinado tipo de rede suporta. Contudo, a conceituação destes modos de transmissão varia algumas vezes de uma padronização para outra ou de uma tecnologia para outra [STALLINGS93b], conforme é mostrado nos itens que se seguem.

2.1.2.1 Transmissão Assíncrona

Segundo a recomendação do CCITT - G.701, no modo de transmissão assíncrono, a característica essencial de escalas de tempo ou sinais é que seus correspondentes instantes significativos não ocorrem, necessariamente, na mesma taxa média. Segundo a padronização ISO2382, a transmissão assíncrona

corresponde à transmissão de dados, em que o instante de ocorrência de cada caractere ou bloco de caracteres é arbitrária.

Tomando tais definições como base, podem-se considerar, como redes assíncronas, as redes Ethernet, que empregam o método de controle de acesso ao meio (subcamada MAC - *Medium Access Control*) conhecido como CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*). Neste tipo de rede, as suas estações transmitem dados somente se o meio estiver livre e, se o meio estiver ocupado ou ocorrer uma colisão, tais estações tentam retransmitir os seus dados depois de um intervalo aleatório de tempo. Como é desconhecido o instante de tempo em que cada estação pode conseguir acessar o meio, diz-se que as redes Ethernet operam no modo assíncrono.

2.1.2.2 Transmissão Síncrona

Segundo a recomendação do CCITT - G.701, no modo de transmissão síncrono, a característica essencial de escalas de tempo ou sinais é que seus correspondentes instantes significativos ocorrem precisamente na mesma taxa média. Segundo a padronização ISO 2382, a transmissão síncrona corresponde à transmissão de dados, em que o instante de ocorrência de cada sinal correspondente a um bit está relacionado a uma base fixa de tempo.

As normas das redes FDDI [ISO9314-2] trazem definições específicas para operação em anel FDDI referentes aos serviços assíncrono e síncrono. O serviço assíncrono é definido como uma classe de serviço de transmissão de dados, em que todos pedidos de serviço competem pela banda de transmissão do anel, que é dinamicamente alocada, e pelo tempo de resposta. O serviço síncrono, por sua vez, é aquele em que para cada requisitante (estação ativa da rede) é pré-alocada uma banda de transmissão máxima e garantido que o tempo de resposta não exceda um atraso específico.

De acordo com as definições do CCITT- G.701, da ISO 2382 e da ISO 9314-2, as redes FDDI oferecem os serviços assíncrono e síncrono [ISO9314-2]. Toda estação de uma rede FDDI tem a garantia que receberá o *token* a cada intervalo máximo igual a $2 \cdot \text{TRT}$ (*Token Rotation Time*), podendo, então, transmitir os quadros síncronos. Se o *token* chegar adiantado, i.e., antes de ter transcorrido o intervalo igual a TRT desde a última vez que o *token* foi recebido, podem ser enviados os quadros assíncronos no tempo restante. Se, por outro lado, o *token* chegar atrasado, os quadros assíncronos não poderão ser transmitidos, devendo ser aguardada, então, a próxima vez que o *token* passar pela estação.

2.1.2.3 Transmissão Isócrona

Por último, na transmissão isócrona, segundo a recomendação do CCITT - G.701, a característica essencial de escalas de tempo ou sinais é que os intervalos de tempo entre instantes significativos consecutivos têm a mesma duração ou durações que são múltiplos inteiros da duração mais curta. Segundo a padronização ISO 2382, a transmissão isócrona corresponde àquela em que há sempre um número inteiro de intervalos unitários entre dois quaisquer intervalos significativos.

Como exemplos de redes isócronas, podem-se citar as redes FDDI-II e as redes ATM. As redes FDDI-II oferecem os três tipos de serviço: assíncrono, síncrono e isócrono. Os serviços assíncrono e síncrono correspondem aos mesmos oferecidos pelas redes FDDI e funcionam conforme foi descrito sucintamente no item anterior (item 2.1.2.2). O serviço isócrono opera através da transmissão de um ciclo, um tipo de quadro estruturado em diversos canais, através da rede. Tal ciclo é inserido na rede a cada 125µs pela estação mestre e retirado, pela mesma, depois de completar uma volta pelo anel. As redes ATM, por sua vez, operam sobre as hierarquias SONET/SDH (*Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy*), que funcionam de maneira similar aos ciclos das redes FDDI-II. Neste caso, cada porta de um nó ATM é comutada a cada 125µs, sendo as células acomodadas em quadros STS-n e STM-n dessas hierarquias.

2.2.3 Topologias de Rede

A topologia de uma rede define como os seus nós ou estações estão interconectados e determina os caminhos possíveis existentes entre um par qualquer de estações [STALLINGS93a]. Podem-se identificar quatro tipos básicos de topologias: estrela, árvore/via, anel e grafo (Figura 2.5), sendo que uma rede pode possuir uma dessas topologias ou ser constituída de diversas sub-redes com topologias diferentes entre si.

2.2.3.1 Topologia em Estrela

Nesta topologia, existe um nó central ao qual estão interligados todos os nós secundários da rede. Normalmente, o nó central exerce as funções de concentrador, comutador e gerenciador das comunicações entre os nós secundários, podendo incorporar, também, funções de conversor de protocolos e casador de velocidades de transmissão entre os nós transmissor e receptor. Os nós secundários, por sua vez, podem ser sistemas mais simples, que se comunicam sempre através do nó central, podendo haver várias comunicações simultâneas envolvendo nós secundários diferentes [SOARES90].

Este tipo de topologia possui como desvantagens: a vulnerabilidade do nó central, que se falhar compromete a operação da rede como um todo, e a expansibilidade limitada pela capacidade do nó central tanto em termos de disponibilidade de interfaces de comunicação como possibilidade de gerenciar várias comunicações concorrentes. Por outro lado, a falha de qualquer nó secundário não compromete o funcionamento da rede como um todo, não é necessário implementar mecanismos de roteamento e pode-se empregar qualquer tipo de cabo visto que as ligações entre o nó central e nós secundários são ponto-a-ponto.

Redes com esta topologia são adequadas para aplicações centralizadas. Este é o caso de sistemas constituídos de diversos microcomputadores ou terminais ligados a um *mainframe*, em que este último centraliza todo o processamento dos dados obtidos das estações secundárias. Muitos dos sistemas deste

tipo vêm sendo, hoje, substituídos por sistemas distribuídos baseados na interconexão de diversas redes locais, através de processos de *downsizing*. O fator principal deste tipo de mudança é econômico, visto o alto custo do nó central e o custo decrescente das redes locais e microcomputadores.

Figura 2.5 - Topologias de Rede

2.2.3.2 Topologia em Via

As redes com topologia em via possuem configuração multi-ponto, sendo um caso particular da topologia em árvore. Assim, todo quadro transmitido por um nó de rede pode ser recebido (“ouvido”) por todos os demais nós da rede, o que facilita a implementação de sistemas de *broadcast* de mensagens na rede. A conexão dos nós ao meio de transmissão é, normalmente, efetuada através de componentes passivos, como é o caso dos *transceivers* usados em redes Ethernet, mais especificamente, as redes 10Base5.

A operação deste tipo de rede requer que exista um método de controle de acesso ao meio (MAC - *Medium Access Control*) que determine regras de acesso ao meio de transmissão pelos diversos nós da rede. Tais métodos podem ser distribuídos ou centralizados. Como exemplos de métodos distribuídos,

podem-se citar o CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) empregado em toda família de redes Ethernet (i.e., 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 10BaseF, 100BaseT4 e 100BaseX) e o de passagem de ficha, usado em redes Token Bus.

As redes em topologia de via baseadas em cabo coaxial, como as redes Ethernet (10Base5) e Cheapernet (10Base2), são vulneráveis a rompimento de cabo e mau contato nos conectores existentes nas junções dos seus diversos segmentos. Outro problema bastante comum encontrado neste tipo de rede está relacionado à reflexão do sinal transmitido que requer a utilização de terminadores nas extremidades de cada segmento de rede e impõe outras restrições relativas à distância que deve ser mantida entre os nós da rede. Tais restrições de distância bem como aquelas referentes ao número máximo de nós e comprimento máximo de um segmento de cabo dependem do tipo de cabo utilizado e da taxa de transmissão adotada. Respeitadas estas restrições, a inserção de novos nós é fácil e, em alguns casos, não implica nem em tirar a rede do ar (e.g., utilização de conectores por pressão). Da mesma maneira, limitações do comprimento máximo do cabo podem ser, facilmente, contornadas através do emprego de repetidores ou pontes (vide item 2.5).

Como alternativa, existem, hoje, muitos equipamentos de rede no mercado que implementam a topologia via/estrela. Tais equipamentos exercem a função de concentradores e são referenciados como *hubs*. Assim, um *hub* Ethernet (10BaseT ou 10BaseF) possui a estrutura interna de uma rede em via, implementada pelo *backplane* do *hub* que é usado para interconectar os diversos módulos de *transceiver*. Do ponto de vista externo, tem-se uma rede em estrela em que o papel do nó central é exercido pelo próprio *hub* ao qual estão conectadas as estações através de cabos de par trançado (redes 10BaseT) ou de fibra óptica (redes 10BaseF). Esta topologia reúne vantagens e desvantagens dos dois tipos de topologias. Como exemplo, pode-se citar o caso de falha do *hub* que compromete a rede como um todo. Tendo isto em vista, alguns *hubs* mais sofisticados, que são, normalmente, empregados em funções vitais de uma rede (e.g., rede *backbone*) têm sido equipados com facilidades que protegem a rede de uma eventual falha do mesmo. Tais facilidades incluem a existência de fonte dual, redundância de módulos vitais e recursos de *hot swapping*, entre outros.

2.2.3.3 Topologia em Anel

Neste tipo de rede, todas as estações são ligadas ao meio através de repetidores que são conectados entre si através de ligações ponto-a-ponto, constituindo uma malha fechada ou anel. Os repetidores são elementos ativos da rede, que à medida que recebem os dados do nó anterior os repassam para o nó seguinte. Normalmente, o próprio nó originador de um quadro é responsável por retirá-lo do anel, facilitando a implementação de mecanismos de *broadcast* e de diagnóstico e manutenção da rede [SOARES90]. A grande maioria das redes opera com anéis simples unidirecionais. Algumas redes, como as redes FDDI, empregam anéis duplos, sendo que, no caso de operação normal, apenas um dos anéis permanece ativo, podendo o segundo anel ser ativado em decorrência de falhas ou problemas desse primeiro anel (vide item 2.3.5).

A operação de uma rede em anel requer que seja implementado um método de acesso ao meio usado para determinar, em cada instante, qual a estação tem direito de acessá-la. Tanto as redes Token Ring como as redes FDDI empregam o método de passagem por ficha (*token passing*). Nestas redes, é essencial que sejam implementados, também, mecanismos de detecção e recuperação de erros para resolver problemas de perda de *token*, mensagens e *token* com alta prioridade persistentes, entre outros.

As redes em anel por se basearem em ligações ponto-a-ponto possibilitam o emprego de qualquer tipo de cabo, inclusive de fibra óptica, que é usado no caso de redes de alta velocidade como são as redes FDDI. Em princípio, devido à utilização de repetidores, este tipo de rede poderia ter um número infinito de nós, mas na prática problemas de tempo de propagação dos quadros, dificuldade de manutenção e de acúmulo de *timing jitter* acabam por restringir o número de nós conectados à rede. Para redes Token Ring, é especificado o número máximo de 72 estações sobre cabo UTP (*Unshielded Twisted Pair*) e de 250 estações sobre cabo STP (*Shielded Twisted Pair*) [STALLINGS90b].

Em relação à vulnerabilidade da rede, a falha de um repetidor ou o rompimento de um enlace interrompe a operação da rede. Tais problemas podem ser resolvidos através da incorporação de mecanismos de *bypass* aos repetidores, que seriam ativados no caso de falha dos mesmos, e da utilização de anéis duplos, onde um dos anéis exerceria o papel de *back up* do outro. De qualquer modo, devido à atenuação do sinal através do meio de transmissão, a rede deixaria de operar adequadamente se muitos repetidores em posições consecutivas no anel falhassem. Mecanismos de reconfiguração de redes em anel são discutidos em detalhe mais adiante para redes FDDI (vide item 2.3.5).

Em termos de expansibilidade, além das restrições já citadas relativas ao número máximo de nós, outra dificuldade encontrada está relacionada à instalação propriamente dita de um novo nó. Como alternativa para este problema e outros já citados, algumas redes em anel utilizam um concentrador central denominado *ring wiring concentrator* (Figura 2.6). Neste tipo de topologia, anel-estrela, os sistemas de *bypass* podem ser instalados no próprio concentrador e a inserção de uma nova estação implica em alterar apenas a configuração deste concentrador. Como desvantagem, tem-se a utilização de uma quantidade maior de cabo.

Legenda:

■ - Concentrador

□ - Repetidor

□ - Nó

Figura 2.6 - Topologia Anel-Estrela

2.2.3.4 Topologia em Grafo

Uma rede com topologia em grafo é constituída de diversos nós conectados entre si através de ligações ponto-a-ponto, podendo esta rede ser totalmente ou parcialmente ligada. Normalmente, empregam-se redes parcialmente ligadas, em que a decisão sobre quais nós devem estar conectados diretamente é baseada em uma avaliação do tráfego entre os nós da rede, objetivando-se a otimização do custo do meio de transmissão. Como casos particulares das redes parcialmente ligadas, tem-se as redes em estrela e em anel [SOARES90].

A operação de redes em grafo requer, normalmente, a execução de algoritmos de roteamento para determinar a melhor rota entre nós finais que desejam se comunicar. A existência de diversas rotas alternativas entre dois nós quaisquer da rede torna-a menos vulnerável a falhas de nós intermediários e até mesmo de troncos da rede.

Em termos de expansibilidade, a inserção de um novo nó na rede torna necessária a disponibilidade de interfaces de comunicação nos nós adjacentes, o que nem sempre é possível.

2.2.4 Classificação das Redes

Nos itens anteriores, foram apresentados conceitos referentes a técnicas de comutação, modos de transmissão e topologias que são empregados na classificação de redes. Mais usual que adotar estes critérios de classificação é considerar a área geográfica e a taxa de transmissão das redes. Dentro deste escopo, identificam-se quatro classes de redes [KESSLER94]:

- **Redes Locais (LAN - Local Area Networks):** são usadas, geralmente, para interconectar computadores pessoais ou estações de trabalho dentro de uma área geográfica pequena,

englobando uma sala, um andar de um prédio, um prédio ou até um conjunto concentrado de prédios. Operam tipicamente em uma taxa de 10 Mbps conectando até centenas de estações a uma distância de até 5 ou 10 Km.

Como exemplos desta classe de rede, podem-se citar as redes Ethernet que operam a uma taxa de 10 Mbps cobrindo uma extensão de até 2,5 Km (redes 10Base5) e as redes Token Ring que operam a uma taxa de 4 ou 16 Mbps abrangendo uma extensão da mesma ordem.

- **Redes Locais de Alta Velocidade (HSLN - *High-Speed Local Network*):** são usadas, normalmente, na interconexão de computadores com grande capacidade de processamento (e.g., servidores de arquivos, sistemas de CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturer*), sistemas de controle em tempo real, entre outros) e periféricos situados em uma área de aproximadamente 1 Km. Operam a uma taxa de transmissão entre 50 a 100 Mbps.

Como exemplo deste tipo de rede, tem-se as redes de *backbones* colapsadas (*collapsed backbones*) baseadas na tecnologia FDDI, que operam a taxa de transmissão de 100 Mbps, ou em tecnologias emergentes como as redes Fast Ethernet e 100VG-AnyLAN, que suportam a mesma taxa de transmissão que as redes FDDI. Nestes casos, as redes podem ser implementadas, fisicamente, através de um único *hub*, cujo *backplane* é constituído de várias vias de alta velocidade.

- **Redes Metropolitanas (MAN - *Metropolitan Area Networks*):** correspondem a uma classe intermediária entre as redes locais e de longa distância. São usadas na interconexão de redes locais e computadores, geralmente, com grande capacidade de processamento situados em um campus ou até mesmo em uma cidade. Operam em áreas da ordem de poucas centenas de Km a uma taxa de transmissão que varia entre 45 a 150 Mbps.

Como exemplo de utilização desta classe de redes, pode-se citar o caso de um conjunto industrial ou um campus universitário constituído de vários prédios, onde existem redes locais servindo aos diversos departamentos que funcionam nestes prédios. Para interconectar estas redes locais e servidores corporativos, pode-se empregar uma rede metropolitana baseada na tecnologia FDDI. As redes FDDI sobre fibra óptica multimodo 62,5/125µm suportam uma distância máxima de até 2 km entre as estações, cobrindo uma área de até 200 Km.

- **Redes de Longa Distância (WAN - *Wide Area Network*):** são usadas na interconexão de redes menores, locais ou metropolitanas, e sistemas computacionais dentro de áreas geográficas grandes, podendo envolver cidades, países e até continentes. Sua taxa de transmissão varia de 1200 bps até taxa maiores da ordem de centenas de Mbps ou dezenas de Gbps.

Um exemplo típico deste tipo de rede são as redes de comutação de pacotes ou redes X.25, que, hoje, operam no Brasil sobre enlaces de até 64 Kbps e em alguns casos 2 Mbps. Outro exemplo, são as redes Frame Relay, que operam tipicamente à taxa de transmissão de 2 Mbps.

Esta classificação não é rígida. Alguns autores [KUMAR95] [SPOHN93] definem, ainda, as redes globais (GAN - *Global Area Networks*). Tais redes seriam utilizadas na interconexão de países, operando em taxa entre 1,5 Mbps até 100 Gbps, ficando as redes de longa distância restritas ao âmbito de um país. Um exemplo típico de rede dessa classe é a própria rede Internet.

A Figura 2.7 apresenta uma adaptação do gráfico encontrado em [KESSLER94], que ilustra o escopo das diversas classes de redes em termos de área geográfica e taxa de transmissão. Pode-se dizer que esta classificação de redes é dinâmica, pois critérios adotados vão assumindo valores diferentes à medida que evoluem as tecnologias de redes. Dentro deste contexto, merecem ser mencionadas as redes ATM, que abrangem todas as classes de redes e operam a taxas que vão desde 25 Mbps até dezenas de Gbps.

Legenda:

HSLN - *High-Speed Local Network*

LAN - *Local Area Network*

MAN - *Metropolitan Area Network*

WAN - *Wide Area Network*

Figura 2.7 - Classificação das Redes segundo Área Geográfica e Taxa de Transmissão

2.3 Tecnologias de Redes Locais e Metropolitanas

No item anterior, foi apresentada uma classificação de redes de computadores, baseada na área geográfica e taxa de transmissão, que é adotada no decorrer do texto deste trabalho.

As padronizações das redes locais e metropolitanas são, normalmente, desenvolvidas por duas organizações o IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) e a ANSI (*American National Standards Institute*).

Em 1980, foi iniciado no IEEE o projeto 802 com o objetivo de elaborar padronizações para redes locais e metropolitanas, que operassem na faixa de 1 a 20 Mbps [STALLINGS93a]. Dentro deste projeto, o IEEE caracteriza as redes locais como [STALLINGS90]:

“As redes locais distinguem-se de outros tipos de redes de computadores pela sua **extensão geográfica** correspondente a um prédio de escritório, um armazém ou um campus.

As redes locais geralmente utilizam canais de comunicação com **alta taxa de transmissão, pequenos atrasos e baixa taxa de erros**.

Pertencem e são usadas e operadas, geralmente, por **uma única organização**. Ao contrário, as redes de longa distância interconectam diferentes partes do país e são de utilidade pública. As redes locais diferenciam-se, também, das demais classes de rede por serem otimizadas para a **interconexão de equipamentos de desktop** ou componentes dentro um único bloco de equipamento.”

Em relação às redes metropolitanas, as normas do IEEE especificam [STALLINGS93]:

“Uma rede metropolitana é otimizada para uma **área geográfica maior que uma rede local**, incluindo desde diversos blocos de prédios até cidades inteiras. Como as redes locais, as redes metropolitanas também dependem de canais de comunicação com **taxas de transmissão de moderada para alta**. **Taxas de erro e de atraso** podem ser levemente maiores que aquelas obtidas em redes locais. Uma rede metropolitana pode ser possuída e operada por **uma única organização**, mas, usualmente, são usadas por muitos indivíduos ou organizações. Redes metropolitanas podem, também, ser possuídas e operadas como **utilidade pública**. Frequentemente, oferecem meios para a interconexão de redes locais. Embora, não seja um requisito para todas as redes locais, a **capacidade de interconectar dispositivos integrados de voz e dados** é considerada uma função **opcional** para redes locais. Da mesma maneira, tais capacidades em redes cobrindo uma área metropolitana são funções opcionais de uma rede metropolitana.”

Analisando estas duas definições, observa-se que as redes locais e metropolitanas possuem muitas características em comum. Os principais fatores que diferenciam uma classe de rede da outra estão relacionados com a sua área geográfica e propriedade, organização privada ou pública.

Dentro deste escopo, a ANSI tem, também, desenvolvido padronizações para redes locais e metropolitanas. Tanto as padronizações do IEEE e como da ANSI têm sido adotadas pela ISO (*International Organization for Standardization*).

2.3.1 Redes Locais e Metropolitanas e o Modelo OSI

A Figura 2.8 mostra como estão relacionadas as diversas camadas de protocolo definidas para as redes locais e metropolitanas com as camadas do Modelo OSI (*Open Systems Interconnection*).

Legenda:

LLC - *Logical Link Control*
MAC - *Medium Access Control*

Figura 2.8 - Redes Locais e Metropolitanas e o Modelo OSI

As padronizações de redes locais e metropolitanas especificam duas subcamadas para a camada de enlace do Modelo OSI: o LLC (*Logical Link Control*) e o MAC (*Medium Access Control*). A subcamada LLC oferece uma interface lógica padrão para a camada superior (camada de rede) independente do tipo de rede utilizada, que pode ser desde uma rede Ethernet até uma rede FDDI. Esta subcamada pode exercer funções de controle de erro e de fluxo, garantindo confiabilidade em comunicações envolvendo nós de uma mesma sub-rede. Na realidade, as padronizações ISO 8802.2 especificam três tipos de serviço para a subcamada LLC, que oferecem níveis de confiabilidade diferenciados:

- **Serviço sem conexão e sem reconhecimento (operação tipo 1):** permite a transferência de dados entre usuários da camada de enlace e a troca de informações de controle entre entidades LLC pares. Tais informações de controle podem ser usadas, por exemplo, para realizar testes de *loopback* do meio de transmissão entre entidades LLC.
- **Serviço com conexão (operação tipo 2):** opera segundo três fases referentes a: estabelecimento de conexão, transferência de dados e liberação de conexão. Na fase de transferência de dados, são implementados mecanismos de controle de sequência e controle de fluxo, baseados na técnica *sliding window* (janela deslizante). Não suporta multiplexação de conexão e nem segmentação ou bloqueio de dados. O procedimento de liberação de conexão é destrutivo em relação aos dados em trânsito.

O protocolo de comunicação utilizado e as suas correspondentes PDUs (*Protocol Data Units*) são bastante similares ao protocolo X.25 - Nível 2 [STALLINGS90a].

- **Serviço sem conexão e com reconhecimento (operação tipo 3):** permite a transferência de dados entre usuários de camada de enlace com reconhecimento a nível de protocolo. Tais usuários podem tanto enviar como também solicitar dados do sistema remoto, sendo o serviço de solicitação de dados usado para possibilitar o *polling* de uma estação da rede por outra. A nível de protocolo são implementados mecanismos de controle de sequência e controle de fluxo simplificados, sendo no caso do controle de fluxo utilizada a técnica de *stop-and-wait*.

A subcamada MAC, como o próprio nome indica, tem como uma de suas funções básicas controlar o acesso ao meio de transmissão. Na realidade, um dos fatores que diferenciam uma tecnologia de rede de outra é o método de acesso empregado. Como exemplos de métodos de acesso, podem-se citar o CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) usado nas redes Ethernet e o método de passagem de *token* usado nas redes Token Bus, Token Ring e FDDI. Neste último exemplo, vale observar que o método de acesso dessas três redes tem a mesma filosofia básica, mas no fundo são diferentes entre si devido às características próprias de cada tecnologia de rede. Na rede Token Bus, implementa-se um anel lógico para passagem de *token* sobre uma rede com topologia física em via, o que implica na necessidade de existir, por exemplo, procedimentos de inserção e retirada de estações do anel lógico que estão fisicamente conectadas à rede. O método empregado nas redes FDDI, por outro lado, representa uma evolução em relação àquele usado nas redes Token Ring, de modo a atender aos requisitos de uma rede de alta velocidade. As próprias redes Token Ring, de 4 e 16 Mbps, operam de modos diferentes.

Além dessa função de controle de acesso ao meio de transmissão, a subcamada MAC deve montar e desmontar quadros. Na transmissão, esta subcamada recebe dados do seu usuário (LLC-SDU (*Service Data Unit*)) e monta um quadro MAC com os campos de endereço, origem e destino, informações de controle e CRC (*Cyclic Redundancy Check*). Na recepção, o quadro é desmontado mediante o reconhecimento do endereço MAC e validação do campo de CRC. Se houver algum problema, por exemplo, de CRC inválido na recepção ou falha na transmissão (e.g., foi excedido o número máximo de colisões em uma rede Ethernet), a subcamada MAC notifica a subcamada LLC, que pode, eventualmente, ativar algum mecanismo de recuperação de erros.

Por último, a camada física é responsável pela transmissão de seqüências de bits através do meio físico. Contém padrões mecânicos, elétricos e funcionais para estabelecer, manter e desativar uma conexão física. Em uma rede Ethernet, por exemplo, a camada física é responsável por verificar se o meio está livre ou não e por detectar situações de colisão.

Dentro deste contexto, o IEEE desenvolveu diversas padronizações para redes locais e metropolitanas, das quais merecem ser destacadas:

- 802.1 - *High Level Interface*: define aspectos gerais referentes a arquitetura, interconexão e gerenciamento de rede locais;
- 802.2 - LLC (*Logical Link Control*);
- 802.3 - Redes CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*): engloba toda gama de redes Ethernet, que inclui desde o padrão 1Base5 até o 100BaseT (redes Fast Ethernet);
- 802.4 - Redes Token Bus para transmissão em *broadband* e *carrierband*;
- 802.5 - Redes Token Ring, com taxas de transmissão 1, 4 e 16 Mbps;
- 802.6 - Redes Metropolitanas, mais especificamente as redes DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*);
- 802.12 - Redes 100VG-AnyLAN, rede de alta velocidade com suporte de tráfego multimídia.

O ANSI, por sua vez, é responsável pela padronização das redes FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*), que podem operar como rede local ou metropolitana, e suas variantes CDDI (*Copper Distributed Data Interface*), FDDI-II, com suporte para tráfego isócrono, e FFOL (*FDDI Follow on LAN*).

A Figura 2.9 mostra as principais padronizações para redes locais e metropolitanas, agrupadas segundo sua topologia física, em via ou anel. Além dessas redes, não podem deixar de serem consideradas as redes ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), que podem operar no âmbito de redes locais, metropolitanas ou de longa distância. Tais redes têm sido padronizadas pelo ATM Forum e pelo ITU-T (*International Telecommunications Union - Telecommunications*), o antigo CCITT (*Consultative Committee for International Telegraph and Telephone*) [HÄNDEL94] [MCDYSAN94]. A arquitetura interna das redes ATM, conforme é descrito no item 2.3.6, difere da arquitetura aqui apresentada para redes locais e metropolitanas, justamente por se tratar de uma rede de escopo mais geral.

Dentre estas diversas redes, são descritas, nos itens que se seguem, as redes Ethernet, Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN, FDDI e ATM, que correspondem às tecnologias de redes mais usualmente empregadas e que são objeto da metodologia e das ferramentas de projeto de rede propostas neste trabalho.

Redes em Anel

As redes Ethernet¹ correspondem, hoje, à tecnologia de redes locais mais utilizada, existindo no mercado uma grande variedade de produtos baseados no padrão IEEE 802.3 [ISO8802.3]. A arquitetura básica definida para este tipo de rede é mostrada na Figura 2.10. Através desta figura, pode-se observar que a camada de enlace, conforme define o padrão IEEE 802 para redes locais e metropolitanas, é constituída de duas subcamadas: LLC e MAC, sendo a subcamada MAC responsável por implementar o método de acesso CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*). A camada física, por sua vez, constitui-se de duas subcamadas: PLS (*Physical Signalling*) e PMA (*Physical Medium Attachment*) e das interfaces AUI (*Attachment Unit Interface*) e MDI (*Medium Dependent Interface*), sendo que o conjunto, subcamada PMA e interface MDI, corresponde à MAU (*Medium Attachment Unit*) ou *transceiver*.

¹ A rede Ethernet foi, originalmente, desenvolvida pela Xerox na década de 70. Diferencia-se do padrão IEEE 802.3 em funções elétricas, formato do quadro e arquitetura interna (incorpora subcamadas MAC e LLC). [Stallings90b].

Legenda:

AUI - Attachment Unit Interface

LLC - Logical Link Control

MAC - Medium Access Control

MAU - Medium Attachment Unit

MDI - Medium Dependent Interface

PLS - Physical Signalling

PMA - Physical Medium Attachment

Figura 2.10 - Arquitetura das Redes Ethernet e o Modelo OSI

2.3.2.1 Subcamada MAC

A subcamada MAC tem como funções básicas: controlar o acesso ao meio de transmissão, montar quadros a partir dos dados entregues pela subcamada LLC e desmontar quadros extraíndo os seus dados e entregando-os à subcamada LLC. Este item descreve o método de controle de acesso empregado nas redes Ethernet e o formato dos seus quadros.

2.3.2.1.1 Operação da Subcamada MAC

Conforme já foi mencionado anteriormente, as redes Ethernet utilizam o método de acesso CSMA/CD, que é dito aleatório e de contenção. De acordo com este método, quando uma estação deseja transmitir um quadro através da rede, ela verifica se o meio está livre e, em caso positivo, transmite uma sequência de bits correspondente ao quadro em questão. Durante a transmissão, pode ocorrer colisão. Neste caso, as estações envolvidas continuam a transmitir os seus quadros durante um período suficiente para assegurar que todas as estações transmissoras da rede detectem colisão; este procedimento de reforço de colisão é denominado de transmissão de *jam*. A partir daí, se não tiver excedido o seu número máximo de colisões, tais estações permanecem em silêncio durante um intervalo de tempo aleatório (*backoff*) antes de tentarem transmitir seus quadros novamente. A Figura 2.11 contém um diagrama de fluxo referente a este procedimento adotado na transmissão de dados em redes Ethernet.

Figura 2.11 - Fluxo de Controle para Transmissão de Dados

Na recepção, se não for detectada colisão, a estação verifica se o quadro recebido é destinado à mesma. Em caso positivo, são verificadas a validade dos campos de FCS e de comprimento e a existência de bits adicionais ao quadro. Se não houver nenhuma inconsistência, o quadro é desmontado e os seus dados são entregues à camada superior (subcamada LLC). Se for detectada alguma inconsistência, a camada superior é notificada, recebendo informações sobre o tipo de erro ocorrido (erro de FCS, erro de comprimento ou erro de alinhamento). Nestes casos, não cabe à subcamada MAC executar procedimentos de recuperação de erros, função atribuída à subcamada LLC.

2.3.2.1.2 Quadros MAC

Os quadros MAC das redes Ethernet possuem o formato apresentado na Figura 2.12, cujos campos têm as seguintes funções:

- **Preâmbulo:** corresponde a uma sequência padrão de bits usada na estabilização do meio físico e sincronização da recepção. Tal sequência é tal que uma vez codificada (codificação *Manchester*) resulta em um sinal periódico.
- **Start Frame Delimiter (SFD):** corresponde à sequência 10101011, que segue o *preamble*, e é usado para indicar o início do quadro e habilitar a recepção.

Octetos	7	1	2 ou 6	2 ou 6	2	≥ 0	≥ 0	4
	Preâmbulo	SFD	DA	SA	Compr.	Dados LLC	Pad	FCS

Nota:

- Os campos sombreados correspondem àqueles considerados no cálculo de FCS.

Legenda:

Compr.	- Comprimento	LLC	- Logical Link Control
DA	- Destination Address	SA	- Source Address
FCS	- Frame Check Sequence	SFD	- Start Frame Delimiter

Figura 2.12 - Formato dos Quadros Ethernet

- **Destination Address (DA):** contém o endereço das estações, para as quais deve ser enviado o quadro. O tamanho deste campo pode ser igual a 16 ou 48 bits, o que é decidido a nível de implementação. O endereço contido no mesmo pode ser individual ou de grupo. O endereço de grupo pode ser, ainda, dos tipos *multicast* ou *broadcast*. Um endereço *multicast* identifica um grupo de estações relacionadas através de alguma convenção pré-estabelecida, enquanto o endereço *broadcast* especifica todas estações de uma determinada rede local. Esses dois tipos de endereços, individual e de grupo, são diferenciados através do bit I/G (vide Figura 2.13) presentes tanto em endereços de 16 bits como de 48 bits.

No caso de endereços de 48 bits, além do bit I/G, é definido o bit U/L para diferenciar endereços globalmente e localmente administrados (vide Figura 2.13).

(a) Endereço de 48 bits

(b) Endereço de 16 bits

Legenda :

I/G	- Individual/Group bit	U/L	- Universal/Local bit
I/G = 0	- Endereço Individual	U/L = 0	- Endereço Administrado Globalmente
I/G = 1	- Endereço Global	U/L = 1	- Endereço Administrado Localmente

Figura 2.13 - Formato dos Campos de Endereço

- **Source Address (SA):** contém o endereço da estação que está enviando o quadro. O formato deste campo é igual ao do campo de endereço destino (DA), podendo ser, também, de 16 ou 48 bits. Obrigatoriamente, os dois campos de endereço devem ter o mesmo tamanho. Neste caso, o bit I/G é sempre igual a 0.
- **Comprimento:** contém o tamanho, em octetos, do campo de dados da subcamada LLC (LLC Data).
- **Dados LLC:** contém os dados da subcamada LLC.
- **Pad:** contém octetos adicionais para garantir que o quadro, incluindo campos de endereço, comprimento, dados e FCS, tenha o comprimento mínimo de 64 bits. Este tamanho é necessário para garantir que todas as estações da rede consigam detectar ocorrências de colisão.
- **Frame Check Sequence (FCS):** contém o valor de CRC (*Cyclic Redundancy Check*) calculado sobre os campos de endereço, comprimento, dados e pad.

2.3.2.2 Camada Física

Como foi citado anteriormente, a camada física das redes Ethernet constitui-se das subcamadas:

- **PLS (Physical Signalling):** tem, como funções: codificar os bits de dados recebidos da subcamada MAC e gerar os sinais elétricos correspondentes, utilizando o esquema de codificação Manchester; decodificar os sinais recebidos do meio e entregar os bits de dados correspondentes à subcamada MAC; e monitorar o meio e informar à subcamada MAC sobre o seu estado de atividade e a ocorrência de colisão.
- **PMA (Physical Medium Attachment):** é responsável por transmitir e receber dados do meio e reconhecer a presença de sinal e a ocorrência de uma colisão no meio.

além das interfaces:

- **AUI (*Attachment Unit Interface*):** o padrão IEEE 802.3 prevê a possibilidade de parte das funções da camada física (subcamada PLS) ser implementada na própria placa de rede da estação e outra parte (subcamada PMA) na MAU (*Medium Attachment Unit*), ou *transceiver*, existente junto ao meio físico de transmissão. Neste caso, deve existir uma interface AUI, que conecta a placa de rede ao *transceiver*. Esta interface é constituída de pares de fio trançado usados na transmissão dos sinais:

- ♦ **Data Out:** usado na transmissão de dados da estação para o *transceiver*;
- ♦ **Data In:** usado na transmissão de dados do *transceiver* para a estação;
- ♦ **Control Out:** usado na transmissão de sinais de controle da-estação para o *transceiver*. Tais sinais permitem solicitar a alteração do modo de operação do *transceiver* (normal ou monitor) e indicar que vai ser iniciada uma transmissão;
- ♦ **Control In:** usado na transmissão de sinais de controle do *transceiver* para a estação, informando sobre a sua disponibilidade, a ocorrência de erro nos dados recebidos e o término de uma transmissão;
- ♦ **Voltage:** usado para prover alimentação para o *transceiver*.

Tais pares de fio são encapsulados em um único cabo, conhecido pelo nome de cabo AUI, que deve ter o comprimento máximo de 50 m.

- **MDI (*Medium Dependent Interface*):** corresponde à interface eletromecânica entre o meio físico de transmissão e o *transceiver*.

2.3.2.3 Configurações Físicas

Conforme mostra a Figura 2.9, existem, na realidade, várias configurações possíveis para as redes Ethernet, baseadas em meios de transmissão diversos. Tais configurações são, normalmente, especificadas, empregando-se a seguinte notação:

<taxa de transmissão em Mbps> <método de sinalização> <comprimento máximo do segmento em centenas de metros>

Tomando como exemplo as redes 10Base5, estas operam a uma taxa de transmissão de 10 Mbps, em banda básica empregando-se codificação Manchester, sobre um segmento de cabo de até 500 m.

Além das redes 10Base5, que correspondem ao padrão IEEE 802.3 original, são especificadas outras configurações, dentre as quais as mais comuns são: 10Base2, denominada de Cheapernet; e 10BaseT e 10BaseF, baseadas na utilização de *hubs*. Outras configurações menos usuais são: 1Base5 e 10Broad36, operando esta última em banda larga com modulação DPSK (*Differential Phase-Shift Keying*).

Dentro do contexto deste trabalho, são, aqui, apresentadas as características e regras de projeto aplicadas no caso das redes 10Base5, 10Base2, 10BaseT e 10BaseF.

2.3.2.3.1 Redes 10Base5

A rede 10Base5, conforme já foi dito, corresponde ao padrão IEEE 802.3 original e é, por este motivo, muitas vezes referenciada como rede Ethernet. Opera a uma taxa de transmissão de 10 Mbps sobre cabo coaxial grosso, 50 Ω , de comprimento máximo igual 500 m, e com um terminador, também de 50 Ω em cada uma de suas extremidades. A placa de rede da estação é conectada a um *transceiver* através de um cabo AUI, também denominado cabo de *transceiver*, com até 50 m. Deve ser mantida a distância mínima de 2,5 m entre os *transceivers* das diversas estações ou repetidores, podendo existir no máximo 100 *transceivers* conectados a um segmento de rede de 500 m.

É possível se obter segmentos de rede maiores, com até 2,5 km, interconectando-se até 5 segmentos através de 4 repetidores. Tais repetidores devem ser ligados aos cabos de rede através de *transceivers*. Vale observar, ainda, que a ligação de duas redes através de dois repetidores, constituindo uma malha fechada, não é permitida. Em paralelo a um repetidor, pode existir outro no modo *standby*.

Outra recomendação de projeto, definida na própria norma ISO 8802.3, está relacionada a trechos de cabo de rede, que, a fim de minimizar os efeitos de reflexão de sinal através do cabo, devem ter o seu comprimento (C) definido pela seguinte relação:

$$C = (2n + 1) * 23,4 \text{ m, onde } n = 0, 1, 2, \dots$$

A Figura 2.14 mostra como são conectadas as estações através de uma rede deste tipo e como são usados os repetidores para interconectar vários segmentos de rede.

Figura 2.14 - Configuração de uma Rede 10Base5

2.3.2.3.2 Redes 10Base2

A rede 10Base2, ou rede Cheapernet, opera, também, a uma taxa de 10 Mbps sobre cabo coaxial fino, 50 Ω , com comprimento máximo de 185 m. Normalmente, a placa de rede contém todos os componentes

referentes à camada física incluindo o *transceiver* e é conectada, diretamente, ao cabo coaxial através de um conector T-BNC, embora possa se empregar, também, *transceivers* externos como nas redes 10Base5. A distância mínima a ser mantida entre os *transceivers* das estações ou repetidores deve ser igual a 0,5 m, podendo existir até 30 *transceivers* em um único segmento de 185 m com os respectivos terminadores de 50 Ω nas suas extremidades.

Pode-se, também, obter segmentos de rede maiores com até 925 m, utilizando-se repetidores para conectar até 5 segmentos de até 185 m. Tais repetidores, como nas redes 10Base5, não podem ser ligados em malhas fechadas. No mercado, encontram-se *hubs* com a função de repetidor de múltiplas portas (*multi-port repeater*), que permitem interconectar vários segmentos de rede Cheapernet.

A Figura 2.15 mostra como são conectadas as estações através de uma rede deste tipo.

Figura 2.15 - Configuração de uma Rede 10Base2

2.3.2.3.3 Redes 10BaseT e 10BaseF

Nas redes deste tipo, as estações são conectadas a um *hub* através de enlaces ponto-a-ponto de cabos de par trançado (rede 10BaseT) ou de fibra óptica (rede 10BaseF). Este *hub* constitui-se de um repetidor e vários *transceivers*, através dos quais estão conectados tais enlaces ou segmentos de rede. Todo o sinal recebido através de um enlace, é repetido para todos os demais enlaces a ele conectados. Se são recebidos sinais através de dois ou mais enlaces simultaneamente, é propagado o sinal de reforço de colisão através de todos os enlaces. Da mesma maneira, é repetido um sinal de reforço de colisão recebido através de qualquer um dos seus enlaces.

No caso das redes 10BaseT, podem-se empregar cabos UTP categorias 3, 4 e 5 - 2 pares, mantendo-se uma distância máxima da estação ao *hub* igual a 100 m. Nas redes 10BaseF, empregam-se cabos de fibra multimodo 62,5/125 μ m - 1 par, mantendo-se uma distância máxima de 500 m (No caso de até no máximo 3 repetidores conectados entre si, esta distância pode atingir 1000 m) [ISO/IEC 8802.3/Amd.9].

Não existe restrição, definida pelo padrão IEEE 802.3, quanto ao número máximo de estações conectadas a um *hub*. Tal número varia de produto a produto. Contudo, tal padrão define que podem existir até quatro *hubs* ou repetidores deste tipo conectados entre si.

A Figura 2.16 mostra como é a configuração das redes 10BaseT e 10BaseF.

Legenda:

FO - Fibra Óptica

TP - Twisted-Pair

Figura 2.16 - Configuração das Redes 10BaseT e 10BaseF

2.3.2.3.4 Comparação entre as Configurações Físicas

Redes com esses diversos tipos de configuração física podem ser conectadas entre si. Em muitos ambientes distribuídos, empregam-se as redes 10BaseT (ou 10BaseF) para conectar várias estações constituindo diferentes grupos de trabalho que são, por sua vez, conectados através de uma rede *backbone* baseada em redes 10Base5 ou 10Base2 (vide exemplo da Figura 2.18). Todavia, cada vez mais, esta solução tem sido desconsiderada devido a restrições relativas à gerenciabilidade das redes 10Base5 e 10Base2 e conseqüente dificuldade de sua manutenção; sua taxa de transmissão limitada, quando comparada com de outras tecnologias emergentes, para implementação de redes *backbone*; e não suporte à infra-estrutura de cabeamento estruturado. A utilização das redes 10Base5 e 10Base2 é, hoje, mais restrita a pequenas instalações, em que o gerenciamento da rede não se mostra um aspecto preponderante e o seu baixo custo destas redes é um fator atrativo.

No caso do exemplo da Figura 2.17, vale observar que, na maioria das vezes, os *hubs* 10BaseT (ou 10BaseF) já trazem embutido um repetidor para conexão com redes 10Base5 ou 10Base2.

Figura 2.17 - Exemplo de Interconexão de Hubs 10BaseT através de uma Rede 10Base5

A Tabela 2.1 [STALLINGS93a] apresenta um quadro comparativo entre as diversas configurações físicas especificadas para redes Ethernet.

Características	10Base5	10Base2	10BaseT	10BaseF
Meio Físico de Transmissão	Cabo Coaxial Grosso (50 Ω)	Cabo Coaxial Fino (50 Ω)	Cabo UTP - Categoria 3,4 ou 5 - 2 pares	Fibra Óptica - 62,5/125 μm - 1 par.
Técnica de Sinalização	Banda Básica (Manchester)	Banda Básica (Manchester)	Banda Básica (Manchester)	Banda Básica (Manchester)
Taxa de Transmissão (Mbps)	10	10	10	10
Comprimento Máximo do Segmento (m)	500	185	100	500
Distância Mínima dos Transceivers (m)	2,5	0,5	-	-
Extensão Máxima da Rede (m)	2500	925	210	1010
Número Máximo de Transceivers	100	30	-	-
Gerenciabilidade	Ruim	Ruim	Boa	Boa

Tabela 2.1 - Quadro Comparativo das Configurações Físicas das Redes Ethernet

2.3.3 Redes Fast Ethernet

As redes Fast Ethernet representam uma evolução das redes Ethernet no que tange à taxa de transmissão, sendo padronizadas através das normas IEEE 802.3u [ANSI/IEEE STD802.3u]. A sua arquitetura básica é mostrada na Figura 2.18.

Legenda:

LLC	- Logical Link Control	PCS	- Physical Coding Sublayer
MAC	- Medium Access Control	PMA	- Physical Medium Attachment
MDI	- Medium Dependent Interface	PMD	- Physical Medium Dependent
MII	- Medium Independent Interface		

Figura 2.18 - Arquitetura de Redes Fast Ethernet e o Modelo OSI

2.3.3.1 Subcamada MAC

Estas redes incorporam componentes das redes Ethernet e FDDI. Na subcamada MAC, é empregado o próprio método de controle de acesso ao meio CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) das redes Ethernet. Adicionalmente, existe uma subcamada de harmonização que realiza o mapeamento entre os sinais providos em MII e aqueles previstos para a interface entre as subcamadas MAC e PLS das redes Ethernet.

O quadro Fast Ethernet é o próprio quadro Ethernet (vide Figura 2.12).

2.3.3.2 Camada Física

A camada física é constituída de três subcamadas:

- **PCS (*Physical Coding Sublayer*)**: tem como função encapsular e desencapsular quadros MAC, e codificar e decodificar os dados;
- **PMA (*Physical Medium Attachment*)**: deve detectar a presença de sinal e a ocorrência de uma colisão no meio, alinhar os símbolos ternários (padrão 100BaseT4) e recuperar o sinal de *clock*;
- **PMD (*Physical Medium Dependent*)**: especifica as características mecânicas, elétricas e funcionais de conexão da estação ao meio físico de transmissão e controla o *status* do meio.

além das interfaces:

- **MII (*Medium Independent Interface*):** provê independência do meio físico de transmissão, sincronização dos dados e sinais de *status* indicando a presença de portadora e a ocorrência de colisão;
- **MDI (*Medium Dependent Interface*):** corresponde à interface eletromecânica entre o meio físico de transmissão e a subcamada PMD.

2.3.3.3 Configurações Físicas

Conforme mostra a Figura 2.9, são especificadas três configurações físicas diferentes para as redes Fast Ethernet, correspondentes aos padrões 100BaseTX, 100BaseFX e 100BaseT4.

2.3.3.3.1 Redes 100BaseT4

Como pode-se observar através da Figura 2.19, no caso das redes 100BaseT4, implementa-se, na camada física, apenas as subcamadas PCS e PMA descritas anteriormente. Tais redes operam a uma taxa de transmissão de 100 Mbps, com codificação 8B6T (conversão de 8 bits em símbolos ternários) e *clock* interno de 25 MHz.

Baseiam-se na utilização de um *hub* ao qual estão conectadas as estações através de um cabo UTP - 100Ω - Categorias 3, 4 e 5 - 4 pares, devendo ser mantida uma distância máxima de 100 m dessas estações ao *hub*.

Legenda:

LLC - *Logical Link Control*
 MAC - *Medium Access Control*
 MDI - *Medium Dependent Interface*

MII - *Medium Independent Interface*
 PCS - *Physical Coding Sublayer*
 PMA - *Physical Medium Attachment*

Figura 2.19 - Arquitetura de Redes 100BaseT4 e o Modelo OSI

2.3.3.3.2 Redes 100BaseTX e 100BaseFX

A Figura 2.20 mostra a arquitetura básica das redes 100BaseTX e 100BaseFX. Tais redes operam a 100 Mbps, incorporando a subcamada PMD das redes FDDI e os mesmos tipos de codificação 4B5B (conversão de 4 bits em símbolos de 5 bits) e sinalização baseada em um *clock* de 125 MHz.

São implementadas a partir de um *hub*, ao qual as estações são conectadas através de um cabo de par trançado ou fibra óptica. No caso do padrão 100BaseTX, podem-se empregar cabos UTP - Categorias 3, 4 e 5 - 2 pares ou STP - Tipo 1- 2 pares, devendo ser mantida a distância máxima de 100 m das estações ao *hub*. No caso do padrão 100BaseFX, utilizam-se cabos de fibra óptica multimodo 62,5/125 μm , sendo a distância máxima permitida entre as estações e o *hub* igual a 400 m.

Legenda:

LLC - Logical Link Control
 MAC - Medium Access Control
 MDI - Medium Dependent Interface
 MII - Medium Independent Interface

PCS - Physical Coding Sublayer
 PMA - Physical Medium Attachment
 PMD - Physical Medium Dependent

Figura 2.20 - Arquitetura de Redes 100BaseTX e 100BaseFX e o Modelo OSI

2.3.2.3.3 Comparação entre as Configurações Físicas

A Tabela 2.2 apresenta um quadro comparativo entre as diversas configurações físicas especificadas para as redes Fast Ethernet.

Características	100BaseT4	100BaseTX	100BaseFX
Meio Físico de Transmissão	• UTP Categorias 3, 4 e 5 - 4 pares.	• UTP Categoria 5 - 2 pares • STP Tipo 1 - 2 pares	• Fibra Óptica Multimodo - 62.5/125 μm
Tipo de Conector	RJ-45	RJ-45 ou DB-9	MIC, ST ou SC
Tipo de Sinalização	• 100 Mbps - 3 pares 25 MHz.	• 100 Mbps - 1 par 125 MHz.	• 100 Mbps - 1 fibra 125 MHz.
Tipo de Codificação	8B6T	4B5B	4B5B
Comprimento Máximo do Segmento (m)	100	100	400

Tabela 2.2 - Quadro Comparativo das Configurações Físicas das Redes Fast Ethernet

2.3.4 Redes Token Ring

As redes Token Ring correspondem à segunda tecnologia de rede local mais popular do mercado, sendo, contudo, o seu número de redes instaladas bem inferior ao das redes Ethernet, o que se deve, principalmente, ao fato do seu custo ser bem superior. É, muitas vezes, utilizada como solução de integração de ambientes baseados em *mainframe* SNA/IBM ao ambiente de redes locais de uma empresa. Dentro deste contexto, a grande maioria dos fornecedores de redes locais oferece produtos de rede Token Ring, desenvolvidos a partir do padrão IEEE 802.5 [ISO 8802.5].

A arquitetura básica definida para este tipo de rede é mostrada na Figura 2.21. Através desta figura, pode-se observar que a camada de enlace, conforme define o padrão IEEE 802 para redes locais e metropolitanas, é constituída de duas subcamadas: LLC e MAC, sendo a subcamada MAC responsável por implementar o método de acesso de passagem de ficha (*token passing*) utilizado em redes dessa tecnologia. A camada física, por sua vez, constitui-se de duas subcamadas: PMI (*Physical Medium Independent*) e PMD (*Physical Medium Dependent*) e do cabo de interface ao meio. O componente referente ao TCU (*Trunk Control Unit*), que tem a função de um repetidor, está fora do escopo das padronizações.

Legenda:

LLC - Logical Link Control

MAC - Medium Access Control

MIC - Medium Interface Connector

PMD - Physical Medium Dependent

PMI - Physical Medium Independent

TCU - Trunk Coupling Unit

Figura 2.21 - Arquitetura de Redes Token Ring e o Modelo OSI

2.3.4.1 Subcamada MAC

A subcamada MAC tem como funções básicas: controlar o acesso ao meio de transmissão, montar quadros a partir dos dados entregues pela subcamada LLC e desmontar quadros extraíndo os seus dados e entregando-os à subcamada LLC. Este item descreve o método de controle de acesso empregado nas redes Token Ring e o formato dos seus quadros.

2.3.4.1.1 Operação da Subcamada MAC

O método de acesso por *token* (ou passagem de ficha) é, provavelmente, um dos métodos de controle de acesso ao meio mais antigo desenvolvido para redes com topologia em anel. Foi, originalmente, proposto em 1969 por Farmer e Newhall [STALLINGS90b].

Esse método consiste da utilização de um *token* associado a um mecanismo de prioridade. São definidos oito níveis de prioridade para o *token* e para os quadros (vide Figura 2.23 - subcampo PPP do campo AC). O *token* consiste de uma sequência padrão de bits (3 octetos) que circula no anel enquanto nenhuma estação tem dados para enviar. Para uma estação conseguir enviar um quadro através da rede, ela tem que estar com a posse do *token*. Quando ela detecta a passagem do *token*, se a prioridade do mesmo for menor ou igual à prioridade do quadro que deseja enviar, ela pega o *token* simplesmente alterando o valor do seu bit T (vide Figura 2.23), transforma os dois primeiros octetos desse *token* na SFS (*Start-of-Frame Sequence*) do quadro a ser enviado e anexa, ao final desses octetos, a parte restante de tal quadro. Durante a transmissão do quadro através da rede, alguma das suas estações pode fazer

uma reserva de *token*, alterando o valor do subcampo RRR do campo AC desse quadro com a prioridade do quadro que quer enviar. A estação destino ao receber o quadro, copia o seu conteúdo e o devolve à estação origem. A estação origem ao recebê-lo, retira-o da rede e, se não tiver mais quadros para enviar com prioridade igual ou mais alta que a reservada, libera o *token* com a prioridade de reserva. A partir daí, o *token* pode ser pego por qualquer estação que tenha um quadro com prioridade igual ou maior que a sua e não necessariamente pela estação que fez a reserva. Da próxima vez que o *token* passar por aquela primeira estação que alterou a sua prioridade, se ele estiver com a mesma prioridade alterada, esta estação retorna a sua prioridade para a anterior.

Através dessa descrição sucinta do modo de operação da subcamada MAC das redes Token Ring, pode-se constatar que existem algumas regras básicas que determinam o seu funcionamento:

- uma estação só libera o *token* depois que acabar de transmitir o seu quadro e começar a recebê-lo de volta. Isto garante que no anel exista apenas um quadro ou o *token* circulando, o que facilita os procedimentos de recuperação de erro;
- uma estação só pode pegar o *token* se a prioridade do quadro a ser enviado for maior ou igual à prioridade do *token*;
- a estação que envia um quadro é responsável por retirá-lo do anel;
- a estação que altera a prioridade do *token* de i para $i + n$, é responsável por abaixá-la de $i + n$ para i . Como o *token* pode ter a sua prioridade alterada, consecutivamente, por várias estações da rede, todas as estações devem armazenar, internamente, a prioridade original do *token* que recebeu e o valor para o qual foi modificada.

A Figura 2.22 contém um exemplo ilustrando o modo de operação das redes Token Ring. Neste caso, a estação A envia um quadro para a estação E a estação D faz uma reserva com alta prioridade. A estação A ao receber o seu quadro de volta, libera o *token* com a prioridade reservada pela estação D. Como nenhuma outra estação tem quadro para enviar com a prioridade maior ou igual à nova prioridade do *token*, a estação D pega o *token*, envia um quadro para a estação F e ao receber o seu quadro de volta, libera o *token* com mesma prioridade que o recebeu. A estação A ao detectar a passagem do *token*, com a prioridade igual a que foi alterada por ela, retorna a sua prioridade para o valor original.

Analisando o modo de operação das redes Token Ring, pode-se verificar que as mesmas são sujeitas a problemas relativos a anel inativo, quadro e *token* de alta prioridade persistentes. O primeiro tipo de problema ocorre quando a estação de posse do *token* sai do ar. E os demais casos, quando sair do ar a estação que deveria retirar o quadro da rede ou abaixar a prioridade do *token*. Para solucionar problemas desta natureza, foi criada a função de estação de monitor ativo, que pode ser assumida, em princípio, por qualquer estação da rede. Esta estação deve monitorar a atividade do anel e situações de quadro e *token* persistentes. No primeiro caso, ela mesma gera um novo *token* e nos outros, retira o quadro ou *token* persistentes e, também, gera um novo *token*.

Figura 2.22 - Exemplo do Modo de Operação do Método de Acesso das Redes Token Ring

- **Destination Address (DA):** especifica o endereço da(s) estação(ões) a(s) qual(is) o quadro se destina. O seu tamanho pode ser igual a 16 ou 48 bits. Possui o formato idêntico ao campo de endereço DA dos quadros Ethernet (vide Figura 2.13).
- **Source Address (SA):** especifica o endereço da estação que enviou o quadro. Da mesma maneira que nos quadros Ethernet, o formato deste campo é igual ao do campo de endereço destino (DA), podendo ser, também, de 16 ou 48 bits. Obrigatoriamente, os dois campos de endereço devem ter o mesmo tamanho.
- **Informação:** contém os dados da subcamada LLC ou informações de controle relativas à operação da subcamada MAC.
- **Frame Check Sequence (FCS):** contém o valor de CRC (*Cyclic Redundancy Check*) calculado sobre os campos de *frame control*, de endereço e informação.
- **ED (Ending Delimiter):** é constituído dos seguintes subcampos: símbolos de non-data (JK - 6 bits) - indicam o fim de um quadro; I (*Intermediate* - 1 bit) - indica se é ou não o último quadro de uma transmissão; e E (*Error detected* - 1 bit) - é ativado quando alguma estação detecta um erro no quadro (e.g., erro de FCS).
- **FS (Frame Status):** é constituído de dois subcampos de 4 bits com formato idêntico: A (*Address recognized* - 1 bit) - indica se a estação destino reconheceu ou não o seu endereço; C (*frame Copied* - 1 bit) - indica se a estação destino copiou ou não o quadro; e rr (*reserved* - 2 bits) - correspondem a bits reservados para uso futuro.

2.3.4.2 Camada Física

Conforme foi dito anteriormente, a camada física constitui-se de duas subcamadas: a PMI (*Physical Medium Independent*) e a PMD (*Physical Medium Dependent*).

A subcamada PMI é responsável pela interface com a subcamada MAC, pela codificação dos dados e pelos procedimentos de sinalização e define a taxa de transmissão da rede. Os dados são codificados empregando-se o esquema de codificação Manchester diferencial e são previstas três taxas de transmissão: 1, 4 ou 16 Mbps, estando, hoje, as redes de 1 Mbps em desuso.

A subcamada PMD, por sua vez, define as características mecânicas, elétricas e funcionais de conexão da estação ao meio físico de transmissão. Podem-se conectar 250 estações ao anel, com a distância máxima de 100 m entre elas, empregando-se 2 pares de cabo STP - 150 Ω e 72 estações, empregando-se 2 pares de cabo UTP - 100 Ω .

2.3.5 Rede 100VG-AnyLAN

As redes 100VG-AnyLAN surgiram no mercado como uma tecnologia competitiva com as redes Fast Ethernet por operarem à mesma taxa de transmissão e apresentarem custo similar. Como diferencial, oferecem suporte às aplicações multimídia.

São padronizadas através da norma IEEE802.12, que especifica a arquitetura básica apresentada na Figura 2.24.

Legenda:

LLC	- Logical Link Control	MII	- Medium Independent Interface
MAC	- Medium Access Control	PMD	- Physical Medium Dependent
MDI	- Medium Dependent Interface	PMI	- Physical Medium Independent

Figura 2.24 - Arquitetura das Redes 100VG-AnyLAN e o Modelo OSI

2.3.5.1 Subcamada MAC

A subcamada MAC tem como funções básicas: controlar o acesso ao meio de transmissão, montar quadros a partir dos dados entregues pela subcamada LLC e desmontar quadros extraíndo os seus dados e entregando-os à subcamada LLC. Este item descreve o método de controle de acesso empregado nas redes 100VG-AnyLAN e o formato dos seus quadros.

2.3.5.1.1 Operação da Subcamada MAC

No caso das redes 100VG-AnyLAN, emprega-se, como protocolo MAC, o DPP (*Demand Priority Protocol*). Esse protocolo baseia-se no procedimento de arbitragem *round-robin* das estações, que têm direito a enviar dados, associado a dois níveis de prioridade. Assim, é possível garantir pequenos atrasos para aplicações críticas de tempo, como vídeo interativo, áudio e multimídia [ALBRECHT95b].

O procedimento de arbitragem pode ser descrito da seguinte maneira:

- o *hub* realiza uma varredura em todas as suas portas ativas e verifica se existe algum pedido de transmissão pendente;
- as estações podem, neste momento, enviar ao *hub* um pedido de transmissão normal ou de alta prioridade ou um sinal *idle*;
- o *hub* determina, então, a ordem das estações que podem transmitir o seu quadro utilizando como critérios:
 - ♦ a prioridade do quadro a ser enviado;
 - ♦ e, no caso de todos pedidos terem a mesma prioridade, a ordem física da porta da estação solicitante;

Um pedido de transmissão normal fica pendente, no máximo, entre 200 a 300 ms (dependendo do valor de temporização de *watchdog*), sendo depois disso elevada a sua prioridade. Em cada ciclo de varredura, cada estação pode transmitir um único quadro.

Para efeito de ilustração, na Figura 2.25 é apresentado um exemplo de operação da subcamada MAC das redes 100VG-AnyLAN [HEWLETT PACKARD95]. Neste exemplo, todas as estações têm pedidos de transmissão normais, com exceção da estação 2 do *hub* 2 que possui um pedido de alta prioridade. Supondo que o *hub* 1 esteja tratando o pedido da sua estação 1, quando chega o pedido do *hub* 2, a ordem de transmissão adotada é a seguinte:

- estação 1 do *hub* 1;
- estação 2 do *hub* 2;
- estações 1, 5 e 8 do *hub* 2;
- estações 2, 7 e 8 do *hub* 1.

Figura 2.25 - Exemplo do Modo de Operação do Método de Acesso das Redes 100VG-AnyLAN

2.3.5.1.2 Quadros MAC

Os quadros MAC das redes 100VG-AnyLAN podem possuir o formato dos quadros Ethernet (vide Figura 2.12) ou dos quadros Token Ring (vide Figura 2.23).

Um segmento de rede 100VG-Any LAN pode suportar apenas quadros de um único formato. No caso de existirem estações Ethernet e Token Ring, faz-se necessário inserir componentes com a função de ponte.

Se for necessário conectar estações Ethernet de 10 Mbps ou Token Ring de 4 ou 16 Mbps a um segmento 100VG-AnyLAN é necessário ter uma ponte com capacidade de armazenamento para compatibilizar as diferenças de taxas de transmissão. Nenhum tipo de conversão de protocolo precisa ser realizado.

2.3.5.2 Camada Física

A camada física é constituída de duas subcamadas: a PMI (*Physical Medium Independent*) e PMD (*Physical Medium Dependent*).

A subcamada PMI é responsável pela interface com a subcamada MAC, codificação e *scrambling* dos dados e inserção do cabeçalho e *trailer* do quadro antes da transmissão e sua remoção na recepção. A codificação dos quadros é efetuada empregando-se a técnica denominada *quartet channeling*. Nesta técnica, a cadeia de caracteres correspondente a um quadro MAC é particionada em quatro cadeias paralelas de quintetos. Cada quinteto, por sua vez, é codificado utilizando o esquema 5B6B (conversão de 5 bits em símbolos de 6 bits).

A subcamada PMD tem como funções realizar a codificação e decodificação dos bits, utilizando a técnica NRZ, a multiplexação (se necessário) dos quatro canais em 2 conexões físicas implementadas através de 2 pares de fio trançado ou 2 fibras ópticas na transmissão de dados e a demultiplexação na recepção e o controle do *status* do enlace, além de definir as características mecânicas, elétricas e funcionais de conexão da estação ao meio físico de transmissão. Esta rede suporta como meios físicos de transmissão: cabo UTP - 100Ω - Categoria 3 - 4 pares com uma distância máxima de 100 m entre a estação de hub; cabo UTP - 100Ω - Categorias 4 e 5 - 4 ou 2 pares com uma distância máxima de 150 m; cabo STP - 150 Ω - 2 ou 4 pares com uma distância de 100 m; e, por último, cabo de fibra óptica multimodo 62,5/125μm com distância máxima de 500 m. Teoricamente, são suportadas até 1024 estações, mas é recomendado que o número de estações não ultrapasse 250.

Além dessas subcamadas, são especificadas duas interfaces: a MII (*Medium Independent Interface*) e a MDI (*Medium Dependent Interface*). A interface MII é opcional e deve permitir que seja realizada a configuração do enlace de maneira independente do meio físico de transmissão empregado. Por último, a interface MDI implementa a conexão entre a subcamada PMD e o meio físico de transmissão.

Os hubs 100VG-AnyLAN são conectados em cascata, sendo recomendado que seja minimizado o número de níveis em cascata com o objetivo de minimizar o tempo gasto na arbitragem das estações que desejam transmitir dados. É especificado, ainda, que não devem existir mais do que sete pontes entre duas estações quaisquer da rede.

2.3.5 Redes FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*)

As padronizações do FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) foram desenvolvidas pelo comitê X3T9.5 da ANSI (*American National Standards Institute*) e, posteriormente, adotadas pela própria ISO (*International Organization for Standardization*) [ISO9314].

Foram definidas duas padronizações. A primeira, referente ao FDDI básico, suporta tanto tráfego síncrono como assíncrono e a segunda, conhecida como FDDI II, suporta, adicionalmente, tráfego isócrono usado na transmissão de voz, vídeo e dados em tempo real. Ambas padronizações foram desenvolvidas para fibra óptica, multimodo ou monomodo. Posteriormente, foram elaborados adendos a essas padronizações para utilização de par trançado como meio de transmissão, criando-se o CDDI (*Copper Distributed Data Interface*) ou TP-DDI (*Twisted Pair Distributed Data Interface*).

A Figura 2.26 mostra os diversos componentes da arquitetura de protocolos FDDI, que correspondem às camadas física e de enlace do Modelo OSI (*Open Systems Interconnection*). No caso do FDDI básico, podem-se identificar os seguintes componentes:

- **PMD (*Physical Layer Medium Dependent*)**: define padrões elétricos, as características dos transmissores e receptores ópticos, meios de transmissão utilizados, requisitos de funcionamento dependentes do meio (e.g., taxas de erro aceitáveis e requisitos de *jitter*), entre outros.

- **PHY (Physical Layer Protocol):** trata de aspectos como a sincronização de *clock* e esquemas de codificação e decodificação.
- **MAC (Medium Access Control):** define regras de acesso ao meio físico de transmissão, mecanismos endereçamento das estações da rede, formato dos quadros, verificação de erros, gerenciamento do *token* e monitoração do anel.
- **SMT (Station Management):** especifica funcionalidades de gerenciamento das diversas camadas de protocolo da arquitetura FDDI, com o objetivo de garantir o funcionamento adequado das estações interligadas a uma rede FDDI.

Figura 2.26 - Arquitetura de Protocolos FDDI

No caso do FDDI-II, além desses componentes básicos, são especificados componentes adicionais, usados no caso de transmissão e recepção de dados isócronos, que incluem:

- **I-MAC (Isochronous Medium Access Control):** provê a interface entre o HRC e os serviços de comutação de circuito prestados pelos CS-MUX (Circuit Switching Multiplexers).
- **H-MUX (Hybrid Multiplexer):** implementa mecanismos que possibilitam a transferência, através de uma rede FDDI, tanto de dados isócronos, recebidos e transmitidos para a componente I-MAC,

como também de dados síncronos e assíncronos, recebidos e transmitidos para o componente MAC.

No decorrer deste capítulo, será dado ênfase aos padrões FDDI e CDDI. O padrão FDDI-II não será abordado pelo fato de contar com suporte muito restrito de produtos de mercado.

2.3.5.1 Subcamada MAC

A função básica da subcamada MAC (*Medium Access Control*) é implementar um método que permita às estações da rede acessar e compartilhar, de maneira adequada, o meio físico de transmissão. No caso das redes FDDI, utiliza-se o método de acesso de passagem de *token*.

Uma estação FDDI pode operar tanto no modo básico como no modo híbrido. No modo básico, a subcamada MAC oferece duas classes de serviço de transmissão de pacotes:

- **serviço síncrono:** garante, a todas estações da rede, uma banda para transmissão de quadros ditos síncronos e um valor máximo de tempo de resposta para a obtenção do direito de acesso à rede.
- **serviço assíncrono:** permite às estações da rede transmitir quadros ditos assíncronos, quando houver disponibilidade de banda de transmissão, que é alocada dinamicamente às mesmas.

Neste modo básico, a subcamada MAC presta serviços à camada LLC (*Logical Link Control*) e utiliza os serviços da camada PHY.

No modo híbrido, além do componente MAC, existe o componente I-MAC, que oferece serviços isócronos (Figura 2.26). Neste caso, a camada MAC, ao invés de interagir diretamente com a camada PHY, interage com a componente HRC (*Hybrid Multiplexer*), que é responsável pela multiplexação entre o serviço de comutação de pacotes MAC e o serviço de comutação de circuitos I-MAC.

2.3.5.1.1 Quadros MAC

São definidos dois tipos básicos de PDUs (*Protocol Data Units*) trocadas entre entidades MACs residentes em estações de uma rede FDDI: o quadro e o *token*. Um quadro pode ser usado para transportar dados da subcamada LLC (quadros LLC), informações de supervisão da própria subcamada MAC (quadros MAC) ou, ainda, informações de gerenciamento trocadas entre entidades SMT (quadros SMT). O *token*, por sua vez, é usado para passar o controle do meio de transmissão de uma estação para outra da rede.

Os quadros FDDI, no caso do modo básico, podem ter um tamanho máximo de 9000 símbolos (ou 4500 octetos) e, no caso do modo híbrido, 17.200 símbolos (ou 8600 octetos). Estes valores não incluem o tamanho do campo de preâmbulo.

A Figura 2.27 mostra o formato dos quadros e de um *token* FDDI.

(a) Quadro

(b) Token

Legenda:

DA	- Destination Address	FS	- Frame Status
ED	- Ending Delimiter	SA	- Source Address
FC	- Frame Control	SD	- Starting Delimiter
FCS	- Frame Check Sequence		

Figura 2.27 - Formato dos Quadros e do Token FDDI

Os campos de um quadro ou um *token* FDDI possuem as funções descritas a seguir:

- **Preâmbulo:** é usado pela estação receptora para obter informações do *clock*, que será utilizado na amostragem dos dados recebidos. Originalmente, no modo básico, este campo é gerado contendo 16 símbolos *Idle*; as estações subseqüentes podem alterar o tamanho deste campo para acomodar a diferença existente entre o *clock* da própria estação e o *clock* de recepção. As entidades MAC não devem copiar quadros, cujos campos de preâmbulo tenham menos que 12 símbolos. No modo híbrido, um quadro é gerado com o campo de preâmbulo com pelo menos 4 símbolos *Idle*.
- **Starting Delimiter (SD):** indica o início de um quadro.
- **Frame Control (FC):** define o tipo de quadro e as funções de controle a ele associadas. O seu formato geral é definido pela seguinte seqüência CLFFZZZZ de bits, onde (Tabela 2.3):
 - ♦ C (*Class bit*), informa a classe de serviço a ser utilizada na transmissão do quadro em questão, assíncrona ou síncrona;
 - ♦ L (*Address Length bit*), indica a utilização de endereços de 16 ou 48 bits. Vale comentar que uma estação FDDI pode ter dois endereços, um de 16 bits e outro de 48 bits. Tais endereços são referenciados como endereço curto e longo, respectivamente;
 - ♦ F (*Format bits*), indicam se é um quadro LLC ou um quadro MAC/SMT.

♦ *Z (Control Z bits)*, especificam o tipo de quadro de controle da rede.

Tipo de Quadro	CLFF ZZZZ	Descrição
<i>Void</i>	0X00 0000	Utilizado pela subcamada MAC durante procedimentos de iniciação para iniciar os temporizadores.
Tokens		
<i>Token Não-Restritivo</i>	1000 0000	Utilizado nas transmissões síncronas e assíncronas não restritivas, em que a banda alocada para a transmissão assíncrona é compartilhada entre todas estações da rede.
<i>Token Restritivo</i>	1100 0000	Utilizado nas transmissões síncronas e assíncronas restritivas. Neste caso, um par de estações aloca, temporariamente, toda a banda de transmissão assíncrona.
Quadros MAC		
MAC	1L00 0001 → 1L00 1111	Quadros de controle MAC.
<i>Beacon</i>	1L00 0010	Utilizado em casos de falha do anel, como por exemplo, perda de sinal e operação incorreta de alguma estação.
<i>Claim</i>	1L00 0011	Utilizado durante os procedimentos de iniciação do anel.
<i>Purge</i>	1L00 0100	Utilizado, no modo híbrido, durante a iniciação do anel.
Quadros SMT		
Gerenciamento	0L00 0001 → 0L00 1111	Quadro de gerenciamento da rede.
Quadros LLC		
Assíncrono	0L01 rPPP	Quadro assíncrono com prioridade PPP.
Síncrono	1L01 rrrr	Quadro síncrono.
Quadros Reservados		
Reservado para Implementação	CL10 r000 → CL10 r111	Dependente da implementação.
Uso Futuro	CL 11 rrrr	

Nota :

r - reservado para uso futuro, devendo-se atribuir o valor 0 a este bit.

