

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

ESCOLA DE ENGENHARIA

MESTRADO EM ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES

Franz Pinheiro Schueler

Inventário de Redes de Transporte

Niterói

2012

FRANZ PINHEIRO SCHUELER

INVENTÁRIO DE REDES DE TRANSPORTE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Redes de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Dr. EDUARDO RODRIGUES VALE

Co-orientador: Profa. Dra. MARIA LUIZA D'ALMEIDA SANCHEZ

Niterói – RJ

2012

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

S385 Schueler, Franz Pinheiro

Inventário de redes de transporte / Franz Pinheiro Schueler. –
Niterói, RJ : [s.n.], 2012.
340 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações) -
Universidade Federal Fluminense, 2012.

Orientadores: Eduardo Rodrigues Vale, Maria Luiza D'Almeida
Sanchez.

1. Rede de telecomunicação. 2. Inventário. 3. Rede de
transporte. 4. Metadado. I. Título.

CDD 621.382

FRANZ PINHEIRO SCHUELER

INVENTÁRIO DE REDES DE TRANSPORTE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Redes de Telecomunicações.

Aprovada em junho de 2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Vale - Orientador

UFF

Profa. Dra. Maria Luiza D'Almeida Sanchez - Co-orientadora

UFF

Prof. Dr. João Marcos Meirelles da Silva

UFF

Prof. Dr. Sidney Cunha de Lucena

UNIRIO

Niterói – RJ

2012

À minha família, alicerce da minha vida.

Agradecimentos

Ao meu orientador Eduardo pelo incentivo e boa vontade indispensáveis a este trabalho.

À minha co-orientadora Maria Luiza, que, mesmo aposentada, acreditou no projeto e muito me ajudou.

Aos amigos André Vinícius e Wagner e ao primo Salles, que me convenceram de que era possível cursar o mestrado.

Aos amigos Paulo Renato, Rinaldo e Zé Luiz, que sempre estiveram presentes em minhas aventuras nos meandros da engenharia.

À Nazareth pela paciência e incentivo inestimáveis.

Aos amigos Chico e Zenrique pelas dicas de Java e engenharia de *software*, e ao amigo Diego pelas informações sobre o Granite.

À Helga pela parceria e ajuda sem preço.

Às amigas Ana Miranda, Asunta, Lícia e Miriam por sempre se interessarem pelas minhas iniciativas e por me inspirarem neste trabalho.

Aos meus pais, que me deram a criação e o suporte necessários a tudo que fiz.

À minha irmã por sempre torcer pelo meu sucesso.

Por fim, agradeço a Deus pelas capacidades e oportunidades com que me presenteou, me colocando perto das pessoas certas.

Resumo

A gerência de redes de telecomunicações nas operadoras brasileiras ainda é muito rudimentar. Exceto nos raros casos em que a operadora utiliza equipamentos de um único fornecedor (e com um sistema de gerência único), as plataformas de gerência de configuração são normalmente módulos estanques que tratam isoladamente de uma pequena parte da rede. Isso traz complicações para muitas das atividades pertinentes à empresa, como o planejamento, provisionamento, recuperação, otimização e gerência de desempenho e de falhas, visto que para o tratamento de circuitos que atravessam várias plataformas é necessário utilizar sistemas de gerência distintos. Há ainda os casos de trechos da rede em que não há nenhum tipo de gerência remota, seja porque não foi adquirido o sistema do fornecedor dos elementos de rede, seja porque os mesmos não possuem *interfaces* que permitam a sua configuração remotamente. O que torna possível uma visão única da rede é um inventário capaz de representar os equipamentos e circuitos das diversas tecnologias e suas camadas intrínsecas, independentemente de seus fornecedores. Este trabalho irá tratar primordialmente deste aspecto, mostrando que é possível implementar um inventário de redes de transporte de baixo custo baseado em dois pilares principais. A recomendação ITU-T G.805 é o ponto de partida, oferecendo um modelo funcional padronizado para redes de transporte. O segundo fundamento é o SID, modelo computacional de informações proposto pelo TMForum que já é bastante utilizado em sistemas corporativos e evoluído para a modelagem de produtos e serviços de telecomunicações, mas que ainda peca na representação de redes. Esta dissertação propõe uma extensão ao núcleo do SID em UML de forma que seja possível descrever os recursos de uma rede e suas associações segundo os preceitos mais importantes da G.805, tarefa inédita até o momento. Com o uso de metadados e de um gerador automático de código-fonte, o inventário será facilmente adaptável à realidade de cada instituição

administradora de redes de transporte, cobrindo um largo espectro de suas necessidades específicas.

Palavras-chave: Inventário de redes de transporte, OSS, ITU-T, TMForum SID.

Abstract

Telecommunications network management in Brazilian service providers is still very rudimentary. Except in rare cases where the administration has a single equipment supplier (and with a single management system), configuration management platforms are typically modules that deal with a small portion of the network. This brings complications to many of the activities relevant to the company, such as planning, provisioning, restoration, optimization and performance and fault management, as for the treatment of circuits that cross multiple platforms it is necessary to use different management systems. There are still cases in which some network segments doesn't have any kind of remote management, either because the software was not purchased from the supplier of network elements, either because they do not have interfaces that allow remote configuration. What enables a single view of the network is a unified inventory able to model equipments and circuits of the several technologies and their intrinsic layers, regardless of their suppliers. This dissertation will primarily approach this subject, showing that it is possible to implement a low-cost inventory for transport networks based on two main pillars. ITU-T G.805 recommendation is the starting point, providing a standardized functional model for transport networks. The second foundation is the SID, a computational information model proposed by TMForum, already widely used in corporate systems and developed for modeling telecommunication products and services, but still poor in the representation of networks. This dissertation proposes a UML extension to the core of the SID so that it is possible to describe network resources and their associations according to the most important G.805 precepts, unprecedented task so far. Using metadata and an automatic source code generator, the inventory will be easily adaptable to the reality of transport networks management institutions, covering a broad spectrum of their needs.

Keywords: Transport network inventory, OSS, ITU-T, TMForum SID.

Lista de Ilustrações

Figura 1: Exemplo de rede de telecomunicações e sistemas envolvidos	5
Figura 2: Camadas de redes de telecomunicações	21
Figura 3: Convenções de diagramas de funções de processamento e pontos de referência	26
Figura 4: Outras convenções de diagramas	27
Figura 5: Outras convenções de diagramas	28
Figura 6: Exemplo de modelo funcional	29
Figura 7: <i>Trail</i> dividido em <i>tandem connections</i> administradas por três operadores.....	32
Figura 8: Uniões e tipos de pontos de referência.....	35
Figura 9: Visão ortogonal das divisões em camadas e em partições.....	36
Figura 10: Divisão de <i>layer networks</i> e <i>subnetworks</i> em partições.....	38
Figura 11: Decomposição de uma <i>network connection</i>	39
Figura 12: Relacionamento entre partições de <i>subnetworks</i> e decomposição de <i>connections</i>	40
Figura 13: Divisão de um <i>link</i> em outros <i>links</i> em paralelo	41
Figura 14: Divisão de um <i>link</i> em outros <i>links</i> em série	41
Figura 15: Relacionamento cliente/servidor muitos-para-um (multiplexação).....	44
Figura 16: Relacionamento cliente/servidor um-para-muitos (multiplexação inversa)	46
Figura 17: Geração de subcamadas	49
Figura 18: O conceito de divisão em subcamadas.....	49
Figura 19: Proteção de <i>trail</i>	51
Figura 20: Proteção de <i>subnetwork connection</i> usando subcamadas	52
Figura 21: Associações cliente/servidor possíveis e camadas de rede SDH correspondentes	56
Figura 22: Associações cliente/servidor possíveis entre entidades de transporte SDH	57
Figura 23: Etapas internas de multiplexação de dois equipamentos terminais interligados	60

Figura 24: Ligação entre dois equipamentos terminais, com um regenerador intermediário ..	60
Figura 25: Sistema linear com dois equipamentos terminais e um ADM intermediário	62
Figura 26: Equipamento SDXC interligando dois anéis	62
Figura 27: Anel a duas fibras com proteção compartilhada	64
Figura 28: Camadas de rede OTN e redes clientes possíveis	66
Figura 29: Estruturas de multiplexação OTN (domínio elétrico)	67
Figura 30: Associações cliente/servidor de camadas elétricas OTN	68
Figura 31: Exemplo de <i>layer network</i> do tipo OTU	69
Figura 32: Modelos de concatenação virtual de ODU	69
Figura 33: Comparação entre ODUflex e as concatenações contígua (CCG) e virtual (VCG)	70
Figura 34: Estruturas de multiplexação OTN (domínio óptico)	71
Figura 35: Associações cliente/servidor de camadas ópticas OTN	72
Figura 36: Exemplo de <i>layer network</i> do tipo OMS	73
Figura 37: Exemplo de camadas de rede OTN	73
Figura 38: Exemplo de equipamentos e camadas de rede OTN transportando sinal STM (SDH)	75
Figura 39: Interações do inventário de recursos com outras funções OSS do modelo eTOM.	78
Figura 40: Interações da descoberta de recursos	80
Figura 41: Camadas do modelo CBE	82
Figura 42: Exemplo de representação de entidade (<i>Network Device</i>) do inventário.....	84
Figura 43: Exemplo de instância de entidade definida por especificação de entidade.....	85
Figura 44: Exemplo de entidades e suas especificações.....	86
Figura 45: Exemplo de associação	86
Figura 46: Visão de entidades do modelo-núcleo CBE.....	89
Figura 47: Visão de associações do modelo-núcleo CBE	90
Figura 48: Modelo SID para componentes de <i>hardware</i>	91
Figura 49: Modelo SID para componentes funcionais de transporte	92
Figura 50: Exemplo de hierarquia de locais	95
Figura 51: Equipamento do formato “ <i>pizza-box</i> ” e suas portas	96
Figura 52: Equipamento do formato gabinete com placas em seus slots	97
Figura 53: Placa com módulos XFP em seus conectores	97
Figura 54: Módulo óptico (XFP) com suas portas	98
Figura 55: Placa com suas portas	98

