

MARIO JOSÉ FERREIRA



MODELO DE INFORMAÇÃO PARA CONFIGURAÇÃO E INVENTÁRIO DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES: UMA ABORDAGEM RELACIONAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração:

Sistemas Distribuídos

Orientador:

Manoel Camilo de O. Penna Neto

Curitiba

2002

Ficha Catalográfica

Ferreira, Mario José

Modelo de Informação para Configuração e Inventário de Redes de Telecomunicações: Uma abordagem relacional. Curitiba, 2002.

164p.

Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Departamento de Informática.

1.Gerência de Redes 2.Telecomunicações I.Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Informática Aplicada.



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA APLICADA
DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 50

Aos 08 dias do mês de março de 2002 realizou-se a sessão pública de defesa da dissertação "**Modelo de Informação para Configuração e Inventário de Redes de Telecomunicações: Uma Abordagem Relacional**", apresentada por **Mário José Ferreira** como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Ciências**, perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Manoel Camillo de O. P. Neto
PUCPR (Presidente)

assinatura

parecer

Prof. Dr. Roberto C. Betini
PUCPR

Prof. Dr. Cinthia Obladen de A. Freitas
PUCPR

Prof. Dr. Carlos Westphall
UFSC

APROVADO

Aprovado

APROVADO

APROVADO

Conforme as normas regimentais do PPGIA e da PUCPR, o trabalho apresentado foi considerado APROVADO (aprovado sem restrições, aprovado com exigências ou reprovado), segundo a avaliação da maioria dos membros da Banca Examinadora acima indicada.

Observações, exigências e/ou restrições da Banca Examinadora, quando houver:

FAZER OS AJUSTES SOLICITADOS
PELA BANCA

continuar no verso, se necessário

Carlos Maziero

Prof. Dr. Carlos Alberto Maziero, Diretor
Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela saúde e oportunidade de realizar este trabalho.

Agradeço, de modo especial, à minha esposa Rosana A. Skorei Ferreira pelo apoio e pela paciência demonstrada durante todos estes anos.

Agradeço, carinhosamente, a meu filho Gabriel Skorei Ferreira pela compreensão nos últimos meses deste trabalho.

Agradeço ao Professor Dr. Manoel Camilo de O. Penna Neto, pela confiança depositada, o apoio dedicado e, pelo valoroso trabalho de orientação.

É com estima que agradeço a meus amigos pelo convívio e pela colaboração na realização do trabalho.

Sumário

Ficha Catalográfica	iii
Agradecimentos	iv
Sumário	v
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas	x
Abreviaturas.....	xi
Resumo	xiii
Abstract	xiii
1 Introdução	1
1.1 Gerência de redes de telecomunicações	1
1.2 Motivação e objetivo.....	3
1.3 Trabalhos relacionados ao tema.....	7
1.4 Organização do Trabalho	8
2 Rede de Transporte.....	10
2.1 Conceitos fundamentais das redes de transporte.....	11
2.2 Evolução tecnológica de redes de transporte digital	14
2.2.1 <i>Hierarquia digital plesiócrona</i>	14
2.2.2 <i>Hierarquia digital síncrona</i>	16
2.3 Arquitetura de redes de transporte	19
2.4 Arquitetura funcional de redes de transporte.....	21
2.4.1 <i>Componentes arquiteturais</i>	22
2.4.2 <i>Particionamento e subdivisão em camadas</i>	30
3 Gerência e Configuração de Redes de Transporte	34
3.1 Gerência de redes de telecomunicações	34
3.1.1 <i>Gerência de redes proprietárias</i>	34
3.1.2 <i>Rede de Gerência de Telecomunicações (Telecommunications Management Network)</i>	36
3.2 Configuração de recursos em redes de transporte.....	40
3.2.1 <i>Introdução</i>	40
3.2.2 <i>Gerenciamento de configuração</i>	41
3.2.3 <i>Funções do gerenciamento de configuração</i>	44
3.3 Modelo Q3nn – aspectos da gerência de configuração	48
3.3.1 <i>Visão geral</i>	48
3.3.2 <i>Esquemas de nomeação</i>	50
3.3.3 <i>Objetos e relacionamentos</i>	52

3.3.4	<i>Avaliação do modelo Q3nn</i>	56
3.4	Método para obtenção do Modelo de Informação Relacional	56
4	Modelo de Classes para Redes de Transporte.....	59
4.1	Norma I-ETS 653	59
4.1.1	<i>Modelo Entidade-Relacionamento</i>	59
4.1.2	<i>Modelo de classes informal</i>	68
4.2	Correspondência entre entidades e classes	77
4.3	Modelo de classes produzido.....	78
4.4	Avaliação do modelo de classes produzido	80
5	Modelo de Dados Relacional para Redes de Transporte.....	81
5.1	Escolha da representação do modelo relacional	82
5.2	Notação utilizada para representação de tabelas.....	82
5.3	Transformação de atributo <i>lista</i> em tabelas	83
5.4	Definição dos domínios no modelo relacional.....	85
5.5	Método	85
5.5.1	<i>Divisão do modelo genérico de rede</i>	85
5.5.2	<i>Mapeamento de cada classe e seus relacionamentos</i>	86
5.5.3	<i>Produção do modelo Entidade-Relacionamento</i>	86
5.5.4	<i>Formalização do modelo relacional</i>	87
5.6	Mapeamento do modelo objeto para o modelo relacional.....	87
5.6.1	<i>Particionamento Horizontal</i>	90
5.6.2	<i>Estrutura em Camadas</i>	93
5.6.3	<i>Conectividade</i>	95
5.6.4	<i>Transporte</i>	97
5.7	Modelo de dados relacional para redes de transporte.....	98
5.7.1	<i>Modelo Entidade-Relacionamento</i>	100
5.8	Experimento baseado no modelo relacional obtido	106
5.8.1	<i>Rede Experimental</i>	107
5.8.2	<i>Configuração inicial do sistema</i>	108
5.8.3	<i>Circuito de dados – Alocação de Trail</i>	111
5.9	Avaliação.....	113
5.9.1	<i>Conjunto de tabelas produzido</i>	113
5.9.2	<i>Método Utilizado</i>	113
5.9.3	<i>Avaliação sobre o experimento</i>	114
6	Conclusão.....	115
7	BibliografiaS	118
7.1	Referências Bibliográficas.....	118
7.2	Bibliografia de Apoio.....	120
ANEXOS		121
A	Modelagem Relacional	121
A.1	Banco de Dados	121
A.2	Modelo de Dados	121
A.2.1	<i>Modelo Relacional</i>	123
A.3	Formas Normais.....	126
B	Modelagem Orientada a Objetos.....	127

B.1	Conceitos de objeto e classe	127
B.1.1	Objeto	127
B.1.2	Classe.....	127
B.1.3	Atributo.....	128
B.1.4	Operações e métodos.....	128
B.2	Conceitos de link e associação.....	128
B.2.1	Links e associações.....	128
B.2.2	Multiplicidade	130
B.2.3	Papéis	130
B.2.4	Atributos de links.....	131
B.2.5	Classe de associação.....	131
B.2.6	Associação qualificada.....	132
B.3	Conceitos de generalização	132
B.3.1	Generalização	132
B.3.2	Herança	133
C	Mapeamento Objeto-Relacional.....	135
C.1	Introdução.....	135
C.2	Implementação de identidade	136
C.2.1	Identificação baseada na existência.....	136
C.2.2	Identificação baseada em valor	136
C.3	Implementação de domínio	138
C.3.1	Identificador.....	138
C.3.2	Enumerações.....	138
C.3.3	Estruturas.....	139
C.3.4	Multivalores	140
C.4	Implementação de classes.....	140
C.5	Associações	141
C.5.1	Associações simples.....	141
C.5.2	Atributos de link	142
C.5.3	Classes de associação.....	143
C.5.4	Associações ternárias	144
C.5.5	Associações com qualificadores.....	144
C.5.6	Associações ordenadas	145
C.5.7	Associações simétricas	145
C.5.8	Agregações.....	146
C.6	Herança Simples	146
C.7	Herança Múltipla	147
D	Glossário	148

Lista de Figuras

Figura 1 – Gerência de Redes <i>Off-Line</i>	5
Figura 2 – Número de conexões entre n usuários.....	12
Figura 3 – Número de conexões entre n usuários usando um comutador (<i>switch</i>).....	12
Figura 4 – Modelo de conexão para dois grupos de usuários separados geograficamente	13
Figura 5 – Esquema de estrutura hierárquica transmissão	14
Figura 6 – Inserção e retirada de quadros na rede PDH.....	15
Figura 7 – Hierarquia Digital Plesiócrona (PDH)	16
Figura 8 – Característica básica de redes SDH	17
Figura 9 – Modelo em Camadas de uma rede.....	18
Figura 10 – Hierarquia Digital Síncrona (SDH).....	19
Figura 11 – Arquitetura em camadas de um rede pública de telecomunicações	20
Figura 12 – Particionamento de subredes	23
Figura 13 – Conexão de link	26
Figura 14 – Conexão de subrede	26
Figura 15 – Trail.....	27
Figura 16 – Funções de terminação e adaptação de trail	29
Figura 17 – Visão Ortogonal de Camadas e Particionamento de Rede	31
Figura 18 – Relacionamento entre camadas cliente/servidor	32
Figura 19 – Sistemas de Gerência de Rede e redes gerenciadas	35
Figura 20 – TMN e a Rede de Telecomunicações.....	37
Figura 21 – Hierarquia em Camadas da Gerência de Redes TMN.....	38
Figura 22 – Relacionamento entre nós, subredes e camadas	50
Figura 23 – Esquema de nomeação I.....	51
Figura 24 – Esquema de nomeação II.....	51
Figura 25 – Esquema de nomeação III	52
Figura 26 – Conexão de subrede flexível ponto a ponto (CTP to CTP)	53
Figura 27 – Conexão de subrede fixa ponto a ponto bidirecional (CTP to CTP).....	54
Figura 28 – Relacionamento entre <i>trail</i> , conexões de link e camadas de rede.....	55
Figura 29 – Processo de produção do modelo relacional.....	58
Figura 30 – Modelo Entidade-Relacionamento entre Recursos da Rede.....	60
Figura 31 – Trail modelado de acordo com a Recomendação G.803 do ITU-T	61
Figura 32 – Relacionamento relativos a Camada de Rede.....	62
Figura 33 – Informação Característica e seus relacionamentos	62
Figura 34 – Relacionamento entre SubRede e outros recursos	63
Figura 35 – Relacionamento entre o <i>Link</i> e outros recursos	63
Figura 36 – Relacionamentos do recurso Ponto de Acesso	64
Figura 37 – Relacionamentos com Ponto de Conexão	65
Figura 38 – Relacionamento com <i>Trail</i>	65
Figura 39 – Relacionamento entre Conexão de Link	66
Figura 40 – Conexão de Subrede e relacionamento com outras entidades	66
Figura 41 – Relacionamentos com Conexão de Rede	67
Figura 42 – Função de Terminação de <i>Trail</i>	68
Figura 43 – Ponto de Terminação de Conexão e seus relacionamentos	68
Figura 44 – Modelo de Classes Genérico para Redes de Transporte	79
Figura 45 – Terminologia estrutural adotada	82
Figura 46 – Modelo de classes genérico para Redes de Transporte	89
Figura 47 – Particionamento horizontal da rede.....	90

Figura 48 – Classes que permitem estruturar a rede em camadas	93
Figura 49 – Classes relacionadas a conectividade da rede	95
Figura 50 – Entidades de transporte da rede	97
Figura 51 – Modelo de dados relacional para redes de transporte.....	99
Figura 52 – Relacionamentos baseados em chaves primárias.....	101
Figura 53 – Relacionamentos agrupados por chave primária	102
Figura 54 – Relacionamentos internos entre as entidades agrupadas.....	103
Figura 55 – Relacionamentos entre as entidades do modelo.....	104
Figura 56 – Modelo Entidade-Relacionamento para redes de transporte	105
Figura 57 – Rede experimental	107
Figura 58 – Subredes modeladas.....	110
Figura 59 – Terminologia estrutural dos dados no modelo relacional.....	124
Figura 60 – Resumo da terminologia estrutural formal e informal	125
Figura 61 – Classes.....	128
Figura 62 – Link (a) e associação (b)	129
Figura 63 – Associação em um modelo objeto	129
Figura 64 – Notação para multiplicidade.....	130
Figura 65 – Definição de papéis em um modelo objeto	131
Figura 66 – Atributo de link.....	131
Figura 67 – Associação qualificada.....	132
Figura 68 – Generalização em modelo objeto.....	133
Figura 69 – Fluxo de identificação baseado em valor	137
Figura 70 – Abordagens para se implementar um domínio de estrutura	140
Figura 71 – Associação muitos-para-muitos	141
Figura 72 – Associação um-para-muitos com tabela intrínseca	142
Figura 73 – Mapeamento de atributo de <i>link</i>	143
Figura 74 – Classe classificando uma Associação	144
Figura 75 – Multiplicidades para qualificar associações	144
Figura 76 – Associação ordenada.....	145
Figura 77 – Associação simétrica.....	146
Figura 78 – Separação entre superclasse e subclasse	147

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Representação de recursos gerenciáveis através de objetos.....	77
Tabela 2 – <i>SubNetwork</i> e listas	84
Tabela 3 – <i>Connectivity</i>	91
Tabela 4 – <i>LayerNetworkDomain</i>	91
Tabela 5 – <i>SubNetwork</i>	92
Tabela 6 – <i>SubNWConnection</i>	92
Tabela 7 – <i>NWTerminationPoint</i>	94
Tabela 8 – <i>NWCTP</i>	94
Tabela 9 – <i>NWTTP</i>	95
Tabela 10 – <i>Link</i>	96
Tabela 11 – <i>LinkConnection</i>	96
Tabela 12 – <i>Trail</i>	98
Tabela 13 – Tabela experimental <i>NWTerminationPoint</i>	108
Tabela 14 – Tabela experimental <i>Link</i>	109
Tabela 15 – Experimento <i>Subnetwork</i>	110
Tabela 16 – Experimento <i>Connectivity</i>	112
Tabela 17 – Terminação de <i>Trail</i> na tabela <i>NWTerminationPoing</i>	112
Tabela 18 – Experimento <i>Trail</i>	112
Tabela 19 – Especificação de Domínio de Atributos	139

Abreviaturas

ATM	Assynchronous Transmission Mode
B-ISDN	Broadband-Integrated Services Digital Network
CCSS	Common Channel Signaling System
CTP	Connection Termination Point
DMTF	Distributed Management Task Force
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexer
E1	European – 2 Mbits
GTP	Group Termination Point
ID	Identificador
I-ETS	Interim European Telecommunication Standard
IN	Intelligent Network
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU	International Telecommunication Union
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local Area Network
LC	Link Connection
LLA	Logical Layered Architecture
NC	Network Connection
NWCTP	Network Connection Termination Point
NWTP	Network Termination Point
NWTPP	Network Trail Termination Point
OO	Object-Oriented
OSF	Operating System Function
OSI	Open System Interconnection
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PSPDN	Public Switched Packet Digital Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
ROI	Return of Investment
SDH	Synchronous Digital Hierarchy

SGBD	Sistema Gerenciador de Base de Dados
SNC	Sub Network Connection
TINA	Telecommunication Information Network Architecture
TMForum	Telecommunication Management Forum
TMN	Telecommunication Management Network
TP	Termination Point
TTP	Trail Termination Point
VSAT	Very Small Aperture Terminal
WAN	Wide Area Network

Resumo

A dificuldade em conceber sistemas de gerência que contemplem múltiplas funções da camada de rede do modelo de gerência TMN (*Telecommunications Management Network*) é devido principalmente a dimensão dos problemas de topologia que estão associados a estas redes, o que implica necessariamente em um modelo de informação de grande complexidade. Assim, este trabalho visa principalmente fornecer uma contribuição para a transposição das dificuldades práticas encontradas na construção de ferramentas de gerência de telecomunicações a nível de rede. A Recomendação I-ETS 653 fornece o modelo de classes de objetos genérico de redes de telecomunicações. Este trabalho propõe uma alternativa para o modelo I-ETS 653 baseada no método de mapeamento objeto-relacional. Os aspectos de conectividade do modelo de informação *Q3nn*, proposto pela Alcatel/Telefonica, também foram abordados neste trabalho. O trabalho propõe ainda diretrizes para aplicação do mapeamento objeto-relacional à modelos de informação orientado a objetos de redes de telecomunicações.

Abstract

The difficulty in conceiving telecommunications management systems that contemplate multiple functions in the network layer of the TMN (*Telecommunications Management Network*) is mainly the dimension of the topology problems that are associated to these networks, these problems implies necessarily in an information model of great complexity. Thus, this work mainly aims to supply a contribution to transpose the practical difficulties found in the construction of telecommunication management tools in the network level. Recommendation I-ETS 653 supplies the generic object class model of telecommunications networks. This work considers an alternative for I-ETS 653 model based on the method of object-relational mapping. The connectivity aspects of the *Q3nn* information model considered by the Alcatel/Telefonica, had also been boarded in this work. The work considers guidelines for application of the object-relational mapping to object oriented information models of telecommunications networks.

Resumo

A dificuldade em conceber sistemas de gerência que contemplem múltiplas funções da camada de rede do modelo de gerência TMN (*Telecommunications Management Network*) é devido principalmente a dimensão dos problemas de topologia que estão associados a estas redes, o que implica necessariamente em um modelo de informação de grande complexidade. Assim, este trabalho visa principalmente fornecer uma contribuição para a transposição das dificuldades práticas encontradas na construção de ferramentas de gerência de telecomunicações a nível de rede. A Recomendação I-ETS 653 fornece o modelo de classes de objetos genérico de redes de telecomunicações. Este trabalho propõe uma alternativa para o modelo I-ETS 653 baseada no método de mapeamento objeto-relacional. Os aspectos de conectividade do modelo de informação *Q3nn*, proposto pela Alcatel/Telefonica, também foram abordados neste trabalho. O trabalho propõe ainda diretrizes para aplicação do mapeamento objeto-relacional à modelos de informação orientado a objetos de redes de telecomunicações.

Abstract

The difficulty in conceiving telecommunications management systems that contemplate multiple functions in the network layer of the TMN (*Telecommunications Management Network*) is mainly the dimension of the topology problems that are associated to these networks, these problems implies necessarily in an information model of great complexity. Thus, this work mainly aims to supply a contribution to transpose the practical difficulties found in the construction of telecommunication management tools in the network level. Recommendation I-ETS 653 supplies the generic object class model of telecommunications networks. This work considers an alternative for I-ETS 653 model based on the method of object-relational mapping. The connectivity aspects of the *Q3nn* information model considered by the Alcatel/Telefonica, had also been boarded in this work. The work considers guidelines for application of the object-relational mapping to object oriented information models of telecommunications networks.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Gerência de redes de telecomunicações

As aplicações de gerência de redes de telecomunicações têm em organismos internacionais padrões para implementação, como por exemplo a TMN (*Telecommunications Management Network*); porém devido ao alto nível de detalhes dos modelos propostos, se torna muito difícil a construção de ferramentas de configuração baseadas nestes modelos que atendam as necessidades das operadoras de telecomunicações.

Com a quebra do monopólio estatal de telecomunicações em muitos países, o número de provedores de serviço e operadoras de telecomunicações domésticas tem aumentado rapidamente. Todos os provedores de rede e serviços competem entre si, mas, em geral não alcançam área de cobertura completa através de suas próprias redes.

Particularmente, para tráfego de longa distância, há arrendamentos de capacidades de transporte entre competidores; outro exemplo é o uso de uma rede de terminais de usuários já instalada em uma localidade por uma operadora que fornece serviço de chamadas interurbanas. Muitas operadoras de telefonia móvel dependem de canais de transporte a 2 Mbit/s para uma área de cobertura além do alcance de uma estação de transmissão. O cenário aumenta de complexidade se considerarmos os provedores de Internet, *links* roteados entre LANs (*Local Area Network*); e, os provedores de serviços de multimídia em banda larga que surgiram com a implantação de novas redes ATM (*Asynchronous Transmission Mode*).

Grande parte dos exemplos citados acima necessitam utilizar parte da capacidade das redes de transporte WANs (*Wide Area Networks*). Estes fatores combinados estão criando ambientes de rede cada vez mais complexos, que incluem um grande número de inter-conexões entre redes.

É claro que com o crescimento do número de inter-conexões de rede os problemas ligados a topologia tornam-se cada vez mais complexos. Um exemplo de problema difícil de resolver em topologias complexas é o problema de definição de rotas. Existe a

necessidade de se conceber sistemas que tenham a visão completa da rede incluindo suas inter-conexões, de modo a permitir o estabelecimento de novas rotas, proporcionando a determinação de rotas com o menor custo, bem com a qualidade e rapidez nos serviços associados a este transporte.

Outra grande dificuldade está em conceber sistemas de gerência que contemplem múltiplas funções da camada de rede do modelo de gerência TMN; além dos problemas inerentes à complexidade da topologia temos os problemas de acesso a elementos de rede, devido principalmente à complexidade dos protocolos envolvidos, e também a não publicação dos mesmos, ou seja, gerência de elementos de rede baseada em protocolos proprietários.

As redes de telecomunicações incluem diversos dispositivos e equipamentos dispersos por vários locais físicos diferentes dentro de uma organização, muitos deles envolvidos em mudanças freqüentes de configuração. Para a gerência de rede é fundamental que sejam conhecidos: a localização de cada equipamento ou dispositivo, suas especificações técnicas bem como a sua configuração. O sistema de gerência deve prover meios para uma coleta de informações da rede, de forma a manter um inventário sempre atualizado, permitindo o registro e a modificação da configuração do equipamento ou dispositivo.

A gerência TMN ainda é, na maioria dos casos, um padrão *de jure*, devido principalmente à dificuldade de integração com outros sistemas. Como já dito anteriormente, a construção de sistemas de gerência *TMN-full compliance*, isto é, sistemas de gerência de rede que atendam todas as exigências normativas da TMN, é cercado de grande complexidade. Para uma visão de gerência no nível de rede a dificuldade é ainda maior.

Modelos de informação de rede fechados são em geral utilizados pelos fabricantes de equipamentos e sistemas de gerência. Além de fechados tais modelos, geralmente, não contemplam os sistemas existentes, e são implementados em sistemas de gerência proprietários e fornecidos em pacotes indivisíveis de custo elevado.

Há uma tendência em armazenar modelos de informação da rede em base de dados, podendo ser de qualquer tecnologia (banco de dados relacional, orientado a objetos ou objeto-relacional), visto que a construção de ferramentas e sistemas de gerência,

tornam-se mais simples sobre uma base de dados de tecnologia totalmente sedimentada no mercado. Além disso, as implementações que contemplam algumas funções da gerência TMN podem ser produzidas com um menor esforço, no que diz respeito ao volume de dados. A dificuldade, porém, está na obtenção do modelo de informação de rede que formará a base de dados.

Dentre os modelos de armazenagem em base de dados, o modelo relacional destaca-se pela facilidade de uso, pelo número de opções de mercado e pelo amplo domínio da tecnologia. A construção de ferramentas que fazem uso de uma base relacional é bastante simples, e dentro da arquitetura cliente-servidor podem ser utilizados softwares de tecnologia voltados para busca visual, como navegadores utilizados para acesso a Internet, realizando acesso à base de dados através de um sistema gerenciador de banco de dados qualquer. Por outro lado, o modelo orientado a objetos é capaz de mapear com maior clareza e riqueza de detalhes recursos, valores e comportamentos do mundo real para o mundo lógico, e por isso os modelos lógicos produzidos até então seguem este paradigma.

Neste sentido, o mapeamento do modelo de informação de rede, orientado a objetos, para o modelo relacional fornece uma contribuição essencial para o desenvolvimento de sistemas de gerência de rede, dentro dos paradigmas mais recentes de tecnologias aplicadas.

1.2 Motivação e objetivo

A principal motivação para a realização deste trabalho foi a busca de um modelo de informação relacional para a configuração de redes de transporte de telecomunicações, visando apresentar e solucionar uma das maiores dificuldades práticas da construção de ferramentas de gerência: a complexidade do modelo padrão proposto pela rede de gerência TMN.

O objetivo é a obtenção de um modelo de informação para redes de telecomunicações que leve em conta os aspectos de gerência TMN e que facilite o projeto e concepção de ferramentas de gerência de rede de telecomunicações, a nível de rede, disponibilizando um modelo de dados para topologia de redes de transporte. Tal modelo de dados terá como base os requisitos do I-ETS 653 (*Interim European Telecommunication Standard*).

[I-ETS653], documento que fornece uma recomendação para modelos genéricos de redes de transporte. Será abordado um exemplo de modelo de gerência, que contemple a gerência de redes a nível de rede, o Modelo *Q3nn* da Alcatel/Telefonica.

Dentre as aplicações do modelo de informação, destacam-se:

- Um exemplo de aplicação deste modelo de informação é a integração de sistemas de gerência de redes para equipamentos de fabricantes diferentes, mas que interoperam entre si; e
- Outro exemplo de aplicação deste modelo de informação é a integração de diferentes sistemas de gerência. Isto é, vários sistemas de gerência cooperando entre si para finalidades de gerência específicas.

Para o primeiro exemplo, são necessários além do conhecimento do modelo de informação de cada rede, um modelo de informação unificado que contenha os recursos mapeados de ambas as redes, e uma interface para cada equipamento de rede diferente. O modo como as atualizações do modelo são refletidas na rede e vice-versa é que caracteriza a gerência como sendo *on-line* ou *off-line*. Esta última representada pela Figura 1, onde é mostrado o fluxo de dados de gerência através dos vários elementos que compõe o sistema. Esta é a abordagem adotada neste trabalho.

Para o segundo exemplo, cada sistema de gerência já possui um modelo de informação que reflete os recursos gerenciáveis da rede, e assim um modelo de informação único é necessário para uma integração destes sistemas de gerência. Tal modelo deverá suportar as características e funcionalidades de gerência de ambos os diferentes sistemas de gerência de redes de telecomunicações.

O modelo genérico para configuração e inventário de redes de transporte deverá mapear os recursos de configuração da rede para uma base de dados. O modelo de dados da rede é importante porque as ferramentas de gerência de rede têm uma concepção arquitetural semelhante à Figura 1. A principal característica desta arquitetura é a gerência de recursos dinâmicos da rede (como recursos de configuração) de modo *off-line*, na qual uma determinada ação realizada por um operador ou administrador é primeiramente refletida na base de dados e posteriormente é, devidamente formatada, encaminhada aos equipamentos através de uma função de configuração específica.

Outra característica é a gerência de recursos estáticos da rede baseado em inventário da mesma. A importância deste tipo de arquitetura é a unificação da base de dados de configuração e inventário de redes de fabricantes diferentes, que não pode ser obtida com os sistemas de gerência específicos de cada um deles.

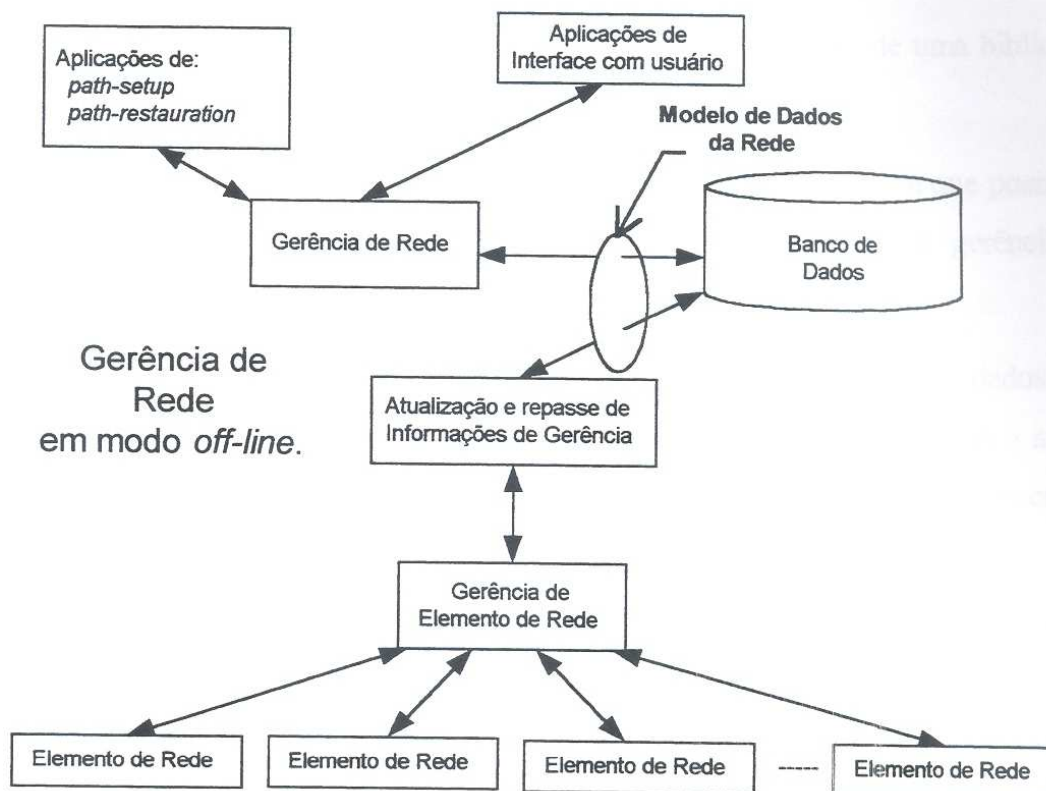


Figura 1 – Gerência de Redes Off-Line

Uma das contribuições deste trabalho é a formalização de um modelo orientado a objetos a partir da biblioteca de classes e relacionamentos entre recursos propostos pelo I-ETS 653. A concepção de um modelo de informação relacional genérico para configuração, levando-se em conta os elementos físicos e lógicos necessários para descrever uma rede de telecomunicações, do ponto de vista de rede é mais uma contribuição deste trabalho. Uma outra contribuição é a organização dos conceitos de gerência de rede TMN para configuração de redes de transporte. A elaboração de diretrizes para a aplicação do método de mapeamento objeto-relacional é também uma contribuição dada por este trabalho.

Os principais objetivos deste trabalho são:

- Fornecer uma discussão didática para a transposição de uma dificuldade prática na construção de ferramentas de gerência de telecomunicações à nível de rede;
- Formalizar o modelo orientado a objetos, descrito através de uma biblioteca de classes, proposto pelo I-ETS 653;
- Fornecer um modelo de gerência de telecomunicações comum que possa ser utilizado na construção de bases de dados de sistemas de gerência de telecomunicações a nível de rede;
- Utilizar a abordagem relacional, visando simplificar o modelo de dados para a construção de sistemas de gerência de rede. Aproveitando assim o amplo domínio da tecnologia de bancos de dados bem como, o vasto número de ferramentas de desenvolvimento que utilizam esta tecnologia;
- Obtenção do modelo relacional para redes de telecomunicações baseado na recomendação genérica proposta pela ETSI 653; e
- Fornecer diretrizes para a aplicação de um método de mapeamento objeto-relacional para modelo de informação de redes de telecomunicações.

Dentre os escopos do trabalho, estão:

- Contemplar o modelo de informação genérico de telecomunicações, proposto pelo I-ETS 653, a nível de rede, discutindo as classes associadas com a gerência de configuração;
- Melhorar a apresentação de conceitos essenciais assumindo que todas as conexões de rede são bidirecionais, isto é, não há a definição de direcionalidade no fluxo da informação através do circuito; e
- A não abordagem dos aspectos de implementação do sistema. Os métodos descritos pelo I-ETS 653 que são utilizados para desenvolvimento do sistema de gerência não serão abordados.

1.3 Trabalhos relacionados ao tema

Destacam-se algumas publicações a respeito do mapeamento objeto relacional e com referências à gerência de rede de telecomunicações.

As tendências no desenvolvimento de sistemas de gerência de redes de telecomunicações são apresentadas por [DONNELLY99]. Estas tendências, apresentadas por [DONNELLY99] tem suas diretrizes em vários organismos internacionais como por exemplo o ITU (*International Telecommunication Union*), NMForum (*Network Management Forum*) e TINA (*Telecommunications Information Networking Architecture*). Destaca a gerência a nível de serviços de telecomunicações e seus diferentes sistemas de transmissão gerenciados de forma integrada, por um sistema de gerência de redes único.

A abertura de mercado para telecomunicações e a importância de um sistema de gerência de redes de telecomunicações integrado, que envolva vários provedores de serviço desta área, são abordados por [KELLER99]. Seu trabalho apresenta uma base de informação de gerência e um modelo genérico de dados único para a construção de aplicações distribuídas. Destaca, principalmente, a interoperabilidade entre os sistemas de gerência de rede e seu gerenciamento integrado, através do chamado Gerenciamento Guarda-chuva (*Umbrella Management*).

[MILLER99] discute a modelagem de dados, aplicada ao desenvolvimento de sistemas gerenciadores de base de dados modernos. Tais sistemas são obrigados a trabalhar com grande volume de dados. Apresenta vários tipos abstratos de dados primários, chamados de domínios do modelo de dados relacional, e sua necessidade em função da diversidade de dados nos atuais sistemas computacionais.

Utilizando a linguagem de *pattern* (*Pattern Language*) [KELLER97] aborda o mapeamento de objetos, e relacionamentos entre eles, em tabelas. O mapeamento de relacionamentos como agregação, herança, polimorfismo, associação entre classes e tipos de dados são itens mencionados [KELLER97].

A persistência de objetos em bases de dados relacionais é tema abordado por [PORTO98]. Destaca a construção arquitetural cliente/servidor para sistemas computacionais, mostrando as vantagens da combinação entre aplicações orientada a

objetos e sistemas de base de dados relacionais. Em seu trabalho, [PORTO98] discute o problema de sincronização entre as aplicações orientadas a objeto e seus respectivos bancos de dados relacionais.

A força tarefa DMTF (*Distributed Management Task Force*) propõe, através de um documento de especificação [CIM99], um modelo de informação único para a construção de sistemas de gerência de redes. Técnicas de mapeamento de modelos de informação de rede existentes para o modelo proposto pelo DMTF também são apresentadas nesta especificação.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em seis capítulos e quatro anexos. Neste capítulo foram apresentados os objetivos e a motivação para este trabalho. A descrição do modelo de gerência de rede utilizado na maioria das vezes por sistemas integrados de gerência de rede, que se aplica a redes de fabricantes diferentes, também foi discutida.

O capítulo 2 apresenta o embasamento teórico necessário para o conhecimento sobre redes de telecomunicações, especialmente as redes de transporte. Um breve histórico das redes de transporte dão início ao capítulo, que se estende sobre a evolução das redes de transporte, passando por descritivos de tecnologias como PDH e SDH. Os principais conceitos envolvendo a arquitetura funcional de redes de transporte também são apresentados neste capítulo.

A gerência e configuração de redes de transporte é descrita no capítulo 3. Inicia-se o capítulo com a descrição de gerência de redes proprietárias, continua-se descrevendo a gerência TMN (*Telecommunications Management Network*). São descritas as funções da gerência de configuração. O modelo *Q3nn* produzido pela Alcatel também é avaliado neste capítulo. Finalizando, apresenta-se o método para produção do modelo relacional de dados.

O capítulo 4 contém uma das contribuições deste trabalho. Neste capítulo é discutido o modelo Entidade-Relacionamento e a biblioteca genérica de classes produzidas pelo I-ETS (*Interim European Telecommunications Standard*) – 653. Em seguida, é apresentado o modelo orientado a objetos produzido baseado na biblioteca de classes

recomendada pelo I-ETS 653. Encerra-se o capítulo com uma avaliação sobre o modelo formal obtido.

No capítulo 5 tem-se outra contribuição deste trabalho, no qual é descrito e aplicado o método de mapeamento objeto-relacional para a produção do modelo relacional genérico. Inicia-se o capítulo com a escolha da representação a ser utilizada para a representação relacional. Descreve-se a notação utilizada para a representação das tabelas. Uma discussão sobre a transformação de lista em tabela também é apresentada. Em seguida, apresenta-se algumas diretrizes para a aplicação do método de mapeamento objeto-relacional. Com a aplicação do método de mapeamento é obtido o modelo relacional genérico para redes de transporte. O capítulo é encerrado com uma avaliação sobre o modelo relacional obtido.

O capítulo 6 apresenta as conclusões deste trabalho, enfatizando trabalhos futuros de aperfeiçoamentos, melhoramentos e discussões do modelo relacional.

No Anexo A são mostrados alguns conceitos de banco de dados, mais especificamente, modelagem relacional. Em seguida no Anexo B são descritos os conceitos da modelagem orientada à objetos. No Anexo C são apresentados os conceitos de mapeamento objeto-relacional, enumerando alguns princípios básicos. O Anexo D é composto por um glossário.

2 REDE DE TRANSPORTE

Neste capítulo serão apresentados conceitos de rede de transporte. A revisão destes conceitos culminará com a definição do ITU-T sobre rede de transporte, dada pela Recomendação G.805 que, de maneira resumida, expressa o seguinte:

“Uma rede de transporte é responsável pelo transporte da informação característica.”[G.805]

A informação característica é uma abstração concebida para modelar a capacidade de comunicação fim-a-fim entre dois pontos. Ela compreende o conteúdo transmitido, a taxa de transmissão e o *overhead* para verificação de integridade do conteúdo transmitido. Sua propriedade fundamental é que o conteúdo transmitido não é alterado entre os dois pontos. No item 2.4.1.1, o conceito de informação característica é detalhado para sua compreensão no modelo de informação.

Rede de Transporte é o conjunto de caminhos de transmissão que ligam dois pontos distribuídos, conectando equipamentos terminais ou nós geograficamente distribuídos. Quando o caminho de transmissão disponibiliza o serviço de transporte de dados para um cliente este é chamado de circuito de dados.

O circuito de dados é modelado em sistemas de gerência de rede como *trail*, que é responsável pelo transporte de dados (informação característica). Pode-se dizer que quando este circuito de dados for mantido por funções de gerência de rede este constitui um serviço de transporte.

Equipamentos terminais são os que provêm uma conexão com um elemento de rede de tal forma que em um lado tem-se uma conexão com o equipamento usuário, e de outro uma conexão com um elemento de rede. Estes equipamentos pertencem a rede de acesso.

Nós de uma rede são os elementos de rede que estabelecem conexões entre outros elementos de rede, através de uma matriz de conexão (ver Figura 11).

Os equipamentos usados em uma Rede de Transporte podem ser analógicos ou digitais e podem incluir, entre outros, multiplexadores, roteadores, transmissores/receptores,

transponders, rádios, repetidores/regeneradores e satélites. A Rede de Transporte provê os meios de transmissão para todos os serviços de rede e telecomunicações, tais como PSTN, PSPDN, VSAT, IN, CCSS e Celular. Isto significa que dentro de cada caminho de transmissão, nós podemos ter circuitos de telefonia, circuitos de dados, canais de televisão e sinais de outros serviços de telecomunicações.

Para construir as redes de transporte são necessários os equipamentos de transmissão (roteadores, multiplexadores, repetidores) que podem utilizar diferentes tecnologias (PDH, SDH, DWDM). Os *links* físicos podem ser estabelecidos por cabo (coaxial, óptico) ou ainda por onda eletromagnética (satélite ou rádio).

2.1 Conceitos fundamentais das redes de transporte

A comunicação através de uma rede de telecomunicações requer a alocação de recursos de transmissão onde os sistemas de comutação desempenham um papel chave desempenhando duas funções fundamentais:

- Redução do número de conexões necessárias para conectar todos os usuários da rede;
- Estabelecimento de diferentes conexões, permitindo combinações desiguais de usuários em tempos diferentes.

Vamos considerar n usuários que desejam se comunicar uns com os outros através de uma rede de telecomunicações. Em uma topologia trivial, é necessário uma conexão de cada usuário com todos os demais; conforme mostrado na Figura 2, o número de conexões (C) necessárias para n usuários na rede é dado por:

$${}_nC_2 = \frac{n(n-1)}{2}$$

Equação 1 – Número de conexões

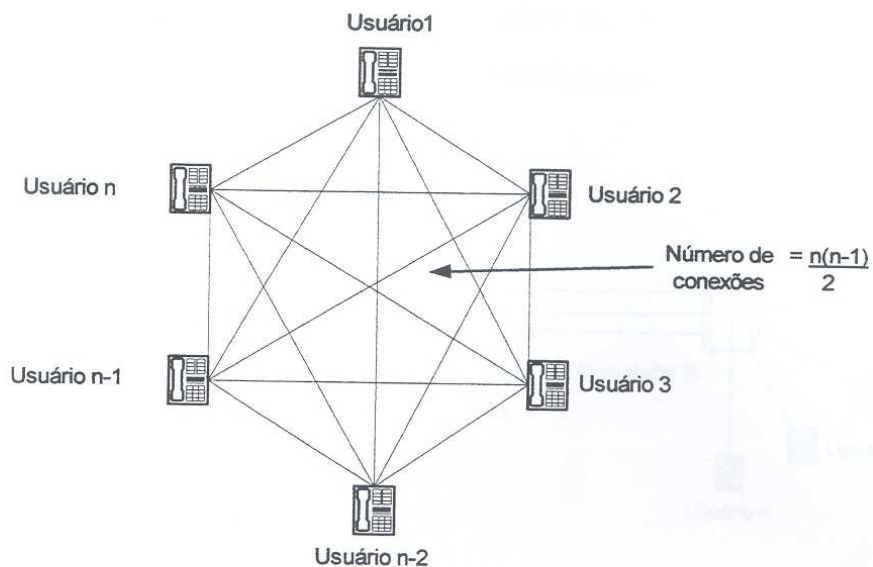


Figura 2 – Número de conexões entre n usuários

O número de conexões em função do número de usuários é uma progressão geométrica. Porém, o uso de um equipamento de comutação possibilita minimizar o número de conexões físicas necessárias na rede. Uma rede com um grande número de usuários terá seu custo reduzido, devido à redução do número de conexões físicas, mesmo com o custo elevado dos equipamentos de comutação, conforme ilustrado na Figura 3.

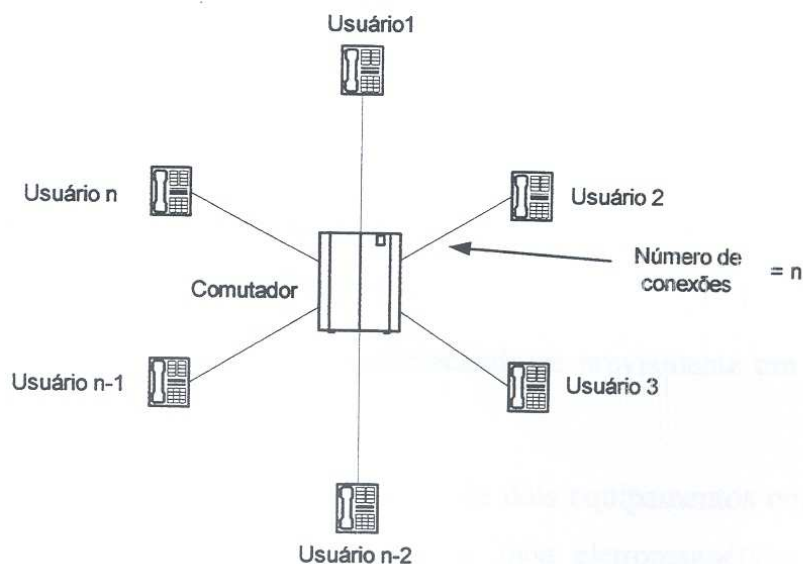


Figura 3 – Número de conexões entre n usuários usando um comutador (switch)

O custo de uma rede de telecomunicação não depende exclusivamente do número de conexões, mas também da distância entre tais conexões. Por esta razão, existem dois

tipos diferentes de conexões: linhas de acesso entre usuários e comutadores; e conexões de link entre comutadores na rede, conforme mostra a figura Figura 4.