Tabela 2.3 - Campo de *Frame Control* de um Quadro FDDI

- **Destination Address (DA):** especifica o endereço ou endereços das estações para as quais se destinam o quadro em questão. Este campo pode conter um endereço individual ou um endereço de grupo, *multicast* ou *broadcast*. O seu formato segue as padronizações do IEEE 802, desenvolvidas para redes locais (vide Figura 2.13).
- **Source Address (SA):** especifica o endereço da estação que está enviando este quadro. Pode ter 16 ou 48 bits, sendo que, obrigatoriamente, este campo deve ter o mesmo tamanho que o campo de *destination address*. No caso do endereço de 48 bits, o primeiro bit, subcampo RII, informa se este quadro contém informações de roteamento se for empregado o algoritmo de roteamento *source routing*. O segundo bit, subcampo U/L, indica se o esquema de endereçamento é administrado

universalmente ou localmente. No caso do endereço de 16 bits, o primeiro bit é reservado e igual a zero (Figura 2.28).

(a) Endereço de 48 bits

(b) Endereço de 16 bits

Legenda :

RII - Routing Information Indicator bit U/L - Universal/Local bit
r - reservado

Figura 2.28 - Formato do Campo de Source Address

- **Information (Info):** pode conter dados da subcamada LLC (quadro LLC), informações de supervisão (quadro MAC) ou informações de gerenciamento (quadro SMT).
- **Frame Check Sequence (FCS):** contém o CRC (*Cyclic Redundancy Check*) de 32 bits calculado sobre os campos FC, DA, SA e Info.
- **Ending Delimiter (ED):** indica o fim de um quadro ou *token*. No caso do quadro, este campo constitui-se de um símbolo T e, no caso do *token*, de um par de símbolos T.
- **Frame Status (FS):** contém, no mínimo, três indicadores de *status* (Este campo pode ter indicadores adicionais por opção de implementação, desde que este campo e o campo ED tenham no total um número par de símbolos) :
 - ♦ **E (Error Detected):** este indicador é, inicialmente, desativado pela estação originadora do quadro, podendo ser ativado por uma estação da rede se ela detectar um erro de quadro inválido. É considerado um quadro inválido, aquele que possui um campo de dados com tamanho inválido, o campo FC (*Frame Control*) com valor diferente de xx10xxxx ou, ainda, erro de FCS.
 - ♦ **A (Address Recognized):** este indicador é, inicialmente, desativado pela estação originadora do quadro, sendo ativado pela estação destino, se ela reconhecer o seu endereço no campo de *destination address*.

- ♦ *F (Frame Copied)*: este indicador é, inicialmente, desativado pela estação originadora do quadro, sendo ativado pela estação destino, se ela reconhecer o seu endereço no campo de *destination address* e copiar este quadro sem erros.

2.3.5.1.2 Operação da Subcamada MAC

A operação da subcamada MAC é descrita, considerando-se três aspectos :

- **Protocolo MAC**: define qual o método de acesso adotado, que garanta a utilização do meio de transmissão por todas estações da rede;
- **Esquema de Alocação da Banda de Transmissão**: determina a estratégia utilizada na alocação da banda de transmissão entre o tráfego de quadros síncronos e assíncronos;
- **Monitoração do Anel**: especifica os procedimentos empregados pelas estações da rede na monitoração da rede, detecção e recuperação de situações de erro e iniciação do anel.

2.3.5.1.2.1 Protocolo MAC

O protocolo MAC definido para as redes FDDI utiliza o método de acesso de passagem de *token* e foi baseado nas padronizações das redes *Token Ring* (IEEE 802.5), tendo sido feitas modificações de modo a adequá-lo às características de uma rede de alta velocidade sobre fibra óptica. Existem, na realidade, três diferenças relevantes no que diz respeito ao protocolo básico. Tais diferenças estão relacionadas, respectivamente, à captura e liberação do *token* e classes de serviço oferecidas. Para uma estação poder transmitir qualquer quadro através de uma rede, ela precisa capturar o *token*. Assim sendo, logo que uma estação recebe todo o *token*, ela começa a transmitir um ou mais quadros. Diz-se, então, que o *token* é absorvido pela estação. No caso da rede *Token Ring*, o quadro a ser transmitido é montado aproveitando-se os *bytes* iniciais do *token* capturado. Ainda na rede FDDI, assim que a estação termina de transmitir os seus quadros de dados, ela libera o *token*. Como consequência desse procedimento, em um dado instante podem existir vários quadros e o *token* circulando na rede. No caso da rede *Token Ring*, uma estação só libera o *token* após receber de volta o quadro que foi transmitido. Isto garante, que exista exclusivamente um quadro ou o *token* circulando no anel. Em ambas as redes, a estação destino copia o quadro recebido, que continua a circular no anel até que seja retirado pela estação origem. Por último, em relação às classes de serviço, a rede *Token Ring* oferece o serviço de transmissão assíncrona com vários níveis de prioridade e mecanismos de reserva de *token*. A rede FDDI oferece serviço de transmissão síncrona e assíncrona, sendo definidos, para esta última, vários níveis de prioridade e dois tipos de *token* (restritivo e não restritivo), não existindo mecanismos de reserva de *token*.

Nem toda transmissão de quadros é bem sucedida, pois a estação destino pode estar desativada ou não copiar o quadro recebido devido à presença de erros no mesmo. Para a estação origem determinar se um dado quadro foi transmitido com sucesso, ela examina o seu campo de *frame status*. Se os bits A e C estiverem ativados, a transmissão foi realizada com sucesso; caso contrário a subcamada MAC informa à

subcamada LLC sobre a condição do erro e algum procedimento de recuperação deve ser ativado nesta subcamada ou em uma camada superior.

A Figura 2.29 apresenta um exemplo, que ilustra o funcionamento básico do método por passagem de *token* adotado no caso das redes FDDI.

2.3.5.1.2.2 Esquema de Alocação da Banda de Transmissão

Conforme já foi mencionado anteriormente, a subcamada MAC do FDDI oferece duas classes de serviço de transmissão de dados: o serviço síncrono e o serviço assíncrono. O serviço síncrono é, normalmente, usado por aplicações que requerem tempos de respostas predefinidos, como o caso, de processos interativos. O serviço assíncrono, por sua vez, é empregado por aplicações sem requisitos críticos em relação a tempos de resposta, como são os processos em *batch*.

A subcamada MAC reserva uma parte da banda da transmissão para o serviço síncrono. Tal banda pode ser distribuída, de maneira diferenciada, entre as estações da rede. A banda restante, não alocada, ou, alocada e não utilizada na transmissão de quadros síncronos, pode ser usada na transmissão dos quadros assíncronos.

Dentro da classe de serviço assíncrono, existem ainda duas outras opções. A primeira refere-se ao tipo de *token*: *token* restritivo ou não-restritivo. O *token* não-restritivo pode ser utilizado por qualquer estação, para transmitir tantos quadros síncronos como assíncronos. O *token* restritivo pode ser usado por qualquer estação para transmitir quadros síncronos, mas apenas pelas estações que pré-alocaram a banda de transmissão assíncrona, para transmitir os seus quadros assíncronos. Esta pré-alocação da banda de transmissão assíncrona pode ser efetuada em alguns casos especiais de aplicações envolvendo a transferência de um volume razoável de dados a alta taxa, por exemplo, a realização do *back up* de um servidor da rede.

A outra opção referente ao serviço assíncrono está relacionada aos níveis de prioridade definidos para este serviço. Foram definidos oito níveis, sendo atribuída uma parte maior da banda aos níveis superiores.

Figura 2.29 - Exemplo de Operação do Método de Acesso das redes FDDI.

A Figura 2.30 contém um fluxograma, que ilustra, de maneira sucinta, a operação da subcamada MAC no que se refere à transmissão de quadros síncronos e assíncronos. Tal operação baseia-se na existência de alguns temporizadores e variáveis de controle :

- Temporizadores:

- ♦ **TRT** (*Token Rotation Timer*), contabiliza o tempo de rotação do *token* medido em cada estação.
- ♦ **TTRT** (*Target Token Rotation Timer*), indica o tempo médio de rotação do *token* definido na fase de iniciação do anel.
- ♦ **THT** (*Token Holding Timer*), determina o tempo que uma estação pode reter o *token* para transmitir quadros assíncronos.
- ♦ **T_Pri (i)**, define o tempo de transmissão de quadros assíncronos com prioridade *i*, sendo os maiores valores atribuídos aos níveis de prioridade mais altos;
- ♦ **TVX** (*Valid Transmission Timer*), define o tempo usado na determinação de inatividade da rede. Este temporizador é iniciado, todas as vezes, que é recebido um quadro ou *token* válido; se estourar, ativam-se os procedimentos de iniciação do anel. O seu valor é calculado a partir da seguinte relação:

$$TVX > \max(D_Max, F_Max) + T_{token} + F_Max + S_Min, \text{ onde}$$

D_Max - tempo de propagação de um quadro no anel;

F_Max - tempo de transmissão de um quadro de tamanho máximo (i.e., 4500 octetos);

Ttoken - tempo de transmissão de um *token*;

S_Min - tempo mínimo de segurança de tolerância de ruído aleatório no anel.

- Variáveis de Controle:

- ♦ **Late_ct**, indica se o *token* está atrasado ou não. É incrementada todas as vezes que o temporizador TRT estoura e zerada com a chegada do *token*.

Na fase de iniciação do anel, é negociado entre as estações da rede o valor a ser adotado para o TTRT e é definido a alocação de tempo para transmissão síncrona a ser atribuída a cada. Todas as estações são iniciadas, então, com TRT igual a TTRT e Late_ct igual a 0. O TRT é habilitado, iniciando uma contagem regressiva. A partir daí, podem ocorrer duas situações: a primeira em que o TRT expira sem o *token* ter chegado e a segunda em que *token* chega antes de TRT expirar. Na primeira situação, Late_ct é incrementado e o TRT é iniciado com o valor de TTRT e reativado. Se o valor de Late_ct for igual a 2, significa que o TRT expirou pela segunda vez; o *token* é considerado perdido, iniciando-se o

procedimento de *Claim Token* descrito posteriormente. Na segunda situação, se o valor de *Late_ct* for 0, diz-se que o *token* está adiantado, caso contrário que o *token* está atrasado.

Figura 2.30 - Operação do Protocolo MAC

Se o *token* estiver atrasado, são enviados apenas os quadros síncronos e o *token* é passado para a próxima estação. Se o *token* estiver adiantado, significa que existe tempo disponível para transmitir quadros assíncronos. Este tempo corresponde ao valor atual de TRT, que é atribuído ao THT ($THT \leftarrow TRT$). O temporizador TRT é iniciado com o valor de TTRT e reativado em seguida. São enviados os quadros síncronos e daí, então, o THT é habilitado. Enquanto o THT não expirar, são enviados os quadros assíncronos em ordem de prioridade decrescente. Quando THT expirar, o *token* é passado para a estação seguinte.

2.3.5.1.2.3 Monitoração do Anel

A função de monitoração do anel é distribuída entre todas as estações. Se uma estação, por exemplo, detecta a inatividade (estouro da temporização TVX) ou operação incorreta (e.g., recepção de vários *tokens* atrasados consecutivos) do anel, ela pode decidir por iniciá-lo.

Três procedimentos básicos são usados na monitoração, que envolve a detecção e recuperação de situações de erro:

- a) Procedimento de *Claim Token*
- b) Procedimento de Iniciação
- c) Procedimento de *Beacon*

Quando uma estação detecta a falta de atividade na rede ou considera que o *token* foi perdido (No diagrama da Figura 2.30, quando *Late_ct* atinge o valor 2), ela inicia o procedimento de *Claim Token*. Este procedimento tem como objetivo negociar o valor de TTRT a ser empregado e resolver situações de contenção entre estações que estão tentando iniciar o anel. Implica na realização das seguintes etapas :

- uma ou mais estações, que decidiram iniciar o anel, enviam continuamente quadros de *Claim Token*, especificando o valor de TTRT desejado;
- quando uma estação recebe um quadro de *Claim Token*, é realizada a comparação entre o valor de TTRT do quadro recebido e o valor requerido pela estação corrente:
 - ♦ se $TTRT_{rx} < TTRT_{est}$, a estação passa a transmitir o quadro de *Claim Token* recebido;
 - ♦ se $TTRT_{rx} = TTRT_{est}$, a estação passa a transmitir o quadro de *Claim Token* da estação com maior campo de endereços (campo de endereços de 48 bits) ou, se ambas tiverem o mesmo tamanho de campo de endereços, da estação com o maior endereço (comparação do endereço origem com o endereço da estação corrente);
 - ♦ se $TTRT_{rx} > TTRT_{est}$, a estação continua a transmitir o seu quadro de *Claim Token*.
- o processo termina quando uma estação recebe de volta o seu próprio quadro de *Claim Token*. Neste ponto, todas estações conhecem o valor de TTRT a ser adotado, que corresponde ao menor valor proposto.

A estação vencedora, i.e., aquela que recebeu o seu quadro de *Claim Token* de volta é responsável pela **iniciação do anel**. Ela transmite, então, um *token* não restritivo. Cada estação ao receber o *token* deve iniciar o seu TRT, atribuindo-lhe o valor do TTRT negociado, e passar para o modo operacional. Nesta primeira volta, nenhuma estação deve pegar o *token*.

O procedimento de *Beacon* é, normalmente, ativado quando ocorre alguma falha no anel, como por exemplo, a ruptura de um enlace. Esta falha pode ser detectada por uma ou mais estações durante o

procedimento de *Claim Token*, quando estoura o tempo máximo para o término deste procedimento. Inicia-se, então, o procedimento de *Beacon*. A partir daí, as estações em questão passam a transmitir quadros de *Beacon*. Ao receber um quadro de *Beacon* da sua estação predecessora, uma estação passa a transmitir este quadro. Deste modo, se realmente tiver ocorrido uma ruptura no anel, depois de um determinado intervalo de tempo todas as estações estarão transmitindo o quadro de *Beacon* emitido pela estação que segue o trecho do enlace rompido. Torna-se, assim, possível determinar o local de rompimento do anel. Caso uma estação receba de volta o seu próprio quadro de *Beacon*, ela infere que o anel foi restaurado e inicia o procedimento de *Claim Token*.

2.3.5.2 Subcamada PHY

Corresponde à subcamada da camada física da Arquitetura de Protocolos FDDI, cujas características são independentes do meio físico de transmissão empregado. É responsável, fundamentalmente, pela codificação e decodificação de dados e pelo estabelecimento e manutenção da sincronização do *clock*.

2.3.5.2.1 Codificação e Decodificação de Dados

No caso de redes FDDI, utiliza-se um esquema de codificação de duas etapas. Na primeira etapa, é utilizado o esquema de codificação conhecido como 4B/5B. Cada semi-octeto é codificado em um símbolo de 5 bits. Obtém-se, então, uma eficiência de 80%, pois para transmitir dados a uma taxa de 100 Mbps, é necessário se operar com um clock de 125 MHz. Esta primeira etapa de codificação é realizada pela própria subcamada MAC, que passa símbolo por símbolo para a subcamada PHY. Na segunda etapa, cada símbolo é codificado usando o esquema NRZI (*NonReturn to Zero Inverted*). Neste esquema, as transições são usadas para representar dados iguais a 1 e a ausência de transição os dados iguais a 0. A grande desvantagem deste esquema está relacionada em uma eventual perda de sincronismo entre o receptor e o transmissor, no caso deste enviar uma sequência muito longa de zeros. Este problema é resolvido na primeira etapa de codificação, uma vez que cada símbolo gerado deve ter no mínimo duas transições e no máximo três zeros consecutivos. Além disso, deve-se assegurar que exista no máximo $\pm 10\%$ de variação da componente dc em relação ao centro nominal.

2.3.5.2.2 Sincronização de Clock

No caso de redes com topologia em anel, todos os repetidores conectados através da rede devem ser sincronizados. Na recepção, normalmente é possível obter informações de *clock* a partir dos sinais recebidos, por meio das transições impostas pelo esquema de codificação adotado, como é caso do esquema de codificação 4B/5B empregado nas redes FDDI. Tais informações de *clock* permitem sincronizar a recepção dos dados da rede e realizar a amostragem adequada dos mesmos. Contudo, o valor no *clock* usado na recepção de dados difere, usualmente, do *clock* da própria estação, que é usado na transmissão de dados. Esta diferença pode implicar na variação do tamanho dos bits no caso de

retransmissão dos dados recebidos através da rede. Este problema é resolvido, utilizando-se um *buffer* elástico (*elasticity buffer*) entre a recepção e a transmissão.

Os dados são colocados neste *buffer* elástico na taxa do *clock* obtido a partir do sinal recebido e são retirados do mesmo na taxa do *clock* da estação (Figura 2.31). Ele possui uma capacidade de armazenamento de 10 bits e se expande ou se contrai de acordo com a necessidade. Se o *clock* de recepção for mais rápido que o *clock* da própria estação, o *buffer* se expande para evitar a perda de bits. Se o *clock* de recepção for mais lento, o *buffer* se contrai, evitando a inserção de bits adicionais.

Legenda:

PI - Primary ring - In
PO - Primary Ring - Out

SI - Secondary Ring - In
SO - Secondary Ring - Out

Figura 2.31 - Diagrama da Camada Física (PHY e PMD) de uma Estação FDDI

O *buffer* elástico é iniciado quando da recepção do preâmbulo de cada quadro, que, em princípio, consiste de uma sequência de 16 símbolos *Idle*. Para acomodar as diferenças existentes entre os *clocks* de recepção e da estação propriamente dita, este *buffer* pode, então, absorver símbolos deste *preamble*.

A utilização do *buffer* elástico permite apenas tratar diferenças de *clock* da ordem de $\pm 4,5$ da duração de um bit.

2.3.5.3 Subcamada PMD

A subcamada PMD está relacionada com características que são dependentes do meio, como meio de transmissão propriamente dito, os tipos de conectores e tipos de portas associadas e requisitos de desempenho.

As redes FDDI operam, normalmente, com anel duplo: um anel primário e um anel secundário. Tais anéis transmitem dados em direções opostas. Sob condições normais, o anel secundário permanece inoperante.

Nem todas as estações estão conectadas aos dois anéis, nem tampouco possuem funcionalidades idênticas. São definidos vários tipos de estações e topologias físicas e lógicas para as redes FDDI, que são descritos nos próximos itens.

2.3.5.3.1 Tipos de Estações

São definidos quatro tipos básicos de estações ou nós de uma rede FDDI. Os nós têm, como função básica, repetir os dados recebidos, não realizando, necessariamente, funções de recuperação de erros da camada de enlace. Isto implica que, um nó possui pelo menos um par de entidades PHY e PMD e, opcionalmente, entidades MAC. Uma estação, por sua vez, é capaz de receber, gerar e transmitir informação, possuindo pelo menos uma entidade PHY, PMD e MAC. Assim sendo, pode-se dizer que todas estações FDDI são nós, mas nem todos nós são estações [KESSLER91]:

- **Single Attachment Station (SAS):** está, normalmente, conectada a um concentrador, SAC ou DAC, e não diretamente ao anel dual FDDI. Possui entidades PHY, PMD e MAC (Figura 2.32 (a)).
- **Dual Attachment Station (DAS):** pode ser conectada diretamente aos dois anéis, primário e secundário, como também a um concentrador em uma topologia em árvore. Possui dois conjuntos de entidades PHY e PMD e uma ou duas entidades MAC (*single MAC* ou *dual MAC* DAS) (Figura 2.32 (b)).
- **Single Attachment Concentrator (SAC):** é, normalmente, usado para interconectar estações a concentradores DAC, possuindo dois conjuntos ou mais de entidades PHY e PMD e, opcionalmente, uma entidade MAC (Figura 2.32 (c)).
- **Dual Attachment Concentrator (DAC):** é, usualmente, conectado aos dois anéis, possuindo portas adicionais para interconexão com uma ou mais estações, que fazem parte lógica do anel, embora estejam fisicamente isoladas do mesmo. Um DAC possui três ou mais conjuntos de entidades PHY e PMD para interconexão com os anéis e as estações adicionais e, opcionalmente, uma ou mais entidades MAC (Figura 2.32 (d)).

Legenda:

(*) entidade opcional

PI - Primary ring - In
PO - Primary Ring - Out

SI - Secondary Ring - In
SO - Secondary Ring - Out

Figura 2.32 - Tipos de Estações FDDI

Em todos estes tipos de nós e estações, existe a componente referente ao SMT (*Station Management*) que interage com todas as entidades PMD, PHY e MAC para fins de gerenciamento. Na Figura 2.32, esta componente não foi desenhada para fins de simplificação.

2.3.5.3.2 Tipos de Portas

Cada um dos tipos de estações descritos anteriormente (item 2.3.5.3.1) possui diferentes tipos de portas, que determinam como cada um desses tipos de estações pode ser interconectado a uma rede FDDI.

Na realidade, os diferentes tipos de portas restringem os tipos de interconexão permitidos aos diferentes tipos de estações e, conseqüentemente, estabelecem regras para a definição de topologias de redes FDDI.

São especificados quatro tipos de portas:

- **Tipo A:** é usada para interconectar estações DAS e DAC ao tronco principal do anel. Possui uma entrada para recepção de dados do anel primário (PI - *Primary ring, In*) e uma saída para transmissão de dados através do anel secundário (SO - *Secondary ring, Out*).
- **Tipo B:** é usada para interconectar estações DAS e DAC ao tronco principal do anel. Possui uma entrada para recepção de dados do anel secundário (SI - *Secondary ring, In*) e uma saída para transmissão de dados através do anel primário (PO - *Primary ring, Out*).
- **Tipo M (Master):** é usada para conectar um concentrador SAC ou DAC a estações (SAS ou DAS) ou a outros concentradores. Possui uma entrada para recepção e uma saída para transmissão de dados através de um tronco secundário ou de uma árvore conectada ou não ao anel principal.
- **Tipo S (Slave):** é usada para conectar uma estação SAS ou um concentrador SAC a um concentrador SAC ou DAC. Possui, também, uma entrada para recepção e uma saída para transmissão de dados através de um tronco secundário ou de uma árvore conectada ou não ao anel principal.

Cada tipo de porta está associado a um tipo de conector (MIC - *Media Interface Connector*), sendo especificados, portanto, os conectores MIC A, MIC B, MIC M e MIC S a serem utilizados com fibra multimodo e os conectores MIC SA, MIC SB, MIC SM e MIC SS a serem empregados com fibra monomodo. Tais conectores são diferentes entre si para evitar a conexão entre equipamentos desenvolvidos para um ou outro tipo de fibra.

A partir daí, são definidos, ainda, alguns tipos de cabo: cabo A-B, para interconexão de estações DAS e concentradores DAC através do tronco principal do anel, e cabo M-S, para interconexão de um concentrador e uma estação/concentrador. Outros cabos de propósito mais geral podem, também, ser utilizados, tais como: cabo S-S, para interconexão de duas estações de quaisquer tipos, e cabo AM-BM, para interconexão de estações DAS e concentradores DAC através do tronco principal do anel ou de uma DAS a um DAC através de um tronco secundário. A utilização de cabos mais específicos tem, como

vantagem, evitar a interconexão errônea entre portas de estações e concentradores e, como desvantagens, a necessidade de especificar tipos de cabos diferentes para uma dada rede e o custo decorrente.

A Tabela 2.4 ilustra os tipos de conexões permitidas entre os vários tipos de portas descritos.

Tipos de Portas	Tipo de Cabo	Tipos de Estações
Portas A e B	Cabo A-B	DAS ↔ DAS
	Cabo AM-BM	DAC ↔ DAC
	Cabo S-S	DAS ↔ DAC
Portas M e S	Cabo M-S	DAC ↔ SAS
	Cabo S-S	SAC ↔ SAS
		DAC ↔ SAC
		SAC ↔ SAC
Portas M e A	Cabo AM-BM	DAC ↔ DAS (*)
Portas M e B	Cabo S-S	

Nota :

(*) - Interconexão através de um tronco secundário ou através de uma árvore

Tabela 2.4 - Relação entre os Tipos de Portas e os Tipos de Interconexão entre as Estações

2.3.5.3.3 Topologias Suportadas

Considerando os diversos tipos de conexões possíveis entre estações e concentradores de uma rede FDDI, conforme foi apresentado no item 2.3.5.3.2, podem-se especificar os seguintes tipos de topologias físicas:

- **Anel Dual:** consiste de um conjunto de estações DAS conectadas através de dois anéis, primário e secundário, com direções opostas de transmissão de dados, estando, em condições normais, somente um anel em operação. A operação concomitante dos dois anéis somente é possível se todas as estações possuírem duas entidades MAC. Tais estações DAS podem corresponder tanto a estações de usuários finais ou servidores de rede, como também a pontes (*bridges*) usadas na interconexão da rede FDDI a outras redes locais. Neste último caso, a rede FDDI pode ser usada como espinha dorsal (*backbone*) de um conjunto de redes locais.
- **Árvore de Concentradores:** trata-se de uma topologia hierárquica em estrela, em que um concentrador ocupa a posição de raiz da árvore. A este concentrador podem estar conectados outros concentradores ou estações.
- **Anel Dual com árvores:** corresponde à topologia mais geral, reunindo as vantagens das duas topologias anteriores quanto à disponibilidade das estações do anel e flexibilidade para inserção, remoção e alteração de localização de concentradores e estações nas árvores.

A Figura 2.33 mostra um exemplo deste último tipo de topologia, a de carácter mais geral, correspondente a um anel dual com árvores. Nesta figura, pode-se observar o anel do tronco principal, que interconecta estações DAS e concentradores DAC, e três troncos secundários, que a partir de um nó raiz, referente a um concentrador DAS do próprio anel, interconecta concentradores SAC e estações SAS.

Legenda :

	- DAC (Dual Attachment Concentrator)		- DAS (Dual Attachment Station)
	- SAC (Single Attachment Concentrator)		- SAS (Single Attachment Station)

Figura 2.33 - Exemplo de uma Rede FDDI com Topologia Anel Dual com Árvores

A Figura 2.34 mostra como os diversos componentes da rede da Figura 2.33 são interconectados através dos diversos tipos de portas existentes, possibilitando visualizar também o caminho seguido pelo *token* ao circular através desta rede.

2.3.5.3.4 Mecanismos de Configuração

Uma das características mais importantes das redes FDDI está relacionada com sua robustez. Em uma rede com topologia semelhante à da rede apresentada na Figura 2.34, i.e. topologia de anel dual com árvores, podem-se identificar, basicamente, quatro tipos de falhas:

- **Falha de uma estação ou concentrador do tronco principal:** As estações DAS e concentradores DAC interconectados através do anel do tronco principal possuem, normalmente, um sistema de *bypass* óptico, que pode ser ativado automaticamente, no caso de falha da estação ou concentrador em questão, pela própria estação ou por uma estação vizinha (Figura 2.31). Obviamente, somente um número limitado de estações consecutivas do anel principal pode ter seu sistema de *bypass*

óptico ativado, de modo a garantir que não se atinja o valor máximo permitido de perda do sinal óptico.

Figura 2.34 - Exemplo de Interconexão entre os Vários Tipos de Portas de uma Rede FDDI com Topologia Anel Dual com Árvores

- **Rompimento do anel do tronco principal:** as estações, interconectadas através do trecho de cabo que foi rompido, ativam, automaticamente, suas portas de modo a conectar os pontos abertos dos

anéis primário e secundário (PO com SI e SO com PI). Passa, então, a existir um único anel. No sentido do anel secundário, nas estações onde existe apenas uma única entidade MAC, o sinal é apenas repetido.

- **Falha de uma estação ou concentrador de um tronco secundário:** Neste caso, o concentrador, ao qual está conectada a estação ou concentrador em questão, ativa as suas portas de modo a isolar a estação com problemas.
- **Rompimento de um tronco secundário:** O concentrador, ao qual está conectado o cabo de tronco secundário rompido, ativa as suas portas de modo a isolar o trecho de cabo com problemas. O anel continua a operar normalmente, tornando o tronco secundário totalmente isolado do mesmo.

Conforme foi descrito, utilizam-se, normalmente, os DASs e DACs no anel do tronco principal e os SASs e SACs como elementos das árvores, que constituem os troncos secundários. No caso de rompimento de cabo, este tipo de configuração oferece apenas redundância de rotas para as estações interconectadas através do anel principal. Com o objetivo de se obter redundância de rotas também nos troncos secundários, pode-se, então, utilizar DACs e DASs nestes troncos. Este conceito é conhecido pelo nome de *dual homing*.

A Figura 2.35 apresenta um exemplo simples de uma configuração *dual homing*, em que vários concentradores DACs são interconectados ao anel do tronco principal e aos mesmos são ligadas as estações DASs. Cada estação está conectada a dois concentradores, existindo uma conexão primária (porta A da estação DAS e porta M de um concentrador DAC) e outra conexão de *back up* (porta B da estação DAS e porta M de outro concentrador DAC). No caso de ocorrer uma falha na conexão primária, a conexão de *back up* é automaticamente ativada.

Figura 2.35 - Exemplo de Configuração *Dual Homing*

2.3.5.3.5 Meios Físicos de Transmissão

Originalmente, a camada PMD foi especificada para fibras multimodo (MMF - *Multi Mode Fiber*), utilizando como transmissores LEDs (*Light-Emitting Diodes*) com comprimento de onda de 850 ou 1325 nm. Tais fibras eram do tipo 62,5/125 μm , tendo-se como alternativa, também, as fibras 50/125 μm e 100/140 μm [MIRCHANDANI93]. A distância máxima entre duas estações adjacentes é de 2 km, sendo permitido um número máximo de 1000 conexões físicas. Tal número de conexões não corresponde ao número máximo de estações na rede, que está limitado a 500, uma vez que as estações DAS, por exemplo, possuem, na maioria das vezes, duas conexões físicas, uma com o anel primário e outra com o anel secundário. O comprimento máximo da fibra é de 200 km, com o objetivo de restringir o tempo de propagação do *token* na rede. No caso de uma rede com topologia em anel, este comprimento deve ser igual a 100 km, pois se ocorrer alguma falha, por exemplo, rompimento do cabo do anel, o comprimento do anel deve duplicar através da ativação dos mecanismos de configuração mencionados anteriormente (item 2.3.5.3.4).

Com o objetivo de permitir distâncias maiores entre estações adjacentes, foi especificada, então, a camada PMD para fibras monomodo (e.g. 8/125 μm). Neste caso, utilizam-se como transmissores os diodos a laser, sendo possível estações separadas entre si de uma distância de até 60 km.

Outras especificações foram elaboradas para esta camada, de modo a possibilitar que uma rede FDDI opere sobre enlaces de fibra óptica com taxas de transmissão variando de 155,52 Mbps (OC-3, STM-1) a 1244,16 Mbps (OC-24, STM-8) ou 2488,320 Mbps (OC-48, STM-16), segundo a estrutura das hierarquias SONET/SDH. Estas especificações são conhecidas como FFOL (*FDDI Follow-On Local Area Network*).

Por último, tem-se, ainda, as redes CDDI (*Copper Distributed Data Interface*) ou TP-DDI (*Twisted-Pair Distributed Data Interface*) que utilizam, como meio de transmissão, cabo UTP - 100 Ω - Categorias 3, 4 e 5 ou cabo STP - 150 Ω - Tipo 1. Neste caso, a distância máxima entre uma estação e um concentrador não deve exceder 100 m.

2.3.6 Redes ATM (*Asynchronous Transfer Mode*)

As redes ATM foram aprovadas pelo ITU-T (*International Telecommunication Union - Telecommunication*) como o padrão para serviços B-ISDN (*Broad - Integrated Services Digital Network*) e podem ser utilizadas no âmbito de uma rede local, metropolitana ou de longa distância. Têm como principais características:

- utilizam a técnica de comutação de células de tamanho fixo igual a 53 bytes;
- suportam aplicações multimídia que podem combinar dados, voz e vídeo, empregando, como meios de transmissão, enlaces de alta velocidade;

- atendem aos requisitos de vários tipos de serviços, com taxas de bit constante (CBR) e variável (VBR);
- suportam serviços com requisitos de banda de transmissão diferenciados;
- permitem a alocação dinâmica de banda de acordo com a demanda.

O termo *transfer* refere-se aos aspectos de transmissão e chaveamento, portanto *transfer mode* corresponde a uma maneira específica de transmitir e chavear informação em uma rede. O termo *asynchronous*, no contexto de transmissão multiplexada, decorre do fato da banda de transmissão ser alocada dinamicamente, de maneira assíncrona, de acordo com a demanda. Uma unidade de dados, i.e. uma célula, associada a um canal pode ocorrer em qualquer instante (vide Figura 2.36).

Figura 2.36 - Princípio de Operação do ATM

As padronizações do ATM têm sido desenvolvidas pelo próprio ITU-T e pelo ATM Forum, que é consórcio da indústria internacional sem fins lucrativos e objetiva acelerar o desenvolvimento de produtos e serviços ATM e promover a cooperação da indústria com a finalidade de garantir a interoperabilidade desses produtos. Foi fundado em outubro de 1991 por quatro companhias: North Telecom, Sprint, SUN Microsystems e Digital Equipment Corporation (DEC) e, em janeiro de 1992, foi aberta a sua participação para a indústria.

2.3.6.1 Conceitos Básicos

Neste item, são apresentados alguns conceitos básicos, que são utilizados no decorrer do texto sobre a tecnologia ATM.

2.3.6.1.1 Interfaces UNI e NNI

São especificados dois tipos de interfaces (vide Figura 2.37):

- **UNI (User Network Interface):** existe entre um comutador ATM e a estação ATM do usuário e entre um comutador de ATM privativo e um comutador de ATM público.
- **NNI (Network Network Interface):** existe entre comutadores ATM privativos e comutadores ATM públicos.

Figura 2.37 - Interfaces UNI e NNI

2.3.6.1.2 Vias de Transmissão, Vias Virtuais e Canais Virtuais

A operação de uma rede ATM é baseada na utilização de vias de transmissão, vias virtuais e canais virtuais, que podem ser definidos da seguinte maneira:

- **Canal Virtual (VC):** descreve o transporte unidirecional de células ATM associadas a um único identificador VCI.
- **Enlace de Canal Virtual:** transporte unidirecional de células ATM entre um ponto de acesso e outro ponto de comutação de canal ou entre dois pontos de comutação de canal.
- **Conexão de Canal Virtual (VCC):** concatenação entre enlaces de VC que se estende entre dois pontos finais onde a camada de adaptação é acessada. Provê a transferência fim-a-fim de células ATM entre usuários ATM.
- **Via Virtual (VP):** descreve um conjunto de enlaces de VC, associados a um identificador VPI, que possuem o mesmo ponto final.
- **Enlace de Via Virtual:** conjunto de enlaces de VC, identificado através do mesmo VPI, entre um ponto de acesso e outro ponto de comutação de via ou entre dois pontos de comutação de via.
- **Conexão de Via Virtual (VPC):** conjunto de VCCs, que possuem os mesmos pontos finais. Todas as células transportadas através dos VCCs de uma única VPC são comutadas juntas.
- **Via de Transmissão (TP):** estende-se entre elementos de rede que constituem o sistema de transmissão.

Pode-se afirmar, então, que uma via de transmissão (TP) contém uma ou mais vias virtuais (VP). Uma via virtual, por sua vez, contém um ou mais canais virtuais (VC). A comutação pode ser realizada a nível da via de transmissão, da via virtual ou do canal virtual (vide Figura 2.38).

Figura 2.38 - Via de Transmissão, Canais e Vias Virtuais

As vias virtuais são comutadas tomando por base os VPIs. Os VP *switches* terminam os enlaces de VP (vide Figura 2.39). Os canais virtuais são comutados tomando por base os VCIs e VPIs. Os VC *switches* terminam os enlaces de VC e VP (vide Figura 2.40). Os VPIs e VCIs são usados para rotear as células através da rede.

Deve-se observar que os valores de VPIs e VCIs são únicos em uma via de transmissão (TP) específica. Cada TP existente entre dois equipamentos de rede (e.g., *switch* ATM) utiliza VPIs e VCIs independentemente.

Legenda:

VCI - Virtual Channel Identifier

VP - Virtual Path

VPI - Virtual Path Identifier

Figura 2.39 - Comutação de Via Virtual

Legenda:

VCI - *Virtual Channel Identifier*
VP - *Virtual Path*

VPC - *Virtual Path Connection*
VPI - *Virtual Path Identifier*

Figura 2.40 - Comutação de Canal e Via Virtual

2.3.6.2 Células ATM

O ATM opera com células de tamanho fixo, consistindo de um cabeçalho de 5 octetos e um campo de informação de 48 octetos (vide Figura 2.41).

Figura 2.41 - Estrutura Geral de uma Célula ATM

A utilização de células pequenas de tamanho fixo tem como vantagens: redução do tempo de espera em fila das células de alta prioridade e chaveamento mais eficiente.

2.3.6.3 Modelo de Referência ATM

O modelo de referência ATM é baseado na definição de três planos (vide Figura 2.42):

- **Plano do Usuário** : provê a transferência de informação do usuário. Mecanismos referentes ao controle de fluxo e recuperação de erros são incluídos.
- **Plano de Controle**: realiza funções de controle de chamada e de conexão. Inclui as funções de sinalização necessárias no estabelecimento, supervisão e liberação de uma chamada ou conexão.
- **Plano de gerenciamento**: inclui dois tipos de funções :
 - ♦ **Gerenciamento de Camada** : responsável pelas funções de gerenciamento dos recursos e dos parâmetros das diversas subcamadas ATM.
 - ♦ **Gerenciamento de Plano**: responsável pelas funções de gerenciamento como um todo e pela coordenação dos diversos planos.

Os planos de controle e gerenciamento devem oferecer suporte aos serviços oferecidos pelo plano do usuário. Os planos de usuário e de controle possuem, em comum, as camadas física e ATM. As camadas superiores e de adaptação ATM são, normalmente, diferentes.

Figura 2.42 - Modelo de Referência ATM

Neste modelo, podem-se identificar três camadas:

- **Camada Física**: provê a transmissão de células ATM através do meio físico, que conecta dois dispositivos ATM. Esta camada é constituída de três níveis: secção de regenerador, secção digital e via de transmissão.
- **Camada ATM**: é comum a todos serviços, provendo o serviço de transferência de células. É constituída de dois níveis referentes, respectivamente, a via virtual (VP) e canal virtual (VC).
- **Camada de Adaptação ATM**: é dependente do serviço prestado. Mapeia informações das camadas superiores em células ATM a serem transportadas através da rede B-ISDN e obtém as informações das células, as monta adequadamente e as entrega às camadas superiores.

As camadas superiores e a camada de adaptação ATM provêm interfaces e serviços para aplicações de usuário final incluindo *frame relay*, SMDS, IP e outros protocolos, além de APIs. São suportadas aplicações envolvendo a transmissão de voz, dados de pacote, vídeo e imagem.

Cada um dessas camadas é descrita com mais detalhes nos itens que se seguem.

2.3.6.3.1 Camada Física

A camada física é subdividida em duas subcamadas: Subcamada do Meio Físico (PM- *Physical Medium*) e Subcamada de Convergência de Transmissão (TC- *Transmission Convergence*) (vide Figura 2.43).

Gerenciamento de Camada	Convergência	CS	AAL
	Segmentação e Montagem	SAR	
	Controle de Fluxo Genérico Geração e Extração de Cabeçalho de Célula Conversão do VPI/VCI da Célula Multiplexação e Demultiplexação de Célula	ATM	
	Desacoplamento de Taxa de Célula Geração e Verificação de Sequência de HEC Delineamento de Célula Adaptação de Quadro de Transmissão Geração e Recuperação de Quadro de Transmissão	TC	Camada Física
	Bit timing Meio Físico de Transmissão	PM	

Legenda:

AAL	- ATM- <i>Adaptation Layer</i>	PM	- <i>Physical Medium sublayer</i>
ATM	- <i>Asynchronous Transfer Mode</i>	SAR	- <i>Segmentation and Reassembly Sublayer</i>
CS	- <i>Convergence Sublayer</i>	TC	- <i>Transmission Convergence Sublayer</i>

Figura 2.43 - Funções das Camadas do Modelo de Referência do ATM

A Subcamada PM efetua todas as funções dependentes do meio. Provê a transmissão de bits, incluindo o seu alinhamento e o *bit timing*, e, se necessário, a conversão de sinais elétricos/ópticos. As funções de *bit timing* englobam a geração e recepção de formas de onda adequadas ao meio, inserção e extração de informações de *bit timing* e, se necessário, a codificação de linha.

A Subcamada TC transforma o fluxo de células em um fluxo estável de bits para transmissão através do meio físico. Na transmissão, mapeia células no formato de um quadro TDM (*Time Division Multiplexing*) e na recepção, tais células devem ser identificadas no quadro recebido. Realiza funções referentes a:

- **desacoplamento de taxa de célula:** corresponde ao mecanismo de inserir células *idle* com o objetivo de adaptar a taxa de transmissão de células ATM à capacidade do sistema de transmissão.

Na recepção, tais células são suprimidas e apenas as células com informações úteis são entregues à camada ATM.

- **geração e verificação de sequência de HEC (*Header Error Control*):** na transmissão, o HEC é gerado e inserido no campo correspondente do cabeçalho da célula. Na recepção, o seu valor é recalculado e comparado com o valor contido na célula recebida. Se houver apenas erro em um bit, ele é corrigido. Se houver erros em múltiplos bits, a célula é descartada.
- **delineamento de célula:** corresponde ao mecanismo adotado pelo receptor para determinar os limites das células. A fim de proteger tal mecanismo contra algum ataque de violação, o campo de informação da célula é codificado na transmissão e decodificado na recepção.
- **adaptação de quadro na transmissão:** é responsável pela adaptação do fluxo de células de acordo com a estrutura de carga útil do sistema de transmissão utilizado. Na recepção, efetua a extração das células dos quadros de transmissão.
- **geração e recuperação de quadro de transmissão.**

Os meios físicos de transmissão utilizados podem ser fibra óptica, cabo coaxial e par trançado. Existem três organizações de padronizações, que têm especificado a camada física para redes ATM:

- **Padronizações da ANSI :** foram definidas três interfaces baseadas na hierarquia SONET em fibra óptica monomodo: STS-1 - 51,84 Mbps, STS-3c - 155,52 Mbps e STS-12c - 622,08 Mbps , além da interface DS3 - 44,736 Mbps usando PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*) da padronização DQDB.
- **Padronizações CCITT/ITU-T :** foram definidas duas interfaces baseadas na hierarquia SDH além de outras interfaces baseadas na hierarquia PDH: STM-1 - 155,520 Mbps, STM-4 - 622,08 Mbps, DS1 - 1,544 Mbps, E1 - 2,048 Mbps, DS2 - 6,312 Mbps, E3 - 34,368 Mbps, DS3 - 44,736 Mbps usando PLCP e E4 - 139,264 Mbps.
- **Interfaces ATM Forum:** foram definidas quatro interfaces físicas. Duas seriam usadas em redes públicas e correspondem às interfaces DS3 e STS-3c padronizadas pelo ANSI e ITU-T. A interface SONET STS-3c pode ser suportada em OC-3, tanto em fibra monomodo como multimodo. As demais interfaces são destinadas às redes privadas e incluem: FDDI - 100 Mbps (fibra multimodo), *Fiber Channel* - 155,52 Mbps (fibra multimodo), cabo STP - Tipos 1 e 2 - 155,52 Mbps e cabos UTP - Categorias 2 e 5 - 45 e 155,52 Mbps.

2.3.6.3.2 Camada ATM

Esta camada têm como funções básicas (vide Figura 2.43):

- **Controle de Fluxo Genérico:** é definido apenas para a interface UNI de redes B-ISDN. Permite controlar o tráfego ATM na rede do cliente, evitando condições de sobrecarga na UNI.

- **Geração e Extração de Cabeçalho de Célula:** Ao receber o campo de informação da célula da camada AAL, é gerado o seu cabeçalho para que a mesma possa ser transmitida. Na recepção, tal cabeçalho é extraído e o campo de informação da célula é entregue à camada AAL.
- **Conversão de VPI/VCI:** Nos *switches* VP, ocorre sempre conversão dos valores do VPI e nos *switches* VC, ocorre conversão tanto dos valores do VPI como do VCI das células recebidas e encaminhadas adiante (vide Figura 2.44).
- **Multiplexação e Demultiplexação de Células:** na transmissão, células de VPs e VCs individuais são multiplexadas em uma cadeia de células. Na recepção, ocorre a demultiplexação, em que as células recebidas em uma cadeia são encaminhadas ao respectivo VP ou VC.

Figura 2.44 - Função de Conversão de VPI/VCI

2.3.6.3.3 Camada de Adaptação ATM

Esta camada tem por função realizar a adaptação entre os serviços prestados pela camada ATM e os requisitos de operação das camadas superiores. As PDUs (*Protocol Data Unit*) das camadas superiores são mapeadas em campos de informação das células ATM.

É organizada em duas subcamadas:

- **CS (*Convergence Sublayer*):** provê funções necessárias ao suporte de aplicações específicas usando os serviços da camada AAL. É, portanto, dependente do tipo de serviço prestado.

- **SAR (*Segmentation and Reassembly Sublayer*)** : é responsável, na transmissão, pela segmentação de CS-PDUs em células ATM e, na recepção, pela montagem de CS-PDUs a partir das células recebidas.

Foram especificados cinco tipos de protocolos AAL, que devem atender às classes de serviço A, B, C e D, definidas considerando a relação de tempo entre a fonte e o destino, a taxa de bits e o modo de operação (Tabela 2.5).

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Relação de tempo entre a Origem e o Destino	Necessário	Necessário	Desnecessário	Desnecessário
Taxa de Bit	Constante	Constante	Variável	Variável
Modo de Operação	Orientado à Conexão	Orientado à Conexão	Orientado à Conexão	Não Orientado à Conexão
Tipo de AAL	AAL 1	AAL 2	AAL 3-5	AAL 3-5
Exemplos	DS1, E1, nx64Kbps	Vídeo, Áudio	<i>Frame Relay</i> , X.25	IP, SMDS

Tabela 2.5 - Classificação dos Serviços para a Subcamada AAL

Os diferentes tipos de protocolos AAL têm como características:

- **AAL 1:** especifica como circuitos TDM podem ser emulados sobre redes ATM. A emulação de circuito é especificada para o suporte de DS1, DS3 e nxDS0.
- **AAL2:** especifica o transporte ATM de circuito orientado à conexão para serviços com taxa de bit variável, como é o caso de aplicações envolvendo vídeo e áudio.
- **AAL3/4:** suporta tráfego com taxa de bit variável orientado ou não orientado à conexão. Aplicações de transmissão de dados, como o SMDS, utilizam AAL3/4. Dois modos de serviço são especificados:
 - ♦ **Modo Orientado à Mensagem:** usado na transferência de dados *framed* (com cabeçalho e *trailer*). Qualquer protocolo OSI pertence a esta categoria.
 - ♦ **Modo Orientado à Cadeia:** usado na transferência de blocos de dados com baixa taxa de transmissão e com requisito de pequenos atrasos. Cada bloco é transferido em uma célula ATM.

São definidos, ainda, dois procedimentos de operação: operação com confiabilidade, com mecanismos de controle de fluxo e recuperação de PDUs através de sua retransmissão, e operação sem confiabilidade, sem mecanismos de recuperação de PDUs.

- ♦ **AAL5:** provê serviços similares às AAL3/4. Não implementa, contudo, funções de multiplexação.

2.3.7 Redes Comutadas

A grande maioria das redes locais e metropolitanas empregam a técnica de comutação de pacotes e, portanto, no modo de acesso compartilhado. Nesse modo, todas as estações de um segmento de rede compartilham a banda de transmissão disponibilizada para aquela rede. Assim, no caso de uma rede Ethernet, a banda de transmissão de 10 Mbps é compartilhada e alocada, dinamicamente, entre todas as estações da rede. Como resultado, tem-se, para a cada estação uma banda bem menor que nem sempre atende às necessidades das aplicações utilizadas.

Com o advento de aplicações cada vez mais complexas, a tendência natural é que as redes locais se tornem cada vez mais sobrecarregadas com um desempenho cada vez pior. Uma das soluções tradicionais para resolver esse problema é segmentar as redes em grupos de trabalho menores, onde, conseqüentemente, tem-se um número menor de estações competindo pela banda de transmissão da rede. Ou, ainda, substituir a tecnologia da rede por uma outra mais rápida.

Diante dessa realidade, uma solução que tem se mostrado bastante atrativa é o emprego de redes comutadas. Elas possibilitam o reaproveitamento de toda a infra-estrutura de cabeamento, placas de rede e da própria infra-estrutura de gerenciamento, sendo necessário, apenas, substituir os *hubs*.

Tais redes são implementadas por equipamentos comutadores, que podem operar segundo duas técnicas básicas: *store-and-forward* e *cut-through*.

2.3.7.1 Técnica *Store-and-Forward*

Os equipamentos, que utilizam esta técnica, operam de maneira bastante semelhante a uma ponte. Todo quadro que chega a uma porta deste equipamento é armazenado e analisado para verificar se existe algum erro (e.g. erro de FCS em um quadro Ethernet). Em caso negativo, é consultada uma tabela de endereços para determinar a partir do endereço MAC destino para qual porta tal quadro deve ser enviado.

Este tipo de técnica introduz um atraso da ordem de 1200 μ s na transmissão do quadro [SHARER95]. É implementado em equipamentos denominados "*buffering switches*".

2.3.7.2 Técnica *Cut-Through*

No caso desta técnica, assim que é recebido um quadro e obtém-se o endereço MAC da estação destino a partir do seu cabeçalho, esse quadro já começa a ser enviado para a porta destino correspondente. Com isso é introduzido um atraso bem menor na transmissão dos quadros.

Essa técnica pode ser implementada nos equipamentos de rede de duas formas:

- **Comutação Cruzada (Cross-Bar Switch):** assim que um quadro chega em uma porta, é determinado o endereço da porta destino, e ele é inserido em uma FIFO (*First-In First-Out*) de saída. Se existirem, por exemplo, três quadros nesta fila e se o caminho referente ao primeiro quadro estiver ocupado, os outros quadros devem esperar até que esse caminho seja liberado e o primeiro quadro da fila seja enviado para que, finalmente, possam ser transmitidos ao seu destino. Tal procedimento pode implicar em atrasos significativos, principalmente, no caso de *multicast* de quadros.
- **Comutação de Células no Backplane:** os quadros que chegam em cada porta são segmentados em células menores de tamanho fixo, cujo cabeçalho contém o endereço da porta destino para a qual a mesma deve ser enviada. Na porta destino, tais células são armazenadas de modo que seja possível remontar o quadro original. Como a banda de transmissão do backplane costuma ser maior do que banda agregada de todas as portas e é multiplexada usando a técnica TDM (*Time Division Multiplexing*), o desempenho é melhor do que no caso anterior com atrasos bem menores.

2.3.7.3 Produtos de Mercado

O emprego de técnicas de comutação associado a tecnologias de redes locais tradicionais têm crescido bastante. Os primeiros *hubs* comutados surgiram para a tecnologia Ethernet e, hoje, já existem *hubs* para tecnologias Token Ring, FDDI e Fast Ethernet.

Uma solução bastante comum, oferecida pelos fornecedores de redes locais, têm sido *hubs* comutados com dois tipos de porta. Um exemplo típico seriam os *hubs* que possuem várias portas Ethernet e algumas FDDI, cuja aplicação imediata são os grupos de trabalho que operam segundo o modelo cliente-servidor. As estações clientes são ligadas às portas Ethernet e as servidoras às portas FDDI, que também podem ser empregadas para conectar tal grupo de trabalho a uma rede *backbone*. Neste tipo de *hub*, é usual utilizar a técnica de *store-and-forward*, já que é necessário utilizar *buffers* para compatibilizar a velocidade dos dois tipos de acesso.

Alguns equipamentos de mercado permitem, ainda, que a utilização de uma das técnicas *store-and-forward* e *cut-through* seja configurada via software.

Outro recurso que alguns *hubs* deste tipo têm oferecido é a criação de diferentes redes virtuais, permitindo, assim, que um grupo de trabalho possa ser dividido em grupos de trabalhos menores correspondentes a diferentes redes virtuais.

2.4 Interconexão de Redes

A Figura 2.45 ilustra a relação existente entre os principais elementos usados na interconexão de redes locais, metropolitanas e de longa distância e o Modelo OSI. Podem-se identificar três tipos de elementos de interconexão: os repetidores, as pontes e os roteadores, que atuam em camadas diferentes do Modelo OSI.

Figura 2.45 - Elementos de Interconexão e o Modelo OSI

2.4.1 Repetidores

Conforme pode-se observar através da Figura 2.45, um repetidor atua na camada física do Modelo OSI, exercendo a função de regenerador de sinal entre dois segmentos de redes locais. Amplifica o sinal recebido de um segmento de rede e repete esse mesmo sinal no outro segmento. Permite interconectar dois segmentos de redes locais de mesma tecnologia, eventualmente, operando sobre tipos de meios físicos diferentes. Como resultado, é possível aumentar a extensão de uma rede local, comportando-se o conjunto de segmentos interconectados como um único segmento.

Um exemplo típico de utilização de repetidores é a interconexão de segmentos Ethernet: 10Base5 (ou 10Base2), cujo comprimento máximo é de 500 m (ou 185 m). Tal extensão pode ser ampliada até 2500 m (ou 925 m) através do emprego de até quatro repetidores, conforme especificam as correspondentes normas de padronização.

Os *hubs* 10BaseT ou 100BaseT (100BaseT4 ou 100BaseTX) atuam como repetidores pelo fato de regenerarem os sinais recebidos das suas portas.

2.4.2 Pontes

As pontes, por sua vez, operam a nível da camada de enlace do Modelo OSI, sendo invisíveis às camadas superiores deste modelo. As pontes podem ser utilizadas para interconectar redes de tecnologias

diferentes (e.g., Ethernet, Token Ring, FDDI, 100VG-AnyLAN) ou, simplesmente, para isolar o tráfego entre segmentos de rede diferentes de mesma tecnologia. Apresentam-se como uma solução muito comum para segmentar redes locais que estejam com problema de sobrecarga de tráfego.

Podem-se identificar três tipos de pontes [BURNS92]:

- **Ponte Transparente:** provém a conexão entre redes locais de mesma tecnologia ou de tecnologias diferentes. Do ponto de vista das estações finais das redes interconectadas, a ponte é "transparente", pois ela não é endereçável por estas estações e as mesmas enxergam o conjunto dessas redes como uma única rede sem terem nenhuma participação na determinação ou escolha da melhor rota a ser seguida pelo quadro. Basicamente, este tipo de ponte opera da seguinte maneira: quando recebe um quadro, ela examina o seu endereço MAC de origem e destino (*source and destination address*) e consulta a sua tabela de endereços para processar tal quadro. O endereço de origem é usado pela ponte para aprender em que segmento está cada estação, atualizando a sua tabela de endereços; enquanto o endereço de destino é usado para determinar a qual segmento de rede tal quadro é destinado. Se as estações origem e destino pertencerem ao mesmo segmento, o quadro recebido pela ponte é, simplesmente, descartado. Se o endereço MAC destino não constar dessa tabela, ela transmite o quadro correspondente a todos segmentos de rede a qual está conectado. Se o endereço MAC destino constar dessa tabela, esse quadro é transmitido através do segmento de rede correspondente ao endereço destino. O algoritmo de *bridging* usado nessas redes é, em geral, o *spanning tree*.
- **Ponte de Encapsulamento:** é usada no caso da interconexão de duas redes locais de mesma tecnologia através de uma terceira rede local de tecnologia diferente (e.g., vários segmentos de redes Ethernet conectados através de uma rede *backbone* FDDI) ou de um enlace de longa distância (pontes remotas). Neste tipo de configuração, a ponte pega o quadro recebido de uma rede local (e.g., rede Ethernet) e o encapsula no quadro da rede intermediária (e.g., rede FDDI) e a outra ponte desencapsula o quadro recebido dessa rede intermediária (e.g., rede FDDI) e encaminha-o à rede local destino (e.g., rede Ethernet).
- **Ponte Source Routing:** neste caso, as estações das redes locais interconectadas devem fornecer informações necessárias para a ponte poder encaminhar corretamente os quadros. O nome "*source routing*" decorre do fato das informações de roteamento serem providas pela estação origem (*source stations*). As pontes não precisam manter uma tabela de endereços, pois decidem para qual segmento devem encaminhar um quadro a partir das próprias informações nele contidas. Este tipo de ponte é usada, tipicamente, na interconexão de redes Token Ring, pois trata-se de uma solução desenvolvida pela própria IBM. O algoritmo de *bridging* usado nessas redes tem o próprio nome de *source routing*.

Como vantagens oferecidas pelo emprego de pontes, tem-se:

- provê compatibilização entre redes que operam com o mesmo tipo de quadro MAC, mas com taxas de transmissão diferentes (e.g., redes Ethernet e Fast Ethernet);
- realiza a conversão de formatos de quadros, quando utilizada para interconectar segmentos de redes de tecnologias diferentes (e.g., redes Ethernet e Token Ring);
- permite aumentar a extensão das redes, cujo limite de configuração já tiver sido atingido (e.g., segmentos de rede 10Base5 que já estejam conectados através de quatro repetidores);
- provê segurança entre os segmentos de rede que conecta, permitindo que seja alterada a sua tabela de endereços (quando esta existir) de modo a limitar os nós de rede que podem se comunicar através da mesma;
- provê redundância permitindo a definição de múltiplos caminhos entre duas pontes desde que apenas um desses caminhos esteja ativo por vez. No caso de falha do caminho ativo, o próprio protocolo de *spanning tree*, usado na maioria das pontes, ativa o caminho e a ponte de *backup* correspondente;

Em contrapartida, como limitações podem-se ter:

- alta latência: poucas pontes operam na mesma taxa que o meio de transmissão, i.e., conseguem processar um quadro antes que chegue o próximo;
- operação *store-and-forward*: a maioria das pontes operam no modo *store-and-forward*, i.e., armazenam cada quadro recebido para depois transmiti-lo através do segmento de rede adequado;
- tráfego inter-segmento: as pontes deixam de funcionar adequadamente se existir muito tráfego entre os segmentos que conecta. Para que isso seja evitado, deve-se determinar com cuidado as interações existentes entre os diversos segmentos de rede e avaliar, periodicamente, como o perfil de tais segmentos tem-se alterado.

2.4.3 Roteadores

Os roteadores atuam a nível da camada de rede do Modelo OSI. Pode ser usado para conectar redes locais entre si ou redes locais a redes de longa distância, sendo o seu emprego mais comum no segundo tipo de conexão. Filtra e encaminha os pacotes, determinando a melhor rota a ser seguida, a partir do endereço de rede da estação destino (e.g., endereço IP). A melhor rota pode ser determinada, empregando-se métricas diversas tais como: o caminho mais curto, com menor atraso de trânsito ou com menor tráfego.

Os roteadores utilizam uma tabela de roteamento, que é atualizada a partir de informações de roteamento e de algoritmos de roteamento executados sobre tais informações. As informações de roteamento são transportadas através de protocolos específicos para este fim, denominados protocolos de

roteamento. Como exemplo dos mesmos, podem-se citar o RIP (*Routing Information Protocol*) e o OSPFP (*Open Shortest Path First Protocol*) usados na Internet, que são associados, respectivamente, aos algoritmos de roteamento denominados *vector-distance* e *link-state*. Tais informações, dependendo do tipo de algoritmo empregado, são disseminadas para todos os roteadores (e.g., algoritmo *vector distance*) que existem na rede ou entre roteadores vizinhos (e.g., algoritmo *link-state*). [BERSEKAS92] [PERLMAN] [STALLINGS93].

Diferentemente das pontes, os roteadores podem segmentar pacotes quando as redes interconectadas operarem com tamanhos de pacotes diferentes. Tais pacotes são, posteriormente, remontados na estação destino. No caso de problemas de encaminhamento de um pacote à estação destino, os roteadores, em geral, notificam a estação origem (este é o caso da utilização do protocolo ICMP (*Internet Control Protocol*) da Internet), o que não é feito pelas pontes.

Como vantagens dos roteadores, podem-se citar:

- a escolha de melhores caminhos baseados em métricas diversas;
- a escolha de caminhos alternativos, no caso de falha de algum enlace de rede;
- envio de notificação à estação origem no caso de falhas;
- possibilidade de definir níveis de segurança de modo coibir o acesso a um determinado segmento de rede por estações de outros segmentos;
- implementação de mecanismos de *firewall*, que permitem definir critérios de filtragem de pacotes a serem trocados entre segmentos de rede;
- possibilidade de definir esquemas de endereçamento, que dependem do protocolo roteado (e.g., IP).

Como limitações, tem-se:

- operação a velocidades menores que as pontes;
- maior dificuldade de configurar e manter que os *hubs* e pontes;
- a configuração errada do esquema de endereçamento pode levar à degradação de desempenho da comunicação entre as diversas redes.

2.4.4 Comparação entre Pontes e Roteadores

A Tabela 2.6 contém um quadro comparativo entre pontes e roteadores [BURNS92].

Parâmetros de Comparação	Pontes	Roteadores
Tipo de Endereço Tratado	Endereço MAC.	Endereço de rede (e.g., endereço IP).
Endereçamento	São invisíveis às estações da rede.	Podem ser endereçados pelas estações.
Modo de Operação	Utiliza os endereços MAC origem e destino.	Utiliza os endereços de rede origem e destino e informações de roteamento.
Segmentação	Não é suportada.	É realizada na conexão de redes que operam com tamanho de pacotes diferentes.
Notificação à Estação Origem	Não envia notificações.	Pode enviar notificações para informar sobre o sucesso do encaminhamento de um pacote.
Seleção de Rotas	Em princípio, efetuam <i>broadcast</i> do quadro recebido através de um segmento de redes a todos os outros segmentos a quais está conectada. A partir do endereço de origem dos quadros, aprende em qual segmento está cada rede, atualiza sua tabela interna e pode enviar os quadros para segmentos pré-determinados (pontes transparentes).	Escolhe a melhor rota, podendo utilizar diferentes métricas, e determina rotas alternativas no caso de algum problema na rede.
Segurança	Implementa filtragem de quadros.	Implementa filtragem de pacotes.

Tabela 2.6 - Comparação entre as funcionalidades das Pontes e Roteadores

2.5 Considerações Finais

A Tabela 2.7 contém uma comparação sucinta das principais tecnologias de redes locais e metropolitanas a partir de parâmetros que são, usualmente, empregados na seleção de tecnologias de rede.

O primeiro aspecto corresponde à extensão geográfica da área que pode ser atendida pela rede, o que é expresso pela classe da rede, pela distância máxima permitida entre as estações ou entre as estações e o *hub* e pela extensão total que pode ser atingida. Aqui, pode-se separar as redes em dois grupos: as redes locais e as redes locais/metropolitanas, sendo que neste segundo grupo estão incluídas, somente, as redes FDDI e ATM.

Características	10BaseT 10BaseF	Fast Ethernet	Token Ring	100VG- AnyLAN	FDDI CDDI	ATM
Classe de Rede	LAN	LAN	LAN	LAN	LAN MAN	Todas
Distância das Estações (m)	100 - TP 500 - FO	100 - TP 400 - FO	100	150 - UTP 100 - STP 500 - FO	2000 - FO 100 - TP	100 - UTP
Extensão Abrangida	210 m 1010 m	210 m 810 m	2,5 km	1,8 km	100 Km	-
Topologia	Via	Via	Anel	Via	Anel/ Árvore	Estrela
Número de Estações	-	-	250	1024 (250)	500 DAS 1000 SAS	-
Meio de Transmissão	UTP Fibra	UTP, STP e Fibra	STP UTP	UTP, STP e Fibra	Fibra, UTP e STP	UTP, STP e Fibra
Aplicação	Dados	Dados	Dados	Dados e Multimídia	Dados	Dados e Multimídia
Protocolo de Acesso	CSMA/CD	CSMA/CD	Passagem de Token	<i>Demand Priority</i>	Passagem de Token	Comutação de Células
Tamanho do Pacote	1518	1518	16000	1518 16000	4500	53
Taxa de Transmissão	10 Mbps	100 Mbps	4 e 16 Mbps	100 Mbps	100 Mbps	155 Mbps
Suporte de Fornecedores	Alto	Alto	Médio	Baixo	Alto	Crescente
Custo Relativo 10 Base T	1	1,5-2	3	1,5-2	7-15	15-25

Legenda:

FO - Fibra Óptica

STP - *Shielded Twisted-Pair*

TP - *Twisted-Pair* (UTP ou STP)

UTP - *Unshielded Twisted-Pair*

Tabela 2.7 - Comparação entre Tecnologias para LAN e MAN

Em segundo lugar, tem-se a topologia. A grande maioria das redes, hoje, é implementada através de um *hub*, que exerce a função de um concentrador. Em alguns casos, a topologia interna do *hub* é uma via ou anel, mas, do ponto de vista externo, tem-se uma estrela (e.g., redes 10BaseT). Este tipo de topologia é adequado a quase todos os ambientes. A topologia em anel, em particular, pode ser um fator restrito em ambientes (e.g., uma planta fabril), onde o acesso aos pontos é difícil e a necessidade de realizar ligações ponto-a-ponto entre eles pode ser um fator complicador na fase de instalação.

Outro requisito importante de projeto é o número de pontos que devem ser conectados, que por vezes é um parâmetro de seleção de tecnologias e outras vezes de equipamento. Este é o caso dos *hubs* 10BaseT, em que o número de estações que podem ser conectadas varia de fornecedor para fornecedor e, para um mesmo fornecedor, depende do modelo e da classe de *hub* (e.g., *hub* de mesa ou de chassi) selecionada.

Seguindo, tem-se o meio físico de transmissão que pode ser selecionado em função das distâncias a serem alcançadas ou da infra-estrutura de cabeamento já existente. Como pode-se observar, através dessa tabela, quase todas as tecnologias suportam os três tipos de meio físico: UTP, STP e fibra, sendo a fibra sempre a opção mais adequada para distâncias maiores.

Outro fator importante está relacionado aos tipos das aplicações a serem suportadas pela rede, que definem o tipo de informação a ser trafegada (dados, voz ou vídeo), o volume e perfil do tráfego gerado. O tipo de informação suportada depende do protocolo de acesso empregado, que determina o modo de transmissão da rede (assíncrono, síncrono ou isócrono). O tráfego, por sua vez, em conjunto com requisitos de desempenho são decisivos na especificação da taxa de transmissão da rede.

Um último fator, muitas vezes preponderante na escolha da tecnologia e equipamento de rede é o custo.

Dentre todas essas tecnologias, as redes de alta velocidade, que incluem Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN, FDDI e ATM são aquelas que se apresentam mais atrativas em termos de marketing. Isto é, ainda, mais acentuado no caso das redes ATM, e, por conta disso, potenciais clientes e usuários de rede, muitas vezes, colocam, como requisito de projeto da sua empresa, que seja empregado o ATM.

Na realidade, muitas vezes o parque de estações instaladas, que devem ser conectadas através de uma rede, não justifica o emprego de uma rede de alta velocidade, pois o gargalo está, em muitos casos, na própria capacidade de I/O dessas estações [NEMZOW95].

É fundamental, então, que a seleção da tecnologia de rede esteja embasada em uma análise das características do ambiente de informática objeto do projeto de rede, das suas necessidades e das tendências de evolução do mesmo. Isto garante que seja encontrada a solução mais adequada à empresa e não sejam dispendidos recursos com um projeto que acaba não sendo utilizado em todo o seu potencial. Tal solução pode estar baseada em *hubs* 10BaseT, para ambientes mais simples, ou em *switches* ATM, para outros ambientes mais complexos. Em qualquer um dos casos, a solução proposta deve prever a evolução de tal ambiente e a possibilidade de incorporação de tecnologias emergentes. Tais objetivos são possíveis de serem alcançados através do emprego de uma metodologia de projeto como a proposta no capítulo 4.

CAPÍTULO 3

TECNOLOGIAS DE CABEAMENTO DE REDES

Capítulo 3 - Tecnologias de Cabeamento de Redes

3.1 Introdução

O crescimento desordenado do número de redes de computadores instaladas nos mais diversos ambientes tem levado, em muitos casos, a instalações temporárias e suscetíveis a problemas de cabeamento. Tais problemas não são, normalmente, triviais de serem resolvidos. As falhas decorrentes dos mesmos costumam ser intermitentes e difíceis de serem isoladas. Hoje, é consenso geral que um projeto bem feito da parte referente ao cabeamento é o primeiro passo para garantir a implantação de uma rede com sucesso.

Dentro deste contexto, vários órgãos de padronização, tais como a ISO/IEC (*International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission*), a EIA/TIA (*Electronic Industries Association/Telecommunications Industries Association*) e o IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), entre outros, além de algumas empresas privadas, tais como AT&T, Cegelec/Alcatel, Digital Equipment Corporation, IBM e Northern Telecom têm se preocupado em desenvolver padronizações de sistemas de cabeamento estruturado.

Tais sistemas oferecem, como principais vantagens, alta escalabilidade e disponibilidade, facilidade de manutenção e mobilidade das estações, entre outras. Se projetado adequadamente, considerando requisitos de operação atuais e futuros que a rede deve suportar, costuma apresentar um ciclo de vida entre 7 a 10 anos, o que garante o retorno dos investimentos iniciais da sua implantação.

Este capítulo tem, como objetivo, dar uma visão geral sobre a organização de um sistema de cabeamento estruturado e os seus principais componentes e sobre as regras de projeto estabelecidas pelas normas de padronização correspondentes [ISO11801] [EIA/TIA568] [EIA/TIA569].

3.2 Descrição Geral

Os sistemas de cabeamento estruturado são, normalmente, organizados segundo uma estrutura hierárquica, que engloba:

- **Tomada de Comunicação:** consiste de um espelho e conectores através dos quais os equipamentos dos usuários finais são conectados ao sistema de cabeamento de um prédio. Tais conectores são usados como pontos de acesso, por exemplo, a uma central telefônica ou aos serviços de uma rede local.

- **Quadros de Distribuição:** correspondem a sistemas a partir dos quais os cabos são distribuídos das tomadas de comunicação para equipamentos de rede ou para outros quadros de distribuição, ou de quadros de distribuição para equipamentos de rede ou, ainda, para outros quadros.

São definidos quatro tipos de quadros de distribuição: satélite, intermediário, predial e do campus. O quadro de distribuição intermediário corresponde a um ponto de concentração onde todo o cabeamento horizontal se origina, enquanto os quadros de distribuição satélites servem como pontos de concentração locais existentes entre as tomadas dos usuários finais e o quadro intermediário de cada andar. Os quadros satélites existem, somente, quando as dimensões do andar considerado forem grandes e, por esse motivo, não for possível garantir que seja mantida a distância máxima de 90 m entre o quadro de distribuição intermediário e as respectivas tomadas. No quadro de distribuição predial, por sua vez, origina-se todo o sistema de cabeamento do prédio e no quadro do campus o sistema de cabeamento do próprio campus.

- **Sistema de Distribuição Horizontal:** corresponde ao sistema de distribuição de cabeamento usado na conexão entre as tomadas de comunicação e os quadros de distribuição satélites ou intermediários e/ou entre esses dois tipos de quadros, todos existentes em um mesmo andar de um prédio. Em casos excepcionais, de áreas muito pequenas com muito poucos pontos, um quadro de distribuição intermediário pode servir a tomadas do seu próprio andar e de andares adjacentes [ISO11801].
- **Sistema de Distribuição Vertical:** refere-se ao sistema de distribuição de cabeamento usado na conexão entre um quadro de distribuição predial e os quadros de distribuição intermediários localizados em cada andar deste prédio.
- **Sistema de Distribuição do Campus:** engloba o sistema de cabeamento empregado na interconexão do quadro de distribuição do campus e os quadros de distribuição de cada um dos seus prédios.

A Figura 3.1 apresenta um desenho esquemático que mostra a relação existente entre os diversos componentes de um sistema de cabeamento estruturado. Nesta figura, pode-se observar que uma tomada de comunicação pode estar conectada ao quadro de distribuição satélite ou intermediário.

Figura 3.1 - Estrutura Hierárquica de um Sistema de Cabeamento Estruturado

3.3 Componentes dos Sistemas de Distribuição

Como componentes principais de um sistema de cabeamento estruturado, podem-se identificar as tomadas de comunicação, os quadros de distribuição, os cabos usados para conectar as tomadas aos quadros de distribuição e os quadros de distribuição entre si e as salas usadas para abrigar tais quadros de distribuição e equipamentos de rede. A Figura 3.2 mostra um exemplo, onde são representados os principais componentes dos sistemas de distribuição.

Figura 3.2 - Componentes dos Sistemas de Distribuição

3.3.1 Tomada de Comunicação

Conforme já foi dito anteriormente, é através de uma tomada que um equipamento do usuário, um microcomputador, um aparelho telefônico ou uma câmara de vídeo, se interconecta ao sistema de cabeamento estruturado.

O tipo de tomada a ser selecionado depende, fundamentalmente, dos tipos de aplicações e serviços que devem ser oferecidos ao usuário, que podem incluir, por exemplo, o acesso a uma rede local, a uma linha telefônica ou a um serviço de vídeo-conferência. Isto implica que uma tomada pode possuir vários conectores dependendo da variedade dos serviços a serem oferecidos, da concorrência em que tais serviços não integrados são acessados e do número de usuários alocados em cada ponto de acesso. As normas especificam que podem ser empregadas tomadas com múltiplos conectores com capacidade para servir entre 6 a 12 usuários [EIA/TIA568].