Figura 56: Geração de conexões componentes.....	105
Figura 57: Ocupação de conexões concatenadas.....	105
Figura 58: <i>Trails</i> ocupando caminhos principal e de proteção.....	106
Figura 59: Ocupação de <i>link connections</i> e <i>subnetwork connections</i> em sequência contígua.....	107
Figura 60: Ocupação de sequência inválida	107
Figura 61: Ocupação inválida na extremidade A	108
Figura 62: Pacotes dos casos de uso do sistema de inventário.....	114
Figura 63: Entidades nativas do sistema de inventário.....	116
Figura 64: Entidade nativa Equipamento e suas especializações	118
Figura 65: Pacote “Administrar inventário”	119
Figura 66: Pacote “Administrar rede”	122
Figura 67: Pacotes do modelo de classes do inventário de rede e suas interdependências	125
Figura 68: Pacote "Especificação de entidades"	126
Figura 69: Pacote “Entidades nativas” e suas associações	128
Figura 70: Pacote "Entidades auxiliares"	129
Figura 71: Pacote "Locais"	130
Figura 72: Pacote “Tipo de composição de equipamento”.....	131
Figura 73: Pacote “Modelo de equipamento”	132
Figura 74: Estruturas de multiplexação permitidas para <i>trails</i> do tipo VC-4.....	134
Figura 75: Pacote “Tipo de estágio de multiplexação”	135
Figura 76: Pacote "Tipo de conexão ponto-a-ponto"	136
Figura 77: Pacote “Equipamentos”	138
Figura 78: Pacote “Conexão ponto-a-ponto”.....	140
Figura 79: Exemplo de aplicação de uma rede linear SDH-NG	146
Figura 80: Detalhamento das camadas de um exemplo de rede SDH-NG.....	147
Figura 81: Exemplo de aplicação de uma rede OTN.....	148
Figura 82: Detalhamento das camadas de um exemplo de rede OTN	149
Figura 83: Hierarquia bottom-up da rede SDH-NG cadastrada	150
Figura 84: Hierarquia bottom-up da rede OTN vista a partir do equipamento ADM OTN A	151
Figura 85: Casos de uso do pacote “Modelar inventário”	157
Figura 86: Casos de uso do pacote “Manter tabela auxiliar”	166
Figura 87: Casos de uso do pacote “Manter tabela de local”	173
Figura 88: Casos de uso do pacote “Manter modelo de equipamento”	182

Figura 89: Casos de uso do pacote “Manter tipo de conexão ponto-a-ponto”	199
Figura 90: Pacote “Administrar equipamento” e casos de uso relacionados	216
Figura 91: Pacote “Administrar conexão ponto-a-ponto” e casos de uso relacionados	227
Figura 92: Pacote “Especificação de entidade” e outras entidades relacionadas	243
Figura 93: Pacote “Entidades nativas” e suas associações	249
Figura 94: Pacote “Entidades auxiliares”	251
Figura 95: Pacote “Locais”	252
Figura 96: Pacote “Tipo de composição de equipamento”	253
Figura 97: Pacote “Modelo de equipamento”	255
Figura 98: Pacote “Tipo de estágio de multiplexação”	258
Figura 99: Pacote “Tipo de conexão ponto-a-ponto”	261
Figura 100: Pacote “Equipamentos”	265
Figura 101: Pacote “Conexão ponto-a-ponto”	268
Figura 102: Exemplo de aplicação de uma rede linear SDH-NG.....	275
Figura 103: Detalhamento das camadas de um exemplo de rede SDH-NG.....	276
Figura 104: Exemplo de aplicação de uma rede OTN.....	277
Figura 105: Detalhamento das camadas de um exemplo de rede OTN	278
Figura 106: Modelagem da entidade "Estação"	280
Figura 107: Modelagem da entidade "Bastidor"	281
Figura 108: Modelagem da entidade "Modelo de Bastidor"	281
Figura 109: Entidades do inventário.....	283
Figura 110: Exemplo de cadastro de estação.....	286
Figura 111: Tela de cadastro de modelo de porta.....	287
Figura 112: Tela de cadastro de tipo de composição de equipamento	288
Figura 113: Modelo de bastidor e conexões com terminação permitida.....	289
Figura 114: Modelo de bastidor e tipo de composição permitido	289
Figura 115: Modelo de placa e conexão com terminação permitida.....	290
Figura 116: Criação do tipo de ocupação de <i>slot</i> permitido para o modelo de placa.....	290
Figura 117 - Cadastro de tipo de <i>link connection</i>	291
Figura 118: Cadastro de tipo de estágio de multiplexação 7 x TUG-2, utilizado em redes SDH	292
Figura 119: Cadastro de tipo de <i>trail</i> e seus tipos de estágios de multiplexação iniciais.....	294
Figura 120: Cadastro de compatibilidades de ocupação para um tipo de <i>trail</i>	295
Figura 121: Compatibilidades de ocupação do tipo de <i>trail</i> OCh.....	295

Figura 122: Compatibilidade de ocupação do tipo "Concatenação virtual"	296
Figura 123: Tipos de proteção permitidos para o tipo de <i>trail</i> OCh	296
Figura 124: Cadastro de bastidor instalado na estação UFFENG	297
Figura 125: Cadastro de placa 1 x STM-4 instalada em um <i>slot</i> de bastidor	298
Figura 126: Tela de cadastro de <i>trail</i> com as terminações em equipamentos	300
Figura 127: Pesquisa de equipamentos	300
Figura 128: Estrutura de multiplexação do <i>trail</i>	301
Figura 129: Conexões ocupadas pelo <i>trail</i>	301
Figura 130: Pesquisa de conexões ponto-a-ponto	302
Figura 131: Hierarquia <i>bottom-up</i> da rede SDH-NG cadastrada	304
Figura 132: Hierarquia <i>bottom-up</i> da rede OTN vista a partir do equipamento ADM OTN A	305
Figura 133: Hierarquia <i>top-down</i> da rede SDH-NG	306
Figura 134: Hierarquia <i>top-down</i> da rede OTN	307

Lista de Tabelas

Tabela 1: Uniões permitidas e os tipos de pontos de referência resultantes.....	34
Tabela 2: Capacidades de trails e link connections SDH	58
Tabela 3: Exemplos de capacidades de entidades de transporte OTN	73
Tabela 4: Tipos de proteção das diversas camadas de rede OTN	75
Tabela 5: Exemplo de hierarquia de locais.....	95
Tabela 6: Modelos de equipamento, terminações permitidas e compatibilidade de ocupação	99
Tabela 7: Modelos de equipamento e as possíveis configurações	100
Tabela 8: Detalhamento de tipos de configuração de equipamentos.....	100
Tabela 9: Exemplos de tipos de conexão e respectivos tipos de ocupação permitidos	102
Tabela 10: Exemplos de tipos de conexão e os possíveis estágios de configuração	103
Tabela 11: Detalhamento dos estágios de multiplexação de conexões ponto-a-ponto.....	103
Tabela 12: Exemplos de tabelas auxiliares.....	108
Tabela 13: Objetos dos tipos “auxiliar” e “local” e seus comportamentos	109
Tabela 14: Objetos do tipo "equipamento", seus modelos e comportamentos.....	110
Tabela 15: Associações entre equipamentos e seus modelos	111
Tabela 16: Conexões ponto-a-ponto, seus tipos e comportamentos.....	111
Tabela 17: Associações entre conexões ponto-a-ponto e seus tipos	113
Tabela 18: Exemplos de entidades especificadas para o inventário	116
Tabela 19: Exemplos de entidades de recurso de rede e seus tipos.....	117
Tabela 20: Exemplos de entidades de local.....	117
Tabela 21: Sequência de casos de uso para validação do modelo.....	144
Tabela 22: Definição das entidades auxiliares	279
Tabela 23: Definição das entidades de local	279
Tabela 24: Definição das entidades de equipamento.....	280

Tabela 25: Definição das entidades de conexão ponto-a-ponto	282
Tabela 26: Fabricantes de equipamentos	284
Tabela 27: Tecnologias	284
Tabela 28: Taxas de transmissão	284
Tabela 29: Países	285
Tabela 30: Estados	285
Tabela 31: Municípios	285
Tabela 32: Estações	285
Tabela 33: Modelos de Slot	286
Tabela 34: Modelos de Porta	286
Tabela 35: Tipos de composição de equipamento	287
Tabela 36: Modelos de Bastidor	288
Tabela 37: Modelos de equipamentos compostos	289
Tabela 38: Tipos de <i>link connection</i>	290
Tabela 39: Tipos de estágio de multiplexação	291
Tabela 40: Tipo de <i>link</i> de fibra óptica	293
Tabela 41: Tipo de <i>subnetwork connection</i>	293
Tabela 42: Tipos de <i>network connection</i>	293
Tabela 43: Tipos de <i>trail</i>	294
Tabela 44: Bastidores a serem instalados em estações	297
Tabela 45: Placas instaladas em <i>slots</i> de bastidores	298
Tabela 46: Conexões compostas da Rede SDH-NG	299
Tabela 47: Conexões compostas da Rede OTN	302