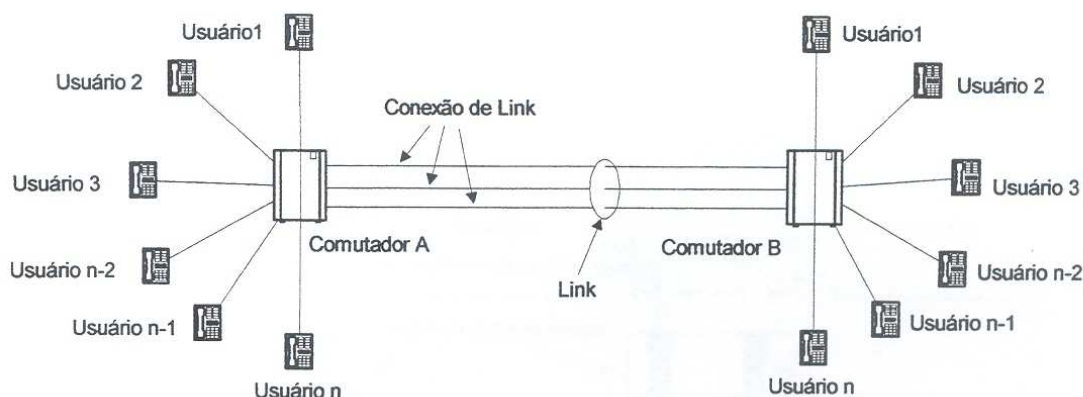


Figura 4 – Modelo de conexão para dois grupos de usuários separados geograficamente

Os comutadores são introduzidos para permitir economia de recursos em redes de telecomunicações em larga-escala; sendo conectados entre si por conexões de *link*. Uma conexão de *link* é única e sua banda passante, ou largura de banda, é determinada de acordo com a demanda de tráfego entre os comutadores.

A concatenação de conexões de *link*, passando por vários elementos de rede, é chamado de caminho. [SATO96]

Para a ligação física entre os comutadores, podem ser utilizados vários meios físicos de transmissão, como por exemplo fibra ótica ou microondas. O caminho é fundamentalmente lógico, e a sua topologia pode ser diferente da rede de transmissão física; contudo, depende da demanda de tráfego entre os comutadores e das condições físicas e geográficas da rede (ver Figura 5).

O transporte de informação é feito estabelecendo-se previamente um caminho na rede com capacidade adequada.

Conforme mostrado na Figura 5, a conexão de dois equipamentos comutadores é feita por um elemento físico (pode ser cabo ou onda eletromagnética). É chamado de caminho de alta ordem a conexão de link de maior capacidade de banda, isto é, maior taxa de transmissão. Para uma taxa de transmissão menor dá-se o nome de caminho de baixa ordem. Em cada um destes caminhos há uma compatibilidade de taxas de transmissão entre os comutadores. Finalmente, dentro dos caminhos de mais baixa

ordem estão alocados os circuitos de dados. À esse encapsulamento de taxas de transmissão dá-se o nome de estrutura hierárquica de transmissão. [SATO96]

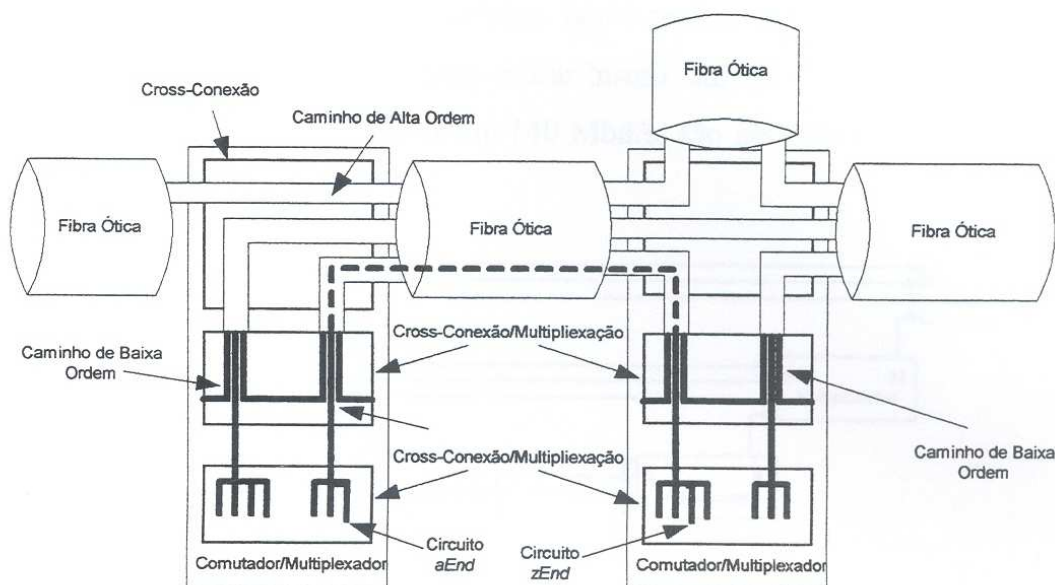


Figura 5 – Esquema de estrutura hierárquica transmissão

2.2 Evolução tecnológica de redes de transporte digital

Hierarquias digitais

A hierarquia digital é o modo com que uma determinada arquitetura proposta para redes de telecomunicações realiza a adequação a diferentes taxas de transmissão utilizadas, isto é, como ela adapta a transmissão de *frames* (quadros ou pacotes) de dados em diferentes velocidades.

2.2.1 Hierarquia digital plesiócrons

As redes instaladas antes dos anos noventa são baseadas na Hierarquia Digital Plesiócrons (*Plesiochronous Digital Hierarchy* – PDH). Em redes PDH, a taxa de bits dos circuitos que podem atender diretamente um usuário da rede (denominado tributário¹), pode ser contratada em um limite determinado de velocidade de transmissão. [SATO96]

¹ Denominação de uma extremidade do circuito de transporte de dados que atende o cliente – instalado nas dependências do usuário.

Entretanto o que caracteriza a rede digital plesiócrona é a não sincronização dos *frames* nos equipamentos de multiplexação, o que implica na necessidade de sincronização individual de cada conjunto de tributários. Isto é realizado recursivamente a cada etapa de multiplexação. Por exemplo, para retirar/inserir um sinal de 2.048 Mbits/s de uma rede PDH que tenha capacidade de até 140 Mbit/s, são necessárias três multiplexações, conforme mostra a Figura 6.

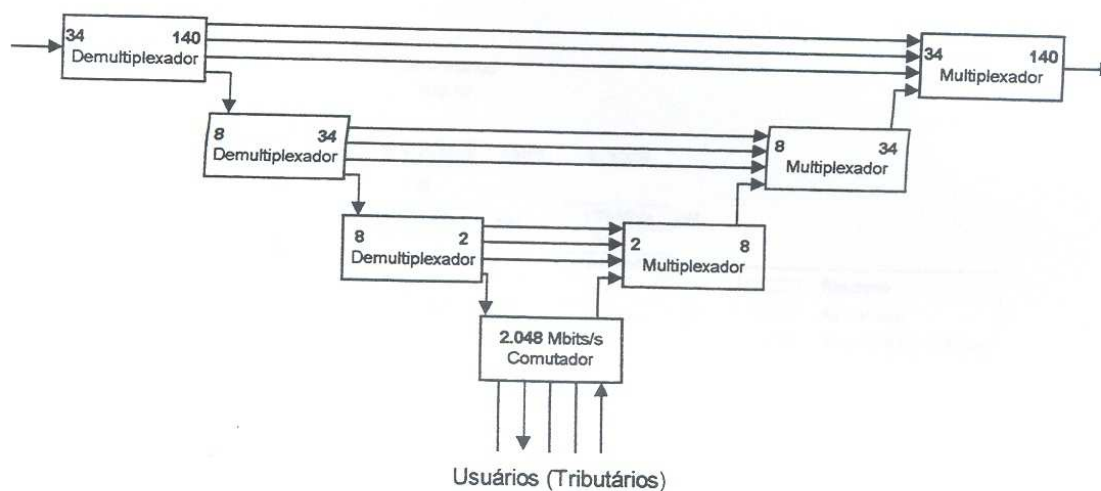


Figura 6 – Inserção e retirada de quadros na rede PDH

Para ilustrar os problemas gerados por estas limitações vamos apresentar alguns exemplos:

- Ao acessar um sinal de 140 Mbit/s para roteamento ou teste, é necessário que toda a estrutura do sinal seja demultiplexada. Isto significa um grande processamento extra, o que causa ineficiência;
- Não há visibilidade direta de tributários em um sinal multiplexado;
- É necessário a multiplexação e demultiplexação velocidade após velocidade dentro da hierarquia;
- O emprego de multiplexação *bit-a-bit* ao invés de *byte-a-byte*;
- Diversidade de sinais de sincronismo dificultando a interoperação das redes.

Duas dificuldades importantes são ressaltadas, a primeira é que as redes PDH foram projetadas com a capacidade de manutenção e gerência limitada, e só é possível sua gerência com relativa carga adicional de tráfego na rede. A segunda é a não existência

de um padrão mundial, de tal forma que nem mesmo a conectividade entre equipamentos de fabricantes diferentes seja suportada.

Da falta de um padrão mundial resulta que a hierarquia digital plesiócrona possui diferentes padrões de transmissão em alguns países ou continentes, como mostrado na Figura 7, que ilustra as diferentes taxas praticadas por Japão, América do Norte e Europa.

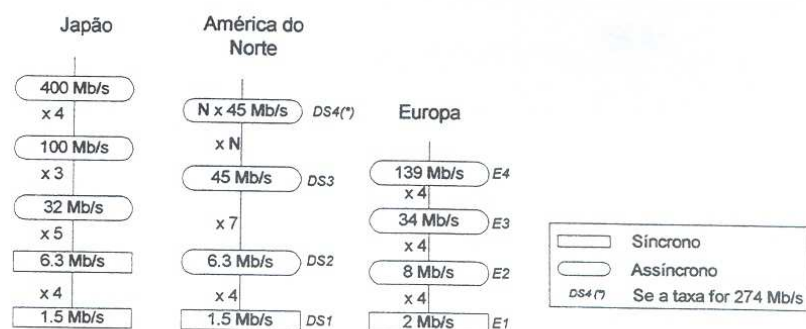


Figura 7 – Hierarquia Digital Plesiócrona (PDH)

Em todos os diferentes padrões acima, podemos compor o nível mais baixo (1.5 Mbit/s e 2 Mbit/s) com velocidades de transferências menores, que são chamadas de baixas taxas.

2.2.2 Hierarquia digital síncrona

Nas redes digitais síncronas (*Synchronous Digital Hierarchy*), a multiplexação e demultiplexação direta dos *frames* pode ser realizada facilmente por qualquer dispositivo na rede. Em redes SDH pode-se multiplexar/demultiplexar *frames* de modo direto sem ter que trabalhar o *frame* por completo como no caso PDH, devido ao sincronismo preciso entre os equipamentos. Isto é mostrado na Figura 8.

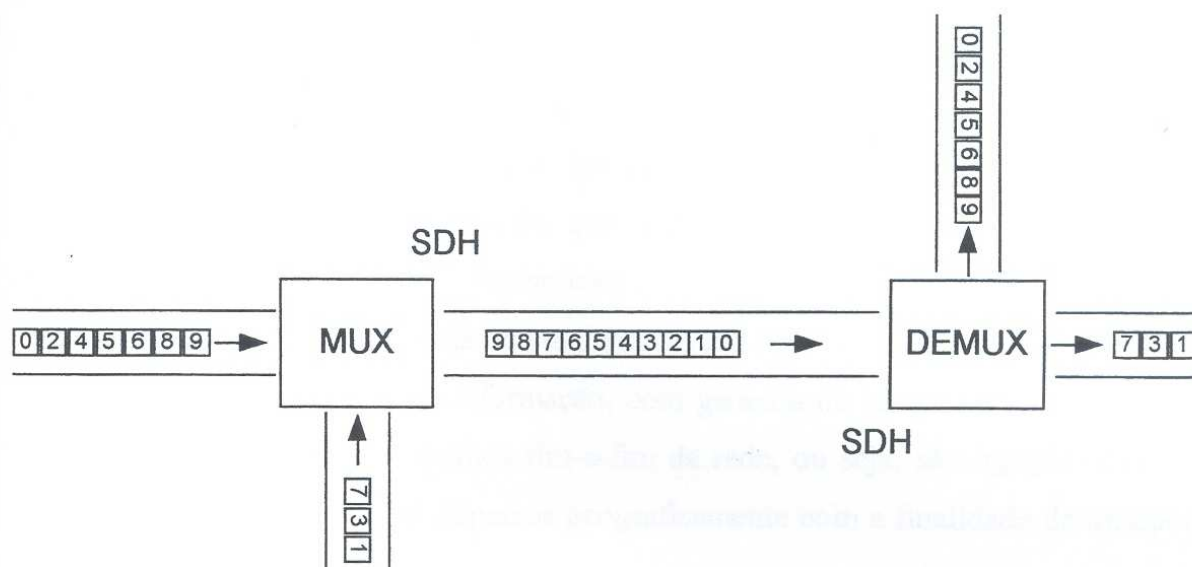


Figura 8 – Característica básica de redes SDH

É possível realizar qualquer multiplexação em sinais com baixas taxas de velocidade, logo, as funções de cross-conexão digital e monitoração da transmissão de *frames* são mais simples de se implementar.

Uma rede de telecomunicações, baseada em tecnologia SDH, pode ser manipulada como um conjunto de circuitos digitais. Funções de rede complexas podem ser implementadas de modo mais fácil. Algumas características de rede SDH são apresentadas a seguir:

- Um padrão mundial permite criar uma infra-estrutura unificada de rede de telecomunicações, interconectando equipamentos de rede de diferentes fabricantes. O primeiro nível da hierarquia digital síncrona é 155,520 Mbit/s e as taxas subsequentes são múltiplas de valores inteiros: 1, 4, 16, 64, ... ;
- A multiplexação/demultiplexação direta é possível, isto é, um *frame* de um usuário pode ser diretamente multiplexado/demultiplexado em ou a partir de *frames* de transmissão com taxa mais elevada, melhorando a relação custo/eficiência e a flexibilidade da rede;
- Foram projetadas para conter funções de gerência sofisticadas com um menor uso da rede para tráfego de informações de gerência;
- O conceito de rede de transporte em camadas (SDH) é efetivamente implementado, conforme explicado a seguir; [G.803]

- O *frame* ou quadro de dados é chamado de sinal em redes SDH.

As redes SDH são organizadas em camadas, conforme mostrado na Figura 9, a camada de meio físico é a responsável pela transmissão de sinal elétrico, ótico ou ondas eletromagnéticas; a camada de seção, que juntamente com a camada de meio físico forma a camada de meio de transmissão, é a responsável pela multiplexação e regeneração de sinais. A camada de caminho (subdividida em baixa e alta ordem), é a responsável pelo transporte da informação, com garantia de integridade. A camada de circuitos envolve todos os circuitos fim-a-fim da rede, ou seja, são ligações entre um ponto *aEnd* e um ponto *zEnd* dispersos geograficamente com a finalidade de transporte de dados.

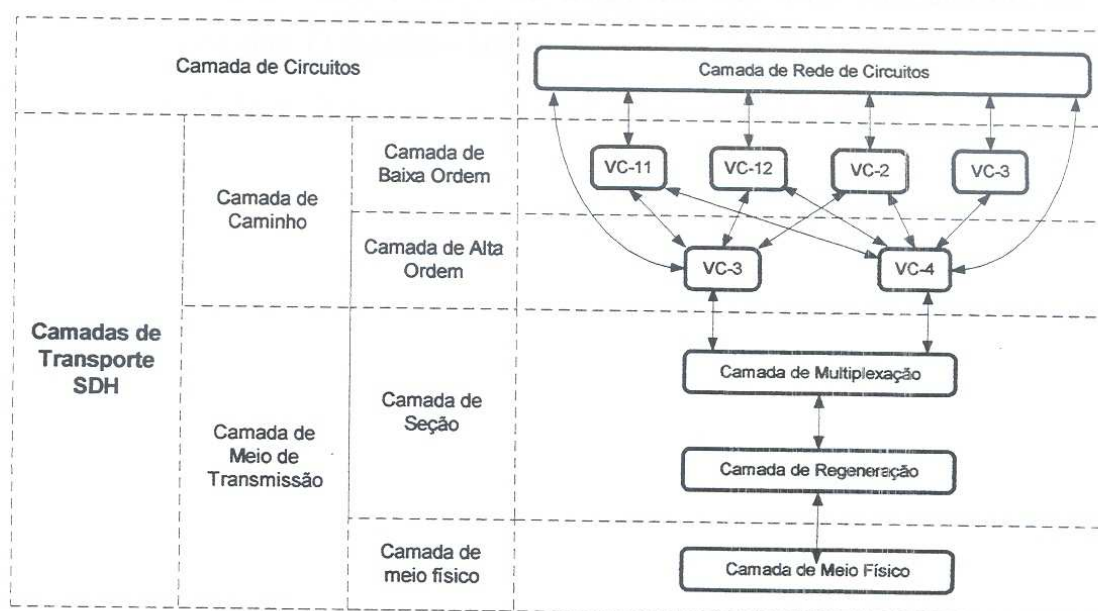


Figura 9 – Modelo em Camadas de uma rede

Diferentemente das redes com arquitetura PDH, a hierarquia digital síncrona permite uma padronização de inter-operação entre redes de fabricantes diferentes por todo o globo e pode ser representada pelas seguintes taxas de utilização, conforme a Figura 10 a seguir:

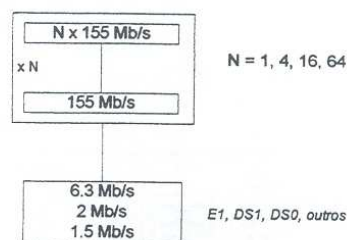


Figura 10 – Hierarquia Digital Síncrona (SDH)

2.3 Arquitetura de redes de transporte

A estrutura hierárquica de uma rede de transporte tem seus pressupostos em uma arquitetura em camadas. O requisito principal associado a esta estruturação em camadas é a flexibilidade da rede, que deve se adaptar a diferentes requisitos de serviços.

A arquitetura de redes de transporte deve satisfazer o requisito acima e ser capaz de atender a uma gama de conexões de diferentes larguras de banda, constituindo a base da funcionalidade de uma rede. A rede de transporte pode ser apresentada em camadas de acordo com a funcionalidade associada a cada uma delas. Isto simplifica o projeto, desenvolvimento e operação da rede e ainda, permite evolução para atender novas funcionalidades. O conceito de rede em camadas também facilita o desenvolvimento independente de novas funcionalidades que possam suportar ou ser suportadas por outras camadas da rede. Tal conceito tem sido discutido amplamente pelo ITU-T, especificamente, para redes de transporte SDH. [G.707]

A Figura 11 a seguir mostra a estrutura simplificada de camadas para uma rede pública de telecomunicações². Compreende uma camada de serviço de rede e uma camada de transporte. A camada de serviços de rede consiste dos diferentes serviços de comunicação de dados que podem ser ofertados. A camada de transporte, que é implementada com caminhos e com o meio físico de transmissão, é independente do serviço de transporte.

² Embora as redes de telecomunicações sejam propriedade de empresas não-estatais, ainda são chamadas de redes públicas pelo fato de tais empresas possuírem a concessão de venda de serviços de telecomunicações.

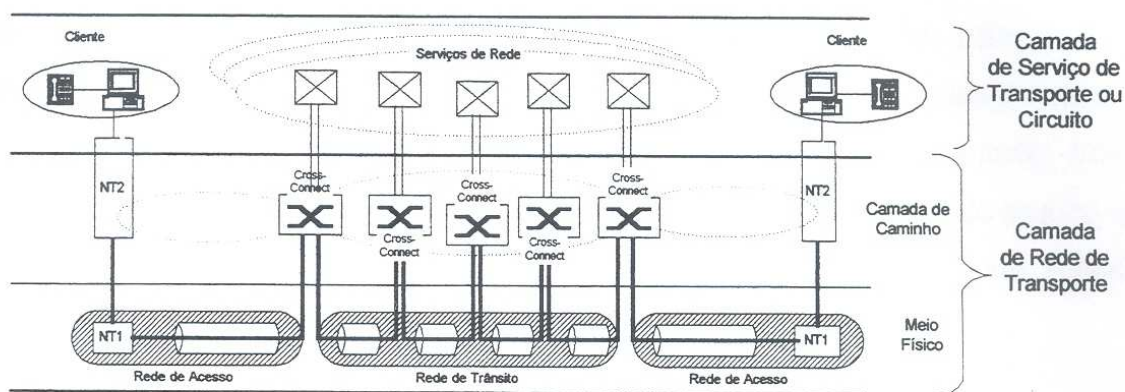


Figura 11 – Arquitetura em camadas de um rede pública de telecomunicações

A operação, administração e manutenção destas camadas é realizada por sistemas de gerência, e estes sistemas devem trabalhar cooperativamente integrando as diversas camadas de rede.

Um circuito é uma conexão fim-a-fim estabelecida na rede de telecomunicações a partir de um caminho disponível existente. Para que este caminho esteja disponível são necessários algumas construções e configurações prévias: Primeiramente são provisionadas as conexões físicas entre os equipamentos (cabos, antenas, transmissores, receptores); Posteriormente são configurados os caminhos de mais alta ordem, que permitem que toda a capacidade de banda do meio físico seja utilizada; Em seguida, são configurados os serviços de mais baixa ordem, que são taxas de transmissão menores e que são multiplexadas no momento de transmissão pelo caminho de mais alta ordem; Sobre os caminhos de baixa ordem são definidos os circuitos, também multiplexados dentro dos caminhos de baixa ordem.

A camada de circuito é dedicada a serviços específicos tais como, serviço de telefonia pública comutado, serviço de comunicação de dados por pacotes, serviço de *frame relay*, entre outros. A camada de caminho estabelece uma ponte entre a camada de circuitos e o meio físico, e tem um papel importante na construção de redes flexíveis. A camada de caminho provê uma plataforma de transporte de informações comum, servindo como suporte para circuitos de redes diferentes e dependentes do serviço. A camada de meio de transmissão ou meio físico conecta os elementos de rede.

A recuperação de falha da rede, ou serviço de proteção, pode ser alcançada na camada de caminho com a implementação de técnicas de re-roteamento ou auto-recuperação. As

funcionalidades da camada de caminho podem ser realizadas por equipamentos multiplexadores com inteligência, por equipamentos com matriz de comutação (*cross-connect*) e por sistemas de controle. Por exemplo, em sistemas de transmissão SDH, configurado em anel, caso haja uma falha de transmissão em um determinado sentido no anel, o próprio equipamento (comutador) passa a utilizar o caminho em sentido contrário, sem a interrupção do serviço prestado.

2.4 Arquitetura funcional de redes de transporte

As várias funções que constituem uma rede de telecomunicações podem ser classificadas em dois grandes grupos funcionais. Um deles é o grupo funcional de transporte que contém as funções de transferência de qualquer informação de telecomunicações de um ponto a outro. O outro é o grupo funcional de controle que possibilita as funções de manutenção.

Uma rede de transporte transfere informação de usuário de um ponto para outro bidirecionalmente ou unidirecionalmente. A rede de transporte também pode transferir vários tipos de informações de controle tais como sinalizações e informação de manutenção para o grupo funcional de controle.

Considerando que a rede de transporte é uma rede complexa, com vários componentes, um modelo de informação de rede apropriado com entidades funcionais bem definidas é essencial para seu projeto e gerência. O modelo de informação tem por objetivo descrever as associações entre os pontos da rede. Entretanto, os conceitos de multiplexação e roteamento que permitem que as associações ocorram em um modelo topológico complexo, se repete a cada hierarquia de multiplexação. Por esta razão foi criado um modelo de informação de rede de transporte baseado nos conceitos de camadas e particionamento, que é reutilizado no interior de cada camada de um modo recursivo, permitindo o tratamento da complexidade topológica e das múltiplas hierarquias de taxas de transmissão. A arquitetura funcional é dividida em: componentes arquiteturais e particionamento/subdivisão da rede em camadas.

2.4.1 Componentes arquiteturais

Para construção do modelo, a rede de transporte foi analisada de modo a se identificar funcionalidades genéricas que fossem independentes da tecnologia de implementação. O objetivo era prover um meio para descrever a funcionalidade de rede de um modo abstrato, em termos de um número pequeno de componentes arquiteturais. Estes são definidos pela função que executam em termos da informação que processam ou pelas relações que eles descrevem com outros componentes arquiteturais. A função básica da rede de transporte é processar as informações providas de uma origem (*aEnd*) qualquer e levá-las para um destino (*zEnd*) qualquer. As funções são definidas e caracterizadas pelo tipo de informação que processam.

Os componentes arquiteturais devem poder ser associados de modo a compor os elementos dos quais são constituídas as redes. São divididos em três categorias básicas: componentes topológicos, entidades de transporte e funções de processamento.

2.4.1.1 Componentes topológicos

Os componentes topológicos provêem uma descrição abstrata da rede, em termos dos relacionamentos topológicos entre conjuntos de pontos de referência. Um ponto de referência é um conceito geral para a denominação de uma entidade de representação pontual, mas com funções e atribuições bem definidas. Sete componentes topológicos se distinguem: camada de rede, subrede, *link*, ponto de conexão e porta, ponto de acesso, grupo de acesso e ponto de terminação.

2.4.1.1.1 Camada de rede

Uma camada de rede é definida pelo conjunto de pontos de acesso que estão disponíveis e podem ser associados com a finalidade de transferir informação característica.

A informação característica é a informação que é transportada na rede através de qualquer um dos pontos de acesso. É um sinal com uma taxa de transmissão específica e um formato predeterminado que é transferido entre as redes e sub-redes sendo apresentado através de funções de adaptação para que seja acessado através de pontos de acesso. [PERICAS00].

A camada de rede e o seu particionamento em subredes permite que a rede seja descrita em diversos níveis, capturando a possibilidade de composição de caminhos de acesso de alta ordem, a partir de caminhos de acesso de baixa ordem, e a composição destes últimos a partir de circuitos.

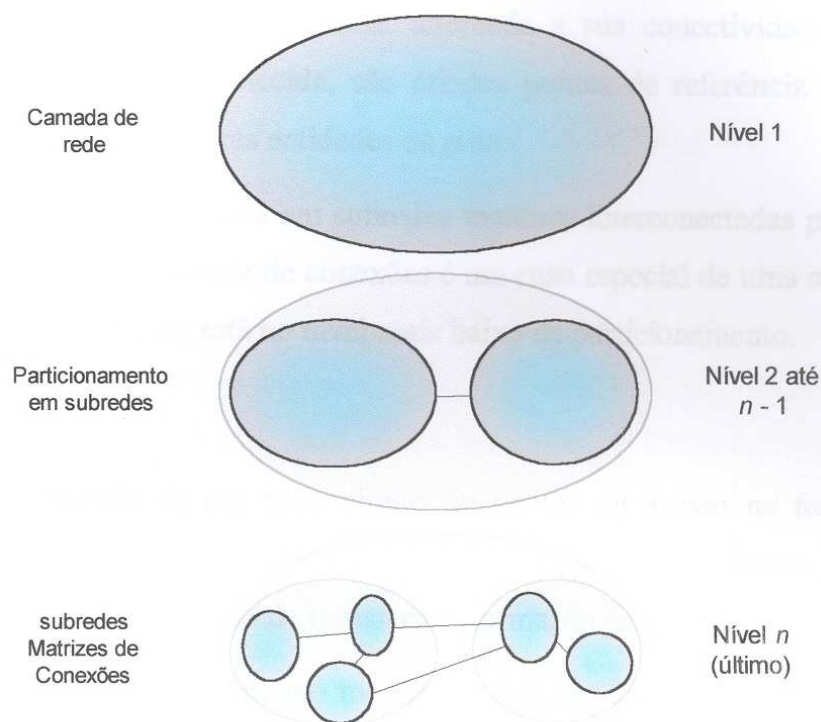


Figura 12 – Particionamento de subredes

A Figura 12 mostra a camada de rede de nível um, onde todos os elementos, portas, *links* e outros recursos são abstraídos. Nos níveis 2 até o nível $n-1$ temos o particionamento em subredes; no exemplo, duas subredes conectadas por um link. No nível n , último nível de particionamento tem-se as matrizes de conexões dos elementos de rede. [AF-NM-0058]

Usando estes componentes é possível descrever de forma completa a topologia lógica de uma camada de rede, como veremos mais detalhadamente a seguir.

A topologia de uma camada de rede é descrita por grupos de acesso, subredes e os *links* entre eles. As estruturas dentro e entre as camadas de redes são descritas pelos componentes definidos a seguir.

2.4.1.1.2 Subrede

Uma subrede é definida recursivamente pelo conjunto de pontos de acesso que estão disponíveis e podem ser associados com a finalidade de transferir informação característica. Podem ser feitas e desfeitas associações entre os pontos de acesso de uma subrede, por um processo de gerência, alterando a sua conectividade. Quando uma conexão de subrede é estabelecida, são criados pontos de referência para permitir a conexão desta subrede a outras entidades da rede.

Uma subrede pode ser dividida em subredes menores interconectadas por conexões de *links* (ver Figura 14); A matriz de conexões é um caso especial de uma subrede que não pode ser subdividida, pois está no nível mais baixo de particionamento.

2.4.1.1.3 Links

Um *link* é a conexão de um subconjunto de pontos de acesso na fronteira de uma subrede que estão associados com um subconjunto de pontos de acesso na fronteira de outra subrede, com a finalidade de transferir informação característica.

O *link* representa o relacionamento topológico e a capacidade de transporte existente entre um par de subredes, ou uma subrede e um grupo de acesso, ou um par de grupos de acesso. Podem existir múltiplos *links* entre quaisquer subredes determinadas e grupos de acesso, pares de subredes ou grupos de acesso. *Links* são estabelecidos e mantidos pela camada de rede servidora (ver item 2.4.2).

2.4.1.1.4 Ponto de Conexão e Porta

Porta é um conceito geral que representa a capacidade de conexão de um ponto no elemento de rede. No modelo de informação é chamada de ponto de conexão. Tal ponto de conexão recebe uma denominação específica de acordo com as entidades que conecta (Ponto de Terminação de *Trail*, Ponto de Terminação de Conexão, Ponto de Acesso).

2.4.1.1.5 Ponto de Acesso

O ponto de acesso é uma porta que esteja associada a conexões de *link* ou a terminação de um *trail*. Exemplo, a matriz de conexões possui várias portas, mas uma ou mais portas serão denominadas pontos de acesso se estas estiverem associadas a conexões de *link* ou terminação de *trail*.

2.4.1.1.6 Grupos de Acesso

O grupo de acesso é um conjunto de pontos de acesso. Os pontos de acesso são agrupados para fins de gerência.

2.4.1.1.7 Ponto de Terminação

Ponto de terminação é uma denominação atribuída a um ponto de acesso quando este encerra uma conexão ou *trail*. Tem-se então as denominações: ponto de terminação de conexão (*CTP*) e ponto de terminação de *trail* (*TTP*).

Na visão de rede estes pontos de terminação receberam o prefixo *Network (NW)* para diferenciá-los de pontos de terminação à nível de elemento de rede. Esta nomenclatura é adotada pelo I-ETS na Recomendação I-ETS 653 e será também adotada neste trabalho. Portanto, *NWCTP* fica definido como sendo um ponto de terminação de conexão (de rede) e *NWTTP* é um ponto de terminação de *trail* (de rede). De modo geral os pontos de terminação são definidos como *NWTPs* (pontos de terminação à nível de rede).

2.4.1.2 Entidades de transporte

As entidades de transporte modelam elementos da rede que realizam a transferência de informação entre os diversos pontos na camada de rede. Não há nenhuma mudança na informação introduzida ou produzida por tais entidades.

O modelo de informação define duas entidades básicas, uma para representar elementos que não monitoram a integridade da informação transferida e a outra para representar os elementos que monitoram a integridade da informação transferida. São as conexões (subdivididas em conexões de *link* e conexões de subrede) e os *trails*.

2.4.1.2.1 Conexão de Link

Uma conexão de *link* é formada por um *link* e seus pontos de terminação de conexão, denominados CTPs (*Connection Termination Points*). Ela é responsável por transmitir a informação característica de forma transparente através do *link* entre dois pontos de terminação de conexão (ver Figura 13). No caso de uma conexão de *link* na fronteira de uma camada de rede, ela transmite a informação característica entre um ponto de terminação de conexão e um ponto de terminação de *trail*.

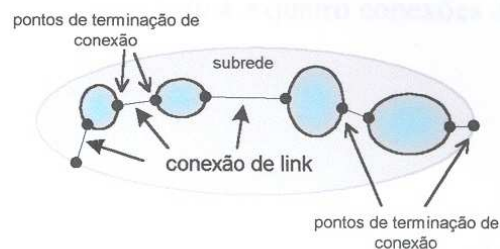


Figura 13 – Conexão de link

A Figura 13 mostra várias conexões de *link*. É observado que cada conexão de *link* liga pontos de terminação de conexão dentro e na fronteira da subrede. Os pontos de terminação de conexão na fronteira da subrede são também denominados pontos de acesso.

2.4.1.2.2 Conexão de Subrede

Uma conexão de subrede transfere a informação através de uma subrede de modo transparente. É delimitada por pontos de conexão no limite da subrede.

As conexões de subrede são construídas a partir da concatenação de conexões de *link* e de conexões de subrede de forma recursiva. Ou seja, tem-se conexões de subrede sendo formadas por *links* e conexões de subrede em um nível mais granular, sendo este processo recursivo até o nível da matriz de conexões de um elemento de rede.

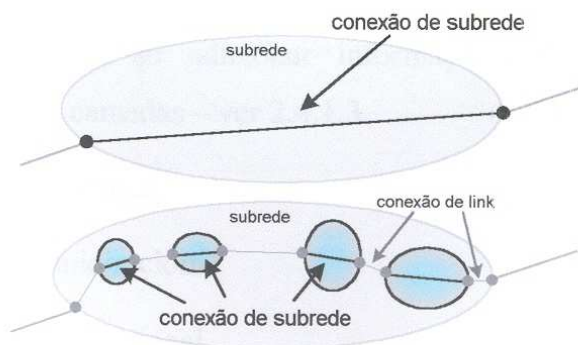


Figura 14 – Conexão de subrede

Conforme observado na Figura 14, em sua parte superior, a conexão de subrede liga dois pontos de conexão na fronteira de sua própria subrede. De modo recursivo, na parte

inferior, temos a mesma conexão de subrede composta por conexões de subrede em níveis mais baixos (cinco conexões de *link* e quatro conexões de subrede).

2.4.1.2.3 Trail

Um *trail* é a entidade de transporte com responsabilidade pela integridade da transferência da informação característica entre duas camadas da rede. O *trail* delimitado por dois pontos de acesso que recebem a denominação de pontos de terminação de *trail*. A Figura 15 ilustra o conceito de *trail*, e mais adiante no item 2.4.2.2, a Figura 18 irá mostrar o *trail* percorrendo duas camadas.

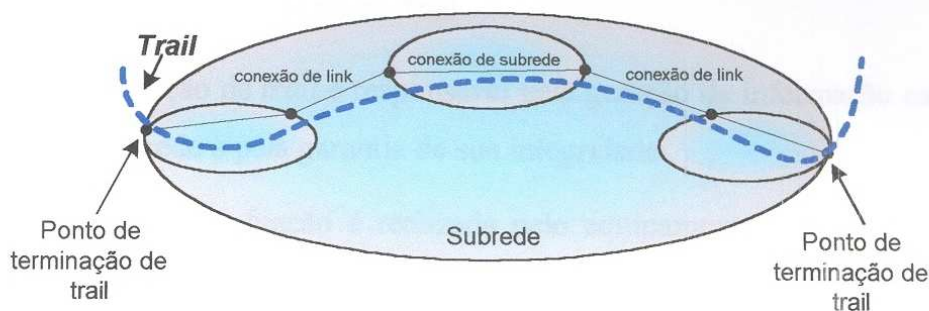


Figura 15 – Trail

O *Trail* é formado pela concatenação de várias conexões de subrede e conexões de link, acrescidas de pontos de terminação de *trail* onde estão as funções de processamento e transporte. As funções de processamento e transporte são responsáveis por monitorar a integridade da transferência ao adicionar informações, adaptando a informação característica entre as duas camadas – ver 2.4.1.3.

Os tipos de *Trail* são os seguintes:

- ponto a ponto unidirecional
- ponto a ponto bidirecional
- ponto multi-ponto unidirecional
- ponto multi-ponto bidirecional
- *multicast* unidirecional
- *multicast* bidirecional

- *broadcast* unidirecional
- *broadcast* bidirecional
- *conference*

As funções de terminação de *trail*, denominadas funções de processamento e transporte, são consideradas parte integrante dos *trails*.

2.4.1.3 Funções de processamento e transporte

Duas funções genéricas de terminação e adaptação de *trail* são diferenciadas descrevendo a arquitetura das camadas de rede.

2.4.1.3.1 Função de Terminação de Trail

A função de terminação de *trail* é responsável pela geração da informação característica de uma camada de rede e pela garantia de sua integridade.

Em termos práticos, esta função é realizada pelo equipamento de terminação de rede que verifica se os dados estão corretos, a partir de informações anexadas no início e final do sinal (*overhead* do *frame*). Também elimina este *overhead* entregando somente os dados transportados.

Conforme mostrado na Figura 16, a função de terminação de *trail* é delimitada por dois pontos de terminação de *trail*. Se a função trata da terminação de *trail* na origem o ponto é denominado *TTPSource* (*Trail Termination Point Source*); se a função trata da terminação de *trail* no destino o ponto é denominado *TTPSink* (*Trail Termination Point Sink*); e, se a função trata a terminação de *trail* como origem e destino simultaneamente, o ponto é denominado *TTPBidirectional*.

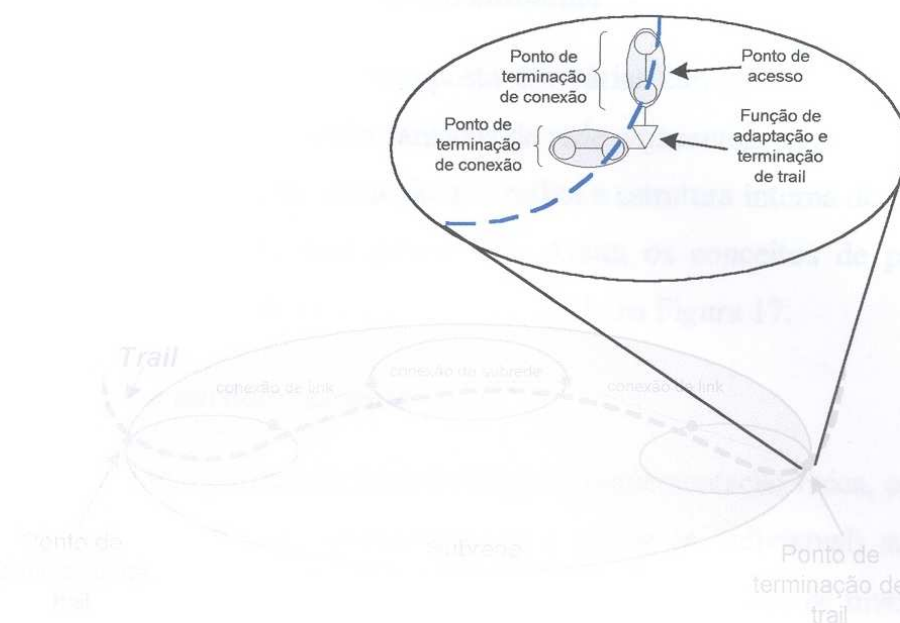


Figura 16 – Funções de terminação e adaptação de trail

2.4.1.3.2 Função de Adaptação de Trail

A função de adaptação é responsável pela adaptação de uma camada servidora às necessidades de uma camada de rede cliente. Isto pode ser observado na Figura 16.

Na Figura 9 vimos o conceito de camada, que será retomado em 2.4.2. Um conceito importante que se relaciona ao *trail*, é que existe a necessidade de adaptação do sinal (informação característica) no limite entre as duas camadas.

Em termos práticos, esta função é realizada por um equipamento de multiplexação que insere nos dados originais um *overhead* para verificações posteriores no outro extremo da conexão. Este equipamento também multiplexa/demultiplexa os sinais adequando-os às taxas de transmissão suportadas pelo segmento da rede em questão.

Adaptação (Source): Uma função de processamento de transporte que adapta informação característica da camada de rede cliente em uma forma satisfatória para transporte sobre um *trail* na camada de rede servidora.

Adaptação (Sink): Uma função de processamento de transporte que converte o *trail* na camada servidora, na informação característica da camada de rede cliente.

2.4.2 Particionamento e subdivisão em camadas

Uma rede de transporte pode ser decomposta em várias camadas independentes, com uma associação cliente/servidor entre camadas de rede adjacentes. Cada camada de rede pode ser dividida separadamente de modo que reflita a estrutura interna daquela camada de rede ou o modo que esta será gerenciada. Assim os conceitos de particionar e subdividir em camadas são ortogonais, como mostrado na Figura 17.

2.4.2.1 Conceito de particionamento

Em geral uma subrede é construída representando a implementação física, como *links* e subredes, a partir da matriz de conexão que é a menor (e indivisível) subrede. Um conjunto de subredes e *links* pode ser abstraído como uma subrede de nível mais alto. Qualquer subrede pode ser dividida em várias subredes menores (contidas) interconectadas por *links*. O modo no qual as subredes contidas são interconectadas através de *links* descreve a topologia de contenção de subredes.

O conceito de particionamento é importante como uma base para definir:

- a estrutura de rede dentro de uma camada de rede;
- limites administrativos entre operadores de rede que provêm conexões dentro de uma única camada de rede;
- limites de domínio dentro de uma camada de rede de uma única operadora para permitir alcançar os objetivos de desempenho junto aos componentes arquiteturais;
- limites de domínio de caminhos dentro da camada de rede de uma única operadora;
- a parte de uma camada de rede ou subrede que esta sob o controle de uma terceira parte envolvida, para propósitos de roteamento (por exemplo, gerência de rede do cliente).

2.4.2.2 Conceito de camadas

A rede de transporte pode ser decomposta em várias camadas de rede independentes, através de uma relação cliente/servidor entre as camadas de rede adjacentes. Uma

camada de rede descreve a geração, transporte e terminação de uma informação característica particular.