A Tabela 3.1 mostra os tipos de conectores empregados com os tipos mais comuns de tecnologias e serviços de rede [McCLIMANS 92]. Como pode-se observar, alguns tipos de conectores podem ser empregados na grande maioria dos casos, como acontece com o conector RJ-45, que é hoje considerado um conector universal. Segundo as normas de padronização, toda a tomada de comunicação de um

sistema de cabeamento estruturado deve ter, pelo menos, um conector RJ-45 para cabos UTP [ISO11801] [EIA/TIA569].

Tecnologias e Serviços de Rede	Meio de Transmissão	Tipos de Conectores
PBX	UTP	RJ-45
Rede Ethernet	Cabo Coaxial	BNC
	UTP	RJ-45
	Fibra Óptica	ST ou SC
Redes Fast Ethernet	UTP	RJ-45
	Fibra Óptica	ST ou SC
Rede Token Ring	UTP	RJ-45
	STP	RJ-45
Rede 100VG-AnyLAN	UTP	RJ-45
	Fibra Óptica	ST ou SC
Rede FDDI	Fibra Óptica	MIC, ST ou SC
	STP	RJ-45
ATM	UTP	RJ-45
	Fibra Óptica	ST ou SC
Terminais 3270	Cabo Coaxial	BNC
	UTP/Balun	RJ-45
Vídeo	Cabo Coaxial	BNC Série F
	Fibra Óptica	ST

Legenda:

FDDI - *Fiber Distributed Data Interface* STP - *Shielded Twisted-Pair*
 PBX - *Private Branch eXchange* UTP - *Unshielded Twisted-Pair*

Tabela 3.1 - Tecnologias e Serviços de Rede versus Tipos de Conectores

3.3.1.1 Tipos de Montagens

A montagem dessas tomadas pode seguir um dos seguintes esquemas [McCLIMANS92]:

- **Montagem Nivelada:** neste caso, a tomada é montada rente a uma superfície dentro de alguma estrutura existente (parede ou chão). A única parte da tomada, que fica visível, é o espelho com os respectivos conectores. No caso da montagem de chão, a tomada é embutida em um piso falso e deve possuir uma tampa, que deve permanecer fechada, enquanto a tomada não estiver sendo usada. Isto evita acúmulo de poeira ou qualquer tipo de sujeira nos conectores e condutores.
- **Montagem de Superfície:** trata-se de tomadas montadas em caixas ou unidades que são fixadas sobre alguma superfície sólida (parede, piso, teto ou móveis). Os conectores são, geralmente, colocados em algum dos lados desta unidade ou na sua parte inferior, evitando-se colocá-los na sua parte superior devido ao acúmulo de poeira ou qualquer tipo de sujeira.

- **Montagem em Pedestal:** neste caso, também, as tomadas são montadas em caixas ou unidades *stand-alone* que são fixadas em locais pré-determinados de um piso. Tais locais coincidem com pontos de acesso a dutos existentes sob o piso, que são utilizados em alguns tipos de sistemas de distribuição horizontal.

A Tabela 3.2 relaciona as principais vantagens e desvantagens destes três tipos de montagens.

Tipo de Montagem	Vantagens	Desvantagens
Montagem Nivelada	<ul style="list-style-type: none"> • proteção da conexão entre o conector e o quadro de distribuição por não estar sujeita à tensão física ou movimento. • montagem não-obstrutiva pelo fato de ser embutida na parede ou chão. 	<ul style="list-style-type: none"> • dificuldade de expansão e alteração de sua localização. • não adequada a paredes de concreto sólido e madeira.
Montagem de Superfície	<ul style="list-style-type: none"> • flexibilidade de instalação em ambientes com alta mobilidade ou em construções de concreto sólido. • facilidade de expansão. 	<ul style="list-style-type: none"> • sujeita à tensão física devido a impactos de móveis ou pessoas em movimento.
Montagem em Pedestal	<ul style="list-style-type: none"> • facilidade de acesso ao sistema de cabeamento horizontal. 	<ul style="list-style-type: none"> • localização determinada pelos pontos de acesso a dutos existentes sob o piso. • tensão física devido a impactos de móveis e pessoas em movimento.

Tabela 3.2 - Vantagens e Desvantagens dos Diversos Tipos de Montagens de Tomadas

3.3.1.2 Cabos de Estação

Este tipo de cabo é usado para conectar o equipamento ou dispositivo do usuário a uma tomada de comunicação. Pode ser montado com par trançado, fibra óptica ou cabo coaxial.

Os cabos de par trançado são usados para conectar telefones, equipamentos de rede ou de comunicação em geral, entre outros. Consiste, normalmente, de dois a quatro pares de fio trançado terminados por conectores do tipo RJ.

Os cabos coaxiais são raramente utilizados como cabos de estação, excetuando-se os casos de aplicações específicas ou em que cabos coaxiais são empregados no sistema de distribuição horizontal, o que não é suportado pelas normas de padronização [ISO 11801]. Se forem utilizados, por exemplo, cabos de par trançado no sistema de distribuição horizontal, podem-se empregar baluns nas tomadas que permitiriam a conexão com cabos coaxiais de estação.

Da mesma maneira que os cabos coaxiais, os cabos de fibra óptica não são, comumente, utilizados como cabos de estação, a menos em casos de aplicações específicas. Como não se costuma empregar cabos de fibra óptica no sistema de distribuição horizontal, há, na maioria das vezes, a necessidade de se colocar

um adaptador entre a tomada e o conector do cabo de fibra óptica. A inserção de adaptadores deste tipo implica sempre em problemas de atenuação de sinal, não sendo, portanto, muito recomendável.

As normas estabelecem que tais cabos tenham o comprimento máximo de 3 m [EIA/TIA568] [EIA/TIA569].

3.3.1.3 Posicionamento das Tomadas

As tomadas de um sistema de cabeamento devem ser instaladas em locais de fácil acesso pelo usuário e não suscetíveis ao *stress* físico (e.g., tomadas sobre as quais ficam apoiados equipamentos ou móveis).

Alguns fatores, tal como o tipo de ambiente considerado, determinam diretrizes referentes à densidade de distribuição de tomadas e a sua localização. Assim, algumas regras devem ser seguidas ao se determinar o posicionamento das tomadas em cada ambiente ou sala de um prédio:

- uma tomada nunca deve ser compartilhada com conectores de comunicação e interruptores de energia elétrica, o que se aplica, também, ao próprio sistema de distribuição de cabeamento;
- cada tomada deve suportar, pelo menos, um acesso com cabo UTP e outro com cabo UTP, STP ou fibra;
- a distância máxima entre uma tomada e um quadro de distribuição satélite ou intermediário deve ser 90 m;
- a densidade de tomadas considerada adequada é de uma tomada, com dois tipos de acesso (dados e voz) para cada área de trabalho de 10 m². As áreas de recepção, centrais de controle e atendimento, em geral, demandam uma densidade maior de tomadas que deve ser avaliada caso a caso [ISO11801] [EIA/TIA569];
- uma tomada deve estar a uma distância mínima de 30 cm de qualquer tomada elétrica e, se possível, na mesma altura que essas.

3.3.2 Quadros de Distribuição

Os quadros de distribuição podem ser definidos como sistemas centrais ou pontos de concentração, a partir dos quais são distribuídos os cabos de comunicação a outros pontos de concentração correspondentes a outros quadros de distribuição ou a tomadas de comunicação. Na realidade, correspondem a uma coleção de componentes (e.g., *patch panels*, distribuidores ópticos, *patch cords* e *jumpers*, entre outros) usados para interconectar cabos [ISO11801].

Como já foi mencionado anteriormente, existem quatro tipos de quadro de distribuição:

- **quadro de distribuição do campus:** corresponde a um quadro de distribuição, localizado, normalmente, em um ponto central do campus, onde se origina todo o sistema de cabeamento.
- **quadro de distribuição do prédio:** constitui-se de um quadro de distribuição dentro de um prédio, a partir do qual são distribuídos os cabos para os quadros intermediários existentes em cada andar deste prédio. Tais cabos correspondem aos cabos de *backbone* do prédio que são conectados aos cabos de *backbone* do campus através deste quadro.
- **quadro de distribuição intermediário:** trata-se do ponto de concentração principal de cada andar de um prédio, a partir do qual se origina todo o sistema de distribuição horizontal. Os cabos ligados a este quadro podem se destinar a um quadro de distribuição satélite ou a uma tomada de conexão. Excepcionalmente, no caso de andares com áreas muito pequenas, um quadro de distribuição intermediário pode servir o seu andar e os andares adjacentes. É denominado na literatura, também, de quadro de distribuição do andar.
- **quadro de distribuição satélite:** corresponde a um ponto de concentração menor que serve um grupo de tomadas de conexão às quais estão associados usuários finais do sistema. Como já foi mencionado, anteriormente, este tipo de quadro só existe em casos excepcionais em que a dimensão da área a ser servida é muito grande. As normas [ISO11801] [EIA/TIA568] não recomendam a sua utilização. No caso de áreas superiores a 1000 m², recomendam que existam mais de um quadro de distribuição intermediário por andar, interconectados ao sistema de cabeamento vertical (vide Figura 3.8).

Esses quadros constituem-se, normalmente, de diversos componentes que ficam alocados em uma sala destinada a este fim.

3.3.2.1 Componentes de Quadros de Distribuição

Os componentes de um quadro de distribuição incluem:

- **Patch Panels:** correspondem a painéis de conexão de cabos, que podem ser implementados através de uma coleção de conectores ou de pontos de contato que permitem a conexão entre dois cabos. No primeiro caso, é usual se empregar conectores RJ-45 fêmea para conexão de cabos UTP ou STP. Para conexão de cabos de fibra óptica, podem-se empregar os distribuidores ópticos ou colocar adaptadores no *patch panel* original.

Em todos os tipos de quadros de distribuição, com exceção do quadro de distribuição do campus, existem dois conjuntos de *patch panels* com funções diferentes. Nos quadros de distribuição intermediários, tem-se os *patch panels* usados na conexão entre as tomadas e os equipamentos de rede (*patch panels* horizontais) e entre as tomadas ou equipamentos de rede e a rede *backbone* predial (*patch panels* verticais) (vide Figura 5.2). Nos quadros de distribuição predial, tem-se os *patch panels* empregados na conexão entre o *backbone* predial e os equipamentos dessa rede

(*patch panels* verticais) e entre os equipamentos da rede *backbone* predial e o *backbone* do campus (*patch panels* prediais). Nos quadros de distribuição do campus, existem *patch panels* usados para interconectar a rede *backbone* do campus e seus equipamentos (*patch panels* do campus). Se existirem quadros de distribuição satélites, nestes tem-se os *patch panels* usados na conexão entre as tomadas e os equipamentos de rede (*patch panels* setoriais) e entre as tomadas ou equipamentos de rede e a rede *backbone* setorial (*patch panels* horizontais). Neste caso, nos quadros de distribuição intermediários passam a existir *patch panels* para interconectar a rede *backbone* setorial (*patch panels* horizontais) e equipamentos dessa rede e entre a rede *backbone* setorial ou esses equipamentos e a rede *backbone* predial (*patch panels* verticais).

- **Distribuidores Ópticos:** possuem função semelhante aos *patch panels* aplicada à conexão de cabos de fibra óptica, sendo realizado, nos mesmos, o *splicing* das fibras entrantes. Tais distribuidores ópticos podem ser encontrados em diversos modelos, que suportam, respectivamente, 12, 24, 36 e 48 fibras, sendo mais recomendável se empregar os distribuidores com 12 fibras devido à sua facilidade de manutenção. A maioria dos distribuidores possuem conectores ST (ou SC, mais para o mercado americano) e, em alguns casos, os conectores MIC/FSD, empregado em redes de alta velocidade como as redes FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*).

Em princípio, podem existir distribuidores ópticos com as mesmas funções definidas para os *patch panels*. Contudo, na prática, costuma-se empregar cabos de fibra óptica, apenas, nos sistemas de cabeamento do campus e, em alguns casos, nos sistemas de cabeamento vertical dos prédios. Como decorrência, é usual se encontrar distribuidores ópticos do campus e prediais e, eventualmente, distribuidores verticais.

- **Blocos de Conexão:** correspondem a blocos com vários pontos de contato que permitem a conexão entre dois cabos metálicos. São, tradicionalmente, utilizados como componentes de distribuição de telefonia com cabos UTP categoria 3. Sua capacidade típica é de 8 pares.
- **Patch Cords:** são cabos com conectores (e.g., RJ-45 *plug*) nas suas pontas, empregados na conexão entre *patch panels* com funções diferentes pertencentes ao mesmo quadro de distribuição (vide Figura 3.2). No caso particular dos quadros de distribuição intermediários, este tipo de cabo é usado, por exemplo, quando se deseja conectar uma estação diretamente à rede *backbone* predial.

Utilizam-se, geralmente, cabos UTP da mesma categoria que os *patch panels* interconectados, i.e., categorias 3 ou 5. As normas definem que os *patch cords* devem ter o comprimento máximo de 5 m, em quadros de distribuição intermediários e satélites, e 20 m em quadros de distribuição prediais e do campus [ISO11801] [EIA/TIA568].

- **Jumpers:** correspondem a cabos metálicos com função similar aos *patch cords*, com exceção do fato de não possuírem conectores nas suas extremidades e poderem ser usados, portanto, somente na conexão semi-permanente de *patch panels* constituídos de pontos de contato. Valem para os *jumpers* as mesmas restrições de comprimento especificadas para os *patch cords*.
- **Cabos de Equipamentos:** são usados para ligar os equipamentos de rede aos *patch panels* (vide Figura 3.2). São, usualmente, montados com fios de par trançado (UTP ou STP) ou fibra óptica. As normas definem que os cabos de equipamentos devem ter o comprimento máximo de 30 m no caso dos quadros de distribuição prediais e do campus. No caso dos quadros de distribuição intermediários e satélites, as normas definem apenas que a soma do comprimento dos cabos de estação, de equipamento e do *patch cord* não deve exceder 10 m [ISO11801] [EIA/TIA568].

Em relação a tais componentes de distribuição para instalações com cabos UTP, deve-se garantir que todo o hardware de conexão, incluindo *patch panels*, *patch cords* e *jumpers* tenham a mesma categoria que o cabo UTP ao qual estão conectados. Caso isto não aconteça, o desempenho do sistema como todo ficará degradado e será equivalente ao do componente de menor desempenho [EIA/TIA568].

3.3.2.2 Posicionamento dos Quadros de Distribuição

Em relação ao posicionamento dos quadros de distribuição, as normas de padronização definem algumas recomendações e regras básicas:

- os quadros de distribuição devem, à medida do possível, estarem localizados em uma posição central em relação à área a ser servida;
- deve existir um quadro de distribuição intermediário ou satélite para cada área de 1000 m² a ser servida. Os quadros de distribuição intermediários devem, preferencialmente, servir apenas às tomadas existentes em seu andar, fazendo-se exceção dos casos em que a área servida é muito pequena, podendo tais tipos de quadros servirem a tomadas dos andares adjacentes;
- deve ser mantida a distância máxima de 90 m entre cada tomada e o quadro de distribuição, ao qual a mesma está conectada;
- não devem existir mais do que dois níveis hierárquicos de quadros de distribuição no cabeamento da rede *backbone* do prédio;
- a distância entre o quadro de distribuição predial e os quadros de distribuição intermediários não deve exceder 500 m;
- é recomendável que o quadro de distribuição predial fique próximo aos dutos usados pelo sistema de cabeamento vertical. Na maioria dos casos, empregam-se os próprios dutos de telefonia para a passagem dos cabos verticais usados na interconexão entre os quadros intermediários e o quadro

predial, daí, decorre a conveniência de se colocar o quadro predial próximo a algum quadro de telefonia que tenha ligação com os quadros de telefonia dos outros andares do prédio;

- a distância máxima do quadro de distribuição do campus aos quadros de distribuição prediais deve ser igual a 800 m para cabos UTP e 2000 m para cabos de fibra multimodo 62,5/125 μm . Distâncias maiores podem ser obtidas com cabos de fibra monomodo.

3.3.3 Cabos

Os tipos de cabos a serem usados nos sistema de distribuição dependem das categorias de aplicação (dados, voz ou vídeo) que devem ser suportadas pela rede a ser projetada. O número de pares de fios ou fibras a serem puxados para cada tomada ou qualquer ponto de acesso à rede é determinado, por sua vez, pelo tipo de tecnologia de rede a ser empregada. Se, por exemplo, uma estação do tipo DAS (*Dual Attachment Station*) for ligada ao anel principal de uma rede FDDI, deve-se puxar quatro fibras (*strands*) até a tomada; se, ao invés disso, esta estação for ligada a um *hub* Fast Ethernet pode-se optar, então, por utilizar dois pares de fio UTP categoria 5 (para a variante de tecnologia 100BaseTX) ou quatro pares de fio UTP categoria 3 (para a variante de tecnologia 100BaseT4). Contudo, a tendência atual é que todas tecnologias suportem 2 pares de cabo UTP categoria 5, como acontece com as tecnologias Ethernet (10BaseT), Fast Ethernet (100BaseTX), 100VG-AnyLAN, CDDI e ATM. Qualquer que seja o caso, deve-se considerar que 2 a 3 % dos fios, normalmente, apresentam problemas [DERFLER93], sendo, portanto, importante sempre prever a passagem de alguns fios de reserva.

Os tipos de cabos utilizados incluem:

- **par trançado:** é largamente usado tanto em aplicações de dados como de voz. É encontrado, no mercado, uma grande variedade de tipos de par trançado. Estes tipos incluem cabos para sistemas telefônicos, tais como sistemas de PBX (*Private Branch eXchange*), KS (*Key Systems*) e PBX digitais; redes locais do tipo *Ethernet*, *Token Ring*, *Fast Ethernet*, 100VG-AnyLAN, CDDI (*Copper Distributed Data Interface*) ou mesmo ATM (*Asynchronous Transfer Mode*); sistemas de interfone; ou de segurança. Estes cabos podem possuir diferentes diâmetros, ser blindados ou não (cabos STP ou UTP (*Shielded ou Unshielded Twisted-Pair*)), suportar taxas de transmissão diferentes (e.g., cabos UTP categorias 3 e 5), possuir revestimento não-propagante à chama (cabos *plenum rated*) e, mesmo, formatos diferentes (cabos planos para passagem sob carpetes). Nem sempre um tipo de cabo usado em uma determinada categoria de aplicação serve para ser usado em outra; este é o caso dos cabos usados em sistemas PBX que podem ser usados, apenas, em sistemas de comunicação de dados com baixa taxa de transmissão [McCLIMANS92];
- **fibra-óptica:** as fibras ópticas têm sido utilizadas em aplicações de dados, voz e vídeo de alta velocidade. Como exemplo destas aplicações, pode-se citar os sistemas de CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*), que usualmente envolvem a transferência de

grande volume de arquivos em tempo real entre computadores de uma rede. Outra aplicação importante está relacionada aos ambientes de automação industrial devido à sua imunidade a interferências eletromagnéticas geradas pelos maquinários e sua capacidade de transmissão a alta velocidade requerida por muitos sistemas de controle baseados em robôs. No caso de se optar por sistemas de comunicação baseados em fibra óptica, costuma-se puxar, no mínimo, duas fibras (uma para recepção e outra para transmissão) para cada ponto de acesso. Este número não é sempre suficiente, como são os casos das estações DAS e DAC (*Dual Attachment Concentrator*) ligados a um anel dual de uma rede FDDI. Na grande maioria das vezes, são puxadas fibras extras de reserva.

- **cabo coaxial:** existe, também, uma grande variedade de tipos de cabo coaxial, com características diferentes em relação a: impedância, tipo de conector empregado, diâmetro, número de camadas (fitas ou malhas) de blindagem ou número de condutores internos. A utilização de um ou de outro tipo de cabo coaxial é, também, determinada pela categoria de aplicação considerada. Os cabos coaxiais podem ser usados, por exemplo, em redes locais, que operam em banda-base ou em banda-larga (e.g., redes *Ethernet*, *Cheapernet* ou *Token Bus*), na conexão entre terminais e controladoras e em sistemas de vídeo (e.g., TV a cabo e sistemas VHF/UHF). Uma das principais restrições apresentadas pelos cabos coaxiais está relacionada à sua dimensão física e baixa flexibilidade. Isto limita o seu emprego em sistemas de distribuição horizontal, sendo possível, normalmente, passar apenas um cabo para cada tomada. As normas de padronização não especificam este tipo de cabo para sistemas de cabeamento estruturado.

Em ambientes com níveis elevados de interferência eletromagnética e sinal de rádio, como são os casos de ambientes próximos a torres de rádio ou linhas de potência ou com equipamentos eletromecânicos e médicos, deve-se tomar cuidado especial na seleção de cabos (coaxiais ou de par trançado) com a blindagem adequada. A blindagem sempre implica em custos adicionais, aumento de diâmetro do cabo e diminuição de sua flexibilidade. A outra alternativa seria o emprego de fibras ópticas, imunes a estes tipos de interferência, que, contudo, são mais caras e requerem mais cuidados na sua instalação.

Os cabos usados em áreas ou dutos com circulação de ar dentro do prédio devem, obrigatoriamente, possuir um revestimento externo não-propagante a chamas (*plenum rated*). Esta exigência pode ser ignorada, apenas, quando tais cabos são passados dentro de conduítes.

3.3.4 Salas

As normas definem três tipos de salas, que devem abrigar os quadros de distribuição, os equipamentos de rede (e.g., *hubs* de redes locais, repetidores, pontes, roteadores, modems e multiplexadores, entre outros) correspondentes, suas respectivas fontes de alimentação e sistemas de *non-break* e sistemas de controle das condições ambientais (e.g., aparelhos de ar-condicionado ou até controladores de umidade do ambiente), além de quaisquer outras facilidades de telecomunicação:

- **Sala de Distribuição:** este tipo de sala, denominada de *telecommunication closet* pelas normas, deve conter o quadro de distribuição intermediário ou satélite do andar corrente, além dos respectivos equipamentos de rede, fontes de alimentação, entre outros (vide Figura 3.2).

As normas recomendam que tais salas fiquem localizadas o mais próximo possível da posição central da área a ser servida e que tenham $3,0 \times 3,4 \text{ m}^2$ para cada área servida de 1000 m^2 . No caso de áreas inferiores a 500 m^2 , é recomendado que tenham as dimensões de $1,3 \times 1,3 \text{ m}^2$ ou $0,6 \times 2,6 \text{ m}^2$. Não é permitido, que essas salas tenham teto falso.

- **Sala de Equipamentos:** corresponde à área reservada dentro de um prédio, que deve ter equipamentos de telecomunicações e outros tipos de equipamentos (e.g., central telefônica, sistemas de computação e comutadores de vídeo) que devem servir a todos os ocupantes do prédio. Pode conter nenhum ou mais de um quadro de distribuição [ISO11801]. Usualmente, abriga o quadro de distribuição predial e o quadro de distribuição intermediário existente no andar corrente. Neste caso, acaba por exercer, também, a função de uma sala de distribuição.

É estabelecido pelas normas que a sala de equipamentos deve ter, no mínimo, 14 m^2 de área, sendo usual adotar a relação de $0,07 \text{ m}^2$ de área desta sala para cada área de trabalho de 10 m^2 . Além disso, é recomendado que se situe em um local de fácil expansão, sem restrições impostas por paredes permanentes, dutos de elevador ou escadas, não devendo oferecer acesso aos sistemas centrais de ar condicionado, que, por ventura, existam no prédio. No caso de abrigar o quadro de distribuição predial, é desejável que fique próxima aos dutos da rede *backbone* do prédio.

- **Sala de Entrada:** provê espaço para abrigar cabos de entrada da rede *backbone* do campus, à qual o prédio pode estar conectado, e cabos de redes públicas e privativas, como seria o caso da rede pública de telefonia. Em alguns casos, pode abrigar o quadro de distribuição predial e um quadro de distribuição intermediário do andar, exercendo, concomitantemente, o papel de sala de equipamentos e de distribuição. Se isto ocorrer, todas as regras e recomendações especificadas, principalmente, para a sala de equipamentos, no que diz respeito à sua área e localização, aplicam-se para esta sala.

As normas definem uma área mínima de 7 m^2 ($3,66 \times 1,93 \text{ m}^2$) para este tipo de sala.

Como regras de caráter geral, as normas estabelecem que as áreas das salas de distribuição, equipamentos e de entrada não sejam compartilhadas com nenhum tipo de facilidade elétrica (e.g., unidade de geração de energia elétrica) e que possuam portas com as dimensões mínimas de $0,91 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ (L x A).

3.4 Sistemas de Distribuição

Conforme já foi mencionado anteriormente, os sistemas de cabeamento estruturado são organizados em três tipos de sistema de distribuição: sistema de distribuição do campus e os sistemas de distribuição horizontal e vertical de um prédio, cujas características principais são descritas nos itens que seguem.

Como regras e recomendações de caráter geral, aplicáveis a qualquer tipo de sistema de distribuição, as normas especificam:

- todos os componentes de distribuição (e.g., quadros de distribuição, cabos e tomadas, entre outros) devem possuir um identificador que deve ser único dentro de uma dada área. Assim, por exemplo, em um andar não podem existir duas ou mais tomadas com a mesma identificação, da mesma maneira que em um prédio não podem existir dois ou mais quadros com a mesma identificação;
- o índice de ocupação dos dutos não deve ultrapassar 50%;
- são padronizados os cabos UTP - 100 Ω , STP - 150 Ω e fibra óptica multimodo 62,5/125 μm . A utilização de outras fibras multimodo, tais como: 50/125 μm , 100/140 μm e 200/230 μm e de fibras monomodo não é recomendada;
- no caso de cabos UTP de até 4 pares, empregados, geralmente, no sistema de distribuição horizontal, o seu raio de flexão não pode ser menor que quatro vezes o diâmetro do cabo, e no caso de cabos UTP com até 25 pares, tal raio deve ser maior que dez vezes o diâmetro do cabo;
- deve ser mantida uma distância mínima entre os cabos de comunicação e os de distribuição de energia elétrica. No caso por exemplo, de cabos de energia elétrica não-blindados com uma potência < 2 kVA, tal distância deve ser por volta de 13 cm ou mais.
- deve existir uma quantidade extra de cabo de 60 cm junto às tomadas e de 4 a 6 m junto aos quadros de distribuição.

Outras regras e recomendações específicas a cada sistema de distribuição são apresentadas nos itens correspondentes.

3.4.1 Sistema de Distribuição de um Campus

Um campus deve ter uma extensão máxima de 3 km e uma área de até 1.000.000 m², atendendo a uma população que pode variar entre 50 a 50.000 pessoas [ISO11801]. O seu sistema de distribuição estende-se do quadro de distribuição do campus até os quadros de distribuição dos prédios que interconecta. É constituído, basicamente, destes quadros de distribuição, dos dutos e cabos usados na sua interconexão e de *manholes* (vide Figura 3.3).

Figura 3.3 - Sistema de Distribuição de um Campus

Como dutos, podem-se empregar conduítes, dutos ou calhas. Os conduítes possuem, geralmente, o diâmetro de 10 cm e os dutos e calhas as dimensões aproximadas de 15 cm x 7 cm (L x A). São, normalmente, enterrados no chão ou colocados em túneis subterrâneos, onde compartilham espaço com outras facilidades (e.g., sistema de distribuição elétrica). No caso de se empregar quatro ou mais conduítes, se os mesmos não forem colocados em túneis, devem ser, obrigatoriamente, chumbados em cimento. As normas determinam, também, que a rota dos dutos (conduítes, dutos ou calhas) sejam paralelas a calçadas e ruas, mantendo-se uma distância de, aproximadamente, 2 m da fronteira dos prédios. Um mesmo trecho de duto ou conduíte não deve ter mais que duas flexões de 90°, devendo as mesmas serem protegidas por uma estrutura de cimento.

Os *manholes* correspondem a caixas de cimento, com dimensões típicas de 1,2 x 0,76 x 0,91 m (C x L x A), colocados nas junções de dutos e nas posições que os mesmos fazem flexões de 90°. São usados para puxar cabos através dos dutos e conduítes, devendo ser mantida a distância máxima de 150 m entre os mesmos.

Como cabos, as normas recomendam que sejam utilizadas fibras ópticas multimodo de 62,5/125 μm , podendo-se empregar, eventualmente, fibras monomodo, quando as distâncias envolvidas exigirem, ou cabos UTP ou STP multipares, quando essas mesmas distâncias permitirem.

3.4.2 Sistema de Distribuição de um Prédio

O sistema de distribuição de um prédio é constituído dos sistemas horizontais existentes em cada um dos seus andares e do sistema vertical usado para interconectá-los.

3.4.2.1 Sistemas de Distribuição Horizontal

Conforme já foi dito anteriormente, o sistema de distribuição horizontal corresponde ao cabeamento utilizado na conexão entre as tomadas de comunicação e os quadros de distribuição satélites e entre estes quadros e os quadros de distribuição intermediários existentes em cada andar de um prédio. Na realidade corresponde à toda extensão do sistema de cabeamento que vai desde as tomadas até a sala de distribuição do andar corrente. Dependendo da dimensão do andar considerado e da distribuição das tomadas no mesmo, os quadros de distribuição satélites não são usados, sendo as tomadas ligadas, então, diretamente aos quadros de distribuição intermediários.

A realização do projeto do sistema de distribuição horizontal implica, em primeira instância, na escolha do tipo de sistema de distribuição a ser adotado e do tipo ou tipos de cabos a serem usados.

3.4.2.1.1 Tipos de Sistemas de Distribuição Horizontal

Existem cinco tipos principais de sistemas de distribuição horizontal [EIA/TIA569] [McCLIMANS92]:

- **sob piso:** a colocação deste tipo de sistema de distribuição ocorre na fase de construção ou reforma do prédio (quando o concreto é derramado/assentado), sendo os cabos passados, apenas, após terminada a fase de acabamento do interior do prédio e do piso. Neste caso, são utilizados dutos, calhas ou conduítes existentes sob o piso como componentes de distribuição deste sistema:
 - ♦ **dutos:** consistem de dutos metálicos retangulares, que podem possuir dimensões diversas (entre 2,54 x 7,62 cm e 7,62 x 15,24 cm), colocados dentro da estrutura de concreto do chão. Estes dutos são classificados em duas categorias: os dutos de alimentação e os dutos principais. Os dutos de alimentação são empregados na distribuição de cabos a partir dos quadros de distribuição até os dutos principais. Estes dutos, por sua vez, são usados como distribuidores centrais de cabo a partir dos dutos de alimentação até as ramificações com destino às tomadas (vide Figura 3.4). Nos dutos principais existem aberturas (de aproximadamente 30 cm de diâmetro) através das quais podem ser passados os cabos para as tomadas. Essas aberturas podem ser feitas durante a fabricação dos dutos ou durante a sua instalação. As aberturas pré-fabricadas são, usualmente, espaçadas de 0,30 a 1 m. Neste caso, para facilitar a instalação das tomadas, recomenda-se que a superfície do duto fique a uma profundidade de no máximo 3 mm do piso e que seja marcada a posição de pelo menos uma abertura usada como referência para a localização das demais aberturas. A conexão entre os dutos dessas duas categorias ou de uma mesma categoria é feita através de caixas de junção.

Este sistema pode ser montado de diferentes maneiras:

- **Em um Único Nível:** os dutos principais e de alimentação são montados no mesmo plano e embutidos no concreto do piso a uma profundidade de 6,4 cm ou mais.

- **Em dois Níveis:** os dutos principais e de alimentação são montados em planos diferentes, estando os dutos principais, geralmente, no plano superior, e embutidos no concreto do piso a uma profundidade de 10 cm ou mais.
- **Nivelado:** os dutos principais e de alimentação são montados no mesmo plano e embutidos de modo que sua parte externa superior fique nivelada com a superfície do piso.

Dentro de um duto, podem existir várias partições destinadas a diversos sistemas de cabeamento (e.g., sistemas elétrico e de telecomunicações), que são separadas através de barreiras ou placas metálicas.

- ♦ **calhas:** consistem de caixas abertas, em formato retangular ou em “V”, que são embutidas no chão de concreto. Estas caixas são cobertas com placas de aço, sobre as quais é colocado o piso ou carpete. São empregados, normalmente, como sistema de distribuição de alimentação.
- ♦ **conduítes:** consistem de tubos circulares metálicos ou de PVC rígido, que são colocados dentro da estrutura de concreto do chão já na fase de instalação do piso. Tais conduítes são, usualmente, empregados para conectar os dutos principais ou de alimentação às tomadas individuais a partir de caixas de junção.

Figura 3.4 - Exemplo de *Layout* de um Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso

Como os dutos principais e de alimentação são, geralmente, alinhados aos eixos x e y (sentidos longitudinal e transversal), este tipo de sistema de cabeamento costuma ter um *layout* fixo na

forma de uma grade sob o piso. Devendo os dutos principais estar separados entre si de uma distância entre 1520 a 1825 mm a partir do ponto central do andar e os dutos de alimentação de 18 m entre si. Qualquer um dos dois tipos de dutos deve estar a uma distância entre 450 a 600 mm das paredes externas e pilares do prédio.

O acesso a este sistema de distribuição é efetuado através das caixas de junção, das caixas de passagem, das caixas de terminação (caixas usadas para terminar um duto) ou da abertura das próprias calhas, devendo ser mantidas as distâncias mínima de 3 m e máxima de 9 m entre tais caixas.

Com este tipo de sistema, são utilizadas, geralmente, tomadas em montagem do tipo pedestal.

- **teto falso:** utilizam-se dutos, conduítes, malhas, bandejas ou barras transversais existentes sobre um teto falso. Tal teto falso deve estar a uma altura máxima de 3,4 m do piso e a uma distância mínima de 75 mm do teto da estrutura do prédio. A partir do teto, os cabos podem ser puxados até as tomadas através de conduítes ou tubos fixados nas paredes ou algum outro tipo de duto, não devendo ser colocados diretamente sobre o teto falso e, muito menos, sobre algum ponto de luz. Parte desses componentes costuma ser colocada na fase de acabamento do interior do prédio, embora nada impeça, principalmente no caso de reformas, que sua colocação seja realizada a posteriori. Tais componentes incluem:
 - ♦ **dutos:** consistem de dutos metálicos retangulares, fixados ao teto da estrutura do prédio através de hastes e suportes de metal, existentes sobre um teto falso. São usadas duas categorias de dutos: os dutos principais e os dutos secundários. Os dutos principais são usados entre os quadros de distribuição até pontos de concentração, a partir dos quais são puxados os cabos com destino às estações através de dutos secundários. As dimensões destes dutos costumam ser maiores que as dos dutos usados no sistema de distribuição sob piso, empregando-se, por exemplo, dutos com 15 x 30 cm. A conexão de dutos da mesma categoria ou de categorias diferentes é efetuada através de caixas de junção. O acesso ao sistema de cabeamento é realizado através destas caixas e, também, através de aberturas com tampas removíveis ou caixas de passagem existentes nos próprios dutos. De uma maneira ou de outra, devem existir pontos de acesso no duto espaçados de 3 a 6 m. Geralmente, os dutos de comunicação são separados daqueles usados para passagem de cabeamento elétrico.
 - ♦ **conduítes:** consistem de tubos metálicos ou de PVC rígido, presos ao teto da estrutura do prédio através de hastes e suportes de metal, existentes sobre o teto falso ou presos na parede. Os conduítes são mais usados na função de dutos secundários conectando os dutos principais às tomadas. O seu diâmetro pode variar entre 2,5 a 13 cm, dependendo da função que lhe é atribuída. O acesso aos cabos nos conduítes pode ser feito através das caixas de junção,

caixas de passagem ou através de aberturas existentes nos próprios conduítes. Da mesma maneira que no caso anterior, devem existir pontos de acesso espaçados entre 3 a 6 m.

- ♦ **malha:** consiste de uma malha metálica, fixada ao teto da estrutura do prédio através de hastes e suportes também metálicos, existente sobre o teto falso. Tais malhas são constituídas de duas barras de metal conectadas por diversas barras transversais também metálicas, às quais podem ser amarrados os cabos. São usadas, geralmente, como sistema de distribuição principal, devido à sua capacidade de suportar uma grande quantidade de cabos e ao seu custo elevado, que não justificam a sua utilização como um sistema secundário. O sistema secundário pode, então, ser implementado através de dutos, conduítes ou bandejas. Os cabos usados neste caso devem ser, obrigatoriamente, não-propagantes a chamas.
- ♦ **bandeja:** consiste de uma bandeja metálica (com parte de baixo e duas laterais), presa ao teto da estrutura do prédio através de hastes e suportes também metálicos, existente sobre o teto falso. Existem dois modelos de bandejas, o sólido e o ventilado (com aberturas na sua parte inferior). Tais bandejas costumam ter uma largura típica de 100 mm, devendo ser deixada uma distância mínima de 30 cm das mesmas ao teto da estrutura do prédio. Este tipo de componente é, também, usado predominantemente na distribuição principal, sendo a distribuição secundária realizada, por exemplo, através de conduítes. Os cabos usados neste caso devem, também, ser não-propagantes à chama.
- ♦ **barra transversal:** consiste de uma única barra metálica que é presa ao teto da estrutura do prédio através de hastes ou suportes também metálicos. Sobre esta barra são, então, passados os cabos. Esta solução costuma ser empregada em instalações pequenas quando o sistema de distribuição acaba sendo instalado depois de terminada a construção do prédio.

Outros componentes distintos dos descritos podem ser utilizados, tais como os tubos na função de dutos secundários (vide sistema de distribuição adaptável). Qualquer que seja o tipo de duto aberto empregado (e.g., bandeja), deve ser mantida a distância mínima de 120 mm entre esse duto e os pontos de luz fluorescente.

Este tipo de sistema de distribuição pode vir a apresentar três tipos de problemas: suporte inadequado, marcação ou rotulação inadequada e proximidade ao sistema elétrico. Com o objetivo de evitar o primeiro tipo de problema, costuma-se projetar o sistema de distribuição para suportar uma carga três vezes maior do que o peso estimado para os cabos a serem instalados. Em relação ao segundo tipo de problema, devem ser indicados os tipos de cabos utilizados e a que áreas os mesmos servem. E por último, tais sistemas de distribuição não devem, de maneira nenhuma, ser compartilhados com sistemas de cabeamento elétrico.

Ao contrário do sistema de distribuição sob piso, o *layout* do cabeamento neste tipo de sistema não é fixo. Existem, fundamentalmente, dois tipos de *layout*: o *layout* livre e o orientado a blocos. No

layout livre, adota-se a configuração de ligações ponto-a-ponto entre os quadros de distribuição e as tomadas, escolhendo-se os caminhos mais curtos ou que ofereçam menos resistência para a passagem de cabos. Como componente de *hardware*, utiliza-se, fundamentalmente, o conduíte. Este tipo de *layout* deve, apenas, ser utilizado em casos de instalações pequenas com um número reduzido de tomadas e sem pontos na área de distribuição com possibilidade de oferecer interferência eletromagnética. No caso do *layout* orientado a blocos, a área de distribuição é dividida em blocos, com uma área que pode variar entre 35 a 82 m², entre quatro pilares adjacentes do andar, sendo definido um ponto central de concentração para cada um desses blocos. Existe, então, um caminho de distribuição entre o quadro de distribuição intermediário ou satélite e tal ponto de concentração, a partir do qual são puxados os cabos até as tomadas através de um sistema secundário de distribuição constituído de dutos ou conduítes.

A Figura 3.5 mostra um exemplo de *layout* orientado a blocos, em que aparece o andar de um prédio dividido em vários blocos para os quais são definidos pontos centrais de concentração. Neste caso, existem dois quadros de distribuição a partir do qual saem os dutos principais em direção a tais pontos de concentração. A partir destes dutos são puxados os cabos, através de dutos secundários, até as tomadas. Na conexão entre estas duas categorias de dutos são colocadas caixas de junção.

Figura 3.5 - Exemplo de *Layout* de um Sistema de Distribuição de Teto Falso

- **moldável:** este sistema de distribuição é instalado na superfície das paredes e tetos, usualmente, em prédios antigos, em restaurações ou em construções de concreto ou madeira, que não suportam os tipos de sistema de distribuição descritos anteriormente. Os componentes empregados neste caso são:

- ♦ **tubos:** consistem de uma série de tubos quadrados, com largura aproximada de 2,5 cm, de metal ou plástico rígido, interconectados através de caixas de junção de modo a constituírem um caminho de distribuição. Um tubo oferece, geralmente, espaço suficiente para a passagem de cabos referentes até três tomadas. Por este motivo, são mais usados como sistema de distribuição secundário ou como sistema de distribuição principal em instalações pequenas. A sua grande vantagem está na facilidade de montagem e configuração. Os tubos de plástico, em particular, são extremamente fáceis de cortar em qualquer comprimento e montar.

- ♦ **canaletas:** consistem de uma série de barras ou ganchos, sobre os quais os cabos são colocados, encapsulados dentro de um invólucro de modo a constituir um caminho de distribuição. No caso de existirem várias barras em uma mesma unidade, são criadas, então, partições, que podem ser empregadas para passar diferentes tipos de cabos referentes à comunicação de dados ou voz ou até mesmo de instalação elétrica. Tais canaletas podem ser de metal ou plástico rígido e, tipicamente, possuem uma largura de 30 cm e profundidade de 1,5 cm. Esta solução costuma ser adotada na distribuição principal, utilizando-se os tubos na distribuição secundária.

A interconexão entre secções de um mesmo duto ou de dutos diferentes é efetuada através de caixas de junção. Nos cantos, são usadas cantoneiras para evitar ângulos abruptos de 90°, o que é, especialmente, importante nos casos de cabo de fibra óptica.

Este tipo de sistema de distribuição é confinado pelo *layout* interno das salas e demais dependências de um prédio. Pode-se adotar, como no caso do sistema de distribuição de teto falso, uma distribuição orientada a blocos.

Os seus componentes podem ser instalados de quatro modos diferentes: na base da parede (nível do piso), em um nível intermediário da parede, no topo da parede (nível do teto) ou no próprio teto. O primeiro modo tem como grande vantagem a facilidade de instalação e acesso, e, como desvantagem, a suscetibilidade a danos provocados pelo contato físico com móveis ou pessoas em movimento ou com água e lama no caso de enchentes. A segunda solução pressupõe a instalação dos componentes de distribuição a uma altura de aproximadamente 90 a 180 cm do piso acabado e trata-se da mais utilizada. A partir do sistema horizontal saem tubos secundários na vertical em direção às tomadas, que devem ser posicionadas de maneira ergométrica em relação às estações e às mesas de trabalho dos seus usuários. No caso do sistema principal ser instalado no nível das estações e mesas de trabalho, costuma-se colocar a tomada sobre o próprio sistema de distribuição. As duas últimas opções, apesar de serem bem menos suscetíveis a danos físicos e, mesmo, a

acessos clandestinos, requerem maior tempo de instalação e manutenção justamente pela maior dificuldade de acesso. Independente da posição escolhida para os dutos, é importante que existam pontos de acesso ao sistema de distribuição pelo menos a cada 3 m.

A Figura 3.6 mostra dois exemplos de *layout* utilizando este tipo de sistema de distribuição. No primeiro exemplo, o duto principal passa na periferia do prédio, podendo ser fixado na base ou meio da parede ou no nível do teto. É, mais comum, a sua fixação no meio da parede, embora, no caso de prédios envidraçados, isto não seja possível. No segundo exemplo, o duto principal passa por um *hall* central do prédio, de onde partem as ramificações, que constituem os dutos secundários, em direção às tomadas. O duto principal costuma ser fixado no nível do teto ou no próprio teto. Uma ou outra solução pode ser a mais econômica em termos da quantidade de cabo utilizada, dependendo do posicionamento do quadro de distribuição em relação às tomadas e do próprio *layout* das salas. No caso de um andar mais amplo com um número maior de salas, pode-se optar, ainda, por dividir cada andar em blocos para os quais são definidos pontos de concentração, que devem ser ligados ao quadro de distribuição através de um duto principal, a partir do qual saem os dutos secundários. Qualquer das soluções, no caso de paredes de alvenaria ou mesmo de divisórias que vão do piso até o teto, implica na criação de aberturas para passagem de cabos de uma dependência para outra. Para as divisórias vazadas na sua parte superior e/ou inferior, os cabos podem ser passados sobre ou sob as mesmas; alguns outros tipos de divisórias permitem, ainda, que os cabos sejam passados internamente às mesmas. Pelo que se pode constatar, este tipo de sistema de distribuição é, de certa forma, dependente do *layout* do ambiente e, portanto, inadequado para ambientes cujo *layout* se altera com frequência. Se for considerado, também, um prédio antigo com paredes de mármore que não podem ser perfuradas, deve-se avaliar a possibilidade de se empregar, então, o sistema de distribuição sob carpete.

Como recomendação, as normas definem, no caso desses sistemas, que a capacidade das canaletas deve variar entre 30 a 60 % dependendo do raio de flexão dos cabos empregados, sendo essa capacidade calculada através da soma da área de seção dos cabos dividida pela porcentagem de utilização.

(a) Duto Principal Posicionado na Periferia do Andar do Prédio

(b) Duto Principal Posicionado no Hall Principal do Andar do Prédio

Figura 3.6 - Exemplos de *Layout* para o Sistema de Distribuição Adaptável

- **sob carpete:** este tipo de sistema de distribuição é, tipicamente, usado em prédios antigos ou históricos, que não contam com a infra-estrutura requerida pelos sistemas de distribuição sob piso ou de teto falso e onde é proibida a realização de perfurações, normalmente, necessárias no caso do sistema de distribuição moldável. É, geralmente, instalado sob pisos modulares, que podem ser, facilmente, removidos quando for necessário acessar o sistema de cabeamento. Utilizam-se, neste caso, cabos especiais achatados (*flat cables*) que não atrapalham a colocação do próprio piso e não são sujeitos ao *stress* físico provocado pelo tráfego de pessoas no local. Estes cabos são disponíveis

em segmentos curtos com o objetivo de se ter uma maior modularidade. Tais segmentos são, geralmente, de 3 m de comprimento e, em uma instalação, são ligados um ao outro através de conectores especiais de metal e plástico. Nas áreas com alto tráfego, como *halls* de entrada, é usual instalar protetores de cabo, que consistem de segmentos de plástico ou metal colocados sob e sobre os cabos. Os conectores também costumam ter protetores, que são quadrados ou discos de metal ou plástico colocados sobre os mesmos.

Além desses conectores, devem ser instaladas caixas de transição usadas na conexão entre os cabos oriundos dos quadros de distribuição e os cabos achatados do próprio sistema de distribuição horizontal. Tais caixas devem ser instaladas junto a componentes fixos de uma construção, tais como pilares e paredes de alvenaria, que não possam ser deslocados como seria o caso de divisórias. Os cabos dos quadros de distribuição até as caixas de transição são, geralmente, passados através de conduítes. As dimensões destes conduítes bem como das caixas de transição são especificadas em função do número de pares de fios dos cabos achatados [EIA/TIA569].

Este tipo de sistema pode ser usado tanto como sistema de distribuição principal como secundário e, de modo geral, não apresenta um tipo de *layout* pré-definido. Os cabos podem ser passados segundo um *layout* livre ou até mesmo orientado a blocos, sendo importante garantir a facilidade de acesso a tais cabos, que não deve ser obstruído por divisórias e nem por móveis existentes no prédio. As normas recomendam, ainda, que exista uma caixa de transição para servir cada área de 80 m² e que o seu posicionamento seja definido de maneira a garantir que não haja cruzamento com os cabos da instalação elétrica. A Figura 3.7 apresenta um exemplo de posicionamento típico das caixas de transição junto aos pilares do prédio, que é fornecido pelas próprias normas.

Figura 3.7 - Posicionamento Típico das Caixas de Transição

- **piso elevado:** neste caso, o piso consiste de uma plataforma com diversos módulos suportada por uma estrutura de grade metálica. A altura desta plataforma pode variar entre 30 a 60 cm. Este tipo de solução é bastante utilizada em CPDs (Centros de Processamento de Dados), onde todo o

cabeamento do sistema central e seus periféricos, bem como do sistema de ar condicionado, é passado sob essa plataforma. A distribuição dos cabos pode ser realizada, utilizando-se os mesmos componentes descritos para o sistema de teto falso ou sem nenhum componente adicional. Da mesma maneira que no sistema de teto falso, o *layout* de distribuição de cabos pode ser orientado a blocos. Neste tipo de instalação, é altamente recomendável se utilizar cabos não propagantes à chama.

A Tabela 3.3 apresenta as principais vantagens e desvantagens oferecidas pelos cinco tipos de sistemas de distribuição horizontal descritos acima.

3.4.2.1.2 Tipos de Cabos do Sistema de Distribuição Horizontal

Para este sistema de distribuição, as normas padronizam os seguintes tipos de cabo: 4 pares - 100 Ω - UTP, 2 pares - 150 Ω - STP e 2 fibras multimodo 62,5/125 μm , sendo recomendada a utilização de cabos de 4 pares 100 Ω - UTP - Categoria 5. Esses 4 pares de cabo podem ser usados para diferentes tipos de sinais e categorias de aplicação (dados, voz e vídeo), reservando-se 2 pares para dados, 1 par para voz e 1 par para vídeo. É desaconselhável empregar cabos UTP de 25 pares.

Como regra geral para este tipo de sistema, não deve existir nenhum tipo de emenda ou conexão nos trechos de cabo que conectam um quadro de distribuição intermediário ou satélite a uma tomada ou um quadro de distribuição intermediário e outro satélite. Isto garante que todos cabos do sistema de distribuição horizontal não estejam sujeitos a pontos de falha. Em algumas situações especiais, esta regra pode não ser cumprida devido a restrições próprias existentes em uma determinada instalação de um prédio, sendo definidos, então, pontos de distribuição menores implementados através de blocos de conexão, que devem ser de fácil localização e, de alguma maneira, protegidos contra o acesso clandestino colocando-os em gabinetes trancados.

Tipos de Sistemas de Distribuição Horizontal	Vantagens	Desvantagens
Sob Piso	<ul style="list-style-type: none"> • invisibilidade. • dificuldade de acesso para fins de monitoração ou interceptação clandestina. • não suscetibilidade à interrupção no caso de trabalhos de construção ou manutenção. • proteção contra fontes de interferência eletromagnética. 	<ul style="list-style-type: none"> • restrição dos locais das tomadas devido à dificuldade de acesso. • dificuldade de expansão. • suscetibilidade a problemas de vazamento e enchentes.
Teto Falso	<ul style="list-style-type: none"> • invisibilidade. • proteção contra <i>stress</i> físico provocado pelo movimento de móveis e pessoas. • facilidade de acesso para instalação, reconfiguração e manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • facilidade de acesso para monitoração ou interceptação clandestina. • falta de proteção contra trabalhos realizados no piso superior. • inexistência de compatibilidade entre as instalações dos sistemas de cabeamento elétrico, de telecomunicações, controle e segurança, criando-se fontes de interferência eletromagnética. • necessidade dos cabos serem não propagantes à chama.
Adaptável	<ul style="list-style-type: none"> • facilidade de instalação. • baixo custo. • facilidade de acesso. • disponibilidade em uma grande variedade de tipos de material. 	<ul style="list-style-type: none"> • espaço limitado para os cabos. • visibilidade e obstrução do local. • alto risco de danos físicos acidentais. • facilidade de acesso para monitoração ou interceptação clandestina.
Sob Carpete	<ul style="list-style-type: none"> • adequado para instalação em ambientes abertos de escritório. • flexibilidade em configurações com pequenas áreas devido à facilidade em fazer pequenas curvas e dobras. 	<ul style="list-style-type: none"> • utilização de cabos especiais achatados (<i>flat cables</i>). • inadequado para instalação de um grande volume de cabos, sendo mais utilizado em sistemas de distribuição secundários.
Piso Elevado	<ul style="list-style-type: none"> • invisibilidade. • proteção contra <i>stress</i> físico provocado pelo movimento de móveis e pessoas. • facilidade de acesso para instalação, reconfiguração e manutenção. 	<ul style="list-style-type: none"> • facilidade de acesso para monitoração ou interceptação clandestina. • inexistência de compatibilidade entre as instalações dos sistemas de cabeamento elétrico, de telecomunicações, controle e segurança, criando-se fontes de interferência eletromagnética.

Tabela 3.3 - Vantagens e Desvantagens dos Diversos Tipos de Sistemas de Distribuição Horizontal

3.4.2.2 Sistema de Distribuição Vertical

O sistema de distribuição vertical é usado para interconectar os sistemas de distribuição horizontal dos diversos andares de um prédio, estendendo-se do quadro de distribuição predial até os quadros de distribuição intermediários existentes em cada um desses andares. Constitui-se, basicamente, desses quadros de distribuição, dos dutos e cabos usados na sua interconexão e, eventualmente, de caixas de junção e passagem (vide Figura 3.8).

Figura 3.8 - Sistema de Distribuição Vertical

Como dutos, empregam-se, geralmente, conduítes que podem possuir diâmetros variados. As normas estabelecem que exista, para uma área total de 5000 m² a ser servida, um conduíte com diâmetro de 100 mm para passagem de cabos entre andares adjacentes, além de outros dois conduítes de reserva. Muitas vezes, se houver disponibilidade, são utilizados os próprios dutos já instalados para o sistema de telefonia.

Podem-se utilizar cabos de 100 Ω - UTP, 150 Ω - STP e fibras multimodo 62,5/125 μ m. As fibras são recomendadas, apenas, em casos de aplicações que requeiram altas taxas de transmissão. Podem-se empregar cabos UTP com 25 pares e os de fibra com 6 a 12 fibras. Se tiverem que ser passados cabos no teto, os mesmos não podem ser colocados diretamente sobre pontos de luz. É terminantemente proibido passar os cabos verticais através de vãos de elevador.

3.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou uma visão geral sobre os sistemas de cabeamento estruturado. Tais sistemas, ainda hoje, possuem um custo elevado, que é, facilmente, justificado quando se avalia o seu ciclo de vida, que como já foi mencionado, varia entre 7 a 10 anos.

Contudo, para se desfrutar de todas as vantagens oferecidas por estes sistemas, que incluem a alta escalabilidade e disponibilidade, facilidade de manutenção e mobilidade das estações, é necessário que se façam considerações sobre a sua instalação e gerenciamento.

Em relação aos aspectos de instalação, é importante que seja elaborado um plano de implantação que contenha um cronograma detalhado de instalação e testes dos diversos componentes do sistema de cabeamento, que devem ser realizados por partes. É fundamental que sejam rotulados e identificados todos os componentes considerados relevantes tais como tomadas, cabos, *patch panels* e distribuidores ópticos, entre outros. Como resultado, deve ser gerada uma documentação completa do sistema, detalhando-se o posicionamento, a identificação e a interligação de todos os seus componentes.

Uma vez instalado tal sistema, podem ocorrer alterações e inserções de cabos e, mais raramente, de outros tipos de componentes, que se não forem, devidamente, registradas, comprometem toda a sua funcionalidade. Torna-se difícil, então, efetuar a sua manutenção ou até mesmo alterar a sua configuração (e.g., posição de uma estação da rede). Para tanto, é importante contar com um sistema eficiente de gerenciamento dos sistemas de cabeamento, o que pode ser feito com o suporte de alguma ferramenta de software disponível no mercado.

Dentro do escopo desta tese, no capítulo 5 é apresentada a especificação de uma ferramenta que permite desenvolver o projeto de um sistema de cabeamento estruturado, gerando toda a documentação inicial necessária à sua instalação.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA DE PROJETO DE REDES LOCAIS

Capítulo 4 - Metodologia de Projeto de Redes Locais

4.1 Introdução

Atualmente, o emprego de redes locais ocorre de maneira disseminada, abrangendo ambientes de naturezas bem diversas, tais como: bancos, lojas, hospitais, indústrias, escritórios e instituições de ensino de modo geral.

Em muitos casos, a implantação de redes em um determinado ambiente não é realizada de modo planejado, mas é decidida com o objetivo de atender às necessidades urgentes de determinados setores ou departamentos de uma empresa. À medida que se torna, também, premente a troca de informações, de maneira mais ágil, entre tais departamentos, constata-se a importância de existir um projeto de rede a nível corporativo.

Tal projeto deve, se possível, incorporar as redes já existentes e considerar as tendências de evolução do ambiente de informática de modo a prever a adoção de tecnologias que atendam às necessidades futuras da empresa e a garantir a preservação do investimento a ser realizado.

Isto somente pode ser feito, mediante a aplicação de uma metodologia que determine os requisitos do ambiente de redes da empresa calcadas em tais necessidades e adote tais requisitos como premissas para o desenvolvimento do projeto de rede propriamente dito.

Dentro deste escopo, este capítulo tem, por objetivo, apresentar uma metodologia de projetos de redes locais corporativas. Tais projetos podem envolver redes a serem usadas na interconexão de estações existentes em um ou mais andares de um prédio ou espalhadas em diversos prédios existentes dentro de um campus. Está fora do contexto deste trabalho, o projeto de redes de longa distância que poderiam ser utilizadas na interconexão de prédios situados, por exemplo, em diferentes cidades.

Os itens, que se seguem, contêm uma descrição geral da metodologia proposta e descrições detalhadas das suas diversas etapas. Para efeito de ilustração, é mostrado, ainda, um exemplo de projeto em que tal metodologia foi aplicada. Por fim, é realizada uma avaliação da aplicabilidade dessa metodologia dentro do âmbito de projetos de redes locais corporativas.

4.2 Descrição Geral da Metodologia Proposta

A metodologia de projeto de redes locais, aqui proposta, é constituída de diversas fases que incluem desde o levantamento de informações junto à empresa até a realização dos projetos físico e lógico das redes propriamente ditas.

Como premissa básica para o desenvolvimento de qualquer projeto de rede corporativa de uma empresa, deve-se considerar as suas necessidades atuais e as tendências de evolução do seu ambiente de informática. Como exemplo típico, pode-se citar o caso de uma organização que pretende, a médio prazo, implantar um serviço de vídeo-conferência interno para fins de treinamento. O sistema de redes a ser projetado deve, então, contemplar a incorporação posterior de tecnologias de suporte à transferência integrada de voz e vídeo. Se isso não for feito, mais tarde, deverão ser feitas modificações e adaptações ao projeto original, com eventual substituição de equipamentos, que podem vir a representar um custo adicional significativo.

A partir do levantamento das características, necessidades atuais e tendências de evolução do seu ambiente de informática é possível, então, determinar os requisitos que devem ser suportados pelo ambiente de redes a ser projetado, obtendo-se a especificação de requisitos do projeto em questão.

Tal especificação serve, como ponto de partida, para o desenvolvimento dos projetos físico e lógico do ambiente de redes considerado.

O projeto físico inclui desde a especificação da infra-estrutura de cabeamento da rede, da sua topologia, normalmente constituída de uma rede *backbone* principal à qual estão conectadas várias sub-redes, e das tecnologias de rede que podem ser adotadas até a definição detalhada dos tipos de equipamentos que devem ser empregados. O projeto lógico, por sua vez, inclui a especificação da arquitetura de protocolos a ser implantada nos diversos componentes da rede, os sistemas operacionais de rede a serem adotados, as soluções de conectividade a serem usadas na interconexão de ambientes de naturezas distintas (e.g., ambientes de *mainframe* e de rede local) e, ainda, a infra-estrutura de gerenciamento e segurança a ser suportada.

Dentro do contexto desta metodologia, podem-se identificar, então, quatro fases básicas:

- **levantamento de informações:** resume as características, necessidades atuais e tendências de evolução do ambiente de informática da empresa;
- **especificação de requisitos:** define a topologia geral do ambiente de redes e os requisitos de projeto para esta topologia, que devem ser suportados de modo que possam ser atendidas as necessidades levantadas na fase anterior;

- **projeto físico:** inclui desde o projeto da infra-estrutura de cabeamento da rede até a especificação da sua configuração física, i.e., dos equipamentos de rede que devem ser empregados em cada sub-rede do ambiente como um todo;
- **projeto lógico:** engloba a definição da configuração lógica da rede e sua infra-estrutura de gerenciamento e segurança. Estes três módulos são interdependentes e podem, até certo ponto, ser desenvolvidos simultaneamente.

A primeira fase tem como objetivo definir e analisar o problema, que se apresenta; a segunda fase contém o delineamento da solução e as duas últimas correspondem à sua implementação.

A Figura 4.1 mostra a relação existente entre estas fases. Cada uma delas, com exceção da primeira, depende do resultado da anterior e representa um refinamento desta.

O escopo deste trabalho engloba as fases que vão desde o levantamento de informações até o projeto físico, conforme está indicado nesta mesma figura. A fase relativa ao projeto lógico não é abordada, embora se tenha a preocupação de levantar, nas fases que a precedem, todas as informações necessárias à sua execução. Vale observar, ainda, que os projetos físico e lógico podem ser executados de maneira simultânea e até independente.

Figura 4.1 - Fases da Metodologia de Projeto de Redes Locais

4.3 Descrição das Fases da Metodologia Proposta

Neste item, são descritas, em detalhe, as fases de levantamento de informações, especificação de requisitos e projeto físico da metodologia proposta.

4.3.1 Levantamento de Informações

Conforme já foi mencionado anteriormente, o objetivo desta fase é definir e analisar o problema, que o projeto de redes deve resolver.

Se o projeto for desenvolvido no âmbito corporativo, esta fase de levantamento implica em conhecer particularidades dos processos internos da empresa, as características atuais do seu ambiente de informática e redes, se este existir, as necessidades atuais deste ambiente e como essas devem evoluir frente a mudanças do próprio ambiente ou da maneira de atuação da empresa dentro do mercado. Um exemplo típico de mudança no ambiente de informática, diz respeito ao processo de *downsizing* que tem ocorrido em muitas empresas, incluindo redes de supermercado, instituições bancárias e indústrias, entre outros.

Nesta fase, deve-se conhecer bem “a empresa” ou “o setor da empresa” para o qual o projeto vai ser desenvolvido. Isto só é possível mediante uma interação intensa entre a equipe de projetistas e funcionários da empresa. Tais funcionários incluem os usuários potenciais do sistema a ser projetado e pessoas que tenham uma visão mais macro dos processos envolvidos e de como esses devem evoluir. Esta interação pode ser obtida através da realização de entrevistas, de preenchimentos de questionários e/ou formulários, de reuniões com os referidos funcionários e da análise de documentações relativas ao sistema atual.

As informações obtidas são, então, interpretadas e tratadas pela equipe de projetistas, que elaboram um documento de descrição das características e necessidades do ambiente de informática da empresa. Obviamente, interpretar e tratar informações, que podem envolver processos peculiares à empresa e, geralmente, desconhecidos pela equipe de projetistas, nem sempre é trivial, podendo-se, facilmente, incorrer em erros. Para que isso seja evitado, essa fase de levantamento deve ser bastante interativa, devendo os seus resultados ser validados pelos funcionários da empresa (vide Figura 4.2).

Em resumo, esta fase de levantamento de informações é desenvolvida em três etapas: a primeira engloba o levantamento das características do ambiente atual de informática, a segunda o levantamento das necessidades atuais e das tendências de evolução desse ambiente e a, terceira e última, a análise das informações coletadas. Em muitos casos, as duas primeiras etapas acabam sendo realizadas, concomitantemente, pois a obtenção de informações sobre o ambiente atual de informática permite, muitas vezes, identificar as necessidades desse ambiente e constatar como os funcionários vêem a sua evolução no sentido de suprir estas necessidades.

Figura 4.2 - Fase de Levantamento de Informações do Ambiente de Informática da Empresa

4.3.1.1 Levantamento das Características do Ambiente Atual de Informática

Dentro da etapa, propõe-se obter informações sobre as características atuais do ambiente de informática e redes da empresa para qual o projeto deve ser desenvolvido. Neste contexto, podem-se identificar duas categorias de informação:

- **características do ambiente operacional:** correspondem a informações peculiares ao ambiente de trabalho:
 - ♦ caracterização da estrutura organizacional da empresa e como as suas diversas entidades interagem entre si;
 - ♦ caracterização dos ambientes (automação de escritórios, industrial e bancária, entre outros; mobilidade dos diversos departamentos ou setores);
 - ♦ instalação física (tipo: proprietária ou não, distribuição geográfica dos prédios, constituição dos prédios em termos dos andares e salas, identificação de áreas restritivas à instalação da infra-estrutura de cabeamento, tais como: vãos de elevador, escadas, banheiros e centrais de ar condicionado e identificação de restrições referentes à realização de obras civis necessárias à instalação de tal infra-estrutura);
 - ♦ instalação elétrica (posicionamento dos quadros elétricos e tipo de sistema de distribuição);
 - ♦ caracterização dos usuários (número e distribuição física);
- **características do ambiente de informática e rede:** constituem-se de informações de caráter quantitativo e qualitativo sobre a infra-estrutura de informática e rede existente e seu *modus operandi*:
 - ♦ infra-estrutura computacional (caracterização dos microcomputadores, das estações de trabalho e até mesmo dos *mainframes* utilizados e dos seus recursos de entrada/saída, incluindo impressoras, *scanners* e *plotters*, entre outros, e de sua distribuição física nos diversos andares dos prédios pertencentes à empresa);

- ◆ configuração física do ambiente de redes (topologia, tecnologias e equipamentos de rede empregados, distribuição das estações nas diversas sub-redes e funcionalidades atribuídas às mesmas);
- ◆ caracterização dos elementos de interconexão (tipos de elementos: *gateways*, roteadores, pontes ou repetidores, método de acesso, protocolo roteado e de roteamento);
- ◆ infra-estrutura de distribuição de cabeamento intra e inter-prédios (tipos de sistemas de distribuição horizontal já instalados, sistemas de dutos usados na interconexão de diversos pontos de um andar de um prédio, de diversos andares de um prédio e de diversos prédios de um campus, índice de ocupação desses dutos, posicionamento dos quadros de telefonia e/ou de quadros de comunicação já existentes, índice de ocupação desses quadros de comunicação e posicionamento das tomadas de comunicação);
- ◆ plataforma de software adotada (sistema operacional; ferramentas básicas de software empregadas, tais como: editores de texto, planilhas, bases de dados e outros; e aplicativos de uso específico como CAD/CAM, folha de pagamento e contabilidade, entre outros);
- ◆ configuração lógica da rede (sistema operacional de rede; arquitetura de protocolos; serviços de rede oferecidos: emulação de terminal, correio eletrônico, sistema de transferência de arquivos, serviço de fax; soluções de conectividade entre ambientes baseados em sistemas operacionais diferentes, tipo de interface homem-máquina para acesso a esses ambientes, volume e perfil de tráfego intra e inter-ambientes);
- ◆ interface homem-máquina (tipo de interface, mecanismos de acesso, recursos disponibilizados, restrições de utilização, ...);
- ◆ modo de operação (distribuição física, mobilidade e perfil dos usuários, fluxo de informações na rede);
- ◆ qualidade do serviço prestado (nível de contingência, tempos de resposta, índice de falhas e tempo de recuperação de falhas, entre outros);
- ◆ infra-estrutura de gerenciamento (tipo de gerenciamento: centralizado ou distribuído, áreas funcionais de gerenciamento: falhas, desempenho, configuração, contabilização e segurança, arquitetura e ferramentas de gerenciamento);
- ◆ infra-estrutura de segurança (mecanismos de segurança: senhas, assinatura digital, criptografia e outros e serviços de segurança: confidencialidade, autenticação, integridade, controle de acesso e não-repudição);

- ♦ ligações remotas (quantidade e caracterização dos acessos remotos: tipo de interface, taxa de transmissão, protocolo de comunicação, software de comunicação empregado e volume e perfil de tráfego).

4.3.1.2 Levantamento das Tendências de Evolução do Ambiente de Informática

O projeto a ser desenvolvido deve atender às necessidades atuais e às tendências de evolução do ambiente atual de modo a garantir que seu ciclo de vida amortize os investimentos realizados. Nem todas as informações aqui relacionadas devem, obrigatoriamente, constar do levantamento. Em alguns casos, parte dessas informações farão parte da solução a ser proposta. Como exemplo, pode-se citar o item referente à plataforma de software a ser adotada. Em algumas empresas, já existe um ambiente de redes implantado, ao qual se deseja incorporar novos serviços e usuários, e, portanto, uma plataforma já bem definida, que funciona bem e permite a expansão almejada. Pode-se considerar, então, como premissa de projeto a manutenção desta plataforma, ou, no máximo uma migração para versões mais atuais dos sistemas existentes. Em outros casos, em que é constatada a insatisfação com a plataforma atual ou a inviabilidade de mantê-la dentro das perspectivas de evolução do ambiente de informática da empresa, é do escopo desse projeto especificar, em uma fase posterior, a plataforma a ser adotada.

Vale, ainda, observar que a empresa considerada pode estar em processo de *downsizing*. Isto implica, que muitos aplicativos, antes executados no *mainframe*, passarão a ser executados em ambiente de redes. Torna-se fundamental, neste caso, levantar dados referentes aos tipos de informações trocadas, ao fluxo dessas informações e à expectativa de impacto gerado na rede pelo eventual aumento de tráfego.

De modo geral, devem ser levantadas informações referentes a:

- qualidade do serviço desejada (nível de contingência, tempos de resposta, índice de falhas e tempo de recuperação de falhas, entre outros);
- escalabilidade desejada (índice de crescimento previsto e margem de reserva);
- caracterização das estações (tipo de estação: CISC ou RISC, capacidade de armazenamento e processamento) e dos recursos entrada/saída (e.g., impressora, *scanner* e *plotter*) a serem interconectados;
- identificação dos grupos de estações que devem interagir mais entre si;
- plataforma de software a ser adotada (sistemas operacionais; ferramentas básicas: sistema de arquivos, editor de texto, planilha eletrônica e base de dados, entre outros) em cada um dos grupos de estações identificados;
- caracterização dos serviços de rede de propósito geral a serem oferecidos (e.g., sistema de transferência de arquivos, correio eletrônico, correio de voz e serviço de fax; estimativa do volume e perfil de tráfego) em cada um dos grupos de estações identificados;

- grau de conectividade desejado entre os diversos ambientes de informática e de rede existentes;
- caracterização da interface homem-máquina (tipo, facilidades a serem disponibilizadas e restrições de acesso a serem impostas);
- caracterização do sistema de gerenciamento a ser implantado (tipo de gerenciamento: centralizado ou distribuído, áreas funcionais a serem contempladas, recursos de hardware e software a serem gerenciados, entre outros);
- caracterização do sistema de segurança a ser suportado (nível de segurança desejado, serviços de segurança a serem oferecidos e sua abrangência);
- comunicação remota (tipo, perfil e estimativa do volume e perfil de tráfego).

4.3.1.3 Análise das Informações Coletadas

A análise das informações obtidas sobre as características do ambiente de informática, suas necessidades e tendências de evolução permite elaborar um documento de descrição desse ambiente. Durante este processo de análise, pode-se concluir pela necessidade de se obter informações complementares devido à constatação da falta de algum tipo de informação, existência de dúvidas ou obtenção de resultados conflitantes. Tais resultados conflitantes podem decorrer do fato da coleta de informações ter sido obtida junto a funcionários da empresa com visões ou percepções diferentes de um mesmo problema ou, por outro lado, dos próprios projetistas terem induzido a interpretações diferentes devido à vivência e experiência diferenciada entre os mesmos. Qualquer que seja o caso, faz-se necessário que sejam efetuadas outras interações com os funcionários da empresa de modo que se complementem as informações coletadas e se chegue a um consenso sobre a análise dessas informações (vide Figura 4.3).

Ao final desta fase, os projetistas têm, em mão, a descrição do ambiente informática que lhes fornece uma visão geral desse ambiente e do problema a ser resolvido e subsídios para que seja delineada uma solução para o mesmo.

Figura 4.3 - Fase de Levantamento de Informações

4.3.2 Especificação de Requisitos

Esta fase engloba a especificação da topologia geral da rede e dos requisitos que se aplicam ao ambiente de redes como um todo e a cada um dos seus componentes, desenvolvida a partir das características e necessidades levantadas na fase anterior para esse ambiente e da análise de restrições tecnológicas, de custo e prazo.

A especificação da topologia geral da rede corresponde, na realidade a um anteprojeto do ambiente de redes, onde são identificados os seus diversos grupos de trabalho (*workgroups*) e redes *backbones* (a topologia especificada pode ser representada de maneira esquemática, conforme ilustra a Figura 4.4).

Figura 4.4 - Topologia Geral do Ambiente de Redes

Isto é efetuado, analisando-se os grupos de estações que interagem mais entre si, os recursos (e.g., impressoras) associados a esses grupos e definindo-se o modelo de operação para os mesmos, onde se identificam estações com funções diferentes entre si (estações servidoras e clientes).

Os requisitos, por sua vez, são derivados das necessidades e das características do ambiente de redes como um todo e específicas de cada uma das suas sub-redes (grupos de trabalho e redes *backbones*) (vide Figura 4.5). Correspondem a condições que devem ser satisfeitas de modo que possam ser atendidas tais necessidades. São definidos dois tipos de requisitos:

- **requisitos funcionais:** estão relacionados a características absolutas ou funções que um componente ou um conjunto de componentes de rede devem possuir. Como exemplo, pode-se citar o suporte à transmissão integrada de dados, voz e vídeo.
- **requisitos quantitativos:** correspondem a atributos quantificáveis, e, portanto, expressos segundo uma escala de valores, que um componente ou um conjunto de componentes de rede devem suportar. Como exemplo, pode-se citar a taxa de transmissão de uma rede.