Abreviaturas e Siglas

3R – Conversor óptico/elétrico/óptico com reamplificação, *reshaping*, *retiming* e monitoração

ADM – *Add-drop Multiplexer*

AJAX – *Asynchronous Javascript and XML*

AP – *Access Point*

Ap – *Protection Adaption*

API – *Application Programming Interface*

AP_p – *Protection Access Point*

APSC – *Automatic Protection Switch Channel*

ASON – *Automatically Switched Optical Network*

ATM – *Asynchronous Transfer Mode*

AUG-n – *Administrative Unit Group-n*

AU-n – *Administrative Unit-n*

BML – *Business Management Level*

BSS – *Business Support Systems*

CBE – *Core Business Entities*

CCITT – Comitê Consultivo Internacional de Telefonia e Telegrafia

C-n – *Container-n*

COMMS – *General Management Communications*

CORBA – *Common Object Request Broker Architecture*

CP – *Connection Point*

CP_p – *Protection Connection Point*

CWDM – *Coarse Wave Division Multiplexing*

DAO – *Data Access Objects*

DDL – *Data Definition Language*

DSL – *Digital Subscriber Line*

DWDM – *Dense Wave Division Multiplexing*

DXC – *Digital Cross-Connect*

EAI – *Enterprise Application Integration*

EJB – *Enterprise JavaBeans*

EML – *Element Management Level*

EMS – *Element Management System*

eTOM – *enhanced Telecom Operations Map*

GMPLS – *Generalized Multi-Protocol Label Switching*

GUI – *Graphical User Interface*

GWT – *Google Web Toolkit*

IP – *Internet Protocol*

ITU – *International Telecommunication Union*

ITU-T - *Setor de padronização da área de Telecomunicações da ITU*

J2EE – *Java 2 Platform, Enterprise Edition*

JMS – *Java Message Service*

JPA – *Java Persistence API*

LC – *Link Connection*

LDAP – *Lightweight Directory Access Protocol*

LT – *Line Terminal*

MC – *Matrix Connection*

MC_p – *Protection Matrix Connection*

MPLS – *Multiprotocol Label Switching*

MS-SPRing – *Multiplex Section-Shared Protection Ring*

MTOSI – *Multi-Technology Operations System Interface*

MVC – *Model-View-Controller*

MVP – *Model-View-Presenter*

NGOSS – *Next Generation Operations Support Systems*

NML – *Network Management Level*

NMS – *Network Management System*

OADM – *Optical Add-drop Multiplexer*

OCADM – *Optical Channel Add-drop Multiplexer*

OCC – *Optical Channel Carrier*

OCG – *Optical Carrier Group*

OCh – *Optical Channel*

OCX – *Optical Cross Connect*

ODTUGk – *Optical channel Data Tributary Unit Group*

ODU – *Optical Data Unit*

ODUk – *Optical Data Unit de ordem k*

ODUk-Xv – *Concatenação virtual de X ODUk*

ODXC – *ODU Cross Connect*

OMS – *Optical Multiplex Section*

ONU – *Organização das Nações Unidas*

OOS – *OTM Overhead Signal*

OPU – *Optical Payload Unit*

OPUk – *Optical Payload Unit de ordem k*

OPUk-Xv – *Concatenação virtual de X OPUk*

OSC – *Optical Supervisory Channel*

OSI – *Open Systems Interconnection*

OSS – *Operating Support Systems*

OSS/J – *OSS Through Java Initiative*

OTL – *Optical channel Transport Lane*

OTLC – *Optical Transport Lane Carrier*

OTLCG – *Optical Transport Lane Carrier Group*

OTM – *Optical Transport Module*

OTN – *Optical Transport Network*

OTS – *Optical Transmission Section*

OTU – *Optical Transport Unit*

OTUk – *Optical Transport Unit de ordem k*

OWL – *Web Ontology Language*

OXC – *Optical Cross-connect*

PDH – *Plesiochronous Digital Hierarchy*

PL/SQL – *Procedural Language/Structured Query Language*

R – *Repetidor*

RDF – *Resource Description Framework*

RDFS – *Resource Description Framework Schema*

ROADM – *Reconfigurable Optical Add-drop Multiplexer*

SDH – *Synchronous Digital Hierarchy*

SDH-NG – *Synchronous Digital Hierarchy - Next Generation*

SDXC – *Synchronous Digital Cross-Connect*

SFP – *Small Form-factor Pluggable*

SID – *Shared Information Data*

SML – *Service Management Level*

SNC – *Subnetwork Connection*

SOA – *Service-Oriented Architecture*

SONET – *Synchronous Optical Networking*

SQL – *Structured Query Language*

STM-n – *Synchronous Transport Module-n*

STSF – *Sublayer Trail Signal Fail*

SWRL – *Semantic Web Rule Language*

TAM – *Telecom Applications Map*

TCP – *Termination Connection Point*

TCP_p – *Protection TCP*

TDM – *Time-Division Multiplexing*

TI – *Tecnologia de Informação*

TMN – *Telecommunications Management Network*

TSF – *Trail Signal Fail*

TT_p – *Protected Trail Termination*

TT_u – *Unprotected Trail Termination*

TUG-n – *Tributary Unit Group-n*

TU-n – *Tributary Unit-n*

UML – *Unified Modeling Language*

UMTS – *Universal Mobile Telecommunication System*

VC-n – *Virtual Container de ordem n*

VC-n-Xc – *Concatenação contígua de X VC-n*

VC-n-Xv – *Concatenação virtual de X VC-n*

VLAN – *Virtual Local Area Network*

VoIP – *Voice over IP*

VPN – *Virtual Private Network*

WDM – *Wave Division Multiplexing*

xDSL – *Digital Subscriber Line*

XFP – *10 Gigabit Small Form Factor Pluggable*

XML – *eXtensible Markup Language*

Sumário

Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract.....	viii
Lista de Ilustrações	x
Lista de Tabelas	xv
Abreviaturas e Siglas	xvii
1 - Introdução.....	1
1.1 - O problema da administração de redes de telecomunicações	1
1.2 - <i>Software</i> e telecomunicações	2
1.3 - Estratégias de solução	4
1.4 - Revisão bibliográfica	6
1.4.1 - <i>Ontology Based Model for the ITU-T Recommendation G.805: Towards the Self-Management of Transport Networks</i>	6
1.4.2 - Uma Arquitetura Orientada à Convergência de Inventários em uma Empresa de Telecomunicações	7
1.5 - Soluções corporativas	8
1.5.1 - Soluções caseiras de administradoras de redes de telecomunicações	8
1.5.2 - Produtos de mercado	8
1.6 - Objetivos da dissertação e abordagem do problema.....	15
2 - Redes de Telecomunicações.....	18
3 - Recomendações ITU-T	23
3.1 - G.805.....	23
3.1.1 - Componentes da arquitetura	24
3.1.2 - Divisão de uma rede em partições e em camadas (níveis)	35

3.1.3	- Técnicas para aumentar a disponibilidade da rede.....	49
3.2	- Interpretação do modelo G.805 sob o ponto de vista de sistemas de informação	53
3.3	- Aplicação do modelo G.805 à tecnologia SDH (recomendação G.803)	55
3.3.1	- Camadas da rede SDH.....	56
3.3.2	- Tipos de equipamentos SDH.....	59
3.3.3	- Tipos de proteção em redes SDH.....	63
3.4	- Aplicação do modelo G.805 à tecnologia OTN (recomendação G.872).....	65
3.4.1	- Camadas da rede OTN.....	65
3.4.2	- Tipos de equipamentos OTN.....	74
3.4.3	- Tipos de proteção em redes OTN.....	75
4	- Modelo de informações SID (TMForum).....	76
4.1	- Visão básica do inventário.....	77
4.2	- Interação com outras funções de OSS	78
4.2.1	- <i>Provisioning Control</i> (Controle de Aprovisionamento).....	79
4.2.2	- <i>Network Activation</i> (Ativação na Rede).....	79
4.2.3	- <i>Network Impact Analysis</i> (Análise de Impacto na Rede)	79
4.2.4	- <i>Performance Monitoring</i> (Monitoração de Desempenho)	79
4.2.5	- <i>Resource Discovery</i> (Descoberta de Recursos).....	80
4.2.6	- <i>Root-Cause Alarm Analysis</i> (Análise de Causa-raiz de Alarme)	80
4.2.7	- <i>Usage Monitoring</i> (Monitoração de Utilização)	81
4.3	- Modelo de informações do inventário de recursos	81
4.4	- Metamodelagem.....	82
4.4.1	- Entidades	83
4.4.2	- Especificações de Entidades.....	84
4.4.3	- Associações	86
4.5	- Modelo-núcleo CBE (<i>Core Business Entities</i>)	88
4.6	- Adendos do modelo SID.....	90
5	- Proposta de projeto.....	93
5.1	- Especificação de requisitos	93
5.1.1	- Requisitos funcionais.....	93
5.1.2	- Requisitos não funcionais.....	123
5.2	- Projeto do software	123
5.2.1	- Modelo de classes de negócio	124