Não devem aqui ser confundidas as camadas de rede, que são identificadas no modelo funcional de rede de transporte, com as camadas do modelo OSI, Recomendação X.200[X.200]. Uma camada OSI oferece um serviço específico utilizando um protocolo qualquer dentre os vários existentes. Ao contrário, a cada camada de rede descrita na G.805, oferece o mesmo serviço usando um protocolo específico (a informação característica).[X.200][G.805]

A relação entre particionamento e camadas de rede é ilustrado na Figura 17. O conceito de camadas, mostrado no lado esquerdo da figura permite dividir a rede em Camada de Rede de Meio de Transmissão, Camada de Rede de Caminho e Camada de Rede de Circuito. Por outro lado, mostrado no lado direito da Figura 17, o conceito de particionamento da rede permite dividir cada uma das camadas citadas em subredes e link entre estas subredes.

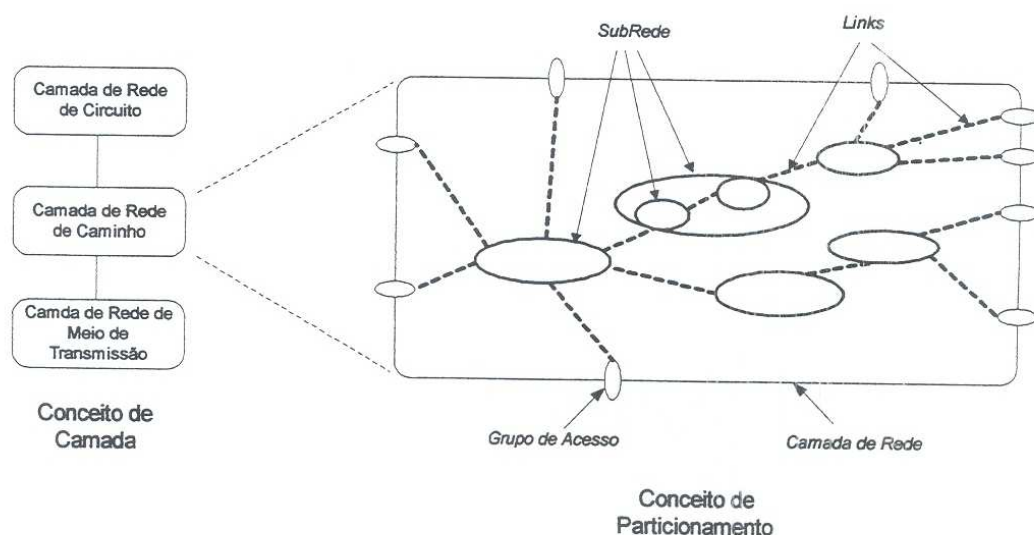


Figura 17 – Visão Ortogonal de Camadas e Particionamento de Rede

O conceito de camadas de rede de transporte permite:

- cada camada de rede ser descrita usando funções similares;
- o projeto e operação independente de cada camada de rede;

- cada camada de rede deve ter suas próprias capacidades de operação, diagnóstico e recuperação automática de falhas;
- a possibilidade de adicionar ou modificar uma camada de rede sem afetar outras camadas de rede, do ponto de vista arquitetural;
- modelagem mais simplificada de redes que contêm múltiplas tecnologias de transporte.

2.4.2.2.1 Relação Cliente/Servidor

A relação cliente/servidor entre as camadas de rede adjacentes é tal que uma conexão de *link* na camada de rede cliente é suportada por um *trail* na camada de rede servidora, conforme mostrado na Figura 18.

Um caso particular é quando o *trail* é o circuito fornecido ao usuário, neste caso o mesmo só apresenta ponto de terminação de *trail* (pois não há adaptação para outra camada).

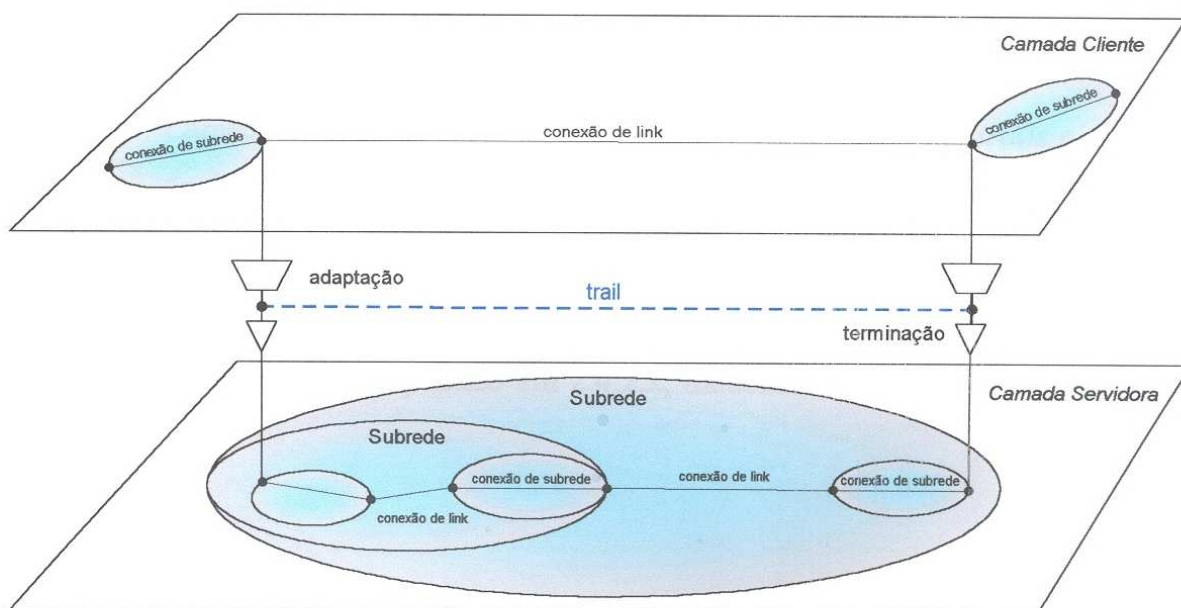


Figura 18 – Relacionamento entre camadas cliente/servidor

Conforme dito anteriormente o *trail* inclui as funções de adaptação e terminação de *trail* para processamento e transporte da informação característica.

O conceito de adaptação é introduzido para descrever como a informação característica na camada de rede cliente é modificada de forma que possa ser transportada sobre um *trail* na camada de rede servidora.

2.4.2.2.2 Camadas da Rede

Conforme visto na Figura 9, o modelo em camadas de um rede é dividido em Camada de Rede de Transporte e Camada de Circuitos.

A Camada de Circuitos provê o acesso aos dados, pelas aplicações que fazem uso da rede. É nesta camada que estão modelados os serviços do usuário e cada circuito recebe a denominação de tributário.

A Camada de Rede de Transporte pode ser dividida em duas camadas: uma camada de rede de caminho e uma camada de rede de meio de transmissão.

- Camada de rede de caminho - provê a capacidade de transferência de informação sendo necessária para suportar os vários tipos de serviços existentes. Camadas de rede de caminho são independentes das camadas de redes de meio de transmissão.
- Camada de rede de meio de transmissão - é suportado por *trails* e conexões de *link*, e não são providas conexões de subrede. Uma camada de rede de meio de transmissão pode ser dependente do meio físico utilizado para transmissão tais como fibra ótica e rádio.

Estas camadas, conforme explicado em 2.4.2.2, modelam os serviços de comunicação de dados.

3 GERÊNCIA E CONFIGURAÇÃO DE REDES DE TRANSPORTE

3.1 Gerência de redes de telecomunicações

A gerência de redes pode ser conceituada como a coordenação de recursos materiais e lógicos, fisicamente distribuídos na rede. Isto é, gerenciar uma rede envolve monitorar e controlar recursos assegurando, na medida do possível, confiabilidade, flexibilidade, acessibilidade garantindo a Qualidade de Serviço (QoS) para os usuários da mesma.

A necessidade de qualidade, a diversificação e a complexidade cada vez maior destes serviços implica em uma necessidade tão vital quanto o próprio serviço, que é a gerência destes serviços.

Dentro do conceito de gerenciamento de redes de telecomunicações, começaram a surgir alguns sistemas de gerência específicos para cada situação. Por exemplo, o sistema de supervisão de falhas, o sistema de configuração da rede, o sistema de controle de tráfego da rede e o sistema de gerência de desempenho. De modo geral, estes sistemas foram desenvolvidos para atender a determinados fabricantes de equipamentos, sendo chamados sistemas de gerência de redes proprietários.

3.1.1 Gerência de redes proprietárias

A Figura 19 a seguir mostra que podemos ter vários equipamentos, como centrais telefônicas, de fabricantes diferentes, interligadas entre si e cada uma com o seu sistema de gerência. Os sistemas de telecomunicações de fabricantes diferentes são interoperáveis mas os sistemas de gerência associados a eles não são. Ainda, em alguns casos são vários sistemas de gerência diferentes para um mesmo equipamento de um mesmo fabricante, por exemplo, sistema de gerência de falhas, sistema de gerência de configuração, sistema de gerência de tráfego.

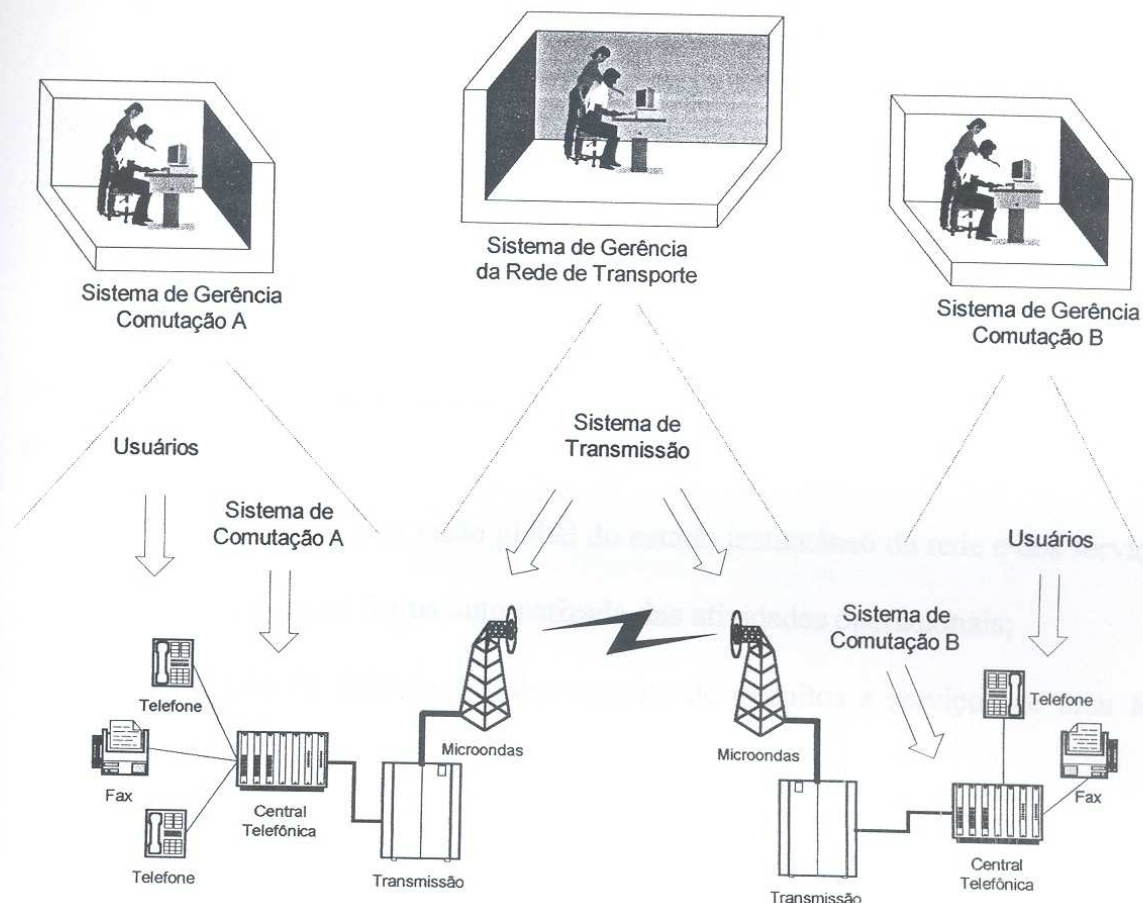


Figura 19 – Sistemas de Gerência de Rede e redes gerenciadas

Estes tipos de sistemas de gerência trazem alguns problemas para operadoras de telecomunicações, como:

- Impossibilidade de conexão entre sistemas de gerência de diferentes fabricantes devido principalmente, ao uso de interfaces e protocolos não padronizados;
- Multiplicidade de sistemas de gerência: para cada novo tipo de equipamento ou fabricante, é necessário um novo sistema de supervisão específico;

- Multiplicidade de terminais e formas de operação: cada sistema de gerência tem seus próprios terminais e linguagem de comunicação com o operador do sistema;
- Multiplicidade de base de dados: cada sistema de gerência tem sua própria base de dados local, sendo necessário atualizar cada sistema isoladamente, resultando em duplicidades e inconsistências.

Tais fatores acarretam em uma falta de integração entre processos que impossibilita, por exemplo:

- Obtenção de uma visão global do estado instantâneo da rede e dos serviços;
- Integração de forma automatizada das atividades operacionais;
- Difusão de informações dos estados de circuitos e serviços de uma forma ampla;
- Flexibilidade no roteamento da rede;
- Eficiência na operação e manutenção da mesma;
- Controle sobre os recursos da rede.

Algumas conseqüências de tudo isso são: a elevação do índice de falhas não detectadas, o congestionamento da rede e degradação dos serviços, a falta de flexibilidade no roteamento da rede, a impossibilidade de correlacionamento de falhas e a indicação múltipla da mesma falha, a insuficiência dos dados para planejamento e expansão. Tantos motivos levam à perdas de receitas, insatisfação do usuário e desperdício causado pelos custos operacionais e investimentos extras.

3.1.2 Rede de Gerência de Telecomunicações (*Telecommunications Management Network*)

A TMN foi desenvolvida com o propósito de gerenciar redes, serviços e equipamentos heterogêneos, operando sobre os mais diversos fabricantes e tecnologias que já possuem funcionalidade de gerência. Neste contexto a TMN vem propor: “uma arquitetura organizada, possibilitando a integração e interoperabilidade entre vários tipos de sistema de operação e os equipamentos de telecomunicações, utilizando modelos genéricos de

rede para a gerência, modelos genéricos de informações com interfaces e protocolos padronizados”. [M.3010]

Assim, a gerência TMN tenta criar um conjunto de padrões para administradores e fabricantes, utilizados no desenvolvimento e na compra de equipamentos de telecomunicações, e também no projeto da rede de gerência. Considera, também, as redes e os serviços de telecomunicações como um conjunto de sistemas cooperativos e os gerencia de forma harmônica e integrada. O relacionamento entre a TMN e a rede de telecomunicações pode ser observado na Figura 20.

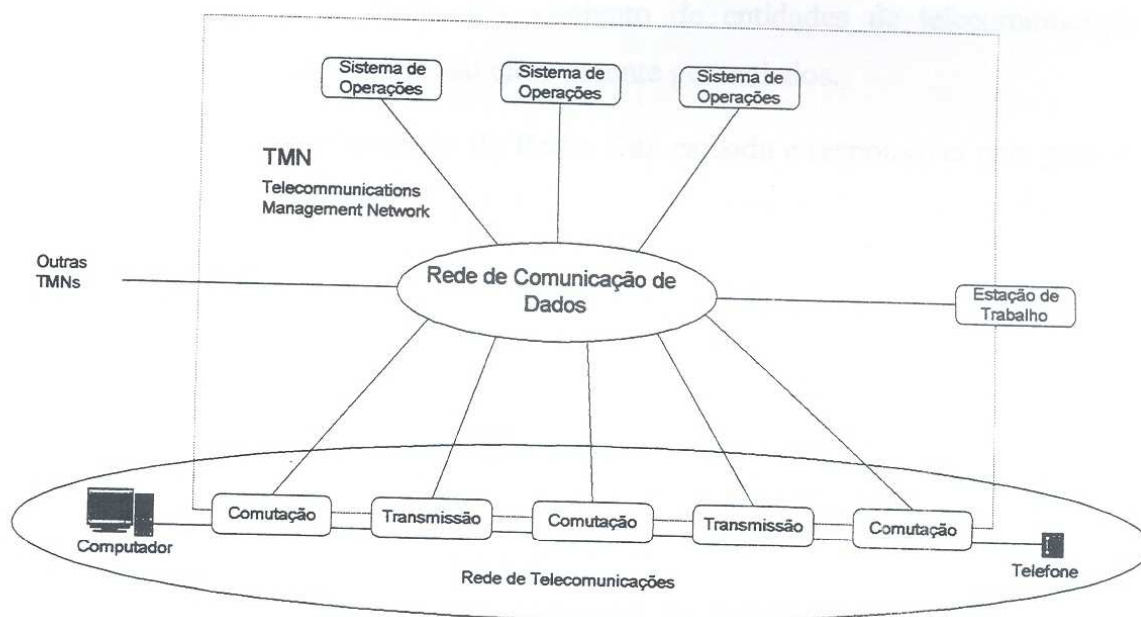


Figura 20 – TMN e a Rede de Telecomunicações

A TMN é, na realidade, uma rede de computadores, mais os sistemas de gerência que neles executam, utilizados para gerenciar uma rede de telecomunicações. Interage com a rede de telecomunicações em vários pontos, através de interfaces padronizadas, podendo utilizar parte da rede de telecomunicações para realizar suas funções.

3.1.2.1 Estrutura funcional

A estrutura funcional proposta pelas normas da TMN consiste em subdividir funcionalmente a gerência em níveis ou camadas que restringem as atividades de gerência contidas nela, mas sendo possível a comunicação direta entre camadas não adjacentes. O formato desta hierarquia é apresentado na Figura 21.

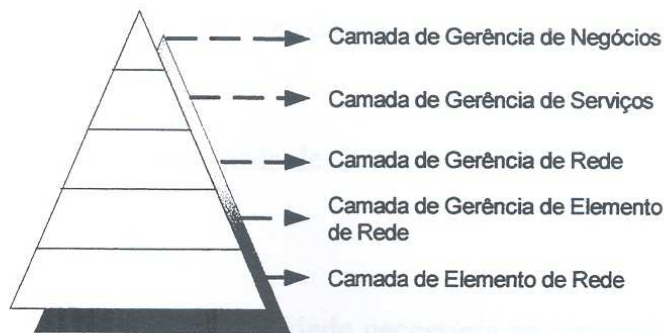


Figura 21 – Hierarquia em Camadas da Gerência de Redes TMN

Camada de Elemento de Rede: é o conjunto de entidades de telecomunicações (equipamentos ou facilidades) que são efetivamente gerenciados.

Camada de Gerência do Elemento de Rede: Esta camada é responsável pela gerência dos elementos de rede e é formada por vários sub-sistemas de gerência. Cada sub-sistema de gerência é responsável por um subconjunto de elementos de rede e tem as funções de:

- Controle e coordenação de um subconjunto de elementos de rede;
- Permitir que a gerência de rede interaja com os elementos de rede;
- Manter armazenados dados diversos dos elementos de rede.

Camada de Gerência de Rede: Tem a função de gerenciar o conjunto de elementos como um todo inter-conectado, devendo em último nível gerenciar as conexões origem ao destino, provendo ao administrador a visão completa e fim-a-fim de cada circuito. As principais funções são: o controle e a coordenação da visão da rede e de todos os elementos de rede dentro do seu domínio; a previsão, cessação ou modificação da capacidade da rede para suportar os serviços aos clientes e a interação com a camada de gerência de serviço.

Camada de Gerência de Serviço: Relaciona os aspectos contratuais dos serviços com os clientes. Suas funções básicas são: a interface com os clientes para transações de serviços; a relação entre os serviços e os negócios da empresa; a relação entre os serviços, clientes e os recursos da rede (circuitos).

Camada de Gerência de Negócio: Nesta camada são tomadas ações executivas, ou seja, ações a nível da gerência global do empreendimento. É neste nível que são feitos

acordos entre as empresas e são traçadas as metas, desenvolvidos os projetos para a empresa.

O foco deste trabalho está na Camada de Gerência de Rede.

3.1.2.2 Áreas funcionais

De forma a englobar toda a funcionalidade necessária ao gerenciamento de uma rede de telecomunicações (planejamento, instalação, operação, manutenção e provisionamento), a TMN identifica cinco áreas funcionais, quais sejam:

Gerenciamento de Desempenho: envolve as funções relacionadas com a avaliação e relato do comportamento dos equipamentos de telecomunicações e a eficiência da rede. Tais funções ainda podem ser subdivididas em dois grupos: Medidas de tráfego, que capacitam o usuário a definir e controlar a entrega de relatórios de medidas de tráfego; Monitoração de desempenho, que permitem ao usuário obter, avaliar e relatar parâmetros de desempenho da rede, para apoio ao diagnóstico de falhas e ampliação da rede.

Gerenciamento de Falhas: engloba as funções que possibilitam a detecção, diagnóstico e correção de operações anormais na rede de telecomunicações. As falhas impedem os sistemas de cumprir seus objetivos operacionais e podem ser transientes ou persistentes. Podemos definir três funções básicas do gerenciamento de falhas, quais sejam: a supervisão de alarmes; os testes, com parâmetros especiais; relatório de problemas ou bilhetes de anormalidade, utilizados para rastrear e controlar as ações tomadas mediante uma falha.

Gerenciamento de Tarifação: provê um conjunto de funções que possibilitam a determinação do custo associado ao uso da rede de telecomunicações. Algumas funções associadas ao gerenciamento de tarifação são: informar aos usuários os custos associados aos recursos consumidos; habilitar limites de tarifação e marcar agendamentos a serem associados com a utilização dos recursos; combinar custos quando um requisito de comunicação exigir múltiplos recursos combinados.

Gerenciamento de Segurança: As principais funções a serem desempenhadas pelo gerenciamento de segurança são: a criação e controle dos serviços e mecanismos de

segurança; a distribuição de informações relevantes a segurança; e o armazenamento de eventos relativos a segurança – a auditoria do sistema.

Gerenciamento de Configuração: habilita o usuário a criar e modificar recursos físicos e lógicos da rede de telecomunicações. Pode ser subdividido em: Gerenciamento de Ordem de Serviço, que possibilita a identificação e o controle do provisionamento de novos recursos necessários para a rede de telecomunicações (físicos ou lógicos); Configuração de Recursos, com finalidade de possibilitar que os recursos da rede possam ser criados, roteados, controlados e identificados; Informações de Recursos, que apresentam a lista de recursos alocados, verificam a consistência da informação e obtêm informação sobre recursos disponíveis.

O modelo de informação e inventário apresentado neste trabalho tem como função primordial suportar a gerência de configuração. Assim este tema será discutido com mais detalhes na próxima seção. O gerenciamento de ordem de serviço não é abordado neste trabalho, que concentra-se na configuração de recursos.

3.2 Configuração de recursos em redes de transporte

3.2.1 Introdução

O objetivo da gerência de configuração é assegurar os serviços de interconexão entre redes. Ela corresponde ao conjunto de funções relativas ao controle, identificação, supervisão e coleta de informações sobre elementos físicos ou lógicos pertencentes a uma rede.

As redes de telecomunicações podem atingir diversos equipamentos e dispositivos dispersos por vários locais físicos diferentes em uma organização, muitos deles envolvidos em mudanças frequentes de configuração. Para a gerência de rede é fundamental que sejam conhecidos a localização de cada equipamento ou dispositivo, bem como suas especificações técnicas e configurações. [RUIZ99]

O gerenciamento de configuração em redes de telecomunicações deve resolver, dentre outros, o problema de alocação de recursos estáticos e dinâmicos da rede. Engloba vários serviços de configuração, como por exemplo *path setup* (alocação de caminhos

na rede), *path restoration* (restauração de caminhos na rede) e controle de rotas através da rede.

3.2.2 Gerenciamento de configuração

O gerenciamento de configuração em redes de telecomunicações deve identificar e controlar os dispositivos de comunicação, chamados de elementos de rede. Deverá coletar e fornecer informações, de forma a manter a conectividade confiável e estável dos recursos da rede. O gerenciamento de configuração deve manter informações sobre o estado e configuração de todos os equipamentos da rede, de modo a refletir todos os caminhos e circuitos criados.

Dentre as principais tarefas do gerenciamento de configuração, destacam-se:

- Associar nomes a objetos gerenciados individuais ou agrupados;
- Iniciar e finalizar o funcionamento de objetos gerenciados;
- Coletar informações (sob demanda) sobre as condições atuais de um sistema de comunicação;
- Receber comunicados sobre mudanças significativas nos sistemas de comunicação;
- Alterar a configuração de um recurso de rede, seja ele físico ou lógico.

Em redes de telecomunicações, o gerenciamento de configuração deve ainda manter atualizado o inventário de software, hardware e circuitos de telecomunicações. O sistema de gerenciamento de configuração deve ter a capacidade de atuar sobre este inventário, de forma a representar da melhor forma possível a rede correspondente, mantendo a consistência e confiabilidade dos parâmetros operacionais, nomes, tabelas de endereços e configuração de equipamentos e sistemas.

Pode-se dividir o gerenciamento de configuração em dois subsistemas igualmente importantes, segundo os objetivos a serem alcançados:

- **Provisionamento da Rede**

Envolve a preparação, planejamento, execução, operação e suspensão de um recurso de rede³, refletindo no inventário da rede.

- **Inventário da Rede**

É a base de dados com as informações. Envolve a manutenção de informações sobre os elementos físicos da rede e dos elementos lógicos pertencentes a rede como um todo. Isto é necessário para que cada atuação do gerência de configuração, baseada no inventário, seja feita com base em recursos físicos e lógicos atualizados.

Conforme dito anteriormente, a configuração de recursos de rede em sistemas de telecomunicações envolve essencialmente dois aspectos: o de provisionamento de recursos da rede e o de inventário da rede. Estas funcionalidades incorporadas a sistemas de gerência de telecomunicações a nível de rede têm permitido uma melhoria na qualidade de serviços oferecidos ao usuário.

3.2.2.1 Provisionamento da rede

O provisionamento de recursos da rede tem por função identificar todos os recursos físicos e lógicos disponíveis, e prover mecanismos para a alocação dos recursos necessários para atender a um usuário do serviço de telecomunicações. Para isso é necessário o uso de inúmeras operações relacionadas ao provisionamento. Por exemplo, quando um cliente solicitar um novo circuito, a operadora deverá disponibilizá-lo no menor tempo possível; para isso, deverá realizar inúmeras verificações na sua rede, como a existência de pontos de acesso nas extremidades geográficas desejadas e a existência do caminho entre eles. O caminho entre os dois pontos de acesso pode fluir por equipamentos de fabricantes de redes diferentes, dificultando ainda mais o trabalho da operadora para fornecer o recurso.

³ Recurso de rede é qualquer elemento físico ou lógico da rede. Por exemplo: roteadores, comutadores, cabos, bastidor entre outros.

A eficácia com que uma empresa disponibiliza o circuito de transporte depende de quão pró-ativo é a gerência de redes em prover todas as facilidades necessárias. O processo de fornecer ao usuário um circuito de transporte se inicia com uma pesquisa da existência dos recursos, segue com a alocação dos mesmos, continua com a configuração de parâmetros dos mesmos e termina com a disponibilização das interfaces de usuário do recurso contratado. A qualquer momento neste processo, pode ser cancelado o fornecimento do recurso, e isto deve fazer com que todos os recursos alocados na rede sejam liberados. A meta da função de provisionamento é obter o maior custo efetivo possível da rede e um conjunto mais competitivo de serviços, novos e tradicionais, utilizando-se dos recursos de rede disponíveis.

Em redes públicas de transporte, que geralmente são redes pertencentes a operadoras que provêm serviços de telecomunicações não voltado a uma aplicação específica, mas para diversas aplicações, podemos dizer que o objetivo da gerência de configuração é permitir a preparação, a iniciação, a execução, a operação e a suspensão dos serviços de interconexão.

3.2.2.2 Inventário da rede

Uma das funções mais importantes de gerência de telecomunicações a nível de rede é a construção e manutenção do inventário da mesma. Como foi dito anteriormente o provisionamento de um recurso na rede depende, em algum momento, da verificação de existência ou não do recurso, e sobre tudo se ele está reservado ou não. Dentro deste contexto, o inventário da rede é uma base de informação que permite manter o estado lógico, a localização, a existência dos recursos da rede.

O inventário é a base de dados que contém todas as informações sobre os recursos da rede. As relações entre estes recursos não é trivial, porque o inventário deve ser capaz de catalogar os recursos da rede física (multiplexadores, roteadores, cabos, radios, entre outros). Deve ser capaz de representar a rede lógica, isto é, todos os circuitos e os recursos que são alocados.

Em geral, as informações do inventário são incluídas para descrever a rede em um determinado estado, e a partir daí são atualizadas pela função de provisionamento. Uma arquitetura de sistema de gerência *off-line* baseada em inventário de rede, foi mostrado na Figura 1.

Gerenciar o inventário da rede é uma tarefa árdua sobre tudo pela complexidade do modelo de informação que representa os recursos físicos e lógicos da rede. O modelo de informação deve refletir a estrutura física e lógica dos recursos de rede inventariados. Este modelo então é utilizado no mapeamento dos recursos de rede que, consiste em um relacionamento um-para-um de cada recurso da rede com um elemento (objeto) lógico no sistema de gerência.

Por exemplo, a configuração de um novo recurso (circuito) de transporte em redes de telecomunicações implica em uma tarefa essencial durante o planejamento do recurso que é a alocação do caminho. A alocação de caminhos na rede é a ação de descobrir uma rota possível entre dois elementos de rede geograficamente dispersos; tal ação é chamada de *path setup*. Na prática é como as conexões fim a fim são definidas, criadas e mantidas. Antes de criar uma conexão, é necessário calcular ou procurar um ou mais caminhos, a partir de um ponto inicial *aEnd* até um ponto final *zEnd*. Após a criação, a conexão pode ser controlada, monitorada, mantida, utilizando-se as funções de gerência. A criação de uma rota envolve vários elementos lógicos e elementos físicos quanto a disponibilidade dos recursos necessários.

3.2.3 Funções do gerenciamento de configuração

As funções de gerenciamento de configuração podem ser classificadas em duas categorias:

- Gerenciamento de configuração de recursos (estático)
- Gerenciamento de configuração de conexões (dinâmico)

O gerenciamento de configuração de recursos é basicamente a manutenção de um cadastro dos elementos que compõe a rede. As funções são as mesmas que para qualquer cadastro, isto é, inclusão e exclusão. Para isto foram identificadas as seguintes funções:

1. Inclusão e exclusão de uma camada de rede e da informação característica;
2. Inclusão e exclusão de pontos de acesso;
3. Inclusão e exclusão de grupos de acesso;
4. A configuração de grupos de acesso;

5. Inclusão e exclusão de pontos de terminação de conexão;
6. A configuração de pontos de terminação de conexão;
7. Inclusão e exclusão de subredes;
8. Inclusão e exclusão de *links*.

O gerenciamento de configuração de conexão deve tratar da ativação, modificação, inclusão e exclusão de conexões, *scheduling* e *trails*. Para isto foram identificadas as seguintes funções:

9. Ativação de conexões de subrede;
10. Realização das conexões de subrede;
11. Configuração de subrede;
12. *Scheduling*;
13. Ativação e realização de *trails*;
14. Ativação de conexões de rede que incluem:
 - configuração de *links*;
 - inclusão e exclusão de conexões de *link*;
15. A realização de conexões de rede.

3.2.3.1 Provisionamento de camada de rede

Inclusão e exclusão de uma camada de rede no inventário.

3.2.3.2 Provisionamento de ponto de acesso

A inclusão ou exclusão de um ponto de acesso não devem ser realizadas pelo operador. Quando um ponto de acesso é fisicamente incluído/excluído em um equipamento, a função deve reconhecê-lo, incluí-lo/removê-lo. O ponto de acesso deve ter um identificador único global. Este identificador deverá conter informações suficientes para permitir ao usuário relacioná-lo em todo o processo de configuração.

3.2.3.3 Provisionamento de grupo de acesso

Inclusão e exclusão de grupos de acesso.

3.2.3.4 Configuração de grupo de acesso

É a ação de incluir ou excluir pontos de acesso em um determinado grupo de acesso.

3.2.3.5 Provisionamento de ponto de terminação de conexão

Atribuição de um identificador único global para os pontos de terminação de conexão. Este identificador deverá conter informações suficientes para permitir ao operador ou usuário relacioná-lo em todo o processo de configuração da rede.

3.2.3.6 Configuração de ponto de terminação de conexão

A finalidade é agrupar vários pontos de terminação de conexão. Tais grupos podem ser associados com *links* em particular, de uma subrede. Isto permite uma associação entre pontos de terminação de conexão e *links*.

3.2.3.7 Provisionamento de subrede

O objetivo é a criação ou remoção de subredes. Inicialmente pode-se mostrar uma visão padronizada das subredes já provisionadas. Esta visão não pertence, necessariamente, ao mais baixo nível de particionamento da rede, mas deverá ser apropriada à tarefa realizada pelo usuário. Então, é facultado criar e remover subredes, especificando se a nova subrede será uma super ou sub partição das subredes existentes.

3.2.3.8 Provisionamento de *links*

Inclusão e exclusão de *links* entre duas subredes.

3.2.3.9 Ativação de conexões de subrede

A ativação de uma conexão de subrede com um conjunto limitado de facilidades, é realizada em resposta a uma requisição, contendo o mínimo de informações necessárias para a ativação da mesma.

Conexões de subrede, em geral, são planejadas para atender a um pedido de usuário e consistem em: estabelecer uma conexão de subrede entre dois agrupamentos de pontos de acesso, na mesma subrede; especificar os seguintes valores para os diferentes tipos de informação dentro das etapas de realização de uma conexão de subrede básica: (modo, direcionalidade, *aEnd* e *zEnd* da conexão de subrede, capacidade, usuário,

alocação de *bandwidth* e *scheduling*); exigir uma qualidade particular de serviço de conectividade pela conexão de subrede.

Uma conexão de subrede poderá ser feita em duas fases, onde os recursos são primeiramente reservados para depois serem ativados. Ainda deve ser informado o resultado do planejamento de conexões e, no caso de um fracasso no estabelecimento de uma conexão, qualquer recurso que tenha sido reservado deverá ser liberado.

3.2.3.10 Ativação de conexões de subrede

A ativação de conexões de subrede envolvem o estabelecimento prévio de uma conexão de subrede, a liberação de uma conexão de subrede previamente reservada (por exemplo, uma conexão de subrede que foi reservada mas não foi ativada) e o relato se uma conexão de subrede é estabelecida devido a uma ação de um gerente.

3.2.3.11 Configuração de subrede

Adicionar e remover pontos de conexões e pontos de terminação de conexão para/de uma subrede. Um ponto de acesso será visível a partir de todos os níveis de particionamento de subredes no qual é contido. Um ponto de conexão será visível de um nível particular de particionamento de subrede, se e somente se provê acesso para aquela subrede (i.e. não será visível se é interno à subrede).

3.2.3.12 Scheduling

É a execução de funções de configuração agendadas previamente. Por exemplo, a ativação de um recurso de rede pode ser feita por um tempo predeterminado. Após esgotar-se o tempo o recurso de rede é desativado automaticamente.

O escalonamento apresenta cinco tipos básicos, de acordo com a periodicidade: duração, escalonamento diário, escalonamento semanal, escalonamento mensal e ocasional.

3.2.3.13 Estabelecimento de Trails

Ativação de um *trail* entre pontos de acesso ou grupos de acesso. Recebe como argumento o caminho especificado em termos das conexões de subredes e *links* a serem

utilizados. O caminho foi previamente determinado pela função de alocação de caminho.

3.2.3.14 Estabelecimento de conexão de rede

Realização de uma conexão entre dois pontos de terminação de conexão. Recebe como argumento o caminho em termos das subredes ou *links* a serem usados, ou em termos de conexões de *links* particulares a serem utilizados.

3.2.3.15 Ativação de conexões de rede

A ativação de uma conexão de rede é realizada por um usuário ou operador, a partir de uma conexão já alocada.

3.3 Modelo Q3nn – aspectos da gerência de configuração

O Modelo *Q3nn* foi apresentado pela Alcatel/Telefonica como solução de modelo de informação para sistemas de gerência a nível de rede.

3.3.1 Visão geral

A visão de gerência a nível rede de equipamentos que formam uma rede SDH ou PDH é focada na conectividade entre os elementos de rede e na conectividade dentro dos elementos de rede. Isto contrasta com a visão de gerência a nível de elemento de rede, a qual é focada no gerenciamento de elementos de rede, equipamentos que compõem a rede, equipamentos que compõem o próprio elemento de rede, e os detalhes da adaptação entre pontos de terminação dentro dos elementos de rede.

A arquitetura na qual o Modelo de Informação *Q3nn* é baseado (*Q3nn Management Information Model*), é descrita em ITU-T *Recommendation G.805 – Arquitetura de Rede Genérica* [G.805]. Esta arquitetura descreve grupos de pontos de terminação de *Trail (TTP)* que são relacionados entre si como elementos de rede (nós) [G.805].

O diagrama, representado pela Figura 22, mostra o relacionamento entre os nós, subredes e domínios de camada de rede, na arquitetura proposta pelo modelo de informação de gerência *Q3nn*.

Neste modelo, um elemento de rede (nó) suporta grupos de pontos de terminação (TPs – podem ser de *Trail* ou *Conexão*). Os pontos de terminação presentes no elemento de rede deverão ter uma informação característica específica que defina alguns parâmetros especiais.

Somente pontos de terminação que têm a mesma informação característica podem ser conectados entre si para o transporte. Na rede completa, todos os pontos de terminação (TPs) que têm a mesma informação característica fazem parte da mesma camada da rede (*layer network*). A camada de rede, também pode ser subdividida, horizontalmente, em subredes, para fins de alocação de caminho e configuração de rotas.

Os pontos de terminação em um elemento de rede, que têm a mesma informação característica, isto é, que fazem parte da mesma camada de rede, formam uma matriz de conexão, que pode ser representada como uma subrede (*Subnetwork*) no nível de mais baixa granularidade.

Conexões de subrede (*Sub network*) podem ser estabelecidas entre pontos de terminação que fazem parte da mesma subrede.

A conectividade entre subredes (e seus elementos de rede) é modelada por uma conexão de *link* (*LinkConnection*) – conforme Recomendação G.805. Uma conexão de *link* (*LinkConnetion*), pertencente à uma camada de rede cliente e deve ser suportada por um *trail* na camada de rede servidora. [G.805]

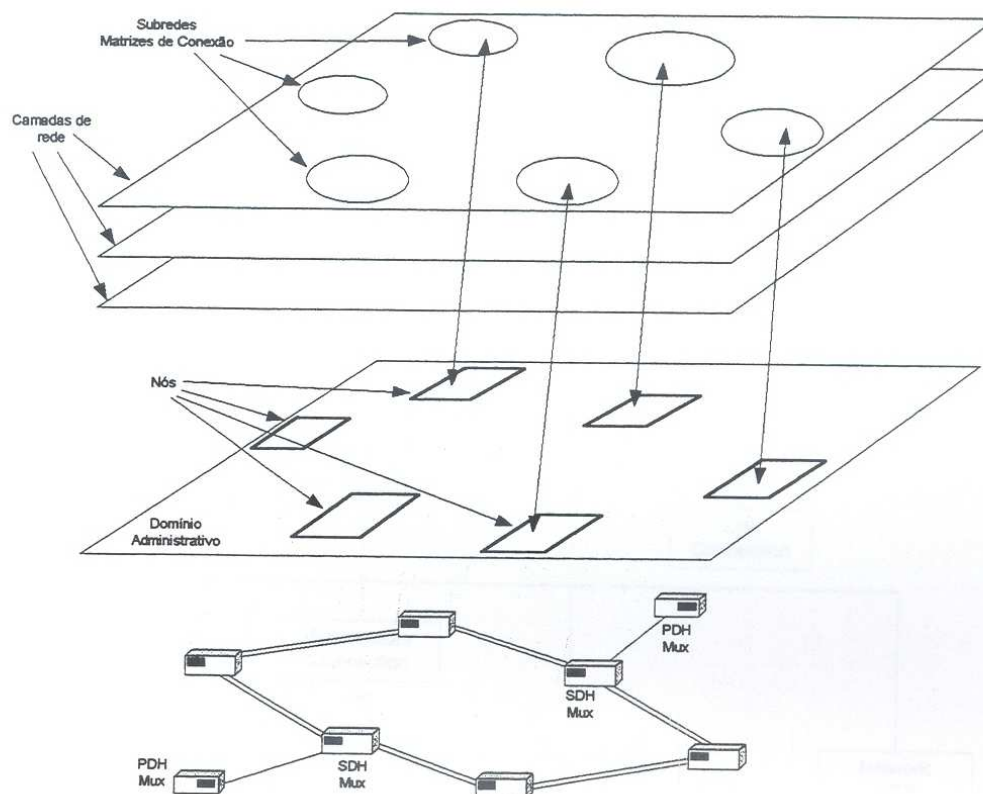


Figura 22 – Relacionamento entre nós, subredes e camadas

3.3.2 Esquemas de nomeação

Os objetos que compõem uma rede de telecomunicações precisam ser identificados para que possam ser fisicamente reconhecidos e manipulados. Entretanto a rede é bastante complexa e possui milhares de objetos e o esquema de nomeação serve para identificá-los através de uma estrutura hierárquica que representa as ligações entre eles.

O modelo de classes especificado pelo I-ETS 653 possui um número grande de opções para a representação de subredes e relacionamentos entre objetos gerenciados. Ele propõe três esquemas de nomeação, que são apresentados apenas como exemplo, mas que são fortemente recomendados para se alcançar a padronização de construção de sistemas.

O primeiro esquema, mostrado na Figura 23, é um esquema de nomeação geral que representa os relacionamentos entre os objetos modelados da rede. A independência da representação física e flexibilidade de adaptação da rede é a principal vantagem deste esquema, e o torna apropriado para redes nas quais é necessário grande flexibilidade de configuração (redes com grande número de conexões e taxas de transmissão).