Para fins de ilustração, são citados a seguir três exemplos deste processo de derivação de requisitos a serem suportados por um ambiente de redes a partir das características e necessidades levantadas para o mesmo. Como primeiro exemplo, considere que tais redes devam ser instaladas em uma planta fabril. Nesse caso, os equipamentos de rede devem operar em um ambiente com alto nível de interferência eletromagnética e condições de temperatura nem sempre ideais, sendo a fibra óptica o tipo de cabo mais recomendado. Suponha que um dos serviços de rede que tenha que ser oferecido seja o de vídeo-conferência. Como consequência, as tecnologias de rede a serem empregadas devem suportar altas taxas de transmissão e a transferência integrada de voz e vídeo. Neste caso, deve-se avaliar, ainda, até que ponto tais tecnologias estão maduras e se dispõe de produtos no mercado, pois não faz sentido especificar um requisito que não é viável de ser atendido dentro da realidade tecnológica do momento. Um outro serviço importante seria o de transferência de arquivos com alta confiabilidade. Além dos requisitos referentes à taxa de transmissão das redes, é importante, nesse caso, que o sistema de transferência de arquivos implemente mecanismos de verificação e recuperação de erros (i.e., mecanismos de *checkpoint* e *restart*) como meio de garantir a confiabilidade desejada.

Este processo de derivação nem sempre é trivial, e, em alguns casos, pode implicar na escolha de alternativas que não sejam as mais adequadas à solução do problema considerado ou não atendam às expectativas do próprio usuário. Assim sendo, nesta fase é, também, importante discutir os resultados com os funcionários da empresa, que podem questioná-los e, eventualmente, fornecer outras informações que alterem as premissas tomadas como base. Às vezes, tais alterações podem decorrer da modificação da estratégia da própria empresa, o que, obviamente, implica em se refazer a fase anterior.

Figura 4.5 - Fase de Especificação de Requisitos

As características e necessidades, tomadas como base para a especificação da topologia de rede e dos requisitos de projeto, podem ser agrupadas da seguinte maneira:

- **Ambiente:** define o tipo de ambiente (e.g., automação industrial, bancária e de escritórios, entre outros) e seus parâmetros de operação.
- **Infra-Estrutura Computacional:** especifica o número e as características básicas das estações e recursos que devem ser interconectados através da rede e sua distribuição física. Tais características incluem: tipo de máquina (CISC ou RISC), tipos de *bus* (ISA, EISA, Micro Channel, PCMCIA, PCI), capacidade de memória e processamento e tipos de interfaces (assíncrona ou síncrona).
- **Modos de Operação:** são definidas características gerais referentes ao ambiente de operação das redes, incluindo: mobilidade das estações, distribuição física e interação entre tais estações, conjunto dos recursos de redes que devem estar disponíveis às estações e modo de administração dos usuários.
- **Ferramentas de Software:** define quais ferramentas básicas de automação de escritório ou de desenvolvimento de software devem ser suportadas, tais como: editores de texto, planilhas eletrônicas, compiladores, interpretadores e sistemas de banco de dados que devem ser suportados.

- **Serviços de Rede:** especifica quais tipos de aplicações vão ser oferecidas aos usuários da rede (e.g., vídeo-conferência, correio eletrônico, fax e transferência de arquivos, entre outros), que deve determinar qual a infra-estrutura de comunicação a ser suportada.
- **Interface Homem-Máquina:** descreve como os usuários podem utilizar os recursos e serviços de rede disponibilizados em um ou mais tipos de ambientes operacionais.
- **Qualidade de Serviço:** a qualidade de serviço de um ambiente de redes pode ser descrita a partir de três parâmetros, a saber: confiabilidade, disponibilidade e desempenho. Estes parâmetros podem assumir valores diferenciados, dependendo do ambiente considerado. A título de exemplo, pode-se citar, o caso de uma planta fabril, em que existem uma rede interconectando PLCs (*Programmable Logic Controllers*) usados no controle da temperatura e pressão de fornos de refusão e uma outra rede ligando microcomputadores empregados no controle de estoque de matéria-prima. Para cada uma dessas redes devem ser adotados parâmetros de qualidade de serviço diferentes entre si.

Tais parâmetros podem ser descritos da seguinte maneira:

- ♦ **disponibilidade:** é definida como sendo a parte do tempo em que um sistema permanece funcionando, quando comparado com o tempo de vida deste sistema. É calculada através da relação $MTBF/(MTBF+MTTR)$ (*MTBF*- *Mean Time Between Failure* e *MTTR* - *Mean Time To Repair*) [SPOHN92].
- ♦ **confiabilidade:** é definida como a probabilidade de um sistema não falhar em um dado intervalo de tempo t . É calculada pela relação $e^{-t/MTBF}$ [SPOHN92].
- ♦ **desempenho:** define parâmetros quantitativos relativos às características temporais (e.g., tempo de resposta, sincronismo e vazão) e semânticas da rede (e.g., taxa de erro de bits, taxa de erro de pacotes e taxa de perda de pacotes);
- **Escalabilidade:** define como deve evoluir o ambiente de redes em termos de número de usuários, recursos a serem disponibilizados e crescimento de tráfego.
- **Comunicação Inter-Redes:** determina as características das sub-redes, que devem ser conectadas entre si, e da conexão dessas sub-redes a redes de longa distância.
- **Conectividade dos Ambientes:** este item é importante no caso de já existirem ambientes de informática e de redes que precisam ser contemplados pelo novo ambiente da empresa. Um exemplo típico, refere-se ao ambiente SNA/IBM que, muitas vezes, deve ser conectado ao ambiente de redes locais pelo menos enquanto durar o processo de *downsizing* da empresa.
- **Gerenciabilidade:** à medida que o ambiente de redes passa a ser a base para a operação da empresa, torna-se essencial que exista um sistema de gerenciamento abrangente que possa

garantir a observação dos parâmetros de qualidade de serviços da rede, permitindo agilidade na detecção e correção de falhas, o diagnóstico antecipado de erros através do acompanhamento do funcionamento da rede, a detecção de gargalos da rede e a reconfiguração desses equipamentos, entre outros. É importante, portanto, conhecer a abrangência do sistema de gerenciamento a ser suportado em termos de recursos gerenciados e facilidades e características das ferramentas a serem disponibilizadas.

- **Serviços de Segurança:** a segurança de um sistema pode ser violada devido à utilização errônea de seus recursos e informações ou à disposição de alguma pessoa mal intencionada, por exemplo, em obter informações sigilosas ou destruí-las. Isto pode acontecer em decorrência de um acesso tanto interno como externo ao ambiente de rede da empresa. É importante, portanto, definir quais os serviços de segurança (confidencialidade, autenticação, integridade, controle de acesso e não-repudição) que devem ser suportados e o tipo de segurança a ser oferecida (interna ou externa).

A Tabela 4.1 apresenta os tipos de requisitos funcionais e quantitativos que podem ser obtidos a partir de tais informações referentes às características e necessidades do ambiente de informática considerado.

Necessidades e Características	Requisitos Funcionais	Requisitos Quantitativos
Tipo de Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • tipo de cabo. • restrições à realização de obras civis. 	<ul style="list-style-type: none"> • faixas de temperatura e pressão de operação. • índice de ruído e interferência eletromagnética suportada.
Infra-Estrutura Computacional	<ul style="list-style-type: none"> • tipo de cabo. • características das placas de rede (tipo de máquina e de <i>bus</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> • número de pontos. • densidade de pontos do sistema de cabeamento. • número de acessos por tomada. • número de portas dos equipamentos. • área geográfica das sub-redes.
Modo de Operação <ul style="list-style-type: none"> • mobilidade das estações • administração dos usuários 	<ul style="list-style-type: none"> • suporte ao sistema de cabeamento estruturado. • suporte a sistemas de diretórios centralizados ou distribuídos. 	
Ferramentas Básicas de Software	<ul style="list-style-type: none"> • disponibilidade das ferramentas de software aos usuários autorizados. • integração com o sistema operacional de rede. 	<ul style="list-style-type: none"> • capacidade de memória e armazenamento das estações.
Serviços de Rede	<ul style="list-style-type: none"> • categoria das aplicações (dados, voz e vídeo). • protocolos de aplicação. • tipo de tráfego (transacional ou rajada) • tipos de cabos e componentes de distribuição. • tipos de aplicativos. 	<ul style="list-style-type: none"> • volume de tráfego. • taxas de transmissão das sub-redes.
Interface Homem-Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • tipo de interface homem-máquina. • categoria de usuários e os seus direitos de acesso. • modos de acesso aos recursos e serviços da rede. • recursos gráficos das estações. 	<ul style="list-style-type: none"> • capacidade de processamento e memória das estações de trabalho.
Qualidade Serviço <ul style="list-style-type: none"> • Desempenho 		<ul style="list-style-type: none"> • capacidade de processamento e memória das estações e equipamentos da rede. • taxa de transmissão das sub-redes. • taxas de filtragem e retransmissão das pontes e roteadores. • taxa de comutação dos equipamentos comutados. • taxa de erro residual (taxa de mensagens perdidas, duplicadas e destruídas).
<ul style="list-style-type: none"> • Confiabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> • mecanismos de verificação e recuperação de erros 	<ul style="list-style-type: none"> • MTBF

Legenda:

MIB - *Management Information Base*

Tabela 4.1 - Características e Necessidades do Ambiente de Informática x Requisitos de Projeto

Necessidades e Características	Requisitos Funcionais	Requisitos Quantitativos
Qualidade Serviço • Disponibilidade	<ul style="list-style-type: none"> recursos de contingência (e.g., fontes duais, mecanismo de <i>hot swapping</i>, <i>load sharing</i> e <i>disk array</i> nos servidores, entre outros). mecanismos de reconfiguração. 	<ul style="list-style-type: none"> MTBF (<i>Mean Time Between Failure</i>). MTTR (<i>Mean Time To Repair</i>). fator de redundância dos equipamentos.
Escalabilidade		<ul style="list-style-type: none"> capacidade de memória e armazenamento das estações da rede e de sua expansão. margem de reserva dos componentes de distribuição, de portas e <i>slots</i> livres dos equipamentos, placas de rede e outros componentes de rede. capacidade de expansão dos equipamentos de rede.
Comunicação entre Sub-redes	<ul style="list-style-type: none"> tipo de protocolo e algoritmo de <i>bridging</i>. tipos de protocolos roteados. tipo de protocolo e algoritmo de roteamento. 	<ul style="list-style-type: none"> volume de informações de <i>bridging</i> e roteamento. taxas de filtragem e retransmissão das pontes e roteadores. taxa de comutação dos equipamentos comutados.
Conectividade dos Ambientes	<ul style="list-style-type: none"> tipos de ambientes a serem interconectados (e.g., SNA/IBM, Netware, UNIX e Windows NT). tipos de aplicativos de comunicação. protocolos de aplicação. infra-estrutura de comunicação entre tais ambientes. 	<ul style="list-style-type: none"> capacidade e taxa de transmissão de dados inter-ambientes.
Gerenciabilidade	<ul style="list-style-type: none"> tipo de gerenciamento: central ou distribuído. recursos de hardware e software a serem gerenciados. arquiteturas de gerenciamento. tipos de MIB. áreas funcionais (falha, desempenho, configuração, contabilização e segurança) e funções de gerenciamento suportadas. modo de gerenciamento dos equipamentos (<i>out-of-band</i> e <i>in-band</i>). sistemas de gerenciamento a serem incorporados. 	<ul style="list-style-type: none"> volume de informações de gerenciamento.
Serviços de Segurança	<ul style="list-style-type: none"> tipo de segurança (interno/externo). mecanismos de segurança (criptografia, assinatura digital ou controle de acesso). sistemas de segurança a serem incorporados. estratégias de segurança física. 	

Tabela 4.1 - Características e Necessidades do Ambiente de Informática x Requisitos de Projeto (Cont.)

As Tabelas 4.2 e 4.3 relacionam os requisitos funcionais e quantitativos que se aplicam, respectivamente, aos projetos da infra-estrutura de cabeamento e da configuração física do ambiente de redes. Na Tabela 4.3 tais requisitos são agrupados de acordo com a sua aplicabilidade.

Requisitos Funcionais
<ul style="list-style-type: none">• categorias das aplicações (dados, voz e vídeo).• tipos de cabos.• tipos de componentes de distribuição.• restrições à realização de obras civis.
Requisitos Quantitativos
<ul style="list-style-type: none">• número de pontos.• densidade de pontos.• número de acessos por tomada de comunicação.• margem de reserva dos componentes de distribuição.

Tabela 4.2 - Principais Requisitos do Projeto de Cabeamento

Identificação de Grupos de Requisitos	Requisitos	Tipo
Tipo de Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> faixas de temperatura e pressão de operação. índice de ruído e interferência eletromagnética suportada. 	(RQ)
Caracterização das estações e recursos da rede	<ul style="list-style-type: none"> características das placas de rede (tipo de máquina e <i>bus</i>). recursos gráficos das estações. 	(RF)
	<ul style="list-style-type: none"> número de portas dos equipamentos. área geográfica a ser atendida pelas sub-redes. 	(RQ)
Aplicações de Rede	<ul style="list-style-type: none"> categorias das aplicações (dados, voz e vídeo). protocolos de aplicação a serem suportados. tipo de tráfego (transacional ou rajada). 	(RF)
	<ul style="list-style-type: none"> volume de tráfego. taxas de transmissão das sub-redes. 	(RQ)
Arquitetura de Protocolo de Comunicação	<ul style="list-style-type: none"> protocolos de aplicação. tipo de protocolo, tráfego e algoritmo de <i>bridging</i>. tipos de protocolos roteados. tipo de protocolo, tráfego e algoritmo de roteamento. 	(RF)
Qualidade de Serviço • Disponibilidade • Confiabilidade • Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> recursos de contingência (e.g., fontes duais, mecanismo de <i>hot swapping</i>, <i>load sharing</i>, <i>disk array</i> nos servidores, etc). mecanismos de reconfiguração. 	(RF)
	<ul style="list-style-type: none"> MTBF (<i>Mean Time Between Failure</i>). MTTR (<i>Mean Time To Repair</i>). fator de redundância dos equipamentos. 	(RQ)
	<ul style="list-style-type: none"> mecanismos de verificação e recuperação de erros. 	(RF)
	<ul style="list-style-type: none"> MTBF 	(RQ)
	<ul style="list-style-type: none"> taxa de transmissão das sub-redes. taxas de filtragem e retransmissão das pontes e roteadores. taxa de comutação dos equipamentos comutados. taxa de erro residual (perda, duplicação e destruição de mensagens). 	(RQ)
Escalabilidade	<ul style="list-style-type: none"> capacidade de expansão de memória e armazenamento das estações da rede. margem de reserva de portas e <i>slots</i> dos equipamentos, placas de redes e outros componentes de rede. capacidade de expansão dos equipamentos de rede. 	(RQ)
Infra-Estrutura de Gerenciamento	<ul style="list-style-type: none"> tipo de gerenciamento: central ou distribuído. recursos de hardware e software a serem gerenciados. arquiteturas de gerenciamento. tipos de MIB. modo de gerenciamento dos equipamentos (<i>out-of-band</i> e <i>in-band</i>). 	(RF)
	<ul style="list-style-type: none"> volume de tráfego das informações de gerenciamento. 	(RQ)
Infra-Estrutura de Segurança	<ul style="list-style-type: none"> tipo de segurança (interno ou externo). mecanismos de segurança (criptografia, assinatura digital ou controle de acesso) a serem implementados. estratégias de segurança física. 	(RF)

Legenda:

RF - Requisito Funcional

RQ - Requisito Quantitativo

Tabela 4.3 - Principais Requisitos do Projeto Físico (Configuração Física)

4.3.3 Projeto Físico

O projeto físico engloba tanto o projeto da infra-estrutura de cabeamento como a especificação da topologia da rede, das tecnologias a serem empregadas e dos equipamentos a serem utilizados. A Figura 4.6 mostra um desenho esquemático das macro atividades envolvidas no desenvolvimento do projeto físico de um ambiente de redes locais. Como pode-se constatar, a elaboração de tal projeto utiliza os resultados obtidos na execução das outras fases do projeto, incluindo as características do ambiente de informática e os requisitos associados à topologia geral da rede, e informações referentes a tecnologias de rede, regras de projeto e produtos de mercado, além das restrições tecnológicas, de custo e prazo, definidas junto aos funcionários da empresa.

Figura 4.6 - Fase do Projeto Físico

4.3.3.1 Projeto do Sistema de Cabeamento

O projeto do sistema de cabeamento é realizado tomando por base todas as informações referentes às características dos prédios e campus, obtidas na fase de levantamento de informações, e dos requisitos especificados na fase anterior, que estão relacionados na Tabela 4.2, além de outras relativas às regras de projeto, definidas pelas normas de padronização correspondentes [ISO11801][EIA/TIA 568][EIA/TIA 569], e aos tipos de componentes de distribuição existentes no mercado. Tais regras são descritas no capítulo 3.

Dentro do escopo da metodologia aqui apresentada, é suposto que tal projeto pode envolver um campus com vários prédios, sendo constituído, portanto, das seguintes partes:

- **Projeto de Cabeamento do Campus:** define como devem ser interconectados os sistemas de cabeamento dos prédios existentes no campus, i.e., os quadros de distribuição de cada prédio ao quadro de distribuição do campus.
- **Projeto de Cabeamento dos Prédios:** é subdividido em dois outros subprojetos:
 - ♦ **Projeto do Sistema Horizontal:** inclui o projeto do sistema de cabeamento de cada andar de um prédio, que é usado para interconectar as tomadas de comunicação aos quadros de distribuição satélites ou intermediários e os quadros de distribuição satélites, quando estes existirem, aos quadros intermediários;
 - ♦ **Projeto do Sistema Vertical:** corresponde ao projeto do sistema de cabeamento usado na interconexão do sistema horizontal de cada andar, ou seja, permite ligar os quadros de distribuição intermediários de cada andar ao quadro de distribuição do prédio.

Esse projeto é, usualmente, executado em duas etapas: a primeira relativa ao levantamento de informações complementares e a segunda referente ao projeto propriamente dito, que são descritas a seguir (vide Figura 4.7). Tais etapas devem ser realizadas sequencialmente, muito embora, na maioria das vezes, o projetista constata, durante a elaboração do projeto, a necessidade de obter informações adicionais, verificando *in loco* algum detalhe da instalação física dos prédios e/ou do campus considerados. Isto dá uma certa iteratividade a esta etapa do projeto.

4.3.3.1.1 Levantamento de Informações Complementares

O primeiro passo para se dar início ao projeto de cabeamento estruturado dos prédios e do campus é obter uma planta geral do campus e plantas dos diversos andares de cada prédio.

Na planta do campus, devem constar informações referentes a:

- posicionamento dos prédios;
- posicionamento dos sistemas de dutos para cabeamento elétrico e de telecomunicações;
- posicionamento das linhas de transmissão de energia elétrica;
- índice de ocupação dos dutos de telecomunicações.

Figura 4.7 - Projeto do Sistema de Cabeamento

As plantas dos prédios, por sua vez, devem conter informações relativas a:

- *layout* das paredes externas e especificação do material de construção (alvenaria, madeira, mármore e vidro, entre outros);
- *layout* interno das salas, tipo de construção: parede ou divisória (material, tipo de divisória: móvel ou fixa, modelo: simples ou com dutos internos, alturas inferior e superior), posicionamento e dimensões das janelas e portas, função das salas (escritório, almoxarifado, reunião, biblioteca, laboratório, central de ar condicionado, cozinha, refeitório e banheiro, entre outros) e posicionamento das colunas, vãos de elevador, escada e dutos de ar;
- instalação elétrica: posicionamento dos quadros de distribuição, posicionamento, dimensões e material dos eletrodutos, posicionamento dos pontos de luz, das tomadas e interruptores. Nem todas essas informações precisam ser coletadas. Assim é o caso do posicionamento dos pontos de luz, que somente faz sentido se for empregado o sistema de distribuição de teto falso ou moldável com montagens no teto;

- **infra-estrutura de instalação de telecomunicação:** posicionamento dos quadros de distribuição, tipos de sistema de distribuição horizontal, posicionamento dos dutos, das tomadas de comunicação, caixas de junção, passagem ou terminação, índice de ocupação dos dutos horizontais e verticais. Nem todos prédios, possuem um sistema de distribuição de comunicação já instalado. Tais sistemas são mais comumente encontrados em prédios, em que são adotados os sistemas de distribuição horizontal sob piso ou teto falso, instalados, usualmente, na fase de construção do prédio. Caso tais sistemas não existam, devem ser obtidas, basicamente, informações relativas ao posicionamento dos quadros de telefonia existentes em cada andar e o índice de ocupação dos dutos verticais usados para interconectá-los;
- **posicionamento da sala de entrada,** onde são instalados os quadros de distribuição de telefonia das concessionárias de telecomunicações e são interconectadas as redes *backbones* predial e do campus.

De modo geral, nem todas as informações necessárias à realização do projeto estão contidas nas plantas. Um exemplo típico refere-se ao índice de ocupação dos dutos. É necessário, então, que seja realizada uma vistoria dos prédios e do campus. Tal vistoria mostra-se sempre mais proveitosa se for acompanhada por um responsável pelos prédios, que conheça detalhes da instalação a ser visitada e possa fornecer informações não registradas em plantas e, eventualmente, dar orientações sobre a melhor rota para os dutos e cabos.

4.3.3.1.2 Projeto do Sistema de Cabeamento dos Prédios

Este projeto inclui o projeto do sistema de distribuição horizontal a ser instalado em cada andar de um prédio e do sistema vertical, que constitui o *backbone* desse prédio e é usado para interconectar o sistema horizontal dos seus diversos andares. Nos itens que se seguem, é descrita, de maneira sucinta, a sequência de procedimentos que devem ser executados para a realização desse projeto, sendo apresentadas as principais regras aplicadas em cada caso.

4.3.3.1.2.1 Sistema de Distribuição Horizontal

O projeto de sistema de distribuição horizontal depende da infra-estrutura do sistema de cabeamento telefônico existente, da sua disponibilidade e das limitações impostas pelo próprio ambiente (e.g., existência de paredes de mármore que não podem ser perfuradas) à instalação de novos componentes de distribuição e à realização de obras civis.

Independente do tipo de sistema horizontal a ser empregado, deve-se em primeiro lugar:

- identificar os locais dos quadros de distribuição de telefonia, que são instalados durante a construção do prédio.

- determinar a localização dos quadros de distribuição de comunicação intermediários que são colocados, normalmente, junto aos próprios quadros de distribuição de telefonia, garantindo que exista no mínimo um quadro para cada 1000 m² de área servida. Caso seja verificado, que existem pontos de acesso (onde devem ser instaladas tomadas de comunicação) distantes de mais de 90 m desses quadros, deve-se definir, então, locais para a instalação de quadros de distribuição satélites.
- determinar a localização das salas de distribuição que devem abrigar os quadros de distribuição intermediários ou satélites e equipamentos de rede aos quais estão conectadas as tomadas servidas pelo quadro de distribuição correspondente.

Para cada um dos tipos de sistema de distribuição, deve-se proceder da seguinte maneira:

- **Sistema de Distribuição Sob Piso:** este tipo de sistema de distribuição é, geralmente, instalado na fase de construção do prédio, devendo-se:
 - ♦ verificar o índice de ocupação dos dutos, que, normalmente, não deve ultrapassar a 50%;
 - ♦ se os dutos permitirem a passagem de novos cabos, deve-se:
 - especificar os locais das tomadas de comunicação, mantendo-se uma densidade de, no mínimo, uma tomada para cada 10 m²;
 - determinar o trajeto dos cabos usados na interconexão das tomadas aos quadros de distribuição através desses dutos. O comprimento dos cabos não pode ultrapassar o valor máximo de 90 m.
 - ♦ se os dutos não permitirem a passagem de novos cabos, deve-se avaliar qual outro tipo de sistema de distribuição pode ser implantado.
- **Sistema de Distribuição de Teto Falso:** este tipo de sistema de distribuição pressupõe que os componentes de distribuição sejam instalados na fase de acabamento do prédio. Tais componentes incluem dutos, conduítes, malha, bandeja ou barras transversais. A utilização de um ou de outro componente pode implicar na existência de trajetos pré-determinados pelos próprios componentes (e.g., dutos e conduítes) para passagem de cabos dos quadros de distribuição até as tomadas ou na adoção de trajetos livres (e.g., barras transversais). Podem-se identificar dois tipos de *layout* para este tipo de sistema de distribuição, o **orientado a blocos** e o **livre**, que possuem procedimentos específicos de projeto:
 - ♦ **Layout Orientado a Blocos:** são definidos blocos, que podem corresponder a um conjunto de salas da planta civil, e determinados os seus pontos centrais, que são usados como pontos de concentração para distribuição de cabos até as tomadas. Neste caso, são executados os seguintes passos:

- demarcar os blocos de distribuição de cabos, que podem ter uma área variando entre 35 a 82 m² e determinar o seu ponto central. Este ponto não deve coincidir com nenhum ponto de luz;
 - determinar o trajeto dos dutos principais que se originam em quadros de distribuição intermediários e terminam em quadros satélites e/ou se originam em quadros de distribuição satélites ou intermediários e terminam nos pontos de concentração estabelecidos anteriormente. O posicionamento destes dutos tem que ser verificado em função da existência de outros dutos (e.g., dutos de distribuição do sistema elétrico) e de pontos de luz;
 - especificar os locais das tomadas de comunicação, mantendo-se, sempre, uma distância mínima de 30 cm entre essas tomadas e as tomadas elétricas e uma densidade mínima de uma tomada para cada 10 m²;
 - determinar o trajeto dos dutos secundários que se originam em um duto principal (ou em um ponto de concentração definido anteriormente) e terminam em tomadas. Tais dutos devem manter uma distância mínima de 12 cm dos pontos de luz fluorescentes;
 - determinar o trajeto dos cabos usados na conexão entre as tomadas e os quadros de distribuição satélites, quando estes existirem, ou quadros intermediários. O comprimento dos cabos não pode ultrapassar o valor máximo de 90 m e o índice de ocupação dos dutos o limite de 50 %;
 - especificar os locais das caixas de junção e passagem.
- ♦ **Layout Livre:** são definidas ligações ponto-a-ponto entre os quadros de distribuição intermediário ou satélite, quando estes existirem, e as tomadas de comunicação. Neste caso, devem ser executados os seguintes passos:
- especificar os locais das tomadas, mantendo-se, sempre, uma distância mínima de 30 cm entre essas tomadas e as tomadas elétricas e uma densidade mínima de uma tomada para cada 10 m².
 - determinar o trajeto dos dutos que se originam em quadros de distribuição intermediários e terminam em quadros satélites e/ou se originam em quadros de distribuição satélites ou intermediários e terminam nas tomadas de comunicação. O posicionamento destes dutos tem que ser verificado em função da existência de outros dutos (e.g., dutos de distribuição do sistema elétrico) e de pontos de luz;
 - determinar o trajeto dos cabos usados na conexão entre as tomadas e os quadros de distribuição satélites, quando estes existirem, ou quadros intermediários. O comprimento

dos cabos não pode ultrapassar o valor máximo de 90 m e o índice de ocupação dos dutos o limite de 50 %;

- especificar os locais das caixas de junção e passagem.
- **Sistema de Distribuição Adaptável:** este tipo de sistema é, normalmente, instalado depois que prédio está pronto e, na maioria das vezes, já habitado. A sua escolha decorre do fato de não existir outro sistema de distribuição já instalado (e.g., sob piso ou teto falso) ou, se o mesmo existir, apresentar um índice de ocupação proibitivo (superior a 50%). Neste caso, deve-se adotar os seguintes procedimentos:
 - ♦ no caso de se adotar o *layout* orientado a blocos, devem ser definidos os blocos, que podem ter uma área variando entre 35 a 82 m² e determinar o seu ponto concentração dos cabos. Se os cabos forem passados no teto, este ponto não deve coincidir com nenhum ponto de luz;
 - ♦ determinar o trajeto dos dutos principais que se originam em quadros de distribuição intermediários e terminam em quadros satélites e/ou se originam em quadros de distribuição satélites ou intermediários e terminam nos pontos de concentração estabelecidos anteriormente (*layout* orientado a blocos) ou pontos quaisquer definidos pelo projetista. No caso destes dutos serem fixados no teto, deve-se verificar o seu posicionamento em função da existência de outros dutos (e.g., dutos de distribuição do sistema elétrico) e de pontos de luz. No caso de dutos fixados nas paredes, deve ser verificado a existência de algum empecilho físico (e.g., porta) à sua colocação. A passagem de cabos de uma sala para a outra requer, na maioria das vezes, a perfuração de paredes ou divisórias. Se este for o caso, deve-se verificar *in loco* se não existem restrições para que isso possa ser feito;
 - ♦ especificar os locais das tomadas de comunicação, mantendo-se, sempre, uma distância mínima de 30 cm entre essas tomadas e as tomadas elétricas e evitando-se a sua colocação junto a janelas e portas. Usualmente, adota-se, como padrão, a densidade mínima de uma tomada para cada 10 m², podendo este parâmetro de projeto variar em função das próprias necessidades do usuário;
 - ♦ determinar o trajeto dos dutos secundários que se originam em um duto principal (ou em um ponto de concentração definido anteriormente) e terminam em tomadas. Devem ser realizadas as mesmas verificações especificadas para os dutos principais;
 - ♦ determinar o trajeto dos cabos usados na conexão entre as tomadas e os quadros de distribuição satélites, quando estes existirem, ou quadros intermediários, verificando se o seu comprimento não atinge o valor máximo de 90 m permitido. O índice de ocupação dos dutos correspondentes não deve ultrapassar o limite de 50 %;
 - ♦ especificar os locais das caixas de junção, passagem e das cantoneiras.

4.3.3.1.2 Sistema de Distribuição Vertical

O projeto do sistema de distribuição vertical envolve a conexão dos quadros de distribuição intermediários dos diversos andares de um prédio. Os cabos usados, para este fim, são, normalmente, passados em dutos de telefonia que são utilizados para interconectar andares adjacentes. Se estes dutos não suportarem a passagem de novos cabos, devem ser instalados novos dutos que, conforme o caso, podem passar inclusive pela parte externa do prédio. Deve-se definir, então, o trajeto desses dutos. Independentemente da necessidade ou não de se instalar novos dutos, deve ser determinado o trajeto dos cabos e o seu comprimento. Nos sistemas de distribuição vertical, costuma-se empregar cabos de fibra óptica, que tem maior alcance quando comparados aos cabos de par trançado.

4.3.3.1.3 Projeto do Sistema de Cabeamento do Campus

O sistema de cabeamento de um campus é utilizado para conectar os quadros de distribuição de cada um dos seus prédios ao quadro de distribuição do campus. Tal conexão pode ser realizada, passando-se os cabos nos dutos de comunicação já existentes, que são, geralmente, utilizados pelos cabos de telefonia. Ou, se o índice de ocupação destes dutos for superior a 50%, novos dutos devem ser instalados, sendo o trajeto dos mesmos determinado em função dos outros dutos existentes. Independente de se utilizar dutos já instalados ou novos, deve-se determinar o trajeto dos cabos usados na interconexão dos quadros de distribuição, verificando-se se são respeitadas as limitações referentes ao comprimento máximo dos cabos, que, nesse caso, costumam ser de fibra óptica.

4.3.3.1.4 Documentação do Projeto

Como documentação do projeto, devem ser fornecidas a planta do campus e as plantas de todos andares de cada prédio, com informações de construção civil e da infra-estrutura da instalação elétrica que foram necessárias à realização de tal projeto e do sistema de distribuição de comunicação projetado. As informações do sistema de distribuição de comunicação incluem a representação de todos os seus componentes e do trajeto dos cabos interconectando quadros de distribuição e tomadas.

Além das plantas, podem ser fornecidos dois tipos de listas: a lista de compra e de instalação. O primeiro tipo de lista deve conter informações relativas ao tipo de componente, suas características básicas e quantidade, possivelmente valorizada com preços de referência, fornecendo subsídios para que se possa efetuar a compra de tais componentes. A lista de instalação contém informações complementares, que indicam a identificação e o local de instalação de cada componente.

4.3.3.2 Especificação da Configuração Física da Rede

Nesta etapa é especificada a configuração física da rede, que inclui a especificação das tecnologias e topologias das suas sub-redes e a seleção dos equipamentos, que podem ser empregados em cada caso, de modo que sejam atendidos os requisitos definidos anteriormente e as restrições tecnológicas, de custo e prazo estabelecidas junto à empresa (vide Figura 4.8).

4.3.3.2.1 Especificação das Tecnologias e Topologias das Sub-Redes

Como ponto de partida para a especificação das tecnologias e topologias das sub-redes, tem-se a topologia geral da rede, as características básicas e requisitos especificados para cada uma das suas sub-redes (vide Figura 4.8).

Como características básicas, são conhecidas a identificação e a configuração das estações que devem ser interconectadas através de cada grupo de trabalho e a identificação e configuração das estações, dos grupos de trabalho e redes *backbones* que devem ser ligados entre si através de cada rede *backbone*. Para fins de verificação das regras de projeto, é importante conhecer, também, a localização das estações em cada andar de cada prédio, o que pode ser feito associando a cada estação uma tomada de comunicação especificada no projeto de cabeamento estruturado.

Como requisitos relevantes a essa etapa do projeto, devem ser considerados as aplicações e parâmetros de qualidade de serviço especificados para cada sub-rede, além das restrições tecnológicas, de custo e preço, estabelecidas pela própria empresa.

Outras informações importantes estão relacionadas às opções tecnológicas e regras de projeto, que são determinantes na seleção das tecnologias de rede.

Como opções tecnológicas para redes locais, tem-se:

- **redes Ethernet:** implementam o método de acesso o CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) e operam em topologia de via sobre cabo coaxial grosso (10Base5), cabo coaxial fino (10Base2), par trançado (10BaseT) e fibra óptica (10BaseF) a uma taxa de transmissão de 10 Mbps e modulação em banda base, suportando, preferencialmente, o tráfego de dados;
- **redes Token Ring:** implementam o método de acesso baseado em passagem de *token* em anel e operam sobre par trançado blindado e não-blindado a taxas de transmissão, que podem variar entre 4 e 16 Mbps, com modulação em banda base, suportando, preferencialmente, o tráfego de dados;
- **redes Fast Ethernet:** utilizam o mesmo método de acesso que as redes Ethernet e operam sobre par trançado e fibra óptica a uma taxa de transmissão de 100 Mbps, suportando, preferencialmente, o tráfego de dados;

Figura 4.8 - Detalhamento da Etapa de Especificação da Configuração Física da Rede

- **redes FDDI (Fiber Distributed Data Interface):** implementam o método de acesso baseado em passagem de *token* e operam sobre fibra óptica a uma taxa de transmissão de 100 Mbps, suportando, preferencialmente, o tráfego de dados. Uma variante dessa tecnologia são as redes CDDI (Copper Distributed Data Interface), que operam sobre par trançado não-blindado. Tais

redes podem ser implementadas nas topologias em anel (simples ou duplo) e em árvore. No caso de anel duplo, apresentam alta confiabilidade devido à facilidade de reconfiguração;

- **redes 100VG-AnyLAN:** utilizam o método de acesso de demanda por prioridade e operam sobre par trançado e fibra óptica a uma taxa de transmissão de 100 Mbps, suportando tráfego de dados, voz e vídeo;
- **redes ATM (*Asynchronous Transfer Mode*):** operam com a técnica de comutação de células sobre par trançado e fibra óptica, a taxas de transmissão variando de 25 Mbps até ordem de Gbps, e suportam tráfego de dados, voz e vídeo.

No mercado, podem-se encontrar produtos que implementam variações destas tecnologias, conhecidas como Ethernet, Token Ring, Fast Ethernet e FDDI comutado. Neste caso, a banda de transmissão deixa de ser compartilhada e passa a ser dedicada a cada ponto de acesso. Maiores detalhes sobre tecnologias de rede podem ser obtidos no capítulo 2.

Uma das etapas mais importantes na definição da metodologia de projeto é a identificação das regras de projeto que ela deve garantir no resultado final.

Tais regras existem espalhadas em diversos trabalhos na literatura, em normas sobre elementos de rede e, principalmente, na experiência acumulada de projetistas de rede.

A compilação de regras existentes dessa forma esparsa na literatura, a seleção de itens de normas técnicas transformando-os em regras de projeto e a definição de regras oriundas do conhecimento e experiência acumulada de projetistas experientes possibilitam definir um conjunto consistente de regras de projeto que deve funcionar como o principal agente de validação dos projetos desenvolvidos a partir da metodologia proposta.

Estas regras de projeto e os seus respectivos algoritmos de aplicação são utilizados, por ferramentas de projeto, para garantir a consistência e validar os projetos produzidos, e são apresentadas de forma resumida a seguir e detalhadas no capítulo 5, que trata das ferramentas de suporte a essa metodologia.

As regras de projeto estão agrupadas em dois conjuntos, constituídos, respectivamente, de regras de caráter geral e de regras tecnológicas. Como regras de projeto de caráter geral, tem-se:

- Em uma rede organizada segundo uma estrutura hierárquica, qualquer componente de rede (estação, *workgroup* e rede *backbone*) do nível i pode estar conectado no máximo a um componente do nível superior $i + 1$ [AHUJA85]. As sub-redes de um dado nível devem ser, no mínimo, tão rápidas quanto as sub-redes de um nível inferior, devendo as redes *backbones* ser de uma tecnologia que ofereça maior banda do que suas sub-redes de acesso [SPOHN93 - 593 e 620].
- Em uma rede hierárquica, pode existir, no máximo, uma conexão ativa por vez entre dois quaisquer equipamentos de rede (e.g. *hubs*, pontes ou roteadores)[HP95].

- Toda rede deve ser dimensionada para acomodar picos de tráfego típicos dos horários de maior utilização da rede (*busy hours*) [SPOHN93].
- Não devem ser empregados equipamentos mais complexos do que o necessário. Por exemplo, não se deve utilizar uma ponte, quando um repetidor é suficiente [SPOHN93].
- Uma ponte deve ser utilizada para interconectar duas redes locais de tecnologias diferentes, podendo ser utilizada para interconectar duas redes locais de mesmas tecnologias, quando se deseja isolar o tráfego das sub-redes interconectadas através desta ponte.
- Um roteador deve ser empregado para conectar uma rede local e uma rede de longa distância, podendo ser, eventualmente, empregado para conectar duas redes locais.
- As tecnologias FDDI e ATM, devido às suas taxas de transmissão e custos elevados, são mais adequadas a redes *backbones*, devendo ser utilizadas em *workgroups* apenas nos casos de aplicações especiais (e.g., CAD/CAM) que requeiram uma larga banda de transmissão.
- Quanto maior o porte de uma rede maior a necessidade de sistemas de gerenciamento.
- Deve ser evitada a utilização de tecnologias de rede não padronizadas.
- A solução de um projeto deve ser, sempre, a de menor custo, que atenda aos requisitos de projeto.

Além das regras de caráter geral, regras específicas a cada tecnologia de rede devem ser aplicadas (vide capítulo 2) a fim de se verificar a viabilidade de empregar uma tecnologia para uma dada sub-rede. A maioria das regras tecnológicas referem-se a restrições das categorias de aplicação (dados, voz ou vídeo) suportadas, tipos de meio físico de transmissão (cabo UTP, STP, de fibra óptica ou coaxial) que podem ser empregados, número máximo de estações e distância máxima que pode ser mantida entre tais estações ou de tais estações aos equipamentos de rede (*hubs*). Para verificar se tais restrições de distância são satisfeitas, deve-se conhecer a posição das estações e dos equipamentos de rede.

Analisando, então, as características de cada uma das tecnologias de rede e todas as informações coletadas para as sub-redes do sistema a ser projetado, nas fases anteriores e no próprio projeto de cabeamento estruturado, e aplicando as mencionadas regras de projeto é possível determinar as alternativas tecnológicas disponíveis para as mesmas.

Tal avaliação tecnológica pode ter, como resultado, várias opções. Se este for o caso, deve-se empregar como fatores seletivos o custo, a maturidade da tecnologia e a disponibilidade de produtos no mercado.

Como resultado final, obtém-se a definição da tecnologia que deve ser empregada em cada sub-rede. Na maioria dos casos, esta implica na especificação da sua topologia. Faz-se exceção à tecnologia FDDI, que suporta as topologias em anel e em árvore. Cabe ao projetista, analisando a distribuição física dos pontos a serem conectados, as distâncias envolvidas, os requisitos de desempenho, disponibilidade e custo, decidir por uma ou outra topologia.

Uma vez definida a tecnologia das sub-redes é possível especificar, também, as funções dos elementos usados na interconexão das mesmas. Em princípio, se as duas redes forem de mesma tecnologia pode-se empregar um repetidor para interconectá-las ou uma ponte, caso seja necessário isolar o tráfego entre as mesmas. Se as tecnologias dessas redes forem diferentes entre si, pode-se utilizar uma ponte para ligá-las ou um roteador, caso se deseje ter implementados mecanismos de roteamento neste elemento de interconexão.

Conhecendo-se as tecnologias e topologias de cada sub-rede e a função básica dos elementos de interconexão, o próximo passo consiste na seleção de equipamentos.

4.3.3.2.2 Seleção dos Equipamentos de Rede

Para realizar a seleção dos equipamentos é necessário conhecer a topologia geral da rede, a tecnologia, a topologia, a configuração básica e os requisitos especificados para cada uma das suas sub-redes e os tipos de elementos (repetidor, ponte ou roteador) usados na interconexão das mesmas (vide Figura 4.8). Como configuração básica das sub-redes, entende-se o seu número total de pontos, usados na conexão de estações, grupos de trabalho e redes *backbones*, as características básicas e função (servidora ou cliente) das estações e o tipo de enlace com a rede *backbone*. Os requisitos mais relevantes, por sua vez, estão, normalmente, relacionados à arquitetura de comunicação, infra-estrutura de gerenciamento (arquitetura de gerenciamento suportada, tipo de MIB, modo de gerenciamento: *in-band* e *out-of-band*), confiabilidade (e.g., MTBF, mecanismos de recuperação de erros), disponibilidade (e.g., MTTR, dualidade das fontes, mecanismos de *hot-swapping*) e expansibilidade (e.g., número de portas suportadas) dos equipamentos.

De posse dessas informações, deve-se proceder com a seleção dos equipamentos usados para implementar as diversas sub-redes e elementos de interconexão. O primeiro passo neste sentido é selecionar a classe de equipamentos que deve ser empregada.

Existem duas classes básicas de equipamentos:

- **equipamentos de mesa:** correspondem, de maneira geral, a equipamentos de porte menor quando comparados aos equipamentos de chassi e, também, com recursos mais restritos de contingência, menor escalabilidade e, conseqüentemente, menor preço. Nem todos equipamentos dessa classe são gerenciáveis.

Nesta classe de equipamentos, incluem-se os repetidores, as pontes, os roteadores e os *hubs*. No caso específico dos *hubs*, podem-se identificar, ainda, duas subclasses de equipamentos:

- ♦ ***hubs* empilháveis:** tais *hubs* podem ser empilhados e conectados, entre si, através de um cabo, que exerce a função de extensor da via interna dos *hubs* interconectados. O conjunto de *hubs*, empilhados dessa maneira, comporta-se como um único *hub* e todas as estações a eles

conectados competem por um único meio de transmissão. Tal classe de *hub* é encontrada, apenas, para as tecnologias Ethernet e Token Ring.

- ♦ **hubs não-empilháveis:** correspondem a *hubs*, que podem até ser empilhados, mas não são conectados através de um simples cabo extensor. São utilizados módulos internos ou equipamentos externos com a função de repetidor, ponte e, eventualmente, roteador para conectá-los.

Tais *hubs* podem possuir portas com mais de uma tecnologia. No caso dos *hubs* de múltiplas tecnologias, em geral, existe um número maior de portas que suporta uma tecnologia menos poderosa, que opera a uma taxa de transmissão menor, enquanto as portas restantes implementam um outro tipo de tecnologia mais rápida. Essas portas mais rápidas são, usualmente, empregadas na conexão com estações servidoras e/ou no enlace com a rede *backbone*.

Esses *hubs* podem, ainda, operar no modo compartilhado ou comutado (vide capítulo 2).

- **equipamentos de chassis:** são, normalmente, equipamentos de porte maior que suportam tecnologias mais rápidas, possuem recursos diversos que aumentam a sua disponibilidade (e.g., fontes de alimentação duais, *load sharing* e *hot swapping*, entre outros), são gerenciáveis, com o módulo de gerenciamento embutido ou opcional, apresentam alta escalabilidade tanto em relação ao número de acesso como ao tipo de tecnologia que pode ser empregada e, por fim, têm custos bem mais elevados.

Os *hubs* dessa classe podem suportar uma única tecnologia ou ser de propósito geral. No primeiro caso, tais *hubs*, em geral, implementam uma tecnologia com alta taxa de transmissão (e.g. FDDI ou ATM), exercendo a função de um anel colapsado (i.e., um anel contido no próprio *hub*) e/ou um concentrador FDDI ou de uma matriz de comutação ATM. Os *hubs* de propósito geral, por sua vez, suportam módulos com tecnologias diversas de redes locais, desde Ethernet até ATM, módulos com a função de ponte e módulos WAN que permitem a interconexão de redes locais remotas ou de redes locais a redes de longa distância.

A escolha da classe de equipamento adequada a uma dada sub-rede ou elemento de interconexão ou a um conjunto de sub-redes depende da análise das informações coletadas, dos requisitos do projeto e das restrições de custo e prazo. Contudo, como regra geral, empregam-se os *hubs* de mesa para implementar os grupos de trabalho e os *hubs* de chassis para as redes *backbones*.

No caso dos grupos de trabalho, pode-se optar, por exemplo, por um *hub* empilhável ou não-empilhável de múltiplas tecnologias. Os *hubs* empilháveis oferecem uma solução de menor custo, mas têm como desvantagem que todas estações (servidoras ou clientes) são conectadas ao mesmo tipo de porta, não sendo, portanto, a opção mais adequada para uma rede que opera segundo o modelo cliente-servidor. Os *hubs* não-empilháveis de múltiplas tecnologias atendem às necessidades deste tipo de ambiente,

possibilitando conectar as estações servidoras às portas mais rápidas. Se, por outro lado, tais grupos de trabalho operarem com aplicações especiais (e.g., processamento em tempo real, processamento de imagens, CAD/CAM e outros), pode-se optar, ainda, pela utilização de um *hub* de chassi de tecnologia única, FDDI ou ATM.

As redes *backbones*, por sua vez, podem ser utilizadas para conectar grupos de trabalho ou outras redes *backbones*. No primeiro caso, pode-se optar por empregar um *hub* de mesa, que, preferencialmente, opere a uma taxa de transmissão superior a de seus grupos de trabalho, ou um *hub* de chassi. No segundo caso, que pode corresponder, por exemplo, a uma rede *backbone* predial, costuma-se empregar um *hub* de chassi.

Em relação aos elementos de interconexão, na maioria das vezes, a sua função é implementada por um módulo interno de um *hub* de mesa ou por um módulo de um *hub* de chassi usado para implementar uma das sub-redes à qual está conectado. Como exemplo, pode-se citar o caso em que é empregado um *hub* não-empilhável de múltiplas tecnologias, que possui várias portas Ethernet (10BaseT ou 10BaseF) e uma ou mais portas FDDI, para implementar um grupo de trabalho. As estações do grupo de trabalho são conectadas às portas Ethernet e utiliza-se uma porta FDDI no seu enlace com a rede *backbone*. Em outras vezes, em que não se dispõe de módulos dos próprios *hubs* com a função de interconexão (repetidor, ponte ou roteador), pode-se utilizar um equipamento de mesa para implementar o respectivo elemento de interconexão.

Uma vez definida a classe de equipamentos a ser empregada, deve-se proceder com a seleção do equipamento propriamente dito. Para uma mesma classe e tecnologia de equipamento existem várias opções de equipamentos com características bem peculiares que variam de um fornecedor para o outro. Estas características correspondem, em geral, ao diferencial competitivo de um produto para o outro e vão ser importantes à medida que atendam a determinados requisitos especificados para o projeto. Um exemplo típico seria a existência de fontes duais nos equipamentos, a maioria dos *hubs* de mesa do mercado não oferece este recurso, e, algumas vezes, nem os *hubs* de chassi. Se este for um requisito de projeto, certamente o conjunto de *hubs* que podem ser empregados se torna bem mais restrito. Ou seja, o processo de seleção do equipamento depende de uma análise dos requisitos de projeto e, naturalmente, restrições de custo e prazo. Em determinados casos, pode-se chegar a um conjunto vazio de equipamentos, o que obriga que algum ou alguns requisitos sejam reexaminados.

Feita a seleção, deve-se dimensionar, ainda, os equipamentos selecionados. No caso dos *hubs* empilháveis, os fornecedores oferecem, geralmente, para uma mesma linha de produtos, vários modelos que se diferenciam, apenas, pelo seu número de portas, podendo *hubs* desses diversos modelos ser interconectados. Cabe ao projetista, então, determinar a melhor combinação de tais modelos de modo a otimizar o número total de portas gastas em função do número de portas necessárias e do custo. Avaliação semelhante deve ser realizada para os *hubs* não-empilháveis. No caso dos *hubs* de chassi,

deve-se otimizar o número de módulos e de portas desses módulos, uma vez que costumam, também, existir vários modelos de módulos com o mesmo tipo de tecnologia para um mesmo modelo de *hub*.

Apenas terminado o dimensionamento dos equipamentos, principalmente no caso dos *hubs* de chassi, é que o projetista vai ter uma idéia precisa do seu custo total, que pode atender ou não às restrições orçamentárias do projeto. Isto pode levar o projetista, a selecionar um outro equipamento ou uma outra classe de equipamentos ou até mesmo a rever algum requisito de projeto.

Ao final, o projetista pode ter várias opções de solução de projeto com custos e características diferenciadas que podem ser discutidas e avaliadas junto com a própria empresa. Usualmente, opta-se pela solução de menor custo.

4.3.3.2.3 Documentação do Projeto

Como documentação desta fase do projeto de rede, deve ser fornecido um desenho esquemático da topologia geral da rede e de cada uma das suas sub-redes, acompanhado da especificação detalhada de cada um de seus componentes e de listas de compra e de instalação semelhantes àquelas geradas no caso do projeto de cabeamento estruturado da rede.

4.4 Exemplo Ilustrativo

O exemplo a seguir ilustra a aplicação desta metodologia para um projeto de redes elaborado pelo LARC/EPUSP. Tal projeto tinha, como objetivo, interconectar um campus com 17 prédios, com funções e tamanhos variados. Para todos esses prédios foi elaborado o projeto da sua infra-estrutura de cabeamento e, apenas, para 11 deles o projeto de rede propriamente dito, além do projeto da rede *backbone* do campus usada para conectar as redes prediais entre si.

A Tabela 4.4 relaciona o número de andares, de pontos ativos (correspondem àqueles aos quais está, efetivamente, conectada uma estação) e não ativos, de grupos de trabalho e redes *backbones* para cada um dos prédios. Como se pode constatar a partir dessa tabela, nem todos os prédios foram conectados, diretamente, à rede *backbone* do campus. Em alguns prédios, em que o número de pontos era pequeno e a distância permitia, os seus grupos de trabalho ou redes *backbones* foram conectados à rede *backbone* de um prédio próximo (vide Figura 4.9).

Identificação	Função	No. Andares	No. Total de Pontos	No. Pontos Ativos	No. Grupos Trabalho	No. Redes Backbones
Prédio A	Escritório	1	77	34	2	1
Prédio A.1	Almoxarifado	1	3	0	0	Prédio A
Prédio A.2	Escritório	1	9	0	0	Prédio A
Prédio A.3	Escritório	1	8	0	0	Prédio A
Prédio A.4	Guarda	1	10	0	0	Prédio A
Prédio B	CPD	1	98	45	3	1
Prédio C	Escr/Labo	3	307	157	9	4
Prédio C.1	Oficina	1	26	0	0	Prédio B
Prédio D	Escritório	2	183	183	10	3
Prédio E	Escritório	2	54	23	2	1
Prédio E.1	Escritório	3	35	18	3	1 + Prédio E
Prédio E.2	Escritório	1	22	12	1	Prédio E
Prédio E.3	Oficina	1	53	30	2	1 + Prédio E
Prédio F	Escritório	2	182	92	6	3
Prédio F.1	Escritório	1	47	22	2	1 + Prédio F
Prédio F.2	Laboratório	1	17	4	1	Prédio F
Prédio G	Escritório	2	140	74	5	3
Totais		25	1271	694	46	17

Tabela 4.4 - Relação dos Prédios e suas Características Básicas

Legenda:

FDDI - Fiber Distributed Data Interface

Figura 4.9 - Desenho Esquemático da Topologia Geral da Rede Projetada

Através dessa tabela, pode-se observar, também, que, na grande maioria dos prédios, funcionavam escritórios, não existindo em nenhum deles ambientes com nível significativo de ruído e interferência eletromagnética. Alguns prédios e, algumas vezes, algumas salas de prédio já possuíam toda a infraestrutura de distribuição de cabeamento pronta baseado no sistema sob piso.

Em relação à infra-estrutura computacional, a grande maioria das estações eram PC-compatíveis, existindo algumas estações RISC. O número total de estações em cada prédio correspondia ao número de pontos ativos relacionados na Tabela 4.4, devendo ser previsto um crescimento de 10% no dimensionamento dos equipamentos de rede a serem instalados. Os servidores corporativos deveriam ficar todos concentrados em um único prédio (prédio B). A mobilidade de tais estações era muito grande.

As ferramentas básicas utilizadas eram de automação de escritório e desenvolvimento de software sobre as plataformas DOS e UNIX, devendo o acesso a essas duas plataformas ser realizado, de modo transparente, através de uma interface padronizada única. As aplicações de rede a serem suportadas seriam correio eletrônico e transferência de arquivos. A médio prazo não existia nenhum plano de implantação de serviços de multimídia ou qualquer outro tipo de serviço, que requisesse uma infraestrutura de comunicação baseada na integração de dados, voz e vídeo.

Três pontos foram levantados como fundamentais para a organização: a adoção de soluções abertas, a gerenciabilidade das redes e a implementação de serviços de segurança.

O ciclo de vida da solução proposta, tanto no que diz respeito à infra-estrutura de cabeamento como dos equipamentos, deveria ser o maior possível. Deveriam ser selecionados equipamentos para a rede *backbone* do campus, que previssem a incorporação de tecnologias emergentes como o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).

Como solução, foi proposto, em primeiro lugar, um sistema de cabeamento estruturado, que vinha de encontro a dois requisitos: o de mobilidade das estações e de ciclo de vida, já que um sistema deste tipo tem uma durabilidade média estimada entre 7 a 10 anos. Para a grande maioria dos prédios foi projetado um sistema de distribuição horizontal moldável, fazendo-se exceção aos casos em que já havia instalado um sistema de distribuição sob piso. Todo o sistema de cabeamento horizontal e vertical dos prédios era baseado em cabo UTP - Categoria 5, que suportava as aplicações previstas e permitia, no futuro, a incorporação de tecnologias mais rápidas. A rede *backbone* do campus era baseada em fibra óptica, tendo em vista as distâncias envolvidas e a possibilidade de migração futura para a tecnologia ATM.

Em relação às diversas redes locais do prédio, todos os grupos de trabalho eram constituídos de um número restrito de estações (número máximo igual a 20). Tais grupos correspondiam a grupos de projeto distintos que queriam sigilo das informações transferidas nas suas redes, devendo-se garantir, portanto, que o tráfego das mesmas fosse isolado entre si através da utilização de pontes na sua interconexão. Nos prédios C, D, F e G, os grupos de trabalho de cada andar eram interconectados através de uma rede *backbone* do andar, que era, por sua vez, interligada à rede *backbone* predial. No caso dos prédios E.1,

E.3 e F.1, os grupos de trabalho eram ligados, diretamente, à rede *backbone* do prédio; em outros casos, prédios E.2 e F.2, tais grupos de trabalhos eram conectados às redes *backbones* dos prédios E e F, respectivamente.

Os grupos de trabalho eram implementados através de *hubs* empilháveis 10BaseT gerenciáveis. Outras opções disponíveis na época eram as redes Ethernet (10Base5), Cheapernet (10Base2) e Token Ring. As duas primeiras redes foram descartadas por não suportarem o gerenciamento individual de cada estação; a rede Token Ring por apresentar um custo mais elevado. Além dos aspectos de gerenciabilidade e custo, tal tecnologia atendia aos requisitos de demanda de tráfego e desempenho das aplicações a serem suportadas e ao requisito de ser uma tecnologia padronizada e aberta.

Para a rede *backbone* do campus, não existia, na época, outra opção tecnológica diferente da tecnologia FDDI. As redes Ethernet e Token Ring não suportavam as distâncias que deveriam ser alcançadas pela rede. As redes DQDB (*Distributed Queue Dual Bus*) tinham um custo proibitivo e não eram consideradas padrão de mercado. E, ainda, não se dispunha de produtos de rede ATM no mercado.

A solução do projeto foi desenvolvida para equipamentos de três fornecedores do mercado. Os equipamentos da rede *backbone* do campus foram selecionados de modo a se garantir a incorporação futura da tecnologia ATM. A seleção final dos equipamentos ficou a cargo da organização contratante, que elaborou um edital para este fim, baseado na especificação que foi obtida como resultado do projeto.

4.5 Avaliação da Metodologia Proposta

A metodologia aqui proposta tem sido aplicada em diversos outros projetos de portes e escopos diferentes do projeto descrito. De modo geral, os projetos desenvolvidos envolvem andares de um prédio e, mais raramente, prédios inteiros ou mesmo campus. Em alguns casos, a empresa só deseja o projeto de cabeamento estruturado, em outros apenas o projeto da rede propriamente dita, partindo de uma infraestrutura de cabeamento já existente. Nas diversas situações, tal metodologia tem-se mostrado adequada, embora tenha sofrido ajustes à medida que novos projetos vão sendo realizados e novos tipos de soluções vão surgindo, como consequência natural da própria evolução tecnológica na área de informática.

Essa metodologia pode ser avaliada segundo os critérios de WALFORD [WALFORD90], que define uma metodologia como sendo um procedimento usado para transformar uma entidade em outra e que só pode ser considerada efetiva se satisfizer aos seguintes requisitos:

- **especificação explícita:** deve consistir de um conjunto de operações e atividades definido de maneira não ambígua;
- **atividades definíveis:** deve ser possível definir cada uma das atividades que constituem essa metodologia e não, apenas, descrever os resultados obtidos da sua execução;

- **transformação completa:** a aplicação da metodologia por si só deve garantir a obtenção dos resultados esperados, sem ser necessário que atividades adicionais sejam realizadas;
- **ações implementáveis:** todas atividades propostas dentro do escopo desta metodologia tem que ser executadas dentro de restrições de prazo e recursos impostas pelo próprio projeto.

Em relação ao primeiro requisito, pode-se dizer que a metodologia proposta foi especificada segundo um conjunto de fases. Cada uma dessas fases foi descrita através de um conjunto de atividades que podem, dependendo do caso, ser executadas concomitantemente ou seqüencialmente. Cada uma dessas atividades, por sua vez, foi definida de maneira não-ambígua, especificando-se as suas entradas, as transformações realizadas sobre as mesmas e as suas saídas, o que vem já atender ao segundo requisito. A Figura 4.10 apresenta um esquema geral desta metodologia e identificação dos itens deste capítulo, onde são descritas as atividades correspondentes. Todas as fases, se executadas segundo a metodologia proposta, abrangem todas atividades necessárias para a obtenção do projeto físico de uma rede corporativa, seja ela do âmbito de um campus, de um prédio ou de apenas alguns andares de prédio, o que garante que o terceiro requisito seja satisfeito. Por último, a sua implementabilidade pôde ser comprovada pelos resultados obtidos em projetos já realizados.

Como decorrência da experiência de desenvolvimento de projetos de redes locais e dessa metodologia, foi possível constatar o grau de complexidade envolvido em projetos desta natureza que tende a aumentar à medida que surgem novas tecnologias e que cresce o número de opções de produtos oferecidos no mercado. Com o objetivo de facilitar a tarefa de projetar redes, torná-la mais eficiente e mais imune a erros, considerou-se, portanto, importante poder contar com ferramentas de auxílio ao projeto. Dentro deste escopo, é apresentado no capítulo, que se segue, a especificação de duas ferramentas que objetivam dar suporte ao desenvolvimento da fase de projeto físico descrita anteriormente.

Figura 4. 10 - Esquema da Metodologia Proposta e Identificação dos Itens de Descrição das Suas Fases

CAPÍTULO 5

FERRAMENTAS DE PROJETO DE REDES LOCAIS

Capítulo 5 - Ferramentas de Projeto de Redes Locais

5.1 Introdução

O projeto de redes para ambientes corporativos pode envolver desde redes locais a serem instaladas em um prédio até redes locais instaladas em vários prédios que devem ser conectadas entre si. Durante o desenvolvimento de projetos desta natureza, percebe-se a necessidade de se ter o suporte de algumas ferramentas de auxílio, que permitam aumentar a produtividade do projetista e a precisão e a qualidade do projeto propriamente dito.

Dentro deste escopo, foi identificada a necessidade de se desenvolverem duas ferramentas para auxiliar o projetista no projeto físico de redes locais, que podem englobar desde um andar de um prédio até vários prédios de um campus.

A primeira ferramenta, denominada ferramenta de cabeamento estruturado, permite ao projetista desenvolver o projeto da infra-estrutura de cabeamento de um prédio e da rede *backbone* de um campus. Tal infra-estrutura de cabeamento deve basear-se no conceito de sistema de cabeamento estruturado, apresentado no capítulo 3, e engloba, no caso de um prédio, o sistema de distribuição horizontal de cada um de seus andares e o sistema vertical, que implementa a rede *backbone* do prédio, interconectando tais sistemas horizontais; e, no caso do campus, a rede *backbone* usada para interligar as redes *backbones* dos diversos prédios existentes no campus considerado.

A segunda ferramenta, denominada ferramenta de seleção de equipamentos, implementa um “*driver*” da metodologia de projeto apresentada no capítulo 4, permitindo que o projetista desenvolva o projeto de redes locais de maneira sistemática, começando pela definição dos diversos grupos de trabalho (grupo de trabalhos) e redes *backbones*, que constituem tais redes, e chegando até a especificação dos equipamentos que devem ser empregados em cada caso. Para tanto, esta ferramenta deve contar com as informações geradas pela primeira ferramenta e com uma base de dados dos equipamentos disponíveis no mercado, que possa ser atualizada constantemente e oferecer subsídios à escolha dos equipamentos mais adequados para cada projeto.

A apresentação de cada uma dessas ferramentas é realizada, no decorrer deste capítulo, em duas partes. Na primeira parte, tem-se uma descrição geral da ferramenta, dando-se ênfase à interação com o projetista. Dentro deste escopo, são descritas as suas funcionalidades básicas, os seus comandos, o procedimento de utilização da ferramenta e os resultados gerados pela mesma. Na segunda parte, são enfocados os aspectos de implementação. Neste sentido, em primeiro lugar, são relacionadas todas as

regras de projeto e quais as ações realizadas pela ferramenta de modo a aplicá-las. Segue-se, então, a apresentação geral dos algoritmos que devem ser executados e do esboço da estrutura da base de dados, que deve dar suporte à sua implementação.

5.2 Ferramenta de Cabeamento Estruturado

O projeto da infra-estrutura de cabeamento de um prédio ou de um *campus* deve tomar por base:

- **características dos prédios e do campus:** incluem as próprias plantas, as funcionalidades associadas a cada prédio de um campus ou a cada área de um andar de um prédio, o posicionamento das facilidades elétricas, o posicionamento de dutos já existentes que possam ser compartilhados para passagem de cabos, entre outros. Tais características impõem restrições às decisões de projeto. No caso de um prédio, por exemplo, é importante conhecer o posicionamento de vãos de elevadores, escadas, centrais de ar condicionado e aquecimento e unidades geradoras de energia elétrica, que correspondem a áreas proibitivas para passagem de dutos e cabos.
- **requisitos de projeto:** definem as categorias de aplicações (dados, voz e vídeo) a que se destina a rede, os tipos de cabos e componentes de distribuição a serem empregados, o número e a densidade de pontos, número de acessos por tomada e o nível de expansibilidade ou margem de reserva desejada. Tais requisitos correspondem a parâmetros de projeto, que a ferramenta toma como base para verificar decisões de projeto tomadas pelo próprio projetista e por si própria. Como exemplo, pode-se citar o parâmetro de nível de expansibilidade, que é usado pela ferramenta para determinar a quantidade total de componentes de distribuição empregados no projeto.
- **regras de projeto:** existem algumas regras de projeto que são determinadas pelas padronizações [EIA/TIA568] [EIA/TIA569] [ISO11801], que definem, por exemplo, a localização adequada de quadros de distribuição, a distância máxima a ser mantida entre cada tomada e o quadro de distribuição correspondente, a distância mínima entre as tomadas de comunicação e as tomadas elétricas, a densidade mínima de tomadas, o posicionamento adequado dos dutos e os tipos de componentes de distribuição que podem ser empregados, entre outros. No caso de um campus, devem ser consideradas restrições relativas às distâncias máximas a serem mantidas entre os quadros de distribuição predial e o quadro do campus, *manholes* adjacentes e entre os dutos e fronteiras dos prédios. Essas regras norteiam as ações do projetista e da ferramenta (vide item 5.2.2.1).
- **componentes de hardware disponíveis:** incluem os componentes de distribuição disponíveis no mercado, tais como dutos, conduites, canaletas, tomadas de comunicação, *patch panels*, distribuidores ópticos entre outros.

A Figura 5.1 ilustra as principais entradas e saídas da ferramenta de projeto de cabeamento estruturado, considerando os sistemas de distribuição horizontal e vertical a serem projetados para um prédio e o sistema de distribuição de um campus.

Figura 5.1 - Ferramenta de Projeto de Cabeamento Estruturado

Analisando as entradas dessa ferramenta, pode-se constatar que ela opera sobre uma base de conhecimento própria, que inclui as regras de projeto de sistemas de cabeamento estruturado e as características de componentes de distribuição e outra base fornecida pelo próprio projetista. As informações fornecidas pelo projetista são de duas naturezas distintas: a primeira engloba as características do prédio ou do campus e os requisitos de projeto e a segunda refere-se às decisões de projeto. Ou seja, em primeiro lugar, o projetista precisa conhecer as características das instalações civis, elétricas e de comunicação, realizando para este fim vistorias minuciosas no campus e/ou nos prédios considerados, e os requisitos que devem ser atendidos pelo sistema a ser projetado. Tais informações são fornecidas ao sistema através da especificação das plantas civis, elétricas e de comunicação e de parâmetros de projeto. A partir do conhecimento acumulado através dessas informações, são verificadas as decisões tomadas pelo projetista ou determinadas as decisões tomadas pela própria ferramenta.

Os resultados do projeto efetuado podem, então, ser obtidos sob a forma de plantas do campus e/ou dos diversos andares do prédio objetos do projeto, contendo o posicionamento dos diversos componentes do seu sistema de cabeamento e listas dos tipos e quantidades desses componentes para fins de compra e

instalação.

Nos itens que se seguem, é apresentado o modo de interação do projetista com esta ferramenta, através de uma descrição sucinta dos seus comandos e do procedimento de sua utilização, e como são fornecidos os resultados do projeto executado.

5.2.1 Descrição Geral da Ferramenta

De maneira resumida, pode-se afirmar que a ferramenta de projeto de sistema de cabeamento estruturado deve possibilitar:

- a representação de todas características relevantes de um campus ou de um prédio, no que diz respeito à construção civil (i.e., plantas), instalação elétrica e infra-estrutura de telefonia;
- a entrada de informações relativas aos requisitos de projeto;
- edição (entrada e modificação) de informações correlacionadas tanto às características do prédio, como também a parâmetros e decisões de projeto;
- a verificação e crítica de decisões de projeto, tomando por base um conjunto de regras definidas por padrões internacionais, os requisitos de projeto e os tipos de componentes de distribuição disponíveis;
- armazenamento das informações, fornecidas pelo projetista, referentes tanto às características do prédio ou campus como ao projeto propriamente dito;
- a apresentação dos resultados do projeto sob a forma de desenhos esquemáticos (e.g., plantas com representação do sistema de cabeamento projetado) e de tabelas, que permitem conhecer a lista de componentes de *hardware* utilizados no projeto.

Tendo em vista tais funcionalidades, foram especificados os comandos desta ferramenta, a ação decorrente de sua ativação e a representação dos resultados correspondentes, cuja descrição sucinta é apresentada a seguir. A especificação detalhada dessa ferramenta pode ser encontrada em [CARVALHO95a].

5.2.1.1 Apresentação dos Comandos

A interação com o projetista é realizada através de uma interface gráfica, composta de diversas áreas referentes a:

- **título do programa e nome do arquivo aberto;**
- **uma barra de menu;**

- **quatro barras de ferramentas para desenhos:** a primeira implementa recursos de propósito geral utilizados pelos diversos tipos de desenho (e.g., rotação, alinhamento e agrupamento de objetos de desenho); a segunda permite representar os componentes de construção civil (e.g., paredes, divisórias, portas e janelas); a terceira é empregada na representação de componentes elétricos de uma construção (e.g., tomadas elétricas, pontos de luz, eletrodutos e quadros de distribuição elétrica); e a última na representação de componentes de distribuição (quadros de distribuição telefônica e de comunicação, tomadas de comunicação, dutos, caixas de junção, entre outros);
- **a área de trabalho:** onde é apresentado um desenho referente ao projeto de cabeamento que está sendo realizado;
- **uma barra de status:** é apresentada na parte inferior da tela, contendo informações de caráter geral, tal como a identificação do andar mostrado na tela, coordenadas x e y do cursor, dimensões do objeto de desenho selecionado (comprimento x largura) e mensagens de erro relativas a alguma operação inconsistente realizada pelo projetista.

5.2.1.1 Barra de Menu

A barra de menu é constituída dos menus relacionados na Figura 5.2, cujas funcionalidades básicas são descritas a seguir:

- **Arquivo:** inclui operações como criar, abrir, fechar e salvar o arquivo, que contém o projeto de cabeamento estruturado de um campus ou de um prédio, além de operações de impressão das plantas e listas de componentes ou de instalação do projeto armazenado neste arquivo e de retorno do controle ao sistema que ativou tal ferramenta.
- **Edita:** oferece recursos que possibilitam selecionar, remover, cortar, copiar, colar e replicar objetos de desenho civil, elétrico e de comunicação bem como alterar parâmetros de projeto de um campus, de um prédio ou do andar corrente de um prédio, e, ainda, remover o projeto de um andar específico de um prédio.
- **Visualiza:** permite selecionar um andar, cuja planta deve ser representada na tela; solicitar a apresentação do desenho esquemático do perfil de um prédio; ativar e desativar a apresentação de componentes de uma planta civil, de instalação elétrica e de comunicação; selecionar os tipos de componentes, cuja identificação deve ser mostrada na tela; ativar e desativar a apresentação das barras de ferramentas e de recursos de auxílio ao projeto (e.g., bloco, régua e grade); e aumentar ou reduzir a escala de desenho mostrado na tela (*zoom in* e *zoom out*).

Arquivo	Edita	Visualiza	Inserir	Formata	Projeta	Desenho	Opções	Ajuda
Novo	Desfaz	Andar	Andar	Fonte	Parâmetros de Projeto	Marca Ponto	Ajusta Escala	Índice
Abre	Corta	Prédio	Sala	Estilo	Verifica Projeto	Retira Ponto	Fator de Zoom	Sobre
Fecha	Copia	Desenho		Objeto de Desenho	Calcula Componentes	Texto	Modo de Operação	
Salva	Cola	Identificação		Objeto de Desenho Civil	Calcula Custo	Traz para Frente	Modo de Verificação	
Salva Como	Replica	Barras de Ferramentas		Objeto de Desenho Elétrico	Revê Cálculos	Envia para Trás	Seleciona Trecho	
Visualiza Impressão	Remove	Bloco		Objeto de Desenho de Comunicação	Lista de Componentes	Agrupar		
Configura Impressão	Seleciona Tudo	Régua				Desagrupar		
Imprime Plantas	Altera Andar	Grade				Rebate Horizontal		
Imprime Lista	Altera Prédio	Zoom In				Rebate Vertical		
Sai	Altera Campus	Zoom Out				Gira Direita		
	Remove Andar					Gira Esquerda		
						Ajusta à Grade		
						Alinha		

Figura 5.2 - Menus da Barra de Menu da Ferramenta de Projeto de Cabeamento Estruturado

- **Inserir:** no caso do projeto de cabeamento de um prédio, permite inserir um novo andar e especificar parâmetros de projeto específicos a este andar, definir salas dentro de cada andar e especificar parâmetros, também, específicos a tais salas.

Em relação aos parâmetros de projeto de um andar de prédio, é possível especificar as características gerais do andar (e.g., identificação, posição em relação aos outros andares do prédio, material de construção e pé-direito), o tipo de sistema de distribuição horizontal a ser empregado (sob piso, teto falso ou moldável) e os parâmetros de projeto correspondentes (vide Tabela 5.1)

Em relação aos parâmetros de projeto de uma sala de um andar de prédio, é possível especificar as características gerais da sala (e.g., sua identificação e função), o tipo de sistema de distribuição horizontal a ser empregado (sob piso, teto falso ou moldável) e os parâmetros de projeto correspondentes (vide Tabela 5.1). Esta opção de especificar parâmetros específicos para uma sala decorre da possibilidade de existirem salas com características particulares e requisitos de projeto diferenciados (e.g., salas de CPD ou de treinamento) em um andar de um prédio.