5.2.2 - Implementação do protótipo.....	142
5.3 - Validação do modelo	143
5.3.1 – Metodologia de prova do modelo.....	143
5.3.2 – Casos de estudo	144
5.3.3 – Resultados do teste do protótipo	150
6 - Conclusão.....	152
A - Especificação de casos de uso	156
A.1 - Pacote “Modelar inventário”	156
A.1.1 - Caso de Uso “Criar entidade”	157
A.1.2 - Caso de Uso “Consultar entidade”	159
A.1.3 - Caso de Uso “Pesquisar entidades”	160
A.1.4 - Caso de Uso “Alterar entidade”	161
A.1.5 - Caso de Uso “Excluir entidade”	164
A.2 - Pacote "Manter tabela auxiliar"	165
A.2.1 - Caso de uso "Criar instância de entidade auxiliar"	166
A.2.2 - Caso de uso "Consultar instância de entidade auxiliar"	168
A.2.3 - Caso de uso "Pesquisar instâncias de entidade auxiliar"	169
A.2.4 - Caso de uso "Alterar instância de entidade auxiliar"	170
A.2.5 - Caso de uso "Excluir instância de entidade auxiliar"	171
A.3 - Pacote "Manter tabela de local"	172
A.3.1 - Caso de uso "Criar local"	173
A.3.2 - Caso de uso "Consultar local"	175
A.3.3 - Caso de uso "Pesquisar locais"	176
A.3.4 - Caso de uso "Alterar local"	178
A.3.5 - Caso de uso "Excluir local"	180
A.4 - Pacote "Manter modelo de equipamento"	181
A.4.1 - Caso de uso "Criar modelo de equipamento"	182
A.4.2 - Caso de uso "Consultar modelo de equipamento"	185
A.4.3 - Caso de uso "Pesquisar modelos de equipamento"	186
A.4.4 - Caso de uso "Alterar modelo de equipamento"	187
A.4.5 - Caso de uso "Excluir modelo de equipamento"	190
A.4.6 - Caso de uso "Criar tipo de composição de equipamento"	191
A.4.7 - Caso de uso "Consultar tipo de composição de equipamento"	193

A.4.8 -	Caso de uso "Pesquisar tipos de composição de equipamento"	194
A.4.9 -	Caso de uso "Alterar tipo de composição de equipamento"	195
A.4.10 -	Caso de uso "Excluir tipo de composição de equipamento"	197
A.5 -	Pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto"	198
A.5.1 -	Caso de uso "Criar tipo de conexão ponto-a-ponto"	199
A.5.2 -	Caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto"	202
A.5.3 -	Caso de uso "Pesquisar tipos de conexão ponto-a-ponto"	203
A.5.4 -	Caso de uso "Alterar tipo de conexão ponto-a-ponto"	204
A.5.5 -	Caso de uso "Excluir tipo de conexão ponto-a-ponto"	207
A.5.6 -	Caso de uso "Criar estágio de multiplexação"	208
A.5.7 -	Caso de uso "Consultar estágio de multiplexação"	210
A.5.8 -	Caso de uso "Pesquisar estágios de multiplexação"	211
A.5.9 -	Caso de uso "Alterar estágio de multiplexação"	212
A.5.10 -	Caso de uso "Excluir estágio de multiplexação"	214
A.6 -	Pacote "Administrar equipamento"	215
A.6.1 -	Caso de uso "Criar equipamento"	216
A.6.2 -	Caso de uso "Consultar equipamento"	220
A.6.3 -	Caso de uso "Pesquisar equipamentos"	221
A.6.4 -	Caso de uso "Alterar equipamento"	222
A.6.5 -	Caso de uso "Excluir equipamento"	226
A.7 -	Pacote "Administrar conexão ponto-a-ponto"	226
A.7.1 -	Caso de uso "Criar conexão ponto-a-ponto"	227
A.7.2 -	Caso de uso "Consultar conexão ponto-a-ponto"	232
A.7.3 -	Caso de uso "Pesquisar conexões ponto-a-ponto"	234
A.7.4 -	Caso de uso "Alterar conexão ponto-a-ponto"	235
A.7.5 -	Caso de uso "Excluir conexão ponto-a-ponto"	240
B -	Modelo de classes	242
B.1 -	Pacote "Especificação de entidade"	242
B.2 -	Pacote "Entidades nativas"	248
B.3 -	Pacote "Entidades auxiliares"	251
B.4 -	Pacote "Locais"	252
B.5 -	Pacote "Tipo de composição de equipamento"	253
B.6 -	Pacote "Modelo de equipamento"	254

B.7 - Pacote “Tipo de estágio de multiplexação”	258
B.8 - Pacote “Tipo de conexão ponto-a-ponto”	260
B.9 - Pacote “Equipamentos”	264
B.10 - Pacote “Conexão ponto-a-ponto”	267
C - Estudos de casos	274
C.1 - Modelo funcional ITU-T G.805	274
C.1.1 - Exemplo de aplicação de rede SDH-NG	274
C.1.2 - Exemplo de aplicação de rede OTN	277
C.2 - Representação dos estudos de caso no inventário	279
C.2.1 - Modelagem das entidades	279
C.2.2 - Administração do inventário	284
C.2.3 - Administração da rede	296
Referências bibliográficas	308

Capítulo 1

Introdução

1.1 - O problema da administração de redes de telecomunicações

A tarefa de administração de uma rede de transporte é tão complexa quanto forem a sua heterogeneidade e o seu tamanho. O provisionamento de circuitos na rede requer o conhecimento da sua topologia e dos seus componentes, e o controle da geração e ocupação de seus recursos. A representação em camadas e domínios facilita a sua visão e também a divisão de tarefas de administração. A escolha dos melhores caminhos para a ativação de circuitos que servirão para interligar equipamentos das redes clientes exige uma visão unificada da rede e dos seus recursos disponíveis para uso. Todas as camadas dessa rede devem estar bem representadas, de preferência até o meio físico, para, por exemplo, evitar que um caminho de proteção utilize a mesma fibra óptica do caminho principal. Mesmo nas redes em que o provisionamento é feito automaticamente (sem a interferência de operadores humanos), uma base de dados com informações da hierarquia e conexões da rede é necessária para que os algoritmos de escolha de caminho e de recursos livres sejam executados satisfatoriamente.

Igualmente importante, a atividade de recuperação de circuitos em caso de falhas exige uma representação precisa da rede para localização das suas causas, e para a restauração dos recursos afetados segundo uma prioridade pré-estabelecida.

Outra tarefa beneficiada pelo registro de ocupação de recursos em uma base de dados é a de planejamento da expansão da rede, pois oferece insumos para previsão do seu esgotamento.

Os problemas mencionados são parcialmente resolvidos pelos sistemas de gerência de configuração de rede. Os fabricantes de equipamentos também costumam fornecer sistemas informatizados que enviam comandos aos elementos da rede para aprovisionar seus recursos. Esses sistemas normalmente são suportados por um inventário da rede, permitindo assim o controle da sua ocupação. Entretanto, nem sempre (na verdade, quase nunca) é possível dispor de um sistema que gerencie toda a rede de uma grande instituição, pelos seguintes motivos:

- Cada fabricante implementa um modelo de informações proprietário (não há padronização do plano de gerência).
- Redes de tecnologias diferentes (mesmo que de um mesmo fabricante) podem ser gerenciadas por sistemas cujos modelos são distintos.
- Muitas vezes dispõe-se apenas de um sistema de gerência de elemento (e não de rede), o que faz com que camadas importantes da rede não sejam representadas.
- É fato que, por motivo de economia, algumas administradoras de redes de telecomunicações não adquirem os sistemas de gerência de alguma parte da sua rede.
- Ainda há em algumas redes equipamentos com tecnologia antiga, sem possibilidade de gerência remota simplesmente devido à falta de *interfaces* para esse fim.

Sendo assim, as tarefas pertinentes à administração de uma rede de grande porte tornam-se bastante difíceis quando a representação da mesma está segmentada em vários sistemas de gerência. Uma operadora de serviços de telecomunicações de grande porte pode ter em sua rede dezenas ou mesmo centenas de milhões de objetos, entre equipamentos, placas, portas, circuitos e outros.

Outro complicador é que alguns fabricantes não disponibilizam documentação da implementação e nem interfaces para seus sistemas de gerência. Qualquer necessidade específica de uma administração que não esteja coberta pelo sistema fornecido não será satisfeita.

Frente a esses fatores, torna-se óbvio que uma rede que englobe tecnologias e fabricantes diferentes requer componentes adicionais que proporcionem uma visão unificada da rede, e permitam eficiência nos processos inerentes à sua administração. Esses aplicativos complementam a camada de OSS (Sistemas de Suporte à Operação).

1.2 - Software e telecomunicações

É bastante difícil dissociar-se a engenharia de telecomunicações dos *softwares* que servem tanto para gestão, controle e operação dos elementos componentes de um sistema de telecomunicações. Cada vez mais tanto os elementos da rede quanto a sua administração dependem de processadores e programas de computador para sua operação.

As formas de classificação dos diversos componentes de *software* presentes em instituições que administram redes de telecomunicações são várias. A recomendação [10] do ITU-T (União Internacional de Telecomunicações) divide as funcionalidades em níveis (planos):

- Plano de transporte de dados: diz respeito aos protocolos executados pelos elementos de rede de forma a permitir a transmissão de dados digitais de um ponto de origem até um ou mais pontos de destino.
- Plano de controle: compreende sinalização e controle de abertura e fechamento de sessão, alteração de seus parâmetros, controle de proteção, descoberta automática da rede, roteamento, computação de caminhos e outros. Pode ser implementado em parte nos elementos da rede, e também ter componentes em *hardware* externo.
- Plano de gerência: *softwares* que possuem *interface* com a rede, para fins de configuração de recursos (ativação, alteração e desativação) e serviços, testes, e gerência de desempenho e falhas. Normalmente são providos pelos fornecedores dos elementos de rede. Podem ser classificados em gerenciadores de elemento (*EMS – Element Management Systems*), quando tratam os elementos de rede individualmente, ou em gerenciadores de rede (*NMS – Network Management Systems*), quando concentram informações da rede gerenciada numa base de dados externa aos elementos.