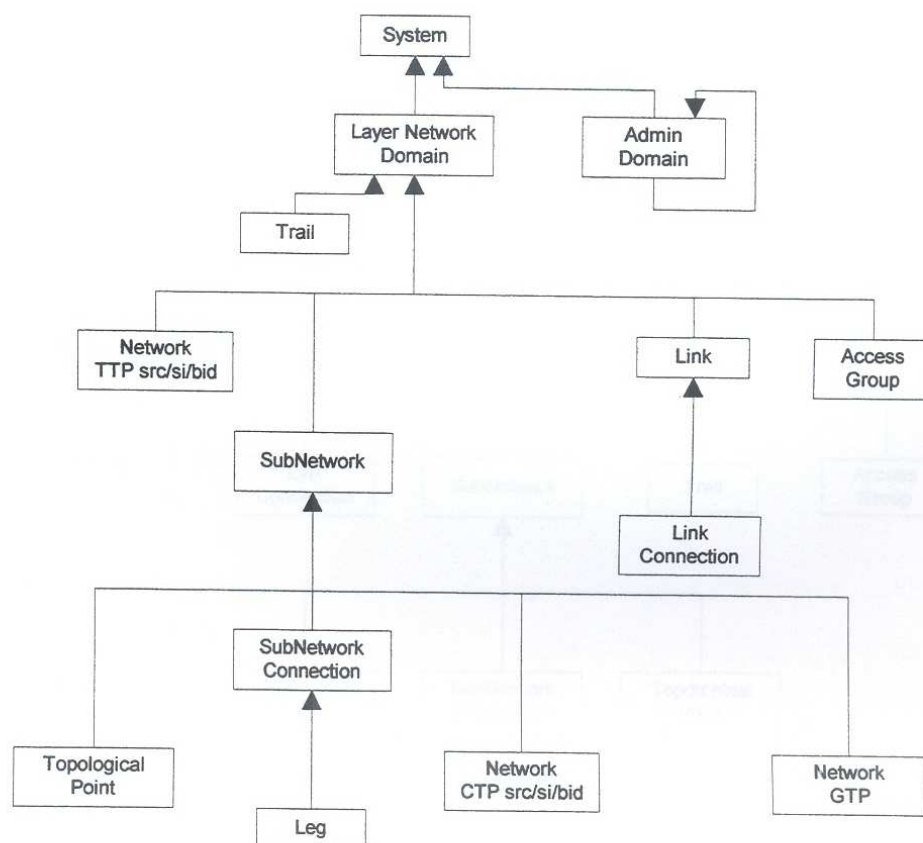


Figura 23 – Esquema de nomeação I

O segundo esquema, mostrado na Figura 24, é simples e mais apropriado para redes com camadas e conexões simples. Não deve ser utilizado por redes com hierarquias complexas como SDH, PDH e outros.

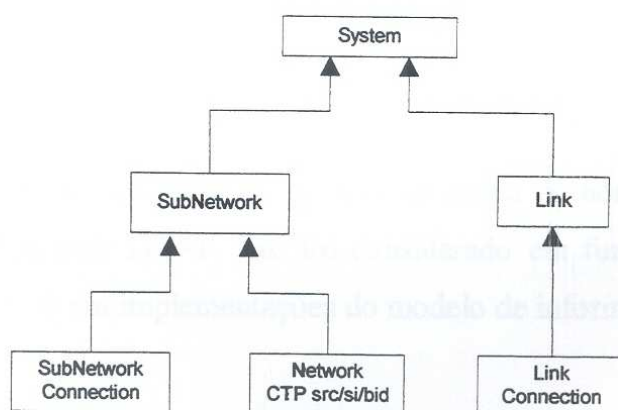


Figura 24 – Esquema de nomeação II

O terceiro esquema, mostrado na Figura 25, representa os relacionamentos físicos e as hierarquias de modo independente das camadas e subredes; é mais apropriado para hierarquias fortemente acopladas como SDH e PDH. Uma das vantagens deste modelo é

a similaridade como o modelo de informação, que representa um SDH na visão de elemento de rede.

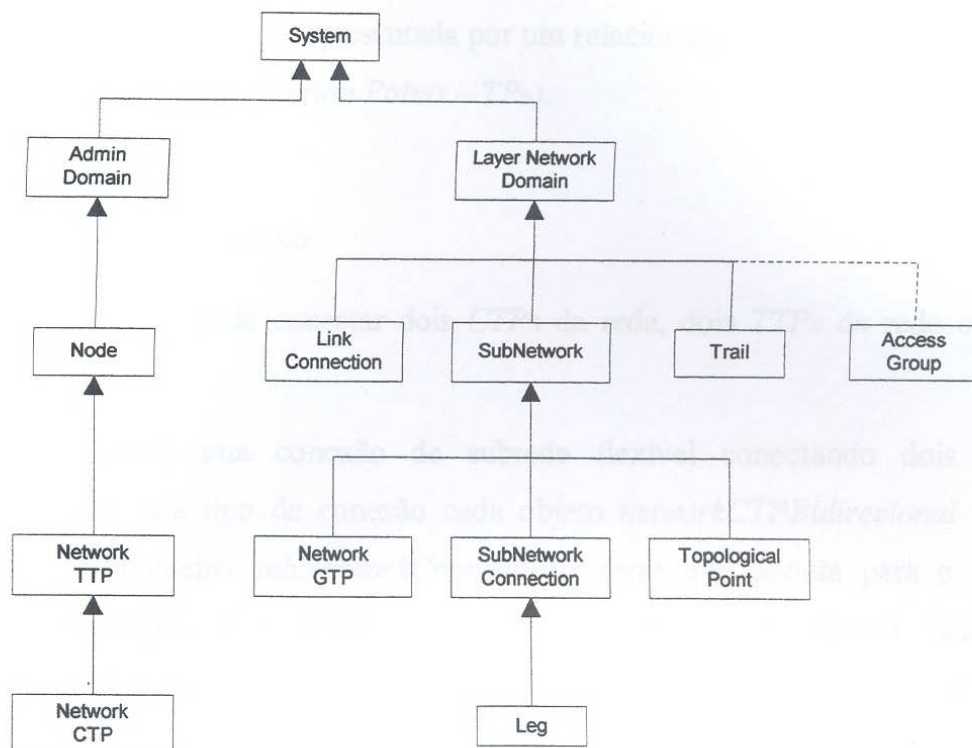


Figura 25 – Esquema de nomeação III

O modelo *Q3nn* adotou o esquema número três, que é o melhor esquema para representar SDH/PDH, já que sua representação é muito próxima do modelo de informação do equipamento SDH/PDH. Ao esquema da Figura 25, o modelo *Q3nn* adicionou um objeto gerenciado, chamado *accessGroup*, que é mostrado no esquema ligado ao objeto *LayerNetworkDomain* através de uma linha tracejada.

Neste estudo, optou-se por não propor um novo esquema de nomeação ou adotar um dos modelos propostos pelo ITU-T. Isto foi considerado em função da hierarquia de nomeação ter uso prático em implementações do modelo de informação.

3.3.3 Objetos e relacionamentos

3.3.3.1 Conexões

Embora nos capítulos anteriores tenhamos abordado diversos tipos de conexão, no modelo *Q3nn*, são consideradas apenas duas categorias:

- conexão flexível, que é representada usando o objeto gerenciado conexão de subrede (*subNetworkConnection – SNC*);
- conexão fixa, que é representada por um relacionamento fixo entre pontos de terminação (*Termination Points – TPs*).

3.3.3.1.1 Conexões de subrede

A conexão de subrede pode conectar dois *CTPs* da rede, dois *TTPs* da rede ou dois *GTPs*.

A Figura 26 ilustra uma conexão de subrede flexível conectando dois *CTPs* bidirecionais. Para este tipo de conexão cada objeto *networkCTPBidirecional* utiliza dois atributos: o ponteiro *subNetworkConnectionPointer* que aponta para o objeto *subNetworkConnection*, e o ponteiro *connectivityPointer*, que aponta para um *linkConnection*, representando uma conexão flexível, através do uso de uma conexão de subrede.

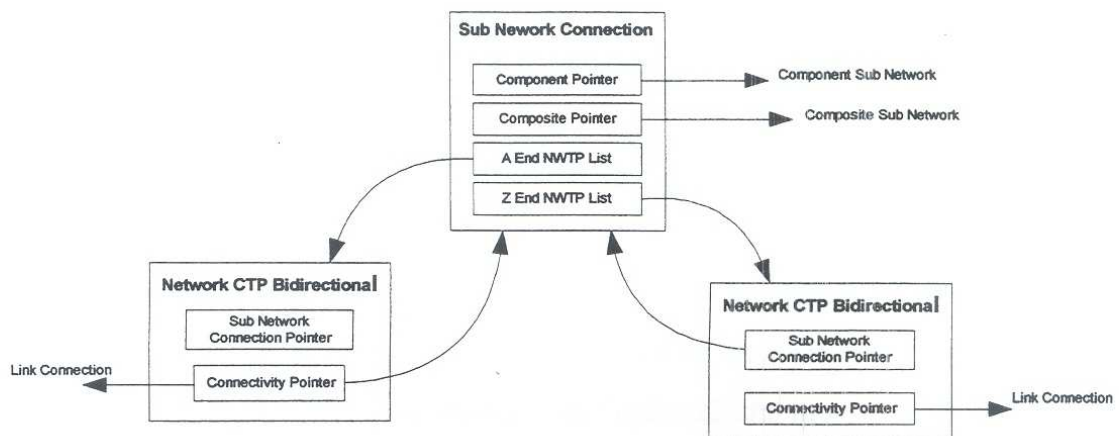


Figura 26 – Conexão de subrede flexível ponto a ponto (CTP to CTP)

No objeto *Sub Network Connection*, os atributos *AEndNWTPList* e *ZEndNWTPList* apontam cada um para um dos *NetworkCTPBidirectional* (que terminam a conexão). O atributo *ComponentPointer* aponta para as subredes contidas nesta subrede. O atributo *CompositePointer* aponta para a subrede na qual está contida. Estes dois atributos controlam a recursividade na aplicação do conceito de particionamento horizontal, discutido no item 2.4.2.1.

3.3.3.1.2 Conexões fixas

As conexões fixas são modeladas usando o atributo *networkTPPointer* como ilustrado na Figura 27. O atributo *ConnectivityPointer* aponta para a conexão de link. Isto possibilita que duas conexões de link sejam conectadas pelos objetos *NetworkCTPBidirectional*.

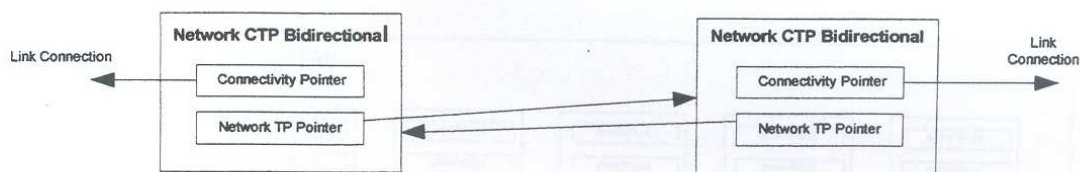


Figura 27 – Conexão de subrede fixa ponto a ponto bidirecional (CTP to CTP)

3.3.3.2 Modelo de nós e subredes

As conexões físicas de rede de equipamentos SDH são representadas nas suas extremidades por *NWTTPs*.

No nível mais baixo de particionamento existe uma subrede instanciada para representar cada matriz de conexões em uso em cada um destes nós. Ainda neste nível, um CTP é criado para cada porta do elemento de rede.

No domínio administrativo, que no modelo *Q3nn* representa a capacidade de gerência dos elementos de rede, estes elementos de rede são denominados. Outra característica é que para cada camada de rede, que possui uma taxa de transferência específica, são criadas subredes, representando esta camada. Na Figura 22 são mostradas as subredes a nível da matriz de conexões.

3.3.3.3 Trail, Ponto de Terminação de Trail e Camada de Rede

A instância de um objeto gerenciado chamado *Trail* conecta dois ou mais objetos *networkTTP*.

Como pode ser observado na Figura 28, dentro de uma camada de rede, os objetos *Trails* são criados a partir de uma sequência de conexões de subrede (*Sub Network Connection*) e conexões de link (*Link Connection*). Para cada *trail* ponto a ponto a sequência é implementada como uma simples lista ordenada. Para *trails* ponto multi-

ponto a sequência é organizada como uma árvore. O atributo *layerLinkConnetionList* do objeto *Trail* contém uma lista ordenada de ponteiros para os objetos *linkConnections* e *subnetworkConnections* que formam o *Trail*. Os atributos *aEndNetworkTPList* e *zEndNetworkTPList* do *Trail*, apontam para o objeto *networkTTP*, e representam os pontos extremos do *Trail*. Tais objetos devem ter o mesmo valor do atributo *signalid*, indicando que eles carregam a mesma informação característica e, portanto, são compatíveis.

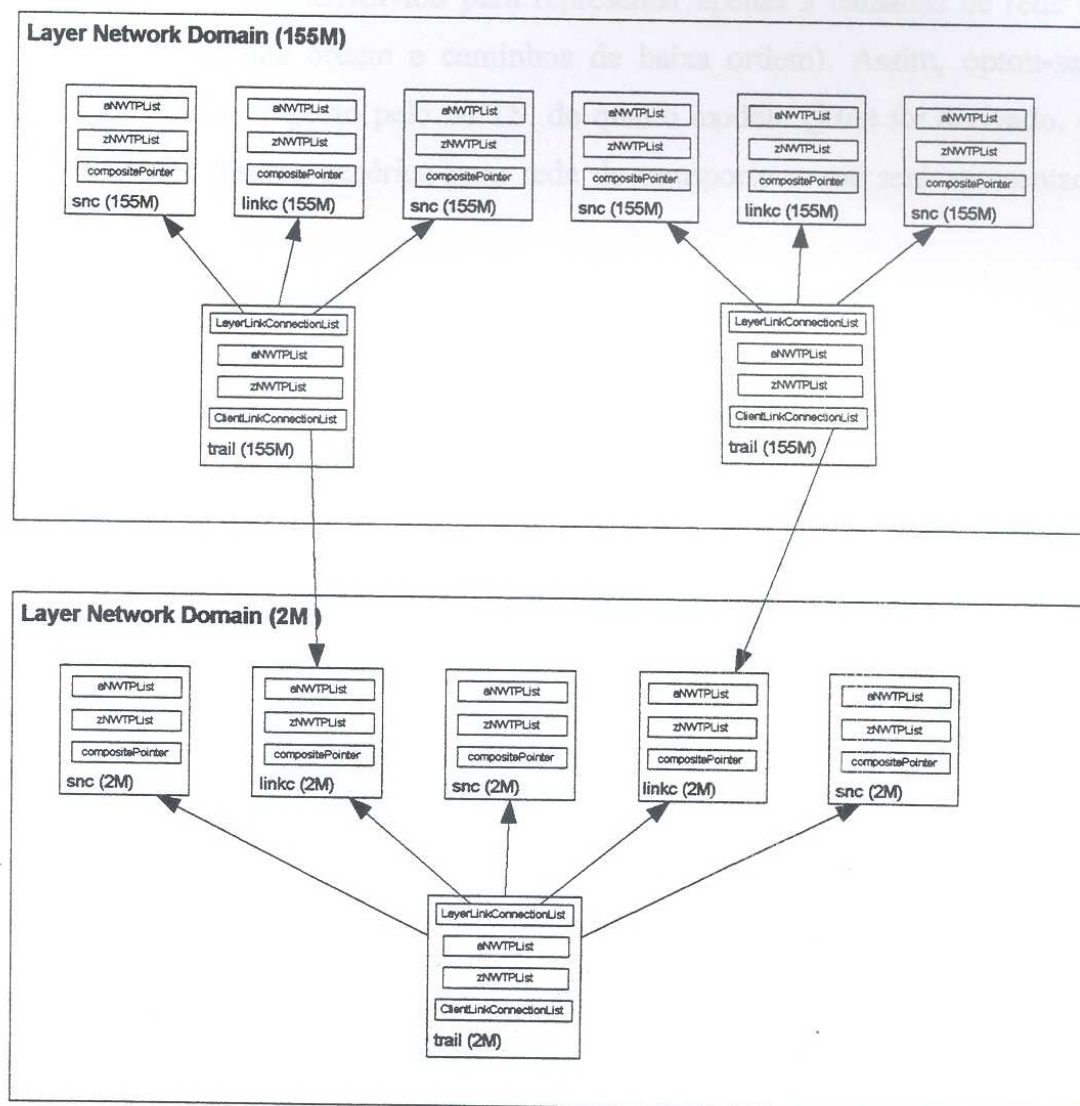


Figura 28 – Relacionamento entre *trail*, conexões de link e camadas de rede

O *Trail* em uma camada de rede pode ser servidor, suportando uma conexão de *link* cliente em outro domínio de camada de rede. O atributo *clientLinkConnectionList* aponta para o objeto cliente *linkConnetion* no domínio da camada de rede cliente.

3.3.4 Avaliação do modelo *Q3nn*

O modelo *Q3nn* apresentado pela Alcatel/Telefonica possui algumas características, enumeradas a seguir, que o tornam específico para uma determinada rede em particular.

No início deste trabalho pensou-se em usar o modelo *Q3nn* como modelo de referência para construção do modelo relacional para redes de transporte. Entretanto, após seu estudo verificou-se que ele é um modelo de informação voltado para tecnologia de transmissão SDH. Foi desenvolvido para representar apenas 3 camadas de rede (meio físico, caminhos de alta ordem e caminhos de baixa ordem). Assim, optou-se pela avaliação do modelo proposto pelo I-ETS, do qual o modelo *Q3nn* foi derivado, que é uma biblioteca de classes genérica para rede de transporte e que será apresentada no Capítulo 4.

3.4 Método para obtenção do Modelo de Informação Relacional

Um dos objetivos principais deste trabalho é a obtenção de um modelo de informação relacional para redes de transporte de telecomunicações. O motivo que nos direcionava para a construção deste modelo era a construção de uma especificação de software para os sistemas de gerência de configuração, principalmente um repositório de informação para inventário, que pudesse suportar as demais funções da gerência de configuração como: a determinação de caminhos na rede, o provisionamento de circuitos para usuário, entre outras.

O caminho traçado para atingir este objetivo era analisar e compreender os modelos orientados a objeto disponíveis nos padrões internacionais, e a partir destes modelos (denominados modelos de classe), obter um modelo de dados relacional, aplicando-se uma técnica de mapeamento.

O modelo *Q3nn* era o candidato natural, já que era uma simplificação do modelo genérico, orientado para a implementação. Entretanto, após seu estudo, verificamos que o modelo era restrito demais, já que foi direcionado exclusivamente para redes SDH.

A alternativa que se apresentou foi retornar à norma I-ETS 653 [I-ETS653], a única que continha algum modelo de informação genérico para redes de telecomunicações no

nível de rede. O estudo desta norma revela dois conteúdos relacionados ao objetivo perseguido: uma biblioteca de classes de objetos genérica, cujas classes descrevem os recursos definidos na arquitetura genérica discutida nas recomendações G.805 [G.805] e G.803 [G.803], e um diagrama Entidade-Relacionamento, que se aproxima de um modelo relacional destas classes. Após esta análise constatou-se que nenhum dos dois conteúdos é suficiente como especificação da base de dados e de software para a gerência de configuração. A biblioteca de classes é um modelo orientado a objetos informal, não caracterizado em nenhum esquema proposto pelos inúmeros métodos de engenharia de software orientado a objetos. Por sua vez, o modelo Entidade-Relacionamento disponível não apresentava o nível de detalhamento adequado, e não deixava claro como se realizava este mapeamento com as classes de objetos da biblioteca. Estas classes que realizavam as funções do software projetado.

Decidiu-se então adotar-se a seguinte abordagem: a partir do conteúdo disponível na norma I-ETS 653 [I-ETS653], produzir um modelo orientado a objetos aplicado, isto é, representado através de um esquema de tecnologia conhecida. O esquema escolhido foi o diagrama de classes da UML [BOOCH00]. Esta é uma das contribuições deste trabalho, e está descrita no Capítulo 4.

De posse deste modelo orientado a objetos produzido, aplicou-se um método de mapeamento objeto-relacional, obtendo-se o modelo de informação relacional pretendido, com a ligação necessária entre os objetos gerenciados do modelo orientado a objetos. Esta foi mais uma contribuição deste trabalho e está descrita no Capítulo 5.

O processo de produção do modelo está ilustrado na Figura 29 a seguir.

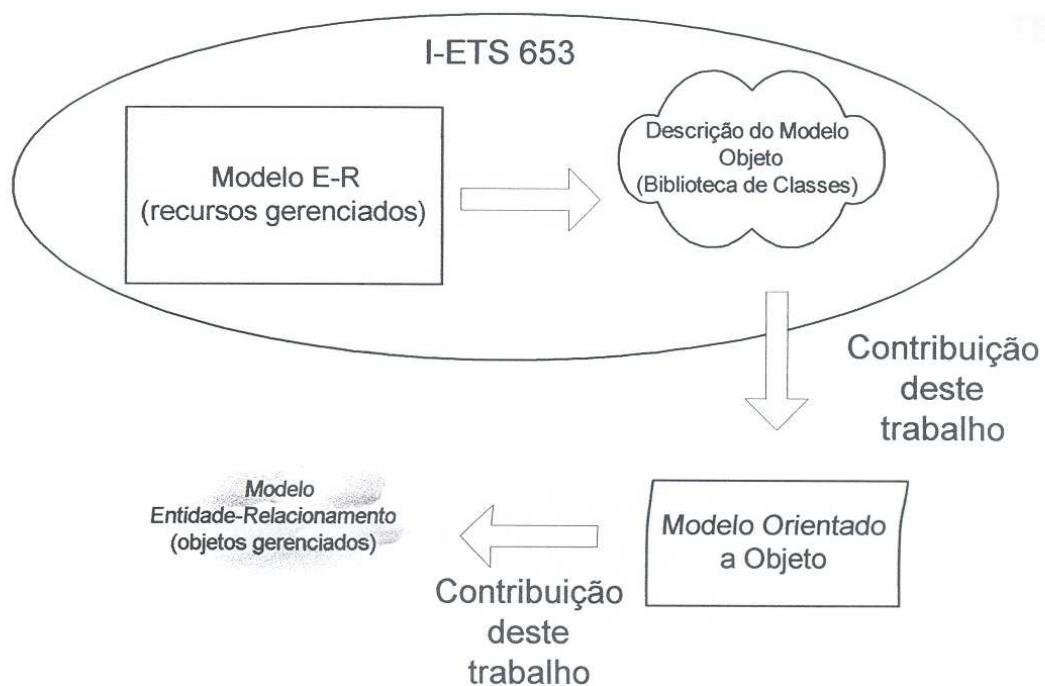


Figura 29 – Processo de produção do modelo relacional

4 MODELO DE CLASSES PARA REDES DE TRANSPORTE

4.1 Norma I-ETS 653

Esta seção descreve o conteúdo da norma I-ETS 653, e está organizada em duas subseções, que apresentam o modelo Entidade-Relacionamento e o modelo de classes informal (biblioteca de classes)[I-ETS653].

4.1.1 Modelo Entidade-Relacionamento

A rede de transporte é composta por um conjunto de recursos com base em uma arquitetura funcional definida pelas entidades e conceitos definidos dentro da Recomendação do ITU-T G.805 e G.803 [G.805] [G.803].

Os recursos gerenciados que compõem a arquitetura funcional são:

- informação característica;
- camada de rede;
- subredes;
- grupos de acesso;
- *links*;
- *trails*;
- conexões de *link* (*link connections*);
- conexões de subrede (*subnetwork connections*);
- pontos de acesso (*access points*);
- pontos de conexão (*connections points*);
- terminação de *trail*;
- ponto de terminação de *trail*;
- pontos de terminação de conexão (*termination connection points*).

Os recursos gerenciados que compõe a rede de transporte foram modelados em um diagrama Entidade-Relacionamento.

A Figura 30 mostra o diagrama do relacionamento entre os recursos gerenciáveis, a nível de rede. Conforme observado neste diagrama o recurso “Sinal” é apenas uma forma do ponto de acesso receber/transmitir a informação característica; uma outra observação é com relação ao item identificado por “Outra Camada de Rede” que apenas explicita a recursividade existente entre as camadas de rede Cliente/Servidora.

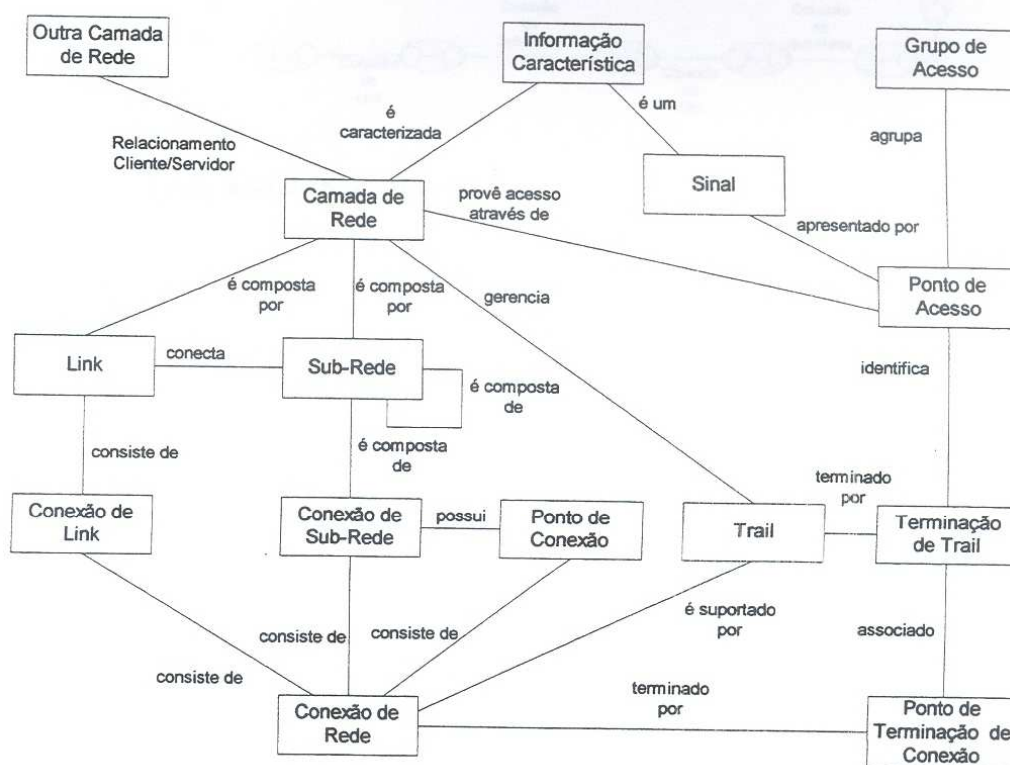


Figura 30 – Modelo Entidade-Relacionamento entre Recursos da Rede

Os recursos, acima representados, são suficientes para modelar uma rede de telecomunicações do ponto de vista de gerência desta rede. O conceito de camadas, descrito no item 2.4.2.2, permite que este modelo seja aplicado a cada camada de rede. Por sua vez, cada camada de rede possui uma informação característica associada (ver item 2.4.1.1.1) e pelas funções de processamento e transporte (ver item 2.4.1.3) as diferentes camadas de rede podem ser relacionadas de um modo cliente/servidor.

A Figura 31 mostra uma representação de tais recursos, chamados de essenciais ou básicos.

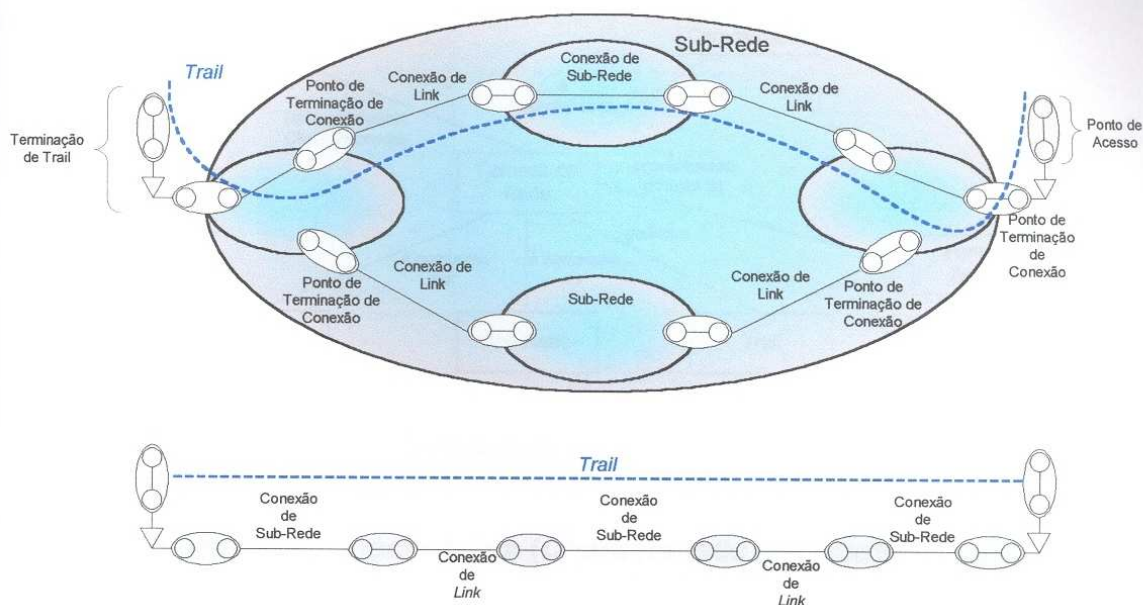


Figura 31 – Trail modelado de acordo com a Recomendação G.803 do ITU-T

A seguir são descritas as entidades que fazem parte do modelo.

4.1.1.1 Camada de rede (*Layer Network Domain*)

Conforme definição dada no item 2.4.1.1.1, uma camada de rede é o conjunto completo de portas que podem estar associadas com a finalidade de transferir informação característica.

Podem ser feitas e desfeitas associações entre os pontos de acesso através de um processo de gerência da camada, alterando sua conectividade.

Para cada tipo de ponto de acesso existe uma camada de rede distinta. Uma camada de rede é composta de subredes e *links* entre elas.

Uma camada de rede pode servir uma camada de rede cliente, transportando a informação característica da camada de cliente dentro de um sinal de informação característica de sua própria camada. O relacionamento com outra camada de rede requer uma adaptação que será posteriormente descrita no item 4.1.1.12.

A Figura 32 mostra o relacionamento do recurso camada de rede com outros recursos gerenciáveis do sistema.

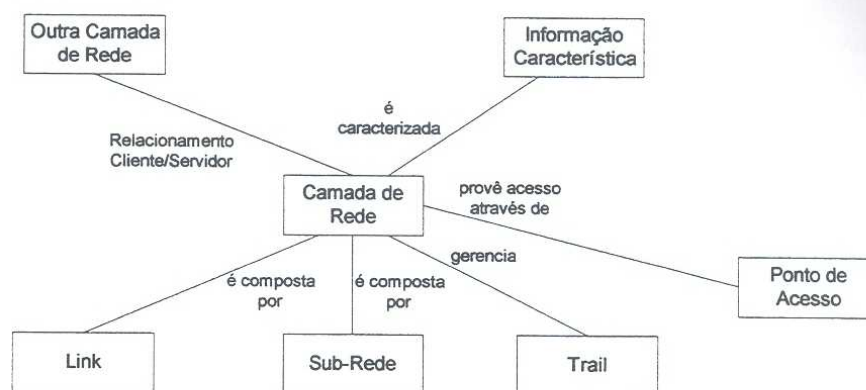


Figura 32 – Relacionamento relativos a Camada de Rede

4.1.1.2 Informação Característica (*Characteristic Information*)

A informação característica é um sinal que caracteriza uma camada de rede (ver 2.4.1.1.1). Seus relacionamentos são apresentados na Figura 33. Uma função de adaptação adapta o sinal de forma que este possa ser transportado por outra camada de rede servidora ou cliente com garantias de integridade.



Figura 33 – Informação Característica e seus relacionamentos

4.1.1.3 Subrede (*SubNetwork*)

A definição de subrede foi dada no item 2.4.1.1.2. Uma subrede pode ser dividida em subredes menores e *links*, de modo recursivo, até o último nível que é uma matriz de conexões do elemento de rede. As associações de pontos de conexão em uma subrede podem ser feitas e desfeitas por processos de gerência de rede, alterando a conectividade. A Figura 34 mostra o relacionamento entre a subrede e as outras entidades do modelo.

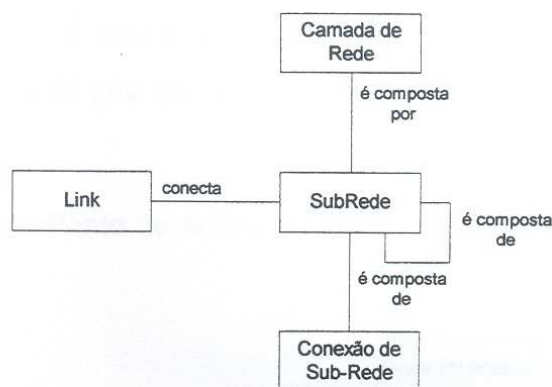


Figura 34 – Relacionamento entre SubRede e outros recursos

4.1.1.4 Link

Um *link* pode conectar duas subredes, uma subrede e um grupo de acesso ou um par de grupos de acesso. O *link* representa a capacidade de transporte de informação entre os elementos conectados (ver 2.4.1.1.3).

A Figura 35 detalha o relacionamento do *link* com a camada de rede, a subrede e a conexão de link.

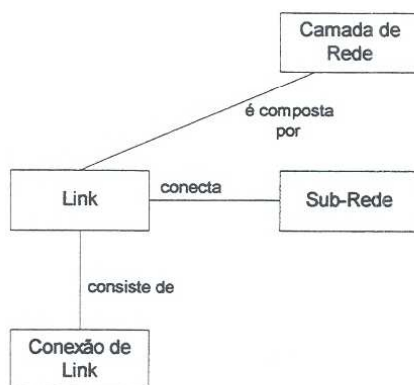


Figura 35 – Relacionamento entre o *Link* e outros recursos

4.1.1.5 Ponto de acesso (*Access Point*)

Conforme definição dada no item 2.4.1.1.5, um ponto de acesso é o ponto onde a informação característica é adaptada a partir de uma camada de rede cliente, para a camada de rede servidora.

O ponto de acesso identifica uma terminação de *trail*, que tem a função de organizar a informação característica de uma camada de rede e assegurar integridade de transporte desta informação.

Os relacionamentos entre Ponto de Acesso e demais entidades são detalhados na Figura 36.

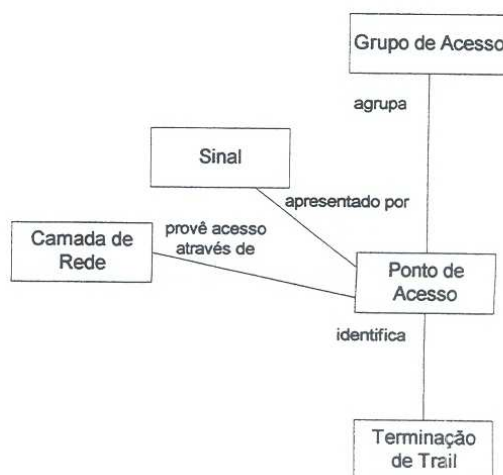


Figura 36 – Relacionamentos do recurso Ponto de Acesso

4.1.1.6 Grupo de acesso (*Access Group*)

Conforme definido no item 2.4.1.1.6, um grupo de acesso é um conjunto de pontos de acesso. O único relacionamento da entidade Grupo de Acesso é mostrado na Figura 36.

4.1.1.7 Ponto de conexão (*Connection Point*)

Conforme definido em 2.4.1.1.4, um ponto de conexão conecta duas entidades distintas.

A Figura 37 mostra o relacionamento do ponto de conexão com as entidades conexão de subrede e conexão de rede.[G.805]

Um ponto de conexão pode fazer parte de uma conexão de subrede se liga uma subrede a outra subrede ou se liga uma subrede a um *link*. Ou ainda, um ponto de conexão pode fazer parte de uma conexão de rede que liga uma conexão de *link* a outra conexão de *link*.

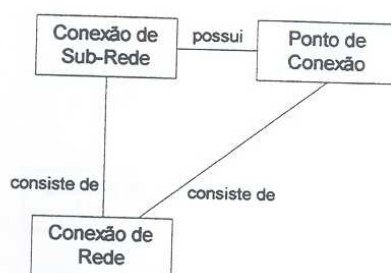


Figura 37 – Relacionamentos com Ponto de Conexão

4.1.1.8 Trail

Conforme definição dada no item 2.4.1.2.3, um *trail* tem a responsabilidade de garantir a integridade da informação característica transferida entre diferentes camadas de rede.

O relacionamento entre o *trail* e os recursos terminação de *trail*, conexão de rede e camada de rede é mostrado pela Figura 38.

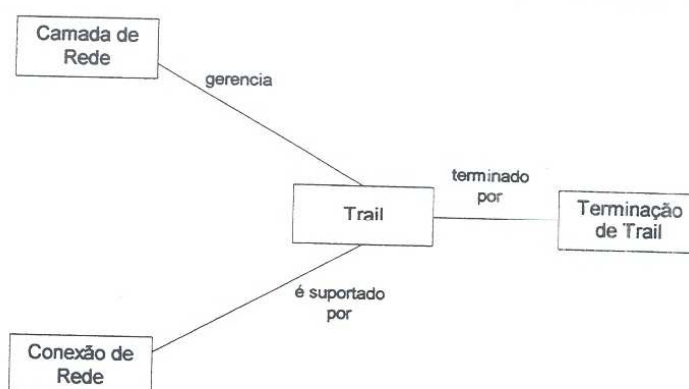


Figura 38 – Relacionamento com Trail

4.1.1.9 Conexão de link (*Link Connection* – LC)

Uma conexão de *link* pode ser suportada por um *trail* na camada de rede servidora através da conexão de rede. Sua definição foi dada no item 2.4.1.2.1. Ela faz parte do *link* e é capaz de transferir dados, de modo transparente, através de: um *link* entre duas conexões, ou entre um ponto de terminação de conexão e um ponto de conexão quando for o caso de uma conexão de *link* no limite da camada de rede (Conexão de Rede). O relacionamento entre Conexão de *link* e as demais entidades é mostrado na Figura 39.

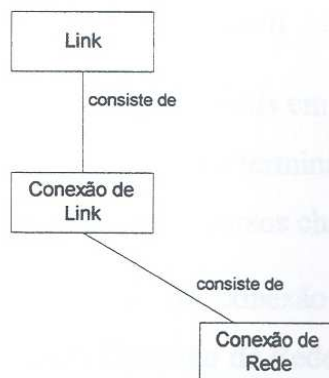


Figura 39 – Relacionamento entre Conexão de Link

4.1.1.10 Conexão de subrede (Subnetwork Connection – SNC)

Conforme definição apresentada no item 2.4.1.2.2, a conexão de subrede é capaz de transferir informação característica através de uma subrede, de modo transparente. Conecta dois pontos de conexão pertencentes a mesma subrede, isto é, conecta dois pontos de acesso ou grupos de acesso desde que estes pontos estejam nas suas fronteiras. Quando a fronteira de uma subrede também é a fronteira da rede por sobreposição a conexão de subrede se confunde com a conexão de rede. O relacionamento entre estas entidades é mostrado na Figura 40.

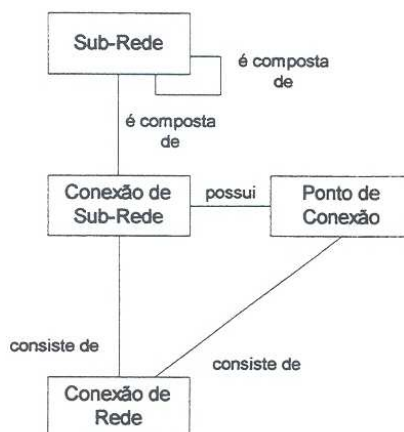


Figura 40 – Conexão de Subrede e relacionamento com outras entidades

4.1.1.11 Conexão de rede (*Network Connection*)

Conexões de rede são suportadas ou suportam *trails* em outra camada, sendo terminadas por pontos de terminação de conexão (que são a terminação do *trail*). Por outro lado, as conexões de subrede tem em suas fronteiras recursos chamados de pontos de conexão.

O relacionamento entre todas as formas de conexão em uma rede de transporte é representado por um recurso chamado Conexão de Rede (*Network Connection – NC*).

Uma conexão de rede tem a capacidade de transferir a informação através de uma camada de rede de forma transparente. E é formada pela concatenação de conexões de subrede e/ou conexões de link. Os relacionamentos entre estas entidades podem ser observados na Figura 41.

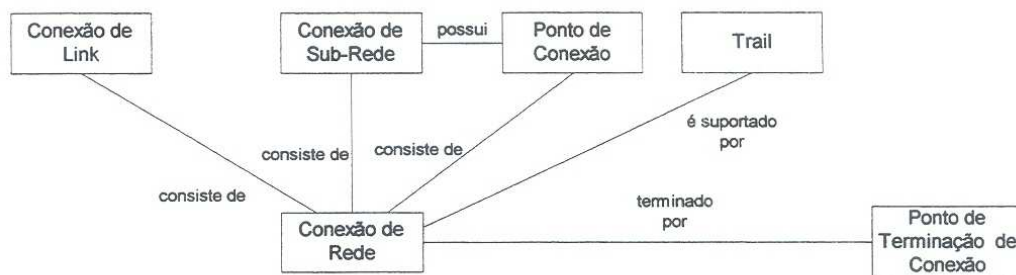


Figura 41 – Relacionamentos com Conexão de Rede

4.1.1.12 Outra Camada de Rede (Função de Adaptação de *Trail*)

Conforme foi definido no item 2.4.1.3.2, a função de adaptação de *trail* é responsável pela adaptação de uma camada servidora às necessidades de uma camada de rede cliente. O relacionamento entre Outra Camada de Rede e a entidade Camada de Rede pode ser observado na Figura 30.

4.1.1.13 Função de Terminação de *Trail*

Conforme definição dada no item 2.4.1.3.1, uma terminação de *trail* define a associação entre o ponto de acesso e o ponto de terminação de conexão sendo que estes pontos são os extremos do *Trail*. A Figura 42 apresenta os relacionamentos entre esta entidade e as demais.



Figura 42 – Função de Terminação de *Trail*

4.1.1.14 Ponto de Terminação de Conexão

Conforme já definido em 2.4.1.1.7, o ponto de terminação de conexão é a representação de um par de pontos co-localizados⁴. Tais pontos representam a ligação de uma conexão de rede à uma terminação de *trail*, conforme mostrado na Figura 43.



Figura 43 – Ponto de Terminação de Conexão e seus relacionamentos

4.1.2 Modelo de classes informal

A norma I-ETS 653 (*Telecommunications Management Network; Generic managed object class library for the network level view*) [I-ETS653], descreve uma biblioteca

⁴ São dois pontos sobrepostos, com separação lógica apenas.

genérica de objetos gerenciados que podem ser usados para construir modelos de informação de redes de transporte de telecomunicações.

O processo de modelagem leva em consideração um certo número de capacidades ou funcionalidades de gerenciamento e produz um ou mais modelos, ambos suportando tais capacidades. Vários modelos podem ser produzidos, com múltiplos objetivos, por exemplo para se definir uma interface, ou para fornecer uma nova combinação das funcionalidades de gerência. Além disso, gerentes diferentes podem fornecer visões diferentes dos objetos gerenciados em tais interfaces. Por exemplo, um modelo para configuração e um modelo para falhas podem ser combinados em uma mesma interface. Isto implica que o modelo de objetos gerenciáveis escolhido para implementar um conjunto particular de funcionalidades de gerência, deve ser compatível com outros modelos [ETR269].

As classes principais e suas funcionalidades são apresentadas a seguir.

4.1.2.1 LayerNetworkDomain

Camada de Rede (ver definição em 2.4.1.1.1)

Sua função é a geração e transferência da informação característica. É responsável pela criação e exclusão de *trails* na camada.

É diferenciada de outra camada de rede pelo atributo *signalid*, que identifica a informação característica da camada.