Tipos de Parâmetros	Parâmetros de Projeto	Comando
Sistema de Cabeamento de um Campus	<ul style="list-style-type: none"> • categorias de aplicação (dados, voz e vídeo). • tipo de cabo do sistema do campus por categoria de aplicação. • nível de concentração predial (número de conexões verticais por número de acessos à rede <i>backbone</i> do campus). • tipo de identificação dos componentes de distribuição (definida pelo projetista ou automática). • índice máximo de ocupação dos dutos. • margem de reserva. 	Projeta
Sistema de Cabeamento de um Prédio	<ul style="list-style-type: none"> • categorias de aplicação (dados, voz e vídeo). • tipo de cabo do sistema horizontal por categoria de aplicação. • tipo de cabo do sistema vertical por categoria de aplicação. • número e densidade de pontos. • densidade de pontos por tipo de sala. • número de acessos por tomada. • tipos de conectores das tomadas. • nível de concentração vertical (número de conexões horizontais por número de acessos à rede <i>backbone</i> vertical). • tipo de identificação dos componentes de distribuição (definida pelo projetista ou automática). • índice máximo de ocupação dos dutos. • margem de reserva. 	Projeta
Sistema de Cabeamento de um Andar	<ul style="list-style-type: none"> • tipo de sistema de distribuição horizontal. • categorias de aplicação (dados, voz e vídeo). • tipo de cabo do sistema horizontal por categorias de aplicação. • número e densidade de pontos. • número de acessos por tomada. • tipos de conectores das tomadas. • tipo de identificação dos componentes de distribuição (definida pelo projetista ou automática). 	Insere Andar
Sistema de Cabeamento de uma Sala	<ul style="list-style-type: none"> • tipo de sistema de distribuição horizontal. • número e densidade de pontos. • número de acessos por tomada. • tipos de conectores das tomadas. • tipo de identificação dos componentes de distribuição (definida pelo projetista ou automática). 	Insere Sala
Sistema de Distribuição Sob Piso	<ul style="list-style-type: none"> • opção por compartilhamento com cabeamento elétrico. • tipo de duto principal (eletroduto ou conduíte). • tipo de duto de alimentação (eletroduto, eletrocalha ou conduíte). • tipo de montagem (nível único, nível duplo ou nivelado com o piso). • distância entre os dutos principais. • distância entre as tomadas. • distância entre as caixas de junção, passagem e terminação. • índice de ocupação dos dutos já instalados. 	Insere Andar ou Insere Sala

Tabela 5.1 - Parâmetros de Projeto dos Sistemas de Cabeamento de um Campus e dos Sistemas Horizontais e Vertical de um Prédio.

Tipos de Parâmetros	Parâmetros de Projeto	Comando
Sistema de Distribuição Teto Falso	<ul style="list-style-type: none"> • distância do teto falso e o teto do andar. • tipo de <i>layout</i> (orientado a blocos ou livre): <ul style="list-style-type: none"> - <i>layout</i> orientado a blocos: <ul style="list-style-type: none"> ... tamanho máximo do bloco. ... tipo de duto principal (duto, conduíte, malha, bandeja ou barra transversal). ... tipo de duto secundário (duto, conduíte ou tubo) - <i>layout</i> livre: <ul style="list-style-type: none"> ... tipo de duto (conduíte ou tubo). • distância entre as caixas de junção e passagem. • índice de ocupação dos dutos já instalados. 	Inserir Andar ou Inserir Sala
Sistema de Distribuição Moldável	<ul style="list-style-type: none"> • tamanho máximo do bloco. • opção por compartilhamento com cabeamento elétrico. • duto principal: <ul style="list-style-type: none"> - tipo (canaleta ou tubo). - tipo de montagem (na parede no nível do piso, do teto ou intermediário ou no teto). - altura de colocação do duto na parede. • duto de alimentação: <ul style="list-style-type: none"> - tipo (canaleta ou tubo). - tipo de montagem (na parede no nível do piso, do teto ou intermediário ou no teto). - altura de colocação do duto na parede. • índice de ocupação dos dutos já instalados. 	Inserir Andar ou Inserir Sala

Tabela 5.1 - Parâmetros de Projeto dos Sistemas de Cabeamento de um Campus e dos Sistemas Horizontais e Vertical de um Prédio (Cont.)

- **Formata:** disponibiliza recursos que possibilitam alterar o fonte de uma cadeia de caracteres, o estilo de identificação de componentes de uma planta civil, de instalação elétrica ou de comunicação (e.g., identificação de quadros de distribuição) e as características padrões de tais componentes que vão ser representados e/ou utilizados em um projeto.

Assim, por exemplo, no caso da planta civil, é possível alterar as características padrões das paredes (material de construção, espessura e altura), divisórias (material, tipo: fixa ou móvel, modelo: simples ou com dutos internos, alturas inferior e superior), janelas (largura, altura e posição em relação ao piso), portas (largura e altura), escadas (tipo: circular ou retangular e dimensões) e de outros componentes que venham a ser representados.

No caso de uma planta de instalação elétrica, podem-se modificar as características padrões dos quadros de distribuição elétrica (dimensões e posição de instalação), eletrodutos (tipo de montagem: embutido ou aparente, material, tipo: dutos, conduítes, bandejas, tubos e outros, dimensões e posição de instalação), tomadas elétricas (tipo de alimentação e posição), pontos de luz (tipo: fluorescente ou incandescente) e demais componentes que devem ser representados na mesma.

Em relação aos componentes de comunicação, podem ser alteradas as características dos quadros de distribuição de telefonia (dimensões e altura de colocação), dos quadros de distribuição de comunicação e seus componentes: *patch panels*, distribuidores ópticos e blocos de conexão (dimensões, tipos e números de conexões), *patch cords*, *jumper*s e cabos de equipamentos (tipo de cabo, tipos de conectores e comprimento), dos cabos usados nos sistemas de distribuição horizontal, vertical e do campus (tipo de cabo, números de pares ou fibras, revestimento propagante ou não à chama, entre outras), dos dutos (tipo, material, dimensões e índice de ocupação para dutos já instalados), tomadas (tipo de montagem: nivelada, de superfície e de pedestal, número e tipos de conectores), das caixas de junção, passagem e terminação (material e dimensões) e dos *manholes* (material e dimensões).

- **Projeta:** permite definir parâmetros de projeto, verificar regras de projeto especificadas pelas padronizações de sistemas de cabeamento, solicitar cálculos parciais da quantidade de componentes gasta em um projeto e dos custos correspondentes, rever cálculos de cabos e dutos em função de diferentes posições do ponto de concentração de um bloco definido para um sistema de distribuição horizontal e solicitar que sejam geradas as listas de compra e de instalação dos componentes do sistema de cabeamento projetado para um campus ou prédio.

Os parâmetros de projeto são de caráter geral válidos para os sistemas de distribuição de campus ou de um prédio e incluem: categorias das aplicações (dados, voz e vídeo) a serem suportadas pelo sistema de cabeamento, tipos de cabos a serem empregadas para cada categoria de aplicação, número e densidade de pontos, densidade de pontos por tipo de sala, número de acessos por tomada, tipos de conectores das tomadas, nível de concentração de cada andar (número de conexões horizontais por número de acessos à rede *backbone* vertical) ou prédio (número de conexões verticais por número de acessos à rede *backbone* do campus) para cada categoria de aplicação, tipo de identificação dos componentes de distribuição (definida pelo projetista ou automática), índice máximo de ocupação dos dutos e margem de reserva dos diversos tipos de componentes para casos de alterações de projeto e fins de reposição (vide Tabela 5.1).

Uma vez desenvolvido o projeto de cabeamento, podem-se verificar regras de projeto relativas a: o número de quadros de distribuição para cada área de 1000 m², a distribuição das caixas de junção e passagem verificando-se se são respeitadas as distâncias máximas que devem ser mantidas entre as mesmas, densidade de pontos para cada área de 10 m², índice de ocupação dos dutos horizontais, verticais e do campus e índice de ocupação dos dutos dos quadros de telefonia.

Durante ou ao final da execução do projeto, pode ser requisitado o cálculo parcial ou completo da quantidade de componentes de distribuição gastos no projeto e dos custos correspondentes. Para o sistema de distribuição horizontal, são calculados o número de pontos e tomadas, o comprimento de dutos e cabos e o número de conexões de *patch panels*, distribuidores ópticos e blocos de

conexão. Para os sistemas de distribuição vertical e do campus, são efetuados os mesmos cálculos, fazendo-se exceção daqueles referentes ao número de pontos e tomadas.

Por último, a opção de revisão de cálculos é disponível para projetos de sistemas de distribuição horizontal de teto falso ou moldável. Em tais sistemas, a quantidade gasta de dutos e cabos no projeto depende da posição definida para o ponto de concentração de cada bloco de cada andar. Assim, quando a ferramenta estiver operando no modo manual ou semi-automático, o projetista pode definir posições diferentes para cada ponto e solicitar que o sistema apresente os cálculos da quantidade de dutos e cabos gastos em cada caso. A partir da relação de posições dos pontos de concentração versus comprimento total de dutos e cabos, o projetista pode escolher aquela posição que represente o menor custo em termos de quantidade gasta de dutos e cabos.

- **Desenho:** implementa operações de caráter geral que podem ser aplicadas a objetos de desenho de qualquer natureza (e.g., agrupar e desagrupar conjunto de objetos de desenho selecionados). Dessas operações, vale comentar as relativas à marcação e retirada de pontos, usados como referência durante a elaboração do projeto. Por exemplo, no caso de definir a posição de uma quadro de distribuição, as normas recomendam que seja escolhida uma posição central em relação à área a ser servida. Pode-se optar, então, por marcar o ponto central desta área, que servirá de referência para escolha do local do correspondente quadro de distribuição.
- **Opções:** oferece meios para definir parâmetros (ajuste de escala, fator de *zoom* e habilitação da opção de seleção de trecho de duto), os modos de operação e de verificação do próprio programa.

São definidos três modos de operação, que estabelecem quais os tipos de componentes cujas posições são especificadas pelo projetista ou determinadas, automaticamente, pelo sistema, sendo que, em qualquer modo, todas as ações do projetista são verificadas pelo sistema:

- ♦ **Manual:** neste modo, o projetista é quem especifica a posição de todos componentes de distribuição, incluindo dutos, cabos, caixas de junção e de passagem, entre outros, e o sistema verifica, para cada componente inserido na planta do andar de um prédio ou de um campus, se existe alguma inconsistência em relação à posição dos componentes da planta civil e da instalação elétrica e se as regras de projeto, definidas para o sistema de distribuição considerado, estão sendo obedecidas.
- ♦ **Semi-Automático:** neste caso, fica a cargo do projetista definir a posição dos quadros de distribuição e das tomadas. A posição dos demais componentes pode ser determinada tanto pelo projetista como pelo sistema, que deve verificá-la em relação à posição dos componentes da planta civil e da instalação elétrica e aos parâmetros e regras de projeto específicas ao sistema de distribuição considerado.
- ♦ **Automático:** neste modo, o próprio sistema determina a posição de todos componentes de distribuição, com exceção dos quadros de distribuição e tomadas, incluindo dutos, cabos,

caixas de junção e de passagem, entre outros. Para tanto, toma como base as regras e parâmetros de projeto especificados para o sistema de distribuição considerado.

A opção de modos de verificação permite especificar quais tipos de verificações o sistema deve realizar automaticamente. Tais verificações referem-se ao posicionamento dos dutos, posicionamento das caixas de junção e passagem, posicionamento dos pontos de concentração e índice de ocupação dos dutos.

- **Ajuda:** permite solicitar a apresentação de informações explicativas sobre o modo de operação da ferramenta em questão. Isto pode ser feito, especificando-se um tópico ou selecionando um elemento de uma lista de tópicos, sobre os quais o sistema pode apresentar um texto explicativo.

5.2.1.1.2 Barra de Ferramentas

Conforme já foi dito, foram definidas quatro tipos de barra de ferramentas:

- **Barra de Ferramentas de Suporte:** oferece recursos ao projetista para que ele possa inserir informações adicionais às plantas, que não estejam diretamente relacionadas ao desenho da planta civil, da instalação elétrica ou do sistema de cabeamento de comunicação, e realizar operações de caráter geral válidas para qualquer um dos três tipos de desenho. Tem as mesmas opções definidas para o menu desenho (vide Figura 5.2), além de duas opções adicionais referentes à inserção de uma moldura e rótulo de identificação ao desenho apresentado na tela. Os rótulos são inseridos no canto inferior direito dos desenhos e devem conter informações referentes à identificação do projetista, identificação da planta (identificação do prédio e andar ou do campus) e o fator de escala adotado.
- **Barra de Ferramentas de Desenho Civil:** oferece recursos ao projetista para que ele possa representar a planta civil de um *campus* e do andar de um prédio. No caso de um campus, pode-se representar o contorno da área ocupada pelo mesmo, os seus prédios, vias de trânsito e praças. No caso de um andar de um prédio, pode-se representar as suas paredes externas e internas, pilares, divisórias, janelas, portas, escadas, vãos de elevadores e dutos de ar.

As características de qualquer componente da planta civil de um campus ou de um andar de um prédio podem ser modificadas a partir da ativação do comando **formata** da barra de menu.

- **Barra de Ferramentas de Desenho Elétrico:** oferece recursos ao projetista para que ele possa representar a planta de instalação elétrica de um *campus* e do andar de um prédio. Não é necessário que sejam representados todos os componentes elétricos de uma instalação, a não ser que se deseje ter uma documentação completa da mesma. Se tiver sido especificado, por exemplo, o sistema de distribuição horizontal sob piso para um determinado andar de um prédio, para fins de projeto não é preciso conhecer os pontos de luz incandescente ou fluorescente existentes no teto.

No caso da planta de campus, é possível representar uma subestação de energia elétrica e eletrodutos. No caso da planta de um andar de prédio, pode-se representar quadros de distribuição de energia elétrica, eletrodutos de teto, parede e piso, pontos de luz incandescente e fluorescente, caixas de passagem, tomadas elétricas e interruptores.

As características de qualquer componente de uma planta de instalação elétrica de um campus ou de um andar de um prédio podem ser alteradas a partir da ativação do comando **formata** da barra de menu.

- **Barra de Ferramentas de Desenho de Comunicação:** oferece recursos ao projetista para que ele possa representar os componentes da infra-estrutura de comunicação de um *campus* e de um prédio. Em qualquer um dos casos, esta infra-estrutura pode já existir para o sistema de telefonia e, se houver disponibilidade, pode ser compartilhada com o sistema de cabeamento a ser instalado.

Em um campus, podem ser representados os quadros de distribuição prediais e do campus, dutos e grupo de dutos, cabos e *manholes*, modificadas as identificações de tais componentes e solicitada a determinação do índice de ocupação de um duto.

Em um prédio, existem componentes que variam de acordo com o sistema de distribuição considerado, horizontal e vertical, sendo que no caso do sistema horizontal existem, ainda, componentes que dependem do tipo de sistema adotado (sistema horizontal sob piso, de teto falso ou moldável). São definidas, então, opções comuns a todos os tipos de sistemas de distribuição e outras específicas a cada um deles.

Como opções comuns, tem-se a representação de quadros de telefonia, quadros de distribuição satélite, intermediário, predial e do campus, salas de distribuição, de equipamentos e de entrada, a alteração da identificação de componentes de distribuição, a determinação do índice de ocupação de um duto selecionado e da densidade de pontos de uma área demarcada.

No caso de um sistema de distribuição horizontal sob piso, é possível representar dutos principais e de alimentação, tomadas, cabos, caixas de junção, passagem e de terminação. No caso do sistema de distribuição de teto falso, são definidos dois tipos de *layout*: orientado a blocos e livre. Para o *layout* orientado a bloco, pode-se definir blocos e solicitar que seja marcado o seu centro e inserir dutos principais e secundários ou grupos de dutos secundários. Para o *layout* livre, pode-se inserir dutos. Nos dois tipos de *layout*, podem ser representados tomadas, cabos e caixas de junção e de passagem. Por último, no caso do sistema de distribuição horizontal moldável, pode-se definir blocos e seus pontos de concentração, e representar dutos principais e secundários, grupos de dutos secundários, tomadas, cabos, caixas de junção e de passagem e cantoneiras.

No caso do sistema de distribuição vertical, podem ser representados dutos, cabos, caixas de junção e de passagem sobre o perfil da planta de um prédio.

Para qualquer um dos três tipos de sistemas de distribuição do campus, horizontal e vertical, se tiver sido selecionado o modo de operação manual, os seus componentes vão sendo inseridos um-a-um pelo projetista mediante a verificação das regras de projeto. Se tiver sido selecionado o modo de operação semi-automático ou automático, o projetista pode ativar a opção da barra de ferramentas relativa ao posicionamento de componentes de distribuição. No modo semi-automático, o projetista deve informar, ainda, quais os tipos de componentes, cuja posição deve ser determinada pelo sistema. No modo de operação automático, é determinada a posição de todos os componentes restantes. Isto é feito, tomando, como base, as regras definidas em [EIA/TIA568], [EIA/TIA569] e [ISO11801]. Como resultado, a tela é atualizada com a representação dos respectivos componentes, sendo solicitada, então, a confirmação do projetista sobre a operação realizada.

A alteração das características de qualquer componente de distribuição representado na planta de um campus, de um andar ou do perfil de um prédio pode ser efetuada a partir da ativação do comando **formata** da barra de menu.

5.2.1.1.3 Barra de Status

Esta barra possui informações de caráter geral. Com o objetivo de auxiliar o projetista no posicionamento dos diversos componentes de construção civil, instalação elétrica e infra-estrutura de comunicação dentro do âmbito de um campus ou de um andar de prédio, são apresentados três tipos de parâmetros:

- **coordenadas x e y** do cursor em relação à origem do desenho;
- **dimensionamento c** (comprimento) e **l** (largura) (em milímetros) do objeto selecionado (e.g., andar, sala ou duto);
- **área** do objeto selecionado. Esta informação é útil para o projetista para determinar a quantidade de tomadas deve existir para uma determinada sala ou andar do prédio, visto que a norma [EIA/TIA569] determina que deve existir, no mínimo, uma tomada, com até três conectores (dados, voz e vídeo) para cada 10 m².

5.2.1.2 Procedimentos de Utilização da Ferramenta

A realização de um projeto de cabeamento estruturado pressupõe que, em primeiro lugar, sejam especificados os parâmetros de projeto, utilizando-se, para este fim, o comando **projeta**. A partir daí, pode ser realizado o projeto de um campus ou de um dos seus prédios.

5.2.1.2.1 Projeto do Cabeamento do Campus

Inicialmente, o projetista deve elaborar uma planta civil do campus, contendo a representação das fronteiras do campus, de seus prédios, vias de trânsito e praças. Para tanto, deve empregar as diversas

opções da barra de ferramentas de desenho civil, cuja apresentação é ativada através do comando **visualiza**.

Feito isto, devem ser inseridos os componentes de instalação elétrica que incluem, basicamente, eletrodutos e unidades geradoras de energia elétrica, utilizando-se as opções da barra de ferramentas de desenho elétrico, que é, também, apresentada mediante ativação realizada a partir do comando **visualiza**.

Por último, devem ser representados os quadros de distribuição de cada prédio e do campus, os dutos usados para interconectá-los, os *manholes* existentes nas junções e flexões desses dutos e os cabos, empregando-se as opções da barra de ferramentas de desenho de comunicação que é ativada, da mesma maneira, que as outras barras de ferramentas. Estes dutos de comunicação podem já estar instalados ou não. Se já estiverem instalados, muito provavelmente já estão sendo utilizados para passagem de cabos de telefonia e deve-se verificar se os mesmos suportam a passagem de novos cabos. Caso novos dutos tenham que ser instalados, o projetista deve determinar o trajeto dos mesmos e, em seguida, inserir os cabos a serem usados na interconexão dos correspondentes quadros de distribuição. Se tiver sido selecionada a opção de modo de operação semi-automático ou automático, o projetista deve especificar apenas a localização dos quadros de distribuição, podendo o sistema determinar, automaticamente, a posição dos demais componentes que incluem dutos, cabos e *manholes*.

5.2.1.2.2 Projeto do Cabeamento dos Prédios

O projeto de cabeamento estruturado de cada prédio é realizado em duas etapas principais (vide Figura 5.3):

- **Projeto do Sistema de Distribuição Horizontal:** para cada andar do prédio deve ser elaborada a sua planta civil, elétrica e de infra-estrutura de comunicação e inseridos, se necessário, outros componentes de distribuição adicionais. Qualquer operação de inserção de um componente de comunicação é executada mediante a observação de regras (e.g., a distância máxima entre uma tomada de comunicação e o correspondente quadro de distribuição deve ser igual a 90 m) e parâmetros (e.g., índice máximo de ocupação dos dutos) de projeto conhecidos pelo sistema. Em qualquer instante, pode-se, ainda, solicitar ao sistema que verifique se estão sendo observados os parâmetros de projeto (e.g., verificação da densidade de pontos em uma sala).
- **Projeto do Sistema de Distribuição Vertical:** este sistema deve interconectar os quadros intermediários de cada andar ao quadro de distribuição predial. Para tanto, devem ser representados os dutos e cabos a serem empregados na interconexão de tais quadros sobre o desenho do perfil do prédio. Esse desenho é feito pela própria ferramenta a partir das plantas baixas elaboradas para os diversos andares.

Figura 5.3 - Etapas de Projeto do Sistema de Cabeamento Estruturado de um Prédio

5.2.1.2.2.1 Sistema de Distribuição Horizontal

Conforme já foi mencionado anteriormente, antes de se iniciar o projeto do sistema de distribuição horizontal dos diversos andares de um prédio, devem ser especificados os parâmetros de projeto válidos para o prédio todo utilizando-se para este fim o comando **projeta**. A partir daí, para cada andar, deve-se proceder executando-se as seguintes etapas :

- **inserção de andar:** para este fim, utiliza-se o comando **insere andar**, através do qual são fornecidas informações específicas para cada andar, que incluem a sua identificação, sua ordem (e.g., 1o. andar), material de construção predominante, pé-direito, tipo do sistema de distribuição horizontal (e.g., sob piso) e especificação dos componentes empregados, número e densidade de pontos, tipos de conectores das tomadas e modo de identificação dos componentes de distribuição. No caso da especificação de componentes de distribuição, são fornecidas características gerais dos mesmos, que podem ser alteradas, posteriormente, para cada componente em particular através do comando **formata** objeto de desenho de comunicação.
- **desenho civil:** empregando-se as diversas opções da barra de ferramentas de desenho civil, deve ser elaborada a planta civil do andar corrente. A apresentação de tal barra de ferramentas é ativada através do comando **visualiza**, oferecendo recursos para representar o formato das suas paredes externas, a disposição interna das salas com suas paredes ou divisórias, janelas e portas, e a localização dos elevadores e escadas.

Para definir uma sala, deve-se selecionar um conjunto de paredes e/ou divisórias que a delimitam e ativar o comando **insere sala**, através do qual é possível criar uma sala associando-lhe características peculiares. Tais características incluem a sua identificação, função (e.g., almoxarifado), tipo do sistema de distribuição horizontal empregado e especificação dos componentes utilizados, número e densidade de pontos e tipos de conectores das tomadas. Vale comentar que, muitas vezes, existem salas que se diferenciam das outras do andar devido às funcionalidades a ela atribuídas, como é o caso, por exemplo, de uma sala de CPD que pode ter o sistema de piso elevado enquanto todas as outras salas do andar possuem o sistema de distribuição sob piso.

As características de cada componente do desenho civil representado na planta do andar corrente podem ser alteradas através do comando **formata** objeto de desenho civil.

- **desenho elétrico:** a representação dos componentes de instalação elétrica não é obrigatória a menos que influencie no posicionamento dos componentes de distribuição de comunicação. Quando se opta pelo emprego do sistema de distribuição de teto falso, por exemplo, é importante se conhecer a localização dos pontos de luz e dos eletrodutos existentes no teto. Tal representação pode ser inserida no desenho do andar corrente, utilizando-se as diversas opções da barra de

ferramentas de desenho de instalação elétrica. A apresentação de tal barra de ferramentas é ativada através do comando **visualiza**.

A barra de ferramentas de desenho de instalação elétrica oferece recursos para representar quadros de distribuição, eletrodutos de teto, parede e piso, pontos de luz incandescente e fluorescente, caixas de passagem, tomadas elétricas e interruptores. As características de cada componente de instalação elétrica representado na planta do andar corrente (e.g., altura das tomadas elétricas e interruptores) podem ser alteradas através do comando **formata** objeto de desenho elétrico.

- **desenho de comunicação:** o sistema de distribuição horizontal pode já existir e estar sendo utilizado pelo cabeamento de telefonia. A sua representação é, então, inserida na planta do andar corrente sem ser necessário que sejam verificadas as regras de projeto aplicadas à instalação de seus componentes. Após isso, deve-se definir o trajeto dos cabos desde os quadros de distribuição satélites ou intermediários até as tomadas, averiguando-se se os dutos suportam a passagem desses novos cabos de comunicação e se são respeitadas as restrições referentes ao comprimento máximo dos cabos.

Se não existir sistema de distribuição instalado, procede-se com a inserção de cada um dos seus componentes, quando são verificadas, então, a observação das regras de projeto correspondentes (e.g., no caso do sistema de distribuição de teto falso deve-se manter uma distância mínima entre os dutos e os pontos de luz). Da mesma maneira que no caso anterior, procede-se com a especificação do trajeto dos cabos usados para interconectar as tomadas aos quadros de distribuição, efetuando-se os mesmos tipos de verificações.

A representação dos componentes de distribuição, que incluem quadros de distribuição, dutos, tomadas, caixas de junção e caixas de passagem, entre outros, bem como dos cabos é realizada através das opções da barra de ferramentas de desenho de comunicação. A apresentação de tal barra de ferramentas é ativada através do comando **visualiza**.

Para alguns tipos de sistema de distribuição (teto falso e adaptável), esta barra de ferramentas dispõe de recursos, também, para definir um bloco e solicitar a marcação de seu centro. Tais recursos são utilizados no caso do *layout* orientado a blocos, onde são definidos blocos correspondentes a uma ou mais salas com uma área total variando entre 35 a 82 m². Para cada bloco é definido um ponto de concentração, que na maioria das vezes corresponde ao seu ponto central, que é interconectado a um quadro de distribuição intermediário ou satélite através de um duto principal. Deste ponto de concentração, partem os dutos secundários com destino às tomadas de comunicação.

No caso particular do sistema de distribuição adaptável, os dutos, em alguns trechos, são passados no teto e, em outros trechos, em diversas posições da parede (alinhado ao piso ou ao teto ou em um

nível intermediário). Para que esta informação possa ser fornecida ao sistema, a barra de ferramentas permite selecionar um trecho de duto e associar características particulares ao mesmo.

Conforme já foi mencionado, esta ferramenta pode operar em três modos diferentes: manual, semi-automático e automático. Em qualquer um desses modos, é necessário que sejam definidas pelo projetista as posições dos quadros de distribuição satélites e intermediários e das salas de distribuição. No caso do sistema de distribuição de teto falso e moldável, o projetista deve definir, também, a posição das tomadas. No caso desses sistemas, nos modos manual e semi-automático, devem-se especificar, ainda, os blocos e seu ponto de concentração. No modo manual, a posição dos demais componentes de comunicação deve ser determinada, obrigatoriamente, pelo projetista e nos demais modos pode ser determinada pelo mesmo ou pela própria ferramenta.

As características de cada componente de comunicação representado na planta do andar corrente (e.g., número e tipos de conectores de uma tomada) podem ser alteradas através do comando **formata** objeto de desenho de comunicação.

- **operações de caráter geral:** independente do tipo de objeto de desenho (civil, elétrico ou de comunicação) pode-se realizar uma série de operações de caráter geral sobre o mesmo. Tais operações englobam, por exemplo, rebater na horizontal ou vertical, girar para direita ou esquerda e alinhar um objeto de desenho, utilizando-se, para este fim, a barra de ferramentas de suporte. A apresentação desta barra de ferramentas é ativada, também, através do comando **visualiza**.

5.2.1.2.2.2 Sistema de Distribuição Vertical

A elaboração do projeto do sistema de distribuição vertical requer que, anteriormente, tenham sido elaboradas as plantas de cada andar, com a representação de seus componentes básicos, que incluem áreas com utilização proibitiva (e.g., dutos de elevador, escadas, central de ar condicionado, central de aquecimento e banheiros), quadros de distribuição elétrica, de telefonia e comunicação (quadros intermediários, prediais e, se for o caso, de campus) e salas de distribuição, de equipamentos (se houver) e de entrada.

Feito isto, pode-se prosseguir com a elaboração do projeto de cabeamento vertical do prédio, que é usado para conectar os diversos quadros de distribuição intermediários existentes em cada andar ao quadro de distribuição predial. Para tanto, deve ser solicitada a apresentação do perfil do prédio através do comando **visualiza prédio**. A partir das informações fornecidas para cada um dos seus andares é montado o desenho esquemático do perfil do prédio. Caso o projeto em elaboração não englobe todos seus andares, os andares não considerados são representados com linhas tracejadas. Nesse desenho, são mostrados o posicionamento de componentes básicos de construção civil (e.g., vãos de elevador, centrais de ar condicionado ou aquecimento), das salas de distribuição, equipamentos e entrada e dos quadros de distribuição, representados a partir das plantas baixas de cada andar, e o posicionamento dos dutos e cabos do sistema de cabeamento vertical, que já tenham sido inseridos.

A partir daí, a posição de parte ou de todos componentes do sistema de distribuição que está sendo projetado pode ser determinada, manualmente, empregando-se as opções da barra de ferramentas de desenho de comunicação, ou, automaticamente pelo sistema, se tiver sido selecionado o modo de operação semi-automático ou automático. As características de qualquer componente de comunicação representado podem ser alteradas através do comando **formata** objeto de comunicação.

5.2.1.3 Apresentação dos Resultados

Os resultados do projeto realizado podem ser apresentados através das plantas de um campus ou dos andares de um prédio ou através da lista de componentes usados no sistema de cabeamento de um campus, no sistema de cabeamento horizontal de cada andar de um prédio ou no sistema de cabeamento vertical de um prédio. Tanto as plantas como tais listas de componentes podem ser tanto apresentadas na tela como impressas. O conteúdo das mesmas é descrito nos próximos itens.

5.2.1.3.1 Plantas

As plantas podem incluir um campus, andares ou o perfil de um prédio.

5.2.1.3.1.1 Plantas do Campus

O projetista pode solicitar a visualização na tela e/ou a impressão da planta de um campus, contendo informações sobre o seu sistema de cabeamento. São representados os seus componentes de distribuição, que podem incluir quadros de distribuição, dutos, *manholes* e cabos.

A Figura 5.4 apresenta o exemplo da impressão da planta de um campus com a representação dos componentes de distribuição usados neste caso.

Figura 5.4 - Exemplo da Planta de um Campus

5.2.1.3.1.2 Plantas dos Andares de Prédio

Conforme foi descrito anteriormente, o projetista pode solicitar a visualização na tela e/ou a impressão da planta de um andar, de alguns andares ou de todos andares de um prédio. Esta planta pode conter componentes do desenho civil, de instalação elétrica e/ou da infra-estrutura de comunicação. Na planta civil, podem ser representados apenas os componentes básicos (pilares, paredes, elevadores, dutos e escadas) ou todos os componentes de construção civil (i.e., adicionalmente, janelas, portas e divisórias). Para o desenho elétrico, por sua vez, são definidas duas sub-opções: a primeira, denominada de básica, inclui a apresentação apenas das tomadas elétricas e os quadros de distribuição elétrica e a segunda, referenciada como completa, engloba todos componentes da instalação elétrica. No caso do desenho de comunicação, pode-se optar pela apresentação dos componentes de distribuição (e.g., quadros de distribuição, dutos, tomadas e caixas de junção, entre outros), do cabeamento (quadros de distribuição, cabos e tomadas) ou do sistema de distribuição completo.

A Figura 5.5 apresenta o exemplo da impressão da planta de um andar de um prédio, onde foi adotado o sistema de distribuição horizontal sob piso. Neste caso, foi selecionada apenas a opção de componentes de distribuição do desenho de comunicação.

Figura 5.5 - Exemplo de Impressão da Planta de um Andar com Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso

5.2.1.3.1.3 Perfil de Prédio

Conforme foi descrito anteriormente, o projetista pode solicitar a visualização na tela e/ou a impressão do perfil de um prédio, contendo informações sobre o seu sistema de cabeamento vertical. São representados os componentes de distribuição usados neste sistema, que podem incluir quadros de distribuição, dutos, caixas de junção, cabos, entre outros.

A Figura 5.6 apresenta o exemplo da impressão do perfil de um prédio com a representação dos componentes de distribuição usados neste caso.

Figura 5.6 - Exemplo de Impressão do Perfil de Prédio com Sistema de Distribuição Vertical

5.2.1.3.2 Lista de Componentes

Pode ser solicitada a geração da lista dos componentes do sistema de cabeamento de um campus e do sistema de cabeamento horizontal de cada andar de um prédio e do seu sistema vertical. Podem ser gerados dois tipos de lista com finalidades diferentes, sendo uma delas utilizada como uma lista de compras e a outra como lista de instalação:

a) lista de compras: deve conter todas as informações necessárias à compra de um determinado tipo de componente. Tais informações incluem suas características relevantes, a quantidade total utilizada no projeto, considerando as margens de reserva estipuladas pelo próprio projetista, part# e preço de referência. Para cada um dos componentes do sistema de cabeamento projetado podem ser geradas listas de compras, contendo as informações especificadas a seguir além do part# e preço de referência:

- ♦ **Quadros de Distribuição de Comunicação:** é especificada a quantidade de quadros de distribuição de comunicação satélites, intermediários, predial e do campus existentes no andar correspondente de um prédio.
- ♦ **Patch Panels:** são apresentadas informações relativas a modelo, número de portas, dimensões físicas e quantidade.

- ♦ **Distribuidores Ópticos:** são apresentadas informações relativas a modelo, número de portas, dimensões físicas e quantidade.
- ♦ **Blocos de Conexão:** são fornecidas informações relativas a número de conexões, dimensões físicas e quantidade.
- ♦ **Dutos:** são mostradas informações referentes ao tipo de componente (e.g., dutos, calhas, bandejas, conduites e canaletas, entre outros), material, dimensões (largura x altura ou diâmetro) e comprimento total.
- ♦ **Tomadas:** são relacionadas informações referentes ao tipo de tomada (nivelada, de superfície ou em pedestal), número e tipos de conectores (e.g., RJ-45, ST ou BNC) e quantidade.
- ♦ **Cabos:** são apresentadas informações relativas ao tipo (par trançado, fibra óptica ou cabo coaxial), características básicas (e.g., UTP - Categoria 5 - 2 pares - 100 Ω ou Fibra Óptica 62,5/125 μm - 2 fibras), características adicionais (e.g., cabo não propagante à chama, blindado ou geleado), comprimento total e identificação dos componentes de distribuição que interconecta (e.g., uma tomada e um quadro de distribuição ou dois quadros de distribuição).
- ♦ **Cabos de Conexão dos Patch Panels (ou Distribuidores Ópticos):** são apresentadas informações relativas às suas características básicas (e.g., UTP - Categoria 5 - 2 pares - 100 Ω ou Fibra Óptica - 62,5/125 μm - 2 fibras), comprimento, tipo de conector (e.g., RJ-45 *Plug* ou ST) e quantidade total.
- ♦ **Cabos de Conexão de Estação:** são fornecidas informações referentes às suas características básicas (e.g., UTP - Categoria 5 - 2 pares - 100 Ω ou Fibra Óptica - 62,5/125 μm - 2 fibras), comprimento, tipo de conector (e.g., RJ-45 *Plug* ou ST) e quantidade total.
- ♦ **Cabos de Conexão de Equipamentos:** são fornecidas informações referentes às suas características básicas (e.g., UTP - Categoria 5 - 2 pares - 100 Ω ou Fibra Óptica - 62,5/125 μm - 2 fibras), comprimento, tipo de conector (e.g., RJ-45 *Plug* ou ST) e quantidade total.
- ♦ **Conectores:** relaciona os totais de conectores utilizados nas tomadas, cabos de estações, dos *patch panels* e de equipamentos separados por tipo.
- ♦ **Caixas de Junção:** são mostradas as informações relativas ao modelo, material, dimensões (largura x comprimento) e quantidade.
- ♦ **Caixas de Terminação:** são apresentadas informações relativas ao modelo, material, dimensões (largura x comprimento) e quantidade.
- ♦ **Caixas de Passagem:** são mostradas as informações relativas ao modelo, material, dimensões (largura x comprimento) e quantidade.

- ♦ **Caixas de Transição:** são mostradas as informações relativas ao modelo, material, dimensões (largura x comprimento) e quantidade.
- ♦ **Cantoneiras:** são apresentadas as informações referentes ao modelo, material, dimensões (largura x comprimento x profundidade) e quantidade.

b) **lista de instalação:** deve conter informações que auxiliem a instalação dos componentes de um sistema de distribuição. A diferença básica entre este tipo de lista e a lista de compras reside no fato de possuir, também, informações sobre a localização de cada componente e a sua identificação, quando for pertinente. O conteúdo deste tipo de lista para cada um dos tipos de componentes é apresentado a seguir:

- ♦ **Quadros de Distribuição de Comunicação:** são especificadas a identificação e a localização dos quadros de distribuição de comunicação satélites, intermediários, predial e do campus existentes no andar correspondente de um prédio.
- ♦ **Patch Panels:** são apresentadas informações relativas a identificação, localização, modelo, número de portas, dimensões físicas e quantidade.
- ♦ **Distribuidores Ópticos:** são apresentadas informações relativas a identificação, localização, modelo, número de portas, dimensões físicas e quantidade.
- ♦ **Blocos de Conexão:** são fornecidas informações relativas a identificação, localização, número de conexões, dimensões físicas e quantidade.
- ♦ **Dutos:** são mostradas informações referentes a localização, o tipo de componente, dimensões, material e comprimento de cada segmento de duto.
- ♦ **Tomadas:** para cada tomada são fornecidas informações referentes a sua identificação, sua localização, posição de instalação em relação ao piso, tipo, número e tipos de conectores (e.g., RJ-45 Fêmea, ST ou BNC) e tipos de acesso (dados, voz e/ou vídeo).
- ♦ **Cabos:** para cada segmento de cabo são apresentadas informações relativas a sua identificação, seu tipo, função (dados, voz e vídeo), características básicas (e.g., UTP - Categoria 5 - 2 pares), características adicionais (e.g., cabo não propagante à chama) e comprimento.
- ♦ **Caixas de Junção:** para cada caixa de junção são mostradas as informações relativas a sua identificação, localização, modelo, material e dimensões (largura x comprimento).
- ♦ **Caixas de Terminação:** para cada caixa de terminação são relacionadas as informações relativas a sua identificação, localização, modelo, material e dimensões (largura x comprimento).

- ♦ **Caixas de Passagem:** para cada caixa de passagem são mostradas as informações relativas a sua identificação, localização, modelo, material e dimensões (largura x comprimento).
- ♦ **Caixas de Transição:** para cada caixa de transição são fornecidas as informações referentes a sua identificação, localização, modelo, material e dimensões (largura x comprimento).
- ♦ **Cantoneiras:** para cada cantoneira são especificadas as informações relativas a sua identificação, localização, modelo, material e dimensões (largura x comprimento).

As informações das listas de compra e de instalação são apresentadas na forma de tabelas, conforme ilustra o exemplo da Figura 5.7.

Relação dos Cabos do Sistema de Distribuição Horizontal

Prédio: EPUSP - PCS

Andar: Térreo

Data: 5/5/95

Tipo	Características Básicas	Características Adicionais	Comprimento (m)	Part#	Preço Referência
Par Trançado	UTP - Categoria 5 - 25 pares - 100 Ω	Plenum	500	FKUTP5-25	⋮
Par Trançado	UTP - Categoria 5 - 4 pares - 100 Ω	Plenum	700	FKUTP5-4	
Fibra Óptica	Multimodo - 62,5/125 μm - 12 fibras	Geleado - Plenum	100	FKFG62-12	
Fibra Óptica	Multimodo - 62,5/125 μm - 2 fibras	Geleado - Plenum	100	FKFG62-2	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

Figura 5.7 - Exemplo de uma Lista de Compra de Componentes do Sistema Horizontal

5.2.2 Aspectos de Implementação

Os itens que seguem têm, como objetivo, apresentar aspectos de implementação da ferramenta de projeto de cabeamento estruturado. Isto é feito, descrevendo-se, em primeiro lugar, quais as regras de projeto que devem ser observadas por essa ferramenta e as ações efetuadas pela mesma de modo a verificar e aplicar tais regras. Em seguida, é introduzida uma descrição macro dos algoritmos que devem ser executados na determinação da posição dos diversos componentes de comunicação referentes aos sistemas de distribuição de um campus e horizontal e vertical de um prédio. Por último, são mostradas as classes de objetos definidas para a base de dados dessa ferramenta.

5.2.2.1 Regras de Projeto

Este item apresenta as regras e recomendações de projeto de sistemas de cabeamento estruturado e uma descrição sucinta da ação tomada pela ferramenta de projeto de cabeamento na aplicação das mesmas (vide Tabelas 5.2 a 5.10).

Tais regras, estão agrupadas em regras de caráter geral e específicas para cada tipo de sistema de distribuição, do campus, vertical ou horizontal e são classificadas em regras obrigatórias (O), recomendações (R) e estabelecidas pelo projetista (EP). Este último tipo de regra, em particular, corresponde a uma recomendação cuja aplicação depende de opção efetuada pelo projetista.

As ações da ferramenta, por sua vez, são categorizadas em: aplicação automática (A) da regra pela ferramenta, apresentação de opções que o projetista pode escolher com a sugestão (S) daquela opção que o sistema considera mais adequada, apresentação de uma mensagem de alerta (C) ou de uma mensagem de erro (E). A mensagem de alerta é apresentada quando uma recomendação de projeto não é seguida, enquanto a mensagem de erro ocorre quando uma regra obrigatória não é obedecida.

Algumas vezes são definidas duas ações da ferramenta sob a forma de (I),(J) ou (I, J). O primeiro caso define dois tipos de ações I e J, que são executadas, respectivamente, se a ferramenta estiver no modo de operação automático ou não-automático. Assim, por exemplo, no caso da regra 2 da Tabela 5.2, se tiver sido selecionado o modo de identificação automática, o próprio sistema gera a identificação dos componentes de modo que não existam dois componentes do mesmo tipo com a mesma identificação (ação do tipo (A)); no modo de identificação definida pelo projetista, o projetista é quem atribui identificações aos diversos componentes e o sistema verifica a ocorrência de repetições, emitindo uma mensagem de erro se este for o caso (ação do tipo (E)).

A ação, por sua vez, especificada na forma (I, J) define duas ações que são sempre executadas. Em relação à regra 7 da Tabela 5.2, por exemplo, o sistema relaciona vários tipos de fibra e sugere que o projetista escolha a fibra 62,5/125 μm , se for especificada um outro tipo de fibra, o sistema apresenta, também, uma mensagem de advertência (ações do tipo S e C).

Por último, as ações sublinhadas (I) são efetuadas durante a entrada de dados de algum parâmetro de projeto. Este é o caso, também, da regra 7 da Tabela 5.2, aplicada ao tipo de fibra especificado através dos comandos **projeta** e **formata**.

Vale observar, também, que as regras recebem uma identificação. As regras de caráter geral, que se aplicam a todos os tipos de sistema de distribuição, são numeradas sequencialmente. Nos demais casos, ela recebe um número sequencial e um ou dois caracteres alfabéticos indicando o tipo ou tipos de sistema de distribuição ao qual se aplica, valendo as seguintes convenções: c - sistema do campus, v - sistema vertical, h - sistema horizontal, p - sistema horizontal sob piso, t - sistema horizontal de teto falso e, por último, m - sistema horizontal moldável.

Regras de Caráter Geral				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
1	Minimizar a quantidade de cabos e dutos utilizados.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Quando é determinada a rota dos dutos e cabos pelo sistema, escolhe-se, sempre, aquela com o menor caminho. Quando é o projetista quem determina tais rotas, pode-se solicitar ao sistema que forneça a quantidade de dutos e cabos gastos, fornecendo, assim, subsídios para que o mesmo possa alterar a rota escolhida. 	(A), (S)
2	Um identificador (e.g., nome, cor e número), que seja único dentro de uma dada área, deve ser atribuído a cada cabo, quadro de distribuição e ponto de terminação do cabeamento [ISO 11801-72].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> São definidos dois modos de identificação de componentes: definida pelo projetista e automática, que deve ser selecionada pelo projetista. Se for escolhido o modo de identificação definida pelo projetista, o projetista fornece a identificação de cada componente de distribuição à medida que esses forem sendo inseridos no projeto e o sistema verifica se há ou não duplicação de identificação. Se for escolhido o modo de identificação automática, é o próprio sistema que atribui a identificação de maneira seqüencial por tipo de componente, para cada andar no caso do sistema de distribuição horizontal, para cada prédio no caso do sistema de distribuição vertical e para o campus no caso do sistema de distribuição do mesmo. 	(A), (E)
3	As áreas das salas de distribuição, de equipamentos e de entrada não devem ser compartilhadas com facilidades elétricas [EIA/TIA569 - 60, 65 e 71].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Todas às vezes que é atribuída a uma sala a função de sala de distribuição, de equipamentos ou de entrada, é verificado se no local existe alguma facilidade elétrica (e.g., um quadro de distribuição elétrico). 	(E)
4	As portas das salas de distribuição, equipamentos e entrada devem ter 910 mm de largura e 2.000 mm de altura [EIA/TIA569 - 62, 70 e 83].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Quando é selecionado uma sala para ser utilizada como sala de distribuição, sala de equipamentos ou sala de entrada é verificada se a sua porta possui as dimensões mínimas definidas pela norma. 	(E)
5	O índice de ocupação dos dutos não deve ultrapassar 50%.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Esta verificação é efetuada, automaticamente, quando da inserção de cabos e pode ser efetuada, opcionalmente, também mediante a ativação do comando projeta ou de opções da barra de ferramentas. 	(A), (C)

Tabela 5.2 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado comuns aos Sistemas de Distribuição do Campus, Vertical e Horizontal

Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
6	Todo hardware de conexão, incluindo <i>patch panels</i> , <i>patch cords</i> e <i>jumpers</i> devem ser da mesma categoria que o cabo UTP ao qual estão conectados [EIA/TIA568 - 59].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Através do comando projeta, são definidos parâmetros de projeto para os três tipos de sistema de distribuição, incluindo o tipo de cabo a ser empregado. Posteriormente, através do comando formata podem ser alteradas as características dos componentes de distribuição, determinadas a priori a partir dos parâmetros de projeto. Se a categoria especificada para todos os componentes não for a mesma, são apresentadas mensagens de advertência, informando que a categoria do sistema global passa a ser a do componente de menor categoria. 	(C)
7	Para cabos de fibra, é padronizada a utilização da fibra 62,5/125 μm . Outras fibras, como por exemplo 50/125 μm , 100/140 μm e 200/230 μm podem ser usadas [EIA/TIA568 - 113].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Nos comandos projeta e formata, quando é selecionado o cabo de fibra, como <i>default</i> é selecionada a fibra 62,5/125 μm. As demais opções por não serem aderentes à norma causam a emissão de mensagens de advertência. 	(S,C)
8	No caso de utilização de cabos de fibra óptica no sistema de distribuição, devem-se empregar conectores SC-duplex ou dois conectores SC-simplex. Os conectores ST são aceitos em uma fase de migração [ISO 11801-69] [EIA/TIA568-85].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Como opções de conectores de fibra óptica são apresentados pelo sistema: ST, SC e MIC/FSD (redes FDDI). Como <i>default</i>, é selecionado o conector ST. Se for selecionado um tipo de conector diferente dos conectores ST e SC, é apresentada uma mensagem de advertência, informando que a opção selecionada não é aderente à norma. 	(S,C)
9	O raio de flexão de um cabo UTP horizontal não pode ser menor que 4 vezes o seu diâmetro. No caso de cabos UTP de múltiplos pares, este raio não pode ser menor que 10 vezes o diâmetro do cabo [EIA/TIA568 - 60].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Esta condição é testada todas as vezes que um cabo é inserido no projeto de cabeamento. 	(A), (E)
10	Deve existir uma quantidade extra de 60 cm de cabo junto às tomadas e de 4 a 6 m junto aos quadros de distribuição.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> No cálculo da quantidade de cabos é deixada esta margem de reserva. 	(A)
11	Deve ser mantida uma distância mínima entre os cabos de comunicação e energia elétrica, segundo define a norma EIA /TIA-569 [EIA/TIA569 -85].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Esta regra é verificada todas as vezes que é inserido um duto no sistema de distribuição do campus, vertical e horizontal de teto falso e moldável. 	(A), (C)

Tabela 5.2 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado comuns aos Sistemas de Distribuição do Campus, Vertical e Horizontal (Cont.)

Sistemas de Cabeamento do Campus e Vertical				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
1cv	A sala de entrada deve ter no mínimo 3,66 x 1,93 m ² [EIA/TIA569 - 82].	(R)	• Através de recursos da barra de ferramentas, pode-se selecionar uma sala e atribuir-lhe a função de sala de entrada. É verificado, então, se a sala selecionada tem a área mínima de 7 m ² e satisfaz os requisitos mínimos de área definidos nas tabelas correspondentes da norma.	(C)
2cv	Podem-se utilizar cabos: 100Ω -UTP, 150 Ω - STP, fibra 62,5/125 μm ou fibra monomodo para redes <i>backbone</i> [EIA/TIA568 - 22]. As fibras monomodo possuem um núcleo com diâmetro que varia de 8,7μm até 10 μm [EIA/TIA568 - 83].	(R)	• Através dos comandos projeta e formata , podem ser selecionados os tipos de cabos a serem empregados para cada categoria de aplicação. No caso do sistema vertical, é selecionado, como <i>default</i> , o cabo UTP - Categoria 5 - 100 Ω, enquanto, para o sistema do campus é selecionado o cabo de fibra 62,5/125μm. Opções não aderentes à norma causam a emissão de mensagens de advertência.	(S,C)
3cv	As redes <i>backbones</i> suportadas por cabos UTP podem empregar cabos de 25 pares [EIA/TIA568 - 44].	(R)	• Nos comandos projeta e formata , quando é selecionado o cabo UTP - Categoria 5 - 100 Ω, como <i>default</i> é especificado o número de pares igual a 25. Se for definido um número de pares diferente, é apresentada uma mensagem de advertência.	(S,C)
4cv	As redes <i>backbones</i> suportadas por fibra podem empregar cabos com agrupamento de 6 ou 12 fibras [EIA/TIA568 - 80].	(R)	• Nos comandos projeta e formata , quando é selecionado o cabo de fibra, como <i>default</i> é especificado o número de fibras igual a 12. Se for definido um número de fibras diferente (de 6 ou 12 fibras), é apresentada uma mensagem de advertência.	(S,C)
5cv	Os cabos dos <i>patch panels</i> dos quadros de distribuição prediais e do campus devem ter, no máximo, 20 m [EIA/TIA568 - 26] [ISO11801-25 e 30].	(R)	• Como <i>default</i> , os <i>patch cords</i> são especificados com 3 m de comprimento. No caso dos quadros de distribuição prediais e do campus, este comprimento pode ser alterado, através do comando formata , até o valor máximo de 20 m.	(A)
6cv	Os cabos de equipamentos de quadros de distribuição prediais e do campus devem ter, no máximo, 30 m [EIA/TIA568 - 26] [ISO11801-25 e 31].	(R)	Como <i>default</i> , os cabos de equipamentos são especificados com 3 m de comprimento. No caso dos quadros de distribuição prediais e do campus, este comprimento pode ser alterado, através do comando formata , até o valor máximo de 30 m.	(A)

Tabela 5.3 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado comuns aos Sistemas de Distribuição do Campus e Vertical e Horizontal.

Sistemas de Cabeamento Vertical e Horizontal				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
1vh	Segmentos de cabos coaxiais, como os usados em redes CSMA/CD, 10Base5 e 10Base2, não são suportados, visto que os cabos coaxiais não fazem parte de sistemas de cabeamento genéricos [ISO11801-115].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> No comando projeta, a seleção da opção de cabo coaxial causa a apresentação de uma mensagem de erro, informando que esta ferramenta não suporta cabo coaxial. Excepcionalmente, pode-se utilizar este tipo de cabo, especificando-o através do comando formata. 	(E)
2vh	Cabos instalados em área com circulação de ar devem ser revestidos com material não-propagante à chama.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Para os sistemas de distribuição horizontal de teto falso: os comandos insere e formata só disponibilizam a opção de cabo não propagante à chama (<i>plenum-rated</i>). Para interconexão de quadros de distribuição (satélite e intermediário ou intermediário e predial) de um mesmo andar, o comando formata só disponibiliza a opção de cabo não propagante à chama (<i>plenum-rated</i>). 	(A)
3vh	Cabos de telecomunicação não devem ser colocados diretamente sobre nenhum tipo de ponto de luz, principalmente aqueles com lâmpadas fluorescentes.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Para o sistema de distribuição horizontal de teto falso, é verificado: <ul style="list-style-type: none"> Se a distância entre o teto falso e o teto do prédio for ≥ 340 mm, os cálculos são realizados considerando que os dutos devem ser instalados a uma altura (eixo z) de 300 mm das luminárias. Se esta distância for < 340 mm, os dutos e cabos de telecomunicações não devem passar a uma distância (eixos x e y) de 300 mm das luminárias. Esta regra é verificada, também, na interconexão de quadros satélites e intermediários, quadros intermediários e predial de um mesmo andar, e tomadas e quadros de distribuição (sistema horizontal moldável). 	(C)

Tabela 5.4 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado comuns aos Sistemas de Distribuição Vertical e Horizontal

Sistema de Cabeamento do Campus				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
1c	As normas aplicam-se a uma extensão de 3000 m, uma área de escritório de até 1.000.000 m ² e uma população entre 50 a 50.000 pessoas [ISO 11801-6].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Quando é selecionado o comando de criação de um arquivo (comando arquivo novo), que deve conter o projeto do sistema de cabeamento de um campus, é solicitado que sejam fornecidas as dimensões desse campus. Se não forem satisfeitas as restrições impostas pelas normas, o arquivo correspondente não é criado e é apresentada uma mensagem de erro. 	(E)
2c	A distância máxima do quadro de distribuição do campus e os quadros de distribuição prediais deve ser igual a 800 m para cabo UTP e 2000 m para cabo de fibra 62,5/125 µm. Distâncias maiores, até 3000 m, podem ser obtidas com cabos de fibra monomodo [ISO11801 - 30] [EIA/TIA569 - 25].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A representação de cabos usados na interconexão destes tipos de quadros é realizada através de opções da barra de ferramentas de desenho de comunicação. A operação é somente realizada se não for excedida as distâncias especificadas pelas normas (800 m para cabo UTP e 2000 m para fibra). 	(A,E)
3c	O quadro de distribuição do campus deve estar localizado em uma posição central [EIA/TIA568-23].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> A localização do quadro de distribuição do campus é determinada a partir do ponto central da área do campus. 	(S)
4c	A rota dos dutos deve ser paralela a calçadas e ruas, mantendo-se uma distância de aproximadamente 2 m da fronteira dos prédios) [EIA/TIA569-77].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Durante a operação de inserção de dutos, usados na passagem de cabos entre os quadros de distribuição prediais e do campus, verifica-se se é mantida a distância mínima entre estes dutos e a fronteira dos prédios. 	(A), (E)
5c	Quando forem utilizados quatro ou mais conduites para passagem do sistema de cabeamento do campus, tais conduites devem ser chumbados em cimento [EIA/TIA569 - 73].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Esta regra é apresentada na forma de mensagem de advertência todas as vezes que é inserido um conjunto de mais de 4 dutos no campus. 	(C)

Tabela 5.5 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição do Campus.

Sistema de Cabeamento do Campus				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
6c	Os dutos e conduites subterrâneos não devem ter mais que duas flexões de 90°. Tais flexões devem ser protegidas por uma estrutura de cimento [EIA/TIA569-73].	(O)	• Todas às vezes que é inserido um duto é verificado se não há mais do que duas flexões para cada trecho de duto existente entre duas caixas de junção ou dois <i>manholes</i> .	(A), (E)
7c	Recomenda-se utilizar fibra óptica e se necessário cabos balanceados (UTP ou STP) para redes <i>backbones</i> de campus [ISO 11801 - 23].	(R)	• As características dos cabos de um projeto são especificadas através do comando projeta e podem ser alteradas através do comando formata . A opção preferencial para o sistema de distribuição do campus é para cabos de fibra, tendo como alternativas os cabos UTP e STP.	(S)
8c	Os <i>manholes</i> são usados para puxar cabos através dos dutos e conduites. Recomenda-se que seja mantida a distância máxima de 150 m entre os mesmos [EIA/TIA569 -76].	(R)	• A verificação da distância mantida entre os <i>manholes</i> é realizada todas às vezes que é inserido um novo <i>manhole</i> e através da ativação do comando projeta - verificação de parâmetros.	(A), (C)
9c	As dimensões máximas aceitas para um <i>manhole</i> devem ser 1,2 x 0,76 x 0,91 m (C x L x A) [EIA/TIA569 - 77].	(O)	• Através do comando formata é possível alterar as dimensões de um <i>manhole</i> , sendo aceitos, como valores máximos, aqueles especificados através das normas.	(E)

Tabela 5.5 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição do Campus (Cont.)

Sistema de Cabeamento Vertical				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
1v	A sala de equipamentos deve ter no mínimo 14 m ² . Costuma-se adotar a relação de 0,07 m ² de área para a sala de equipamentos para cada área de trabalho, ou, 10 m ² [EIA/TIA569 - 67].	(O)	• Através de recursos da barra de ferramentas, pode-se selecionar uma sala e atribuir-lhe a função de sala de equipamentos. É verificado, então, se a sala selecionada tem a área mínima de 14 m ² e mantém a relação de 0,07 m ² para cada área de trabalho de 10 m ² .	(E)
2v	A sala de equipamentos deve ser alocada em um local de fácil expansão, sem restrições impostas por paredes permanentes, dutos de elevador ou escadas e não deve oferecer acesso ao sistema central de ar condicionado [EIA/TIA569 - 65].	(R)	• Quando é selecionada uma sala de equipamentos é verificado se a mesma faz fronteira com salas ou paredes permanentes, como são os casos das paredes de um vão de elevador e de escadas, e com o sistema central de ar condicionado do prédio.	(C)
3v	É desejável ter a sala de equipamentos próxima aos dutos da rede <i>backbone</i> do prédio (<i>backbone pathway</i>) [EIA/TIA569 - 66].	(R)	• Todas às vezes que é selecionada uma sala de equipamentos, verifica-se a sua proximidade com o quadros de distribuição intermediários que são ligados entre si através da rede <i>backbone</i> vertical. Se a posição de tais quadros não estiver, ainda, definida, pode-se tomar, como referência, os quadros de telefonia, que costumam ser usados para passagem dos cabos desta rede <i>backbone</i> .	(C)
4v	O sistema de cabeamento vertical não deve ser instalado em vãos de elevador [EIA/TIA569 - 51].	(R)	• Nas plantas de cada andar de um prédio, devem ser representados os locais dos vãos de elevadores e dos quadros de distribuição intermediários que devem ser ligados através do <i>backbone</i> do sistema vertical. É verificado se a posição destes quadros coincide com a de vãos de elevadores e, se ocuparem áreas vizinhas, mensagens de advertência são apresentadas.	(A), (C)
5v	Pode existir mais de um quadro de distribuição em uma sala de equipamentos [ISO 11801-24].	(EP)	• Através da barra de ferramentas, podem ser inseridos quadros de distribuição satélites, intermediários, prediais ou do campus na sala de equipamentos previamente definida.	(A)

Tabela 5.6 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Vertical.

Sistema de Cabeamento Vertical				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
6v	Não devem existir mais que dois níveis hierárquicos de quadros de distribuição no cabeamento da rede <i>backbone</i> de um prédio [EIA/TIA568-19 e 20].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Isto é garantido pelo fato das tomadas serem conectadas diretamente aos quadros de distribuição intermediários e esses ao quadro de distribuição predial. Fazem-se exceções nos casos em que é necessário se empregar quadros de distribuição satélites devido às distâncias envolvidas serem superiores a 90 m, que é a distância máxima permitida entre uma tomada e um quadro de distribuição. 	(C)
7v	Não deve existir mais do que um bloco de conexão entre um quadro de distribuição intermediário e o quadro predial [ISO11801-20 e 28].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> São testados os tipos de componentes finais da conexão realizada através da inserção de um segmento de cabo. 	(A), (E)
8v	A distância máxima do quadro de distribuição do prédio e os quadros de distribuição intermediários deve ser igual a 500 m [ISO11801-25 e 30].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Quando é definida a posição dos quadros de distribuição intermediário e predial é verificado se é mantida esta distância máxima de 500 m. 	(E)
9v	Para aplicações de voz e dados (taxa de transmissão baixa a média) recomenda-se utilizar cabos balanceados (UTP ou STP). Para altas taxas de transmissão, recomenda-se utilizar fibra óptica [ISO11801-23].	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> As características dos cabos do sistema vertical, se necessário, podem ser alteradas, empregando-se o comando formata que adota, como opção <i>default</i>, o cabo UTP - Categoria 5. 	(S)
10v	Para cada área de 5000 m ² deve existir um conduíte com diâmetro de 100 mm para passagem de cabos entre andares além de dois outros conduítes de reserva [EIA/TIA569 -51].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Esta relação é usada para determinar a quantidade de conduítes necessária para atender a um determinado prédio e pode ser verificada através do comando projeta - verificação de parâmetros. O diâmetro do conduíte a ser empregado pode ser alterado a partir do comando formata, que aceita apenas os valores de diâmetro especificados pela norma [EIA/TIA569 - 54] para conduítes usados para este fim. 	(E)

Tabela 5.6 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Vertical (Cont.)

Sistemas de Cabeamento Horizontal				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
1h	A sala de distribuição deve estar localizada o mais próximo possível do ponto central da área a ser servida [EIA/TIA569 - 60].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A localização dos quadros de distribuição satélites e intermediários é determinada a partir de um ponto posicionado, a princípio, no centro da área a ser servida. 	(S)
2h	Para cada área de 1000 m ² , deve existir uma sala de distribuição de 3,0 x 3,4 m ² [EIA/TIA569 - 62]. Para áreas menores que 500 m ² pode-se ter salas de distribuição com uma das seguintes dimensões: 1,3 x 1,3 m ² ou 0,6 x 2,6 m ² [EIA/TIA569 - 89]	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Quando é selecionada uma sala, onde vão ser colocados os quadros de distribuição satélite ou intermediário, é verificado se a mesma possui 10 m², que é o tamanho mínimo para uma área servida de 1000 m² ou 1,5 m² para áreas inferiores a 500 m². 	(C)
3h	As salas de distribuição não devem ter teto falso [EIA/TIA569 - 62].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Através do comando formata, é possível especificar o sistema de distribuição horizontal de cada sala. Se tiver sido especificado o sistema de teto falso para sala que deve abrigar quadros de distribuição satélite ou intermediário, é apresentada uma mensagem de erro. 	(E)
4h	Deve existir um quadro de distribuição para cada 1000 m ² [ISO11801- 22] [EIA/TIA569 - 60].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Esta verificação pode ser efetuada através do comando projeta - verificação de parâmetros de projeto. 	(C)
5h	Deve existir um quadro de distribuição por andar. No caso, de muitos poucos pontos pode-se utilizar o quadro de distribuição do andar adjacente [ISO11801- 22].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Esta verificação pode ser efetuada através do comando projeta - verificação de parâmetros de projeto. 	(C)
6h	Pode-se utilizar cabos: 4 pares - 100 Ω -UTP, 2 pares - 150 Ω - STP ou 2 fibras 62,5/125µm. Recomenda-se a utilização de 4 pares 100Ω - UTP - Categoria 5 [EIA/TIA568 - 17].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Através do comando formata é possível alterar as características de um cabo do sistema de cabeamento horizontal. Como <i>default</i>, é selecionado o cabo UTP - Categoria 5. 	(S)

Tabela 5.7 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Horizontal.

Sistemas de Cabeamento Horizontal				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
13h	A distância máxima de uma tomada a um quadro de distribuição satélite ou intermediário deve ser de 90 m [ISO 11801 - 25 e 26] [EIA/TIA569 - 60].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A operação de inserção de um cabo conectando uma tomada a um quadro de distribuição só é efetivada se não for excedida esta distância máxima de 90 m. 	(E)
14h	A densidade mínima de tomadas deve ser igual a uma tomada, com dois tipos de acesso (dados e voz), para cada área de trabalho de 10 m ² [ISO11801 - 23] [EIA/TIA569 - 18].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Através do comando projeta, pode-se solicitar que seja verificada a observação de parâmetros de projeto, tal como a densidade de tomadas por áreas de 10 m². 	(C)
15h	Cada tomada deve suportar um acesso com cabo UTP e outro com cabo UTP, STP ou de fibra [ISO11801 - 23 e 28] [EIA/TIA569 - 18].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Na especificação das tomadas, que pode ser efetuada através dos comandos projeta, insere e formata, é obrigatório especificar pelo menos um conector adequado para cabo UTP. 	(A)
16h	As centrais de controle, de atendimento e áreas de recepção demandam uma quantidade maior de tomadas para conexão de equipamentos de rede [EIA/TIA569 - 58].	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> A densidade de pontos de um determinado tipo de sala pode ser alterada através dos comandos projeta e insere sala e verificada através do comando projeta - verificação de parâmetros. 	(C)
17h	Podem ser empregadas tomadas com múltiplos conectores com capacidade para servir entre 6 a 12 áreas de trabalho [EIA/TIA568 - 112].	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> Na especificação das tomadas, que pode ser efetuada através dos comandos projeta, insere e formata, é permitido especificar tomadas com até 36 conectores para atender 12 áreas de trabalho com aplicações de dados, voz e vídeo. 	(C)
18h	Para cada tomada de telecomunicação deve existir uma tomada elétrica próxima [EIA/TIA569 - 59].	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> A representação dos objetos de desenho elétrico permite que esta verificação seja realizada quando da inserção dos objetos de desenho de comunicação (e.g., tomada). 	(C)
19h	A distância mínima entre uma tomada de comunicação e uma tomada elétrica deve ser de 30 cm.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> A representação dos objetos de desenho elétrico permite que esta verificação seja realizada quando da inserção dos objetos de desenho de comunicação (e.g., tomada). 	(C)
20h	Deve-se utilizar dutos separados ou dutos com áreas particionadas distintas para os sistemas de cabeamento elétrico e de telecomunicação.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Se no comando insere, a opção compartilhamento com cabeamento elétrico é selecionada, somente dutos que suportam esta funcionalidade são disponibilizados como opção no comando formata (sistemas sob piso e moldável). 	(A)

Tabela 5.7 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Horizontal (Cont.)

Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
1p	Os dutos principais devem estar separados entre si de uma distância entre 1520 a 1825 mm a partir de um ponto central do andar [EIA/TIA569 -18].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Através do comando insere, pode ser especificada a distância a ser mantida entre os dutos principais. Se for solicitada a inserção automática dos dutos, através do comando replica, esta regra é automaticamente respeitada. Caso contrário, cada operação de inserção de duto é realizada mediante a verificação de tal regra. 	(A), (E)
2p	Os dutos, adjacentes às paredes externas do prédio, devem estar entre 450 a 600 mm dessas paredes e pilares [EIA/TIA569 -18].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Se for solicitada a inserção automática dos dutos, através do comando replica, esta regra é automaticamente respeitada. Caso contrário, cada operação de inserção de duto é realizada mediante a verificação de tal regra. 	(A), (E)
3p	Se os dutos principais tiverem uma extensão superior a 18 m, deve-se colocar dutos de alimentação adicionais de modo que a distância entre as caixas de junção não seja superior a 18 m. [EIA/TIA569-20].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Na elaboração do projeto, podem ser inseridos os dutos principais e de alimentação em qualquer ordem. Durante a inserção de um duto de um tipo, visto que já existem dutos do outro tipo representados, é verificado se a distância máxima de 18 m é mantida entre as caixas de junção. 	(A), (E)
4p	Devem ser mantidas as distâncias mínima de 3 m e máxima de 9 m entre as caixas de passagem, junção e terminação.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Através do comando insere, pode ser especificada a distância mínima a ser mantida entre as caixas de junção. Se for solicitada a inserção automática das caixas de junção, através do comando replica, esta regra é automaticamente respeitada. Caso contrário, cada operação de inserção de uma caixa de junção é realizada mediante a verificação de tal regra. 	(A), (C)

Tabela 5.8 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso.

Sistema de Distribuição Horizontal de Teto Falso				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
1t	Cada andar deve ser dividido em blocos com uma área aproximada de 35 a 82 m ² (365 a 900 pés ²) (entre 4 colunas adjacentes do prédio) [EIA/TIA569-44].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> O sistema permite a criação de blocos de concentração, cujas dimensões são definidas pelo projetista. Tal operação de criação não é efetivada se suas restrições de área não forem satisfeitas. 	(A)
2t	O teto falso deve ficar a uma altura máxima de 3,4 m do piso [EIA/TIA569-43].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Isto é verificado através do comando insere, quando são fornecidas as características do sistema de distribuição horizontal a ser projetado (2,5 m < Pé-Direito - Distância-Tetos < 3,4 m). 	(C)
3t	Deve ser mantida uma distância mínima de 75 mm (3 pol.) entre o teto falso e o teto da estrutura do prédio [EIA/TIA569-43].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Isto é verificado através do comando insere, quando são fornecidas as características do sistema de distribuição horizontal a ser projetado. 	(E)
4t	A distância mínima de 30 cm deve ser mantida sobre uma bandeja de cabos [EIA/TIA569 - 42].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Quando é inserido um duto, do tipo bandeja, no teto, é verificado se é possível manter esta distância. Para tanto, é necessário que a distância entre os tetos (teto do prédio e teto falso) seja, obrigatoriamente, maior que 30 cm. 	(E)
5t	Dutos abertos devem ser colocados, no mínimo, a 120 mm de pontos de luz fluorescente [EIA/TIA569-84].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> No caso do projeto de um sistema horizontal de teto falso, é obrigatório representar componentes básicos da instalação elétrica, como por exemplo, a posição dos pontos de luz existentes no teto. Tais informações são usadas para verificar se é mantida a distância mínima dos dutos de comunicação dos pontos de luz. 	(A), (E)
6t	Cabos e fios não devem ser colocados diretamente sobre o teto falso [EIA/TIA569-43].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Durante a elaboração do projeto de cabeamento, não é aceita a inserção de cabos sem que antes tenham sido inseridos os dutos usados para a sua passagem. 	(A)
7t	Caixas de passagem e junção devem ser espaçadas de 3 a 6 m.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Todas às vezes que uma caixa de passagem é inserida no projeto de cabeamento, é verificado se foi mantida a distância correta das caixas de passagem adjacentes existentes sobre o mesmo duto. 	(A), (C)
8t	O sistema de distribuição deve ser projetado para suportar uma carga três vezes maior do que o peso estimado para os cabos a serem instalados.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Esta recomendação é fornecida a nível de lista de componentes e de instalação. 	(C)

Tabela 5.9 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Horizontal de Teto Falso.

Sistema de Distribuição Horizontal Moldável				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação	Tipo Ação
1m	A capacidade de canaletas fixadas ao longo do perímetro das salas varia entre 30 a 60% dependendo do raio de flexão do cabo [EIA/TIA569 - 47].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Todas às vezes que é inserido um cabo em uma canaleta ou duto é verificado se não é excedido o índice máximo de ocupação, especificado como parâmetro de projeto através do comando projeta. 	(A), (C)
2m	A capacidade deve ser calculada através da soma da área de secção dos cabos dividido pela porcentagem de utilização [EIA/TIA569 - 47].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> O índice de ocupação de um duto é determinado pela divisão da soma da área de secção dos cabos pela área de secção do duto. É verificado se este índice é menor do que a porcentagem de utilização definida como parâmetro de projeto. 	(A), (E)

Tabela 5.10 - Descrição das Regras de Projeto e Ações da Ferramenta de Cabeamento Estruturado usadas no caso do Sistema de Distribuição Horizontal Moldável.

5.2.2.2 Regras de Projeto e Algoritmos

Conforme foi anteriormente explicado, foram definidos três modos de operação para esta ferramenta: modos manual, semi-automático e automático. A Tabela 5.11 mostra, para cada modo de operação, quais os tipos de componentes que têm ou podem ter o seu posicionamento definido pelo projetista ou pelo sistema, bem como se a especificação de sua identificação e o cálculo da quantidade de componentes gastos em um projeto de cabeamento estruturado são determinados pelo projetista ou pelo sistema. No caso da identificação dos componentes, são definidos, ainda, dois modos: o modo de identificação definida pelo projetista e o de identificação automática, que é gerada pelo sistema.