O modelo TMN (*Telecommunications Management Network*, ou Rede de Gerência de Telecomunicações) é tratado pelas recomendações M.3000 a M.3599 do ITU-T. O documento [11] define as seguintes camadas:

- Gerência de Negócio (*Business Management Level - BML*): são componentes de suporte ao negócio da instituição, dizendo respeito ao tratamento de clientes, seus contratos e pedidos, bilhetagem, faturamento e outros.
- Gerência de Serviço (*Service Management Level - SML*): trata dos serviços prestados aos clientes.
- Gerência de Rede (*Network Management Level - NML*): trata um conjunto de elementos de rede e as ligações entre os mesmos.

- Gerência de Elemento (*Element Management Level* - EML): trata individualmente cada elemento de rede.

As camadas citadas acima compreendem os OSS (*Operating Support Systems*, ou Sistemas de Suporte à Operação de redes de telecomunicações). Frequentemente, a camada de Gerência de Negócio é classificada como BSS (*Business Support Systems*, ou Sistemas de Suporte ao Negócio), assim como parte da camada de Gerência de Serviço. As fronteiras que separam essas camadas não são perfeitamente definidas, variando conforme cada implementação. Há inclusive exemplos de componentes que atuam em mais de uma camada, o que fez surgirem as siglas BSS/OSS (ou OSS/BSS, ou B/OSS), englobando toda a arquitetura de *software*.

1.3 - Estratégias de solução

É bastante comum as aplicações de gerência de rede e de elemento fornecidas pelos fabricantes de equipamentos não serem suficientes para uma administração eficiente da rede, e torna-se necessário complementar a camada de OSS com outros componentes de *software*. Esses componentes tipicamente compreendem automatização de processos de provisionamento de recursos e serviços, visão unificada da rede administrada, planejamento da rede, gerência de capacidades e outras funcionalidades. A Figura 1 ilustra as camadas de *software* citadas.

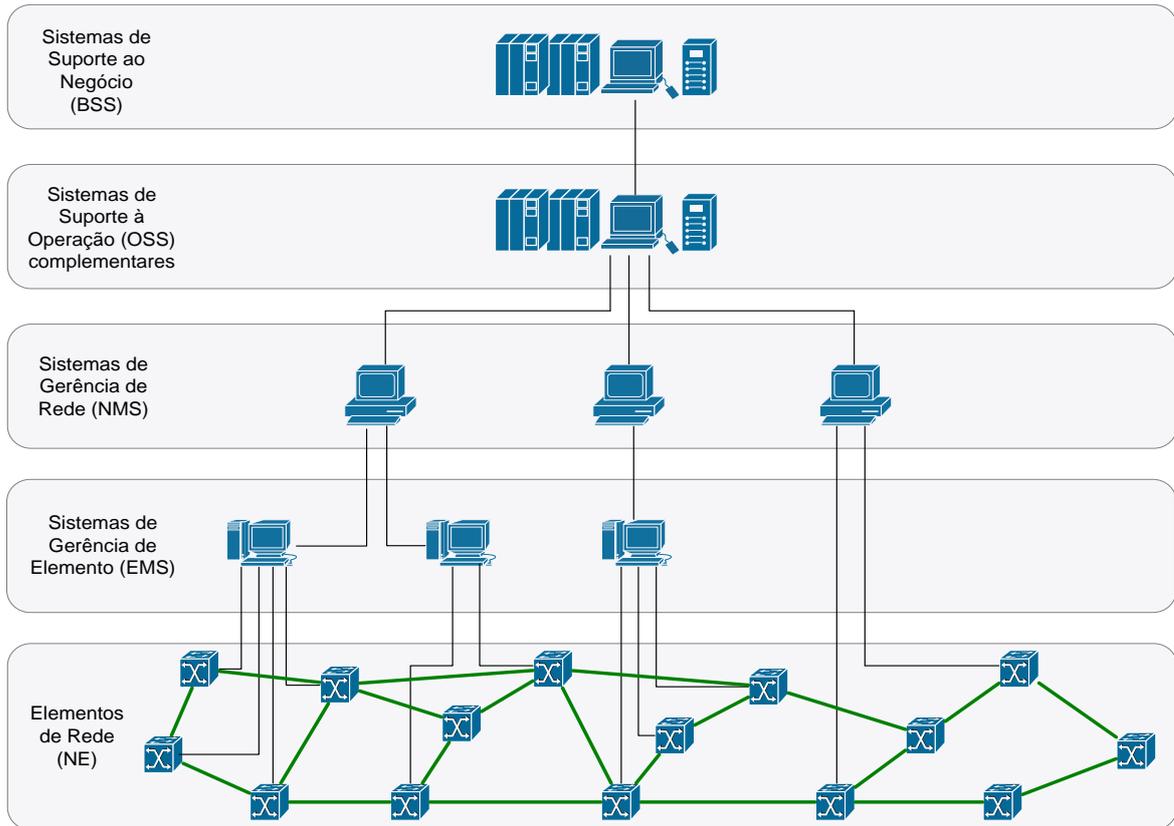


Figura 1: Exemplo de rede de telecomunicações e sistemas envolvidos

Uma das formas de prover uma visão unificada da rede é a implementação de uma federação de dados, criando-se um sistema que fornece de forma on-line as informações dos diversos sistemas de gerência de configuração. Esse tipo de implementação guarda numa base de dados centralizada apenas os apontadores para as fontes reais das informações, sejam elas sistemas de gerência ou os próprios elementos de rede, acrescido de informações complementares. A grande vantagem desse tipo de abordagem é a garantia de que a informação vista pelo administrador da rede está sempre atualizada. Entretanto, traz como desvantagem a enorme quantidade de acessos a *interfaces* com as fontes reais de dados, o que pode acarretar em degradação do desempenho da rede, visto que os sistemas de gerência e elementos da rede são obrigados a dividir sua carga de trabalho entre o funcionamento da própria rede e as respostas às solicitações das *interfaces*. Outra desvantagem é que, caso a rede não esteja configurada de acordo com o desejo do seu administrador (seja por motivo de erro no provisionamento, perda acidental de configuração de elementos, ou mesmo por fraude), não há como comparar o estado da rede com uma informação confiável, dificultando muito uma auditoria.

Outra estratégia de solução do problema é a implementação de um inventário autônomo, guardando-se numa base de dados centralizada todas as informações necessárias à configuração da rede conforme os projetos criados pela sua administração, antes mesmo da sua execução. Com isso, obtêm-se as seguintes vantagens:

- Evita-se o uso excessivo de interfaces com sistemas de gerência e com elementos da rede, pois as operações de consulta são realizadas numa base de dados independente.
- Torna-se permitido planejar no inventário o estado futuro da rede antes da execução dos projetos.
- É possível realizar auditorias, comparando-se os dados do inventário com a configuração real da rede.

1.4 - Revisão bibliográfica

Há alguns projetos realizados em universidades e outras instituições de pesquisa que se propõem a administrar redes de telecomunicações. No Brasil, a falta de investidores e a pouca visibilidade desses trabalhos dificulta muito a sua transformação em produtos utilizáveis na prática. Outro motivo que causa essa dificuldade é a deficiência de pesquisadores e desenvolvedores com o perfil necessário, que exige conhecimentos profundos tanto da área de engenharia de redes de telecomunicações, quanto da área de engenharia de *software*. A seguir serão apresentados alguns exemplos de trabalhos acadêmicos na área de OSS, e serão comparadas suas funcionalidades mais importantes relativas ao inventário de recursos de rede.

1.4.1 - *Ontology Based Model for the ITU-T Recommendation G.805: Towards the Self-Management of Transport Networks*

Trata-se de um artigo publicado em 2010 pelo *International Journal of Computer Science and Information Technology*, que descreve um modelo conceitual ontológico baseado na recomendação ITU-T G.805 para arquiteturas de redes de transporte [27]. Sua autoria é de Maxwell Monteiro, Anilton Salles Garcia, Pedro Paulo F. Barcelos e Giancarlo Guizzardi, da Universidade Federal do Espírito Santo.

O modelo proposto baseia-se na OWL (*Web Ontology Language*), um tipo de documento baseado nos padrões XML, RDF (*Resource Description Framework*) e RDFS (*Resource Description Framework Schema*), e que tem o propósito de publicar e compartilhar ontologias na Internet.

O trabalho publicado não apresenta um sistema ou produto, mas propõe o uso da linguagem OWL para descrever uma rede segundo os seus tipos de recursos e respectivos relacionamentos descritos na G.805. Para definir regras de relações entre as classes que representam os recursos de rede, foi utilizada a SWRL (*Semantic Web Rule Language*), uma extensão da OWL. O objetivo é criar um documento que seja lido e compreendido tanto por seres humanos, quanto por processos computacionais.

Os autores utilizaram a ferramenta *Protégé*, que facilita a edição dos documentos, oferecendo uma visualização em árvore hierárquica das classes definidas das respectivas instâncias (objetos), e também executa a verificação da consistência de regras de relações entre essas classes. O *Protégé* também executa a conversão dos documentos OWL para bancos de dados relacionais.