Atributos

signalid : Informação característica a ser transferida.

4.1.2.2 AccessGroup

Grupo de Acesso (ver definição em 2.4.1.1.6)

Sua função é listar o grupo de pontos de acesso associados a um *trail*.

Atributos

accessGroupId : Identificação do grupo de pontos de acesso.

accessPointList : Identificação dos pontos de acesso pertencentes a esta camada de rede, ou seja, que possuem a mesma informação característica.

signalid : Informação característica a ser transferida.

linkPointerList : Ponteiro para *links* cujos pontos de terminação são de uma subrede (*SubNetwork*) ou para *links* cujos pontos de terminação são de um grupo de acesso (*AccessGroup*). Este atributo diz de qual *link* este grupo faz parte.

4.1.2.3 Link

(ver definição em 2.4.1.1.3)

Descreve topologicamente a ligação entre duas subredes (*SubNetwork*) adjacentes ou uma subrede e um grupo de acesso (*AccessGroup*).

Atributos

linkId: Indentifica o *link*.

availableLinkConnections: Número de conexões de *link* disponíveis.

aEndPoint: A subrede ou grupo de acesso que termina um *link* em uma extremidade ("end").

zEndPoint: A subrede ou grupo de acesso que termina um *link* na outra extremidade ("end").

noOfLinkConnections: Número total de conexões de *link* (*LinkConnection*) formadas pelos objetos *LinkConnections* associados.

signalid: Informação característica a ser transferida.

linkConnectionList: Define a lista de conexões de *link* (*LinkConnections*) que tem como membros *links* (objetos *Link*) em uma dada camada, ou seja, estão contidos neste *link*.

4.1.2.4 Connectivity

Esta é uma classe abstrata que assegura a transferência de informação entre dois ou mais pontos de terminação da rede (*Network⁵ Termination Points - NWTPs*)

⁵ A denominação *Network* ou *NW* no início do nome indica que esta classe é vista ao nível de rede.

Atributos

signalid: Define a informação característica da camada. O seu valor pode ser simplesmente taxa e formato, ou um conjunto de entidades com a mesma informação característica, formando um sinal agregado.

mode: Indica o tipo de transmissão, isto é:

- ponto a ponto: existe um *aEnd* e um *zEnd*;
- ponto multi-ponto: existe um *aEnd* e múltiplos *zEnds*, e não há tráfego entre os *zEnds*;
- *multicast*: existem múltiplos *aEnds* e múltiplos *zEnds*, e não há tráfego entre *aEnds* ou *zEnds*;
- *conference*: os múltiplos *aEnds* originam e recebem tráfego para/de todos os outros *aEnds* e não existe *zEnd*.
- *broadcast*: existe um *aEnd* conhecido e os *zEnds* não são conhecidos.

aEndNWTPList: Identifica um ou mais pontos de terminação de rede de uma instância.

zEndNWTPList: Identifica um ou mais pontos de terminação de rede de uma instância.

4.1.2.5 Trail

(ver definição em 2.4.1.2.3)

Responsável pela integridade da transferência da informação característica, em uma camada de rede servidora, através de pontos de acesso (*AccessPoint*) nesta camada.

Define a associação entre pontos de acesso na mesma camada de rede.

Esta classe é derivada da classe *Connectivity* [I-ETS653].

Atributos

trailid : Identifica o Trail.

layerLinkConnectionList: É definido como uma lista de conexões de *link* (*LinkConnections*) e conexões de subrede (*SubNetworkConnections*) de uma dada camada que compõe o *Trail* na mesma camada. De acordo com o tipo de conexão pode ser uma sequência simples ou, no caso de multi-ponto, uma estrutura em árvore.

4.1.2.6 SubNWConnection

Conforme definição em 2.4.1.2.2, associa dois pontos de conexão na sua fronteira. Estes pontos de conexão podem ser objetos *NWCTP(s)* ou *NWTTP(s)*. Com base no exposto no início deste item (4.1.2), o prefixo *NW* dos objetos *CTP* e *TTP* apenas indica que o modelo de informação está representado por objetos ao nível de rede.

Esta classe é derivada da classe *Connectivity*.

Atributos

subNetworkConnectionId: Identifica a conexão de subrede.

compositePointer: Utilizado onde a instância desta classe é componente de uma Conexão de Subrede (*SNC*), na mesma camada, ou seja, quando o objeto gerenciado desta classe está contido dentro de outra *subNetworkConnection*.

componentPointer: Usado onde uma conexão de subrede é feita com um número de componentes, que são conexões de subrede (*SNC*) e conexões de *link* (*LC*), dentro da mesma camada.

4.1.2.7 LinkConnection

Conforme definido em 2.4.1.2.1, este objeto é responsável pela transferência de informação entre pontos de terminação de conexão de rede (*NWTCP*), de forma transparente.

Pode ser componente de um *Trail* e de uma conexão de subrede ao mesmo tempo.

Esta classe é derivada da classe *Connectivity*.

Atributos

connectionId: Identifica a conexão de *link* (*LC*)

serverTrail: Define o *Trail* que serve a conexão de *link* (*LinkConnection*) em outra camada.

Geralmente um único *trail* em uma camada de mais alta ordem suporta diversas conexões de *link* em uma camada de baixa ordem. É possível também que diversos *trails* concatenados em uma camada de baixa ordem possam suportar uma conexão de *link* em uma camada de mais alta ordem.

compositePointer: Identifica uma instância de uma conexão de subrede (*SNC*).

Dentro de uma camada de rede, uma conexão de subrede é composta de uma sequência de conexões de *link* (*LC*) e conexões de subrede (*SNC*).

layerTrail: Identifica a camada de rede da qual este objeto (*LC*) faz parte. Este atributo pode ser nulo caso esta conexão de link não faça parte de nenhum *Trail*.

4.1.2.8 Subnetwork

Representa uma coleção de pontos de terminação de rede (*NWTPs*).

O atributo *containedSubNetworkList* deverá ser nulo se não existir subredes contidas.

O atributo *containedInSubNetworkList* deverá ser nulo se este não estiver contido em nenhuma subrede.

Atributos

subNetworkId: Identifica o objeto subrede.

containedNWCTPLList: Define uma lista de *NWCTPs* de rede que estão contidos na subrede de uma dada camada.

containedNWTTPLList: Define uma lista de *NWTTTP* de rede que estão contidos na subrede de uma dada camada.

containedLinkList: Utilizado para descrever a topologia interna de uma subrede (em uma dada camada). Esta topologia compreende *links* e subredes. Os Links são listados por este atributo.

containedSubNetworkList: Utilizado para descrever a topologia interna de uma subrede (em uma dada camada). Esta topologia compreende *links* e subredes. As subredes são listadas neste atributo.

containedInSubNetworkList: Este atributo define uma lista de subredes "pais" que contêm esta subrede, em uma dada camada. É a lista de subredes das quais esta faz parte.

linkPointerList: define os *links* terminados pela subrede.

4.1.2.9 NWTerminationPoint (ou Termination Point)

Conforme definido em 2.4.1.1.7, este objeto representa a terminação de uma entidade de transporte: um *Trail* ou uma conexão de *link* (*LinkConnection*).

Atributos

mode: Modo de conexão. Pode ser:

- ponto a ponto
- ponto multiponto
- *multicast*
- *conference*
- *broadcast*

signalid: Informação característica a ser transportada.

linkConnectionList: define a lista de conexões de *link* (*LinkConnections*) que compõe o *link* na mesma camada.

subNetworkConnectionPointer: Aponta para uma lista de conexões de subrede (*SNC*).

connectivityPointer: Aponta para uma conexão de *link* (*LC*) ou *Trail*, terminados por este ponto de terminação de rede (*NWTerminationPoint*).

4.1.2.10 NWTPsource (ou TTPsource)

Conforme definido em 2.4.1.3.1, este objeto é um ponto de terminação que origina *trails* e conexões de subrede (*SNC*).

Uma instância desta classe se relaciona com *NWTPsource* ou *NWTPbidirectional* na mesma camada de rede.

Pode ser conectado a um único *NWCTPsink* ou *NWCTPbidirectional*, ou a um *NWTPsink* na mesma camada de rede.

Esta classe é derivada da classe *NWTerminationPoint*.

Atributos

clientCTPList: Define uma lista de *NWCTP* (*Network Connection Termination Point*) que são clientes de *NWTTPs* em outra camada. Em geral, um simples *NWTTP* em uma camada de mais alta ordem suporta um número de *NWCTPs* em uma camada de mais baixa ordem. Em contrapartida, quando é utilizado concatenação de *NWTTPs* em uma camada de mais baixa ordem, estes servem a um *NWCTP* ou *NWCTPs* em uma camada de ordem mais alta.

4.1.2.11 NWTTPsink (ou TTPsink)

Conforme definido em 2.4.1.3.1, este objeto é um ponto de terminação que termina *trails* e conexões de subrede (SNCs).

Uma instância desta classe se relaciona com *NWTTPsource* ou *NWTTPbidirectional* na mesma camada de rede.

Pode ser conectada a um simples *NWCTPsink* ou *NWCTPbidirectional*, ou a um *NWTTPsource* na mesma camada de rede.

Esta classe é derivada da classe *NWTerminationPoint*.

Atributos

clientCTPList: Define uma lista de *NWCTPs* (*Network Connection Termination Points*) que são clientes de *NWTTPs* em outra camada. Em geral, um simples *NWTTP* em uma camada de mais alta ordem suporta um número de *NWCTPs* em uma camada de mais baixa ordem. Em contrapartida, quando é utilizado concatenação de *NWTTPs* em uma camada de mais baixa ordem, estes servem a um *NWCTP* ou *NWCTPs* em uma camada de ordem mais alta.

4.1.2.12 NWTTPbidirectional (ou TTPbidirectional)

Definida em 2.4.1.3.1, esta classe é derivada das classes *NWTTPsource* e *NWTTPsink*.

4.1.2.13 NWCTPsource (ou CTPsource)

Conforme definido em 2.4.1.2, o objeto desta classe origina conexões de *link* (LC) e/ou conexões de subrede (SNC).

O objeto desta classe tem relacionamentos com objetos que representam *NWCTPsink* ou *NWCTPbidirectional* na mesma camada.

Esta classe é derivada da classe *NWTerminationPoint*.

Atributos

serverTTPPointer: Identifica um *NWTTP* que serve a um *NWCTP* em outra camada. Em geral, *NWTTP* ou *NWTTPs* em uma camada de mais alta ordem servem a um *NWCTP* ou *NWCTPs* em uma camada de mais baixa ordem.

superPartitionPointer: Identifica um *NWCTP* que está em uma partição de nível mais alto. Somente vai estar presente para os *NWCTPs* em partições de mais baixo nível, que tenham uma correspondência direta com os *NWCTPs* de nível mais alto.

subPartitionPointer: Identifica um *NWCTP* que esta em um nível de particionamento mais baixo. Pode ser nulo, no mais baixo nível, quando o *NWCTP* deve apontar para um *NECTP* (*NetworkElement CTP*).

4.1.2.14 NWCTPsink (ou CTPsink)

Conforme definido em 2.4.1.2, o objeto desta classe termina conexões de *link* (LC) e/ou conexões de subrede (SNC).

O objeto desta classe tem relacionamentos com objetos que representam *NWCTPsource* ou *NWCTPbidirectional* na mesma camada.

Esta classe é derivada da classe *NWTerminationPoint*.

Atributos

serverTTPPointer: Identifica um *NWTTP* que serve a um *NWCTP* em outra camada. Em geral, *NWTTP* ou *NWTTPs* em uma camada de mais alta ordem servem a um *NWCTP* ou *NWCTPs* em uma camada de mais baixa ordem.

superPartitionPointer: Identifica um *NWCTP* que está em uma partição de nível mais alto. Somente vai estar presente para os *NWCTPs* em partições de mais baixo nível, que tenham uma correspondência direta com os *NWCTPs* de nível mais alto.

subPartitionPointer: Identifica um *NWCTP* que esta em um nível de particionamento mais baixo. Pode ser nulo, no mais baixo nível, quando o *NWCTP* deve apontar para um *NECTP* (*NetworkElement CTP*).

4.1.2.15 *NWCTPbidirectional* (ou *CTPbidirectional*)

Definida em 2.4.1.2, esta classe é derivada das classes *NWCTPsource* e *NWCTPsink*.

4.2 Correspondência entre entidades e classes

As entidades gerenciáveis apresentadas no item 4.1.1, representam os recursos físicos e lógicos da rede de telecomunicações. Cada entidade gerenciada aqui definida é representada por uma classe (um objeto) na construção do sistema de gerência.

A Tabela 1 apresenta um resumo do mapeamento entre as entidades: recurso gerenciado e objeto gerenciado (classe).

Entidade gerenciada	Representação de classes
Camada de rede	LayerNetworkDomain
Informação Característica	Signalid (é um atributo)
Sub-redes	SubNetwork, Node
Grupos de Acesso	AccessGroup
<i>Links</i>	Link
Conexões de <i>Link</i>	LinkConnection
<i>Trails</i>	Trail
Conexões de subrede	SubNWConnection
Pontos de acesso	NWTTTP ⁶
Pontos de conexão	NWCTP ⁷
Função de adaptação	NWTTTP ⁶ , NWCTP ⁷
Função de terminação de <i>Trail</i>	NWTTTP ⁶
Pontos de Terminação de conexão	NWTTTP ⁶

Tabela 1 – Representação de recursos gerenciáveis através de objetos

⁶ Ponto de terminação de *trail* de rede, representado por *NWTTTPsink* (destino), *NWTTTPsource* (origem) e *NWTTTPbidirectional* (origem e destino).

⁷ Ponto de terminação de conexão de rede, representado por *NWCTPsink* (destino), *NWCTPsource* (origem) e *NWCTPbidirectional* (origem e destino).

4.3 Modelo de classes produzido

Como a metodologia de projeto orientado a objetos determina, existe uma correspondência entre o diagrama E-R, mostrado Figura 30, e os recursos gerenciáveis da rede. A recomendação I-ETS 653 descreve uma biblioteca de classes que mapeia os recursos físicos e lógicos do diagrama E-R, inclusive com atributos e métodos.

Na biblioteca de classes do I-ETS 653 a classe que representa o ponto de terminação (TP ou *Termination Point*) recebe a denominação de ponto de terminação a nível de rede (NWTP ou *Network Termination Point*), por se tratar de uma classe representativa de modelo de objetos de telecomunicações a nível de rede. Esta convenção é válida para a classe *TerminationPoint* e suas classes derivadas: *NWCTPSink*, *NWCTPSource*, *NWCTPBidirectional*, *NWTTPSink*, *NWTTPSource* e *NWTTPBidirectional*.

A partir do diagrama E-R (Figura 30), foi elaborado o modelo orientado a objetos da Figura 44. Conforme definido no item 4.1, e sumarizado na Tabela 1, cada recurso da rede tem uma classe correspondente e na descrição da classe, dada pela recomendação I-ETS 653, está definido a hierarquia para as mesmas, isto permitiu a formalização da modelagem de herança. Da mesma forma, a biblioteca de classes traz a relação e descrição dos atributos, sendo que estes foram também formalizados na Figura 44.

O último detalhe para a produção do modelo orientado a objetos foram os relacionamentos e suas cardinalidades. Estes foram estudados e transpostos para o modelo orientado a objetos descrito neste item.

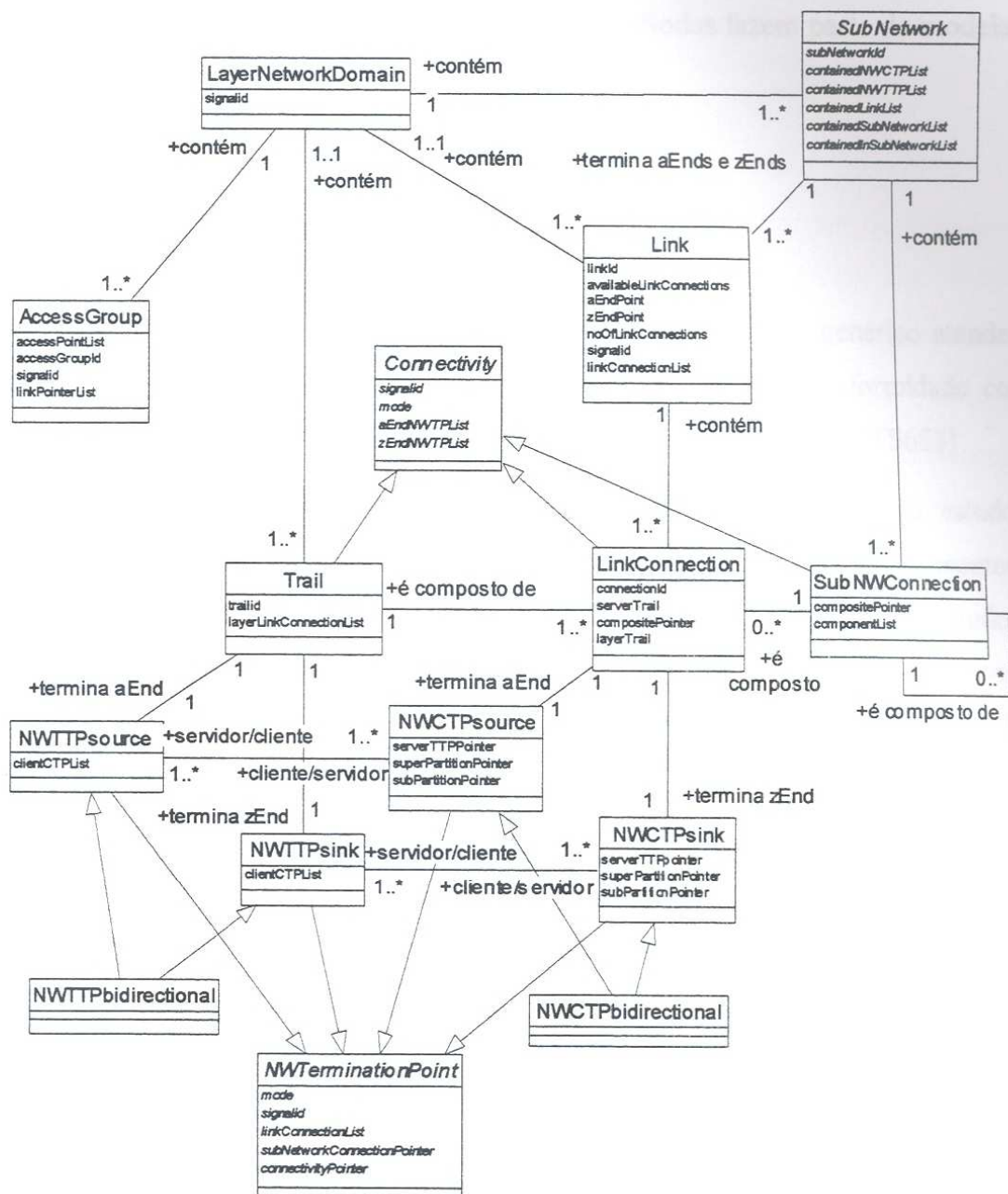


Figura 44 – Modelo de Classes Genérico para Redes de Transporte

As características de implementação do modelo de informação não estão no escopo deste trabalho e por isso a classe *Top* (descrita na biblioteca de classes I-ETS 653) não está representada no modelo. Esta classe é uma superclasse para as classes *LayerNetworkDomain*, *SubNetwork*, *Connectivity* e *NWTerminationPoint*.

De modo similar os métodos que implementam as funcionalidades das classes discutidas neste trabalho não são apresentados. Os métodos fazem parte da modelagem dinâmica, que não é escopo deste trabalho.

4.4 Avaliação do modelo de classes produzido

O modelo orientado a objetos que define o modelo de informação genérico atende aos requisitos de modelagem estática orientado a objetos. Está em conformidade com a descrição das entidades gerenciáveis descritas na norma I-ETS 653. [I-ETS653]

Os relacionamentos do modelo produzido foram definidos a partir do estudo da descrição de cada classe quanto as suas funções e objetivos. Relacionamentos de superclasse e subclasse foram descritos pela norma I-ETS 653. Contudo, as cardinalidades associadas ao modelo formal foram definidas a partir dos conceitos das entidades associadas e do papel que desempenham no modelo de informação de rede.

O modelo orientado a objetos representado através da notação UML, se aproxima das necessidades de projetistas de sistemas de gerência de rede, baseados no orientação a objetos. Além disso, permitiu a aplicação do método de mapeamento objeto-relacional, de um modo mais coeso e sistemático, tornando possível a produção do modelo relacional de dados para as redes de transporte, como é descrito no capítulo seguinte.

5 MODELO DE DADOS RELACIONAL PARA REDES DE TRANSPORTE

Um dos principais objetivos deste trabalho é a aplicação do método de mapeamento objeto-relacional proposto por [BLAHA98], descrevendo o contexto e o modo como deve ser aplicado a modelos de informação (orientados a objeto) de telecomunicações.

Iniciamos o capítulo discutindo o contexto para a produção do modelo relacional a partir do modelo de informação. Devido à complexidade do modelo de informação, é proposto neste trabalho uma sequência de ações a serem realizadas que servem como guia para aplicação do método de mapeamento objeto-relacional descrito no Anexo C. O resultado desta definição de ações e passos tomados vão dirigir o processo de mapeamento.

Este guia para produção do modelo relacional com base no modelo de informação de gerência de rede foi criado a partir das dificuldades e tentativas em mapear a biblioteca de classes proposta pelo I-ETS 653 e o modelo OO obtido com base no relacionamento entre as entidades gerenciáveis desta biblioteca.

As principais orientações para a obtenção do modelo relacional são resumidas a seguir, e descritas com mais detalhes no restante do capítulo.

- Escolha da representação relacional para o novo modelo;
- Definição dos domínios no modelo relacional;
- Divisão do modelo genérico de rede;
- Mapeamento de cada classe e seus relacionamentos;
- Produção do modelo Entidade-Relacionamento;
- Formalização do modelo relacional.

5.1 Escolha da representação do modelo relacional

A representação relacional deve refletir o modelo objeto em termos relacionais. Existem inúmeras formas de representar este modelo, dentre as quais algumas são informais como a representação por tabelas; outras representações comerciais como SQL (*Structure Query Language*); e, outras mais formais envolvendo aspectos estruturais, aspectos de integridade e caráter manipulativo.

Numa primeira etapa optou-se por uma representação informal de tal modelo de dados, utilizando-se de tabelas simples e sem restrições de integridade impostas por tipos de variáveis. Isto permite que não sejam impostas penalidades no modelo mapeado em razão dos mais diferentes tipos de atributos encontrados no modelo genérico de rede.

Uma vez que o modelo genérico orientado a objetos de redes é uma recomendação baseada em experimentos práticos de desenvolvimento de sistemas de gerência de rede e aceito como padrão para este tipo de gerência, os relacionamentos entre as classes é necessário e suficiente para atingir os objetivos de gerência de rede a nível de rede. Isto permite que tais relacionamentos sejam mapeados para um modelo relacional, mantendo a propriedade básica de permitir a mesma característica de gerência de rede. Assim, as associações entre as diversas classes do modelo orientado a objetos serão mapeadas utilizando o método genérico e implementadas aqui via identificadores exclusivos, que se assemelham a ponteiros.

5.2 Notação utilizada para representação de tabelas

A notação utilizada neste trabalho para a representação das tabelas é descrita neste item.

Tabela 1

<u>tabela1Id</u>	tabela2Id (Tabela 2)	atributo1

Tabela 2

<u>tabela2Id</u>	atributo2	lista: atributo3 (Tabela 3)	atributo4

Figura 45 – Terminologia estrutural adotada

Na Figura 45 observamos que acima de cada conjunto de caixas distribuídas horizontalmente temos o nome da tabela (numa representação formal, seria o valor da relação); cada coluna da tabela corresponde aos atributos, sendo que chaves primárias são representadas em negrito e sublinhado ("**tabela1Id**", "**tabela2Id**"). As chaves estrangeiras serão representadas apenas por negrito e com referência a tabela externa entre parênteses (ex.: na Tabela 1 a coluna "**tabela2Id** (Tabela 2)"). A coluna "lista:atributo3", com referência à Tabela 3, representa uma lista de atributos. O tipo "lista" é discutido no próximo item.

5.3 Transformação de atributo *lista* em tabelas

Vários atributos do modelo genérico para redes de transporte são listas de objetos. Uma dificuldade surge aqui, já que o tipo *lista* não é um tipo padrão em banco de dados relacionais. Isto é, o domínio *lista* não existe em modelos relacionais. A maneira conceitualmente correta de tratar esta questão é modelar esta construção como tabelas aninhadas dentro de tabelas.

A implementação do atributo *lista* não interfere no modelo relacional, que é o objetivo deste trabalho, e sua abordagem do ponto de vista teórico e conceitual não faz parte deste escopo. Contudo, neste item é apresentada uma possível solução, através de um exemplo, para esta implementação visando apenas manter a conformidade e compromisso com a modelagem relacional de dados.

Por exemplo, consideremos a classe *SubNetwork* e a sua representação relacional (ver 5.6.1.3).

Uma das possíveis implementações desta tabela é o desmembramento de cada atributo tipo *lista* em novas tabelas; gerando um novo conjunto de tabelas mostradas na Tabela 2.

Outras implementações de listas são possíveis tais como: árvores, grafos, encadeamento de ponteiros. Estes temas são deixados para o leitor para discussões futuras.

Tabela SubNetwork

<u>subNetworkId</u>

Tabela containedNWCTP

<u>id</u>	subNetworkId (SubNetwork)	NWCTPId (NWCTP)

Tabela containedNWCTP

<u>id</u>	subNetworkId (SubNetwork)	NWTTPIId (NWTTTP)

Tabela containedLink

<u>id</u>	subNetworkId (SubNetwork)	linkConnectionId (LinkConnection)

Tabela containedSubNetwork

<u>id</u>	subNetworkId (SubNetwork)	containedSubNetworkId (SubNetwork)

Tabela containedInSubNetwork

<u>id</u>	subNetworkId (SubNetwork)	containedInSubNetworkId (SubNetwork)

Tabela 2 – SubNetwork e listas

Método adotado para transformar atributos *lista* em tabelas:

- 1) Cada lista no mapeamento inicial será uma tabela no mapeamento final, com referência de chave estrangeira a tabela origem.
- 2) Cada referência no mapeamento inicial será referência para uma nova chave estrangeira no mapeamento final.

Um atributo da relação (ou coluna da tabela) pode ser uma outra relação. Este tipo de modelo dificulta a implementação, contudo facilita o desenvolvimento do modelo de dados relacional proposto.

Nas classes de objetos mapeadas a seguir será considerado o tipo *lista*, como atributo (tipo de dado de uma dada coluna) permitido, ou seja, passaremos a adotar o tipo *lista* de valores em nossa modelagem relacional.

5.4 Definição dos domínios no modelo relacional

A definição dos domínios, em se tratando de modelagem relacional, significa estabelecer que tipo de variáveis o modelo relacional e a sua linguagem denotativa vai permitir. Leva-se em conta também restrições impostas aos valores assumidos por cada atributo da tabela.

A definição e implementação de tipos de atributos que possam não existir na linguagem de definição utilizada é uma outra tarefa, descrita na fase de formalização do modelo.

Por razões de visualização na representação das relações (tabelas) não será utilizado a descrição do domínio (tipo de dados) quando este for simples, como por exemplo: inteiro, longo, cadeia de caracteres ou data.

Um tipo de dado amplamente utilizado neste modelo relacional é o tipo *lista*, cuja transformação em tabelas foi descrita no item 5.3.

5.5 Método

5.5.1 Divisão do modelo genérico de rede

A finalidade da segmentação do modelo genérico de rede é para a aplicação do método de mapeamento objeto-relacional de modo consistente e seguro.

Esta segmentação foi feita com base nos propósitos de cada classe. As classes foram agrupadas pelas suas funcionalidades afins, ou seja, agrupadas para que juntas fossem capaz de atender a um princípio do modelo de informação.

Foram feitos os seguintes agrupamentos, baseado na afinidade entre as classes:

- Classes que possibilitam o particionamento horizontal da rede: *Connectivity*, *LayerNetworkDomain*, *SubNetwork* e *SubNetworkConnection*;
- Classes que possibilitam a arquitetura em camadas: *NWTerminationPoint*, *NWCTP* e *NWTTP*;
- Classes que possibilitam representar a conectividade: *Connectivity*, *Link* e *LinkConnection*;
- Classe que representa o transporte de informação: *Trail*.

Dividiu-se todas as classes em grupos segundo as características acima citadas. Em seguida foi aplicado o método de mapeamento produzindo o modelo relacional para estes recursos. É oportuno observar que a segmentação do modelo não isola do restante do modelo as classes trabalhadas. Cada classe necessariamente será o centro das atenções por um dado momento no exercício de aplicação do método de mapeamento objeto-relacional.

5.5.2 Mapeamento de cada classe e seus relacionamentos

A tarefa de mapear as classes e atributos em tabelas exige uma quebra do modelo genérico orientado a objetos em partes, como já descrito no item 5.5.1. A cada classe escolhida o objetivo é primeiramente mapeá-la segundo o método descrito no Anexo C. Depois, a cada relacionamento com outra classe, criar chaves estrangeiras e tabelas auxiliares (identificadores de outras tabelas) para atuarem como ligação ou representação relacional da ligação entre as classes.

O resultado deste exercício nos dá o modelo de informação explicitado em termos relacionais.

5.5.3 Produção do modelo Entidade-Relacionamento

A produção do modelo Entidade-Relacionamento é a junção das várias tabelas e seus relacionamentos, bem como a sua descrição.

Algumas etapas deste processo são descritas aqui e terão real importância em trabalhos futuros, no aspecto de serem diretrizes norteadoras do processo de obtenção do modelo relacional a partir de um modelo de redes de telecomunicações.

Sendo o exercício de aplicação do método de mapeamento repetitivo, para melhorar a apresentação do modelo relacional enfatizando os conceitos principais, foram impostos alguns limites em termos de escopo do modelo de informação proposto pela I-ETS 653 [I-ETS653].

O mapeamento de classes em relações (tabelas) distintas é uma primeira tarefa a ser exercitada. Logo após, há a necessidade de uma adequação dos tipos de atributos encontrados nas classes mapeadas e os atributos das relações chamadas de domínio do

modelo relacional⁸. Nesta fase são criadas um conjunto de tabelas adicionais para representar atributos do modelo objeto, como por exemplo: listas de ponteiros, listas, ponteiros e enumerações.

Uma fase de mapeamento das associações entre as tabelas deve simplificar o número de tabelas, se observadas as regras de mapeamento de associações. Para este conjunto de tabelas reduzidas em quantidade e de atributos bem delineados, é então, produzido um diagrama Entidade-Relacionamento.

5.5.4 Formalização do modelo relacional

A formalização do modelo relacional obtido deve ser feita escolhendo-se a representação formal e, em seguida:

- Escrever o modelo relacional segundo as premissas da representação escolhida;
- Definir os domínios (ou tipos) de dados existentes na representação, visando atender os requisitos de integridade dos dados;
- Criação de novos domínios de dados para atender requisitos deste modelo;
- Definir a manipulação dos dados usando álgebra relacional ou cálculo relacional;
- Revisar o modelo obtido de acordo com os critérios de normalização.

Os dois últimos itens acima não são discutidos neste trabalho, podendo serem considerados em discussões futuras.

5.6 Mapeamento do modelo objeto para o modelo relacional

O método de mapeamento será demonstrado aplicando-o em uma simplificação do Modelo de Classes Genérico para Redes de Transporte (Figura 44).

⁸ Não deve-se confundir *domínio de relação* com *domínio de rede*, apresentado no modelo a objetos. O *domínio de relação* ou *domínio relacional* é a formalização dos tipos de variáveis empregadas em cada atributo da relação (coluna da tabela).

O modelo em questão, obtido a partir da Recomendação I-ETS 653, foi simplificado de modo a contemplar apenas conexões bidirecionais. Esta simplificação foi escolhida porque, na prática, a maioria das conexões são bidirecionais. A simplificação não tira portanto a validade e a generalidade do modelo para aplicação do método, e torna a aplicação do mesmo muito mais didática e clara.

Como as conexões são todas bidirecionais, podemos eliminar as classes *NWCTPSource*, *NWCTPSink*, *NWTTPSource* e *NWTTPSink*. As classes *NWCTPBidirectional* e *NWTTPBidirectional* são escritas como *NWCTP* e *NWTTP*, respectivamente.

A Figura 46 mostra o modelo de classes genérico simplificado para redes de transporte, ao qual será aplicado o método descrito no item 5.5.

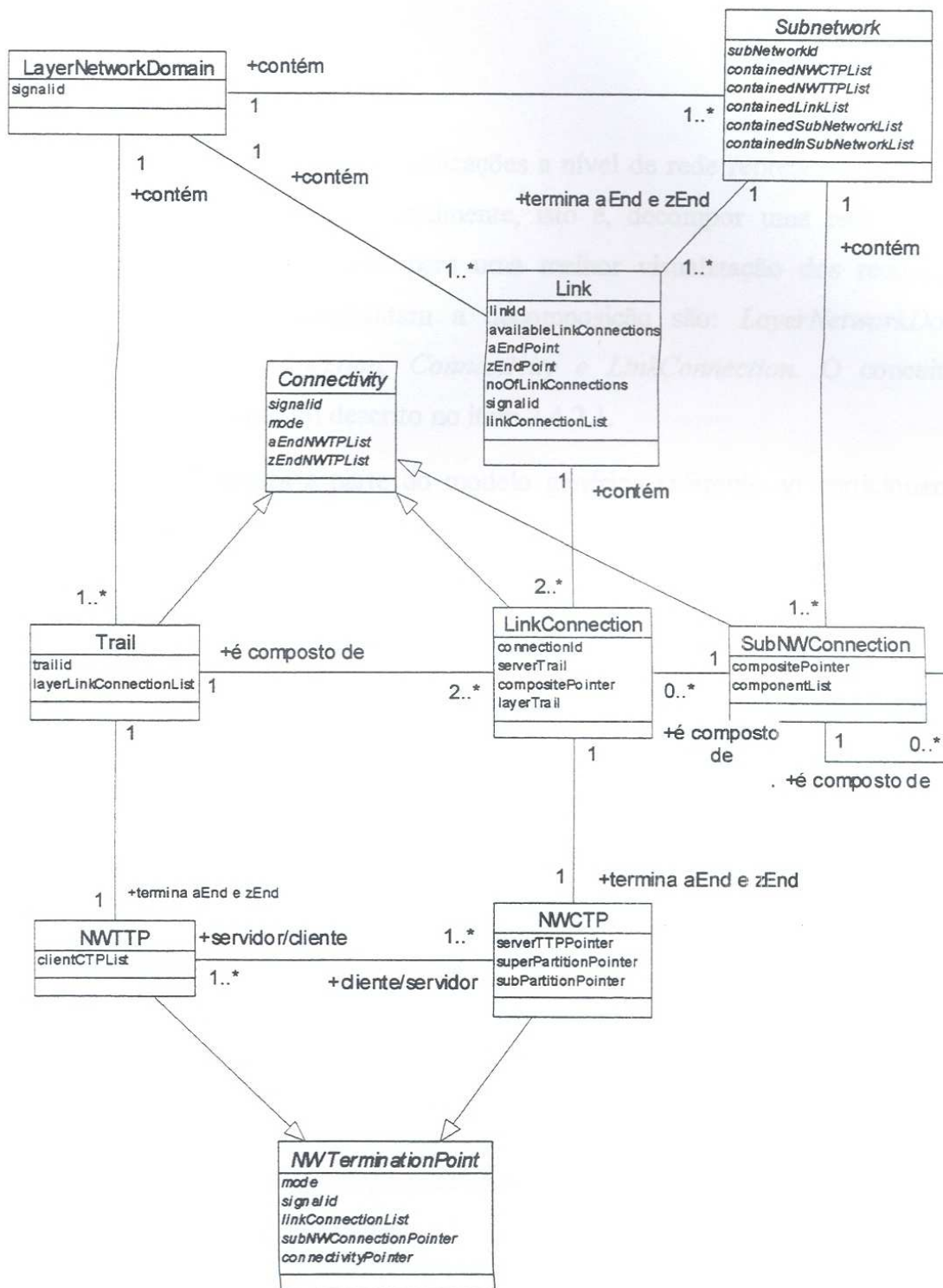


Figura 46 – Modelo de classes genérico para Redes de Transporte

A seguir é aplicado o método de mapeamento observando-se a divisão dos grupos de classes definidos no item 5.5.1.

5.6.1 Particionamento Horizontal

O modelo de informação de telecomunicações a nível de rede representa recursos que permitem subdividir a rede horizontalmente, isto é, decompor uma rede em tantas subredes quantas forem desejadas para uma melhor visualização dos recursos. As classes do modelo que possibilitam a decomposição são: *LayerNetworkDomain*, *SubNetwork* e *SubNWConnection*, *Connectivity* e *LinkConnection*. O conceito de particionamento horizontal foi descrito no item 2.4.2.1.

A figura Figura 47 mostra a parte do modelo genérico referente ao particionamento horizontal da rede.

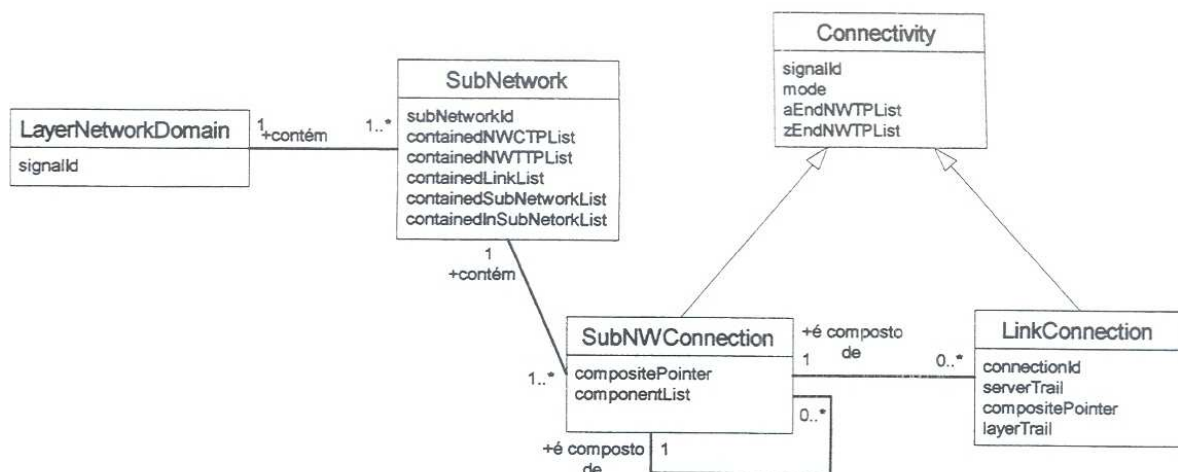


Figura 47 – Particionamento horizontal da rede

Segue a verificação destas classes e seus relacionamentos em tabelas, incluindo o mapeamento de atributos e as adequações necessárias ao domínio das variáveis, que são representados por colunas nas tabelas.

5.6.1.1 Connectivity

A classe *Connectivity* é uma classe abstrata da qual derivam as classes *SubNWConnection*, *Trail* e *LinkConnection*. Para cada uma destas subclasses será atribuída uma chave primária que será referência para a Tabela *Connectivity*, de acordo

com o método utilizado. Assim as classes derivadas serão dependentes da classe *Connectivity*.

Os atributos *aEndNWTP* e *zEndNWTP*, cuja definição é encontrada em 4.1.2.4, são listas com os respectivos pontos de terminação de conexão inicial e final. Um novo atributo deve ser acrescentado para especificar a subclasse dependente desta classe, chamado de *connectivityType*, como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela Connectivity

<u>connectivityId</u>	signalId	mode	lista: aEndNWTP (NWTerminationPoint)	lista: zEndNWTP (NWTerminationPoint)	connectivityType


 connectivityType

- Pode ser:
- Trail
- LinkConnection
- SubNWConnection

Tabela 3 – Connectivity

5.6.1.2 LayerNetworkDomain

Na forma de relação esta classe ganha mais um atributo, chamado de *layerNetworkId*, que permitirá a existência de vários domínios de camada de rede.

O atributo *signalId* define exclusivamente a Informação Característica a ser transmitida nesta camada de rede.

Tabela LayerNetworkDomain

<u>layerNetworkId</u>	signalId

Tabela 4 – LayerNetworkDomain

5.6.1.3 SubNetwork

Utilizada para descrever a rede, esta classe é a base para o particionamento da mesma em subredes de hierarquia menor. Permite a abstração de detalhes de uma subrede de nível inferior. É formada por conexões de link (*LinkConnection*) e conexões de subrede (*SubNetworkConnection*).

A classe *SubNetwork* é mapeada para uma tabela com atributos que são listas de outros objetos.

O mapeamento desta classe leva a representação dada pela Tabela 5. O tipo *lista* observado aqui em cada coluna da tabela foi discutido no 5.3.

Tabela SubNetwork

<u>subNetworkId</u>	lista:containedNWCTP (NWCTP)	lista:containedNWTP (NWTP)	lista:containedLink (LinkConnection)	lista:containedSubNetwork (SubNetwork)	lista:containedInSubNetwork (SubNetwork)

Tabela 5 – SubNetwork

Os atributos *containedSubNetworkId* e *containedInSubNetworkId* são referências para a tabela SubNetwork. Estas referências são concretizadas na criação/alteração de subredes, de forma dinâmica.

5.6.1.4 SubNWConnection

Descreve a associação entre pontos *A-end* e *Z-end* para pontos de terminação de conexão de rede (*NWTCPS*) e pontos de terminação de trail de rede (*NWTPs*).

A Tabela 6 (a) mostra a classe *SubNWConnection* mapeada em uma relação. A coluna *componentPointer* é uma lista de dois tipos de dados possíveis cujas referências são *SubNWConnection* e *LinkConnection*. Assim, é necessário a separação da referida coluna em duas com referências isoladas, conforme mostra a Tabela 6 (b).

Tabela SubNWConnection

(a)

<u>subNWConnectionId</u> (Connectivity)	compositePointer (SubNWConnection)	lista:componentList (SubNWConnection) (LinkConnection)

Tabela SubNWConnection

(b)

<u>subNWConnectionId</u> (Connectivity)	compositeSubNWConnection (SubNWConnection)	lista:componentSubNWConnection (SubNWConnection)	lista:componentLinkConnection (LinkConnection)

Tabela 6 – SubNWConnection

Observe-se que o atributo *subNWConnectionId* é uma referência à tabela *Connectivity* (chave estrangeira).

5.6.2 Estrutura em Camadas

Como ilustrado pela Figura 17, o conceito de subdivisão da rede em várias camadas é uma forma de simplificar a descrição da rede, de tal forma que é possível abstrair-se de detalhes de granularidade que tornam a gerência de rede a nível de rede ainda mais complexa. Em contrapartida, a recursividade conseguida com o modelo de dados estruturado em camadas é um facilitador para a construção de sistemas de gerência, que resultam no uso do relacionamento de camadas cliente/servidor.

O diagrama ilustrado pela Figura 48, mostra as classes envolvidas com particionamento vertical da rede, isto é, a subdivisão da rede em camadas.