Tipos de Componentes de Distribuição	Tipos de Sistema de Distribuição																		
	Sistema do Campus			Sistema do Prédio															
				Sistema Vertical			Sistema Horizontal												
							Sob Piso			Teto Falso						Moldável			
										Oriç. Blocos			Livre						
M	S	A	M	S	A	M	S	A	M	S	A	M	S	A	M	S	A		
Qdro Distribuição	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sala Distribuição	na	na	na	na	na	na	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sala Equipamento	na	na	na	■	■	■	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Sala de Entrada	■	■	■	■	■	■	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Blocos	na	na	na	na	na	na	na	na	na	■	■	●	na	na	na	■	■	●	
Pontos Concentr.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	■	▲	●	na	na	na	■	▲	●	
Duto	■	▲	●	■	▲	●	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Duto Principal	na	na	na	na	na	na	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	
Duto Alimentação	na	na	na	na	na	na	■	▲	●	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Duto Secundário	na	na	na	na	na	na	na	na	na	■	▲	●	na	na	na	■	▲	●	
Tomada	na	na	na	na	na	na	■	▲	●	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tomada Ativa	na	na	na	na	na	na	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cabo	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	
Caixa de Junção	na	na	na	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	
Caixa Passagem	na	na	na	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	■	▲	●	
Caixa Terminação	na	na	na	na	na	na	■	▲	●	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Cantoneiras	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	■	▲	●	
Manholes	■	▲	●	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Id. Componentes	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Cal. Componentes	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legenda:

A	- Modo de Operação Automático	na	- Não Aplicável
M	- Modo de Operação Manual	S	- Modo de Operação Semi-Automático
■	- Ação do Projetista	●	- Ação do Sistema
▲	- Ação do Projetista ou do Sistema		

Tabela 5.11- Definição das Ações realizadas pelo Projetista ou Sistema para os diversos Modos de Operação

A partir da Tabela 5.11 é possível identificar os principais algoritmos que devem ser executados por essa ferramenta. As Tabelas 5.12 a 5.19 apresentam uma descrição macro destes algoritmos, ilustrando quais regras de projeto são aplicadas em cada caso (coluna Id.R.). Vale observar, ainda, que são apresentados apenas os algoritmos referentes ao modo de operação automático, que, por serem mais completos, acabam por englobar as funcionalidades dos algoritmos a serem aplicados nos outros modos de operação.

Sistema de Distribuição de um Campus		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Verificar a posição do quadro de distribuição do campus.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o ponto central da área coberta pelo campus que deve ser servida pelo quadro de distribuição do campus. • Verifica se este ponto recai sobre um prédio e se este prédio pode abrigar o quadro de distribuição do campus (e.g., prédio que contém uma central geradora de energia elétrica do campus não seria adequado). Em caso negativo, realiza o deslocamento deste ponto para o prédio mais próximo e efetua a mesma verificação. Este procedimento é repetido até que seja encontrado um prédio adequado. • Associa ao prédio selecionado a posição do quadro de distribuição do campus e aguarda confirmação do projetista. • Se o projetista alterar a posição do quadro, são repetidas as verificações realizadas anteriormente. 	1, 3c
Determinar a rota dos dutos no campus.	<ul style="list-style-type: none"> • Para cada prédio, <ul style="list-style-type: none"> - Determina a posição de sua entrada. - Define um trecho de duto que vai desde esta posição até o limite da calçada. - Define outro trecho de duto que percorre uma linha paralela à calçada até a posição do prédio, que contém o quadro de distribuição do campus. - Define, ainda, um outro trecho de duto usado para interligar o duto paralelo à calçada e a posição da entrada desse prédio. - Verifica se o comprimento total de todos os trechos não ultrapassa 800 m, se for empregado cabo UTP, ou 2000 m, cabo de fibra óptica (62,5/125µm). Em caso positivo, emite uma mensagem de erro indicando a causa do problema (o projetista pode alterar o tipo de cabo a ser empregado). 	1, 2c, 4c, 6c
Determinar a rota dos cabos do campus.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém a posição dos prédios, que contém quadros de distribuição prediais e o quadro de distribuição do campus. • Para cada prédio (que contém um quadro de distribuição predial), procede da seguinte maneira: <ul style="list-style-type: none"> - Obtém a rota do duto que o interliga ao prédio que contém o quadro de distribuição do campus. - Associa o cabo a esta rota do duto vertical. - Verifica se o índice de ocupação dos dutos não excedeu o índice máximo definido como parâmetro de projeto. Em caso positivo, emite uma mensagem de erro indicando que os dutos do campus não foram dimensionados corretamente. 	1, 2c, 5
Determinar a posição dos <i>manholes</i> usados no sistema de distribuição do campus.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina as posições em que há junção (intersecção) de dutos do campus ou esses dutos fazem ângulos $\leq 90^\circ$. • Determina posições intermediárias dos dutos do campus para colocação de <i>manholes</i>, de modo a garantir que a distância máxima entre os mesmos não ultrapasse 150 m. • Associa a cada uma dessas posições um <i>manhole</i>. 	8c
Determinar a identificação dos quadros de distribuição.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o modo de identificação selecionado. <ul style="list-style-type: none"> - Se for automática: <ul style="list-style-type: none"> ... Gera a identificação do quadro constituída da concatenação do tipo de quadro e de uma identificação numérica. 	2

Tabela 5.12 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição de um Campus pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado.

Sistema de Distribuição de um Campus		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determina a identificação dos <i>manholes</i> .	<ul style="list-style-type: none"> Determina o modo de identificação selecionado. <ul style="list-style-type: none"> Se for definida pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> ... Verifica se não há identificação repetida; Se for automática, para cada <i>manhole</i>: <ul style="list-style-type: none"> ... Determina qual a última identificação numérica atribuída para este tipo de componente; ... Incrementa esta identificação e atribui ao <i>manhole</i> corrente. 	2
Determinar a identificação dos cabos.	<ul style="list-style-type: none"> Determina o modo de identificação selecionado. <ul style="list-style-type: none"> Se for definida pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> ... Verifica se há não identificação repetida; Se for automática, para cada cabo: <ul style="list-style-type: none"> ... Determina o tipo de cabo (dado, voz e/ou vídeo). ... Determina a identificação dos quadros de distribuição que conecta. ... Determina o número de pares de fio (cabos UTP e STP) ou de fibras (cabo de fibra óptica) do cabo. ... Gera a identificação do cabo através da concatenação do seu tipo, identificação dos quadros conectados e seu número de pares ou fibras. 	2
Calcular a quantidade de cabos.	<ul style="list-style-type: none"> Obtém para cada quadro de distribuição predial, o número de conexões ativas do seu <i>patch panel</i> predial e determina o número de pares de cabo (cabos UTP ou STP) ou fibras (cabo de fibra óptica) necessário para ligar tal <i>patch panel</i> ao <i>patch panel</i> do campus do quadro de distribuição do campus. Determina para cada quadro de distribuição predial, o comprimento de cabo gasto para interconectá-lo ao quadro de distribuição predial, multiplica pelo número de pares de cabo ou pelo número fibras necessário para ligar os <i>patch panels</i> prediais e do campus destes dois quadros e divide pelo número de pares ou de fibras do cabo a ser empregado (usualmente, 25 pares para cabos UTP e STP e 12 fibras para cabos de fibra óptica). Soma 4 a 6 m de cabos junto aos quadros de distribuição. Determina o comprimento total de cabo através da soma do comprimento de cabo gasto na conexão de cada quadro de distribuição predial ao quadro de distribuição do campus. Soma ao comprimento total de cabo a margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	10
Calcular a quantidade total dos outros tipos de componentes de distribuição empregado no sistema do campus.	<ul style="list-style-type: none"> Determina a quantidade total de componentes de cada tipo gasto no sistema de distribuição. Soma à quantidade total de cada tipo de componente a margem de reserva especificada como parâmetro de projeto. 	

Tabela 5.12 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição de um Campus pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição de um Prédio		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id.R.
Verificar a posição dos quadros de distribuição satélites e intermediários.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o ponto central da área a ser servida por um quadro de distribuição satélite ou intermediário. • Verifica se este ponto não recai sobre alguma área proibitiva (e.g., vãos de elevadores, escada, banheiros, central de ar condicionado e central de distribuição elétrica). • Verifica se este ponto não recai sobre uma área aberta, portas ou janelas. • Verifica a sua proximidade de quadros de distribuição elétrica. • Verifica a sua proximidade de quadros de telefonia, que costumam ser usados para a passagem do cabeamento vertical. • Se for detectada alguma inconsistência, é apresentada uma mensagem de erro e solicitado ao projetista que defina uma outra posição para o mesmo, sendo repetidas todas as verificações anteriores. 	1, 3, 1h
Verificar o local da sala de distribuição.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se a sala selecionada engloba pelo menos um quadro de distribuição satélite e intermediário. • Verifica se a sala não possui nenhuma facilidade elétrica. • Verifica se a sala não possui teto falso. • Verifica se a sala selecionada possui as dimensões mínimas de $1,3 \times 1,3 \text{ m}^2$ ou $0,6 \times 2,6 \text{ m}^2$ para uma área servida menor que 500 m^2 e de $3,0 \times 3,4 \text{ m}^2$ para cada 1000 m^2. • Verifica as dimensões das portas da sala, que não podem ser menores que $0,91 \times 2,0 \text{ m}$. • Se for detectada alguma inconsistência, é apresentada uma mensagem de erro. 	3, 4, 1h, 2h, 3h
Verificar a posição do quadro de distribuição predial.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se a posição escolhida não recai sobre alguma área proibitiva (e.g., vãos de elevadores, escada, banheiros, central de ar condicionado e central de distribuição elétrica). • Verifica se este ponto não recai sobre uma área aberta, portas ou janelas. • Verifica a sua proximidade de quadros de distribuição elétrica. • Verifica a sua proximidade de quadros de telefonia, que costumam ser usados para a passagem do cabeamento vertical. • Se tiver sido definido o local da sala de equipamentos ou de entrada, este quadro deve estar contido em uma dessas salas. • Verifica se é mantida uma distância máxima de 500 m deste quadro a todos quadros intermediários do prédio. • Se for detectada alguma inconsistência, é apresentada uma mensagem de erro. 	3, 3v, 8v

Tabela 5.13 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para os Sistemas de Distribuição de um Prédio pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado.

Sistema de Distribuição de um Prédio		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id.R.
Verificar o local da sala de equipamentos.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se a sala selecionada engloba o quadro de distribuição predial, se a posição do mesmo já tiver sido definida. • Verifica se possui algum quadro de distribuição intermediário ou satélite ou um quadro de telefonia, que pode ser usado para passar os cabos verticais. • Verifica se a sala não possui paredes, que são as próprias paredes externas do prédio, e não faz fronteiras com vãos de elevador e escadas. • Verifica se a sala não possui nenhuma facilidade elétrica. • Verifica se a sala não possui teto falso. • Verifica se a sala tem no mínimo 14 m² e obedece a relação de 0,07 m² para cada área de 10 m² servida. • Verifica as dimensões das portas da sala que não podem ser menores que 0,91 x 2,0 m. • Se for detectada alguma inconsistência, é apresentada uma mensagem de erro. 	3, 4, 1v, 2v, 3v, 5v
Verificar a posição do quadro de distribuição campus.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se a posição escolhida não recai sobre alguma área proibitiva (e.g., vãos de elevadores, escada, banheiros, central de ar condicionado e central de distribuição elétrica). • Verifica se este ponto não recai sobre uma área aberta, portas ou janelas. • Verifica a sua proximidade de quadros de distribuição elétrica. • Se tiver sido definido o local da sala de entrada, verifica se este quadro está contido nesta sala. • Se for detectada alguma inconsistência, é apresentada uma mensagem de erro. 	3
Verificar o local da sala de entrada.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se a sala selecionada engloba o quadro de distribuição do campus, se a posição do mesmo já tiver sido definida. • Verifica se a sala não possui nenhuma facilidade elétrica. • Verifica se a sala não possui teto falso. • Verifica as dimensões da sala alocada para a sala de entrada, que deve ter a área mínima de 7 m² e atender aos requisitos de área definidos pela norma. • Verifica as dimensões das portas da sala que não podem ser menores que 0,91 x 2,0 m. • Se for detectada alguma inconsistência, é apresentada uma mensagem de erro. 	3, 4, 1cv
Calcular o comprimento total e número de conectores (RJ-45 <i>plug</i>) dos cabos de estação.	<p>Para aplicação de dados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determina o comprimento dos cabos: <ul style="list-style-type: none"> - Multiplica o comprimento do cabo de equipamento, definido como parâmetro de projeto, pelo número de tomadas ativas. - Adiciona ao comprimento total de cabo a parte referente à margem de reserva, definida como parâmetro de projeto. • Determina o número de conectores: <ul style="list-style-type: none"> - Duplica o número de tomadas ativas. - Adiciona a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	13h

Tabela 5.13 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para os Sistemas de Distribuição de um Prédio pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição de um Prédio		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id.R.
Calcular o comprimento e o número de conectores (RJ-45 <i>plug</i>) dos cabos de equipamentos de um quadro de distribuição satélite ou de um quadro de distribuição intermediário quando não existirem quadros satélites.	Para aplicação de dados: <ul style="list-style-type: none"> Determina o comprimento dos cabos: <ul style="list-style-type: none"> Multiplica o comprimento do cabo de equipamento, definido como parâmetro de projeto, pelo número de tomadas ativas. Adiciona ao comprimento total de cabo a parte referente à margem de reserva, definida como parâmetro de projeto. Determina o número de conectores: <ul style="list-style-type: none"> Duplica o número de tomadas ativas. Adiciona a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	12h
Calcular o comprimento e o número de conectores (RJ-45 <i>plug</i>) dos cabos de equipamentos de um quadro de distribuição intermediário, quando existirem quadros satélites.	Para aplicação de dados: <ul style="list-style-type: none"> Determina o comprimento dos cabos: <ul style="list-style-type: none"> Multiplica o comprimento do cabo de equipamento, definido como parâmetro de projeto, pelo número de portas do <i>patch panel</i> horizontal. Adiciona ao comprimento total de cabo a parte referente à margem de reserva, definida como parâmetro de projeto. Determina o número de conectores: <ul style="list-style-type: none"> Duplica o número de portas do <i>patch panel</i> horizontal. Adiciona a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	12h
Calcular o comprimento dos cabos de conexão dos <i>patch panels</i> (<i>patch cords</i> e <i>jumpers</i>) de um quadro de distribuição satélite e/ou intermediário.	Para aplicação de dados: <ul style="list-style-type: none"> Multiplica o comprimento do cabo conexão de <i>patch panel</i>, definido como parâmetro de projeto, pelo número de portas do <i>patch panel</i> horizontal (quadro de distribuição satélite) ou do <i>patch panel</i> vertical (quadro de distribuição intermediário). Adiciona ao comprimento total de cabo a parte referente à margem de reserva, definida como parâmetro de projeto. Para aplicação de voz: <ul style="list-style-type: none"> Multiplica o comprimento do cabo conexão de <i>patch panel</i>, definido como parâmetro de projeto, pelo número tomadas ativas (quadros de distribuição satélite e intermediário). Adiciona ao comprimento total de cabo a parte referente à margem de reserva, definida como parâmetro de projeto. 	12h
Determinar a quantidade de conectores (RJ-45 <i>plug</i>) para os cabos de conexão de <i>patch panels</i> (<i>patch cords</i>) de um quadro de distribuição satélite e/ou intermediário. Nota: No caso dos <i>jumpers</i> , não se empregam conectores.	Para aplicação de dados: <ul style="list-style-type: none"> Duplica o número de portas do <i>patch panel</i> horizontal (quadro de distribuição satélite) ou do <i>patch panel</i> vertical (quadro de distribuição intermediário). Adiciona a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. Para aplicação de voz: <ul style="list-style-type: none"> Duplica o número de tomadas ativas. Adiciona a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	

Tabela 5.13 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para os Sistemas de Distribuição de um Prédio pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição de um Prédio		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id.R.
Calcular o comprimento e o número de conectores (RJ-45 <i>plug</i>) dos cabos de equipamentos de um quadro de distribuição predial.	Para aplicação de dados: <ul style="list-style-type: none"> • Determina o comprimento dos cabos: <ul style="list-style-type: none"> - Multiplica o comprimento do cabo de equipamento, definido como parâmetro de projeto, pelo número de portas do <i>patch panel</i> vertical. - Adiciona ao comprimento total de cabo a parte referente à margem de reserva, definida como parâmetro de projeto. • Determina o número de conectores: <ul style="list-style-type: none"> - Duplica o número de portas do <i>patch panel</i> vertical. - Adiciona a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	12h
Calcular o comprimento dos cabos de conexão dos <i>patch panels</i> (<i>patch cords</i> e <i>jumpers</i>) de um quadro de distribuição predial.	Para aplicação de dados: <ul style="list-style-type: none"> • Multiplica o comprimento do cabo conexão de <i>patch panel</i>, definido como parâmetro de projeto, pelo número de portas do <i>patch panel</i> predial. • Adiciona ao comprimento total de cabo a parte referente à margem de reserva, definida como parâmetro de projeto. 	12h
Calcular o comprimento e o número de conectores (RJ-45 <i>plug</i>) dos cabos de equipamentos de um quadro de distribuição do campus.	Para aplicação de dados: <ul style="list-style-type: none"> • Determina o comprimento dos cabos: <ul style="list-style-type: none"> - Multiplica o comprimento do cabo de equipamento, definido como parâmetro de projeto, pelo número de portas do <i>patch panel</i> do campus. - Adiciona ao comprimento total de cabo a parte referente à margem de reserva, definida como parâmetro de projeto. • Determina o número de conectores: <ul style="list-style-type: none"> - Duplica o número de portas do <i>patch panel</i> do campus. - Adiciona a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	12h
Determinar a capacidade dos <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos setoriais de um quadro de distribuição satélite (quando estes existirem) ou horizontais de um quadro de distribuição intermediário (quando os quadros satélites não existirem e as tomadas forem conectadas diretamente ao quadro de distribuição intermediário).	<ul style="list-style-type: none"> • Inicia (zera) os parâmetros referentes ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e distribuidor óptico setoriais (ou horizontais) existentes no quadro de distribuição satélite (ou intermediário) considerado. • Varre todas as tomadas do andar que devem ser conectadas ao quadro de distribuição corrente. • Para cada tomada, <ul style="list-style-type: none"> - Determina o número de conectores, tipos de conectores e tipo de aplicação (dados, voz e dados); - Obtém o número total de pares de fio trançado e fibra óptica que são conectados a esta tomada. - Adiciona este número ao número total de conexões para par trançado e/ou fibra do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico. • Adiciona ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	

Tabela 5.13 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para os Sistemas de Distribuição de um Prédio pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição de um Prédio		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id.R.
Determinar a capacidade dos <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos horizontais de um quadro de distribuição satélite (quando estes existirem).	<ul style="list-style-type: none"> • Inicia (zera) os parâmetros referentes ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e distribuidor óptico horizontais existentes no quadro de distribuição satélite considerado. • Obtém o número de conexões (sem margem de reserva) do seu <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico setorial. • Calcula o número de conexões do seu <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico horizontais a partir da divisão do número de conexões do seu <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico setoriais pelo nível de concentração especificado como parâmetro de projeto. • Adiciona ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	
Determinar a capacidade dos <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos horizontais de um quadro de distribuição intermediário (quando existirem quadros de distribuição satélites).	<ul style="list-style-type: none"> • Inicia (zera) os parâmetros referentes ao número de conexões do <i>patch panel</i> e distribuidor óptico horizontais existentes no quadro de distribuição intermediário considerado. • Varre todos quadros de distribuição satélites do andar que devem ser conectados ao quadro de distribuição intermediário corrente. • Para cada quadro de distribuição satélite, <ul style="list-style-type: none"> - Obtém o número total de conexões (sem margem de reserva) dos seus <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos horizontais; - Adiciona este número ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico horizontais do quadro de distribuição intermediário corrente. • Adiciona ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	
Determinar a capacidade dos <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos verticais de um quadro de distribuição intermediário.	<ul style="list-style-type: none"> • Inicia (zera) os parâmetros referentes ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e distribuidor óptico verticais existentes no quadro de distribuição intermediário considerado. • Obtém o número de conexões (sem margem de reserva) do seu <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico horizontais. • Calcula o número de conexões do seu <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico a partir da divisão do número de conexões do seu <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico horizontal pelo nível de concentração especificado como parâmetro de projeto. • Adiciona ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	

Tabela 5.13 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para os Sistemas de Distribuição de um Prédio pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição de um Prédio		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id.R.
Determinar a capacidade dos <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos verticais do quadro de distribuição predial.	<ul style="list-style-type: none"> • Inicia (zera) os parâmetros referentes ao número de conexões do <i>patch panel</i> e distribuidor óptico verticais existentes no quadro de distribuição predial considerado. • Varre todos quadros de distribuição intermediários do prédio que devem ser conectados ao quadro de distribuição predial. • Para cada quadro de distribuição intermediário, <ul style="list-style-type: none"> - Obtém o número total de conexões (sem margem de reserva) dos seus <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos verticais; - Adiciona este número ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico verticais do quadro de distribuição predial corrente. • Adiciona ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	
Determinar a capacidade dos <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos prediais do quadro de distribuição predial.	<ul style="list-style-type: none"> • Inicia (zera) os parâmetros referentes ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e distribuidor óptico predial existente no quadro de distribuição predial considerado. • Obtém o número de conexões (sem margem de reserva) do seu <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico verticais. • Calcula o número de conexões do seu <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico prediais a partir da divisão do número de conexões do seu <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico verticais pelo nível de concentração especificado como parâmetro de projeto. • Adiciona ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	
Determinar a capacidade dos <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos do campus do quadro de distribuição do campus.	<ul style="list-style-type: none"> • Inicia (zera) os parâmetros referentes ao número de conexões do <i>patch panel</i> e distribuidor óptico do campus existentes no quadro de distribuição do campus considerado. • Varre todos quadros de distribuição prediais dos prédios do campus que devem ser conectados ao quadro do campus. • Para cada quadro de distribuição predial, <ul style="list-style-type: none"> - Obtém o número total de conexões (sem margem de reserva) dos seus <i>patch panels</i> e distribuidores ópticos prediais; - Adiciona este número ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico do quadro do campus. • Adiciona ao número total de conexões do <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico a parte referente à margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	
Determinar o número de <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos usados nos diversos tipos de quadro de distribuição.	<ul style="list-style-type: none"> • Para cada tipo de <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico (setorial, horizontal, vertical, predial e do campus), determina os modelos de <i>patch panels</i> e/ou distribuidores ópticos (número de portas/conexões) especificados como parâmetros de projeto. • Para cada tipo de quadro (satélite, intermediário, predial ou do campus) e cada tipo de <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico: <ul style="list-style-type: none"> - Obtém o seu número de conexões; - Determina a melhor combinação de modelos de <i>patch panel</i> e/ou distribuidor óptico, de modo a minimizar o custo total. 	

Tabela 5.13 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para os Sistemas de Distribuição de um Prédio pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição Vertical		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar a rota dos dutos.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém a posição dos quadros de distribuição intermediários existentes nos vários andares do prédio e do quadro predial. • Verifica se existem quadros de telefonia próximos a esses quadros de distribuição e se os quadros de telefonia de andares adjacentes são interligados através de dutos. Em caso positivo, é verificado, ainda, o índice de ocupação desses dutos e se o mesmo satisfaz à relação de três condutas com diâmetro de 100 mm para cada 5.000 m² de área servida. <ul style="list-style-type: none"> - Se tais condições forem satisfeitas, determina a rota de um duto interligando cada quadro de distribuição ao quadro de telefonia mais próximo. Tal rota é determinada, empregando-se os procedimentos especificados para o sistema de distribuição horizontal adotado em cada um dos andares do prédio a serem interligados através de tal sistema. - Se não existirem quadros e dutos de telefonia, que possam ser aproveitados, verifica se todos os quadros de distribuição intermediários estão alinhados segundo um eixo vertical (se existir mais de um quadro por andar, pode ser identificado mais de um eixo de alinhamento). <ul style="list-style-type: none"> ... Em caso positivo, determina a rota de um duto (s) (ou conjunto (s) de dutos) alinhado (s) a esse (s) eixo (s) interligando tais quadros ao quadro de distribuição predial. ... Em caso negativo, determina um eixo (s) vertical (is) que mantenha (m) a menor distância possível de todos os quadros de distribuição intermediários a serem interconectados (devem ser identificados tantos eixos quanto for o número de quadros por andar. Se o número de quadros por andar for variável, adota-se o número que tiver maior ocorrência) e verifica se a posição desse(s) eixo(s) não coincide(m) com um vão de elevador ou outra área proibitiva (e.g., central de ar condicionado). Em caso positivo, realiza o deslocamento adequado desse(s) eixo(s) vertical(is). Feito isso: <ul style="list-style-type: none"> • Determina a rota de um duto (s) (ou conjunto (s) de dutos) alinhado (s) a esse (s) eixo (s). • Determina a rota dos dutos horizontais usados para interconectar os quadros de distribuição intermediários e predial. No caso dos dutos horizontais, empregam-se os procedimentos especificados para o sistema de distribuição horizontal adotado em cada um dos andares do prédio a serem interligados através de tal sistema de cabeamento. • Verifica se a distância coberta pela rota do duto que interliga cada um dos quadros de distribuição intermediários ao quadro de distribuição predial não ultrapassa o limite de 500 m definido pelas normas. Em caso positivo, uma mensagem de erro é apresentada indicando o problema detectado. 	4v, 6v, 7v, 8v, 10v

Tabela 5.14 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Vertical pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado.

Sistema de Distribuição Vertical		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar a rota dos cabos.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém a posição dos quadros de distribuição intermediários e do quadro de distribuição predial. • Para cada quadro de distribuição intermediário, procede da seguinte maneira: <ul style="list-style-type: none"> - Obtém a rota do duto vertical que interliga este quadro ao quadro de distribuição predial. - Associa o cabo a esta rota do duto vertical. - Verifica se o índice de ocupação dos dutos não excedeu o índice máximo definido como parâmetro de projeto. Em caso positivo, emite uma mensagem de erro indicando que os dutos verticais não foram dimensionados corretamente. 	5
Determinar a posição das caixas de junção.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina as posições em que há junção (intersecção) entre os dutos horizontais e verticais. • Associa a cada uma dessas posições uma caixa de junção. 	
Determinar a posição das caixas de passagem.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se existem trechos de dutos horizontais ou verticais contínuos com comprimento maior do que o valor definido como parâmetro de projeto. • Em caso positivo, determina a posição central deste trecho de duto e associa à mesma uma caixa de passagem. 	
Calcular a quantidade de cabos.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém para cada quadro de distribuição intermediário, o número de conexões ativas do seu <i>patch panel</i> vertical e determina o número de pares de cabo (cabos UTP ou STP) ou fibras (cabo de fibra óptica) necessário para ligar tal <i>patch panel</i> ao <i>patch panel</i> vertical do quadro de distribuição predial. • Determina para cada quadro de distribuição intermediário, o comprimento de cabo gasto para interconectá-lo ao quadro de distribuição predial, multiplica pelo número de pares de cabo ou pelo número fibras necessário para ligar os <i>patch panels</i> verticais destes dois quadros e divide pelo número de pares ou de fibras do cabo a ser empregado (usualmente, 25 pares para cabos UTP e STP e 12 fibras para cabos de fibra óptica). • Soma 4 a 6 m de cabos junto aos quadros de distribuição. • Determina o comprimento total de cabo através da soma do comprimento de cabo gasto na conexão de cada quadro de distribuição intermediário ao quadro de distribuição predial. • Soma ao comprimento total de cabo a margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	10

Tabela 5.14 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Vertical pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição Vertical		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Calcular a quantidade total dos outros tipos de componentes de distribuição empregado no sistema vertical.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina a quantidade total de componentes de cada tipo gasto no sistema de distribuição. • Soma à quantidade total de cada tipo de componente a margem de reserva especificada como parâmetro de projeto. 	
Determinar a identificação dos quadros de distribuição.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o modo de identificação selecionado. <ul style="list-style-type: none"> - Se for definida pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> ... Verifica se a identificação não é repetida. - Se for automática: <ul style="list-style-type: none"> ... Gera a identificação do quadro corrente constituída da concatenação do tipo de quadro, sua identificação numérica e a identificação do andar corrente. 	2
Determinar a identificação dos cabos.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o modo de identificação selecionado. <ul style="list-style-type: none"> - Se for definida pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> ... Verifica se a identificação não é repetida; - Se for automática, para cada cabo: <ul style="list-style-type: none"> ... Determina o tipo de cabo (dado, voz e/ou vídeo). ... Determina a identificação dos quadros de distribuição que conecta. ... Determina o número de pares de fio (cabos UTP e STP) ou de fibras (cabo de fibra óptica) do cabo. ... Gera a identificação do cabo através da concatenação do seu tipo, identificação dos quadros conectados e seu número de pares ou fibras. 	2
Determina a identificação das caixas de junção e caixas de passagem.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o modo de identificação selecionado. <ul style="list-style-type: none"> - Se for definida pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> ... Verifica se a identificação não é repetida; - Se for automática, para cada caixa de junção (ou caixa de passagem): <ul style="list-style-type: none"> ... Determina qual a última identificação numérica atribuída para este tipo de componente; ... Incrementa esta identificação e atribui à caixa de junção (ou caixa de passagem) corrente. 	2

Tabela 5.14 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Vertical pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar a posição dos dutos principais.	<ul style="list-style-type: none"> Determina a posição central do andar. Determina a posição dos dutos principais a partir desse ponto central paralelo ao eixo longitudinal, de modo que sejam mantidas as distâncias de 1520 a 1825 mm entre os mesmos e de 450 a 600 mm das paredes externas do prédio. Determina o comprimento dos trechos de cada duto considerando a existência de obstáculos (e.g., colunas e escada) 	1, 1p, 2p
Determinar a posição dos dutos de alimentação.	<ul style="list-style-type: none"> Alinha sua posição com a posição de um quadro intermediário. Se houver obstáculo entre o duto principal e o quadro intermediário a serem conectados, desloca a posição do duto de alimentação adequadamente, mantendo a menor distância possível da sua posição original. Determina a posição dos demais dutos de alimentação, mantendo-se a distância máxima de 18 m entre os mesmos. 	3p
Determinar a posição das tomadas.	<ul style="list-style-type: none"> Determina a posição das tomadas sobre cada um dos dutos principais, mantendo-se a distância definida pelo projetista. Verifica se a posição das tomadas não coincide com a posição das junções dos dutos principais e de alimentação. Verifica se a distância das tomadas ao quadro de distribuição satélite ou intermediário mais próximo não excede 90 m. 	13h
Determinar a posição das caixas de terminação.	<ul style="list-style-type: none"> Determina as posições das extremidades dos dutos principais. Associa a cada uma dessas posições uma caixa de terminação. 	
Determinar a posição das caixas de junção.	<ul style="list-style-type: none"> Determina as posições em que há junção (intersecção) entre os dutos principais e secundários. Determina as posições onde os dutos realizam ângulos $\leq 90^\circ$. Associa a cada uma dessas posições uma caixa de junção. Obtém as posições das caixas de terminação. Verifica se está sendo mantida a distância máxima de 18 m entre caixas de junção adjacentes e as caixas de terminação. Caso isto não ocorra gera uma mensagem de advertência. 	3p
Determinar a posição das caixas de passagem.	<ul style="list-style-type: none"> Obtém as posições das caixas de junção e de terminação e das tomadas para cada duto principal. Determina, para cada duto principal, as posições das caixas de passagem, de modo que sejam mantidas as distâncias mínima de 3 m e máxima de 9 m das posições das caixas de junção, caixas de passagem adjacentes e caixas de terminação e que não coincidam com as posições das tomadas. Associa a cada uma dessas posições uma caixa de passagem. 	4p
Determinar as rotas dos cabos.	<ul style="list-style-type: none"> Verifica se o cabo está sendo utilizado para conectar uma tomada a um quadro de distribuição satélite ou intermediário. Determinar o menor caminho para os cabos (se houver mais de um quadro de distribuição satélite ou intermediário). Verifica se o comprimento do cabo da tomada ao quadro de distribuição não excede 90 m. Verifica se o raio de flexão do cabo não é superior a quatro vezes o diâmetro do cabo. Verifica se o índice de ocupação dos dutos não excedeu ao índice máximo definido como parâmetro de projeto. 	5, 9, 6v, 13h

Tabela 5.15 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal Sob Piso pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado

Sistema de Distribuição Horizontal de Teto Falso		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar blocos de concentração na área a ser servida.	<ul style="list-style-type: none"> Divide a planta do andar em blocos ou zonas de modo que os mesmos fiquem alocados entre colunas do prédio. Verifica se cada um desses blocos possui uma área entre 35 m² e o valor máximo, definido como parâmetro de projeto, que deve ser inferior a 82 m². Demarca a área reservada para cada bloco. 	1t
Determinar o quadro de distribuição de distribuição que deve servir cada bloco.	<ul style="list-style-type: none"> Determina qual o quadro de distribuição satélite ou intermediário (se não existirem quadros satélites) mais próximo de cada bloco. Associa a cada bloco o quadro de distribuição selecionado. 	
Determinar a posição dos pontos de concentração.	<ul style="list-style-type: none"> Determina o ponto central de cada bloco. Verifica se este ponto central não recai sobre alguma área proibitiva (e.g., vãos de elevadores, escada, banheiros, central de ar condicionado e central de distribuição elétrica) e se não coincide com algum ponto de luz. Se houver algum problema de consistência, realiza o deslocamento deste ponto, de modo que seja mantida a menor distância possível da sua posição original. 	1
Verificar a posição das tomadas.	<ul style="list-style-type: none"> Verifica se a posição da tomada não recai sobre alguma área proibitiva (e.g., vãos de elevadores, escada, banheiros, central de ar condicionado e central de distribuição elétrica). Verifica se a posição da tomada não recai sobre uma área aberta, portas ou janelas (posição x e y e altura da janela). Verifica se a posição da tomada não coincide com a de um quadro de distribuição de energia elétrica, um quadro de telefonia ou mesmo um quadro de distribuição de comunicação (satélite, intermediário, predial ou do campus). Verifica se é mantida a distância mínima de 30 cm (1 pé) entre a posição desta tomada e de alguma tomada elétrica próxima. Verifica se a distância da tomada ao quadro de distribuição satélite ou intermediário mais próximo não excede 90 m. 	13h, 18h, 19h, 6t
Determinar a rota dos dutos principais.	<ul style="list-style-type: none"> Determina a rota do duto principal, que é usado para interligar um ponto de concentração a um quadro de distribuição satélite ou intermediário. Verifica se o duto não cruza alguma área proibitiva (e.g., vãos de elevadores, escada, banheiros e central de ar condicionado). Verifica se não há sobreposição com outro duto já existente. Verifica a proximidade de dutos de distribuição de energia elétrica, de modo a garantir as condições de distância mínima definida em [EIA/TIA569 - 85 - Tabela 10.4 -1]. Verifica se não há sobreposição com pontos de luz. Se for empregada bandeja, verifica se é possível manter a distância mínima de 300 mm entre a mesma e o teto do prédio. Se o duto for aberto, verifica se é mantida a distância mínima de 120 mm dos pontos de luz fluorescente. 	11, 3vh, 4t, 5t, 6t

Tabela 5.16 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal de Teto Falso pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado.

Sistema de Distribuição Horizontal de Teto Falso		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar a rota de dutos secundários.	<ul style="list-style-type: none"> Determina a rota do duto secundário, que deve se originar em um ponto de concentração (<i>layout</i> orientado a blocos) ou em um quadro de distribuição (<i>layout</i> livre) e terminar em uma tomada, de modo que seja o caminho mais curto entre estes dois pontos. Verifica se o duto não cruza alguma área proibitiva (e.g., vãos de elevadores, escada, banheiros e central de ar condicionado). Verifica se não há sobreposição com outro duto já existente. Verifica a proximidade de dutos de distribuição de energia elétrica, de modo a garantir as condições de distância mínima definida em Tabela 10.4 -1 [EIA/TIA569 - 85]. Verifica se não há sobreposição com pontos de luz. Se o duto for aberto, verifica se é mantida a distância mínima de 120 mm dos pontos de luz fluorescente. Se uma dessas condições não for satisfeita, define uma nova rota para este duto deslocada em relação a original, de modo a satisfazer tais condições. 	11, 3vh, 5t
Determinar as rotas dos cabos.	<ul style="list-style-type: none"> Para cada bloco definido para este andar, obtém a posição do quadro de distribuição que serve este bloco. Obtém posição do ponto de concentração que serve este bloco. Obtém informações sobre o duto principal usado para interligar este quadro a tal ponto (<i>layout</i> orientado a blocos). Obtém informações sobre os dutos secundários usados para conectar as tomadas deste bloco ao seu ponto de concentração (<i>layout</i> orientado a blocos) ou para conectar as tomadas ao quadro de distribuição (<i>layout</i> livre). Para cada tomada deste bloco, procede-se da seguinte maneira: <ul style="list-style-type: none"> Determina qual duto secundário deve ser utilizado para conectar a tomada ao ponto de concentração deste bloco (<i>layouts</i> orientado a blocos e livre). Associa a rota do cabo às rotas desse duto secundário (<i>layouts</i> orientado a blocos e livre) e do duto principal (<i>layout</i> orientado a blocos) desse bloco. Verifica se o índice de ocupação dos dutos não excedeu o índice máximo definido como parâmetro de projeto. Verifica se o raio de flexão do cabo não é superior a quatro vezes o diâmetro do cabo. Determina o comprimento do cabo da tomada ao quadro de distribuição e verifica se o mesmo não excede 90 m. No caso de inconsistência, emite uma mensagem de erro. 	5, 9, 6v, 9h, 13h
Determinar a posição das caixas de junção.	<ul style="list-style-type: none"> Determina as posições em que há junção entre os dutos. Determina as posições onde os dutos realizam ângulos $\leq 90^\circ$. Associa a cada uma dessas posições uma caixa de junção. 	
Determinar a posição das caixas de passagem.	<ul style="list-style-type: none"> Obtém as posições das caixas de junção para cada duto principal (<i>layout</i> orientado a blocos). Determina, para cada duto principal, as posições das caixas de passagem, mantendo-se as distâncias mínima e máxima de 3 e 6 m das posições das caixas de junção e passagem adjacentes. Associa a cada uma dessas posições uma caixa de passagem. 	7t

Tabela 5.16 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal de Teto Falso pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição Horizontal Moldável		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Verificar a posição das tomadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se a posição da tomada não recai sobre alguma área proibitiva (e.g., vãos de elevadores, escada, banheiros, central de ar condicionado e central de distribuição elétrica). • Verifica se a posição da tomada não recai sobre uma área aberta, portas (coordenadas x e y) ou janelas (coordenadas x, y e z). • Verifica se a posição da tomada não coincide com a de um quadro de distribuição de energia elétrica, um quadro de telefonia ou mesmo um quadro de distribuição de comunicação (satélite, intermediário, predial ou do campus). • Verifica se é mantida a distância mínima de 30 cm (1 pé) entre a posição desta tomada e de alguma tomada elétrica próxima. • Verifica se a distância da tomada ao quadro de distribuição satélite ou intermediário mais próximo não excede 90 m. 	13h, 14h, 19h
Determinar blocos de concentração na área a ser servida.	<ul style="list-style-type: none"> • Divide a planta do andar em blocos de modo que os mesmos fiquem alocados entre colunas do prédio, abranjam salas inteiras e que cada bloco possua uma área entre 35 m² e o valor máximo, definido como parâmetro de projeto, que deve ser inferior a 82 m². • Se já tiver sido definida a posição das tomadas, avalia o nível de concentração das mesmas nos blocos. Se houver uma diferença muito grande entre os níveis de concentração dos diversos blocos, redimensiona os blocos mais discrepantes de forma a tornar o mais uniforme possível a distribuição das tomadas entre os mesmos e a satisfazer as restrições de inclusão de salas inteiras e de limite mínimo e máximo de área, anteriormente, definidas. • Demarca a área reservada para cada bloco. 	1t
Determinar o quadro de distribuição que deve servir cada bloco.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina qual o quadro de distribuição satélite ou intermediário (se não existirem quadros satélites) mais próximo de cada bloco. • Associa a cada bloco o quadro de distribuição selecionado. 	

Tabela 5.17 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal Moldável pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado

Sistema de Distribuição Horizontal Moldável		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar pontos de concentração.	<ul style="list-style-type: none"> • Inicia o número de pontos de concentração com o valor zero. • Verifica se existe alguma área proibitiva (e.g., vãos de elevadores, escada e banheiros) adjacente às paredes externas do bloco, através das quais devem ser passados os dutos. • Se não existir nenhuma área proibitiva: <ul style="list-style-type: none"> - Escolhe os dois pontos, dos quatro pontos correspondentes aos cantos do bloco, mais próximos do quadro satélite ou intermediário que deve servir as tomadas deste bloco. - Divide o bloco em duas sub-áreas de modo que cada um dos dois pontos selecionados corresponda a um canto de uma das duas sub-áreas. - Associa cada ponto de concentração a uma sub-área e atribui ao número de pontos de concentração o valor dois. • Se existirem áreas proibitivas adjacentes às paredes externas do bloco: <ul style="list-style-type: none"> - Escolhe os dois pontos, dos quatro pontos correspondentes aos cantos do bloco, mais próximos do quadro satélite ou intermediário que deve servir as tomadas deste bloco. - Divide o bloco em duas sub-áreas iguais de modo que cada um dos dois pontos selecionados corresponda a um canto de uma das duas sub-áreas. - Se uma das sub-áreas não contém áreas proibitivas: <ul style="list-style-type: none"> ... Associa a essa sub-área, o ponto de concentração nela contido e atribui ao número de pontos de concentração o valor um. - Para cada uma das sub-áreas restantes que contém áreas proibitivas: <ul style="list-style-type: none"> ... Determina o eixo central do bloco original, que faz fronteira com as duas sub-áreas definidas anteriormente. ... Determina a coordenada x (ou y) deste eixo, se o mesmo for paralelo ao eixo x (ou y). ... Determina a coordenada y (ou x) deste eixo, que corresponde à extremidade do bloco mais próxima do quadro de distribuição associado a esse bloco. ... Define um ponto de concentração com essas coordenadas (x, y). ... Determina a coordenada y_1 (ou x_1) que corresponda ao início de uma área proibitiva. ... Define uma nova sub-área limitada pelos eixos y e y_1, pelo próprio eixo central do bloco e pela parede externa do bloco paralela a este eixo. ... Associa a esta sub-área o ponto de concentração definido anteriormente e incrementa o número de pontos de concentração. ... Define um novo ponto de concentração com as coordenadas (x, y_1) (ou (x_1, y)) e repete o mesmo procedimento para a definição de uma nova sub-área. Este procedimento é repetido até que a coordenada y (ou x) coincida com a coordenada de uma das extremidades do bloco. 	1

Tabela 5.17 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal Moldável pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição Horizontal Moldável		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar a rota dos dutos principais.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o tipo de montagem (nível do piso, nível intermediário da parede, nível do teto ou teto) definido para o andar. • Para cada bloco definido para este andar: Obtém a posição do quadro que serve este bloco. Obtém a posição dos seus pontos de concentração. Para cada um desses pontos de concentração: <ul style="list-style-type: none"> - Determina a parede mais próxima do quadro de distribuição na direção ao bloco considerado. - Define o trecho de rota do duto principal que vai do quadro de distribuição até esta parede. - Define outro trecho desta rota que corra em paralelo a esta parede em direção ao ponto de concentração até que se atinja uma posição, que esteja alinhada a esse ponto em relação a um dos eixos (x ou y). Se a parede, tomada como referência, terminar antes de atingir tal posição, verifica-se se existe alguma parede perpendicular à primeira na direção do ponto de concentração. ... Em caso positivo, define um trecho de rota paralelo a esta parede. ... Em caso negativo, se existir uma parede perpendicular à primeira em direção oposta ao do ponto de concentração, verifica se este delimita uma área proibitiva. <ul style="list-style-type: none"> • Se delimitar uma área proibitiva, define um trecho de rota que contorne esta área. • Caso contrário, prolonga o trecho original de modo a cruzar tal área. <p>Novos trechos são criados, desta mesma maneira, até que se atinja uma posição, que esteja alinhada ao ponto de concentração em relação a um dos eixos (x ou y).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Define um outro trecho desta rota que corra no próprio eixo (x ou y) alinhado com o ponto de concentração até que se atinja a posição do próprio ponto. <p>Para cada trecho de duto, verifica se não há cruzamento com um outro duto. Se o tipo de montagem for nível do teto ou teto, verifica, também, a proximidade de dutos de distribuição de energia elétrica, de modo a garantir as condições de distância mínima definida na Tabela 10.4 - 1[EIA/TIA569 - 85], e se não há sobreposição com pontos de luz. Se o tipo de montagem for nível intermediário da parede, verifica se é possível fixar um duto na parede.</p> <ul style="list-style-type: none"> ... Se houver alguma inconsistência, altera a direção da rota do trecho de duto de modo a não cruzar outro duto, desloca este trecho mantendo a distância adequada dos dutos elétricos e pontos de luz ou emite uma mensagem de erro indicando a impossibilidade de se usar este tipo de montagem. 	1, 11, 3vh

Tabela 5.17 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal Moldável pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição Horizontal Moldável		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar a rota de dutos secundários.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o tipo de montagem (nível do piso, nível intermediário da parede, nível do teto ou teto) definido para o andar corrente. • Para cada sub-área de cada bloco, segue os seguintes procedimentos: <ul style="list-style-type: none"> - Obtém a posição das áreas proibitivas (e.g., vão de elevador) e obstáculos (e.g., porta) existentes dentro de cada área. - Obtém a posição do seu ponto de concentração. - Determina, a partir do seu ponto de concentração, a rota dos dutos secundários que devem percorrer toda a parede externa do bloco contida nesta sub-área. - Se esta rota cruzar ou terminar em uma parede interna do bloco, é definida uma ramificação desta rota paralela a esta parede. - Se esta ramificação cruzar ou terminar em um outra parede interna do bloco, é definida uma outra ramificação paralela a esta parede. A partir daí, outras ramificações podem ser criadas, empregando-se o mesmo procedimento, sendo o comprimento de qualquer ramificação limitado pelas fronteiras da sub-área corrente, pela existência de algum obstáculo (e.g., porta) interno ao bloco e pelo cruzamento com uma outra ramificação ou com a própria rota principal. - Ao término da determinação da rota dos dutos secundários para uma determinada sub-área, é verificado se existem trechos de rota que não possuem ramificações nem contêm tomadas. Tais trechos são removidos. - Para toda a rota do duto e suas ramificações, verifica se não há cruzamento com outro duto ou sobreposição com um duto de natureza distinta. Se o tipo de montagem for nível do teto ou teto, verifica, também, a proximidade de dutos de distribuição de energia elétrica, de modo a garantir as condições de distância mínima definida na Tabela 10.4 - 1 [EIA/TIA569 - 85], e se não há sobreposição com pontos de luz. Se o tipo de montagem for nível intermediário da parede, verifica se é possível fixar um duto na parede. ... Se houver alguma inconsistência, emite uma mensagem de erro indicando a impossibilidade passar dutos atendendo todas às tomadas e explicando a sua causa. 	1, 11, 3vh

Tabela 5.17 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal Moldável pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Sistema de Distribuição Horizontal Moldável		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar as rotas dos cabos.	<ul style="list-style-type: none"> • Para cada bloco definido para este andar, obtém a posição do quadro de distribuição que serve este bloco. - Para cada sub-área desse bloco, obtém a posição do seu ponto de concentração. ... Para cada tomada contida nessa sub-área, procede da seguinte maneira: <ul style="list-style-type: none"> • Obtém a rota do duto secundário que interliga esta tomada ao correspondente ponto de concentração. • Associa o cabo a esta rota do duto secundário. • Verifica se o índice de ocupação dos dutos não excedeu o índice máximo definido como parâmetro de projeto. Em caso positivo, emite uma mensagem de erro indicando que os dutos secundários não foram dimensionados corretamente. • Obtém a rota de duto principal que interliga o ponto de concentração desta sub-área ao quadro de distribuição do bloco correspondente. • Associa o cabo a esta rota do duto principal. • Verifica o índice de ocupação do duto e no caso de problema, procede-se, de maneira análoga, à rota de duto secundário. ... Uma vez determinada a rota do cabo, são realizadas, ainda, as seguintes verificações: <ul style="list-style-type: none"> • Verifica se o raio de flexão do cabo não é superior a quatro vezes o diâmetro do cabo. • Determina o comprimento do cabo da tomada ao quadro de distribuição e verifica se o mesmo não excede 90 m. Em caso de inconsistência, é apresentada uma mensagem de erro indicando a sua causa. 	1, 5, 8, 6v, 9h, 13h, 1m, 2m
Determinar a posição das caixas de junção.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina as posições em que há junção (intersecção) entre os dutos principais e secundários. • Associa a cada uma dessas posições uma caixa de junção. 	
Determinar a posição das caixas de passagem.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém as posições das caixas de junção para cada duto principal. • Determina, para cada duto principal, as posições das caixas de passagem de modo que sejam mantidas as distância mínima de 3 m e máxima de 6 m das posições das caixas de junção e caixas de passagem adjacentes (mesmo critério do sistema de distribuição de teto falso). • Associa a cada uma dessas posições uma caixa de passagem. 	7t
Determinar a posição das cantoneiras.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina as posições em que os dutos secundários realizam curvas com ângulo $\leq 90^\circ$. • Associa a cada uma dessas posições uma cantoneira. 	

Tabela 5.17 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Modo de Operação Automático para o Sistema de Distribuição Horizontal Moldável pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado (Cont.)

Identificação dos Componentes dos Sistemas de Distribuição Horizontal		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Determinar a identificação dos quadros de distribuição	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o modo de identificação selecionado. <ul style="list-style-type: none"> - Se definida pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> ... Verifica se a identificação não é repetida; - Se for automática: <ul style="list-style-type: none"> ... Determina o tipo de quadro (satélite ou intermediário); ... Determina qual a última identificação numérica atribuída para este tipo de quadro neste andar; ... Incrementa esta identificação; ... Gera a identificação do quadro corrente constituída da concatenação do tipo de quadro, sua identificação numérica e a identificação do andar corrente. 	2
Determinar a identificação das tomadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o modo de identificação selecionado. <ul style="list-style-type: none"> - Se definida pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> ... Verifica se a identificação não é repetida; - Se for seqüencial por andar, varre todas as tomadas no sentido da esquerda para a direita (coordenada x crescente) e de cima para baixo (coordenada y decrescente). Para cada tomada: <ul style="list-style-type: none"> ... Determina qual a última identificação numérica atribuída; ... Incrementa esta identificação e atribui à tomada corrente. - Se for seqüencial por sala, determina qual a faixa de identificação alocada para cada sala e varre todas as tomadas no sentido da esquerda para a direita (coordenada x crescente) e de cima para baixo (coordenada y decrescente) contidas na respectiva sala. Para cada tomada: <ul style="list-style-type: none"> ... Determina qual a última identificação numérica atribuída; ... Incrementa esta identificação e atribui à tomada corrente. - Se for seqüencial - sentido horário por sala, determina qual a faixa de identificação usada em cada sala e varre todas as tomadas no sentido horário a partir do canto inferior esquerdo: <ul style="list-style-type: none"> ... Determina qual a última identificação numérica atribuída; ... Incrementa esta identificação e atribui à tomada corrente. 	2
Determinar a identificação dos cabos.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o modo de identificação selecionado. <ul style="list-style-type: none"> - Se definida pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> ... Verifica se a identificação não é repetida; - Se for automática, para cada cabo: <ul style="list-style-type: none"> ... Determina o tipo de cabo (dado, voz e/ou vídeo). ... Determina a identificação da tomada e/ou quadros que liga. ... Determina o número de pares de fio (cabos UTP e STP) ou de fibras (cabo de fibra óptica) do cabo. ... Gera a identificação do cabo através da concatenação do seu tipo, identificação dos componentes conectados (tomadas e/ou quadros) e seu número de pares ou fibras. 	2
Determinar a identificação das caixas de junção, de passagem e de terminação e cantoneiras.	<ul style="list-style-type: none"> • Valem os mesmos procedimentos especificados para as tomadas. 	2

Tabela 5.18 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Determinação da Identificação dos Componentes dos Sistemas de Distribuição Horizontal pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado

Cálculos dos Componentes dos Sistemas de Distribuição Horizontal		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
Calcular o comprimento total de cabo.	<ul style="list-style-type: none"> Determina para cada tomada, o comprimento de cabo gasto para interconectá-la a um quadro de distribuição, multiplica pelo número de pares de cabo (cabos UTP ou STP) ou pelo número fibras (cabo de fibra óptica) necessário para ligar todos conectores da tomada e divide pelo número de pares do cabo a ser empregado (usualmente, 4 pares para cabos UTP e STP e duas fibras para cabos de fibra óptica). Soma 60 cm de cabo junto às tomadas e 4 a 6 m de cabo junto aos quadros de distribuição. Determina o número de pares de fio (cabos UTP ou STP) ou de fibras (cabo de fibra óptica) necessário para conectar cada quadro de distribuição satélite a um quadro intermediário dividindo o número de pares (ou fibras) conectado ao quadro satélite pelo nível de concentração definido como parâmetro de projeto. Determina o comprimento de cabo gasto para interconectar cada quadro de distribuição satélite a um quadro de distribuição intermediário, multiplica pelo número de pares de fio ou de fibras necessário para realizar essa conexão e divide pelo número de pares ou fibras do cabo a ser empregado (usualmente, 4 pares para cabos UTP e STP e duas fibras para cabos de fibra óptica). Soma 4 a 6 m de cabos junto aos quadros de distribuição. Determina o comprimento total de cabo através da soma do comprimento de cabo gasto na conexão das tomadas a um quadro de distribuição (satélite ou intermediário) e dos quadros satélites a um quadro intermediário. Soma ao comprimento total de cabo a margem de reserva definida como parâmetro de projeto. 	10
Calcular o número de tomadas de cada tipo.	<ul style="list-style-type: none"> Obtém os tipos de tomadas utilizadas. Determina o número total de tomadas de cada tipo. 	
Calcular o número de conectores a serem gastos nas tomadas.	<ul style="list-style-type: none"> Determina para cada tomada o número total de conectores usados por tipo. Determina o número total de conectores gastos por tipo em todas as tomadas. Soma a esse número total a margem de reserva definida como parâmetro de projeto 	
Calcular a quantidade total dos outros tipos de componentes de distribuição empregado no sistema horizontal.	<ul style="list-style-type: none"> Determina a quantidade total de componentes de cada tipo gasto no sistema de distribuição. Soma à quantidade total de cada tipo de componente a margem de reserva especificada como parâmetro de projeto. 	

Tabela 5.19 - Descrição dos Algoritmos Aplicados no Cálculo dos Componentes dos Sistemas de Distribuição Horizontal pela Ferramenta de Cabeamento Estruturado

5.2.2.3 Base de Dados

A base de dados desta ferramenta é constituída de duas componentes básicas:

- **objetos de desenho de uma planta:** correspondem a objetos que podem ser representados em uma planta civil, de instalação elétrica ou da infra-estrutura de cabeamento de comunicação. Tais objetos são organizados em classes conforme é descrito no item 5.2.2.3.1.
- **tabelas de dados:** correspondem a tabelas extraídas das normas de padronização de sistemas de cabeamento estruturado [ISO 11801] [EIA/TIA568] [EIA/TIA569] e a tabelas referentes a componentes de distribuição obtidas de catálogos de fabricantes e livros diversos [NEGRISOLI81] [CREDER91], que são usadas na aplicação de regras de projeto. Alguns exemplos desses tipos de tabela são mostrados no item 5.2.2.3.2.

5.2.2.3.1 Objetos de Desenho de uma Planta

Os componentes civil, elétrico e de comunicação de qualquer tipo de planta, de um campus ou do andar de um prédio, são representados através de objetos de desenho. Tais objetos são organizados em quatro classes básicas que são representadas através da Figura 5.8, em que a classe de objetos de desenho é a superclasse das outras classes.

Figura 5.8 - Classes Básicas de Objetos de Desenho

Para cada uma dessas classes, são definidas várias subclasses relativas a objetos com propriedades diferenciadas entre si.

5.2.2.3.1.1 Objetos de Desenho

Do ponto de vista de desenho de uma planta, definem-se três classes básicas de objetos dos quais são derivadas todas as outras classes de desenho:

- **Pontos:** definidos por um único conjunto de coordenadas (x,y) no plano horizontal (por exemplo, tomadas, interruptores);
- **Segmentos:** definidos por dois conjuntos de coordenadas (x,y), que definem as posições onde o objeto inicia e termina (por exemplo, cabos, dutos, etc);

- **Superfícies:** definidos por dois conjuntos de coordenadas (x,y), que representam, respectivamente, o canto superior esquerdo e o canto inferior direito do menor retângulo que engloba o objeto (por exemplo salas, colunas, escadas, quadros de distribuição, etc). Este tipo de objeto pode ter associado a si um atributo de forma (Forma), que descreve sucintamente o formato do objeto real (por exemplo, retângulo, elipse, círculo).

Na descrição dos objetos, as coordenadas são especificadas através de dois atributos:

- **Pos_Ini (x,y):** coordenada do Ponto, do início de um Segmento ou do canto superior esquerdo de uma Superfície.
- **Pos_Fim (x,y):** coordenada do fim de um Segmento ou do canto inferior direito de uma Superfície.

No caso de desenho civil faz-se necessário distinguir entre a área global do objeto, descrita pelos pontos definidos acima, e a área construída, definida pelos seguintes atributos:

- **Pos_Ini_Constr (x,y):** coordenada do canto superior esquerdo de uma área construída.
- **Pos_Fim_Constr (x,y):** coordenada do canto inferior direito de uma área construída.

Para casos em que a informação no plano vertical é relevante definem-se dois tipos de atributos:

- **Ini (z):** especifica a altura a partir da qual um objeto inicia (por exemplo, uma janela ou uma tomada).
- **Altura (z):** especifica a altura de um objeto (por exemplo, a altura de uma porta ou parede).

5.2.2.3.1.2 Objetos de Desenho Civil

Os objetos de desenho civil são divididos em duas classes: objetos de desenho civil de um campus e objetos de desenho civil de um andar de prédio. Cada uma dessas classes possuem, ainda, várias subclasses conforme ilustra a Figura 5.9.

(a) Subclasses da Classe de Objetos de Desenho Civil do Campus

(b) Subclasses da Classe de Objetos de Desenho Civil de um Andar

Figura 5.9 - Hierarquia de Classes dos Objetos de Desenho Civil

As Tabelas 5.20 e 5.21 relacionam as subclasses de objetos de desenho civil associadas à planta de um campus e de um andar de um prédio, respectivamente, aos seus atributos. A descrição detalhada desses atributos e dos valores, que podem assumir, pode ser encontrada em [CARVALHO95a].

Atributos	Classes de Objetos de Desenho Civil			
	Campus	Prédio	Praça	Rua
Identificação	✖	✖	✖	✖
Função	-	✖	-	-
Número de Andares	-	✖	-	-
Pos_Ini (x,y)	✖	✖	✖	✖
Pos_Fim (x,y)	✖	✖	✖	✖
Forma	✖	✖	✖	✖
Pos_Ini_Constr (x,y)	-	✖	-	-
Pos_Fim_Constr (x,y)	-	✖	-	-
Forma_Constr	-	✖	-	-

Legenda:

✖ - Atributo presente

- - Atributo inexistente

Tabela 5.20 - Atributos das Classes de Objetos de Desenho Civil da Planta de um Campus

(a) Subclasses da Classe de Objetos de Desenho Elétrico de Campus

(b) Subclasses da Classe de Objetos de Desenho Elétrico de Andar

Figura 5.10 - Hierarquia de Classes de Objeto de Desenho Elétrico

As Tabelas 5.22 e 5.23 relacionam as subclasses de objetos de desenho elétrico de uma planta de um campus e de um andar de um prédio, respectivamente, aos seus atributos. Por último, a Tabela 5.24 apresenta os atributos das subclasses especificadas para a classe eletroduto. A descrição detalhada desses atributos e dos valores, que podem assumir, pode ser encontrada em [CARVALHO95a].

Atributos	Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Eletroduto							
	Duto	Eletrocalha	Conduíte	Bandeja	Barra Transv.	Malha	Canaleta	Tubo
Largura	×	×	-	×	×	×	×	×
Compr.	-	-	-	-	-	×	-	-
Altura	×	×	-	×	×	-	×	×
Diâmetro	-	-	×	-	-	-	-	-

Legenda:

× - Atributo presente

- - Atributo inexistente

Tabela 5.24 - Atributos das Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Eletroduto

5.2.2.3.1.4 Objetos de Desenho de Comunicação

Os objetos de desenho de comunicação são divididos em duas classes: objetos de desenho de comunicação de um campus e objetos de desenho de comunicação de um andar de prédio. Cada uma dessas classes possuem, ainda, várias subclasses conforme ilustra a Figura 5.11. As Figuras 5.12 e 5.13 detalham as subclasses de objetos de cabo e duto, respectivamente.

(a) Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Comunicação de Campus

(b) Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Comunicação de Andar

Figura 5.11 - Hierarquia de Classes dos Objetos de Comunicação

Figura 5.12 - Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Cabo

Figura 5.13 - Subclasses da Classe de Objetos de Desenho de Duto

As Tabelas 5.25 e 5.26 relacionam as subclasses de objetos de desenho de comunicação de uma planta de um campus e de um andar de um prédio, respectivamente, aos seus atributos. Por último, as Tabelas 5.27

Atributos	Classes de Objetos de Desenho de Comunicação										
	Qdro. Telefo.	Qdro. Distr.	Duto	Caixa Junção	Caixa Passag.	Caixa Term.	Canto neira	Tomada	Patch Panel	Distr. Óptico	Bloco Conex.
Identificação	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Pos_Ini (x,y)	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-	-
Pos_Fim (x,y)	×	×	×	×	×	×	×	×	-	-	-
Pos (z)	×	×	×	×	×	-	×	×	-	-	-
Altura (z)	×	×	-	×	×	×	×	-	×	×	×
Tipo	-	×	-	-	-	-	-	-	×	×	×
Material	-	-	×	×	×	×	×	-	-	-	-
Compartilha.	-	-	×	-	-	-	-	-	-	-	-
Índice Ocup.	-	-	×	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipo de Montagem	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-
No. Conector	-	-	-	-	-	-	-	×	×	×	×
Tipo Conecto	-	-	-	-	-	-	-	×	×	×	×
Estado	-	-	-	-	-	-	-	×	-	-	-

Nota:

- a) Tipos de Quadro de Distribuição: satélites, intermediários, prediais ou do campus.
- b) Tipos de *Patch Panels*, Distribuidores Ópticos e Blocos de Conexão: setoriais, horizontais, verticais, prediais e do campus.
- c) Compartilhado: indica se o mesmo duto é compartilhado entre os cabeamentos elétrico e de comunicação.
- d) Tipos de Montagem de Tomada: nivelada, de superfície ou de pedestal.
- e) Estados da Tomada: ativa ou não ativa, indica se existe ou não uma estação conectada a essa tomada.

Legenda:

× - Atributo Presente

- - Atributo Inexistente

Tabela 5.26 - Atributos das Classes de Objetos de Desenho de Comunicação da Planta de um Andar de Prédio

Legenda:

— - relação de *containment*

Figura 5.14 - Hierarquia de Agregação dos Objetos Elétricos da Planta de um Andar de um Prédio

A Figura 5.15 contém a hierarquia de agregação (ou *containment*) [BAPAT94], que mostra a relação existente entre as diversas classes de objetos de comunicação relativos à planta de um andar de prédio. Nesta figura, deve-se observar que uma sala pode conter um quadro de distribuição, que, por sua vez, pode conter *patch panels*, distribuidores ópticos e blocos de conexão. São definidos três tipos de sala (atributo função): distribuição, equipamentos e entrada, que abrigam diferentes tipos de quadro de distribuição (atributo tipo): satélite, intermediário, predial e do campus. Normalmente, a sala de distribuição possui quadros satélites ou intermediários e os outros tipos de sala os demais tipos de quadros (vide capítulo 3). Em relação aos dutos, os tipos de componentes utilizados dependem da subclasse de dutos empregada. As calha, conduites e dutos podem conter caixas de junção, passagem e terminação e tomadas. Os tubos podem possuir caixas de junção e de passagem e tomadas, enquanto as canaletas podem ter caixas de junção, cantoneiras e tomadas. Por último, a bandeja, barra transversal e malha possuem só segmentos de cabo, que todas as outras subclasses também possuem.

Legenda:

———— - relação de *containment*

..... - relação de *containment* opcional
(depende da subclasse de duto usada)

Figura 5.15 - Hierarquia de Agregação dos Objetos de Comunicação da Planta de um Andar de um Prédio

A rede *backbone* de um campus engloba, apenas, a conexão dos prédios entre si. Cada prédio possui um quadro de distribuição predial que é ligado ao quadro de distribuição do campus, alocado em algum prédio específico do campus. A Figura 5.16 contém a hierarquia de agregação aplicada a este caso.

Legenda:

— - relação de *containment*

Figura 5.16 - Hierarquia de Agregação dos Objetos de Comunicação de um Campus

5.2.2.3.2 Tabelas de Dados

Estas tabelas correspondem a tabelas, extraídas das próprias normas de padronização de sistemas de cabeamento estruturado e de catálogos de fornecedores, que fornecem subsídios para o dimensionamento de componentes de distribuição. Como exemplos desses tipos de tabelas, tem-se:

- **Ocupação de Conduites para Cabos do Sistema Horizontal:** esta tabela permite determinar o número máximo de cabos que podem ser passados através de conduites, usados no sistema de distribuição horizontal, com diâmetros que variam entre 1/2 a 4 pol. [EIA/TIA569 - 36].
- **Ocupação de Conduites para Cabos da Rede *Backbone*:** esta tabela fornece o índice de ocupação de conduites com diversos diâmetros (3/4 a 6 pol.) para quantidades variadas de cabo [EIA/TIA569 - 54].
- **Dimensões da Sala de Distribuição:** esta tabela define qual o tamanho da sala de distribuição em função da área que deve ser servida [EIA/TIA569 - 62].
- **Dimensões da Sala de Equipamentos:** esta tabela especifica qual o tamanho da sala de equipamentos em função do número de estações [EIA/TIA569 - 67].
- **Dimensões da Sala de Entrada:** são especificadas duas tabelas [EIA/TIA569 - 82] referentes a:

- ♦ espaço para montagem de equipamentos, em paredes com 2,5 m de altura, em função da área servida pelo sistema de cabeamento;
- ♦ área da sala de entrada, também, em função da área servida pelo sistema de cabeamento.
- **Distância de cabos de telecomunicação de linhas de potência (> 480 VA):** especifica as distâncias a serem mantidas entre diversos tipos de cabos e de linhas operando com diversas faixas de potência de transmissão [EIA/TIA569 - 85].
- **Dimensões de dutos:** especifica as dimensões dos dutos de diversas classes disponíveis no mercado. Tais informações podem ser obtidas de catálogos de fornecedores, como é o caso do [PANDUIT94b] que contém a especificação de toda linha de dutos deste fornecedor.

Vale observar que nem todas as classes de dutos possuem dimensões padronizadas. Os dutos, que tiveram sua origem em sistemas de distribuição elétrica (e.g. conduites), são, geralmente, padronizados. Este é o caso de dutos empregados nos sistemas de distribuição horizontal sob piso e de teto falso. Outros dutos, como as canaletas utilizadas em sistemas de distribuição moldável, já são encontrados com dimensões e modelos diferentes entre os vários fornecedores.

5.3 Ferramenta de Seleção de Equipamentos

Conforme foi dito anteriormente, esta ferramenta implementa um “*driver*” da metodologia de projeto de redes locais apresentada no capítulo 4, permitindo que o projetista especifique os grupos de trabalho (grupo de trabalhos) e redes *backbones* que constituem o ambiente de redes de um prédio ou até de um campus e defina as tecnologias e os equipamentos de rede (*hubs*, repetidores, pontes ou roteadores) que devem ser empregados em cada sub-rede (grupo de trabalho ou rede *backbone*). Esta ferramenta utiliza os resultados obtidos no projeto de cabeamento desenvolvido com a outra ferramenta de cabeamento estruturado.

Dentro deste escopo, o projeto de um ambiente de redes toma por base:

- **características do sistema de cabeamento:** incluem informações referentes às características básicas dos prédios e do campus, ao número de estações a serem interconectadas (corresponde ao número de tomadas ativas) e sua distribuição nos diversos andares de cada prédio do campus e ao tipo de cabo empregado nos sistemas horizontais em tais andares e nas redes *backbones* prediais e do campus. Tais informações provêm da outra ferramenta e permitem definir a extensão geográfica abrangida pelos diversos *sites* a serem interconectados e o número de pontos que devem ser atendidos.
- **requisitos de projeto:** define o tipo de ambiente, onde as redes devem ser instaladas, que pode ser, por exemplo, o de uma planta fabril, de automação de escritórios ou de automação bancária; as características das estações e recursos que devem ser interconectados; o modo de operação desse ambiente, que determina como tais estações interagem entre si e como tais recursos são compartilhados; os tipos de aplicações (e.g. correio eletrônico, transferência de arquivos, emulação de terminais e correio de voz) que devem ser suportadas pelas redes; o tráfego, que especifica o tipo (mensagens curtas ou longas) e o volume médio de dados trocados entre as estações nas horas de pico; a qualidade de serviço a ser oferecida em relação a confiabilidade, desempenho e disponibilidade da rede; expansibilidade; arquitetura de protocolos de comunicação a serem suportados pelas redes; infra-estrutura de gerenciamento e segurança a serem implementadas nos componentes da rede; restrições tecnológicas, de custo e prazo definidas pelos usuários da rede. Tais requisitos permitem definir as topologias das diversas sub-redes, delimitar o subconjunto de tecnologias que podem ser empregadas e especificar as funcionalidades que devem ser implementadas pelos equipamentos de rede.
- **tecnologias de redes:** contém o conjunto de tecnologias de rede, para as quais existem produtos disponíveis no mercado.
- **regras de projeto:** podem-se definir dois grupos de regras: aquelas que são de propósito geral e estão relacionadas à topologia geral do ambiente de redes e determinam como as sub-redes devem

ser interconectadas, e outras essencialmente tecnológicas. Estas últimas dependem, diretamente, do tipo de tecnologia empregada. Assim, a opção pela tecnologia Ethernet (10BaseT), por exemplo, define, implicitamente qual deve ser a topologia da rede, o tipo de cabo suportado, a extensão dos enlaces de rede, a distância máxima entre as estações e o número máximo das estações. Essas regras norteiam as ações da ferramenta, conforme é descrito no item 5.3.2.1.

- **produtos do mercado:** incluem os equipamentos de rede disponíveis no mercado e suas características básicas relativas a sua funcionalidade, tecnologias suportadas, tipos de módulos (e.g., módulos LAN ou WAN), número de acessos (número de portas por equipamento ou por módulo do equipamento), recursos de gerenciamento (e.g., arquitetura de gerenciamento implementada e modo de gerenciamento suportado), recursos de contingência oferecidos (e.g., fontes duais e *hot swapping* dos módulos), entre outros. Tais informações permitem definir o conjunto de equipamentos que atendem aos requisitos definidos para o projeto de rede.

A Figura 5.17 mostra as principais entradas e o resultado gerado pela ferramenta de seleção de equipamentos.

Figura 5.17 - Ferramenta de Seleção de Equipamentos

Analisando as entradas dessa ferramenta, pode-se constatar que ela opera sobre informações obtidas da ferramenta de cabeamento estruturado, da sua base de dados própria, que inclui as tecnologias de rede, as regras de projeto e os produtos de rede, e do próprio projetista no que se refere aos requisitos de projeto. Este conjunto de informações permite à ferramenta definir os conjuntos de tecnologias e equipamentos aplicáveis ao projeto e verificar as decisões de projeto tomadas pelo projetista. Ao projetista cabe definir como são constituídos os grupos de trabalho e redes *backbones* do ambiente de redes considerado, selecionar a tecnologia que deve ser empregada em dada sub-rede do conjunto de tecnologias apontadas pela ferramenta e selecionar os equipamentos que devem ser utilizados dentre aqueles, também, recomendados pela ferramenta.

Como resultado do projeto elaborado, a ferramenta gera desenhos esquemáticos da topologia de cada uma das sub-redes que constituem o ambiente de redes projetado, detalhando as tecnologias e equipamentos selecionados. Além disso, pode-se solicitar a geração de uma lista de equipamentos que devem ser adquiridos para implementar tal projeto.

Nos itens que se seguem, é apresentado como é realizada a interação do projetista com esta ferramenta, através de uma descrição sucinta dos seus comandos e do procedimento de sua utilização, e como são mostrados os resultados do projeto executado.

5.3.1 Descrição Geral da Ferramenta

De maneira resumida, pode-se dizer que esta ferramenta de seleção de equipamentos deve possibilitar:

- representação da topologia geral da rede, com indicação das funcionalidades básicas dos seus componentes;
- representação das sub-redes que compõem o ambiente de redes, com indicação das tecnologias e dos tipos de equipamentos empregados em cada uma dessas sub-redes e nos elementos usados para interconectá-las;
- entrada de informações relativas a identificação, características básicas e localização de cada estação (estação servidora, de trabalho ou recurso de rede) a ser conectada na rede;
- definição de grupos de trabalho e redes *backbones*;
- especificação de requisitos de projeto de caráter geral ou específicos a conjuntos de grupos de trabalho e/ou redes *backbones*;
- cadastramento das diversas tecnologias de rede disponíveis no mercado e suas características básicas;
- cadastramento das diversas classes de equipamentos de rede e suas características básicas (e.g., *hubs* empilháveis e *hubs* de chassi);

- cadastramento dos equipamentos de diversos fornecedores existentes no mercado dentro das classes definidas anteriormente;
- seleção da tecnologia de rede mais adequada para cada sub-rede;
- seleção do equipamento mais adequado para cada componente de rede;
- apresentação dos resultados do projeto de rede através do desenho esquemático da topologia da rede *backbone* e as suas sub-redes, lista de equipamentos de rede selecionados incluindo quantidade, tipo, características básicas (e.g., número de portas de um *hub*) e *part number*.