1.4.2 - Uma Arquitetura Orientada à Convergência de Inventários em uma Empresa de Telecomunicações

Dissertação de mestrado em engenharia elétrica escrita em 2008 por Ana Luísa Nóbrega Distefano, pela Universidade de Brasília [28].

Mostra os motivadores para o desenvolvimento de um inventário de rede centralizado para provedores de serviços de telecomunicações, e dos possíveis ganhos com a sua implantação. Apresenta também um cronograma do projeto, incluindo o levantamento dos requisitos, desenvolvimento, implantação e treinamento dos usuários. Não mostra, entretanto, nenhum projeto técnico para o desenvolvimento do sistema, sugerindo como trabalhos futuros a confecção do modelo lógico de classes que representem os recursos de rede, e o desenho dos processos para atualização do inventário.

1.5 - Soluções corporativas

A seguir serão discutidas as soluções adotadas pelas empresas provedoras de serviços de telecomunicações.

1.5.1 - Soluções caseiras de administradoras de redes de telecomunicações

Desde os primórdios das telecomunicações (em que não havia gerência remota da rede), a tarefa de administração da rede tornou necessário criar sistemas computacionais para o cadastro de elementos de rede e circuitos. Esses sistemas vêm sendo usados por décadas, e (pouco) evoluídos conforme as novas tecnologias de telecomunicações são criadas. Comumente são sistemas muito simples, atualmente modelando mal a rede, devido a fatores como:

- Falta de investimentos do controlador da empresa. Normalmente os sistemas de suporte à operação (OSS) têm a prioridade mais baixa no planejamento de investimentos da operadora.
- Indefinição da área de OSS. A pequena importância dada a este tema faz com que os profissionais que tratam do mesmo estejam espalhados nas áreas de engenharia e operações, ou então centralizados na área de tecnologia de informação (TI), que por sua vez só costuma priorizar projetos que apresentem retorno financeiro mais imediato e aparente, como sistemas de vendas, bilhetagem e faturamento.
- Desconhecimento dos elementos de rede e tecnologias de telecomunicações por parte dos analistas de sistemas.

1.5.2 - Produtos de mercado

Algumas empresas brasileiras, ao perceberem que a economia feita com o uso de sistemas caseiros como os do item anterior acaba sendo anulada por custos ainda maiores decorrentes de suas deficiências, já estão investindo em pacotes de OSS desenvolvidos por empresas especializadas. Esses produtos já vêm sendo utilizados com sucesso há algum tempo por

operadoras do mundo inteiro, mas têm pouca penetração no mercado brasileiro pelos seguintes motivos:

- Altíssimo custo (dezenas de milhões de dólares). Aliado à pouca importância dada ao assunto (ver item anterior), o valor de investimento faz com que esses projetos sejam proibitivos nas pequenas e médias instituições que administram redes, e postergados nas grandes empresas do setor.
- Elevado nível de funcionalidades e exigências dos sistemas. Possuem muitas características que não são essenciais à maior parte das atividades das operadoras de telecomunicações (ou pelo menos vistos assim pelo mercado brasileiro), tornando-se verdadeiros “elefantes brancos” para os recursos humanos que os operam.
- A migração dos sistemas atualmente em uso pelas grandes empresas para novos pacotes é muito complicada devido ao fato de os sistemas legados possuírem *interfaces* com muitos outros sistemas relacionados, o que torna necessário um trabalho pesado de manutenção desses outros sistemas para adaptação a um novo inventário de rede. Os custos e prazos pertinentes a essa adaptação são fatores determinantes na decisão do adiamento do projeto de implantação de um novo *software* de inventário.

A seguir serão apresentados os produtos líderes de mercado que se propõem a inventariar redes de telecomunicações e seus componentes, e serão comparadas suas funcionalidades mais importantes relativas ao inventário de recursos de rede. Características que digam respeito a outras funcionalidades como processos de provisionamento, ativação na rede, descoberta de rede e reconciliação de dados descobertos com dados do inventário estão fora do escopo deste trabalho, e, portanto, não serão apresentadas, mesmo que estejam presentes nos exemplos avaliados.

1.5.2.1 - Granite¹

A empresa Granite Systems, desenvolvedora do produto Granite [25], foi adquirida pela Telcordia em 2004, e esta, pela Ericsson em 2011. O sistema está em uso em algumas grandes empresas prestadoras de serviços de telecomunicações no Brasil.

¹ Para este trabalho foi avaliada a versão 7 do Granite.

Tipos de recursos físicos modelados:

- Localizações geográficas hierarquizadas
- Equipamentos:
 - *Containers* (bastidores)
 - *Shelves* (Sub-bastidores)
 - *Slots*
 - Placas
 - Subplacas
 - Portas
- Cabos

Tipos de recursos lógicos modelados:

- *Paths* (ligações ponto-a-ponto para modelar circuitos, VLAN, *trails*, *link connections*, etc.)
- *Networks* (para modelar nuvens)
- *Segments* (para modelar linhas alugadas de terceiros)
- Numerações níveis 2 (VLAN, etc.) e 3 (IP)

Facilidades de visualização:

- *Layout* da topologia de circuitos
- Planta baixa de estações
- *Bayface* de equipamentos
- Mapas geográficos
- Diagramas de topologia de rede
- Árvore de hierarquia de rede

Outras funcionalidades:

- Permite modelagem de novos tipos de recursos e seus atributos pelo usuário por configuração (sem programação).

- Permite divisão da base de dados em partições, segmentando os dados por operações, tecnologias, localização geográfica e domínios de clientes.
- Permite criar subconjuntos dos dados para disponibilizá-los de forma diferenciada em páginas *web*, de acordo com o tipo de público a acessá-los.
- Disponibiliza API (*Application Programming Interface*, ou *Interface* de Programação de Aplicação) nos padrões JMS, EAI, SOA, MTOSI, XML e *Web Services*.
- Disponibiliza ferramentas que facilitam a implementação de *GUI* (*Graphical User Interface*, ou *Interface* Gráfica com o Usuário), *Web Services* e demais tipos de *interface*.
- Possui máquina de regras configurável para validação de dados de sistemas legados a serem migrados para a base do inventário.
- Permite a visualização de dados de inventários externos e sua associação com os dados do Granite (Federação de Dados).

Deficiências:

- Só permite a utilização de bancos de dados Oracle. Além disso, muitas funcionalidades são implementadas em baixo nível (em *triggers* e *stored procedures*), acoplando demais a solução de inventário ao banco de dados. Até mesmo a atualização do servidor Oracle é complicada.
- Só permite a utilização do servidor de aplicação *IBM WebSphere*.
- A segmentação da rede torna-se inviável quando uma determinada ligação passa por mais de um segmento.
- Como seu desenvolvimento foi feito fortemente baseado na tecnologia SDH, não permite a implementação de regras de modelagem de outras tecnologias de rede de forma simples.
- A modelagem de circuitos ponto-multiponto (como VPN, por exemplo) é muito pobre.
- Os recursos de rede que não puderem ser mapeados (modelados) nos tipos de objetos básicos citados anteriormente não são considerados "nativos", e por isso os seus relatórios devem ser desenvolvidos *ad-hoc*. A implementação de metadados utilizada não é das mais eficientes, pois cada atributo de cada objeto não nativo é gravado como uma *string* em uma linha de uma tabela "vertical", tornando o seu tamanho grande demais conforme a base de dados cresce. Esse enorme volume de dados numa única tabela, aliado ao fato de para cada atributo do objeto a ser lido é preciso realizar um acesso à base de dados, aumenta consideravelmente o tempo de acesso às informações.

- A criação de novos atributos para os tipos de objetos existentes é feita numa tabela de extensão, da mesma forma que os atributos dos tipos de objetos não nativos, com os mesmos problemas de desempenho citados. Além disso, as tabelas básicas principais possuem atributos fixos definidos pela empresa desenvolvedora do *software*, que, mesmo que não sejam usados pelo recurso de rede a ser modelado, serão visíveis ao usuário.
- A permissão de acesso a dados é feita apenas por tipo de objeto, como equipamentos, por exemplo. Isso permite que uma equipe responsável por centrais telefônicas altere dados de outras categorias de equipamentos, mesmo que esses não estejam sob sua responsabilidade.
- Somente as funcionalidades de leitura estão disponíveis em páginas *web*, e têm desempenho muito baixo no tocante ao tempo de resposta. As de escrita e alteração na base de dados requerem a instalação de aplicações na máquina do usuário, o que complica a sua implantação e a atualização de versões.
- As API do padrão JMS operam gerando mensagens para outros sistemas, mas não no sentido oposto.
- A máquina de validação de dados de sistemas legados a serem migrados só permite a criação de regras muito simples.
- A arquitetura do sistema envolve instalação de pesadas aplicações tanto nos servidores quanto nos clientes, exigindo *hardware* de custo significativo nas máquinas do usuário.
- A atualização do *software* instalado no servidor exige a atualização manual também das aplicações das máquinas do usuário (a retrocompatibilidade não é garantida, e não há atualização automática do cliente).
- Os objetos que representam recursos de rede não estão modelados segundo o padrão SID.
- O produto Granite puro e simples não possui todas as funcionalidades necessárias e tipos de objetos necessários para representar os tipos de recursos de rede citados. Muitas características só estão presentes em outros produtos acoplados, o que encarece muito o custo da solução.

1.5.2.2 - Amdocs Resource Manager²

² Para este trabalho foi avaliada a versão 8 do Amdocs Resource Manager.