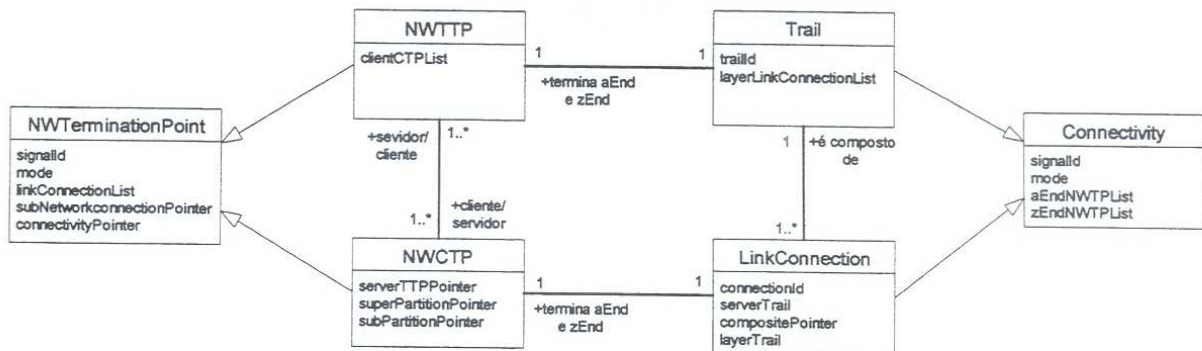


Figura 48 – Classes que permitem estruturar a rede em camadas

As classes de objetos *NWTP* e *NWCTP* permitem estruturar a rede em camadas ditas cliente/servidor. Isto é, permite que circuitos e links de velocidade mais baixa sejam agrupados para prover um canal de comunicação (ou *trail*) de banda mais ampla. Permite ainda que sejam mapeados os diversos canais de comunicação suportados por um mesmo link.

A classe *NWTerminationPoint* é uma classe abstrata da qual derivam as classes *NWTP* e *NWCTP*. Esta classe terá um novo atributo chamado *nwTPTType* para especificação do tipo de ponto de terminação da classe subordinada.

5.6.2.1 NWTerminationPoint

Representa a terminação de uma entidade de transporte. Pode ser uma terminação de *trail* (*TTP*) ou uma terminação de conexão de *link* (*TCP*).

A Tabela 7 (b) mostra a inclusão do atributo *nwTPTType*, identificador do tipo de ponto de terminação utilizado pelas classes subordinadas. O atributo *connectivityPointer* desta classe é um ponteiro para um *trail* ou uma conexão de link (*linkConnection*) – ver Tabela 7 (a). Observando o domínio único da relação, isto é, o tipo de dado em cada coluna, foi adicionado uma coluna com a chave estrangeira *connectivityTrail* (referência à *trailId* da tabela *Trail*) e uma coluna com a chave estrangeira *connectivityLinkConnection* (referência à *linkConnectionId* da tabela *LinkConnection*), conforme Tabela 7 (b).

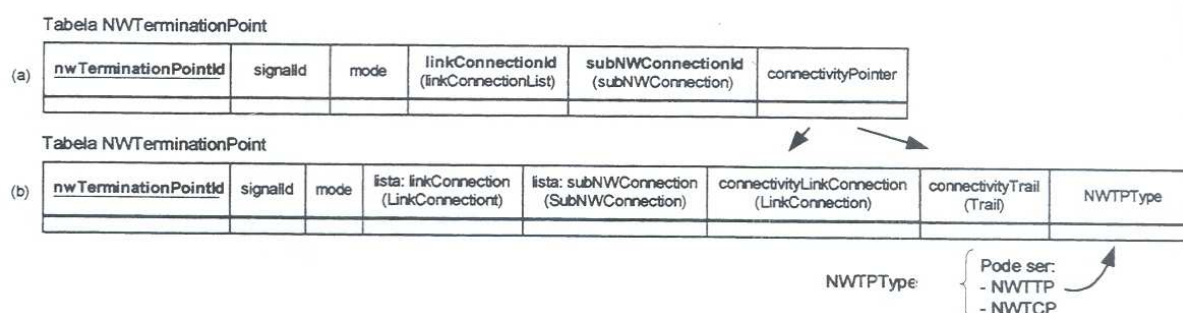


Tabela 7 – NWTerminationPoint

5.6.2.2 NWCTP

Classe que origina/termina conexões de link e/ou conexões de subrede. A Tabela 8 mostra a classe *NWCTP* mapeada em uma tabela. O atributo *nwTTPId* substituiu o atributo chamado *serverTTPPointer* por se tratar de uma referência externa à tabela *NWTPP*.

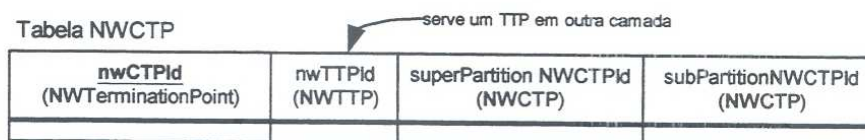


Tabela 8 – NWCTP

O atributo *nwCTPId* é uma referência externa à chave primária *nwTerminationPointId* da tabela *NWTerminationPoint*.

5.6.2.3 NWTTP

Classe que terminam *trails*, ou seja, são os pontos finais de um circuito de transporte. Foi mapeada como uma tabela e é mostrada na Tabela 9.

Tabela NWTTP

nwTTPId (NWTerminationPoint)	lista: clientNWCTP (NWCTP)

Tabela 9 – NWTTP

Esta é uma classe derivada da classe *NWTerminationPoint*. Deste modo, possui o atributo *nwTTPId* que é referência externa à chave primária da tabela *NWTerminationPoint*.

5.6.3 Conectividade

A conectividade da rede é expressa pelas classes representadas pelo diagrama na Figura 49.

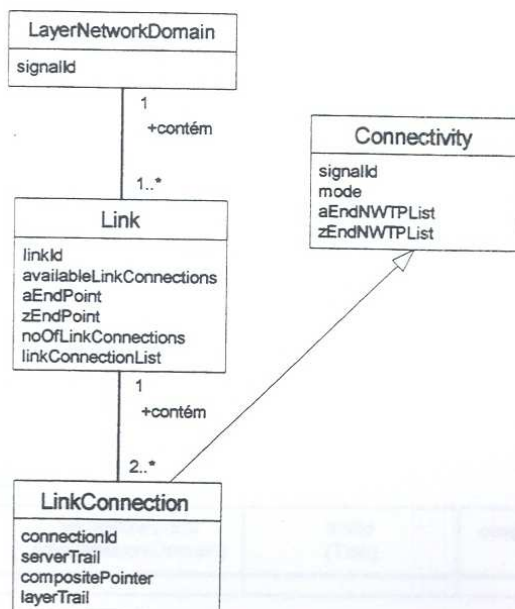


Figura 49 – Classes relacionadas a conectividade da rede

O mapeamento da classe *LayerNetworkDomain* já foi dado anteriormente conforme mostrou a Tabela 4, no item 5.6.1.2.

5.6.3.1 Connectivity

A classe *Connectivity* é superclasse da classe *LinkConnection*, e o seu mapeamento objeto-relacional foi dado no item 5.6.1.1.

5.6.3.2 Link

A classe *Link* descreve topologicamente a posição entre duas subredes ou uma subrede e um conjunto de pontos de acesso, ou ainda, entre dois conjuntos de pontos de acesso. Tem a finalidade de transferir a informação característica de um ponto *aEnd* até um ponto *zEnd*.

Tabela Link						
(a)	<u>linkId</u>	availableLinkConnections	aEndPoint (LinkConnection)	zEndPoint (LinkConnection)	noOfLinkConnections	signalId LinkConnectionList
Tabela Link						
(b)	<u>linkId</u>	availableLinkConnections	aEndPoint (LinkConnection)	zEndPoint (LinkConnection)	noOfLinkConnections	signalId lista: linkConnection (LinkConnection)

Tabela 10 – Link

O atributo *linkConnectionList* – Tabela 10 (a) – foi mapeado para uma lista onde é referenciado a tabela *LinkConnection* – Tabela 10 (b). Identifica todas as conexões de *link* que pertencem a este link.

5.6.3.3 LinkConnection

Responsável pela transferência de informação entre pontos de terminação de conexão de rede (*NWCTP*) de forma transparente.

Tabela LinkConnection			
<u>linkConnectionId</u> (Connectivity)	layerNetworkId (layerNetworkDomain)	trailId (Trail)	compositeSubNWConnection (subNWConnection)

Tabela 11 – LinkConnection

A Tabela 11 mostra o mapeamento direto da classe *LinkConnection*. A classe *LinkConnection* herda as características da classe *Connectivity*. Logo, de acordo com o método de mapeamento de herança entre classes, o atributo *linkConnectionId* é uma referência externa à tabela *Connectivity* (chave estrangeira) – classe da qual é derivada.

Finalmente, com o mapeamento do atributo *serverTrail* – ver Figura 49, para *trailId* que é referência externa à tabela *Trail*, obtém-se o mapeamento final da relação *LinkConnection*, mostrado na Tabela 11.

5.6.4 Transporte

Dentre as entidades do modelo genérico de gerência de rede, a entidade *Trail* tem a especial função de transportar a informação característica através da rede. Pode-se escrever que um *trail* é o canal de comunicação entre dois ou mais pontos que garante o transporte de dados.

A Figura 50 mostra o relacionamento das entidades de transporte associadas com a classe *Trail*, responsável pela transferência da informação característica.

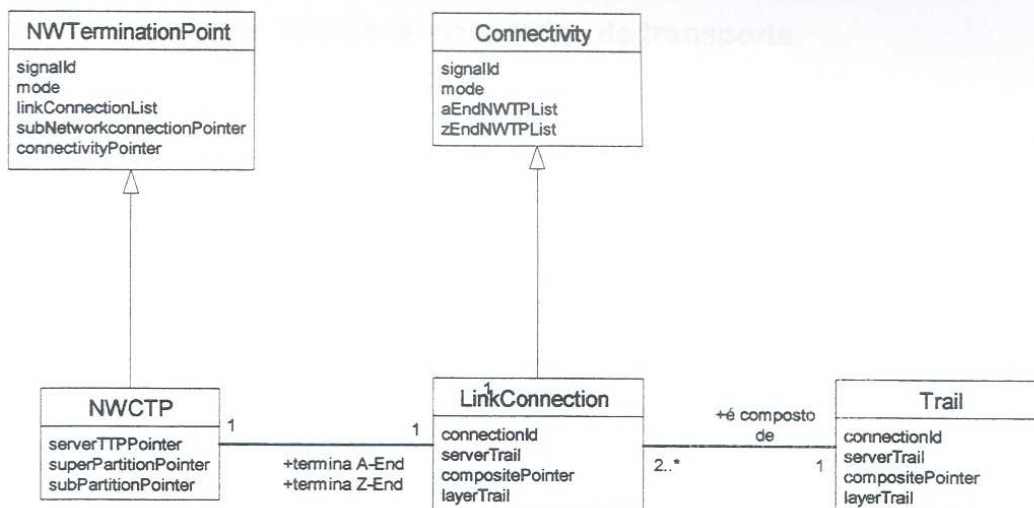


Figura 50 – Entidades de transporte da rede

Neste item será descrito apenas o mapeamento da classe *Trail*, visto que as demais já foram mapeadas e descritas anteriormente.

5.6.4.1 Trail

Responsável pela integridade da transferência da informação característica, em uma camada de rede servidora, através de pontos de acesso nesta camada. Define a associação entre pontos de acesso na mesma camada.

É mapeada para o modelo relacional conforme a Tabela 12.

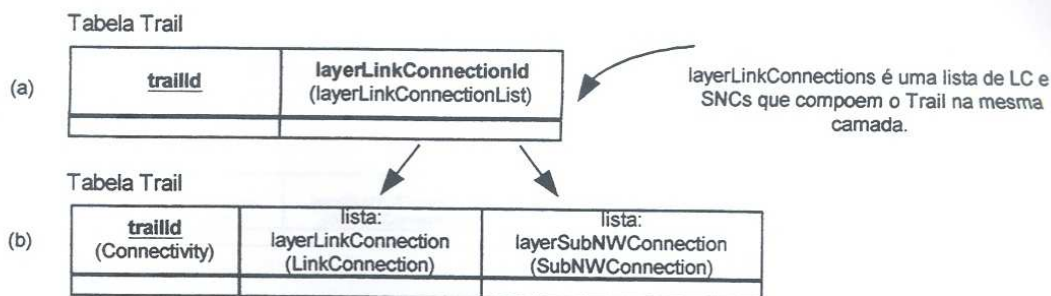


Tabela 12 – Trail

Na Tabela 12 (b) anterior, o atributo *trailId* é uma referência externa à tabela *Connectivity* e atributo *connectivityId*.

5.7 Modelo de dados relacional para redes de transporte

A Figura 51 mostra todas as relações do modelo genérico de gerência de rede. Neste diagrama podemos observar a repetição de atributos em várias relações. Isto ocorreu devido à forma adotada de mapeamento da relação de herança. O método de herdar os atributos da super classe determinou que várias tabelas tivessem os mesmos nomes de atributos.

Tabela Connectivity

<u>connectivityId</u>	signalId	mode	lista: aEndNWTP (NWTerminationPoint)	lista: zEndNWTP (NWTerminationPoint)	connectivityType

connectivityType

Pode ser:

- Trail
- LinkConnection
- SubNWConnection

Tabela Trail

<u>trailId</u> (Connectivity)	lista: layerLinkConnection (LinkConnection)	lista: layerSubNWConnection (SubNWConnection)

Tabela LinkConnection

<u>linkConnectionId</u> (Connectivity)	layerNetworkId (layerNetworkDomain)	trailId (Trail)	compositeSubNWConnection (SubNWConnection)

Tabela SubNWConnection

<u>subNWConnectionId</u> (Connectivity)	compositeSubNWConnection (SubNWConnection)	lista: componentSubNWConnection (SubNWConnection)	lista: componentLinkConnection (LinkConnection)

Tabela NWTerminationPoint

<u>nwTerminationPointId</u>	signalId	mode	lista: linkConnection (LinkConnection)	lista: subNWConnection (SubNWConnection)	connectivityLinkConnection (LinkConnection)	connectivityTrail (Trail)	NWTPType

Tabela NWTP

<u>nwTTPId</u> (NWTerminationPoint)	lista: clientNWCTP (NWCTP)

NWTPType

Pode ser:

- NWTP
- NWCTP

Tabela NWCTP

<u>nwCTPId</u> (NWTerminationPoint)	nwTTPId (NWTP)	superPartitionNWCTPId (NWCTP)	subPartitionNWCTPId (NWCTP)

serve um TTP em outra camada

Tabela LayerNetworkDomain

<u>layerNetworkId</u>	signalId

Tabela SubNetwork

<u>subNetworkId</u>	lista: containedNWCTP (NWCTP)	lista: containedNWTP (NWTP)	lista: containedLink (LinkConnection)	lista: containedSubNetwork (SubNetwork)	lista: containedInSubNetwork (SubNetwork)

Tabela Link

<u>linkId</u>	availableLinkConnections	aEndPoint (LinkConnection)	zEndPoint (LinkConnection)	noOfLinkConnections	signalId	lista: linkConnection (LinkConnection)

Figura 51 – Modelo de dados relacional para redes de transporte

Conforme observado na Figura 51, a Tabela *Connectivity* possui as colunas *signalId*, *mode*, *aEndNWTP*, *zEndNWTP* e *connectivityType*. Observa-se, primeiramente, a coluna *connectivityType*, este atributo resolve a especialização da Tabela *Connectivity*; pois esta classe era uma classe abstrata no modelo OO da qual outras classes herdavam seus atributos (estas classes eram: *Trail*, *LinkConnection* e *SubNWConnection*) – isto conclui o relacionamento de herança. Quanto ao relacionamento com outras classes, isto pode ser observado nas colunas da tabela que possui referência externa – neste caso 3

Tabela *NWTerminationPoint*, que é o relacionamento entre os recursos gerenciados reais e não um relacionamento advindo do método de mapeamento.

Para a Tabela *Trail*, mostrada na Figura 51, o relacionamento com as Tabelas *LinkConnection* e *SubNetworkConnection* é de um-para-muitos. Observe-se que os atributos *layerLinkConnection* e *layerSubNetworkConnection* implementam este relacionamento através de *listas*⁹. O relacionamento com a Tabela *Connectivity* é de especialização, pois um *trail* é um tipo de conexão formada por conexões de link e conexões de subrede e faz parte de uma determinada camada de rede, que determina sua taxa de transmissão. Um *trail* tem nas suas extremidades pontos de terminação de conexão, e isto está representado no relacionamento entre a Tabela *Trail* e a Tabela *NWTerminationPoint* – que é uma generalização dos pontos de terminação de conexão e pontos de terminação de *trail*.

A seguir é descrito o modelo Entidade-Relacionamento para rede de transporte baseado no conjunto de tabelas mostrado na Figura 51.

5.7.1 Modelo Entidade-Relacionamento

A obtenção do modelo Entidade-Relacionamento foi possível a partir das tabelas descritas na Figura 51.

No processo de mapeamento objeto-relacional foram mapeados os relacionamentos entre os objetos. Deste modo, as tabelas e suas colunas que foram mapeadas têm implicitamente os relacionamentos mapeados. Logo, é possível escrever um diagrama Entidade-Relacionamento baseado nos relacionamentos que são descritos pelas chaves estrangeiras de cada tabela.

O modelo Entidade-Relacionamento será apresentado em vários níveis e etapas por questões de clareza e didática. Numa primeira etapa são explorados os relacionamentos baseados nas chaves primárias que são chaves estrangeiras. Em seguida, um agrupamento é mostrado para clarificar o conceito de relacionamento baseado em generalização/especialização. Depois, é mostrado o relacionamento entre as classes

⁹ O uso de uma lista como um campo de tabela foi discutido no item 5.3.

agrupadas. Posteriormente, são descritos os relacionamentos gerais em termos de outras chaves estrangeiras do modelo de dados. Finalmente, o modelo Entidade-Relacionamento, no qual todos os relacionamentos entre as entidades, é apresentado.

Relacionamentos com chaves primárias

No modelo Entidade-Relacionamento, mostrado pela Figura 52, os relacionamentos entre as entidades foram definidos a partir do relacionamento de especialização encontrado no modelo orientado a objetos.

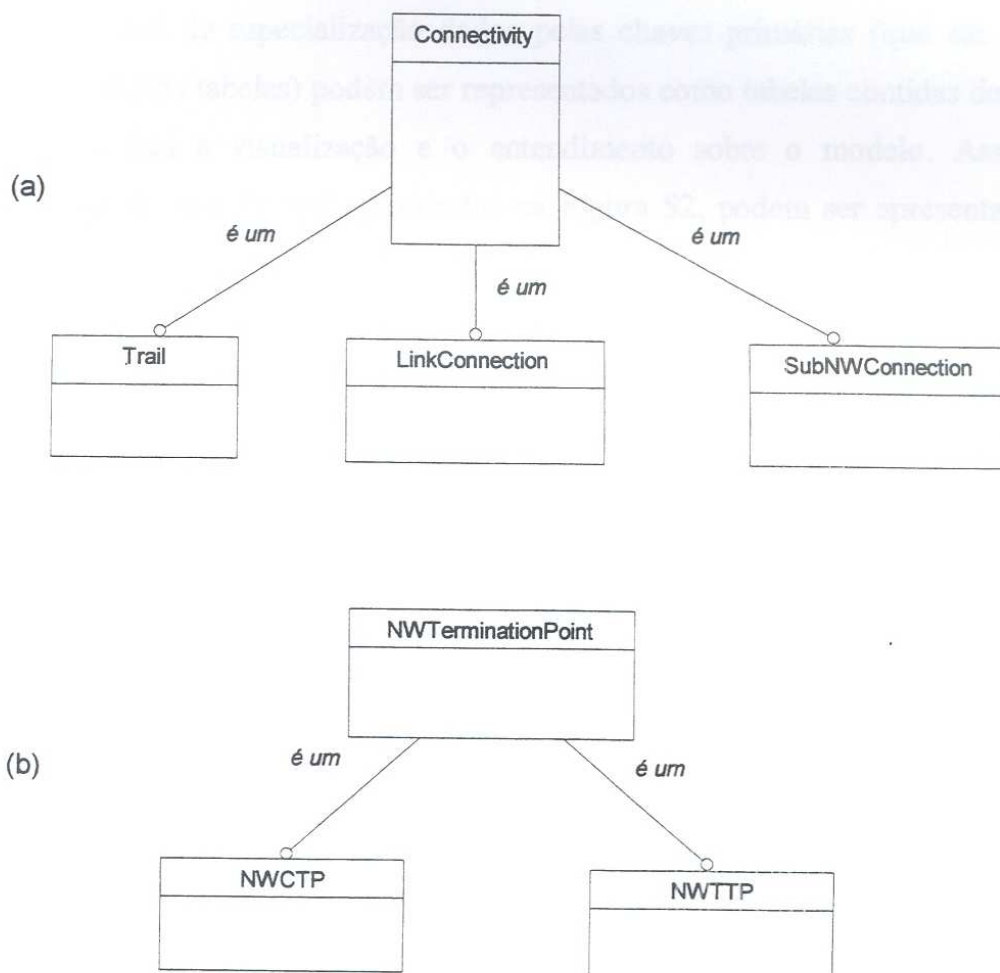


Figura 52 – Relacionamentos baseados em chaves primárias

A chave primária da tabela *SubNWConnection* é, na realidade, a chave primária da entidade *Connectivity*. De modo simplificado, todas as tuplas¹⁰ da tabela

¹⁰ É a denominação dada para cada linha da tabela.

SubNWConnection têm uma tupla correspondente na tabela *Connectivity*. O relacionamento entre estas entidades é mostrado na Figura 52 (a).

Conforme mostra a Figura 52 (b), a entidade *NWCTP* está associada a entidade *NWTerminationPoint* por um relacionamento de especialização. Em termos práticos, para toda tupla da tabela *NWCTP* terá uma tupla correspondente na tabela *NWTerminationPoint*.

Relacionamentos agrupados com base nas chaves primárias

Os relacionamentos de especialização dados pelas chaves primárias (que são chaves estrangeiras de outras tabelas) podem ser representados como tabelas contidas dentro de tabelas. Isto facilita a visualização e o entendimento sobre o modelo. Assim, os relacionamentos do tipo “é um”, mostrados na Figura 52, podem ser apresentados de acordo com a Figura 53.

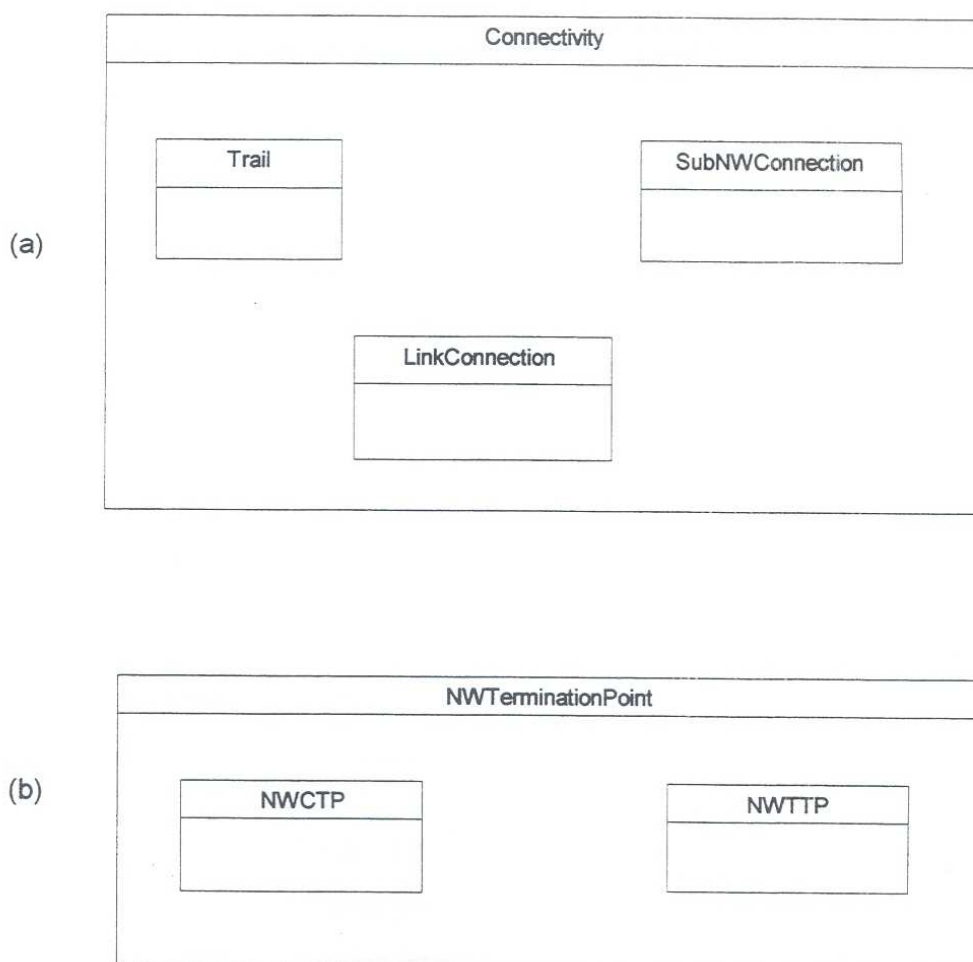


Figura 53 – Relacionamentos agrupados por chave primária

A Figura 53 (a) mostra a especialização da entidade *Connectivity* e a Figura 53 (b) mostra a especialização da entidade *NWTerminationPoint*.

Relacionamentos internos entre as entidades agrupadas

Utilizando os relacionamentos através de chaves estrangeiras que não são as chaves primárias, podemos estabelecer o relacionamento entre as entidades que estão dentro de outras entidades. Estes relacionamentos são mostrados na Figura 54.

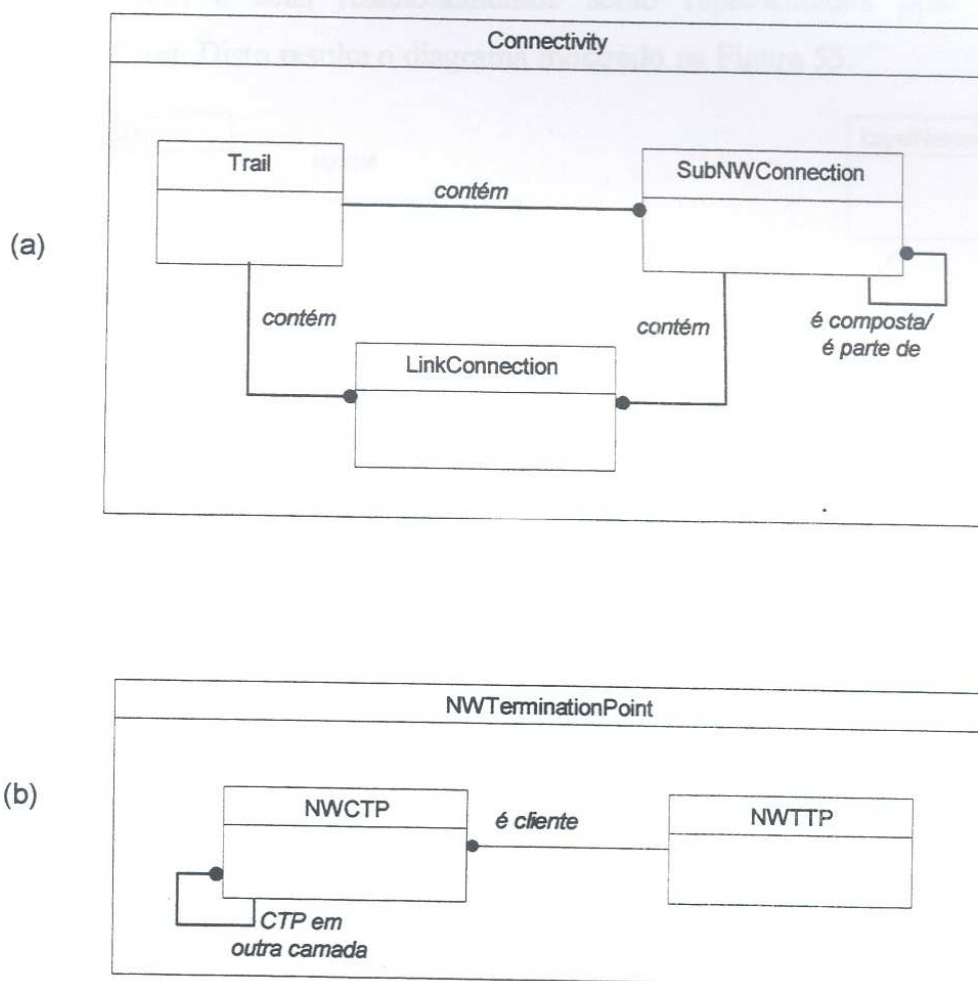


Figura 54 – Relacionamentos internos entre as entidades agrupadas

Conforme mostra a Figura 54 (a), a entidade *SubNWConnection* possui relacionamentos dos tipos: "é parte de" (faz parte de uma outra conexão de subrede) e "é composta por" (possui outras conexões de subredes internas).

Na Figura 54 (b), pode-se observar que a entidade *NWCTP* tem relacionamentos com *NWCTPs* tanto de ordem superior, se relacionando com camada de rede mais alta,

quanto de ordem inferior, se relacionando com camada de rede mais baixa (de menor velocidade).

Relacionamentos com as demais classes

As entidades *LinkConnection*, *Trail* e *SubNWConnection* fazem parte da entidade *Connectivity*. Logo, pode-se trabalhar os relacionamentos para estas entidades com sendo exclusivamente para a entidade *Connectivity*, simplificando a apresentação do modelo. De modo análogo, as entidades *NWCTP* e *NWTP* fazem parte da entidade *NWTerminationPoint*, e seus relacionamentos serão representados pela entidade *NWTerminationPoint*. Disto resulta o diagrama mostrado na Figura 55.

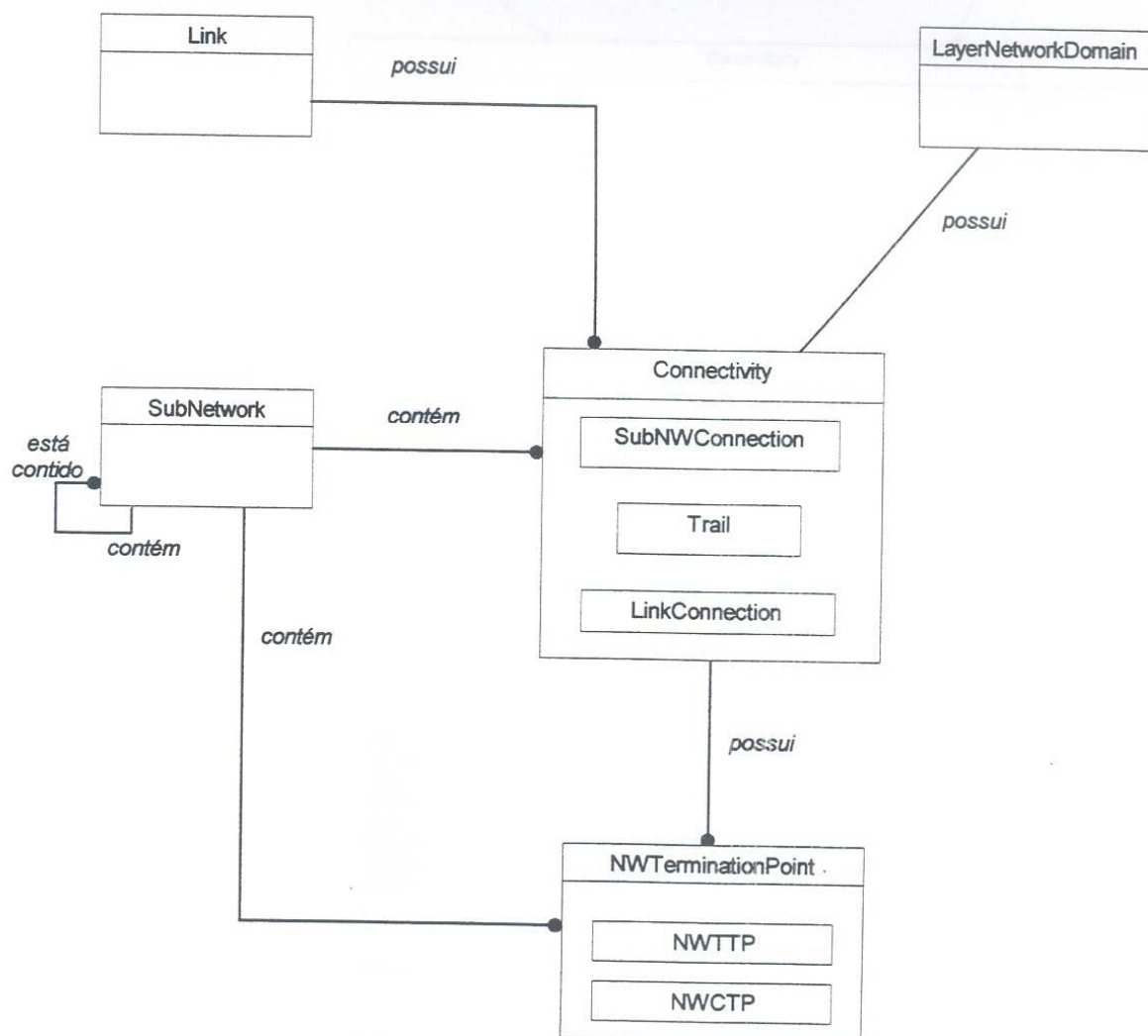


Figura 55 – Relacionamentos entre as entidades do modelo

Apresentação do modelo Entidade-Relacionamento

Após as demonstrações de relacionamentos construídas com base nas chaves estrangeiras do modelo de dados dado pela Figura 51, chega-se ao modelo Entidade-Relacionamento, mostrado pela Figura 56, que descreve os relacionamentos entre todas as entidades do modelo de dados bem como seus atributos.

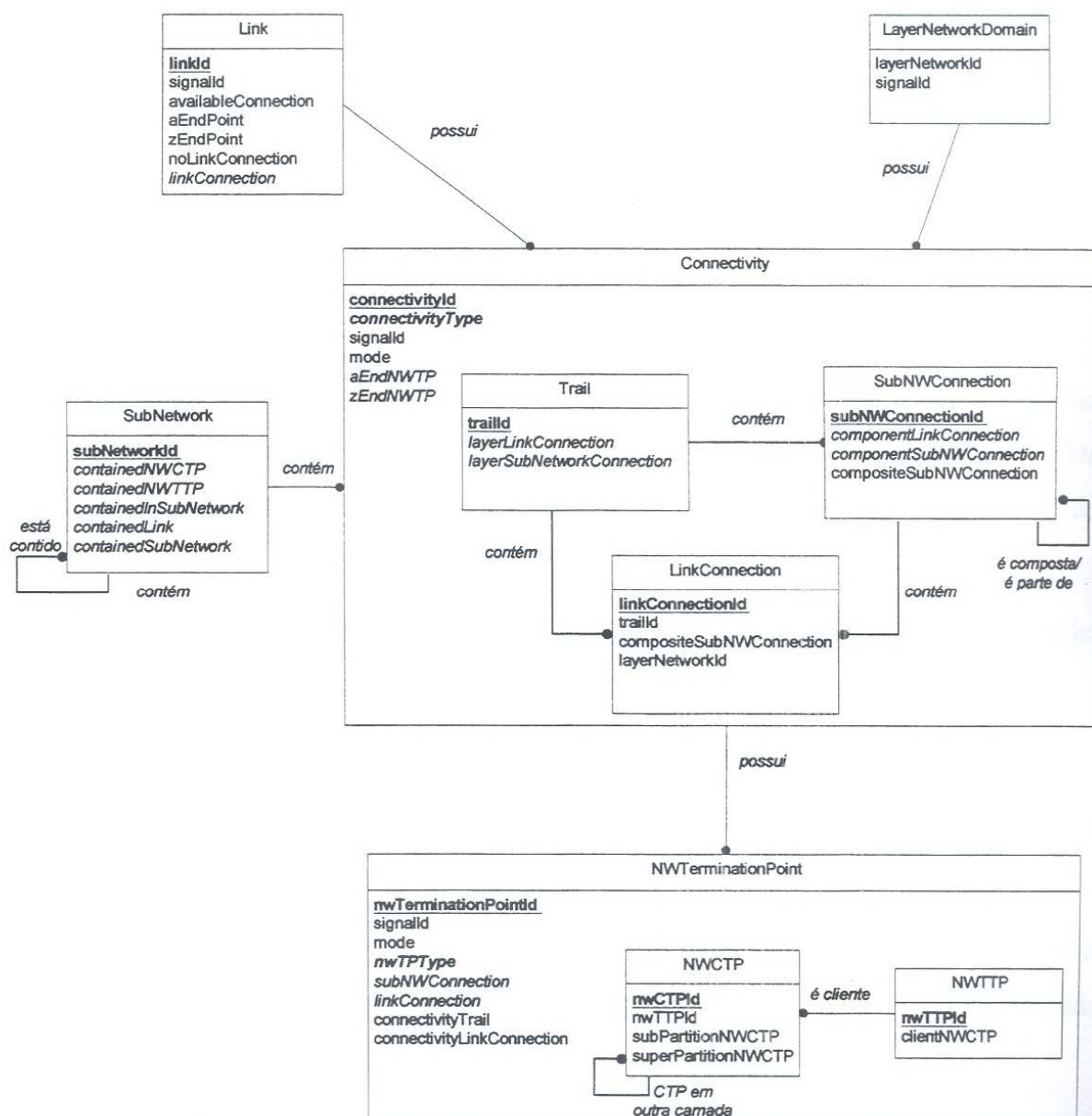


Figura 56 – Modelo Entidade-Relacionamento para redes de transporte

A Figura 56 mostra o diagrama Entidade-Relacionamento para a rede de transporte. Observa-se que a entidade *SubNWConnection* possui um relacionamento um-para-muitos com ela mesma. Isto é devido a característica de recursividade do modelo em

que uma subrede pode conter várias subredes e ao mesmo tempo estar contida outra subrede.

A entidade *Connectivity* possui três especializações que são as entidades: *Trail*, *SubNWConnection* e *LinkConnection*. Esta entidade tem relacionamento um-para-um com a entidade *LayerNetworkDomain*. Cada tupla da tabela *Connectivity* pode estar associada a várias entidades *NWTerminationPoint*. A entidade *Connectivity* também pode estar sendo referenciada pelas entidades *SubNetwork* ou *Link*, já que estas duas tabelas possuem atributos que são chaves estrangeiras da entidade *Connectivity*.

5.8 Experimento baseado no modelo relacional obtido

O modelo de dados relacional produzido deve ser capaz de armazenar informações de gerência de uma rede de telecomunicações. Neste item apresentamos um experimento de validação do modelo, onde os dados da rede de características definidas, serão armazenados em uma base de informação relacional, sendo que estas informações contemplem pelo menos uma característica de configuração: a criação de um circuito de dados.

O objetivo do experimento é armazenar informações inerentes a configuração da rede, conforme o modelo de dados produzido neste trabalho.

Para a consolidação desta tarefa foi utilizado o seguinte processo:

- Elaboração da arquitetura topológica conceitual da rede de telecomunicações experimental;
- Definição de variáveis principais dentro do objetivo a ser experimentado, tais como: tipos e quantidade de elementos de rede, capacidade básica de cada elemento, nomenclatura para cada elemento;
- Configuração inicial da rede, pressupondo uma base instalada e operacional para configuração; e
- Criação de um circuito fim-a-fim modelado segundo as definições apresentadas neste trabalho.

5.8.1 Rede Experimental

A rede experimental é formada por equipamentos com capacidade de multiplexação (multiplexadores) e por equipamentos com capacidade de roteamento (roteadores). Quatro multiplexadores com capacidade de 32 portas de usuários (+ 1 porta de rede a 2 Mbits/s) à uma taxa de 64 Kbits/s e mais três roteadores com capacidade de 4 portas de roteamento à uma taxa de 2 Mbits/s, foram utilizados para formar a rede de telecomunicações experimental. Outros aspectos dos equipamentos apresentados foram abstraídos neste experimento por serem apenas extensões das características de configuração de rede, e deverão ser abordados para o desenvolvimento e implantação de sistemas de gerência de rede.

A topologia da rede experimental é mostrada pela Figura 57. Três roteadores (Ra, Rb e Rc) conectados entre si à uma taxa de 2 Mbits/s; sendo que ao roteador (Ra) está conectado um multiplexador (Ma) de 32 portas com 64 Kbits/s cada, que perfaz 2 Mbits/s para circuitos de usuários (chamados de tributários – T). Ao roteador (Rb) estão conectados dois multiplexadores (Mc e Md) de igual capacidade; e, finalmente, ao roteador (Rc) está conectado o multiplexador (Mb).

Destacado e com linhas tracejadas encontra-se o circuito de dados do usuário, descrito pelo modelo de dados como *Trail*. A configuração deste recurso é dada mais adiante no item 5.8.3.

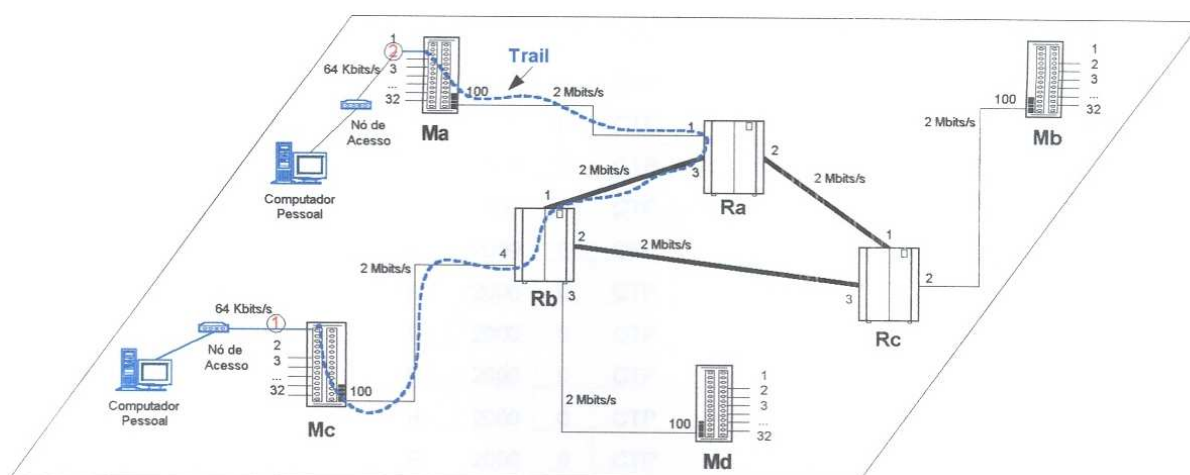


Figura 57 – Rede experimental

5.8.2 Configuração inicial do sistema

A configuração inicial (ou pré-configuração) determina o estado atual em que se encontram os parâmetros de configuração da rede experimental.