Considerando todas essas funcionalidades que a ferramenta de seleção de equipamentos deve implementar, foram especificados o seu conjunto de comandos, a ação decorrente de sua ativação e os resultados correspondentes, que são descritos, de modo sucinto, nos itens que se seguem. A especificação detalhada dessa ferramenta pode ser encontrada em [CARVALHO95b].

5.3.1.1 Apresentação dos Comandos

A interação com o projetista é realizada através de uma interface gráfica, composta de áreas referentes a:

- **título do programa e nome do arquivo aberto;**
- **uma barra de menu;**
- **quatro barras de ferramentas para desenhos:** a primeira implementa recursos de propósito geral utilizados pelos diversos tipos de desenho (e.g., rotação, alinhamento e agrupamento de objetos de desenho) e as demais permitem representar a topologia geral da rede, selecionar as tecnologias das suas sub-redes e selecionar os equipamentos a serem usados na implementação de cada componente do ambiente de redes projetado (e.g., *hubs*, roteadores ou pontes);
- **a área de trabalho:** onde é mostrado o desenho referente à topologia da rede que está sendo projetada;
- **uma barra de status:** é apresentada na parte inferior da tela, contendo informações de caráter geral, tais como a identificação do objeto de desenho selecionado na tela, coordenadas x e y do cursor e mensagens de erro relativas a alguma operação inconsistente realizada pelo projetista.

5.3.1.1.1 Barra de Menu

A barra de menu é constituída dos menus relacionados na Figura 5.18, cujas funcionalidades básicas são descritas a seguir:

- **Arquivo:** inclui operações como abrir, fechar e salvar o arquivo, que contém o projeto do ambiente de redes de um prédio ou da rede *backbone* de um campus, imprimir a topologia e a lista

de equipamentos do projeto armazenado neste arquivo ou, ainda, imprimir os equipamentos cadastrados na base de dados da ferramenta.

- **Edita:** oferece recursos que possibilitam selecionar, remover, cortar, copiar e colar objetos do desenho esquemático referente à topologia de uma rede que está representada na tela.
- **Visualiza:** permite solicitar a apresentação dos equipamentos cadastrados; permite selecionar um andar de prédio, cuja planta deve ser representada na tela (informações obtidas do arquivo gerado pela ferramenta de cabeamento estruturado); solicitar a apresentação do desenho esquemático do projeto em elaboração relativo às topologia geral da rede, topologia das sub-redes ou topologia física, com indicação dos tipos de equipamentos selecionados para cada componente da rede; selecionar os tipos de equipamentos, cuja identificação deve ser mostrada na tela; ativar e desativar a apresentação das barras de ferramentas e de recursos de auxílio ao projeto (e.g., régua e grade); além de oferecer recursos de aumento e redução da escala de desenho mostrado na tela (*zoom in* e *zoom out*).
- **Inserir:** permite cadastrar novas tecnologias de rede, classes de equipamentos e equipamentos de diversos fornecedores, modificar as características e remover tecnologias, classes de equipamentos e equipamentos já cadastrados.
- **Formata:** disponibiliza recursos que possibilitam alterar o fonte de uma cadeia de caracteres, o estilo de identificação de objetos do desenho esquemático em elaboração (e.g., identificação de *hubs*), especificar as unidades de medidas que devem ser empregadas para expressar distâncias e custos e alterar características dos grupos de trabalho, redes *backbones* e estações (servidoras, de trabalho e recursos da rede) do desenho esquemático apresentado na tela.

Em relação à alteração das características dos componentes da rede, no caso de uma estação, pode-se modificar a sua identificação, função, tipo de processador, capacidade de memória e armazenamento secundário e recursos adicionais (e.g., unidade de CD-ROM, *scanner*, impressora, entre outros); no caso de recursos conectados diretamente à rede, como impressoras por exemplo, a sua identificação, tipo, modelo, fabricante, tipo de processador, capacidade de memória, entre outros; no caso de um grupo de trabalho, a sua identificação e a identificação das suas estações e dos enlaces com redes de longa distância; e, por último, no caso de uma rede *backbone*, a sua identificação e a identificação das estações, dos grupos de trabalho e de outras redes *backbones* interligadas através da mesma, além da identificação dos enlaces com redes de longa distância.

Arquivo	Edita	Visualiza	Inserir	Formata	Projeta	Desenho	Opções	Ajuda
Novo	Desfaz	Eqptos. Cadastrados	Cadastra Tecnologia	Fonte	Parâmetros de Projeto	Texto	Fator de Zoom	Índice
Abre	Corta	Andar	Cadastra Classe Equipto.	Estilo	Verifica Regras de Projeto	Traz para Frente	Modo de Verificação	Sobre
Fecha	Copia	Topologia Geral	Cadastra Equipamento	Unidades de Medida		Envia para Trás	Opções de Equipamento	
Salva	Cola	Topologia das Sub-Redes		Estação		Agrupar		
Salva Como	Remove	Topologia Física		Grupo de Trabalho		Desagrupar		
Visualiza Impressão	Seleciona Tudo	Identificação		Rede Backbone		Rebate Horizontal		
Configura Impressão		Barras de Ferramentas				Rebate Vertical		
Imprime Topologia		Régua				Gira Direita		
Imprime Lista		Grade				Gira Esquerda		
Imprime Eqptos. Cadastra.		Zoom In				Ajusta à Grade		
Sai		Zoom Out				Alinha		

Figura 5.18 - Menus da Barra de Menu da Ferramenta de Seleção de Equipamentos

- **Projeta:** permite definir parâmetros de projeto e verificar se as regras tecnológicas foram aplicados corretamente no projeto de rede realizado.

São definidos parâmetros de projeto, para o ambiente de redes de um prédio ou para a rede *backbone* de um campus, referentes ao tipo de ambiente considerado (automação de escritórios, industrial, bancária, comercial ou hospitalar), a categoria das aplicações suportadas (dados, voz ou vídeo), gerenciabilidade (opção de gerenciamento, arquitetura de gerenciamento utilizada, tipo de MIB suportada, modo de gerenciamento empregado: *in-band* ou *out-of-band*), restrições tecnológicas, de custo e de prazo, confiabilidade expressa através do MTBF (*Mean Time Between Failure*), disponibilidade expressa através do MTTR (*Mean Time To Repair*), fator de redundância relativo a equipamentos, módulos e fontes de alimentação dos mesmos e placas de rede e expansibilidade referente ao número de *slots* ou portas dos equipamentos de rede. No caso do ambiente de redes de um prédio, as informações relativas à categoria das aplicações e opção de gerenciamento, além de informações adicionais sobre os tipos das aplicações suportadas (e.g., correio eletrônico, correio de voz, transferência de arquivos, emulação de terminal e vídeo-conferência) são especificadas, individualmente, para cada grupo de trabalho e rede *backbone* que constituem este ambiente. No caso da rede *backbone* do campus, além das informações relacionadas, são solicitadas informações sobre o seu tráfego médio estimado para os horários de pico e o perfil deste tráfego em relação ao tamanho médio das mensagens trocadas. Informações de tráfego para grupos de trabalho ou redes *backbones* de um prédio podem ser especificadas, caso

o projetista deseje, a partir das opções da barra de ferramentas de projeto da topologia das sub-redes.

Em relação à verificação de regras de projeto, o projetista pode especificar as tecnologias de um conjunto de sub-redes selecionadas, cujas regras devem ser verificadas. Para as redes 10BaseT/10BaseF, são verificadas as restrições de distância máxima, número máximo de *hubs* empilháveis. Para as redes Token Ring, são verificadas as regras referentes a número máximo de estações e distância máxima entre elas. Para as redes 100VG-AnyLAN, são verificadas as restrições de distância máxima, número máximo de estações, tipo de quadro e número máximo de pontes empregadas. Para redes FDDI, são verificadas as restrições de distância, comprimento máximo do anel, número máximo de estações, tipos de conexões (portas A/B, M e S) e índice de ocupação dos dutos. Para redes CDDI, são verificadas restrições de distância (vide item 5.3.2.1).

- **Desenho:** implementa operações de caráter geral que podem ser aplicadas a objetos do desenho esquemático apresentado na tela (e.g., agrupar e desagrupar conjunto de objetos de desenho selecionados).
- **Opções:** oferece meios para definir parâmetros relativos à operação da própria ferramenta. Tais parâmetros englobam fator de *zoom*; modo de verificação que define os tipos de regras que devem ser verificadas: as de caráter geral e/ou as tecnológicas, podendo, no caso dessas últimas, serem especificadas as tecnologias que serão objeto de verificação; e o número de opções de equipamentos que devem ser apresentadas pelo sistema quando da seleção dos equipamentos mais adequados para cada componente de uma rede.
- **Ajuda:** permite solicitar a apresentação de informações explicativas sobre o modo de operação da ferramenta em questão. Isto pode ser feito, especificando-se um tópico ou selecionando um elemento de uma lista de tópicos, sobre os quais o sistema pode apresentar um texto explicativo.

5.3.1.1.2 Barra de Ferramentas

Conforme já foi dito, foram definidos quatro tipos de barra de ferramentas:

- **Barra de Ferramentas de Suporte:** oferece recursos ao projetista para que ele possa inserir informações adicionais aos desenhos esquemáticos de topologias de rede e realizar operações de caráter geral. Tem as mesmas opções definidas para o menu desenho (vide Figura 5.18), além de duas opções adicionais referentes à inserção de uma moldura e rótulo de identificação ao desenho apresentado na tela. O rótulo é inserido no canto inferior direito do desenho e deve conter informações referentes às identificações do projetista, do prédio ou do campus e da rede projetada.
- **Barra de Ferramentas de Especificação da Topologia Geral:** oferece recursos para que o projetista possa especificar as estações (servidoras, de trabalho e recursos de rede), que devem ser

interconectadas através de grupos de trabalho ou redes *backbones*, e, em seguida, os próprios grupos de trabalho e redes *backbones*.

No caso de um prédio, antes de iniciar o projeto propriamente dito, o projetista deve solicitar a apresentação da planta de um andar do prédio (obtida a partir do arquivo gerado pela ferramenta de cabeamento estruturado), para o qual devem ser especificadas as tomadas ativas e as respectivas estações associadas às mesmas.

Os grupos de trabalho podem ser intra-andar ou inter-andares. Para inserir um grupo de trabalho basta selecionar, na planta do andar corrente, as estações desejadas e acionar o respectivo botão na barra de ferramentas. O projetista pode optar, então, por criar um novo grupo de trabalho ou inserir as estações em um grupo de trabalho já existente.

O processo de especificação de estações e grupos de trabalho deve ser repetido para todos os andares do prédio, para em seguida, se proceder com a especificação das redes *backbones*.

Por último, para cada rede *backbone* a ser criada, devem ser especificados, a sua identificação e a identificação das estações, grupos de trabalho e outras redes *backbones* que devem ser interconectadas através da mesma.

No caso de um campus, o projetista deve especificar, para cada prédio do campus, a identificação das estações corporativas nele contidas, que devem ser conectadas através da rede *backbone* do campus, e definir quais prédios devem ser interconectados através dessa rede.

Tanto para os grupos de trabalho como para as redes *backbones*, podem ser especificados enlaces com redes de longa distância.

Ao final da especificação dos grupos de trabalho e/ou redes *backbones*, o projetista pode solicitar que seja apresentado um desenho esquemático da topologia geral da rede.

A alteração das características das estações, grupos de trabalho e redes *backbones* pode ser efetuada a partir da ativação do comando **formata** da barra de menu.

- **Barra de Ferramentas de Seleção de Tecnologias:** oferece recursos para que o projetista defina as tecnologias a serem empregadas em cada uma das sub-redes especificadas anteriormente e os tipos de elementos de interconexão (roteadores, pontes ou repetidores) usados entre tais sub-redes. O projetista pode optar por especificar diretamente tais tecnologias ou fornecer uma série de informações, caracterizando o ambiente de redes a ser projetado, de modo que o próprio sistema tenha subsídios para selecionar um subconjunto de tecnologias de rede que seja mais adequado a tal ambiente.

No caso de um prédio, como ponto de partida, é apresentado na tela o desenho esquemático da topologia geral da rede e o projetista pode selecionar uma ou mais sub-redes e fornecer uma série de informações sobre as mesmas ou definir, de imediato, a sua tecnologia. Tais informações

incluem categoria e tipos de aplicações, tráfego, restrições tecnológicas, de custo e prazo. Feito isso, pode ser selecionada a tecnologia de rede que deve ser empregada.

A partir das informações oriundas do próprio projeto de cabeamento estruturado, das informações fornecidas acima, e da aplicação de regras de projeto, o sistema determina o conjunto de tecnologias que podem ser empregadas no caso de cada sub-rede. É apresentada, então, a relação de tais tecnologias, devendo o projetista selecionar aquela que deve ser, efetivamente, empregada no projeto.

À medida que vão sendo definidas as tecnologias que devem ser usadas em cada sub-rede, o sistema atualiza a representação da sua topologia e determina a função (repetidor, ponte ou roteador) básica dos elementos usados na interconexão dessas sub-redes, que pode ser, posteriormente, alterada pelo projetista. Assim, por exemplo, se forem interconectadas duas sub-redes de mesma tecnologia, o sistema insere um repetidor entre as mesmas; se o projetista considerar mais adequado isolar o tráfego entre essas sub-redes, pode alterar a função desse elemento de interconexão de repetidor para ponte.

No caso de um campus, é apresentado na tela o desenho esquemático da topologia geral da rede, constituída da sub-rede de cada prédio e da rede *backbone* do campus. Devem ser fornecidas, então, informações, pertinentes a essa rede *backbone*, relativas a categoria de aplicações, tráfego, restrições tecnológicas, de custo e prazo. A partir daí, pode ser escolhida a tecnologia a ser empregada nesta rede, a partir do conjunto de tecnologias pré-selecionadas pelo sistema. Feito isto, o sistema atualiza o desenho esquemático apresentado na tela com a topologia desta rede.

- **Barra de Ferramentas de Seleção de Equipamentos:** oferece recursos para que o projetista possa selecionar os equipamentos que devem ser utilizados no ambiente de redes como um todo.

Como ponto de partida, é apresentado na tela o desenho esquemático ilustrando a topologia das diversas sub-redes e como é realizada a interconexão das mesmas. A partir daí, deve ser fornecido um conjunto de informações que são válidas para qualquer tipo de equipamento e estão sempre disponíveis como opções da barra de ferramentas. Tais informações podem ser especificadas para cada sub-rede individualmente, para um subconjunto de sub-redes ou para o ambiente de redes como um todo e incluem: gerenciabilidade (arquitetura de gerenciamento, tipo de MIB, modo de gerenciamento: *in-band* e *out-of-band*), confiabilidade expressa através do MTBF, fator de redundância relativo a equipamentos, módulos e fontes de alimentação dos mesmos e placas de rede e expansibilidade referente ao número de *slots* ou portas dos equipamentos de rede.

O projetista pode, então, selecionar um ou mais componentes do ambiente de redes projetado e associar-lhe um equipamento. Dependendo do tipo de componente selecionado e das informações especificadas para o mesmo, o sistema determina as classes de equipamentos que podem ser empregadas. Se por exemplo, o projetista tiver selecionado um grupo de trabalho com tecnologia

10BaseT, o sistema vai sugerir que seja utilizado um *hub* de mesa e solicitar que se opte entre um *hub* empilhável ou não. Independente da classe de *hub* selecionada pelo projetista, o sistema vai solicitar que sejam especificadas as características básicas desse *hub*. A partir dessas informações, o sistema obtém, do seu cadastro de equipamentos, o conjunto daqueles que satisfazem aos requisitos especificados pelo projetista e podem ser usados para implementar o componente de rede considerado. O projetista deve escolher, desse conjunto, o equipamento que vai ser, efetivamente, empregado. Esse procedimento deve ser repetido até que sejam definidos todos os equipamentos que devem ser usados para implementar o ambiente de redes projetado.

À medida que vão sendo especificados os equipamentos que devem ser usados para implementar cada componente da rede, o sistema, atualiza, automaticamente, o desenho esquemático apresentado na tela com a representação dos equipamentos escolhidos.

5.3.1.1.3 Barra de Status

Esta barra possui informações de caráter geral. Com o objetivo de auxiliar o projetista, são apresentados parâmetros referentes a identificação do objeto de desenho selecionado na tela, coordenadas x e y do cursor em relação à origem do desenho e mensagens de erro ou advertência referente a alguma operação realizada pelo projetista.

5.3.1.2 Procedimentos de Utilização da Ferramenta

Esta ferramenta define três macro-etapas para o desenvolvimento do projeto físico do ambiente de redes de um prédio ou da rede *backbone* de um campus:

- **Definição dos grupos de trabalho e redes *backbones*:** nesta etapa, devem ser especificados pelo projetista: o número e a identificação das estações (estações servidoras, de trabalho e recursos compartilhados), que devem ser interconectadas através do ambiente de redes a ser projetado; a distribuição física dessas estações nos diversos andares de um prédio ou nos diversos prédios de um campus; os grupos de trabalho existentes entre estações do mesmo andar ou de andares diferentes de um prédio; e as redes *backbones* utilizadas na interconexão desses grupos de trabalho, de outras estações *stand-alone* e, eventualmente, de outras redes *backbones* já especificadas ou a rede *backbone* de um campus usada na interconexão das redes *backbones* prediais e estações de uso corporativo. Esta etapa pressupõe a utilização da barra de ferramentas de especificação da topologia geral da rede (vide Figura 5.19).

Figura 5.19 - Etapas do Projeto Físico do Ambiente de Redes de um Prédio

No caso do ambiente de redes de um prédio, o projetista deve, em primeiro lugar, solicitar a apresentação da planta de cada um de seus andares (obtida a partir do arquivo gerado pela ferramenta de cabeamento estruturado), através do comando **visualiza andar**, e associar a cada tomada ativa deste andar uma estação (servidora, de trabalho ou recurso da rede), utilizando, para este fim, a opção correspondente da barra de ferramentas de projeto da topologia geral. Deve ser atribuída uma identificação a cada uma dessas estações, cujas características básicas (e.g., função, tipo de processador, capacidade de memória e armazenamento) podem ser alteradas através do comando **formata estação**.

Em seguida, devem ser especificados os grupos de trabalho, selecionando-se um conjunto de estações e associando ao mesmo, através da opção correspondente da barra de ferramentas, um grupo de trabalho, cuja identificação deve ser fornecida pelo projetista. Tal identificação pode pertencer a um grupo de trabalho já existente ou corresponder a um novo grupo que deve ser criado.

Uma vez especificados todas as estações e grupos de trabalho do prédio, devem ser definidas as redes *backbones*, selecionando-se a opção correspondente da barra de ferramentas. É solicitado que o projetista forneça, para cada um das redes *backbones* a serem criadas, a sua identificação e a identificação das estações, dos grupos de trabalho e de outras redes *backbones* que devem ser interconectados através da rede *backbone* corrente.

O projetista pode solicitar, então, ao sistema que apresente um desenho esquemático da topologia da rede especificada, utilizando, para este fim, a opção correspondente da barra de ferramentas.

No caso da rede *backbone* do campus, o sistema apresenta, automaticamente, a sua planta (obtida a partir do arquivo gerado pela ferramenta de cabeamento estruturado). O projetista deve especificar, em primeiro lugar, as estações corporativas que devem ser interconectadas através dessa rede *backbone*. Isto deve ser feito, selecionando cada prédio, que contém uma ou mais estações corporativas, e ativando a opção correspondente da barra de ferramentas de projeto da topologia geral que permite associar estações (servidoras, de trabalho e recursos de rede) ao prédio selecionado. Deve ser atribuída uma identificação a cada uma dessas estações, cujas características básicas podem ser alteradas através do comando **formata estação**.

Depois de especificadas todas as estações corporativas, devem ser selecionados os prédios que possuem tais estações e redes *backbones* que devem ser conectadas através da rede *backbone* do campus. Dentre tais prédios, deve constar, obrigatoriamente, aquele que possui o quadro de distribuição do campus. Como resultado, é apresentada na tela uma linha poligonal, interconectando os prédios selecionados, para representar a rede *backbone* do campus.

- **Especificação das tecnologias dos grupos de trabalho e das redes *backbones*:** nesta etapa, deve ser especificada a tecnologia de rede a ser empregada em cada sub-rede e a funcionalidade básica

dos elementos usados para interconectá-las. Pressupõe a utilização da barra de ferramentas de seleção de tecnologias (vide Figura 5.19).

No caso do ambiente de redes de um prédio, o projetista deve especificar para cada grupo de trabalho e rede *backbone* informações referentes à categoria (dados, voz e vídeo) e tipos de aplicações suportadas, restrições tecnológicas, de custo e prazo existente e, eventualmente, a estimativa de tráfego médio para o horário de pico e do perfil desse tráfego (tamanho médio das mensagens). Isto pode ser feito, selecionando-se um conjunto de grupos de trabalho e/ou redes *backbones* do desenho esquemático apresentado na tela e ativando as opções correspondentes da barra de ferramentas ou utilizando-se o comando **projeta**.

Deve ser especificada, então, a tecnologia de rede a ser empregada em cada sub-rede. O projetista deve selecionar um grupo de trabalho ou rede *backbone* do desenho esquemático apresentado na tela e ativar a opção referente à tecnologia da barra de ferramentas. A partir das informações até então fornecidas, para o grupo de trabalho ou rede *backbone* selecionada, o sistema determina o conjunto das tecnologias que podem ser empregadas em cada caso. Cabe ao projetista selecionar uma dessas tecnologias.

À medida que vão sendo definidas as tecnologias das diversas sub-redes, o sistema atualiza a representação da sua topologia na tela e determina a função básica dos elementos usados para interconectá-las. O projetista pode, posteriormente, modificar a função atribuída a tais elementos, selecionando cada um deles e ativando a opção correspondente da barra de ferramentas.

No caso de um campus, é apresentado na tela o desenho esquemático da topologia geral da rede, constituída da sub-rede de cada prédio e da rede *backbone* do campus. O projetista deve especificar, para cada rede *backbone* predial, a sua tecnologia, utilizando a opção de tecnologia da barra de ferramentas de seleção de tecnologias, e fornecer, para a rede *backbone* do campus, informações referentes a categoria (dados, voz e vídeo) das aplicações suportadas, estimativa de tráfego médio para horário de pico e do perfil desse tráfego e restrições tecnológicas, de custo e prazo existentes. Tais informações podem ser fornecidas ativando as opções correspondentes da barra de ferramentas ou utilizando-se o comando **projeta**.

Deve ser especificada, então, a tecnologia a ser empregada na rede *backbone* do campus. O projetista deve selecionar tal rede *backbone* no desenho esquemático apresentado na tela e ativar a opção referente à tecnologia da barra de ferramentas. A partir das informações até então fornecidas para esta rede, o sistema determina um conjunto das tecnologias que podem ser empregadas em cada caso. Cabe ao projetista selecionar uma dessas tecnologias. Se tiver sido selecionada a tecnologia FDDI, o projetista deve especificar, ainda, a topologia (anel ou estrela) a ser adotada para esta rede, ativando a opção correspondente da barra de ferramentas. Feito isso, o sistema atualiza, automaticamente, o desenho esquemático apresentado na tela com a topologia da rede *backbone* do campus.

- **Seleção dos equipamentos empregados nos grupos de trabalho e redes *backbones*:** nesta última etapa, deve ser definido o equipamento que deve ser empregado para implementar cada componente da rede projetada, que inclui grupos de trabalho, redes *backbones* e elementos de interconexão. Pressupõe a utilização da barra de ferramentas de seleção de equipamentos (vide Figura 5.19).

Em primeiro lugar, devem ser especificadas características comuns a todos componentes que constituem o ambiente de redes considerado. Tais características incluem: gerenciabilidade (arquitetura de gerenciamento, tipo de MIB, modo de gerenciamento: *in-band* e *out-of-band*), confiabilidade expressa através do MTBF, fator de redundância relativo a equipamentos, módulos e fontes de alimentação dos mesmos e placas de rede e expansibilidade referente ao número de *slots* ou portas dos equipamentos de rede e podem ser especificadas através das opções correspondentes da barra de ferramentas ou através do comando **projeta**.

Em seguida, no caso do ambiente de redes de um prédio, o projetista pode selecionar um grupo de trabalho; uma rede *backbone*; um elemento de interconexão; um conjunto de grupos de trabalho, uma rede *backbone* e os respectivos elementos de interconexão ou, ainda, um conjunto de redes *backbones* de nível *i*, uma rede *backbone* de nível *i+1* e os respectivos elementos de interconexão e ativar a opção de seleção de equipamentos da barra de ferramentas. Como resultado, o sistema determina as classes de equipamentos que podem ser usadas em cada caso. Ao projetista cabe selecionar uma dessas classes, para a qual é solicitada uma série de informações necessárias para que o sistema possa determinar uma relação dos equipamentos, ordenados por custo, que podem ser empregados. Cabe, mais uma vez, ao projetista selecionar aquele equipamento que vai ser, efetivamente, usado. Este procedimento deve ser repetido até que sejam especificados equipamentos para implementar todos os componentes da rede.

No caso da rede *backbone* de um campus, o projetista pode selecionar a própria rede *backbone* ou um elemento de interconexão e ativar a opção de seleção de equipamentos da barra de ferramentas. A partir daí, seguem-se os mesmos passos descritos para o ambiente de redes de um prédio.

5.3.1.3 Apresentação dos Resultados

A apresentação dos resultados do projeto de uma rede pode ser efetuada através de desenhos esquemáticos, referentes à topologia do conjunto de sub-redes que compõem o ambiente de redes de um prédio ou da rede *backbone* de um campus, e através da lista de componentes correspondente.

5.3.1.3.1 Desenho Esquemático

São definidos três tipos de desenhos esquemáticos, especificando, respectivamente, a topologia geral da rede, a topologia das suas sub-redes e a topologia física.

5.3.1.3.1.1 Topologia Geral da Rede

Neste tipo de desenho esquemático, é mostrado apenas um esquema ilustrando quais redes *backbones* e/ou grupos de trabalho foram especificados para o referido ambiente de redes e como os mesmos são interconectados entre si. A Figura 5.20 mostra o exemplo hipotético para o prédio de engenharia de eletricidade de um campus universitário. Neste prédio, existe uma rede *backbone* que é usada para interconectar as redes *backbones* dos diversos departamentos (PCS, PEA e PEE) que funcionam neste prédio. Cada um desses departamentos, por sua vez, possui vários laboratórios (e.g., LAA, LARC, LES e LSD do PCS), que constituem os próprios grupos de trabalho, cada um com sua própria rede local.

Figura 5.20 - Exemplo de Desenho Esquemático da Topologia Geral da Rede de um Prédio

5.3.1.3.1.2 Topologia das Sub-Redes

Neste tipo de desenho esquemático, são detalhados a topologia e tecnologia de cada sub-rede e a função dos elementos usados na interconexão dessas sub-redes. Supondo que no exemplo do item anterior, tenham sido especificadas a tecnologia FDDI para a rede *backbone* do prédio de engenharia de eletricidade e a tecnologia 10BaseT para as sub-redes do PCS e seus laboratórios, como resultado seria apresentado o desenho esquemático da Figura 5.21.

Figura 5.21 - Exemplo do Desenho Esquemático da Topologia das Sub-Redes de um Prédio

5.3.1.3.1.3 Topologia Física

Neste tipo de desenho esquemático, são detalhados os tipos de equipamentos empregados em cada sub-rede e na função de elementos de interconexão das mesmas. Supondo o mesmo exemplo do item anterior, como resultado seria apresentado o desenho esquemático da Figura 5.22. Vale observar que foi especificado, para a rede do *backbone* do departamento de eletricidade, um *hub* de chassi, que implementa um *backbone* colapsado FDDI. No caso da rede *backbone* do PCS, optou-se por empregar um *hub* de mesa comutado com portas 10BaseT e uma porta FDDI, usada no enlace com a rede *backbone* do prédio de eletricidade. Outra opção seria utilizar um *hub* que tivesse mais de uma porta FDDI disponível, às quais seriam ligados os servidores. Nos demais casos, foram empregados *hubs* empilháveis 10BaseT.

As pontes que foram especificadas entre os grupos de trabalho do laboratório e a rede *backbone* do PCS são implementadas por módulos de pontes internos aos *hubs* 10BaseT. No *hub* 10BaseT comutado, por sua vez, a função de ponte é suprimida pela matriz de comutação implementada por este equipamento, que permite interconectar portas 10BaseT e o enlace FDDI.

Figura 5.22 - Exemplo de Desenho Esquemático da Topologia Física da Rede de um Prédio

5.3.1.3.2 Lista de Componentes

Podem ser gerados dois tipos de lista com finalidades diferentes, sendo uma delas utilizada como uma lista de compra e a outra como lista de instalação:

- a) **lista de compras:** deve conter todas as informações necessárias à compra dos equipamentos de rede. Tais informações incluem as características relevantes do equipamento e a quantidade total utilizada no projeto, considerando as margens de reserva definidas pelo próprio projetista, e o preço de referência. Tais características englobam: a identificação do equipamento, a quantidade, o modelo do equipamento, a identificação do fornecedor e o part# para o *hub* propriamente dito e todos os seus módulos ou para os equipamentos de interconexão de rede. A Figura 5.23 mostra uma lista de componentes, gerada para o caso daquele mesmo exemplo hipotético do prédio do departamento de eletricidade (vide item 5.3.1.3.1.1). Para efeito de ilustração, optou-se por adotar uma solução baseada em equipamentos da 3Com [3COM95b][3COM95d].
- b) **lista de instalação:** deve conter informações que auxiliem a instalação dos equipamentos. A diferença básica entre este tipo de lista e a lista de compras reside no fato de possuir, também, informações sobre a localização de cada componente. Assim sendo, além das informações da lista de compra, contém informações da posição do equipamento no prédio, que deve corresponder à posição do quadro de distribuição, ao qual o mesmo está conectado.

Relação dos Equipamentos do Prédio de Engenharia de Eletricidade

Prédio: EPUSP - EE

Data: 5/5/95

Identificação do Eqpto.	Qtde	Modelo	Forn.	Part#	Preço Refer.
Hub-DEE	1	LinkBuilder FDDI Base Unit	3Com	3C780	•
	1	LinkBuilder Fiber-Optic Module - Four Ports	3Com	3C782	•
	1	Link Builder Management Module	3Com	3C781	
Hub-PCS	1	LinkSwitch 2200	3Com	3C220000	
Hub-LAA	1	LinkBuilder FMSII - 12 Port TP	3Com	3C16673	
	1	LinkBuider FMSII - Bridge Management Module	3Com	3C16040	
	1	LinkBuider FMII - Management Module	3Com	3C16630	
Hub-LARC	1	LinkBuilder FMSII - 12 Port TP	3Com	3Com	
	1	LinkBuilder FMSII - Bridge Management Module	3Com	3Com	
	1	LinkBuilder FMII - Management Module	3Com	3Com	
•	•	•	•	•	
•	•	•	•	•	

Figura 5.23 - Exemplo de uma Lista de Compra de Equipamentos de Rede

5.3.2 Aspectos de Implementação

Os itens que seguem têm, como objetivo, apresentar aspectos de implementação da ferramenta de seleção de equipamentos. Isto é feito, descrevendo-se, em primeiro lugar, quais as regras de projeto que devem ser observadas por essa ferramenta e as ações efetuadas pela mesma de modo a verificar e aplicar tais regras. Em seguida, é introduzida uma descrição macro dos algoritmos que devem executados na verificação da validade dos grupos de trabalho e redes *backbones* criadas pelo projetista, na seleção de tecnologias e equipamentos de rede. Por último, são mostradas as classes de objetos definidas para a base de dados dessa ferramenta.

5.3.2.1 Regras de Projeto

Este item apresenta as regras de projeto para redes locais e metropolitanas e uma descrição sucinta da ação tomada pela ferramenta de seleção de equipamentos na aplicação das mesmas (vide Tabelas 5.29 a 5.35).

Tais regras estão agrupadas em regras de caráter geral e específicas para cada tipo tecnologia de rede. São classificadas em regras obrigatórias (O), recomendações (R) e estabelecidas pelo projetista (EP). Este último tipo de regra corresponde, na realidade, a uma recomendação cuja aplicação depende de opção efetuada pelo projetista.

As ações da ferramenta, por sua vez, são categorizadas em: aplicação automática (A) da regra pela ferramenta, apresentação de opções que o projetista pode escolher com a sugestão (S) daquela opção que o sistema considera mais adequada, apresentação de uma mensagem de alerta (C) ou de uma mensagem

de erro (E). A mensagem de alerta é apresentada quando uma recomendação de projeto não é seguida, enquanto a mensagem de erro ocorre quando uma regra obrigatória não é obedecida. Por último, as ações sublinhadas são efetuadas durante a entrada de dados de algum parâmetro ou decisão de projeto. Este é o caso da regra 11 da Tabela 5.29, aplicada à função especificada para um elemento usado na interconexão de duas sub-redes de mesma tecnologia. A ferramenta sugere empregar um repetidor e o projetista pode alterar a função deste elemento para ponte, usando, para isso, opções da barra de ferramentas de seleção de tecnologias.

Vale observar também que as regras recebem uma identificação. As regras de caráter geral, válidas para qualquer tipo de tecnologia, são numeradas seqüencialmente. Nos demais casos, ela recebe um número seqüencial e um a três caracteres alfanuméricos indicando o tipo de tecnologia ao qual se aplica, valendo as seguintes convenções: e - redes Ethernet e Fast Ethernet, et - redes Ethernet (10BaseT), ef - redes Ethernet (10BaseF), fe4 - redes Fast Ethernet (100BaseT4), fex - redes Fast Ethernet (100BaseTX), fef - redes Fast Ethernet (100BaseFX), tr - redes Token Ring, vg - redes 100VG-AnyLAN, f - redes FDDI, c - redes CDDI, a - redes ATM e, por último, s - redes comutadas.

Regras de Carácter Geral				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1	Em uma rede organizada segundo uma estrutura hierárquica, qualquer componente de rede (estação, grupo de trabalho e rede <i>backbone</i>) do nível <i>i</i> pode estar conectado no máximo a um componente do nível superior <i>i + 1</i> [AHUJA85].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> É aplicada na definição dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i>, pois uma estação só pode estar conectada a um grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i>, da mesma maneira que um grupo de trabalho só pode estar conectado a uma rede <i>backbone</i> e uma rede <i>backbone</i> só pode estar conectada a uma rede <i>backbone</i> de nível superior. 	(E)
2	Em uma rede hierárquica, as sub-redes de um dado nível devem ser no mínimo tão rápidas quanto as sub-redes de um nível inferior. As redes <i>backbones</i> devem ser de uma tecnologia que ofereça maior banda do que suas sub-redes de acesso [SPOHN93 - 593 e 620].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Na especificação das tecnologias a serem empregadas nas diversas sub-redes de um prédio, não é permitido que o projetista selecione para uma dada sub-rede uma tecnologia com taxa de transmissão inferior a de sub-redes de níveis inferiores dentro da estrutura hierárquica definida para este ambiente de redes. 	(C)
3	Em uma rede hierárquica, pode existir, no máximo, uma conexão ativa por vez entre dois equipamentos quaisquer da rede (e.g. <i>hubs</i> , pontes ou roteadores)[HP95].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Durante a especificação da topologia geral do ambiente de redes e de suas sub-redes não é possível criar caminhos redundantes simultaneamente ativos entre seus componentes. No caso, por exemplo, da rede FDDI, um servidor pode estar ligado no modo <i>dual-homing</i> a dois concentradores, mas somente uma ligação deve estar ativa por vez. 	(A)
4	Em uma rede local, um servidor não deve acumular a função de roteador [SPOHN93- 593].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> Os roteadores utilizados nos projetos realizados com essa ferramenta são equipamentos <i>stand-alone</i> ou módulos de um <i>hub</i>. 	(A)
5	Toda rede deve ser dimensionada para acomodar picos de tráfego típicos dos horários de maior utilização da rede (<i>busy hours</i>) [SPOHN93].	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> O projetista pode fornecer informações de tráfego para uma dada sub-rede, para que possa ser selecionada a tecnologia mais adequada para a mesma. Tais informações referem-se ao volume médio de dados e ao perfil do tráfego nos horários de maior utilização da rede. 	(C)

Tabela 5.29 - Descrição das Regras de Projeto de Carácter Geral e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação

Regras de Carácter Geral				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
6	Não devem ser empregados equipamentos mais complexos do que o necessário. Por exemplo, não se deve utilizar uma ponte, quando um repetidor é suficiente [SPOHN93].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> O sistema sempre sugere ao projetista o emprego dos equipamentos mais simples, que atendam aos requisitos de projeto, tendo em vista o fator custo. 	(S)
7	É preferível utilizar um roteador multi-protocolo do que duas pontes que suportem um único tipo de protocolo, desde que os custos sejam competitivos [SPOHN93 - 597].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> O sistema pode sugerir ao projetista que empregue um roteador multi-protocolo ao invés de pontes mono-protocolo, se essa solução representar algum ganho em termos de custo. 	(S)
8	Em um <i>hub</i> que implementa mais de uma tecnologia, as ligações das estações servidoras como também os enlaces a redes <i>backbones</i> devem ser implementados através de tecnologias que operem a taxas mais altas de transmissão.	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> A seleção das tecnologias a serem empregadas na ligação de estações servidoras e nos enlaces com uma rede <i>backbone</i> é realizada de modo que tais tecnologias podem ser iguais ou mais rápidas que a própria tecnologia do grupo de trabalho (ou rede <i>backbone</i>) considerado. Dentre as tecnologias possíveis, o sistema sempre sugere que seja empregada uma tecnologia mais rápida. 	(S)
9	Um repetidor deve ser utilizado para interconectar duas redes locais de mesma tecnologia, quando se deseja ampliar o alcance máximo de um segmento.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Os repetidores são, normalmente, implementados internamente aos <i>hubs</i> empregados no projeto. 	(A)
10	Uma ponte deve ser utilizada para interconectar duas redes locais de tecnologias diferentes.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> No caso da interconexão de duas redes locais de tecnologias diferentes, o sistema insere, automaticamente, uma ponte. 	(A)
11	Uma ponte pode ser utilizada para interconectar duas redes locais de mesmas tecnologias, quando se deseja isolar o tráfego das sub-redes interconectadas através desta ponte.	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> No caso da interconexão de duas redes locais de mesma tecnologia, o sistema insere um repetidor que o projetista pode substituir, posteriormente, por uma ponte. 	(S)
12	Um roteador deve ser empregado para conectar uma rede local e uma rede de longa distância.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> No caso da interconexão de uma rede local e uma rede de longa distância, o sistema insere, automaticamente, um roteador. 	(A)

Tabela 5.29 - Descrição das Regras de Projeto de Carácter Geral e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação (Cont.)

Regras de Carácter Geral				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
13	Um roteador pode ser, eventualmente, empregado para conectar duas redes locais.	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> No caso da interconexão de duas redes locais de tecnologias diferentes, o sistema insere uma ponte que o projetista pode substituir, posteriormente, por um roteador. 	(S)
14	Deve ser evitada a utilização de tecnologias de rede não padronizadas.	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> Um dos parâmetros definidos para as tecnologias de rede está relacionado à sua maturidade, que é considerado como um fator de avaliação da tecnologia a ser empregada. 	(C)
15	As tecnologias FDDI e ATM, devido às suas taxas de transmissão e custos elevados, são mais adequadas para redes <i>backbones</i> , devendo ser utilizadas em grupos de trabalho apenas nos casos de aplicações especiais (e.g., CAD/CAM) que requeiram uma banda de transmissão maior.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> O sistema sugere o emprego das tecnologias FDDI e ATM somente para redes <i>backbone</i>, embora o projetista possa optar por empregá-las em grupos de trabalho. 	(S)
16	As redes devem ser projetadas considerando a possibilidade de suportar a integração de dados, voz e vídeo.	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> A seleção dos equipamentos de rede, em especial os <i>hubs</i> de chassi, é efetuada verificando a existência de vias de alta velocidade no <i>backplane</i>, o que garante a possibilidade de se integrar, posteriormente, módulos que implementem tecnologias, como o ATM, que suportam a integração de dados, voz e vídeo. 	(S)
17	Quanto maior o porte de uma rede maior a necessidade de sistemas de gerenciamento.	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> O sistema sempre sugere que o projetista utilize, sempre, equipamentos gerenciáveis. 	(S)
18	A solução de um projeto sempre deve ser a de menor custo.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Como resultado da etapa de seleção de equipamentos, o sistema apresenta uma relação dos equipamentos, que podem ser utilizados na sub-rede considerada, ordenada em ordem crescente de custo. No caso de utilização de <i>hubs</i> empilháveis, o sistema determina a combinação referente a número de <i>hubs</i> x número de portas do <i>hub</i>, que represente o menor custo. No caso de utilização de <i>hubs</i> de chassi, o sistema determina a combinação referente a número de módulos x número de portas por módulo, que represente o menor custo. 	(S)

Tabela 5.29 - Descrição das Regras de Projeto de Carácter Geral e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação (Cont.)

Redes Ethernet e Fast Ethernet				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1e	As tecnologias Ethernet (10BaseT e 10BaseF) e Fast Ethernet (100BaseTX, 100BaseFX e 100BaseT4), suportam apenas o tráfego de dados.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> As tecnologias de rede são selecionadas considerando a categoria das aplicações que a rede deve suportar. Se for especificado que tal rede deve suportar somente o tráfego de dados, são apresentadas, como opções, as tecnologias Ethernet, Token Ring, Fast Ethernet, FDDI e CDDI. 	(S)
Redes Ethernet (10BaseT)				
1et	Podem-se empregar cabos UTP - categorias 3, 4 ou 5 - 2 pares.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A infra-estrutura de cabeamento horizontal deve, obrigatoriamente, suportar cabo UTP categorias 3, 4 ou 5 e, opcionalmente, cabo STP ou fibra multimodo (62,5/125µm) [EIA/TIA568], o que garante que esta condição seja, automaticamente, satisfeita para o caso de grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar. A infra-estrutura de cabeamento vertical pode suportar cabo UTP categorias 3, 4 ou 5, cabo STP ou fibra[EIA/TIA568], sendo necessário checar se é suportado o tipo de cabo adequado para a tecnologia 10BaseT. 	(A)
2et	O comprimento máximo de um cabo usado na conexão entre uma estação e um <i>hub</i> é de 100 m [IEEE802.3].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 90 m de cada tomada ao <i>patch panel</i> e que o comprimento total do cabo de estação, <i>patch cord</i> e cabo do equipamento é, de no máximo, 10 m. Isto implica que, no caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar, esta restrição de comprimento de cabo é, automaticamente, obedecida. No caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento não é excedido. No caso da rede <i>backbone</i> de um campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)
3et	Podem existir, no máximo, quatro <i>hubs</i> (empilháveis) na função de repetidores conectados entre si [IEEE802.3].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A grande maioria dos fabricantes impõem esta restrição de existirem, no máximo, quatro <i>hubs</i> 10BaseT empilháveis, embora alguns permitam até 8 <i>hubs</i>. 	(A)
4et	Um <i>hub</i> empilhável pode ser usado para implementar um único grupo de trabalho ou uma única rede <i>backbone</i> .	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Os <i>hubs</i> empilháveis são sugeridos como opções de projeto para os grupos de trabalho, não sendo permitido selecionar um único <i>hub</i> empilhável para mais de um grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i>. 	(A)

Tabela 5.30 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia Ethernet e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.

Redes Ethernet (10BaseF)				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1ef	Podem-se empregar cabos de fibra 62,5/125 μm - 1 par.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Os sistemas de cabeamento estruturado podem suportar cabo UTP categoria 3, 4 ou 5, cabo STP ou fibra multimodo (62,5/125μm) e fibra monomodo em redes <i>backbone</i> [EIA/TIA568], sendo, portanto, necessário verificar se é suportado o tipo de cabo especificado para a tecnologia 10BaseF. 	(A)
2ef	O comprimento máximo de um cabo usado na conexão entre uma estação e um <i>hub</i> é de 500 m [IEEE802.3].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 90 m de cada tomada ao <i>patch panel</i> e que o comprimento total do cabo de estação, <i>patch cord</i> e cabo do equipamento é, de no máximo, 10 m. Isto implica que, no caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar, tem-se a distância máxima de 100 m entre uma estação e o <i>hub</i> do grupo de trabalho ou entre um grupo de trabalho e o <i>hub</i> da rede <i>backbone</i>, sendo esta restrição de comprimento de cabo igual a 500 m, automaticamente, obedecida. No caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento máximo do cabo não é excedido somente para prédios com mais de 50 andares (supondo que as estações ou redes envolvidas estejam a 100 m do <i>backbone</i> do prédio e que cada andar tenha o pé-direito de 3 m). No caso da rede <i>backbone</i> de um campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)
3ef	Podem existir, no máximo, quatro <i>hubs</i> (empilháveis) na função de repetidores conectados entre si [IEEE802.3].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A grande maioria dos fabricantes impõem esta restrição de existirem, no máximo, quatro <i>hubs</i> 10BaseF empilháveis, embora alguns permitam até 8 <i>hubs</i>. 	(A)
4ef	Um <i>hub</i> empilhável (<i>stackable</i>) pode ser usado para implementar um único grupo de trabalho ou uma única rede <i>backbone</i> .	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Os <i>hubs</i> empilháveis são sugeridos como opções de projeto para os grupos de trabalho, não sendo permitido selecionar um único <i>hub</i> empilhável para mais de um grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i>. 	(A)

Tabela 5.30 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia Ethernet e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação (Cont.).

Redes Fast Ethernet (100BaseT4)				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1fe4	Podem-se empregar cabos UTP categorias 3, 4 e 5 - 4 pares.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A infra-estrutura de cabeamento horizontal deve, obrigatoriamente, suportar cabo UTP categorias 3, 4 ou 5 - 4 pares e, opcionalmente, cabo STP ou fibra multimodo (62,5/125µm) [EIA/TIA568], o que garante que esta condição é, automaticamente, satisfeita para o caso de grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar. A infra-estrutura de cabeamento vertical pode suportar cabo UTP categorias 3, 4 ou 5, cabo STP ou fibra [EIA/TIA568], sendo necessário checar se é usado o tipo de cabo adequado para a tecnologia 100BaseT4. 	(A)
2fe4	O comprimento máximo do cabo usado na conexão da estação ao <i>hub</i> deve ser 100 m [GOTELLI95].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 90 m de cada tomada ao <i>patch panel</i> e que o comprimento total do cabo de estação, <i>patch cord</i> e cabo do equipamento é, de no máximo, 10 m. Isto implica que, em grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar, esta restrição de comprimento de cabo é, automaticamente, obedecida. Em grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento máximo do cabo não é excedido. Em redes <i>backbone</i> de campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)
Redes Fast Ethernet (100BaseTX)				
1fex	Podem-se empregar cabos UTP categoria 5 - 2 pares ou STP tipo 1 - 2 pares.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A infra-estrutura de cabeamento horizontal deve, obrigatoriamente, suportar cabo UTP categorias 3, 4 ou 5 e, opcionalmente, cabo STP ou fibra multimodo (62,5/125µm) [EIA/TIA568], o que garante que esta condição seja, automaticamente, satisfeita para o caso de grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar. A infra-estrutura de cabeamento vertical pode suportar cabo UTP categorias 3, 4 ou 5, cabo STP ou fibra[EIA/TIA568], sendo necessário checar se é usado o tipo de cabo adequado para a tecnologia 100BaseTX. 	(A)

Tabela 5.30 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia Ethernet e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação (Cont.).

Redes Fast Ethernet (100BaseTX)				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
2fex	O comprimento máximo de um cabo, UTP ou STP, usado na conexão da estação ao <i>hub</i> deve ser 100 m [GOTELLI95].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> • O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 90 m de cada tomada ao <i>patch panel</i> e que o comprimento total do cabo de estação, <i>patch cord</i> e cabo do equipamento é, de no máximo, 10 m. Isto implica que, no caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar, esta restrição de comprimento de cabo é, automaticamente, obedecida. • No caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento de cabo não é excedido. • No caso da rede <i>backbone</i> de um campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)
Redes Fast Ethernet (100BaseFX)				
1fef	Podem-se empregar cabos de fibra óptica multimodo 62,5/125 μ m.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> • Os sistemas de cabeamento estruturado podem suportar cabo UTP categoria 3, 4 ou 5, cabo STP ou fibra multimodo (62,5/125 μm) e fibra monomodo em redes <i>backbone</i> [EIA/TIA568], sendo, portanto, necessário verificar se é suportado o tipo de cabo especificado para a tecnologia 100BaseFX. 	(A)
2fef	O comprimento máximo do cabo usado na conexão da estação ao <i>hub</i> deve ser 400 m [GOTELLI95].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> • O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 90 m de cada tomada ao <i>patch panel</i> e que o comprimento total do cabo de estação, <i>patch cord</i> e cabo do equipamento é, de no máximo, 10 m. Isto implica que, no caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar, tem-se a distância máxima de 100 m entre uma estação e o <i>hub</i> do grupo de trabalho ou entre um grupo de trabalho e o <i>hub</i> da rede <i>backbone</i>, sendo esta restrição de comprimento de cabo igual a 400 m automaticamente, satisfeita. • No caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento máximo do cabo não é excedido somente para prédios com mais de 30 andares (supondo que as estações ou redes envolvidas estejam a 100 m do <i>backbone</i> do prédio e que cada andar tenha o pé-direito de 3 m). • No caso da rede <i>backbone</i> de um campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)

Tabela 5.30 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia Ethernet e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação (Cont.).

Redes Token Ring				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1tr	Devem-se empregar cabos STP - 150 Ω - 2 pares.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Os sistemas de cabeamento estruturado podem suportar cabo UTP categoria 3, 4 ou 5, cabo STP ou fibra multimodo (62,5/125μm) e fibra monomodo em redes <i>backbone</i> [EIA/TIA568], sendo necessário verificar se é suportado o tipo de cabo especificado para a tecnologia Token Ring. 	(A)
2tr	O número máximo de estações deve ser 250 para cabo STP e 72 para cabo UTP [STALLINGS90b].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Todas às vezes que é especificado um grupo de trabalho ou uma rede <i>backbone</i> com esta tecnologia é verificado se o número total de estações e sub-redes interconectadas não ultrapassa 250 para cabo STP ou 72. para cabo UTP. 	(A)
3tr	A distância máxima entre as estações deve ser igual a 100 m [SPOHN93-162].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 90 m de cada tomada ao <i>patch panel</i> e que o comprimento total do cabo de estação, <i>patch cord</i> e cabo do equipamento é, de no máximo, 10 m. Isto implica que, no caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar, tem-se a distância máxima de 100 m entre uma estação e o <i>hub</i> do grupo de trabalho ou entre um grupo de trabalho e o <i>hub</i> da rede <i>backbone</i>, sendo esta restrição de comprimento de cabo automaticamente, satisfeita. No caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento de cabo não é excedido. No caso da rede <i>backbone</i> de um campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)
4tr	Um <i>hub</i> empilhável pode ser usado para implementar um único grupo de trabalho ou uma única rede <i>backbone</i> .	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Os <i>hubs</i> empilháveis são sugeridos como opções de projeto para os grupos de trabalho, não sendo permitido selecionar um único <i>hub</i> empilhável para mais de um grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i>. 	(A)
5tr	A tecnologia Token Ring suporta apenas o tráfego de dados.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> As tecnologias de rede são selecionadas tomando por base a categoria de aplicações que a rede deve suportar. Se for especificado que tal rede deve suportar somente o tráfego de dados, são apresentadas, como opções, as tecnologias Ethernet, Token Ring, Fast Ethernet, FDDI e CDDI. 	(S)

Tabela 5.31 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia Token Ring e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.

Redes 100VG-AnyLAN				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1vg	Podem-se empregar cabos UTP categorias 3, 4 e 5 - 4 pares, UTP categoria 5 - 2 pares, STP tipos 1, 2, 6 e 9 - 2 pares, STP tipo 2 - 4 pares e fibra óptica 62,5/125 μ m [HP95].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Os sistemas de cabeamento estruturado podem suportar cabo UTP categoria 3, 4 ou 5, STP ou fibra multimodo (62,5/125μm) e fibra monomodo em redes <i>backbone</i> [EIA/TIA568]. Na maioria dos casos, é suportado, portanto, um dos tipos de cabos usados com a tecnologia 100VG-AnyLAN, com exceção das fibras monomodo. 	(A)
2vg	<p>O comprimento máximo do cabo utilizado na conexão entre uma estação e um <i>hub</i> deve ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cabo UTP - categoria 3: 100 m; Cabo UTP - categorias 4 e 5: 150 m; Cabo STP: 100 m; Fibra - 62,5/125μm: 500 m. 	(O)	<ul style="list-style-type: none"> O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 100 m de cada estação ao equipamento de rede no caso dos grupos de trabalho e das redes <i>backbones</i> intra-andar. No caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento de cabo não é excedido. No caso da rede <i>backbone</i> de um campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)
3vg	O número máximo teórico de estações é igual a 1024 e o número recomendado de estações igual a 250 [HP95].	(O/R)	<ul style="list-style-type: none"> Todas às vezes que é especificado um grupo de trabalho ou uma rede <i>backbone</i> com esta tecnologia é verificado se o número total de estações e sub-redes interconectadas não excede 250. 	(A/C)
4vg	Em um mesmo segmento de rede é permitido empregar um único tipo de quadro (IEEE 802.3 ou IEEE 802.5) [HP95].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> O tipo de quadro a ser empregado é definido a nível de grupo de trabalho e rede <i>backbone</i>, que constituem segmentos de rede diferentes. Se duas redes desta tecnologia são conectadas entre si e empregarem tipos de quadros diferentes, é inserida uma ponte para interconectá-las. 	(A)
5vg	Entre dois nós quaisquer da rede não devem existir mais do que 7 pontes [HP95].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A medida que vão sendo definidas as tecnologias a serem empregadas nos diversos grupos de trabalho e níveis de redes <i>backbones</i>, o sistema verifica se é obedecido este número máximo de pontes. 	(E)
6vg	Deve ser minimizado o número de níveis de <i>hubs</i> em cascata para minimizar o tempo gasto na arbitragem das estações, que querem enviar dados.	(R)	<ul style="list-style-type: none"> O sistema apresenta uma mensagem de advertência a cada nível inserido. 	(C)
7vg	A tecnologia 100VG-AnyLAN suporta o tráfego de dados, voz e vídeo.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Se for especificado que a rede deve suportar o tráfego de dados, voz e vídeo, são tidas como opções de projeto somente as tecnologias 100VG-AnyLAN e ATM. 	(S)

Tabela 5.32 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia 100VG-AnyLAN e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.

Redes FDDI				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1f	Podem ser empregadas fibras 62,5/125 μm , 50/125 μm , 100/140 μm e 8/125 μm .	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Os sistemas de cabeamento estruturado podem suportar cabo UTP categoria 3, 4 ou 5, cabo STP ou fibra multimodo (62,5/125μm) e fibra monomodo em redes <i>backbone</i> [EIA/TIA568], sendo, portanto, necessário verificar se é suportado o tipo de cabo especificado para a tecnologia FDDI. 	(A)
2f	No caso de serem empregados dutos para passagem de cabos de fibra óptica, somente 50% da área de secção do duto pode ser ocupada [MIIRCHANDANI93-176].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> O sistema de projeto de cabeamento estruturado não permite que o índice de ocupação dos dutos seja superior a 50%. 	(A)
3f	O número máximo de estações DAS em um anel duplo deve ser igual a 500 (ou 1000 estações SAS em um anel simples) [MIIRCHANDANI93-32].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Todas às vezes que é especificado um grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i> com esta tecnologia, verifica-se se o número máximo de estações DAS (SAS) não ultrapassa 500 (1000). Se houver estações DAS e SAS ligadas ao mesmo grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i>, é permitido um número máximo de estações igual a 500. 	(E)
4f	A distância máxima entre as estações deve ser de 400 m, pressupondo o <i>bypass</i> de até 4 estações consecutivas do anel [MIIRCHANDANI93-182].	(R)	<ul style="list-style-type: none"> O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 100 m de cada estação ao equipamento de rede no caso dos grupos de trabalho e das redes <i>backbones</i> intra-andar, sendo esta restrição de comprimento de cabo de 400 m, automaticamente, obedecida. Em grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, o problema pode ocorrer para prédios com mais de 30 andares (supondo que as estações ou redes envolvidas estejam a 100 m do <i>backbone</i> do prédio e cada andar tenha o pé-direito de 3 m). Em uma rede <i>backbone</i> de campus, nem sempre é possível garantir a observação desta regra, visto que as normas [EIA/TIA569] definem a distância máxima de 2000 m entre os quadros de distribuição prediais e o quadro de distribuição do campus. Nestes casos extremos, o fato de uma estação passar para o modo <i>bypass</i> pode comprometer o funcionamento da rede como um todo. 	(C)

Tabela 5.33 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia FDDI e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.

Redes FDDI				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
5f	O comprimento máximo de um anel duplo deve ser 100 km (ou 200 km para um anel simples) [MIIRCHANDANI93-32].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Em grupos de trabalho ou redes <i>backbones</i> intra-andar de um prédio, duas estações (ou sub-redes) mantêm entre si a distância máxima de 200 m, visto que cada uma deve manter a distância máxima de 100 m do <i>patch panel</i>. Posto isso e garantindo-se que o número máximo de estações é igual a 500, fica, automaticamente, garantido que o comprimento máximo do anel seja 100Km. Em grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares de um prédio e redes <i>backbones</i> de um campus, esta condição tem que ser verificada. 	(A)
6f	As portas S de uma estação devem ser conectadas às portas M de um concentrador e as portas A (B) de uma estação ou concentrador dual devem ser conectadas às portas B (A) de outra estação ou concentrador dual.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A seleção do tipo de acesso FDDI a ser oferecido, efetuada pelo projetista, é usada para determinar os tipos de portas que devem ser disponibilizadas pelo <i>hub</i>/módulo FDDI a ser empregado, adotando-se como referência esta regra. 	(A)
7f	A tecnologia FDDI/CDDI suporta apenas o tráfego de dados.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> As tecnologias de rede são selecionadas considerando a categoria das aplicações que a rede deve suportar. Se for especificado que tal rede deve suportar somente o tráfego de dados, são apresentadas, como opções, as tecnologias Ethernet, Token Ring, Fast Ethernet, FDDI e CDDI. 	(S)

Tabela 5.33 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia FDDI e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação (Cont.)

Redes CDDI				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1c	Podem ser empregados cabos STP tipo 1 e UTP categorias 3, 4 e 5 [MIIRCHANDANI93-42].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> A infra-estrutura de cabeamento horizontal deve, obrigatoriamente, suportar cabo UTP categorias 3, 4 ou 5 e, opcionalmente, cabo STP ou fibra multimodo (62,5/125µm) [EIA/TIA568], o que garante que esta condição seja, automaticamente, satisfeita para o caso de grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> intra-andar. A infra-estrutura de cabeamento vertical pode suportar cabo UTP categorias 3, 4 ou 5, cabo STP ou fibra[EIA/TIA568], sendo, portanto, necessário checar se é suportado o tipo de cabo usado pela tecnologia CDDI. 	(A)
2c	A distância máxima entre uma estação e um concentrador em uma rede CDDI não deve exceder 100 m.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 100 m de cada estação ao equipamento de rede no caso dos grupos de trabalho e das redes <i>backbones</i> intra-andar. Em grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento máximo do cabo não é excedido. Em redes <i>backbone</i> de campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)
3c	A tecnologia FDDI/CDDI suporta apenas o tráfego de dados.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> As tecnologias de rede são selecionadas tomando por base as categorias de aplicações que a rede deve suportar. Se for especificado que tal rede deve suportar somente o tráfego de dados, são apresentadas, como opções, as tecnologias Ethernet, Token Ring, Fast Ethernet, FDDI e CDDI. 	(S)

Tabela 5.34 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia CDDI e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.

Redes ATM				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1a	Podem-se empregar cabos UTP categorias 3 e 5, STP tipos 1 e 2 e fibra óptica multimodo (e.g., 62,5/125 μm) (ATM Forum) [MCDYSAN95 -220].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Os sistemas de cabeamento estruturado podem suportar cabo UTP categoria 3, 4 ou 5, cabo STP ou fibra multimodo (62,5/125μm) e fibra monomodo em redes <i>backbone</i> [EIA/TIA568], sendo, portanto, necessário verificar se é suportado o tipo de cabo especificado para a tecnologia ATM. 	(A)
2a	A distância máxima entre uma estação e um comutador ATM não deve exceder 100 m para cabo UTP.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 100 m de cada estação ao equipamento de rede no caso dos grupos de trabalho e das redes <i>backbones</i> intra-andar. Em grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento máximo do cabo não é excedido. Em redes <i>backbone</i> de campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)
3a	A tecnologia ATM suporta o tráfego de dados, voz e vídeo.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> Se for especificado que a rede deve suportar o tráfego de dados, voz e vídeo, são tidas como opções de projeto somente as tecnologias 100VG-AnyLAN e ATM. 	(S)

Tabela 5.35 - Descrição das Regras de Projeto da Tecnologia ATM e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação.

Redes Comutadas				
Id.	Regras de Projeto	Tipo Regra	Descrição da Ação da Ferramenta	Tipo Ação
1s	Para as redes comutadas Ethernet (10BaseT), o comprimento máximo do cabo usado na conexão de uma estação ao <i>hub</i> é de 100 m.	(O)	<ul style="list-style-type: none"> • O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 100 m de cada estação ao equipamento de rede no caso dos grupos de trabalho e das redes <i>backbones</i> intra-andar. • No caso dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, deve-se verificar se tal comprimento máximo do cabo não é excedido. • No caso da rede <i>backbone</i> de um campus, esta tecnologia não é empregada. 	(A)
2s	Para as redes comutadas Fast Ethernet, o comprimento máximo do cabo usado na conexão de uma estação a um <i>hub</i> é de 100 m para as redes 100BaseTX e 100BaseT4 e 2000 m para as redes 100BaseFX [GOTELLI95].	(O)	<ul style="list-style-type: none"> • O projeto de cabeamento estruturado garante que é mantida a distância máxima de 100 m de cada estação ao equipamento de rede no caso dos grupos de trabalho e das redes <i>backbones</i> intra-andar. Isto garante que sejam satisfeitas, automaticamente, as restrições de comprimento de cabo de 100 m para as tecnologias 100BaseTX e 100BaseT4 e de 2000 m para a tecnologia 100BaseFX. • Em grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> inter-andares, é necessário verificar se tal comprimento máximo de cabo não é excedido para os três tipos de tecnologias. • Em redes <i>backbone</i> de campus, as tecnologias 100BaseT4 e 100BaseTX não são empregadas. As redes 100BaseFX podem ser empregadas, desde que seja verificado se esta restrição de comprimento de cabo é satisfeita. 	(A)
3s	Um <i>hub</i> de mesa comutado pode ser usado para implementar vários grupos de trabalho.	(EP)	<ul style="list-style-type: none"> • Se o projetista selecionar, simultaneamente, vários grupos de trabalho, o sistema apresenta, como uma das opções de equipamentos, <i>hubs</i> de mesa comutados, que suporte a definição de redes virtuais. 	(S)

Tabela 5.35 - Descrição das Regras de Projeto de Redes Comutadas e das Ações da Ferramenta de Seleção de Equipamentos na sua Aplicação (Cont.)

5.3.2.2 Regras de Projeto e Algoritmos

As Tabelas 5.36 a 5.38 apresentam uma descrição macro dos principais algoritmos que devem ser executados por essa ferramenta, ilustrando quais regras de projeto são aplicadas em cada caso (coluna Id.R.).

Topologia Geral da Rede		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
1. Verificar se o grupo de trabalho criado é válido.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se existem estações (estações servidoras, de trabalho ou outros recursos de rede) definidas para este grupo de trabalho que pertencem a outro grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i>. • Verifica se o número de estações deste grupo de trabalho tem o suporte de alguma tecnologia e produto do mercado. • Verifica se a distância máxima entre as estações deste grupo de trabalho é suportada por alguma tecnologia do mercado. • Verifica se não existe nenhum grupo de trabalho com a mesma identificação especificada pelo projetista. • Se for detectada alguma inconsistência, informa ao projetista a natureza do problema detectado e solicita que o grupo de trabalho seja redefinido. 	1,3
2. Verificar se a rede <i>backbone</i> é válida.	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se existem estações (estações servidoras, de trabalho ou outros recursos de rede), grupos de trabalho e/ou outras redes <i>backbones</i>, que devem ser conectadas através desta rede <i>backbone</i>, que já pertencem a um grupo de trabalho (estações) ou a outra rede <i>backbone</i> (estações, grupos de trabalho ou redes <i>backbones</i>). • Verifica se o número de pontos desta rede <i>backbone</i>, à qual devem estar interconectados estações, grupos de trabalho e outras redes <i>backbones</i>, tem o suporte de alguma tecnologia e produto do mercado. • Verifica se a distância máxima entre estes pontos é suportada por alguma tecnologia do mercado. • Verifica se não existe nenhuma rede <i>backbone</i> com a mesma identificação especificada pelo projetista. • Se for detectada alguma inconsistência, informa ao projetista a natureza do problema detectado e solicita que a rede <i>backbone</i> seja redefinida. 	1,3

Tabela 5.36 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Especificação da Topologia Geral da Rede pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos.

Tecnologia das Sub-Redes		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
1. Determinar o subconjunto de tecnologias que podem ser empregadas na implementação de um dado grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i> .	<ul style="list-style-type: none"> O subconjunto de tecnologias que podem ser empregadas em um dado grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i> é determinado, procedendo-se da seguinte maneira: <ul style="list-style-type: none"> Determina quais tecnologias são suportadas pela infraestrutura de cabeamento existente no prédio ou campus considerado (informação obtida dos arquivos gerados pela ferramenta de cabeamento). Determina quais tecnologias restantes podem abranger a área geográfica definida para este grupo de trabalho ou rede <i>backbone</i> (informações obtidas na primeira etapa de especificação da topologia geral da rede). Determina quais tecnologias restantes suportam o número de estações, no caso de grupos de trabalho, ou número de pontos, no caso de redes <i>backbones</i>, especificados para a sub-rede considerada. Determina quais tecnologias restantes suportam as categorias de aplicações especificadas pelo projetista. Determina quais tecnologias restantes suportam os tipos de aplicações definidas pelo projetista. Determina quais tecnologias restantes suportam a demanda de tráfego estimada pelo projetista. Elimina do subconjunto de tecnologias, até então selecionadas, aquelas que o projetista informou que não quer utilizar. Determina quais tecnologias restantes satisfazem as restrições de custo e prazo de maturidade impostos pelo projetista. Verifica se a tecnologia 100VG-AnyLAN pode ser empregada, considerando a restrição de existirem, no máximo, 7 pontes entre dois nós quaisquer de uma rede com essa tecnologia. No caso das redes <i>backbones</i>, seleciona aquelas tecnologias das restantes que operam a uma taxa de transmissão igual ou maior do que as taxas dos grupos de trabalho e outras redes <i>backbones</i> a ela interconectadas. Ao final, se o subconjunto de tecnologias resultante for vazio, é apresentada ao projetista qual o critério (ou critérios) de seleção levou a este resultado, podendo o projetista redefinir alguns parâmetros de projeto. Seleciona, como <i>default</i>, a tecnologia mais adequada ao tipo de rede considerado (e.g., rede 10BaseT para grupos de trabalho e rede FDDI para redes <i>backbones</i>). Se houver mais de uma opção, seleciona a tecnologia de menor custo. 	2,5, 15, 18,1e, 1et, 2et, 1ef, 2ef, 1fe4, 2fe4, 1fex, 2fex, 1fef, 2fef, 1tr, 2tr, 3tr, 5tr, 1vg, 2vg, 3vg, 5vg, 7vg, 1f, 4f, 5f, 7f, 1c, 2c, 3c, 1a, 2a,3a, 1s, 2s

Tabela 5.37 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Especificação das Tecnologias das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos.

Tecnologia das Sub-Redes		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
2.Determinar o tipo de elemento de interconexão que deve ser usado entre duas sub-redes (grupos de trabalho ou redes <i>backbones</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém os tipos de tecnologias empregadas pelas sub-redes (grupos de trabalho ou redes <i>backbones</i>) a serem interconectadas. • Se a tecnologia de ambas as sub-redes for a mesma, verifica se a tecnologia empregada é a 100VG-AnyLAN: <ul style="list-style-type: none"> - Em caso positivo, verifica se as duas sub-redes empregam o mesmo tipo de quadro (Ethernet ou Token Ring). ... Se as duas sub-redes 100VG-AnyLAN empregarem o mesmo tipo de quadro, associa a função de repetidor ao elemento usado na sua interconexão. ... Se empregarem tipos de quadros diferentes, associa a função de ponte a tal elemento de interconexão. • Em caso negativo, se as sub-redes devem ser implementadas através de uma tecnologia diferente da 100VG-Any LAN, associa a função de repetidor ao elemento usado na sua interconexão. • Se as tecnologias das sub-redes forem diferentes entre si, associa a função de ponte ao seu elemento de interconexão. 	6, 9, 10, 18, 4vg
3.Gerar a relação dos grupos de trabalho, redes <i>backbones</i> e elementos interconexão.	<ul style="list-style-type: none"> • Varre todos os grupos de trabalho e ordena-os em ordem alfabética de identificação. • Obtém para cada grupo de trabalho informações relativas a seu tipo (intra ou inter-andar), tecnologia, localização (identificação do prédio e andar), número e identificação das estações classificadas por tipo (de trabalho, servidoras e recursos de redes), número e tipos de acessos remotos. • Varre todas as redes <i>backbones</i> e ordena-as em ordem alfabética de identificação. • Obtém para cada rede <i>backbone</i> informações relativas a seu tipo (intra-andar, inter-andar ou predial), tecnologia, localização (identificação do prédio e andar), número e identificação das estações classificadas por tipo (servidoras e recursos de redes), número e identificação dos grupos de trabalho, número e identificação das redes <i>backbones</i>, número e tipos de acessos remotos. • Varre todos elementos de interconexão e ordena-os em ordem alfabética de identificação. • Obtém, para cada elemento de interconexão, informações relativas a seu tipo (ponte local, ponte remota ou roteador), localização (identificação do prédio e andar), identificação e tecnologia da(s) rede(s) local(is) interconectada(s) e dos enlaces remotos. 	

Tabela 5.37- Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Especificação das Tecnologias das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
1. Determinar a classe de equipamentos que pode ser empregada em um grupo de trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém o número de estações que pertencem a este grupo de trabalho e o tipo de tecnologia especificada para o mesmo. • Obtém os tipos de enlaces com redes de longa distância definidos para este grupo de trabalho. • Obtém os parâmetros de projeto especificados referentes a gerenciabilidade, fator de redundância e expansibilidade. • Determina quais classes de <i>hubs</i> (<i>hubs</i> de mesa e de chassi) implementam esta tecnologia. <ul style="list-style-type: none"> - Se for suportada a classe de <i>hubs</i> de mesa, determina quais das suas subclasses (<i>hub</i> empilhável, <i>hub</i> não-empilhável de uma única ou múltiplas tecnologias) suportam o número de portas suficientes para conectar todas as estações do grupo de trabalho e atendem aos parâmetros de projeto especificados. - Se for suportada a classe de <i>hubs</i> de chassi, verifica se existem <i>hubs</i> de chassi de tecnologia única no mercado que possuem portas suficientes para conectar todas as estações deste grupo de trabalho e atendem aos parâmetros de projeto. • Obtém o conjunto de classes de <i>hubs</i> que podem ser empregados para implementar este grupo de trabalho. <ul style="list-style-type: none"> - Se este conjunto for vazio e tiver sido detectado restrição em relação ao número de portas, informa ao projetista que tal grupo de trabalho deve ser dividido em grupos menores. - Se este conjunto for vazio devido à incompatibilidade com outros parâmetros de projeto, informa ao projetista o tipo do problema detectado e solicita que tal grupo seja redefinido. - Se este conjunto não for vazio, habilita as opções do menu compatíveis. 	3et, 3ef
2. Verificar se a configuração definida para um grupo de trabalho é suportada por um <i>hub</i> não-empilhável de mercado.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém o tipo de enlace especificado para rede <i>backbone</i>. • Obtém o número de portas e tipos de tecnologia especificados para interconexão das estações servidoras. • Obtém o número de estações de trabalho e outros recursos de rede a serem interconectados e a tecnologia definida para o próprio grupo de trabalho. • Obtém os tipos de enlaces com redes de longa distância definidos para este grupo de trabalho. • Obtém a margem de reserva definida para as portas do <i>hub</i>. • Determina o número total e parcial de portas para cada tipo de tecnologia de acesso ao grupo de trabalho e enlaces com rede de longa distância. • Verifica se existe algum <i>hub</i> empilhável cadastrado, que possua os tipos de portas especificadas para o enlace com a rede <i>backbone</i> e interconexão das estações. <ul style="list-style-type: none"> - Se não existir nenhum <i>hub</i> que satisfaça tais parâmetros, solicita ao projetista que redefina os tipos de portas para a conexão das estações servidoras e com a rede <i>backbone</i>. - Se existir <i>hub</i> que satisfaça tais parâmetros, habilita a continuação do procedimento de seleção de equipamentos. 	2

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos.