O Resource Manager [26] foi desenvolvido pela empresa de OSS inglesa Cramer. Esta empresa foi adquirida em 2006 pela Amdocs, gigante israelense especializada em BSS. Assim como o Granite, o sistema tem grande penetração mundial, inclusive no Brasil.

Tipos de recursos físicos modelados:

- Localizações geográficas hierarquizadas
- Equipamentos:
 - *Devices* (bastidores)
 - *Shelves* (sub-bastidores)
 - *Slots*
 - *Subslots*
 - Placas
 - Portas
 - Antenas

Tipos de recursos lógicos modelados:

- *Links*
- Portadoras de *links*
- Portas lógicas (*sub-interfaces*)
- Ligações ponto-a-ponto (circuitos, VLAN, *trails*, *link connections*, etc.)
- Ligações ponto-multiponto (topologias de rede em anel, malha, etc.)
- Numerações

Facilidades de visualização:

- *Layout* de circuitos
- Planta baixa de estações
- *Bayface* de equipamentos e placas
- Mapas geográficos
- Diagramas de topologia de rede
- Diagramas de hierarquia de rede
- Árvore de hierarquia de rede

Outras funcionalidades:

- Permite o uso de bancos de dados de vários fornecedores.
- Permite modelagem de novos tipos de recursos e seus atributos e associações pelo usuário por configuração de metadados (sem programação) de várias tecnologias, inclusive.
- Permite divisão da base de dados em partições, segmentando os dados por operações, tecnologias, localização geográfica e domínios de clientes.
- Permite criar visões de subconjuntos (nuvens) dos dados para disponibilizá-los de acordo com o tipo de público a acessá-los.
- Disponibiliza *API (Application Programming Interface, ou Interface de Programação de Aplicação)* nos padrões XML, CORBA, *Web Service*, PL/SQL, EJB e Java.
- Disponibiliza ferramentas que facilitam a implementação de *GUI (Graphical User Interface, ou Interface Gráfica com o Usuário)*, *Web Services* e demais tipos de *interface*.
- Possui máquina de regras proprietária configurável para validação de dados a serem inseridos na base do inventário.

Deficiências:

- O controle de acesso aos dados é feito apenas por perfil de usuário e tipo de objeto. Não existe controle por localização geográfica do recurso de rede.
- Não permite a visualização de dados de outros inventários (externos) e sua associação com os dados internos ao próprio Resource Manager.
- Os recursos relativos a equipamentos só podem ser mapeados (modelados) em poucos tipos de objetos básicos. Não é possível criar um novo tipo de objeto, o que obriga a representação de objetos da rede real em objetos projetados para outra finalidade (por exemplo, os módulos SFP são cadastrados como se fossem placas).
- Classes são mapeadas em tabelas com atributos pré-fixados pela empresa desenvolvedora do *software*. Esses atributos, mesmo que não sejam usados pelo recurso de rede a ser modelado, serão visíveis ao usuário. A criação de atributos adicionais para esses recursos é feita numa tabela de extensão “vertical”, com os mesmos problemas de desempenho observados no Granite.

- A máquina de regras de validação de dados é proprietária do fornecedor, e não é flexível o bastante para muitas operações necessárias. Qualquer regra adicional necessita programação em Java.
- As regras nativas de mudança de estados de recursos são deficientes, não observando a hierarquia e dependência entre os mesmos. Pode-se, por exemplo, ativar um circuito em uma placa que ainda está no estado “planejado”.
- Não é possível criar regras de validação de dados genéricas para todos os tipos de recursos (regras em superclasses). É necessário repetir criar essas regras individualmente para todos os tipos de objetos.
- Os objetos que representam recursos de rede não estão modelados segundo o padrão SID.
- Assim como o Granite, o produto Resource Manager não possui todas as funcionalidades necessárias e tipos de objetos necessários para representar os tipos de recursos de rede citados. Muitas características só estão presentes em outros produtos acoplados, o que encarece muito o custo da solução.

1.6 - Objetivos da dissertação e abordagem do problema

Diante do exposto, o objetivo desta dissertação é propor a definição de um componente inventário, cerne dos OSS, que permita a representação em uma base de dados centralizada os recursos controlados pelas diversas plataformas do plano de gerência das distintas tecnologias componentes de uma rede de transporte. Um inventário dessa natureza deve permitir modelar os recursos mínimos necessários à administração de redes de transporte, como os seus elementos, suas interligações e hierarquias, sejam elas físicas ou lógicas, para fornecer insumos para seus processos inerentes à administração, planejamento, projeto e recuperação de serviços em caso de falhas. O modelo deve ser criado de forma que possa ser futuramente expandido sem grande esforço para atender às características específicas de tecnologias e fornecedores de equipamentos.

No Capítulo 2 serão apresentadas as diversas camadas de redes de telecomunicações, destacando-se a importância da rede de transporte, e será feita uma breve descrição das técnicas de multiplexação de sinais mais utilizadas e das tecnologias que as empregam.

O modelo proposto nesta dissertação para o sistema de inventário baseia-se em dois alicerces. A recomendação ITU-T G.805, a ser estudada no Capítulo 3 é um deles, fornecendo os

componentes funcionais genéricos que descrevem uma rede de transporte. Neste capítulo serão apresentadas também particularidades das redes SDH e OTN, as tecnologias de transporte mais importantes no momento. O segundo pilar da solução proposta é o *framework* SID (*Shared Information Data*), modelo de informações criado pela comunidade TMForum apresentado no Capítulo 4 e mundialmente utilizado na arquitetura de dados relativos aos produtos e serviços prestados por empresas operadoras de redes de telecomunicações, mas ainda pouco evoluído na modelagem de recursos da rede.

O *framework* SID está bastante evoluído na modelagem de produtos e serviços prestados aos clientes de operadoras de redes de telecomunicações, mas ainda é pobre na representação dos recursos lógicos dessas redes. Além disso, tanto os componentes funcionais definidos pelas recomendações ITU-T G.805 quanto o modelo SID não são bem contemplados pelos *softwares* de inventário disponíveis no mercado de OSS, que adotam soluções proprietárias.

No Capítulo 5 são apresentados os modelos de requisitos e projeto do *software* proposto, empregando técnicas de modelagem orientada a objetos para a solução do problema. Serão identificados os requisitos funcionais do sistema a ser implementado, descritos através de casos de uso, além de alguns requisitos não funcionais. Ainda neste capítulo é exposta a característica diferencial deste trabalho. Nele é proposto um modelo de classes que utiliza o núcleo CBE (*Core Business Entities*) como *framework* para a implementação do modelo conceitual SID e para a criação de extensões do mesmo, visando o objetivo final de modelagem dos principais componentes funcionais da recomendação G.805, de forma independente de fabricantes de equipamentos de rede e de fornecedores de plataformas de gerência dos mesmos. O modelo proposto vai ainda um pouco além desse objetivo, permitindo a definição de novas classes de objetos e suas associações através de metadados. Essa característica, aliada a um gerador de código-fonte automático, torna rápida, simples e econômica a adaptação do sistema às necessidades de cada administração de redes de transporte. Embora não estejam entre os objetivos principais deste trabalho, também são apresentados os padrões e ferramentas utilizadas na implementação de um protótipo do *software*. Ao final, será demonstrada a metodologia de prova da validade do modelo, utilizando-se dois exemplos de redes como estudos de casos no uso do sistema de inventário.

O Capítulo 6 conclui a dissertação, propondo sugestões de trabalhos futuros para a evolução do projeto de inventário de redes.

Os anexos A e B apresentam, respectivamente, os detalhes da especificação dos casos de uso e do modelo de classes do sistema, mencionados no Capítulo 5.

O anexo C apresenta com bastante detalhe a prova da validade do modelo citada no final do Capítulo 5, através da demonstração do uso do sistema na modelagem dos estudos de casos de exemplos das redes SDH e OTN, desde a criação da arquitetura de dados do inventário até a visualização hierárquica das camadas dessas redes de transporte.

Em resumo, o grande desafio deste trabalho é suprir as necessidades inerentes à administração de redes de transporte, propondo uma solução que preenche a lacuna existente entre os conhecimentos acadêmicos das recomendações ITU-T e as práticas do mercado corporativo documentadas pelo TMForum.

Capítulo 2

Redes de Telecomunicações

Os serviços de telecomunicações prestados aos usuários são apenas a ponta do grande *iceberg* de estrutura de rede das instituições que os administram. O tráfego de informações gerado por uma simples chamada telefônica pode atravessar dezenas de equipamentos em diversas camadas de rede. Um usuário comum pode pensar que seu aparelho telefônico está fisicamente ligado ao aparelho de destino da chamada, mas isso está bem longe de ser verdade.

Suportando uma ligação telefônica pode-se ter uma rede de centrais de comutação, ou, no caso das tecnologias VoIP (voz sobre IP), elementos como *softswitches* interligados por roteadores. Esses elementos, por sua vez, nem sempre são diretamente conectados entre si. A sua capacidade de transmissão não seria suficiente para direcionar todo o tráfego necessário entre pontos distantes, devido aos seguintes fatores:

- Embora o meio físico (fibras ópticas, na maioria dos casos) que interliga equipamentos desse tipo possua alta capacidade de transmissão, as suas interfaces físicas (portas) ainda não oferecem taxas de transmissão tão elevadas. Torna-se, então, necessário instalar maiores quantidades de equipamentos operando paralelamente.
- A consequência desse paralelismo é que seriam necessários muitos *links* de fibra óptica para sua interligação, o que levaria a uma crescente quantidade de cabos a serem instalados conforme a demanda crescesse. Considerando-se que a sua instalação pode exigir grandes obras em estradas e lançamento de cabos submarinos com grande frequência, teríamos um custo proibitivo e prazos de implantação incompatíveis com as necessidades do mercado.