Inicialmente devem ser definidas (popular a base de dados) as portas físicas de cada equipamento, ou seja, deve-se mapear para a base de dados todas as portas físicas e seus respectivos equipamentos. As portas são denominadas pontos de terminação (*NWTerminationPoints*) simplesmente. Os pontos de terminação são apresentados pela Tabela 13, sendo que o quadro em destaque refere-se a pré-configuração. Por exemplo, a entrada 4 refere-se a porta 2 do elemento (Ma), tributário (T) e de 64 Kbps/s.

nwTerminationPointId	Elemento_Rede	Id_Porta	Porta_Tipo	signalId	mode	nwIPTType	subNWConnection	linkConnection	connectivityTrail	connectivityLinkConnection
3	Ma	1	T	64	0	CTP			0	0
4	Ma	2	T	64	0	CTP			0	0
5	Ma	3	T	64	0	CTP			0	0
6	Ma	4	T	64	0	CTP			0	0
7	Mb	1	T	64	0	CTP			0	0
8	Mb	2	T	64	0	CTP			0	0
10	Mb	4	T	64	0	CTP			0	0
11	Mc	1	T	64	0	CTP			0	0
12	Mc	2	T	64	0	CTP			0	0
13	Mc	3	T	64	0	CTP			0	0
14	Md	1	T	64	0	CTP			0	0
15	Md	2	T	64	0	CTP			0	0
16	Ma	100	R	2000	0	CTP			0	0
17	Mb	100	R	2000	0	CTP			0	0
18	Mc	100	R	2000	0	CTP			0	0
19	Md	100	R	2000	0	CTP			0	0
20	Ra	1	R	2000	0	CTP			0	0
21	Ra	2	R	2000	0	CTP			0	0
22	Ra	3	R	2000	0	CTP			0	0
23	Rb	1	R	2000	0	CTP			0	0
24	Rb	2	R	2000	0	CTP			0	0
25	Rb	3	R	2000	0	CTP			0	0
26	Rb	4	R	2000	0	CTP			0	0
27	Rc	1	R	2000	0	CTP			0	0
28	Rc	2	R	2000	0	CTP			0	0
29	Rc	3	R	2000	0	CTP			0	0
30	Ma	2	T	64	0	TTP	4		1	0
31	Mc	1	T	64	0	TTP	10		1	0

Tabela 13 – Tabela experimental *NWTerminationPoint*

Foram inseridos atributos no modelo de dados originalmente para contemplar características de aplicação do modelo a um sistema computacional. Na tabela experimental *NWTerminationPoint* foram inseridos os atributos: *Elemento_Rede*, *Id_Porta* e *Porta_Tipo*; na tabela experimental *Link*, foi inserido o atributo *Nome_Link*; na tabela experimental *Subnetwork* foi inserido o atributo *Nome_sr*; e, na tabela experimental *Trail* foi inserido o atributo *Nome_Circuito*.

Os links entre os equipamentos também fazem parte da configuração inicial, e são mapeados para o modelo de dados exatamente como *links*. Isto pode ser observado pela Tabela 14. Por exemplo, o *link* número 4 liga o roteador (Ra) ao roteador (Rb), com uma taxa de 2 Mbits/s, do ponto inicial descrito pela entrada 22 da tabela *NWTerminationPoint* ao ponto final descrito pela entrada 23 da tabela *NWTerminationPoint*.

linkId	Nome_Link	signalId	AvailableConnection	aEndPoint	zEndPoint	NoOfLinkConnection	linkConnectionList
1	Ma-Ra	64	32	16	20	0	
2	Ra-Rb	64	32	22	23	0	
3	Rb-Mc	64	32	26	18	0	
4	Ra-Rb	2000	0	22	23	1	
5	Ra-Rc	2000	0	21	27	1	

Tabela 14 – Tabela experimental *Link*

Para ilustrar o particionamento horizontal foram definidas algumas subredes dentro desta rede experimental, cuja representação é dada pela Figura 58 (a). As subredes em questão estão no mais baixo nível de particionamento, modelando as próprias matrizes de comutação dos equipamentos. Também é possível definir outras subredes mais abrangentes como a **subrede8**, destacada através de linhas pontilhadas na Figura 58 (a). Estas subredes puderam ser definidas previamente para ilustrar, por exemplo, um domínio administrativo, que em geral define fronteiras administrativas de redes de provedores de serviço diferentes mas que interoperam entre si.

Na Figura 58 (b), temos a representação da rede experimental, da qual são modelados as subredes e conexões apresentados na Figura 58 (a).

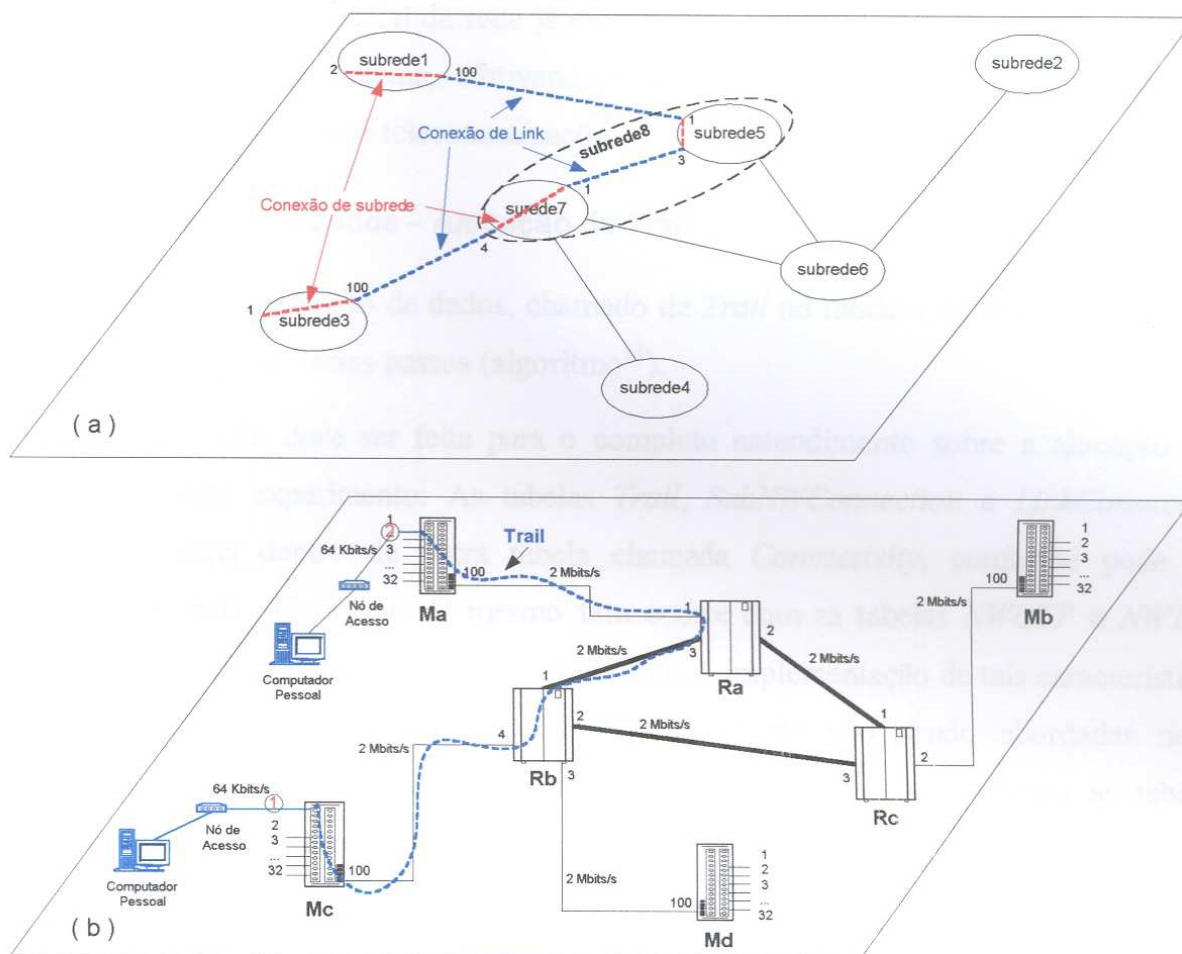


Figura 58 – Subredes modeladas

Com a configuração das subredes, definidas previamente, é populado a tabela *Subnetwork*, conforme mostrado na Tabela 15. Por exemplo, a entrada 8 da tabela descreve a **subrede7** na qual estão contidos os pontos de terminação, cujas entradas na tabela *NWTerminationPoint* são 23,24,25 e 26. Observa-se também que a **subrede7** está contida na **subrede8**, conforme atributo *containedInSubNWList* de valor 9.

subNetworkId	Nome_sr	ContainedNWCTP	ContainedNWTP	containedLink	containedSubNWList	ContainedInSubNWList
2	subrede1	3,4,5,6,16				
3	subrede2	7,8,9,10,17				
4	subrede3	11,12,13,18				
5	subrede4	14,15,19				
6	subrede5	20,21,22				9
7	subrede6	27,28,29				
8	subrede7	23,24,25,26				9
9	subrede8	20,21,22,23,24,25,26		1	6,8	

Tabela 15 – Experimento *Subnetwork*

Com a configuração inicial da rede já estabelecida podemos então configurar circuitos de dados dentro da mesma, efetivando um dos serviços essenciais da gerência de configuração de redes de telecomunicações.

5.8.3 Circuito de dados – Alocação de *Trail*

A criação de um circuito de dados, chamado de *Trail* no modelo de informação, é uma tarefa que envolve vários passos (algoritmo¹¹).

Uma observação deve ser feita para o completo entendimento sobre a alocação dos recursos neste experimento: As tabelas *Trail*, *SubNWConnection* e *LinkConnection* estão contidas dentro de outra tabela chamada *Connectivity*, conforme pode ser observado pela Figura 56. O mesmo fato ocorre com as tabelas *NWCTP* e *NWTTP* contidas dentro da tabela *NWTerminationPoint*. A implementação de tais características do modelo envolve um alto grau de complexidade não sendo abordadas neste experimento. Para tanto, neste procedimento serão referenciadas apenas as tabelas *Connectivity* e *NWTerminationPoint*.

O processo de alocação do circuito de dados é dado por um algoritmo de busca, que estabelece dentro das inúmeras possibilidades o melhor caminho de um ponto *aEnd* até um ponto *zEnd*. Admitimos para este experimento que escolha do caminho já foi previamente determinada, conforme linha tracejada na Figura 58 (b).

A alocação do circuito no modelo de dados compreende:

- 1) Criação das várias conexões de subrede (*SubNWConnections*) e conexões de link (*LinkConnections*) que fazem parte do caminho escolhido. Conforme pode ser observado na Tabela 16, as entradas de 4 a 10 da tabela experimental *Connectivity* descrevem o caminho do ponto origem (multiplexador Ma, porta 2) até o ponto destino (multiplexador Mc, porta 1). As ligações definidas pela matriz de comutação dos elementos são descritas pelas entradas 4, 6, 8 e 10; e, as conexões entre estas, definidas pelas entradas 5, 7 e 9.

¹¹ Na verdade, um programa deveria através de uma série de ações para estabelecer o circuito.

connectivityId	connectivityType	signalId	Mode	AEndNWTP	ZEndNWTP
1	subNWConnection	64	0	22	23
4	subNWConnection	64	0	4	16
5	linkConnection	64	0	16	20
6	subNWConnection	64	0	20	22
7	linkConnection	64	0	22	23
8	subNWConnection	64	0	23	26
9	linkConnection	64	0	26	18
10	subNWConnection	64	0	18	11

Tabela 16 – Experimento *Connectivity*

- 2) Criação da conexão entre os pontos de terminação de *Trail* desejados dentro da tabela *NWTerminationPoint*. Conforme pode ser observado na Tabela 17, as entradas 30 e 31 definem os dois pontos de terminação do *trail*.

NwTerminationPointId	Elemento_Rede	Id_Porta	Porta_Tipo	signalId	mode	nwTPType	subNWConnection	linkConnection	connectivityTrail	ConnectivityLinkConnection
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
29	Rc	3	R	2000	0	CTP			0	0
30	Ma	2	T	64	0	TTP	4		1	0
31	Mc	1	T	64	0	TTP	10		1	0

Tabela 17 – Terminação de *Trail* na tabela *NWTerminationPoint*

- 3) Criação do *Trail* propriamente dito. Conforme pode ser observado na entrada 1 da Tabela 18, o circuito “Curitiba-Lapa” é formado pelas subredes 5, 7 e 9 e pelas conexões de subrede 4, 6, 8 e 10.

trailId	Nome_Circuito	LayerLinkConnection	LayerSubNetworkConnection
1	Curitiba-Lapa	5,7,9	4,6,8,10

Tabela 18 – Experimento *Trail*

Com este experimento mostrou-se que o modelo de dados produzido é capaz de persistir os recursos de configuração de redes de telecomunicações, a nível de configuração.

5.9 Avaliação

5.9.1 Conjunto de tabelas produzido

O conjunto de tabelas produzido tem como principal característica a conformidade com o modelo OO. O relacionamento entre as diversas tabelas é concretizado através das chaves estrangeiras, que fazem referência a atributos em outras tabelas.

No aspecto de domínio de dados do modelo os vários atributos sofreram manipulações. Dentre os principais aspectos da abordagem visando o domínio de dados um deles se destacou pela sua dificuldade e aplicabilidade em sistemas na prática: a transformação de *listas* em colunas de tabelas. Para trabalhos futuros é sugerido um estudo mais amplo sobre os domínios de dados (tipos de atributos), pois estes são importantes tanto a nível de definição do modelo, quanto a nível de implementação do modelo.

O modelo Entidade-Relacionamento reproduz o conhecimento das relações entre os recursos gerenciáveis da rede. Além do relacionamento entre os recursos, este modelo apresenta as cardinalidades associadas a cada recurso de rede, contribuindo para um melhor aprofundamento da prática de projeto lógico de banco de dados.

5.9.2 Método Utilizado

A escolha da representação relacional deve ser flexível e simples o bastante para permitir a abstração no momento de mapeamento e produção do novo modelo. Aspectos formais desta representação devem ser introduzidos posteriormente ao modelo, pois tendem a levar o projetista a situações mais complexas de análise, inibindo a abstração necessária dos dados e recursos do modelo objeto.

A definição de domínios é importante no sentido de preservar a integridade dos dados mediante as operações que incidem sobre os mesmos. Na fase de aplicação do método de mapeamento é recomendável realizar algumas abstrações sobre tipos de dados. Isto porque, da mesma forma que tipos de dados definidos por linguagens manipulativas (como SQL) têm sua implementação mapeada de forma diferente a nível de sistema operacional, os tipos especificados no modelo podem ser abstraídos dos tipos existentes nas linguagens comuns. Esta prática permite se ater a questões mais relevantes no

mapeamento objeto-relacional, como por exemplo, o mapeamento de relações complexas existentes no modelo OO.

Para a aplicação do método em questão, uma boa prática é a divisão do modelo OO, agrupando classes por alguma afinidade peculiar. Isto pode ser conseguido, observando-se que determinados grupos de recursos têm grande interação entre seus elementos, para permitir que uma determinada característica seja alcançada ou uma determinada função realizada. Como exemplo podemos citar o particionamento horizontal que foi utilizado no item 5.6.1, que associa fortemente as classes *LayerNetworkDomain*, *SubNetwork* e *SubNWConnection*, *Connectivity* e *LinkConnection*.

5.9.3 Avaliação sobre o experimento

Com o experimento apresentado no item 5.8, enfatizou-se que o modelo de dados produzido é capaz de persistir os recursos de configuração de redes de telecomunicações, a nível de configuração. A implementação de um sistema de gerência de rede baseado no modelo apresentado requer a inserção de campos adicionais nas tabelas, para garantir a funcionalidade desejada.

6 CONCLUSÃO

A complexidade topológica das redes de telecomunicações faz com que os modelos de informação para estas redes sejam de alta complexidade. Organismos internacionais têm tentado padronizar e propor soluções para esta complexidade, na maioria das vezes ditando padrões para a construção de sistemas.

As Recomendações, dentre elas a I-ETS 653, propõem modelos orientados a objetos para a gerência de rede que são complexos e difíceis de serem interpretados e implementados, sobre tudo pela generalização com que são propostos. Isto é, um sistema a ser desenvolvido que siga uma determinada recomendação terá que ser amplamente trabalhado e especializado para prover todas as funcionalidades necessárias para a rede em questão. Isto se deve ao fato de uma associação do tipo generalização abstrair detalhes importantes do modelo de informação. Em contrapartida, as recomendações propostas por órgãos padronizadores (como o I-ETS e ITU-T), quando bem interpretadas e aplicadas na produção de modelos de informação, se tornam grandes aliadas na completude e eficiência do modelo. Quanto mais o modelo de informação se aproxima dos modelos recomendados, menor é a possibilidade deste modelo não atender os requisitos mínimos da gerência de rede.

Neste trabalho foi discutida a Recomendação I-ETS 653, que trata do modelo de informação genérico para redes de telecomunicações. A discussão e a representação através de diagrama, desta biblioteca de classes, foi uma das contribuições deste trabalho, e isso vem facilitar o entendimento sobre modelos de informação, que era um dos objetivos propostos.

O paradigma orientado a objetos vem se sobressaindo ultimamente devido, principalmente à sua proximidade com o mundo real, isto é, ao grande poder de mapeamento de objetos do mundo real para objetos no mundo lógico. Podendo até mesmo representar logicamente o comportamento destes objetos. Entretanto, na prática, a construção de sistemas orientados a objetos têm encontrado uma grande barreira técnica: o armazenamento dos objetos.

Em contrapartida, grande parte da produção de sistemas utilizam o sistema ou modelo relacional de dados para armazenamento. Com uma tecnologia bem sedimentada e um grande conhecimento aplicado, tais modelos (relacionais) têm se mantido em pauta durante os últimos anos. A facilidade e conhecimento aprimorado nos últimos anos torna a metodologia de armazenamento de dados um padrão *de-fato*.

O mapeamento objeto-relacional do modelo de informação de rede, outra contribuição deste trabalho, vem colaborar com a força da metodologia orientada a objetos para projeto de sistemas de gerência e com a facilidade de implementação de modelos relacionais. O enfoque genérico adotado no modelo I-ETS6 653 permite que o modelo relacional obtido seja a base para qualquer sistema de gerência de rede.

A transmissão de dados e informações têm crescido em larga escala nas últimas décadas e com isso tem aumentado também o número de fabricantes de equipamentos de rede. O aumento e a evolução de equipamentos de transmissão tem feito com que sejam desenvolvidos inúmeros sistemas de gerência, na maioria das vezes, um para cada fabricante. No sentido de integrar as gerências destes equipamentos diferentes, a TMN padronizou uma série de funções, bibliotecas e modelos de informação que deveriam ser adotados pelos fabricantes de equipamentos de transmissão. De fato, esta padronização não tem ocorrido e cada fabricante provê o seu sistema de gerência, dificultando a operação e manutenção dos múltiplos sistemas de gerência de rede e das suas redes de telecomunicações, respectivamente. No entanto, foi apresentado um modelo relacional de informação que vem possibilitar a construção de sistemas de gerência de rede, de um modo mais fácil e utilizando uma tecnologia já sedimentada no mercado. A visão deste modelo relacional de informação, obtido através do mapeamento objeto-relacional da Recomendação I-ETS 653, é a visão de rede.

Isto vem possibilitar o projeto de sistemas de gerência que integrem mais de um sistema de gerência, ou seja, o modelo genérico de informação obtido é capaz de representar elementos físicos e lógicos de redes de fabricantes diferentes¹², gerenciados por sistemas de gerência de rede diferentes.

¹² Normalmente, as redes de fabricantes diferentes inter-operam, enquanto que os sistemas de gerência não o fazem.

A complexidade dos modelos propostos pelos organismos internacionais dificultam a aplicação de um método puro e simplesmente. Neste sentido, foram traçadas diretrizes para a aplicação do método de mapeamento objeto-relacional. Estas diretrizes e o processo de mapeamento discutidos neste trabalho poderão ser aprimoradas em trabalhos futuros, visando principalmente, manter a consistência e generalidade entre os modelos.

O experimento realizado contribuiu para uma visão prática dos conceitos inerentes a conectividade do modelo relacional obtido bem como a validação do mesmo. Aspectos de implementação e validação, como por exemplo: simulação e técnicas de medidas poderão ser aprofundadas futuramente.

Para trabalhos futuros é sugerido um estudo mais amplo sobre os domínios de dados (tipos de atributos), pois estes são importantes tanto a nível de definição do modelo, quanto a nível de implementação do modelo. A formalização do modelo através da álgebra ou cálculo relacional também podem ser explorados em trabalhos futuros.

Finalmente, conclui-se que o modelo Entidade-Relacionamento reproduz o conhecimento das relações entre os recursos gerenciáveis da rede. Além do relacionamento entre tais recursos, este modelo apresenta as cardinalidades associadas a cada recurso de rede, contribuindo para um melhor aprofundamento da prática de projeto lógico de banco de dados e, conseqüentemente, contribuindo para o projeto de sistemas de gerência de telecomunicações a nível de rede.

7 BIBLIOGRAFIAS

7.1 Referências Bibliográficas

- [ABITEBOUL95] Abiteboul, S; Hull, Richard; Vianu, Victor. "Foundations of databases". Addison-Wesley. 1995.
- [AF-NM-0058] ATM Forum. "M4 Network-View Interface Requirements, and Logical MIB". 1996.
- [AMBLER99] Ambler, Scott W. "Mapping Objects To Relational Databases". Cambridge University Press. 1999.
- [BLAHA98] Blaha, Michael. "Object-oriented modeling and design for database applications". Editora Prentice-Hall. 1998.
- [BOOCH00] Booch, Grady. "The Complete UML Training Course". Editora Prentice-Hall. 2000.
- [CIM99] CIM. "Common Information Model specification v2.2". DMTF – Distributed Management Task Force, Inc. June, 1999.
- [DATE2000] Date, C. J. "Introdução a Sistemas de Banco de Dados". Editora Campus. 2000.
- [DONNELLY99] Donnelly, W. "Managing Multiprovider Networks". Computer Communications 22 – 1628-1632. 1999.
- [ETR269] ETSI Technical Report. "Transmission and Multiplexing; Network level information modeling". 1996.
- [FOSTER99] Foster, Arthur; Moser, Tomas; Schukat, Horst. "Comparison of Q3nn Interface Management Information Models". Alcatel Technical Report. 1999.
- [G.803] ITU-T Recommendation G.803. "Architectures of Transport Networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)". 1993.
- [G.805] ITU-T Recommendation G.805. "Architecture of Transport Networks". 1995.
- [I-ETS293] I-ETS 300 293. "Telecommunications Management Network (TMN): Generic Managed Objects". 1995.
- [I-ETS653] I-ETS 300 653. "Telecommunications Management Network (TMN): Generic managed object class library for the *network* level view". 1996
- [KELLER97] Keller, W. "Mapping Object to Tables: A Pattern Language". Proceedings of the 1997 European Pattern Languages of Programming Conference. 1997.

- [KELLER99] Keller, A. "Managing the Management: CORBA-Based Instrumentation of Management System". IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Management. Boston, USA, May 1999.
- [KORTH99] Silberchatz, Abraham; Korth, Henry; Sudarshan, S. "Sistema de Banco de Dados". Editora Makron Books. 1999.
- [M.3010] ITU-T Recommendation M.3010. "Principles for a telecommunications management *network*". 1996.
- [M.3020] ITU-T Recommendation M.3020. "TMN interface specification methodology". 1995.
- [M.3100] ITU-T Recommendation M.3101. "Generic *network* information model". 1992.
- [M.3200] ITU-T Recommendation M.3200. "TMN management services: overview". 1992.
- [M.3400] ITU-T Recommendation M.3.400. "TMN management functions". 1992.
- [MANSUR99] Mansur, Fábio. "Gerência Integrada de Redes de Serviços. Relatório Técnico da INATEL". 1999.
- [MILLER99] Miller, Rennée J.; Garofalakis, Minos N. "Very Large Databases". Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering. Webster, Ed. John Wiley & Associates, Inc. 1999.
- [PERICAS00] Pericas, Francisco A. "Proposta de um Modelo de Informação para a Gerência Dinâmica da Rede ATM baseado na Tecnologia Java JMX". Cefet-PR. 2000.
- [PORTO98] Porto, Fabio A. M.; Carvalho, Sergio R.; Silva, Mauricio J. V.; Melo, Rubens N. "Persistent Object Synchronization with Active Relational Databases". IEEE – Proceedings of the Technology of Object-Oriented Languages and Systems, 1998.
- [RUIZ99] Ruiz, Linnyer B; Penna, Manoel Camilo de O; Nocera, Karlo A; Ferreira, Mario J; Kaestner, Celso A; Passos, Joelson. "Configuration Management Integration for Telecommunications Networks: An Implementation Experiment". Lanon's - Rio de Janeiro. 1999.
- [RUMBAUGH91] Rumbaugh, J; Blaha, Michael; Premerlani W; Eddy, F; and Loren W. "Objected-Oriented Modeling and Design". Editora Prentice-Hall. 1991.
- [SATO96] Sato, Ken-ichi. "Advances in transport *network* technologies: photonic networks, ATM, and SDH" Artech House London. 1996
- [X.721] ITU-T Recommendation X.721. "Structure of management information: Definition of management information". 1992.
- [X.722] ITU-T Recommendation X.722. "Structure of management information: guidelines for the definition of managed objects". 1992.
- [X.725] ITU-T Recommendation X.725. "General Relationship Model". 1992.

7.2 Bibliografia de Apoio

- [G.702] ITU-T Recommendation G.702. "Digital hierarchy bit rates". 1988.
- [G.707] ITU-T Recommendation G.707. "Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)". 1996.
- [G.780] ITU-T Recommendation G.780. "Vocabulary of terms for synchronous digital hierarchy (SDH) networks and equipment". 1994.
- [G.784] ITU-T Recommendation G.784. "Synchronous digital hierarchy (SDH) management". 1994.
- [G.801] ITU-T Recommendation G.801. Digital transmission models. 1984.
- [G.831] ITU-T Recommendation G.831. Management capabilities of transport networks based on the Synchronous Digital Hierarchy (SDH). 1996.
- [I.311] ITU-T Recommendation I.311. "B-ISDN General Network Aspects". 1993.
- [I.326] ITU-T Recommendation I.326. "Functional Architecture of Transport Networks based on ATM". 1996.
- [I.610] ITU-T Recommendation I.610. B-ISDN Operation and Maintenance: Principles and Functions. 1995.
- [M.3101] ITU-T Recommendation M.3101. "Managed object conformance statements for the generic network information model". 1995.
- [M.3180] ITU-T Recommendation M.3180. "Catalogue of TMN management information". 1992.
- [OLIVEIRA98] Oliveira, Mauro; Franklin, Miguel; Sá, Adriano; Vidal, Marcelo. "Introdução à Gerência de Redes ATM". XVI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores. Rio de Janeiro. 1998.
- [X.200] ITU-T Recommendation X.200. "IT-OSI Basic Reference Model: The Basic Model". 1995.

ANEXOS

A Modelagem Relacional

A.1 Banco de Dados

É comum referir-se aos dados em um banco de dados como persistentes, ou seja, dados que não são de entrada ou saída, que não estão em filas de operação, que não são resultados intermediários e outros. Dados persistentes são aqueles que em geral são mantidos pelo sistema gerenciador do banco de dados – SGBD.

Podemos então definir banco de dados como uma coleção de dados persistentes utilizada pelos sistemas de aplicação [DATE2000].

O termo banco de dados ainda é empregado em duas formas ligeiramente diferentes, uma onde é chamado de banco de dados operacional, que contém dados operacionais; outra chamado de *warehouse*, ou armazém de dados, e que contém dados em larga escala extraídos de bancos de dados operacionais regularmente.

Em banco de dados uma entidade é qualquer objeto sobre o qual desejamos registrar informações. Até mesmo o relacionamento entre tais entidades pode ser considerado como tendo propriedades correspondentes as informações que desejamos registrar sobre elas.

A.2 Modelo de Dados

O modelo de dados é um outro modo de pensar sobre o que são realmente os dados e os bancos de dados. Os dados são *fatos dados* a partir dos quais se pode inferir fatos adicionais. Por sua vez um *fato dado* corresponde a um *proposição verdadeira* em lógica, mais precisamente cálculo proposicional [KORTH99].

Uma razão pela qual os sistemas de bancos de dados relacionais se tornaram dominantes no meio industrial e mundo acadêmico, é que eles admitem a interpretação de seus

dados de forma muito direta. Os sistemas relacionais se baseiam em uma teoria formal chamada modelo relacional de dados onde:

- Os dados são representados por meio de linhas em tabelas, e estas linhas são interpretadas diretamente como proposições verdadeiras;
- São fornecidos operadores para manipulação dos dados que incidem sobre as linhas de uma ou mais tabelas.

Um conceito de modelo de dados é que este seja uma definição abstrata, autônoma e lógica dos objetos, operadores e outros elementos que, juntos, constituem uma máquina abstrata com a qual os usuários interagem [DATE2000].

Uma outra definição sobre modelo de dados consiste de três componentes:

- 1) Uma coleção de tipos de objetos, que são os blocos básicos de construção do modelo de dados. A estrutura lógica do banco de dados que se enquadre no modelo é construída de objetos dos tipos definidos na coleção.
- 2) Uma coleção de operadores. Estes operadores fornecem um meio para manipular o banco de dados que é composto por casos válidos dos tipos de objetos. O efeito da aplicação de um desses operadores a um banco de dados, será de identificar algum subconjunto daquele banco de dados. Esse subconjunto poderá servir como base para uma variedade de operações, incluindo as definições de:
 - Um conjunto de dados que seja o resultado de uma consulta.
 - Um conjunto de dados a ser modificado ou eliminado.
 - Um conjunto de dados a ser acessado através de uma visão.
 - Direitos de acesso.
 - Exigências de estabilidade.
 - Escopo de uma operação de bloqueio.
 - Alguma restrição específica de integridade, além das restrições embutidas no próprio modelo de dados.

- 3) Uma coleção de regras de integridade, as quais restringem o conjunto de estados válidos dos bancos de dados que se enquadram no modelo. As regras gerais precisarão ser complementadas por um conjunto de regras. Essas regras mais específicas restringirão ainda mais o conjunto de estados válidos. Os modelos de dados constituem uma estrutura de referência onde os dados são organizados logicamente [DATE2000].

De modo geral e simplificado, *Tipos* de dados são (conjuntos de) coisas sobre as quais podemos falar. *Relações* são (conjuntos de) coisas que dizemos a respeito das coisas sobre as quais podemos falar.

A.2.1 Modelo Relacional

A abstração dos dados de forma teórica é a base da tecnologia moderna de banco de dados. Neste sentido o modelo relacional é uma fundamentação teórica absolutamente necessária para a consolidação de habilidade e perícia na área de bancos de dados. E como toda teoria tem uma terminologia especial.

O modelo relacional examina três aspectos principais dos dados: a estrutura de dados, a manipulação dos dados e a integridade de dados.

A estrutura de dados tem sua própria terminologia, descrita pela Figura 59, em que os termos em questão são a própria *relação*, *tupla*, *cardinalidade*, *atributo*, *grau*, *domínio* e *chave primária*.

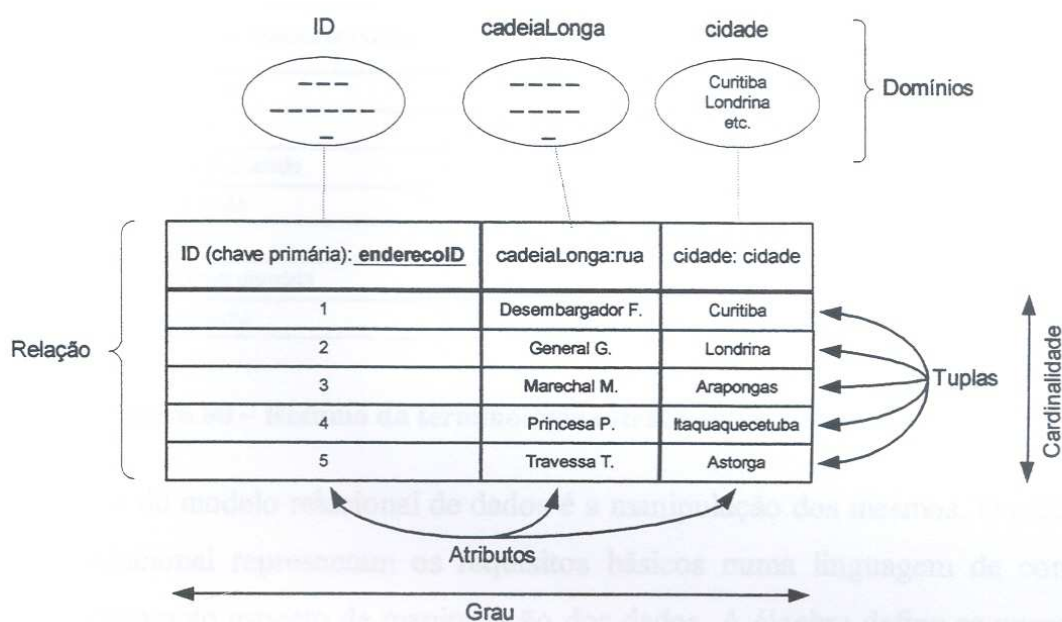


Figura 59 – Terminologia estrutural dos dados no modelo relacional

Relação é o termo formal dado ao conjunto de atributos (*Tuplas*) no modelo. É frequentemente denominado informalmente de tabela.

Chave primária é um atributo de distinção entre *Relações* (cada *Tupla* de uma tabela). As relações são distintas conceitualmente mas, do ponto de vista de banco de dados é necessário concretizar esta distinção estabelecendo um atributo único individual para cada relação.

Visualizando uma relação como uma tabela, uma *Tupla* corresponderá a uma linha desta tabela e um *Atributo* corresponderá a uma coluna. O número de *Tuplas* é chamado de *Cardinalidade* e o número de atributos é chamado *Grau*. Um *Domínio* é um conjunto de valores a partir do qual são tomados os valores dos atributos.

As aproximações de nomenclatura da terminologia estrutural informal e relacional formal são mostradas na Figura 60.

<i>Termo Relacional Formal</i>	<i>Equivalentes informais</i>
relação	tabela
tupla	linha ou registro
cardinalidade	número de linhas
atributo	coluna ou campo
grau	número de colunas
chave primária	identificador exclusivo
domínio	conjunto de valores válidos

Figura 60 – Resumo da terminologia estrutural formal e informal

Outro aspecto do modelo relacional de dados é a manipulação dos mesmos. O cálculo e a álgebra relacional representam os requisitos básicos numa linguagem de consulta relacional; tratam do aspecto de manipulação dos dados. A álgebra define as operações básicas utilizadas dentro da linguagem, e o cálculo relacional é uma linguagem de consulta formal, baseada na lógica matemática.

O aspecto de integridade dos dados se refere à precisão ou correção dos dados no banco de dados. Este aspecto leva em conta as:

- restrições de tipo, que é (logicamente equivalente) uma enumeração dos valores válidos do tipo em questão;
- restrições de atributo, que é uma declaração do tipo de um atributo;
- restrições de variáveis de relações (informalmente, restrições de tabelas), que são restrições para uma tabela como um todo;
- restrições de bancos de dados, onde são relacionadas entre si duas ou mais variáveis de relações. De modo informal, restrição de relacionamento entre duas ou mais tabelas;
- obediência à Regra Áurea, que é a restrição de que toda operação sobre uma relação deve retornar uma relação válida;
- restrições de transição, que são as restrições sobre transições válidas que levam de um estado correto para outro correto;
- chaves, identificação das entidades e relacionamentos dentro de um conjunto mais amplo – o conjunto de todas as entidades e relacionamentos.

A.3 Formas Normais

As Formas Normais são as diretrizes para o projeto de base de dados relacional que incrementam a consistência dos dados. O projeto de tabelas, segundo as formas normais de mais alta ordem, torna menor o número de dados redundantes em sua base.

Mesmo diante desta definição, algumas construções relacionais melhoram a performance violando algumas formas normais.

B Modelagem Orientada a Objetos

Neste anexo serão apresentados os conceitos básicos da modelagem orientada a objetos. Serão conceituados os principais elementos que norteiam o modelo de objetos. Uma descrição mais aprofundada sobre este tema pode ser encontrada em [RUMBAUGH91]. A notação utilizada na modelagem orientada a objetos é dada por [BLAHA98].

B.1 Conceitos de objeto e classe

B.1.1 Objeto

Um objeto é um conceito, uma abstração, ou algo que tem algum significado para uma aplicação. Os objetos frequentemente surgem como nomes próprios ou referências específicas na descrição de problemas, ou ainda na discussão das funcionalidades do sistema.

Cada objeto existe e pode ser identificado unicamente. Identidade é a propriedade que permite um objeto ser distinto dos demais.

B.1.2 Classe

Classe é uma descrição de um grupo de objetos com propriedades similares (atributos do objeto), com comportamento similar (operações e diagramas de estado), com relacionamento similar com outros objetos e com uma semântica similar. A partir da definição acima, temos que um objeto é uma instância – uma ocorrência – de uma classe.

Classes e seus relacionamentos são delineados em um diagrama de classes, como mostra a Figura 61. Representamos uma classe por uma caixa (um retângulo) com o nome da classe na porção do topo da caixa. Uma porção opcional da caixa lista os atributos. E uma terceira porção da caixa lista as operações.

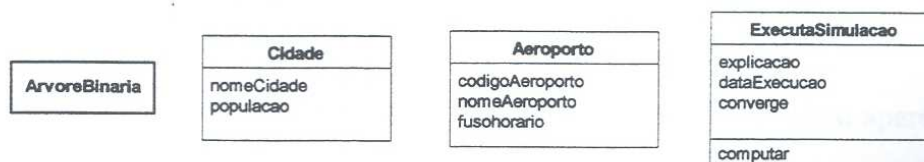


Figura 61 – Classes

B.1.3 Atributo

Atributo armazena um valor de um determinado objeto. Este valor não pode ser confundido com o objeto, pois objetos tem identidade e valores não. Por exemplo, três pessoas podem ter o mesmo nome (homônimos) mas ainda assim são pessoas diferentes; por outro lado, o nome é comum às três pessoas.

B.1.4 Operações e métodos

Operação é uma função ou procedimento que pode ser aplicado a objetos em uma classe. Cada operação tem um objeto alvo implícito como argumento. A Figura 61 mostra operações listadas na terceira parte da caixa, que representa classe. Contudo, a classe ExecutaSimulacao tem a operação *compute* com um argumento implícito alvo da execução da simulação.

Os nomes de operações podem ser seguidos por detalhes opcionais como uma lista de argumento ou o tipo do resultado.

As operações que são aplicadas em muitas classes são chamadas *polimórficas* e a implementação de uma operação para uma classe é chamado *método*.

B.2 Conceitos de link e associação

B.2.1 Links e associações

Link é uma conexão física ou conceitual entre dois objetos, e que também é chamado de ligação. A maioria das ligações são entre dois objetos mas existem exceções onde *links* são associados a três ou mais objetos.

Associação é uma descrição de um grupo de links com uma estrutura comum e com semântica comum. Define-se então que um link é uma instância de uma associação.

Uma associação apresenta um conjunto potencial de link do mesmo modo que uma classe apresenta um conjunto potencial de objetos.

Na definição do problema a ser modelado, links e associações em geral aparecem como verbo.

As Figura 62 (a) e Figura 62 (b) ilustram a notação utilizada para representar links e associações, respectivamente.

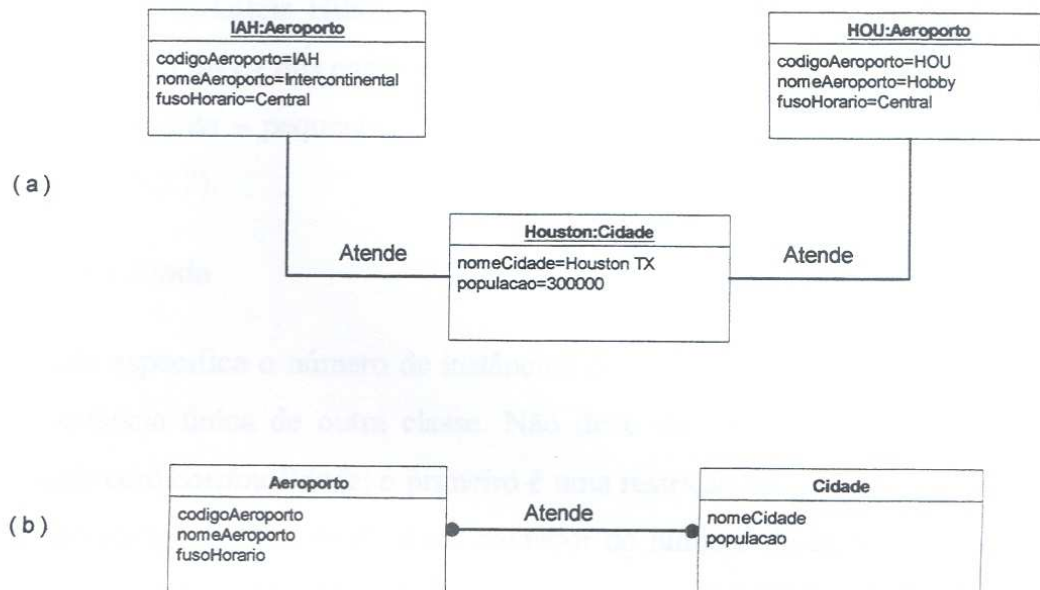


Figura 62 – Link (a) e associação (b)

O nome da associação é opcional se o modelo não contiver ambigüidades. A ambigüidade surge quando existem muitas associações entre as mesmas classes. A ambigüidade deve ser resolvida usando *nome* para as associações ou usando papéis (descrito no item B.2.3).

Exemplo do uso de associação

A Figura 63 abaixo demonstra o uso de associações dentro de um simples modelo de informação que poderia ajudar um viajante a escolher um hotel.

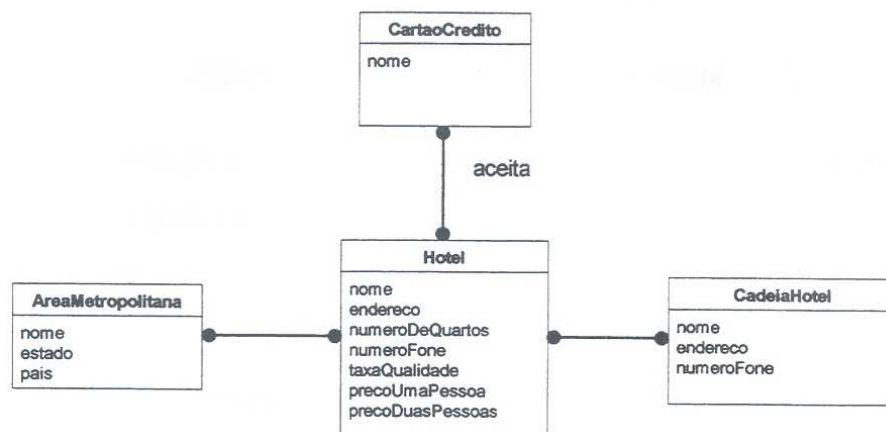


Figura 63 – Associação em um modelo objeto

Cada região metropolitana tem um certo número de hotéis, alguns dos quais são filiados à uma cadeia de hotéis. Exemplo, o hotel Hilton na cidade de FortWayne, Indiana pertence à cadeia de hotéis Hilton. A maioria dos hotéis aceitam uma variedade de cartões de crédito; a maior dos cartões de crédito são aceitos pela maioria dos hotéis. (A representação utilizada – pequenos bolas vazias ou preenchidas – com as associações será descrito no B.2.2).