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
3.Determinar o número e configuração dos <i>hubs</i> empilháveis a serem utilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém o conjunto de fornecedores que possuem <i>hubs</i> empilháveis da tecnologia especificada e que atendam aos parâmetros de projeto especificados pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> - Para cada fornecedor, determina o número de modelos existentes e, para cada modelo, o número de portas. • Obtém o número de estações (ou número de pontos) do grupo de trabalho (ou rede <i>backbone</i>) considerado. • Obtém a margem de reserva definida como parâmetro de projeto. • Determina o número total de portas que deve ter o <i>hub</i>, através da soma do número de estações (ou número de pontos) e a margem de reserva. • Verifica se o projetista especificou que todos os <i>hubs</i> devem ter o mesmo número de portas <ul style="list-style-type: none"> - Em caso positivo, determina, para cada fabricante, o modelo que atenda à restrição do número máximo de <i>hubs</i> que podem ser empilhados, ofereça o melhor aproveitamento em termos de número de portas utilizadas e resulte em um menor custo. - Em caso negativo, determina, para cada fabricante, a combinação entre os seus diversos modelos que atenda à restrição do número máximo de <i>hubs</i> que podem ser empilhados, ofereça o melhor aproveitamento em termos de número de portas utilizadas e resulte em um menor custo. • Gera uma relação contendo as diversas opções de <i>hubs</i> empilháveis, que podem ser empregadas. 	18, 3et, 3ef
4.Selecionar um conjunto de equipamentos que podem ser usados como grupo de trabalho.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém a classe de <i>hub</i> selecionada. • Obtém informações de carácter geral referentes a gerenciabilidade (arquitetura de gerenciamento, tipo de MIB e modo de gerenciamento), fator de redundância (fonte dual), confiabilidade (MTBF), expansibilidade (número de portas) e tempo de garantia. • Se tiver sido selecionada a classe de <i>hub</i> de mesa, obtém informações adicionais referentes a módulo de ponte, interfaces adicionais e interfaces WAN e, para caso específico de <i>hubs</i> não-empilháveis de múltiplas tecnologias, outras informações relativas às tecnologias suportadas pelos enlaces com a rede <i>backbone</i> e estações servidoras e tipo de acesso (compartilhado ou comutado). • Se tiver sido selecionada a classe de <i>hub</i> de chassi, obtém informações adicionais referentes a recursos de <i>hot swapping</i> e disponibilidade (MTTR). • Obtém a tecnologia selecionada para este grupo de trabalho e os parâmetros de projeto específicos definidos para essa tecnologia. 	18, 3et, 4et, 3ef, 4ef, 2tr, 4tr, 3vg, 3f, 6f

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
4. Selecionar um conjunto de equipamentos que podem ser usados como grupo de trabalho (Cont.).	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiver sido selecionada a classe de <i>hubs</i> não empilháveis de tecnologia única. <ul style="list-style-type: none"> - Para as tecnologias 10BaseT, 10BaseF, Token Ring, 100BaseT4, 100BaseTX ou 100BaseFX, verifica se foi especificado o tipo de acesso compartilhado ou comutado: <ul style="list-style-type: none"> ... Se o tipo de acesso for compartilhado, obtém da base de dados de equipamentos os <i>hubs</i> da tecnologia especificada, que oferecem este tipo de acesso e possuem o número de portas suficientes para conectar todas as estações dos grupos de trabalho e suportar a margem de reserva requerida. • Se o subconjunto de <i>hubs</i> não for vazio, determina quais <i>hubs</i> atendem a todos os requisitos e quantos deles atendem à parte dos requisitos. <ul style="list-style-type: none"> • Se o subconjunto de <i>hubs</i> que atendem a todos os requisitos não for vazio e este subconjunto tiver o número mínimo de <i>hubs</i> definido pelo projetista, monta uma lista de equipamentos ordenada por custo. • Caso contrário, apresenta uma mensagem de advertência e uma tabela informando quantos equipamentos atendem a cada parâmetro especificado. • Se o subconjunto de <i>hubs</i> for vazio, apresenta uma mensagem explicativa do tipo de problema detectado, possivelmente orientando no sentido de redimensionar tal grupo de trabalho. ... Se o tipo de acesso for comutado, procede de maneira análoga ao acesso compartilhado, obtendo da base de dados informações apenas da classe de <i>hubs</i> de mesa comutados. - Para a tecnologia FDDI, obtém os tipos (estações SAS ou DAS) e números de acessos e verifica se o número total de acessos é superior ao especificado pelas normas (1000 estações SAS ou 500 DAS). <ul style="list-style-type: none"> ... Em caso positivo, apresenta uma mensagem de erro. ... Em caso negativo, seleciona o conjunto de <i>hubs</i> desta tecnologia, que suportam o número de estações mais a margem de reserva definida para este grupo de trabalho e atendem aos requisitos de projeto, seguindo a mesma sequência de passos apresentada para os <i>hubs</i> das tecnologias Ethernet, Token Ring e Fast Ethernet de acesso compartilhado. • Para as tecnologias 10VG-Any LAN e ATM, seleciona o conjunto de <i>hubs</i> da tecnologia considerada, que suportam o número de estações mais a margem de reserva definida para este grupo de trabalho e atendem aos requisitos de projeto especificados, seguindo a mesma sequência de passos descrita para os <i>hubs</i> das tecnologias Ethernet, Token Ring e Fast Ethernet de acesso compartilhado. 	18, 3et, 4et, 3ef, 4ef, 2tr, 4tr, 3vg, 3f, 6f

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
4. Selecionar um conjunto de equipamentos que podem ser usados como grupo de trabalho (Cont.).	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiver sido selecionada a classe de <i>hubs</i> não empilháveis de múltiplas tecnologias, verifica se existem <i>hubs</i> que suportam a configuração definida para este grupo de trabalho (número e tipo de portas usadas na interconexão das estações e enlace com a rede <i>backbone</i>) (vide algoritmo 2). <ul style="list-style-type: none"> - Em caso positivo, seleciona o conjunto de <i>hubs</i> da tecnologia considerada, que suportam o número de estações mais margem de reserva especificada para este grupo de trabalho e atendem aos requisitos de projeto, seguindo a mesma seqüência de passos descrita para os <i>hubs</i> das tecnologias Ethernet, Token Ring e Fast Ethernet de acesso compartilhado. - Em caso negativo, interrompe o procedimento de seleção de equipamentos, esperando que o projetista redefina a configuração especificada para o grupo de trabalho. • Se tiver sido selecionada a classe de <i>hubs</i> empilháveis, <ul style="list-style-type: none"> - Obtém da base de dados de equipamentos os <i>hubs</i> da tecnologia especificada, que empilhados possuem o número de portas suficientes para interconectar todas as estações dos grupos de trabalho e suportar a margem de reserva especificada. ... Se o subconjunto de <i>hubs</i> não for vazio, determina quais <i>hubs</i> atendem a todos os requisitos e quantos deles atendem à parte dos requisitos. <ul style="list-style-type: none"> • Se o subconjunto de <i>hubs</i> que atendem a todos requisitos não for vazio e este subconjunto tiver o número mínimo de <i>hubs</i> definido pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> • Determina o número e configuração dos <i>hubs</i> empilháveis a serem utilizados (vide algoritmo 3). • Monta uma lista de equipamentos ordenada por custo. • Caso contrário, apresenta uma mensagem de advertência e uma tabela informando quantos equipamentos atendem cada parâmetro especificado. • Se o subconjunto de <i>hubs</i> for vazio, apresenta uma mensagem explicativa do tipo de problema detectado, possivelmente orientando no sentido de redimensionar tal grupo de trabalho. 	18, 3et, 4et, 3ef, 4ef, 2tr, 4tr, 3vg, 3f, 6f

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
4. Selecionar um conjunto de equipamentos que podem ser usados como grupo de trabalho (Cont.).	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiver sido selecionada a classe de <i>hubs</i> de chassi de tecnologia única: <ul style="list-style-type: none"> - Para a tecnologia FDDI, <ul style="list-style-type: none"> ... Obtém os tipos (estações SAS/DAS) e números de acessos; ... Verifica se o número total de acessos é superior ao especificado pelas normas (1000 estações SAS ou 500 DAS). • Em caso positivo, apresenta uma mensagem de erro. • Em caso negativo, seleciona o conjunto de <i>hubs</i> desta tecnologia, que suportam o número de estações mais a margem de reserva definida para este grupo e atendem aos requisitos de projeto, seguindo a mesma sequência de passos descrita para os <i>hubs</i> das tecnologias Ethernet, Token Ring e Fast Ethernet de acesso compartilhado). - Para a tecnologia ATM, seleciona o conjunto de <i>hubs</i>, que suportam o número de estações mais a margem de reserva definida para este grupo e atendem aos requisitos de projeto, seguindo os mesmos passos descritos para os <i>hubs</i> Ethernet, Token Ring e Fast Ethernet de acesso compartilhado. • Como resultado, é gerada uma lista dos equipamentos que podem ser empregados. Cada item desta lista contém o nome do fornecedor, a identificação dos modelos de <i>hubs</i> e seu part#. Tais itens são organizados em ordem crescente de custo. 	18, 3et, 4et, 3ef, 4ef, 2tr, 4tr, 3vg, 3f, 6f
5. Determinar a classe de equipamentos que pode ser empregada em uma rede <i>backbone</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém o número de estações que devem ser ligadas a esta rede. • Obtém o número e a tecnologia dos grupos de trabalho que devem ser conectados a esta rede. • Obtém o número e a tecnologia das redes <i>backbones</i> que devem ser conectadas a esta rede. • Obtém a tecnologia definida para esta rede <i>backbone</i>. • Obtém os tipos de enlaces com redes de longa distância definidos para esta rede <i>backbone</i>. • Obtém os parâmetros de projeto referentes a gerenciabilidade, fator de redundância e expansibilidade. • Determina os conjuntos de classes de <i>hubs</i> de chassi (<i>hub</i> de uma única ou múltiplas tecnologias) que podem ser usadas: <ul style="list-style-type: none"> - Verifica se existem <i>hubs</i> de chassi de tecnologia única no mercado que possuem portas suficientes para conectar todos pontos (estações, grupos de trabalho e redes <i>backbones</i>) desta rede <i>backbone</i> e atendem aos parâmetros de projeto. - Verifica se existem <i>hubs</i> de chassi de múltiplas tecnologias que satisfazem às mesmas condições. • Se este conjunto for vazio e tiver sido detectada restrição em relação ao número de portas, informa ao projetista que tal rede <i>backbone</i> deve ser dividida em redes <i>backbones</i> menores. • Se este conjunto for vazio devido à incompatibilidade com outros parâmetros de projeto, informa o tipo do problema detectado e solicita que tal rede <i>backbone</i> seja redefinida. • Se este conjunto não for vazio, habilita as opções do menu compatíveis e define a classe a ser sugerida pelo sistema. 	

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
6. Verificar se a configuração definida para uma rede <i>backbone</i> é suportada por um <i>hub</i> de chassi de múltiplas tecnologias do mercado.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém o tipo de enlace especificado para rede <i>backbone</i> de nível superior. • Obtém o número e tipos de tecnologia especificados para a interconexão das estações servidoras e outros recursos de rede. • Obtém o número e tipo de tecnologia especificado para a interconexão dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> de nível inferior. • Obtém os tipos de enlaces com redes de longa distância definidos para esta rede <i>backbone</i>. • Obtém a margem de reserva definida para o número de portas do <i>hub</i>. • Obtém o tipo de tecnologia definido para a própria rede <i>backbone</i>. • Determina o número total e parcial de portas para cada tipo de tecnologia de acesso à rede <i>backbone</i> e enlaces com rede de longa distância. • Verifica se existe algum <i>hub</i> chassi de múltiplas tecnologias cadastrado na base de dados de equipamentos, que implemente uma rede <i>backbone</i> com a tecnologia especificada e possua o número e os tipos de portas para interconexão das estações, grupos de trabalho e outras redes <i>backbones</i>: <ul style="list-style-type: none"> - Se não existir nenhum <i>hub</i> que satisfaça tais parâmetros, solicita ao projetista que redefina os tipos de portas para o enlace com a rede <i>backbone</i> de nível superior e interconexão das estações servidoras e recursos de rede. - Se existir <i>hub</i> que satisfaça a tais parâmetros, habilita a continuação do procedimento de seleção de equipamentos. 	2
7. Determinar a combinação de módulos LAN de <i>hubs</i> de chassi com diferentes número de portas que tenha o melhor custo.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém o conjunto de <i>hubs</i> de chassi de múltiplas tecnologias que foram selecionados: <ul style="list-style-type: none"> ... Para cada <i>hub</i>, obtém o número de <i>slots</i>. • Obtém o tipo de enlace especificado para rede <i>backbone</i> de nível superior. • Obtém o número e tipos de tecnologia especificados para a interconexão das estações servidoras e outros recursos de rede. • Obtém o número e tipo de tecnologia especificado para a interconexão dos grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> de nível inferior. • Obtém a margem de reserva definida para o número de portas do <i>hub</i>. • Determina o número total e parcial de portas para cada tipo de tecnologia de acesso à rede <i>backbone</i>, considerando a margem de reserva. 	18

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
7.Determinar a combinação de módulos LAN de <i>hubs</i> de chassi com diferentes número de portas que tenha o melhor custo (Cont.).	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica o tipo ou tipos de módulos (de tecnologia única ou de múltiplas tecnologias) que podem ser empregados. <ul style="list-style-type: none"> - Se apenas módulos de tecnologia única puderem ser empregados, <ul style="list-style-type: none"> ... Para cada <i>hub</i> do conjunto de <i>hubs</i> selecionados, <ul style="list-style-type: none"> • Para cada tipo de tecnologia a ser empregada, Obtém o número de modelos de módulos dessa tecnologia existentes. • Para cada modelo de módulo, obtém o número de portas existentes. Obtém o número de portas necessárias. Determina a combinação de módulos, que ofereça o melhor aproveitamento em termos de número de portas utilizadas e resulte em um menor custo. - Se módulos de uma única e de múltiplas tecnologias puderem ser empregados, <ul style="list-style-type: none"> ... Para cada <i>hub</i> do conjunto de <i>hubs</i> selecionados <ul style="list-style-type: none"> • Para cada tipo de tecnologia a ser empregada, Obtém o número de modelos de módulos de tecnologia única existentes. • Para cada modelo de módulo, obtém o número de portas existentes. Obtém o número de portas necessárias. • Para cada tipo de combinação de tecnologia, Obtém o número de modelos de módulos existentes. • Para cada modelo de módulo, obtém o número de portas existentes para cada tipo de tecnologia. Determina o modelo de módulo que apresenta melhor relação de custo e benefício em relação ao número de portas necessárias. • Determina a combinação de módulos de tecnologia única e múltiplas tecnologias, que ofereça o melhor aproveitamento em termos de número de portas utilizadas e resulte em um menor custo. • Determina o número total de <i>slots</i> usados. ... Verifica se existe alguma inconsistência em relação ao número de <i>slots</i> do <i>hub</i> (número de módulos LAN + módulos LAN-LAN + módulos LAN-WAN + módulo de gerenciamento < número de <i>slots</i> do <i>hub</i>). <ul style="list-style-type: none"> • Em caso positivo, retira este <i>hub</i> do conjunto de <i>hubs</i> selecionados. • Gera uma relação contendo a configuração (número de <i>slots</i> utilizados, número e configuração de cada tipo de módulo selecionado) de cada <i>hub</i> do conjunto de <i>hubs</i> selecionados.	18

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
8.Determinar a combinação de módulos WANs de <i>hubs</i> de chassi com diferentes números de portas que tenham o melhor custo.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém o conjunto de <i>hubs</i> de chassi de múltiplas tecnologias que foram selecionados: <ul style="list-style-type: none"> - Para cada <i>hub</i>, obtém o número de <i>slots</i> existentes e o número de <i>slots</i> disponíveis (considerando que alguns <i>slots</i> já foram usados para módulos LAN). • Para cada acesso LAN-LAN através de pontes remotas, <ul style="list-style-type: none"> - Determina a tecnologia da rede local a ser conectada através do enlace remoto. - Determina o tipo de enlace remoto (tipo de interface, velocidade e tipo de protocolo). • Determina o número total e parcial de cada tipo de acesso LAN-LAN. • Para cada acesso LAN-WAN através de roteadores, <ul style="list-style-type: none"> - Determina o tipo de tecnologia da rede local a ser conectada. - Determina o tipo de enlace remoto (tipo de interface, velocidade e tipo de protocolo). - Determina os tipos de protocolos roteados (e.g., IP) e de protocolos de roteamento (e.g., RIP ou OSPF). • Determina o número total e parcial de cada tipo de acesso LAN-WAN. • Para cada <i>hub</i> do conjunto de <i>hubs</i> selecionados <ul style="list-style-type: none"> - Para cada tipo de acesso LAN-LAN, obtém o número de modelos de módulos existentes. <ul style="list-style-type: none"> ... Para cada modelo de módulo <ul style="list-style-type: none"> • Obtém o número de portas existentes. • Obtém o número de módulos necessários. ... Determina a combinação de módulos, que ofereça o melhor aproveitamento em termos de número de portas utilizadas e resulte em um menor custo. - Para cada tipo de acesso LAN-WAN, obtém o número de modelos de módulos existentes. <ul style="list-style-type: none"> ... Para cada modelo de módulo, obtém o número de portas existentes. <ul style="list-style-type: none"> • Obtém o número de portas existentes. • Obtém o número de módulos necessários. ... Determina a combinação de módulos, que ofereça o melhor aproveitamento em termos de número de portas utilizadas e resulte em um menor custo. - Verifica se existe alguma inconsistência em relação ao número de <i>slots</i> do <i>hub</i> (número de módulos LAN + módulos LAN-LAN + módulos LAN-WAN + módulo de gerenciamento < número de <i>slots</i> do <i>hub</i>). <ul style="list-style-type: none"> ... Em caso positivo, retira este <i>hub</i> do conjunto de <i>hubs</i> selecionados. • Gera uma relação contendo a configuração (número de <i>slots</i> utilizados, número e configuração de cada tipo de módulo selecionado) de cada <i>hub</i> do conjunto de <i>hubs</i> selecionados. 	4, 7, 10, 12, 18

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
9. Selecionar um conjunto de equipamentos que podem ser usados como rede <i>backbone</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém a classe de <i>hub</i> selecionada. • Obtém informações referentes a gerenciabilidade (arquitetura de gerenciamento, tipo de MIB e modo de gerenciamento), recursos de <i>hot swapping</i>, fator de redundância (fonte dual), confiabilidade (MTBF), expansibilidade (número de portas), disponibilidade (MTTR) e tempo de garantia. • Se tiver sido selecionado o <i>hub</i> de chassi de múltiplas tecnologias, obtém informações adicionais relativas a tipo de acesso, protocolos roteados, tecnologias suportadas pelos enlaces com a rede <i>backbone</i> de nível superior e estações servidoras, tipos de módulos suportados (módulos de uma única e de múltiplas tecnologias e de acesso WAN). Para os módulos de tecnologias múltiplas, obtém-se quais combinações de tecnologias podem ser usadas. Para os módulos WAN, obtém-se informações sobre sua função (ponte ou roteador) e características básicas. • Obtém a tecnologia selecionada para esta rede e para os seus pontos de acesso (enlaces com estações servidoras ou recursos de rede, grupos de trabalho e outras redes <i>backbones</i>) e os parâmetros de projeto específicos a cada uma dessas tecnologias. • Se tiver sido selecionada a classe de <i>hubs</i> de tecnologia única: <ul style="list-style-type: none"> - Para a tecnologia FDDI, obtém os tipos (estações SAS ou DAS) e números de acessos e verifica se o número total de acessos é superior ao especificado pelas normas. <ul style="list-style-type: none"> ... Em caso positivo, apresenta uma mensagem de erro. ... Em caso negativo, obtém, da base de dados, os <i>hubs</i> de chassi FDDI, que possuem o número de portas suficientes para interconectar todas as estações, os grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> especificados e suportar a margem de reserva definida como parâmetro de projeto. • Se o subconjunto de <i>hubs</i> não for vazio, determina quais <i>hubs</i> atendem a todos e à parte dos requisitos. • Se o subconjunto de <i>hubs</i> que atendem a todos requisitos não for vazio e este subconjunto tiver o número mínimo de <i>hubs</i> definido pelo projetista, monta uma lista de equipamentos ordenada por custo. • Caso contrário, apresenta uma mensagem de advertência e uma tabela informando quantos equipamentos atendem a cada parâmetro especificado. • Se o subconjunto de <i>hubs</i> for vazio, apresenta uma mensagem explicativa sobre o problema detectado, possivelmente orientando no sentido de redimensionar tal rede. • Para a tecnologia ATM, obtém, da base de dados, o conjunto de <i>hubs</i> de chassi, que suportam o número de estações, grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> a serem conectados mais a margem de reserva e, a partir daí, segue os passos descritos para os <i>hubs</i> de chassi FDDI. 	18, 2tr, 3vg, 3f, 6f

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
9. Selecionar um conjunto de equipamentos que podem ser usados como rede <i>backbone</i> (Cont.).	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiver sido selecionada a classe de <i>hubs</i> de chassi de múltiplas tecnologias, verifica se existem <i>hubs</i> que suportam a configuração definida para esta rede <i>backbone</i> (número e tipo de portas usadas na interconexão das estações servidoras, recursos de rede, dos grupos de trabalho e outras redes <i>backbones</i> e no enlace com uma rede <i>backbone</i> de nível superior) (vide algoritmo 6). - Em caso positivo, obtém da base de dados de equipamentos o conjunto de <i>hubs</i> de chassi de múltiplas tecnologias, que suportam o número de estações (servidoras e recursos de rede), grupos de trabalho e redes <i>backbones</i> a serem interconectados mais a margem de reserva especificada. - Se o subconjunto de <i>hubs</i> não for vazio, determina quais <i>hubs</i> atendem a todos os requisitos e quantos deles atendem à parte dos requisitos. <ul style="list-style-type: none"> • Se o subconjunto de <i>hubs</i> que atendem a todos requisitos não for vazio e este subconjunto tiver o número mínimo de <i>hubs</i> definido pelo projetista: <ul style="list-style-type: none"> • Determina o número e configuração dos módulos LAN e WAN a serem utilizados para cada <i>hub</i> deste subconjunto (vide algoritmos 7 e 8). • Monta uma lista de equipamentos ordenada por custo. • Caso contrário, apresenta uma mensagem de advertência e uma tabela informando quantos equipamentos atendem a cada parâmetro especificado. - Em caso negativo, interrompe o procedimento de seleção de equipamentos, esperando que o projetista redefina a configuração especificada para a rede <i>backbone</i>. • Como resultado, é gerada uma lista dos equipamentos que podem ser empregados nesta rede <i>backbone</i>. Cada item desta lista deve conter o nome do fornecedor, a identificação dos modelos de <i>hubs</i> selecionados e seu part#. Tais itens são organizados em ordem crescente de custo. 	18, 2tr, 3vg, 3f, 6f

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
10. Selecionar um conjunto de equipamentos que implementem a função de ponte.	<ul style="list-style-type: none"> • Determina o tipo da ponte a ser empregada. • Obtém informações de carácter geral referentes a parâmetros de operação da ponte (e.g., capacidade de endereços, taxas de retransmissão e filtragem e algoritmo de <i>bridging</i>), gerenciabilidade (arquitetura de gerenciamento, tipo de MIB e modo de gerenciamento), confiabilidade (MTBF) e tempo de garantia. • Se for uma ponte local: <ul style="list-style-type: none"> - Obtém as tecnologias das redes a serem interconectadas. • Se for uma ponte remota: <ul style="list-style-type: none"> - Obtém a tecnologia da rede local a ser conectada através do enlace remoto. - Obtém informações específicas sobre o enlace remoto (e.g., tipo de interface, velocidade e tipo de protocolo, recursos de compressão de dados e <i>dial-on-demand</i>). • Obtém da base de dados de equipamentos o conjunto de pontes que implementam a interconexão de duas redes locais com a tecnologia especificada (ponte local) ou a interconexão com uma rede local com a tecnologia especificada e um enlace remoto com os tipos de interface e protocolo e velocidades da linha especificados (ponte remota). <ul style="list-style-type: none"> - Se o conjunto de pontes não for vazio, determina quais atendem a todos os requisitos e quantos delas atendem à parte dos requisitos. <ul style="list-style-type: none"> ... Se o subconjunto de pontes que atendem a todos requisitos não for vazio e este subconjunto tiver o número mínimo de equipamentos definido pelo projetista, monta uma lista desses equipamentos ordenada por custo. ... Caso contrário, apresenta uma mensagem de advertência e uma tabela informando quantos equipamentos atendem a cada parâmetro especificado. - Se o subconjunto de pontes for vazio, apresenta uma mensagem explicativa do tipo de problema detectado, possivelmente informando qual característica básica não foi atendida. • Como resultado, é gerada uma lista dos equipamentos que podem ser empregados para implementar esta ponte (local ou remota). Cada item desta lista contém o nome do fornecedor, a identificação dos modelos de pontes selecionados e seu part#. Tais itens são organizados em ordem crescente de custo. 	10, 18

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
11. Selecionar um conjunto de equipamentos que implementem a função de roteador.	<ul style="list-style-type: none"> • Obtém o tipo de tecnologia da rede local a ser conectada. • Obtém o tipo de enlace remoto (tipo de interface, velocidade da linha, tipo de protocolo, recursos de compressão de dados e <i>dial-on-demand</i>). • Obtém os tipos de protocolos roteados (e.g., IP) e de roteamento (e.g., RIP ou OSPF), taxa de retransmissão, tipo de algoritmo de roteamento usado e informações relativas a gerenciabilidade (arquitetura de gerenciamento, tipo de MIB e modo de gerenciamento), confiabilidade (MTBF) e tempo de garantia. • Obtém, da base de dados, os roteadores que implementem a interconexão de uma rede local com a tecnologia especificada e uma rede de longa distância, cujo acesso é definido através dos tipos de interface e protocolo, velocidades da linha e parâmetros referentes a protocolos roteados e de roteamento. <ul style="list-style-type: none"> - Se o subconjunto de roteadores não for vazio, determina quais atendem a todos e à parte dos requisitos. <ul style="list-style-type: none"> ... Se o subconjunto de roteadores que atendem a todos requisitos não for vazio e este subconjunto tiver o número mínimo de equipamentos definido pelo projetista, monta uma lista desses equipamentos ordenada por custo. ... Caso contrário, apresenta uma mensagem de advertência e uma tabela informando quantos equipamentos atendem a cada parâmetro especificado. - Se o subconjunto de roteadores for vazio, apresenta uma mensagem explicativa do tipo de problema detectado, informando qual característica básica não foi atendida. • Como resultado, é gerada uma lista dos equipamentos que podem ser empregados para implementar este roteador. Cada item desta lista contém o nome do fornecedor, a identificação dos modelos de roteadores selecionados e seu part#. Tais itens são organizados em ordem crescente de custo. 	4, 7, 12, 18

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
12. Selecionar um conjunto de equipamentos que implementem um conjunto de pontes e roteadores.	<ul style="list-style-type: none"> • Para cada acesso LAN-LAN local, <ul style="list-style-type: none"> - Obtém as tecnologias das redes a serem interconectadas. - Obtém informações relativas a parâmetros de operação da ponte (e.g., capacidade de endereços, taxas de retransmissão e filtragem e algoritmo de <i>bridging</i>). • Determina o número total e parcial de cada tipo de acesso LAN-LAN local. • Para cada acesso LAN-LAN remoto, <ul style="list-style-type: none"> - Obtém a tecnologia da rede local a ser conectada através do enlace remoto. - Obtém o tipo de enlace remoto (e.g., tipo de interface, velocidade e tipo de protocolo). - Obtém informações relativas a parâmetros de operação da ponte (e.g., capacidade de endereços, taxas de retransmissão e filtragem e algoritmo de <i>bridging</i>) e recursos do acesso remoto (e.g., compressão de dados e <i>dial-on-demand</i>). • Determina o número total e parcial de cada tipo de acesso LAN-LAN remoto. • Para cada acesso LAN-WAN através de roteadores, <ul style="list-style-type: none"> - Obtém o tipo de tecnologia da rede local a ser conectada. - Obtém o tipo de enlace remoto (tipo de interface, velocidade e tipo de protocolo). • Obtém informações adicionais referente aos tipos de protocolos roteados (e.g., IP) e de protocolos de roteamento (e.g., RIP ou OSPF), taxa de retransmissão, tipo de algoritmo de roteamento empregado e recursos do acesso remoto (e.g., compressão de dados e <i>dial-on-demand</i>). • Determina o número total e parcial de cada tipo de acesso LAN-WAN. • Obtém informações de carácter geral referentes a gerenciabilidade (arquitetura de gerenciamento, tipo de MIB e modo de gerenciamento), confiabilidade (MTBF) e tempo de garantia. • Obtém da base de dados de equipamentos o conjunto de <i>hubs</i> que implementem os diversos tipos de acesso LAN-LAN local, LAN-LAN remota e LAN-WAN. 	

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
12. Selecionar um conjunto de equipamentos que implementem um conjunto de pontes e roteadores (Cont.).	<ul style="list-style-type: none"> - Se o conjunto de <i>hubs</i> não for vazio, determina quais atendem a todos e à parte dos requisitos. ... Se o subconjunto de <i>hubs</i> que atendem a todos requisitos não for vazio e este subconjunto tiver o número mínimo de equipamentos definido pelo projetista, para cada <i>hub</i> desse conjunto: <ul style="list-style-type: none"> • Para cada tipo de acesso LAN-LAN local, obtém o número de modelos de módulos existentes. • Para cada modelo de módulo <ul style="list-style-type: none"> » Obtém o número de portas existentes. » Obtém o número de módulos necessários. • Determina a combinação de módulos, que ofereça o melhor aproveitamento em termos de número de portas utilizadas e resulte em um menor custo. • Para cada tipo de acesso LAN-LAN remoto, obtém o número de modelos de módulos existentes. • Para cada modelo de módulo <ul style="list-style-type: none"> » Obtém o número de portas existentes. » Obtém o número de módulos necessários. • Determina a combinação de módulos, que ofereça o melhor aproveitamento em termos de número de portas utilizadas e resulte em um menor custo. • Para cada tipo de acesso LAN-WAN, obtém o número de modelos de módulos existentes. • Para cada modelo de módulo, obtém o número de portas existentes. <ul style="list-style-type: none"> » Obtém o número de portas existentes. » Obtém o número de módulos necessários. • Determina a combinação de módulos, que ofereça o melhor aproveitamento em termos de número de portas utilizadas e resulte em um menor custo. <p>Verifica se existe alguma inconsistência em relação ao número de <i>slots</i> do <i>hub</i> (número de módulos LAN-LAN local + módulos LAN-LAN remoto + módulos LAN-WAN + módulo de gerenciamento < número de <i>slots</i> do <i>hub</i>).</p> • Em caso positivo, retira este <i>hub</i> do conjunto de <i>hubs</i> selecionados. ... Caso contrário, apresenta uma mensagem de advertência e uma tabela informando quantos equipamentos atendem a cada parâmetro especificado. - Se o subconjunto de roteadores for vazio, apresenta uma mensagem explicativa do tipo de problema detectado, informando qual característica básica não foi atendida. • Como resultado, é gerada uma lista dos equipamentos que podem ser empregados na função de um conjunto de pontes e roteadores. Cada item desta lista contém o nome do fornecedor, a identificação dos modelos de <i>hubs</i> selecionados e seu part#. Tais itens são organizados em ordem crescente de custo. 	4, 7, 10, 12, 18

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

Seleção de Equipamentos		
Identificação Algoritmo	Descrição do Algoritmo	Id. R.
13. Gerar uma relação de equipamentos usados no projeto.	<ul style="list-style-type: none"> • Varre todos os grupos de trabalho e ordena-os em ordem alfabética de identificação. • Obtém para cada grupo de trabalho informações relativas a sua identificação, seu tipo (intra ou inter-andar), sua localização (identificação do prédio e andar), número de estações por tipo (de trabalho, servidoras e recursos de redes), identificação do fornecedor, identificação do modelo do <i>hub</i> e part#; se, for <i>hub</i> de chassi, identificação de cada módulo, número de portas por tipo (tecnologia de rede) e part#; e identificação e part# de qualquer outro componente (e.g. fonte de alimentação) que for necessário. • Varre todas as redes <i>backbones</i> e ordena-as em ordem alfabética de identificação. • Obtém para cada rede <i>backbone</i> informações relativas a sua identificação, seu tipo (intra-andar, inter-andar ou predial), sua localização (identificação do prédio e andar), número de estações por tipo (servidoras e recursos de redes), número de grupos de trabalho, número de redes <i>backbones</i>, identificação do fornecedor, identificação do modelo do <i>hub</i> e part#; e se, for <i>hub</i> de chassi, identificação de cada módulo, número de portas por tipo (tecnologia de rede) e part#; e identificação e part# de qualquer outro componente (e.g. fonte de alimentação) que for necessário. • Varre todos elementos de interconexão individuais (equipamentos de mesa) e ordena-os em ordem alfabética de identificação. • Obtém, para cada elemento de interconexão, informações relativas a seu tipo (ponte ou roteador), localização (identificação do prédio e andar), número de portas por tipo (LAN ou WAN), identificação do fornecedor, identificação do modelo e part#. • Varre todos conjuntos elementos de interconexão (equipamentos de chassi) e ordena-os em ordem alfabética da sua localização (identificação do prédio e andar). • Obtém, para cada conjunto de elementos de interconexão, informações relativas a identificação e tipo (ponte ou roteador) de cada elemento individual, tipo (ponte ou roteador), identificação do fornecedor, identificação do modelo do <i>hub</i>; e part#, identificação de cada módulo, número de portas por tipo (LAN ou WAN) e part#; e identificação e part# de qualquer outro componente (e.g. fonte de alimentação) que for necessário. 	

Tabela 5.38 - Descrição dos Algoritmos Aplicados na Etapa de Seleção de Equipamentos das Sub-Redes pela Ferramenta de Seleção de Equipamentos (Cont.).

5.3.2.3 Base de Dados

A base de dados dessa ferramenta constitui-se, basicamente, daquela empregada no cadastro de equipamentos. É organizada seguindo a hierarquia básica de classes apresentada na Figura 5.24.

Figura 5.24 - Hierarquia Básica dos Equipamentos de Rede

A hierarquia de classes dos *hubs* é apresentada na Figura 5.25. Como pode-se constatar, os *hubs* são divididos em dois grandes grupos: os *hubs* de mesa e os *hubs* de chassi, sendo os primeiros mais utilizados a nível de grupo de trabalho e os outros a nível de rede *backbone*.

Os *hubs* de mesa são subdivididos, ainda, em duas subclasses: os *hubs* empilháveis e não empilháveis. Os *hubs* empilháveis correspondem a *hubs* que podem ser conectados entre si através de um cabo extensor da via interna do *hub*; como resultado, os *hubs* interconectados comportam-se como um único *hub*. Esta classe de *hub* é encontrada, somente, para as tecnologias Ethernet e Token Ring. Por outro lado, os *hubs* não-empilháveis não oferecem a possibilidade de ampliar o número de estações da rede, simplesmente, pela adição de um cabo e um outro *hub* similar; para tanto, faz-se necessário utilizar um repetidor. Tais *hubs* podem suportar uma ou mais tecnologias simultaneamente. Os *hubs* de múltiplas tecnologias possuem, geralmente, várias portas com baixa taxa de transmissão (e.g., tecnologia 10BaseT) e algumas portas com alta taxa de transmissão (e.g., tecnologia Fast Ethernet, FDDI ou ATM). O primeiro tipo de porta costuma ser empregado para conectar estações de trabalho, enquanto o outro tipo de porta é usado na conexão das estações servidoras ou no enlace com a rede *backbone*, por exemplo. Os *hubs* não-empilháveis podem implementar, ainda, o modo de acesso compartilhado ou comutado. No modo de acesso compartilhado, as estações compartilham uma via através de um método de controle de acesso ao meio, como é o caso do CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) usado em redes Ethernet e Fast Ethernet. Se o *hub* suportar várias tecnologias, os diversos segmentos de rede internos ao *hub* são conectados através de pontes internas. No modo de acesso comutado, as diversas portas do *hub* são ligadas entre si através de uma matriz de comutação interna.

Os *hubs* de chassi, por sua vez, são, também, subdivididos em duas subclasses: os *hubs* de tecnologia única e de múltiplas tecnologias. Esta classe de *hubs* suporta, em geral, altas taxas de transmissão. Os *hubs* de tecnologia única podem ser usados tanto em grupos de trabalho especiais, que trabalhem com aplicações especiais (e.g., sistemas de CAD/CAM), como também em redes *backbones*. Por último, os *hubs* de chassi de múltiplas tecnologia são considerados *hubs* de propósito geral por suportarem módulos de redes locais de tecnologias diversas, módulos WAN, entre outros. São, contudo, equipamentos caros, cuja utilização justifica-se, hoje, somente a nível de *backbone*.

Figura 5.25 - Hierarquia de Classes de *Hubs*

Os equipamentos de interconexão são empregados na ligação de redes locais, de mesmas tecnologias ou não, ou de redes locais com redes de longa distância. No primeiro caso, é usual se empregar repetidores, embora possam ser utilizadas pontes se for desejado isolar o tráfego entre os segmentos de rede conectados. Se, contudo, as redes locais forem de tecnologias diferentes empregam-se pontes, que podem ser locais ou remotas. As pontes podem também ser, eventualmente, substituídas por roteadores. Por último, a interconexão de redes locais e de longa distância é realizada através de roteadores. Tais equipamentos de interconexão de redes locais e/ou de longa distância são divididos em duas classes, conforme ilustra a Figura 5.26: de mesa e chassi. Os equipamentos de mesa implementam, geralmente, uma das funções de repetidor, ponte ou roteador. Os *hubs* de chassi podem implementar todas estas funções, dependendo, somente, de possuírem o módulo de acesso correspondente.

Figura 5.26 - Hierarquia de Classes de Equipamentos de Interconexão

Os módulos, por sua vez, são classificados segundo a hierarquia da Figura 5.27. Tais módulos podem ser utilizados tanto em *hub* de chassi como de mesa. Podem implementar um segmento de rede, oferecer o acesso ao *backplane* do equipamento, realizar alguma função de interconexão de redes ou oferecer facilidades que permitam efetuar o gerenciamento do *hub* considerado. Nos *hubs* de chassi, podem ocupar um ou mais *slots* do mesmo. Nos *hubs* de mesa, correspondem, de modo geral, a módulos

internos. Como exemplos, podem-se citar os módulos de gerenciamento e ponte interna. Um módulo de ponte em um *hub* empilhável pode ser usado para dividir um segmento de rede, constituído pelos diversos *hubs* conectados entre si, em segmentos menores, isolando o tráfego entre eles.

Figura 5.27 - Hierarquia de Classes de Módulos de *Hubs* e Equipamentos de Interconexão

As Tabelas 5.39 e 5.40 relacionam, respectivamente, as diversas subclasses de *hubs* de mesa e de chassi aos seus atributos. Na Tabela 5.39, como pode-se observar, tais atributos estão organizados em grupos relativos a características gerais e dimensionamento, características específicas a cada tecnologia, parâmetros de comutação, parâmetros dos módulos internos (porta de extensão, porta de conexão com enlace *backbone*, ponte e interface WAN), parâmetros de gerenciamento, recursos adicionais (e.g., fontes duais) e generalidades. Na Tabela 5.40, os atributos associados aos *hubs* de chassi estão, também, organizados em grupos referentes a características gerais e dimensionamento, características específicas a cada tecnologia, parâmetros de gerenciamento, recursos adicionais e generalidades. Vale observar, que no caso dos *hubs* de chassi, tem-se, como parâmetros importantes de avaliação, aqueles pertinentes à capacidade do seu *backplane*, que é determinante na possibilidade de incorporação de tecnologias emergentes. A relação dos atributos especificados para as demais classes de equipamentos de rede bem como a descrição detalhada dos atributos aqui apresentados e dos valores, que podem assumir, podem ser encontradas em [CARVALHO95b].

Características	Hubs Empilháveis 10BaseT	Hubs Empilháveis Token Ring	Hubs Não-Empilháveis Não-Comutados Tecnologia Única	Hubs Não-Empilháveis Não-Comutados Multi-Tecnologias	Hubs Não-Empilháveis Comutados
Tecnologia de Rede	×	×	×	×	×
Taxa de Transmissão	-	×	Token Ring	Token Ring	Token Ring
Tipo de Acesso	×	×	×	×	×
Número Máximo de Hubs Empilhados	×	×	-	-	-
Número Máximo de Hubs Cascadeados	-	-	100VG-AnyLAN	-	-
Número de Portas	×	×	×	×	×
Meios Físicos de Tx	×	×	×	×	×
Tipos Portas 10BaseT	-	-	-	100 BaseT	-
Função Hub FDDI	-	-	FDDI	-	-
Tipos de Acesso FDDI	-	-	FDDI	FDDI	-
Tipos de Acesso ATM	-	-	-	-	ATM
No. Canais Lógicos	-	-	-	-	ATM
Técnica de Comutação	-	-	-	-	×
Capacidade Comutação	-	-	-	-	×
Taxa de Comutação	-	-	-	-	×
Suporte a VLANs	-	-	-	-	×
Tipos de Módulos	×	×	×	×	×
Número de Módulos		×	×	×	×
Expansão RI/RO		×	Token Ring	Token Ring	-
Tipos de Portas RI/RO		×	Token Ring	Token Ring	-
Enlaces para Backbone ou Grupos de trabalho	×	×	×	×	×
Ponte Interna/Módulo	×	×	×	×	×
Tecnologias da Ponte	×	×	×	×	×
Capacidade Endereços	×	×	×	×	×
Taxa de Retransmissão	×	×	×	×	×
Algoritmo de Bridging	×	×	×	×	×
Interfaces WAN	×	×	×	×	×
Protocolos WAN	×	×	×	×	×
Módulo Gerenciamento	×	×	×	×	×
Arquit. Gerenciamento	×	×	×	×	×
Tipo de MIB	×	×	×	×	×
Modos Gerenciamento	×	×	×	×	×
Portas Gerenciamento	×	×	×	×	×
Dualidade das Fontes	×	×	×	×	×
Load Sharing	×	×	×	×	×
Hot Swapping	×	×	×	×	×
Sinalização do Painel	×	×	×	×	×
MTBF	×	×	×	×	×
Mecanismos Segurança	×	×	×	×	×
Tempo de Garantia	×	×	×	×	×
Custo	×	×	×	×	×
Part #	×	×	×	×	×

Tabela 5.39 - Atributos das Diversas Subclasses de Hubs de Mesa

Características	Hub de Chassi Propósito Geral	Hub de Chassi Dedicado - FDDI	Hub de Chassi Dedicado - ATM
Tecnologia Suportadas	×	×	×
Velocidade <i>Backplane</i>	×	×	×
Vias do <i>Backplane</i>	×	×	×
Técnica de Comutação do <i>Backplane</i>	×	×	×
Número de <i>Slots</i>	×	×	×
Número Máx. Portas	×	×	×
No. Máx. Segment/ <i>Hub</i>	×	×	×
Meios Físicos de Tx	-	×	×
Algort. Bridging Interno	×	-	-
Função Mod/ <i>Hub</i> FDDI	×	×	-
Tipos de Acesso FDDI	FDDI	×	-
Suporte a VLANs	Módulos Comutados	-	×
Tipos de Acesso ATM	ATM	-	×
No de Canais Virtuais	ATM	-	×
Módulo Gerenciamento	×	×	×
Arquit. Gerenciamento	×	×	×
Tipo de MIB	×	×	×
Modos Gerenciamento	×	×	×
Portas Gerenciamento	×	×	×
Carga de Software	×	×	×
<i>Hot Swapping</i>	×	×	×
Dualidade das Fontes	×	×	×
<i>Load Sharing</i>	×	×	×
Sinalização do Pannel	×	×	×
Sistema Refrigeração	×	×	×
MTBF	×	×	×
MTTR	×	×	×
Mecanismos Segurança	×	×	×
Tempo de Garantia	×	×	×
Custo	×	×	×
Part #	×	×	×

Tabela 5.40 - Atributos das Diversas Subclasses de *Hubs* de Chassi

A Figura 5.28 contém a hierarquia de agregação (ou *containment*), que mostra a relação existente entre os diversos equipamentos de rede. Os *hubs* de mesa possuem, obrigatoriamente, portas de acesso de uma ou mais tecnologias. Opcionalmente, podem possuir módulos de ponte interna, usada para segmentar a rede implementada através de um *hub* ou de um conjunto de *hubs* conectados entre si ou para interconectar este *hub* a um outro; módulos de WAN para conexão com redes locais remotas ou redes de longa distância; e um módulo de gerenciamento. Alguns fornecedores, oferecem *hubs* já com módulo de gerenciamento embutido. Tanto em um caso como no outro, os *hubs* que podem ser gerenciados, são ditos *hubs* inteligentes.

Os *hubs* de chassi podem ter as mesmas classes de módulos dos *hubs* de mesa e, obrigatoriamente, pelo menos um módulo de LAN, que pode ser de uma ou mais tecnologias. Em relação, ao módulo de gerenciamento, valem as mesmas observações feitas para os *hubs* de mesa.

Os equipamentos de interconexão de mesa (e.g., repetidores, pontes e roteadores) podem ou não ser gerenciáveis, valendo o mesmo para os equipamentos de chassi. Esses últimos devem possuir pelo menos uma das duas classes de módulo, de ponte local ou WAN.

Figura 5.28 - Hierarquia de Agregação dos Equipamentos de Rede.

5.4 Considerações Finais

No decorrer desse capítulo, foram apresentadas duas ferramentas de auxílio ao projeto de redes locais: a ferramenta de cabeamento estruturado e a de seleção de equipamentos. Tais ferramentas foram propostas como resultado da experiência de um projeto de redes, envolvendo vários prédios de um campus, desenvolvido pelo LARC (Laboratório de Arquitetura de Redes de Computadores). Na época deste projeto, constatou-se a complexidade da sua realização devido ao grande volume de informações manipuladas pelo projetista e o requisito de que o mesmo tivesse uma base sólida de conhecimento na área.

Estas ferramentas foram concebidas com o objetivo de atender a tais necessidades. A ferramenta de cabeamento estruturado tem, como sua característica principal, o fato de verificar regras de projeto de sistemas de cabeamento estruturado, que são bastante rígidas, e de auxiliar o projetista na escolha adequada dos componentes de distribuição dentro do espaço de opções preconizado pelas respectivas normas de padronização. A ferramenta de seleção de equipamentos, por outro lado, têm, como principal característica, o fato de sistematizar as etapas do projeto físico de redes locais e por colocar à disposição e auxiliar o projetista a tratar uma base de dados de equipamentos de rede extremamente rica em informações.

A concepção destas ferramentas envolveu a definição de mais de 130 regras de projeto e a especificação de mais de 90 algoritmos.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Capítulo 6 - Considerações Finais

6.1 Avaliação dos Resultados

O desenvolvimento dessa tese de doutorado culminou com alguns importantes resultados: a elaboração de uma metodologia de projeto de redes locais corporativas; a identificação, compilação e definição das regras de projeto e seus algoritmos de aplicação; e a especificação de duas ferramentas de suporte à utilização prática dessa metodologia.

A metodologia proposta sintetiza a experiência prática acumulada em projetos desta natureza. Sistematiza, de modo objetivo, as suas etapas de desenvolvimento e, pelo fato de estar calcada na análise das características, necessidades e tendências evolutivas do ambiente corporativo considerado, a sua aplicação garante que os resultados obtidos, de fato, atendam às necessidades desse ambiente e permitam a evolução da solução proposta de modo a incorporar novas tecnologias e serviços, tendo, como consequência imediata, a preservação dos investimentos realizados. A aplicabilidade de tal metodologia pôde ser comprovada através da realização de projetos de portes variados, envolvendo vários prédios de um campus e, em outros casos, alguns andares de um prédio.

Contudo, apesar de se tratar de uma metodologia bastante poderosa, a sua aplicação requer do projetista conhecimentos sólidos sobre as tecnologias de rede e suas principais características; sobre as regras de projeto relativas a sistemas de cabeamento, outras puramente tecnológicas e algumas de caráter geral; e sobre a grande diversidade de produtos de rede disponíveis no mercado. Isto sem levar em conta que o domínio de tal conhecimento é um processo dinâmico, pois a cada dia que passa surgem novas tecnologias cada vez mais rápidas e, também, novos produtos que implementam tais tecnologias emergentes e tecnologias já estabelecidas, no sentido de incorporar aos produtos existentes novos recursos e facilidades em decorrência da demanda originada pelo usuário e pela própria competitividade natural do mercado. Mesmo de posse de tal bagagem de conhecimento, o projetista pode incorrer em erros, devido às peculiaridades de cada projeto e ao grande volume de informações que deve manipular, nem sempre propondo a solução mais adequada ao ambiente considerado.

No sentido de garantir a obtenção de projetos de rede com maior qualidade e precisão, identificou-se, então, a necessidade de desenvolver ferramentas de suporte à aplicação de tal metodologia. Foram propostas no decorrer desse trabalho a implementação de duas ferramentas: “ferramenta de cabeamento estruturado” e “ferramenta de seleção de equipamentos”, que objetivam auxiliar o projetista na fase de projeto físico da metodologia proposta. A primeira ferramenta oferece recursos para a realização do projeto de cabeamento estruturado, verificando e implementando regras de projeto e ajudando o projetista na seleção dos componentes de distribuição mais adequados ao mesmo. A segunda ferramenta

implementa um “*driver*” da referida metodologia, permitindo ao projetista especificar a topologia da rede, criando sub-redes (grupos de trabalho ou redes *backbones*) que devem constituir tal rede, e definir as tecnologias e os equipamentos a serem empregados na sua implementação. Durante todo esse processo de desenvolvimento do que se chamou de especificação da configuração física da rede, todas as decisões tomadas pelo projetista são verificadas pela ferramenta, mediante a aplicação de regras tecnológicas e de caráter geral que sintetizam a experiência prática em projeto de redes. Além disso, tal ferramenta apresenta sugestões relativas a tecnologias e equipamentos de rede adequados ao projeto, pré-selecionados a partir de informações referentes aos requisitos de projeto e características do ambiente de informática considerado, fornecidas pelo próprio projetista.

Tais ferramentas foram especificadas, de maneira minuciosa, a nível de interface homem-máquina, tendo sido definidos todos os comandos a serem disponibilizados ao projetista e a ação executada pela ferramenta em decorrência da sua ativação. A nível de implementação, foram levantados todos os algoritmos a serem implementados, que perfazem um total de 93 algoritmos, as macro funções a serem executadas pelos mesmos e as regras aplicadas em cada caso, num total de 136 regras, além da estrutura da base de dados que deve dar suporte ao seu desenvolvimento. O próximo passo seria refinar tais algoritmos em termos de procedimentos e estrutura de dados e partir para sua implementação efetiva, uma vez que todo o processo de criação e decisão de projeto das ferramentas, propriamente ditas, está contido na especificação elaborada.

6.2 Contribuições do Trabalho

Dentro do escopo desta tese e dos resultados descritos anteriormente, podem-se identificar contribuições de duas naturezas: a primeira de caráter exclusivamente informativo, envolvendo pesquisa bibliográfica, aprofundamento de conhecimento e elaboração de texto explicativo sobre tecnologias de redes locais e metropolitanas existentes e emergentes, e a segunda de caráter inovador, englobando a especificação de uma metodologia de projeto de redes locais, o levantamento das regras de projeto e descrição dos algoritmos empregados na sua verificação e aplicação e a especificação de ferramentas de suporte à utilização prática dessa metodologia.

Em relação à contribuição de caráter informativo, a parte inicial do texto que compõe esta tese de doutorado, mais especificamente os capítulos 2 e 3, traz um tutorial contendo:

- conceitos gerais sobre tecnologias de rede, incluindo técnicas de comutação, modos de transmissão (assíncrono, síncrono e isócrono) e classificação de redes;
- apresentação das tecnologias de redes locais, detalhando-se o modo de operação e funcionalidades básicas de redes como Ethernet e Token Ring, além de tecnologias emergentes como Fast Ethernet e 100VG-AnyLAN;

- apresentação das tecnologias de redes locais/metropolitanas, usadas mais no contexto de redes *backbones*, valendo o mesmo enfoque, aplicado às redes locais, para redes FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*) e ATM (*Asynchronous Transfer Mode*);
- descrição das principais soluções adotadas na interconexão de redes de mesmas tecnologias ou tecnologias distintas entre si e de redes locais e redes de longa distância e dos tipos de equipamentos empregados em cada caso;
- análise comparativa das tecnologias de rede;
- apresentação da tecnologia de cabeamento estruturado, envolvendo os sistemas de distribuição do campus e os sistemas vertical e horizontais de um prédio. O primeiro tipo de sistema de distribuição é empregado na interconexão de vários prédios de um campus, enquanto o sistema vertical é usado na interconexão de todos andares de um prédio e o sistema horizontal na ligação de todos pontos de acesso (ou tomadas de comunicação) de cada um desses andares.

No que diz respeito ao aspecto inovador da tese, são especificados uma metodologia de projeto de redes locais, regras de projeto e seus algoritmos, e ferramentas de suporte à aplicação dessa metodologia, descritos ao longo dos capítulos 4 e 5, que trazem, como contribuições:

- a especificação de uma metodologia específica para o projeto de redes locais corporativas, segundo fases bem definidas no que tange às suas entradas, funções executadas e resultados gerados;
- o levantamento de todas regras de projeto referentes a sistemas de cabeamento estruturado, topologias e tecnologias de rede, extraídas de normas de padronizações, livros e artigos especializados e da experiência prática em projeto de redes;
- a identificação de ferramentas necessárias ao suporte da metodologia proposta, mais especificamente à fase de projeto físico, incluindo uma ferramenta de projeto de sistemas de cabeamento e outra de especificação da topologia e tecnologias de rede e seleção de equipamentos;
- a especificação dessas ferramentas em termos da sua interface homem-máquina, da documentação de projeto gerada pela mesma, da descrição macro dos algoritmos executados com o respectivo mapeamento das regras de projeto aplicadas em cada caso e da base de dados que deve suportar tais algoritmos.

Vale ressaltar, que na literatura é possível encontrar publicações sobre algoritmos e análise de projetos de redes de longa distância, envolvendo principalmente redes de comutação de pacotes [AHUJA85] e [KERSHENBAUM93], ou, ainda, metodologia de caráter mais geral como é o caso de [WALFORD90]. No caso específico de projeto de redes locais e metropolitanas, dispõe-se apenas de publicações que se restringem a descrições sobre técnicas e parâmetros de projeto definidos para cada tecnologia de rede em particular [SPOHN93], [MIRCHANDANI93] e [ROBBINS94]; não se encontram referências bibliográficas sobre metodologias específicas para redes locais incorporando múltiplas tecnologias.

Em relação às ferramentas, no mercado, podem-se, encontrar diversas ferramentas para projetos de redes de longa distância de comutação de pacotes (i.e., X.25), sendo que algumas delas incorporam recursos para projeto de redes de comutação de células (e.g., Frame Relay e ATM). Para redes locais, existem, apenas, ferramentas de simulação e modelagem analítica de tráfego da rede, usadas para determinar se a mesma suporta, por exemplo, um dado tipo de aplicação [JANDER95]. Não existem ferramentas específicas para a elaboração de projetos de redes locais, sendo, no caso do projeto de cabeamento estruturado, usual empregar ferramentas de CAD de propósito geral. Existem, por outro lado, ferramentas de gerenciamento de sistemas de cabeamento estruturado já instalados.

6.3 Trabalhos Futuros

Os trabalhos desenvolvidos dentro do contexto desta tese, em particular a metodologia de projeto proposta, devem oferecer subsídios ao desenvolvimento de outros projetos de redes locais pelo próprio LARC/EPUSP e, eventualmente, por outras instituições com interesse na área.

No que tange às ferramentas de projeto especificadas, estão previstas atividades, dentro do LARC/EPUSP, relacionadas à criação de uma base de dados de equipamentos de rede, ao refinamento dos algoritmos propostos e à implementação das ferramentas, propriamente ditas. A curto prazo, tal base de dados deve ser disponibilizada para acesso via Internet para a comunidade acadêmica e da indústria, servindo de base à elaboração de outros trabalhos na área. O refinamento dos algoritmos e a implementação das ferramentas, por sua vez, devem ser efetuados dentro do escopo de dissertações de mestrado, tendo-se, como meta, o seu emprego para fins didáticos e em projetos realizados pelo próprio LARC/EPUSP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referências Bibliográficas

- 3COM. **3Com buyer's guide**. Santa Clara, Sept. 1994.
- 3COM. **Guide to 3Com hubs**: Complete solutions for building and managing scalable wiring systems in Ethernet, Token Ring, FDDI and advanced-technology networks. Santa Clara, Sept. 1994.
- 3COM. **100BaseT fast ethernet**: A high-speed technology for cost-effective scaling of 10BaseT networks. Santa Clara, Oct. 1994.
- 3COM. **Guide to 3Com network adapters**: For Ethernet, Token Ring and FDDI networks. Santa Clara, Nov. 1994.
- 3COM. **Guide to 3Com routing and remote products**: A complete range of solutions, from high-performance routing that grows with your needs to cost-effective connections for branch offices and remote users. Santa Clara, Mar. 1995.
- 3COM. **3Com buyer's guide**. Santa Clara, Apr. 1995.
- 3COM. **100BaseT migration guide**. Santa Clara, May 1995.
- 3COM. **Guide to 3Com switches**: A complete line of high-performance switching solutions for a range of LAN technologies and environments. Santa Clara, June 1995.
- AHUJA, V. **Design and analysis of computer communications networks**. New York, McGraw-Hill, 1985. (McGraw-Hill International Editions - Computer Science Series).
- ALBRECHT, A.R.; THALER, P.A. Introduction to 100VG-AnyLAN and IEEE 802.12 local area network standard. **Hewlett-Packard Journal**, v.46, n.4, p.6-12, Aug. 1995.
- ALBRECHT, A.R.; SPRATT, M.P.; THALER, P.A.; WATSON, G.C.A. Demand priority protocol. **Hewlett-Packard Journal**, v.46, n.4, p.13-17, Aug. 1995.
- BAPAT, S. **Object-oriented networks** : models for architecture, operations and management. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1994.
- BAY NETWORKS. **A pocket guide to Bay Networks products**. Santa Clara, May 1995. v.5.
- BLACK, U. **Emerging communications technologies**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1994. (Prentice-Hall Series in Advanced Communications Technologies).
- BERTSEKAS, D. ; GALLAGER, R. **Data networks**. 2.ed. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1992. (Prentice-Hall International Editions).
- BRAND, R. Iso-Ethernet: bridging the gap from WAN to LAN. **Data Communications**, v.24, n.9, p.103-8, July 1995.
- BURNS, J. ; HOURIHAN, J. ; LECOMTE, L. ; SANTORO, P. **Simplifying LAN-WAN integration**: corporate guide to routers & bridges. 4.ed. Bedford, Wellfleet Communications, 1992.
- CABLETRON. **Networking solutions catalog**. Rochester, Mar. 1995.

- CARVALHO, T.C.M.B. , coord. **Gerenciamento de redes: uma abordagem de sistemas abertos**. São Paulo, Makron Books, 1992.
- CARVALHO, T.C.M.B. , coord. **Arquiteturas de redes de computadores: OSI e TCP/IP**. São Paulo, Makron Books, 1994.
- CARVALHO, T.C.M.B. **Especificação de uma ferramenta de projeto de cabeamento estruturado**. São Paulo, LARC/EPUSP, 1995. (Relatório Interno LARC/USP).
- CARVALHO, T.C.M.B. **Especificação de uma ferramenta de seleção de equipamentos de redes locais**. São Paulo, LARC/EPUSP, 1995. (Relatório Interno LARC/USP).
- CHEUNG, N.K. The infrastructure for gigabit computer networks. **IEEE Communications Magazine**, v.30, n.4, p.60-8, Apr. 1992.
- CHINAI, N. A preview of fast Ethernet. **SmartNet**, p.71-5, Spring/Summer 1993.
- CREDER, H. **Instalações elétricas**. 12.ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1991.
- DAVIDSON, R.P. **Broadband networking: ABCs for managers : ATM, BISDN, cell/frame relay to SONET**. New York, John Wiley, 1994.
- DAY, M. et al. **LAN operating systems**. Carmel, New Riders, 1993.
- DEMAIO, M. ; KAFKA, H.J. Broadband applications and services prospectus. **AT&T Technical Journal**, v.72, n.6, p.23-8, Nov./Dec 1993.
- DENIZ, D.Z. **ISDN and its application to LAN interconnection**. London, McGraw-Hill, 1994. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).
- DERFLER, F.J. ; FREED, L. **Get a grip on network cabling**. Emeryville, Ziff-Davis Press, 1993.
- DUTTON, E. **LAN security handbook**. New York, M&T Books, 1994.
- DUUREN, J.V. ; KASTELEIN, P. ; SCHOUTE, F.C. **Telecommunications networks and services**. Wokingham, Addison-Wesley, 1992.
- ELECTRONIC INDUSTRIES ASSOCIATION/TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION. **Commercial building telecommunications cabling standard - EIA/TIA-568**. Washington, 1993.
- ELECTRONIC INDUSTRIES ASSOCIATION/TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION. **Commercial building standard for telecommunications pathways and spaces - EIA/TIA-569**. Washington, 1990.
- EUGSTER, E. 100 Mbps to the desktop via FDDI over copper. **Inte Net**, p.68-73, Oct. 1992.
- FORD, W. **Computer communications security: principles, standard protocols and techniques**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1994.
- GASMAN, L. **Broadband networking**. New York, Van Nostrand Reinhold, 1994.
- GIOZZA, W.F. et al. **Redes locais de computadores: tecnologia e aplicações**. São Paulo, McGraw-Hill, 1986.

- GIOZZA, W.F. ; CONFORTI, E. ; WALDMAN, H. **Fibras ópticas: tecnologia e projeto de sistemas**. São Paulo, McGraw-Hill, 1991.
- GOLDSTEIN, F.R. **ISDN in perspective**. Reading, Addison-Wesley, 1992.
- GOTELLI, D. Fast Ethernet brings new data rates to familiar technology. **Packet - Cisco Systems Users Magazine**, v.7, n.3, p.16, 19-21, 3rd. Quarter 1995.
- GRINHAM, J.R. ; SPRATT, P.M. Multimedia applications and 100VG-AnyLAN. **Hewlett-Packard Journal**, v.46, n.4, p.33-8, Aug. 1995.
- HÄNDEL, R. ; HUBER, M.N. ; SCHRÖDER, S. **ATM networks: concepts, protocols, applications**. 2.ed. Wokingham, Addison-Wesley, 1994.
- HEWLETT PACKARD. **Planning and designing high speed networks using 100VG-AnyLAN: network design guide**. Rockville, 1995.
- HEWLETT PACKARD. **100VG-AnyLAN: A evolução natural do Ethernet e Token Ring**. São Paulo, Edisa Hewlett Packard S.A., 1994. (White Paper - HP Networking)
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Information processing systems - open systems interconnection - ISO 7498: basic reference model**. Geneva, 1984.
- _____. **Information processing systems - Local Area Networks - ISO 8802-2: Part 2: Logical link control**. Geneva, 1987.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Information processing systems - Local Area Networks - ISO 8802.3 - ANSI/IEEE STD 802.3: Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications**. Geneva, 1989.
- _____. **Information processing systems - Local Area Networks - ISO 8802.3/Amd.9 - ANSI/IEEE STD 802.3i: Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications - Amendment 9: Twisted-pair Medium Attachment Unit (MAU) and baseband medium, type 10BaseT**. Geneva, 1991.
- INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS. **Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method & physical layer specifications - ANSI/IEEE STD 802.3u: MAC parameters, physical layer specifications: MAC parameters, physical layer, medium attachment units and repeater for 100 Mb/s operation (version 3.0)**. Piscataway, 1994.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Information processing systems - Local Area Networks - ISO 8802-4: Part 4: Token-passing bus access method and physical layer specifications**. Geneva, 1990.
- _____. **Information processing systems - Local Area Networks - ISO 8802-5.2: Part 5: Token ring access method and physical layer specifications**. Geneva, 1990.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Information processing systems - Fibre Distributed Data Interface (FDDI) - ISO 9314-1: Part 1: Token ring physical layer protocol (PHY)**. Geneva, 1989.
- _____. **Information processing systems - Fibre Distributed Data Interface (FDDI) - ISO 9314-2: Part 2: Token ring media access control (MAC)**. Geneva, 1989.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Information processing systems - Fibre Distributed Data Interface (FDDI) - ISO 9314-3: Part 3: Physical layer medium dependent (PMD) requirements.** Geneva, 1989.

_____. **Information processing systems - Fibre Distributed Data Interface (FDDI) - DIS 9314-5: Part 5: Hybrid Ring Control (HRC).** Geneva, 1992.

_____. **Information technology - generic cabling for customer premises cabling - DIS 11801.** Geneva, 1994.

JANDER, M. Design tools take a step closer to the real world. **Data Communications**, v.24, n.5, p.99-104, May 1995.

JEFFRIES, R. ATM LAN emulation: the inside story. **Data Communications**, v.23, n.9, p.95-100, Sept. 21, 1994.

JOHNSON, J.T. ATM networking gear: welcome to the real world. **Data Communications**, v.22, n.10, p.66-86, Oct. 1993.

KAFKA, H.J. Evolution toward broadband. **AT&T Technical Journal**, v.72, n.6, p.15-22, Nov./Dec. 1993.

KLESSIG, B. Integrating ATM across the enterprise data network. **3TECH - The 3Com Technical Journal**, v.6, n.2, p.4-11, Apr. 1995.

KERSHENBAUM, A. **Telecommunications network design algorithm.** New York, McGraw-Hill, 1993. (McGraw-Hill International Editions - Computer Science Series).

KESSLER, G.C. ; TRAIN, D.A. **Metropolitan area networks: concepts, standards, and services.** New York, McGraw-Hill, 1994. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).

KING, S.S. Switched virtual networks: internetworking moves beyond bridges and routers. **Data Communications**, v.23, n.9, p.67-90, Sept. 1994.

KUMAR, B. **Broadband communications: a professional's guide to ATM, frame relay, SMDS, SONET and B-ISDN.** New York, McGraw-Hill, 1995. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).

KUNG, H.T. Gigabit local area networks: a systems perspective. **IEEE Communications Magazine**, v.30, n.4, p.79-89, Apr. 1992.

KUNIG, H.W. SINEC H1 netwerk-planung für MARQUARDT werk. Nürnberg, Siemens, 1990. (Technisches Referat)

KUNIG, H.W. LAN planung für OSRAM werk - Herbrechtingen. Nürnberg, Siemens, 1989. (Technisches Referat)

KUNIG, H.W. Konzeption eines standard-LAN's orientiert an OSRAM spezifischen Gegebenheiten. Nürnberg, Siemens, 1988. (Studie, ZN Mch ESA 7).

LAN Magazine. **Buyers guide issue plus: comprehensive vendor directory.** New York, v.10, n.10, 1995.

MADRON, T.W. **Network security in the'90s: issues and solutions for managers.** New York, John Wiley, 1992. (Wiley Professional Computing).

- McCLAIN, G.R. **Handbook of networking & connectivity**. London, Academic Press, 1994.
- McCLIMANS, F.J. **Communications wiring and interconnection**. New York, McGraw-Hill, 1992. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).
- McDYSAN, D.E.; SPOHN, D.L. **ATM: theory and application**. New York, McGraw-Hill, 1994. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).
- MELATTI, L. Fast Ethernet: 100 Mbit/s made easy. **Data Communications**, v.23, n.11, p.111-6, Nov. 1994.
- MINOLI, D. ; VITELLA, M. **ATM & cell relay service for corporate environments**. New York, McGraw-Hill, 1994. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).
- MINOLI, D. **Imaging in corporate environments: technology and communication**. New York, McGraw-Hill, 1994. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).
- MIRCHANDANI, S. ; KHANNA, R. **FDDI technology and applications**. New York, John Wiley, 1993.
- MOSES, J.T. Fast Ethernet: an evolutionary alternative for high-speed networking. **InteNet**, p.67-9, Aug. 1993.
- NAUGLE, M. **Network protocol handbook: TCP/IP, IEEE 802.2, DECnet/LAT, IPX/SPX, OSI, GOSIP, AppleTalk**. New York, McGraw-Hill, 1994. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).
- NEGRISOLI, M.E.M. **Instalações elétricas: projetos prediais em baixa tensão**. São Paulo, Edgard Blücher, 1981.
- NEMZOW, M. **The Ethernet management guide**. 3.ed. New York, McGraw-Hill, 1995. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).
- NEWMAN, D. LAN switches leave users looking for trouble. **Data Communications**, v.24, n.3, p.103-8, Mar. 1995.
- NEWMAN, P. ATM for corporate networks. **IEEE Communications Magazine**, v.30, n.4, p.90-101, Apr. 1992.
- PANDUIT. **PAN-NET network cabling system: products for high speed data, telephone & video networks**. Lockport, 1994.
- PANDUIT. **PAN-WAY: plastic surface raceway system for data network, voice, video and power wiring**. Lockport, 1994.
- PANDUIT. **PAN-NET network cabling products: new PAN-NET network cabling system solutions for both the workstation outlet and the communication closet**. Lockport, 1995.
- PARTRIDGE, C. **Gigabit networking**. Reading, Addison-Wesley, 1994. (Addison-Wesley Professional Computing Series).
- PERLMAN, R. **Interconnections: bridges and routers**. Reading, Addison-Wesley, 1992. (Addison-Wesley Professional Computing Series).
- PISCITELLO, D.M. ; CHAPIN, A.L. **Open systems networking: TCP/IP and OSI**. Reading, Addison-Wesley, 1993. (Addison-Wesley Professional Computing Series).

- RAMOS, E. ; SCHROEDER, A. **Contemporary data communications: a practical approach**. New York, Macmillan, 1994.
- ROBBINS, M. **Network design essentials: everything you need to know**. London, Academic Press, 1994.
- SAUNDERS, S. Choosing high-speed LANs: too many technologies, too little time? **Data Communications**, v.22, n.9, p.58-70, Sept. 21, 1993.
- SAUNDERS, S. ; LEVY, B. Industrial-Strength testing for Ethernet switches. **Data Communications**, v.24, n.9, p.54-72, July 1995.
- SCHATT, S. **Understanding local area networks**. 4.ed. Indianapolis, Sams, 1993.
- SHARER, R. A switch in time. **LAN Magazine**, v.10, n.5, p.109-26, 1995.
- SHERMAN, D. LAN switching: scalable bandwidth for distributed computing. **3TECH - The 3Com Technical Journal**, v.5, n.2, p.12-8, Apr. 1994.
- SIEMENS. **SINEC H1: handbuch**. München, 1990.
- SIEMENS. **Industrielle kommunikationsnetze SINEC H1FO: handbuch**. München, 1990.
- SIEMENS. **SINEC offene netze für die industrielle kommunikation**. Nürnberg, 1990.
- SIMONDS, F. **LAN communications handbook**. New York, McGraw-Hill, 1993. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).
- SKORUPA, J.S. Smart hubs: a guide to applications and capabilities. **Inte Net**, p.108-10, Sept. 1992.
- SOARES, L.F.G. **Redes locais**. Rio de Janeiro, Campus, 1990.
- SOARES, L.F.G. ; LEMOS, G. ; COLCHER, S. **Redes de computadores: das LANs, MANs e WANs às redes ATM**. Rio de Janeiro, Campus, 1995.
- SPOHN, D.L. **Data network design: packet switching, frame relay, 802.6/DQDB (SMDS), ATM (B-ISDN), SONET**. New York, McGraw-Hill, 1993. (McGraw-Hill Series on Computer Communications).
- STALLINGS, W. **Handbook of computer communications standards**. Carmel, Howard W. Sams, 1990. v.1: the open systems (OSI) model and OSI-related standards.
- STALLINGS, W. **Handbook of computer communications standards**. Carmel, Howard W. Sams, 1990. v.2: local area standards.
- STALLINGS, W. **Local and metropolitan area networks**. 4.ed. New York, Macmillan, 1993.
- STALLINGS, W. **Networking standards: a guide to OSI, ISDN, LAN, and MAN standards**. Reading, Addison-Wesley, 1993.
- STALLINGS, W. **SNMP, SNMPv2, and CMIP: the practical guide to network-management standards**. Reading, Addison-Wesley, 1993.
- STALLINGS, W. **Network and internetwork security: principles and practice**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1995.

- STAMPER, D.A. **Local area networks**. Redwood City, The Benjamin/Cummings, 1994.
- STEINKE, S. A diamond in the rough. **LAN Magazine**, v.10, n.11, p.81-6, Oct. 1995.
- TANENBAUM, A.S. **Computer networks**. 2.ed. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1989.
- THE ATM FORUM. **ATM: user-network interface specification: version 3.0**. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1993.
- TOLLY, K. 100VG NowhereLAN. **Data Communications**, v.23, n.11, p.37-8, Nov. 1994.
- TRIMMER, D. **Downsizing: strategies for success in the modern computer world**. Wokingham, Addison-Wesley, 1993.
- VIRTUAL LANs get real. **Data Communications**, v.24, n.3, p.87-100, Mar. 1995.
- WALFORD, R.B. **Information networks: a design and implementation methodology**. Reading, Addison-Wesley, 1990.
- ZEILE, M. Expanding the enterprise by collapsing the backbone. **Data Communications**, v.21, n.11, p.71-80, Nov. 1992.