B.2.2 Multiplicidade

Multiplicidade especifica o número de instâncias de uma classe que pode se relacionar com uma instância única de outra classe. Não deve ser confundido os conceitos de *multiplicidade* com *cardinalidade*; o primeiro é uma restrição ao tamanho da coleção de instâncias, enquanto que o segundo é um contador do número de elementos que fazem parte da coleção num determinado momento.

Na Figura 64 temos um sumário das combinações de multiplicidade. Bolas sólidas indicam multiplicidade de “muitos” significando zero ou mais. Bolas vazias indicam multiplicidade de “zero ou um”. A ausência de símbolo na associação indica “exatamente um”.

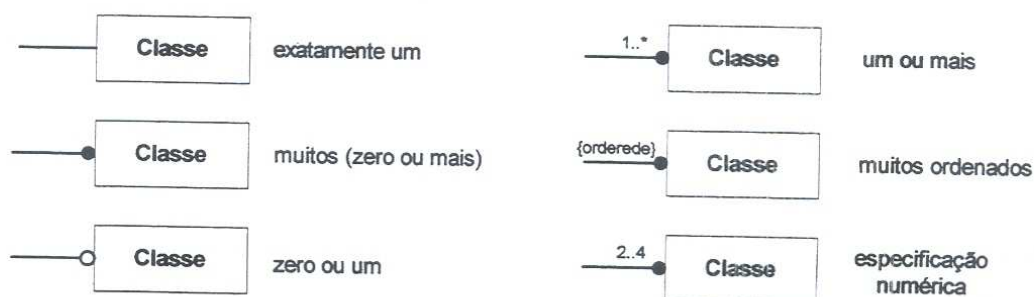


Figura 64 – Notação para multiplicidade

Pode ser utilizado notações com chaves para indicar a ordenação dos elementos, faixa de valores dos elementos, ou ainda uma quantidade específica de elementos (instâncias).

B.2.3 Papéis

Um *papel* é uma das extremidades de uma associação e é atribuído com um nome explícito. O *papel* é um pseudo atributo que define uma associação tornado explícito o que esta associação representa dentro do modelo.

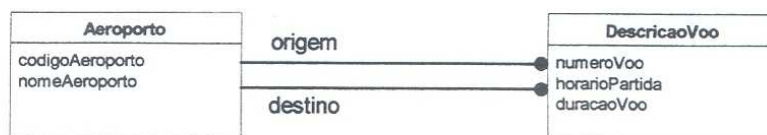


Figura 65 – Definição de papéis em um modelo objeto

Na Figura 65 a notação *DescricaoVoo.origem* refere-se ao aeroporto no qual o voo se origina e a notação *DescricaoVoo.destino* refere-se ao aeroporto no qual o voo termina.

B.2.4 Atributos de links

Um atributo de link é um nome próprio de uma associação que descreve um valor atribuído para cada link desta associação. É denotado por uma caixa ligada a associação através de uma linha pontilhada.

Na Figura 66, um avaliador (Juiz) atribui um escore ao esforço de um competidor (Competidor). O escore é um atributo da associação entre Juiz e Competidor.

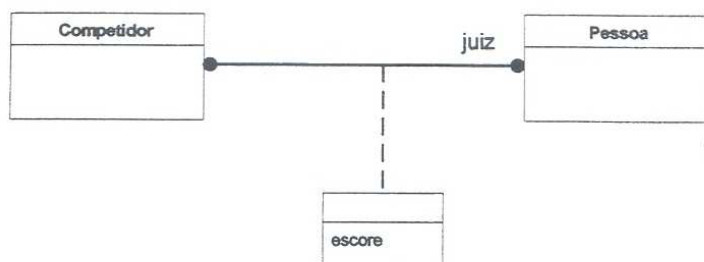


Figura 66 – Atributo de link

Associações muitos-para-muitos são as que mais utilizam atributos de links. Tal atributo é uma propriedade inconfundível do link e não pode ser atribuído a nenhum dos objetos participantes da associação. Na Figura 66, o escore depende do competidor e do juiz.

B.2.5 Classe de associação

É uma associação cujos links podem participar em uma associação subsequente. Uma classe de associação tem características de ambos, associação e classe. Como links, as instâncias de uma classe de associação tem o identificador derivado de instâncias da classe constituinte. Como uma classe, pode participar em associações.

Uma classe de associação é denotada por uma caixa ligada a uma associação por uma linha pontilhada – a mesma notação de atributos de links. Esta correspondência de

notação é apropriada porque um atributo de link é na verdade uma classe de associação simples. Pode ter também atributos e métodos.

B.2.6 Associação qualificada

Associação qualificada é uma associação na qual os objetos no papel de “muitos” são parcialmente ou completamente não ambíguos pelo uso de um atributo chamado *qualificador*. Associações um-para-muitos e muitos-para-muitos podem ser qualificadas. Um qualificador seleciona objetos alvo, reduzindo a multiplicidade efetiva, de “muitos” para “um”.

Na Figura 67, tem-se ilustrado o uso mais comum de um qualificador. Um banco tem muitas contas, com a combinação de um banco e número de conta produzindo uma conta simples. Sem um qualificador muitos objetos são referenciados com o qualificador, cada referência é par um objeto específico.

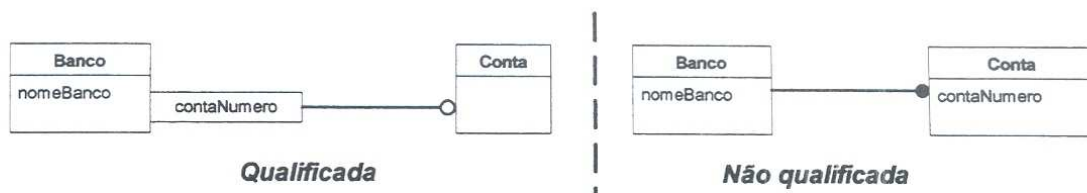


Figura 67 – Associação qualificada

B.3 Conceitos de generalização

B.3.1 Generalização

Generalização é um relacionamento entre uma classe (a *superclasse*) e uma ou mais classes (as *subclasses*). A generalização organiza as classes pelas suas similaridades e diferenças, tornando estruturada a descrição dos objetos. A superclasse mantém atributos, operações, diagramas de estado e associações comuns; as subclasses adicionam atributos, operações, diagramas de estado e associações específicas. Um conceito importante é que uma instância de uma subclasse é, simultaneamente, uma instância de todas suas superclasses.

A *especialização* mostra uma outra perspectiva na estrutura de sistemas. Especialização tem o mesmo significado que generalização mas tomada de uma perspectiva *top-down*.

iniciando com uma superclasse e segmentando em subclasses. Em contrapartida, generalização é tomada de uma visão *bottom-up*, iniciando com subclasses e abstraindo-se classes mais genéricas conforme a comodidade (superclasses).

A Figura 68 mostra vários tipos de instrumentos financeiro que poderiam ser gerenciados dentro uma carteira de investimento.

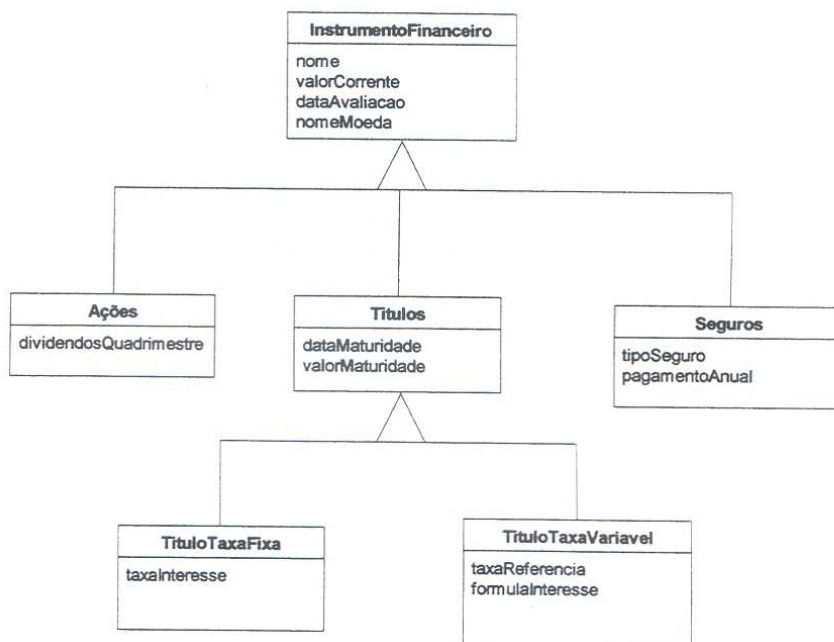


Figura 68 – Generalização em modelo objeto

Todos os instrumentos financeiros tem um nome e um valor corrente que é expresso em uma moeda. Ações tem dividendos quadrimestral e são assinalados pelos diretores. Obrigações tem uma data de maturidade, valor de maturidade, e uma taxa de interesse fixo ou uma taxa de interesse variável que computada a partir de uma data de referência. Existem vários tipos de seguros. Um pagamento anual é necessário para manter a cobertura de seguro.

B.3.2 Herança

Generalização é o relacionamento estrutural que permite o mecanismo de herança acontecer. Uma subclasse herda os atributos, operações, diagramas de estado e associações de suas superclasses. Propriedades herdadas podem ser reutilizadas de uma superclasse e rescritas em subclasses; novas propriedades podem ser adicionadas às subclasses. Por exemplo, na Figura 68 um objeto na classe TaxaCompromissoFixo tem:

sete atributos: nome, valorCorrente, dataAvaliacao, nomeMoeda, dataMaturidade, valorMaturidade e taxaInteresse.

Generalização simples é na verdade um outro termo para *herança simples*, e no caso em que uma subclasse pode ter múltiplas superclasses imediatas é chamada *herança múltipla*.

C Mapeamento Objeto-Relacional

C.1 Introdução

O paradigma OO é baseado na construção de aplicações que contém dados e comportamento, enquanto que o paradigma relacional é baseado no armazenamento de dados, puro e simples. Com o paradigma objeto pode-se acessar e navegar através dos objetos via relacionamentos entre eles, e no paradigma relacional tem-se que duplicar dados para associar as linhas de tabelas. [AMBLER99]

A abordagem de projeto e sistemas orientados a objetos é uma prática segura e que traz maior confiabilidade no resultado final do sistema. Os objetos representam, quase sempre, o mundo real, o problema real; logo, as soluções de projetos são, na maioria das vezes, consideradas satisfatórias.

Uma dificuldade importante nas implementações de sistemas Orientados a Objetos é fazer com que os objetos se tornem persistentes, isto é, fazer com que os objetos possam ser armazenados e recuperados em uma base de dados.

Existiram ainda dificuldades conceituais que tiveram que ser superadas, como por exemplo o fato do modelo relacional ser mais adequado para o armazenamento de dados devido ao seu forte embasamento matemático, para que a modelagem e implementação de sistemas Orientados a Objetos tivesse seu reconhecimento teórico e prático.

Enquanto os objetos possuem uma identidade própria, estado e um comportamento singular, além de dados é claro, em bases de dados relacionais armazenam apenas dados. Até mesmo dados simples, ou básicos, como por exemplo um tipo definido de variável, pode ter diferentes modos de armazená-lo em uma base de dados.

Finalmente, a meta principal de um modelo relacional é a adequação às formas normais, eliminando redundâncias. Entretanto a meta principal de um projeto orientado a objetos é modelar o processo de negócio criando objetos mais próximos do mundo real, em dados e comportamento. [AMBLER99]

Para a implementação de um modelo orientado objeto utilizando uma base de dados relacional são necessários observar três pontos essenciais:

- Implementação de identidade
- Implementação de domínio
- Implementação de tabelas (classes, associações e generalizações).

C.2 Implementação de identidade

Normalmente, as bases de dados relacionais tem mecanismos de localização de registros baseados em chaves primárias (*primary keys*). Mas, existem exceções como no caso de tabelas temporárias alocadas em tempo de execução para cálculos intermediários. Assim, é utilizada para cada chave estrangeira, uma chave primária única pertencente a uma tabela. Referência a múltiplas chaves primárias podem complicar demasiadamente o esquema do banco de dados. Comparações e buscas podem se tornar mais difíceis utilizando tal procedimento.

Dois modos de identificação de objetos em tabelas relacionais são mostrados a seguir:

C.2.1 Identificação baseada na existência

A identificação baseada na existência consiste simplesmente, em adicionar um atributo a cada classe e torná-lo uma chave primária.

C.2.2 Identificação baseada em valor

A identificação baseada em valor é assim denominada por ser adicionado um fluxograma de identificação para o modelo objeto, com a finalidade de especificar a chave primária para cada classe.

Por exemplo, na Figura 69, temos o exemplo de identificadores baseados em valores representados pelo fluxograma

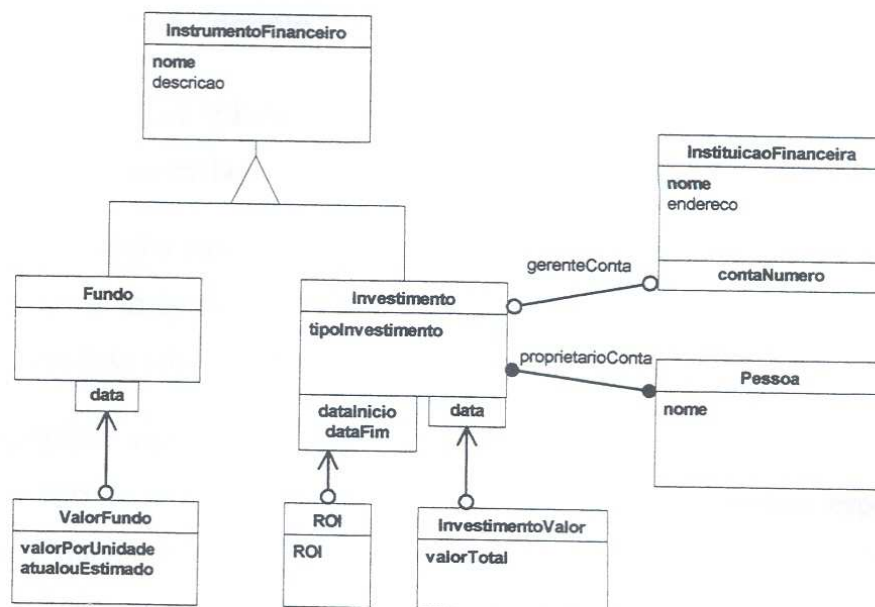


Figura 69 – Fluxo de identificação baseado em valor

Deve ser especificado para cada classe se a mesma tem uma identidade intrínseca ou ela é derivada de outras classes.

A seguinte notação é utilizada para indicar o fluxo (origem) das chaves primárias:

- **Classes independentes:** Os objetos pertencentes a uma classe independente são distintos por terem um ou mais atributos intrínsecos a classe. Na Figura 69, InstrumentoFinanceiro, InstituiçãoFinanceira e Pessoa são classes independentes.
- **Classes dependentes de associação:** Os objetos pertencentes a esta classe derivam sua identidade de outros objetos. Na Figura 69, ValorFundo, ROI, e ValorInvestimento são dependente da derivação de outras classes via associação qualificada. Ou seja, a chave primária da tabela ValorFundo é a chave primária do Fundo combinada com o qualificador data, e a chave primária da tabela ROI é a chave primária da classe Investimento e os qualificadores dataInicio e dataFim.
- **Classes dependentes de generalização:** Normalmente a chave primária de uma super classe é propagada para as subclasses. Por exemplo, na Figura 69, a chave primária da tabela Fundo é herdada da tabela InstrumentoFinanceiro.

C.3 Implementação de domínio

Os domínios em modelos relacionais são restrições a determinados valores que uma determinada variável ou atributo pode assumir.

A definição de domínios para o modelo relacional é essencial para o mapeamento de atributos. É o nível mais baixo de mapeamento objeto-relacional. Os tipos de dados definidos pelo modelo relacional devem ser implementados diretamente pelo SGBD

Domínios simples como nome, caracteres são implementados simplesmente substituindo o tipo de dado e o formato da variável. Alguns domínios especializados requerem implementações mais elaboradas como por exemplo identificador, enumeração, estrutura e multivalores.

Domínios em base de dados relacional são os tipos de variáveis (identificadas em cada coluna da tabela) ou ainda estruturas completas como por exemplo uma tabela, e que são referenciadas por uma chave estrangeira.

A seguir uma descrição dos principais domínios encontrados no mapeamento objeto relacional.

C.3.1 Identificador

Na maioria dos bancos de dados relacionais é dado como um número inteiro longo, uma sequência, e é geralmente utilizado como chave primária sendo praticamente inesgotável.

C.3.2 Enumerações

Podem ser do tipo: *string*, valores booleanos, tabelas, números ordinais fracionando-os como um codificador/decodificador.

Um exemplo de tais domínios é dado a seguir pela Tabela 19

Domínio	Tipo de Dado	Tamanho Máximo	Restrição
ID (chave primária)	contador		
ID (chave estrangeira)	inteiro longo		
nome	texto	5	
escolhaNome	texto	30	
endereço	texto	80	
cadeiaMedia	texto	30	
cadeiaLonga	texto	255	
enumTipoInvestimento	texto	6	In ("normal", "401K")
dinheiro	moeda		
ordenaNumero	inteiro		
numeroLongo	inteiro duplo		

Tabela 19 – Especificação de Domínio de Atributos

C.3.3 Estruturas

Permitem a expansão em vários outros domínios de dados usando, por exemplo, *strings* concatenadas, ou uma tabela com múltiplas colunas; ou ainda, múltiplas tabelas ligadas através de chaves primárias.

Para resolver o problema de alocação de estruturas em base relacional podemos utilizar qualquer uma das técnicas a seguir:

- Caracteres concatenados (*strings* concatenadas)
- Múltiplas colunas, sendo uma para cada campo da estrutura
- Tabela adicional, fazendo a ligação através de um par chave estrangeira/primária.

O exemplo da Figura 70, nos mostra algumas abordagens para a implementação de domínios.

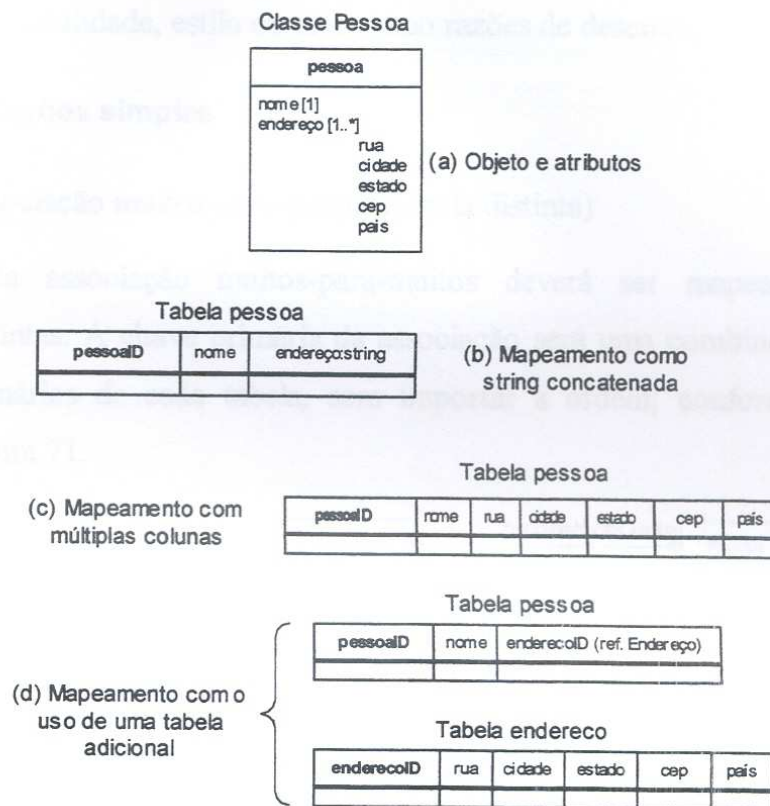


Figura 70 – Abordagens para se implementar um domínio de estrutura

C.3.4 Multivalores

É a multiplicidade de atributos, isto é, o número de valores para um determinado atributo pode assumir. Por exemplo, um atributo que admita apenas valor 0 (zero) ou 1 (um) representado por [0...1]; ou ainda, um atributo que admita qualquer valor acima de 0 (zero) representado por [1...*]. Para a definição de atributos do tipo multivalores deve ser utilizado uma das técnicas descritas no item C.3.3.

C.4 Implementação de classes

Em geral cada classe será mapeada em uma tabela em separado, cada atributo será uma nova coluna na tabela.

Colunas adicionais serão incluídas para identificadores como chave primária, e para dar suporte a associações e generalizações como veremos a seguir.

C.5 Associações

Existem várias abordagens para se implementar associações e cada uma tem sua eficiência, extensibilidade, estilo ou até mesmo razões de desempenho.

C.5.1 Associações simples

- Associação muitos-para-muitos (tabela distinta)

Cada associação muitos-para-muitos deverá ser mapeada em tabelas distintas. A chave primária da associação será uma combinação das chaves primárias de cada tabela, sem importar a ordem; conforme exemplo na Figura 71.

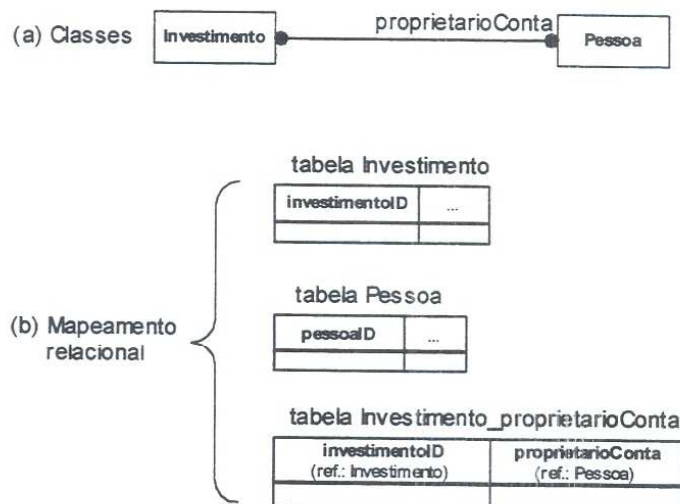


Figura 71 – Associação muitos-para-muitos

- Associação um-para-muitos (intrínseca)

Pode ser mapeada com uma chave estrangeira. Se a associação for zero-para-muitos, deverá ser permitido ao valor da chave estrangeira ser nulo. Isto pode ser verificado na Figura 72.

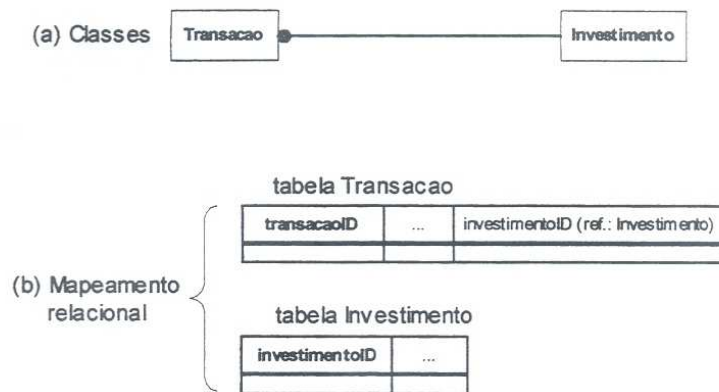


Figura 72 – Associação um-para-muitos com tabela intrínseca

- Associação zero ou um-para-um (intrínseca)

A chave estrangeira é inserida na classe com o zero ou um. O valor da chave é não nulo.

- Associação um-para-um (intrínseca)

A chave estrangeira é inserida em ambas as classes. O valor de uma chave estrangeira neste caso pode ser nulo, dependendo do mínimo de multiplicidade no papel alvo.

C.5.2 Atributos de *link*

Em geral, devem ser utilizadas tabelas distintas para mapear atributos de ligação (*link*). Estes atributos são qualificadores das associações entre tabelas. O mapeamento é dado pela Figura 73.

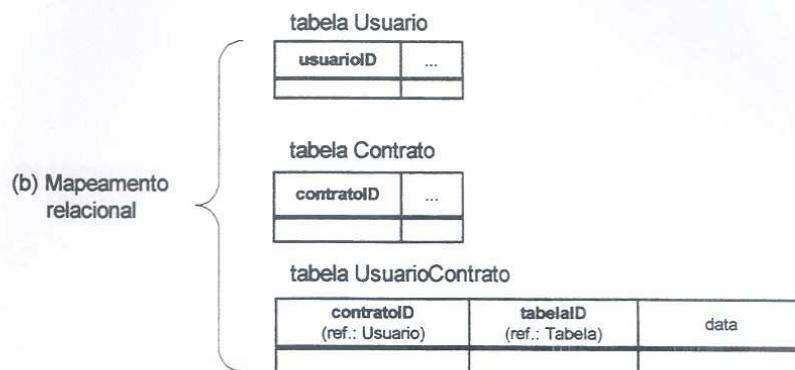
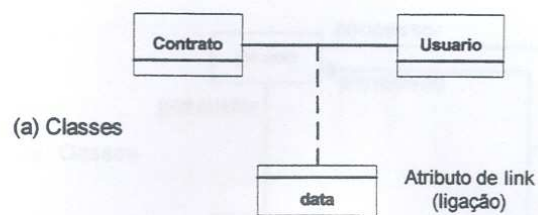


Figura 73 – Mapeamento de atributo de *link*

C.5.3 Classes de associação

Como regra, deve-se implementar classes de associação com tabelas distintas. As instâncias da classe de associação mapeada deve receber uma identidade propagada da classe relacionada.

Na Figura 74 a chave primária *Autorização* é a combinação das chaves primárias das classes *Tabela* e *Usuário*.

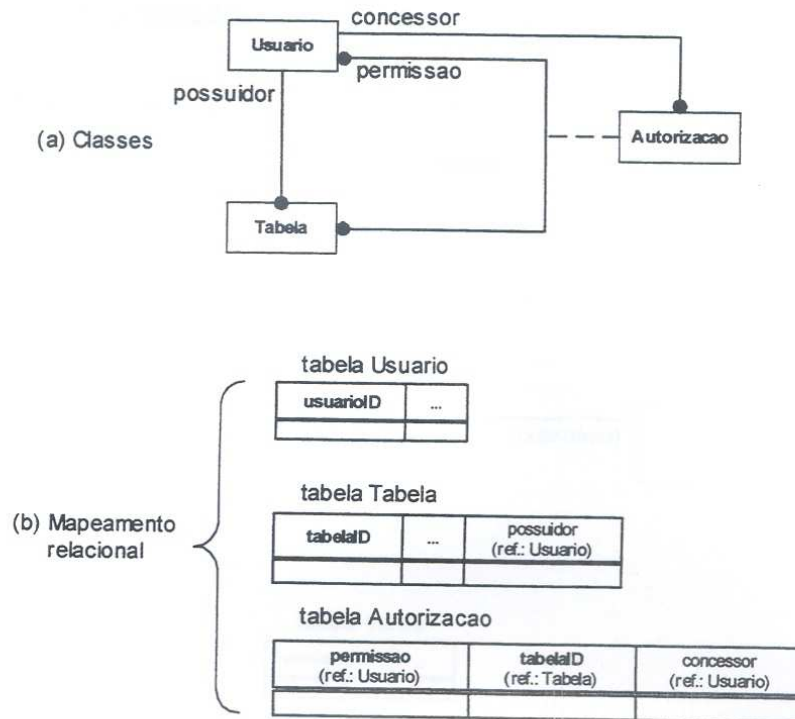


Figura 74 – Classe classificando uma Associação

C.5.4 Associações ternárias

Associações ternárias são aquelas em que participam três classes associadas entre si. Deve-se implementar cada associação ternária com tabelas distintas.

C.5.5 Associações com qualificadores

Associações com qualificadores seguem o mesmo mapeamento que as associações correspondentes sem qualquer qualificador. É recomendado que seja implementado associações qualificadas nas Figura 75 tornando-a intrínseca a classe B. Para os exemplos (c) e (d) é necessário tabelas de associações distintas, desde que a associação seja muito-para-muitos sem qualificador. A chave primária para a associação do item (d) é a combinação da chave primária de (A) (B) e q .



Figura 75 – Multiplicidades para qualificar associações

C.5.6 Associações ordenadas

Associações ordenadas podem ser implementadas introduzindo um atributo que seja uma sequência numérica. Na Figura 76 os atributos são ordenados de acordo com o seu significado na construção do índice.

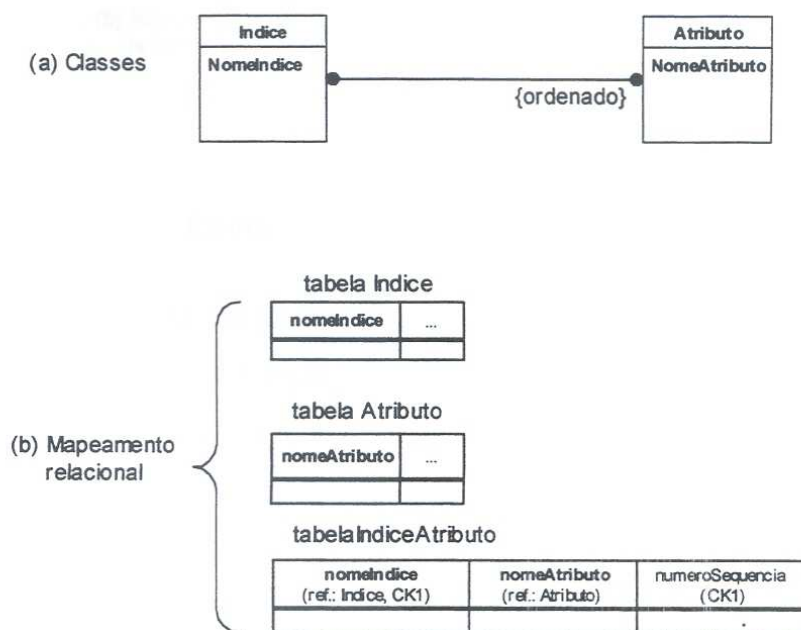


Figura 76 – Associação ordenada

C.5.7 Associações simétricas

Uma associação simétrica é uma associação entre objetos da mesma classe onde ocorre troca de papéis. No exemplo da Figura 77 um contrato pode ser associado com outros contratos. Contratos podem ser relacionados de muitas maneiras em termos de consequências legais, complemento de negócios ou sobre tecnologia.

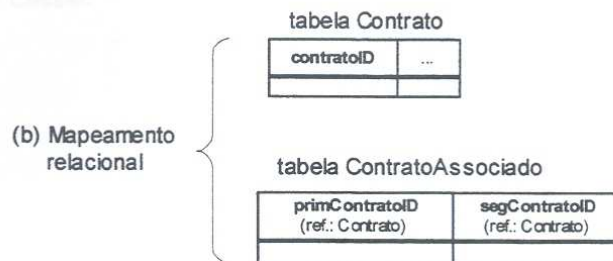


Figura 77 – Associação simétrica

Este tipo de associação traz em geral dificuldades no mapeamento do modelo objeto para o relacional. A regra a ser seguida, se a simetria não for quebrada, é guardar a mesma informação duas vezes, ou no momento de consulta realizar duas buscas.

C.5.8 Agregações

Agregação é um tipo de associação, e deve ser mapeada como tal.

C.6 Herança Simples

Geralmente é implementada em duas tabelas separando a super classe da subclasse como mostra a Figura 78. No mapeamento, o discriminador (*tipoInstrumentoFinanceiro*) é criado para indicar qual a especialidade da superclasse. Isto é, indicar para a tabela *InstrumentoFinanceiro* qual é o tipo de instrumento (*Fundo* ou *Investimento*).

Herança, em geral, é um tipo de relacionamento de generalização ou especialização. Para múltiplos níveis de hierarquia, deverá se aplicar este mapeamento em um nível de cada vez.

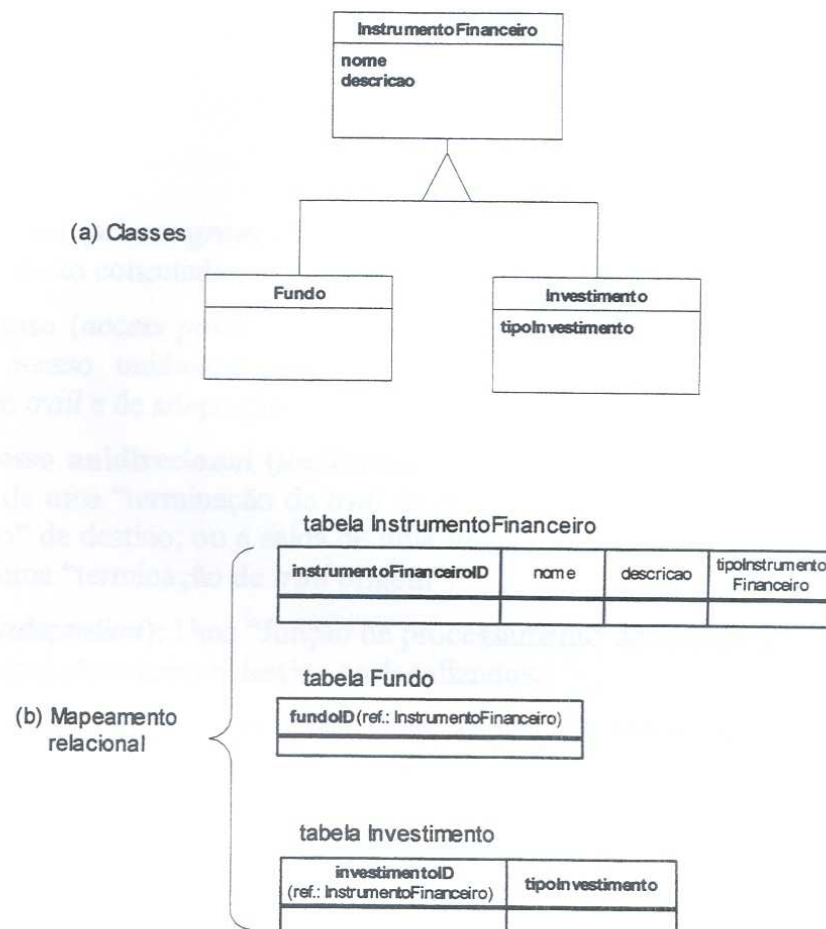


Figura 78 – Separação entre superclasse e subclasse

C.7 Herança Múltipla

É recomendado que sejam separadas as subclasses e super classes do mesmo modo que para herança simples.

D Glossário

Grupo de acesso (*access group*): Um grupo de funções de “terminação de *trail*” co-localizadas que são conectadas na mesma “subrede” ou “*link*”.

Ponto de acesso (*access point*): Um “ponto de referência” que consiste de um par de “pontos de acesso unidirecional”, e representam a ligação entre as funções de terminação de *trail* e de adaptação.

Ponto de acesso unidirecional (*unidirectional access point*): Um ponto de referência onde a saída de uma “terminação de *trail* de destino” é ligada a entrada de uma função de “adaptação” de destino; ou a saída de uma função de “adaptação” de origem é ligada a entrada de uma “terminação de *trail* origem”.

Adaptação (*adaptation*): Uma “função de processamento de transporte” que consiste de um par de adaptação origem e destino co-localizados.

Adaptação destino (*adaptation sink*): Uma “função de processamento de transporte” que apresenta a informação característica de uma camada de rede cliente, na sua saída, através do processamento da informação presente na entrada pelo *trail* da camada de rede servidora.

Adaptação origem (*adaptation source*): Uma “função de processamento de transporte” que aceita a informação característica de uma camada de rede cliente como entrada e a processa, permitindo a transferência sobre um *trail* (na camada de rede servidora).

Componente arquitetural (*architectural component*): Qualquer item utilizado neste trabalho para descrever genericamente uma funcionalidade da rede de transporte.

Amarração (*binding*): Um relacionamento entre uma “função de processamento de transporte” ou “entidade de transporte” e outra “função de processamento de transporte” ou “entidade de transporte”, o qual representa uma conectividade estática que não pode ser modificada diretamente por uma ação de gerência.

Informação característica (*characteristic information*): Um sinal com um formato específico, que é transferido através de “conexões de rede”. O formato é definido pela tecnologia utilizada.

Relacionamento cliente/servidor (*client/server relationship*): A associação entre as camadas de rede que são realizadas por uma função de “adaptação” permitem a “conexão de *link*” na camada de rede cliente ser suportada por um *trail* na camada de rede servidora.

Conexão (*connection*): Uma “entidade de transporte”, a qual consiste de um par de “conexões unidirecionais”, capaz de transferir simultaneamente a informação em direções opostas entre suas respectivas entradas e saídas.

Conexão Unidirecional (*unidirectional connection*): Uma entidade de transporte que transfere informação da entrada para a saída, de modo transparente.

Ponto de Conexão (*connection point*): Um “ponto de referência” que consiste de um par de “pontos de conexão unidirecionais” co-localizados, e representam a ligação de dois pares de “conexões” bidirecionais.

Ponto de conexão unidirecional (*unidirectional connection point*): Um “ponto de referência” que representa a ligação entre a saída de uma “conexão unidirecional” a entrada de outra “conexão unidirecional”.

Supervisão de conexão (*connection supervision*): O processo de monitoração de integridade de uma “conexão” ou de uma “conexão *tandem*” que é parte de um “*trail*”.

Camada de rede (*layer network*): Um “componente topológico” que inclui entidades de transporte e funções de processamento de transporte, descrevendo a geração, transporte e terminação de uma particular informação característica.

Link (*link*): Um “componente topológico” que descreve uma relação fixa entre uma “subrede” ou “grupo de acesso” e uma outra “subrede” ou “grupo de acesso”.

Conexão de link (*link connection*): Uma “entidade de transporte” que transfere informação entre “portas” através de um *link*.

Matriz (*matrix*): Representa o limite para o particionamento recursivo de uma subrede.

Conexão de matriz (*matrix connection*): Uma “entidade de transporte” que transfere informações através de uma matriz; é formada pela associação de “portas” nas extremidades da matriz.

Rede (*network*): Todas as entidades (tais como equipamentos, planta, facilidades) que juntas proveêm serviços de comunicação.

Conexão de rede (*network connection*): Uma entidade de transporte formada por uma série de “conexões de *link*” contíguos e/ou “conexões de subrede” entre “pontos de terminação de conexão”.

Cortes (*pairing*): Um relacionamento entre “funções de processamento de transporte” origem e destino, ou duas “entidades de transporte” unidirecionais, ou entre “pontos de referência unidirecionais”.

Camada de rede de caminho (*path layer network*): Uma “camada de rede” que é independente do meio de transmissão e que é responsável pela transferência de informação entre “pontos de acesso” da camada de rede de caminho.

Porta (*port*): Consiste de uma par de portas unidirecionais.

Porta unidirecional (*unidirectional port*): Representa a saída de uma terminação de *trail* origem, ou uma conexão de *link* unidirecional, ou a entrada para uma terminação de *trail* destino ou uma conexão de *link* unidirecional.

Ponto de referência (*reference point*): Um componente arquitetural, que é formado pela ligação entre entradas e saídas das funções de processamento de transporte e/ou entidades de transporte.

Subrede (*subnetwork*): Um componente topológico usado para roteamento de uma específica informação característica.

Conexão de Subrede (*subnetwork connection*): Uma “entidade de transporte” que transfere informação através de uma subrede, e é formada pela associação de “portas” nos extremos da subrede.

Conexão tandem (*tandem connection*): Uma série arbitrária de “conexões de *links*” e/ou “conexões de subrede” contíguas, (em geral, para diferenciar proprietários das redes pela qual estes são montados).

Ponto de terminação de conexão (*termination connection point*): Um ponto de referência que consiste de um par de pontos de terminação de conexão unidirecional co-localizados e representa a ligação de uma terminação de *trail* a uma conexão bidirecional.

Ponto de terminação de conexão unidirecional (*unidirectional termination connection point*): Um ponto de referência que representa as seguintes ligações: saída de uma terminação de *trail* origem para a entrada de uma conexão unidirecional ou; a saída de uma conexão unidirecional para a entrada de uma terminação de *trail* destino.

Componente topológico (*topological component*): Um componente arquitetural, usado para descrever a rede de transporte em termos das relações topológicas entre os conjuntos de pontos dentro a mesma camada de rede.

Trail (*trail*): Uma entidade de transporte que consiste de um par de “*trails* unidirecionais” associados, que realizam simultaneamente a transferência da informação em direções opostas, entre suas respectivas entradas e saídas.

Trail unidirecional (*unidirectional trail*): Uma “entidade de transporte responsável pela transferência da informação da entrada de uma terminação de *trail* origem a saída de uma terminação de *trail* destino. A integridade da informação transferida é monitorada. É formado pela combinação de funções de terminação de *trail* e uma conexão de rede.

Processo de gerência de *trail* (*trail management process*): Configuração dos recursos de redes durante operações de rede para propósitos de alocação, realocação e reroteamento de *trails*, com o objetivo de fornecer transporte a redes cliente.

Terminação de *trail* (*trail termination*): Uma “função de processamento de transporte” que consiste de um par de uma terminação de *trail* destino e outra origem.

Terminação de *trail* destino (*trail termination sink*): Uma “função de processamento de transporte” que aceita a informação característica de uma camada de rede numa entrada, remove a informação relacionada a monitoração do “*trail*” e apresenta a informação restante como saída.

Terminação de *trail* origem (*trail termination source*): Uma “função de processamento de transporte” que aceita a “informação característica” adaptada de uma camada de rede cliente como entrada, adiciona a informação para permitira que o “*trail*” seja monitorado e apresenta esta informação característica, nesta camada de rede como saída. A terminação de *trail* origem pode operar sem uma entrada de uma camada de rede cliente.

Camada de rede meio de transmissão (*transmission media layer network*): Uma “camada de rede” que pode ser dependente do meio de transmissão e é responsável pela

transferência de informação entre os “pontos de acesso” na camada de rede meio de transmissão, servindo como suporte para uma ou mais “camadas de rede de caminho”.

Transporte (*transport*): O processo funcional de transferência de informação entre diferentes localizações.

Modelo de transporte (*transport assembly*): Uma combinação arbitrária de camadas de rede e funções de adaptação contíguas.

Entidade de transporte (*transport entity*): Um componente arquitetural que transfere informação entre suas entradas e saídas dentro de uma mesma camada de rede.

Rede de transporte (*transport network*): Os recursos funcionais de uma rede que levam informações do usuário de uma localidade a outra.

Função de processamento de transporte (*transport processing function*): Um componente arquitetural definido pelo processamento de informação que é realizado entre entradas e saída. Tanto a entrada como a saída devem estar dentro da mesma camada de rede, a saída ou entrada correspondente devem estar na Rede de Gerência.