Como utilizar melhor a capacidade dos meios de transmissão (principalmente em longas distâncias), de forma a evitar a colocação de novos cabos? A solução encontrada foi criar tecnologias de equipamentos que permitam multiplexar os sinais provenientes de várias fontes em uma única fibra. Esses equipamentos compõem as redes de transporte, que não prestam diretamente um serviço ao usuário final, mas permitem que as redes de serviço ("clientes" da rede de transporte) sejam expandidas mais rapidamente e com custo mais baixo. As principais técnicas utilizadas atualmente para executar-se essa operação são [15]:

- Multiplexação por divisão do tempo (TDM): os tráfegos dos equipamentos de capacidade mais baixa são entrelaçados no tempo, criando um sinal cuja taxa de transmissão é no mínimo a soma das taxas originais. Ao chegar ao seu destino, os sinais são desentrelaçados e entregues aos equipamentos da rede cliente. Roteadores IP e *switches* Ethernet também executam multiplexação no tempo, mas de forma diferente, pois não alocam intervalos de tempo fixos para cada sinal de entrada. Já os equipamentos de redes de transporte são determinísticos com relação à divisão do tempo, alocando canais dedicados para cada circuito cliente. Obviamente isso encarece o serviço prestado, pois não há o ganho estatístico das redes IP e Ethernet, mas em contrapartida, oferece muito mais confiabilidade na transmissão. As tecnologias mais notórias que utilizam esse recurso são a PDH (Hierarquia Digital Plesiócrons), já praticamente extinta, e SDH (Hierarquia Digital Síncrona), ainda bastante utilizada, embora ultrapassada em termos de capacidade de transmissão. A função das redes de transporte é oferecer serviços para interligação de equipamentos de outras redes (clientes). A hierarquia PDH foi projetada para suportar redes de telefonia, o que explica as suas capacidades de transmissão oferecidas, começando por circuitos de 2048 kbit/s, também conhecidos como E1 (e que transportam 32 canais de voz ou sinalização, de 64 kbit/s) e seus múltiplos (8 Mbit/s, 34 Mbit/s e 140 Mbit/s). Só era possível transportar circuitos de dados com capacidades compatíveis com esses valores. A SDH baseou-se em conceitos semelhantes, mas oferecendo melhorias na proteção automática contra falhas, capacidades maiores e a possibilidade de multiplexação de toda a hierarquia num único equipamento, sem a necessidade de um novo elemento de rede para cada estágio de multiplexação. Para o atendimento a redes de comunicação de dados com capacidades variadas, foi necessário incorporar à rede SDH adaptadores de diversos tipos, permitindo maior flexibilidade.
- Multiplexação por divisão de comprimentos de onda (WDM): os diversos sinais a serem transportados são convertidos para comprimentos de onda diferentes, e depois misturados

numa mesma fibra óptica. Ao chegar ao seu destino, os sinais são filtrados individualmente e entregues aos equipamentos da rede cliente. Uma rede WDM pode ter como cliente até mesmo equipamentos de outra rede de transporte, como a SDH, pois a sua capacidade de transmissão é bem superior. As tecnologias WDM dignas de nota são CWDM e DWDM, como definido em [2].

Uma tecnologia relativamente recente e que merece bastante destaque é a OTN (*Optical Transport Network*), cuja arquitetura é definida em [8]. Este padrão combina as duas técnicas anteriores, e vem aos poucos complementando ou mesmo substituindo as tecnologias citadas, oferecendo altíssimo grau de flexibilidade de taxas de transmissão e incorporando à camada óptica facilidades de proteção e conexão cruzada que na SDH só eram possíveis na camada elétrica.

A capacidade de multiplexação é apenas uma das características das redes de transporte. Elas também proporcionam outras facilidades, como comutação automática de caminhos redundantes para proteção do tráfego contra falhas em uma rota, monitoração de taxas de erros de recepção para garantia da qualidade do sinal e capacidade de realizar conexões cruzadas internas em equipamentos, entre outras. As tecnologias citadas sofreram também evoluções ao longo dos anos, aumentando sua capacidade de transmissão, proteção contra falhas e flexibilidade de multiplexação, tornando-se cada vez mais versáteis na oferta de serviços de transporte para outras redes. Um exemplo é a SDH-NG (*Next Generation*), que oferece funcionalidades de multiplexação inversa, a ser detalhada no Capítulo 3. Além disso, o advento de novos planos de controle, como GMPLS [14] e ASON [9], que automatizam a escolha de caminhos no provisionamento e oferecem mais possibilidades de redundância na proteção contra falhas, prometem prolongar ainda mais a vida útil dessas redes. Na Figura 2 estão representadas exemplos de algumas camadas de redes de telecomunicações e suas tecnologias:

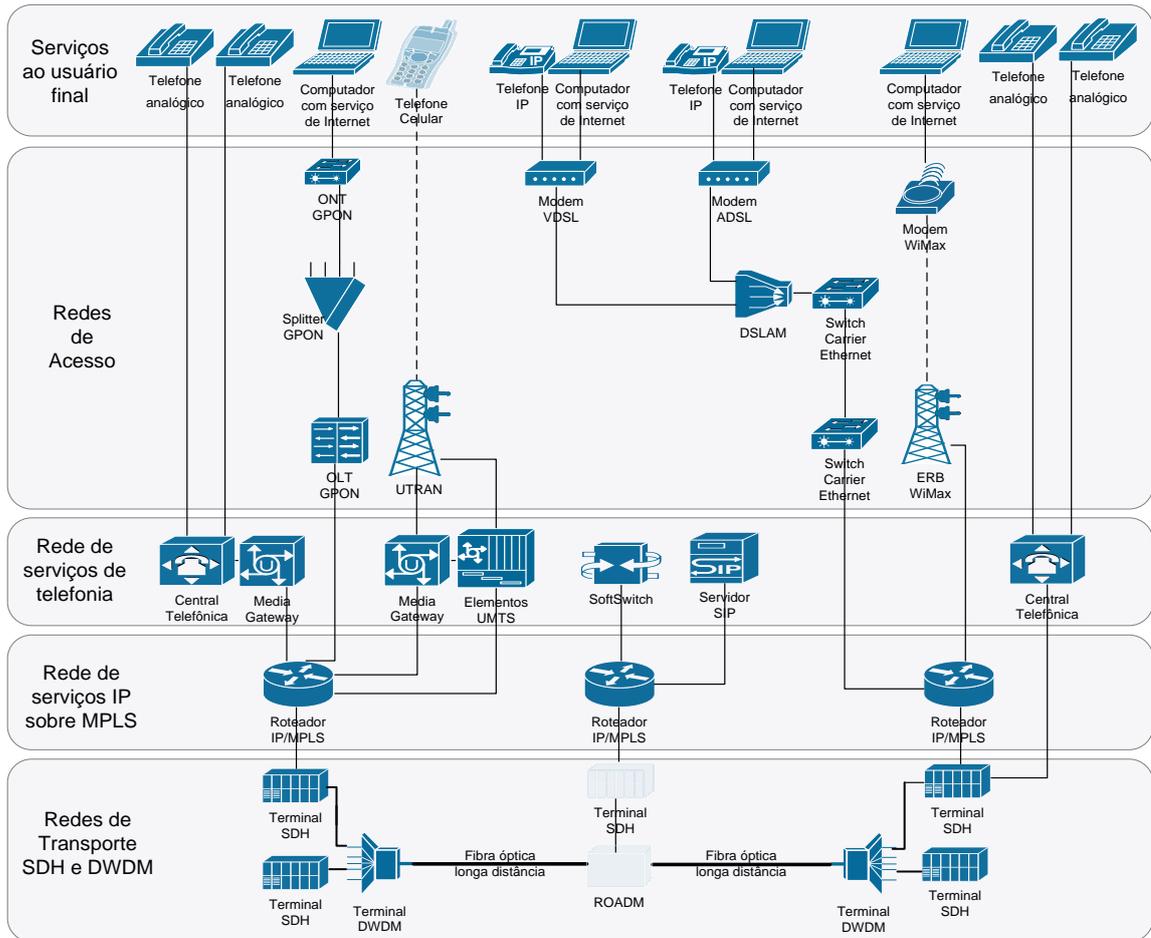


Figura 2: Camadas de redes de telecomunicações

Para simplificação da figura, foram suprimidos ou agrupados alguns componentes envolvidos numa rede real, como os elementos da rede UMTS [56], centrais telefônicas e a ligação dos roteadores à Internet.

Alguns elementos de rede atuam em mais de uma camada de rede simultaneamente, como no caso dos roteadores IP/MPLS [57]. Numa representação mais fiel, um inventário deve separar os circuitos lógicos dessas redes, mesmo que sejam tratados por um mesmo equipamento.

Não se deve confundir a expressão "rede de transporte" com a "camada de transporte" do modelo OSI definido na recomendação ITU-T X.200 [13], que se propõe a ser um modelo de referência, mas não descreve perfeitamente as redes atuais. A divisão de responsabilidades preconizadas pelo modelo não é observada nas redes em uso na

atualidade, pois muitas das funções previstas são executadas por vários protocolos numa única hierarquia, segundo [6].

As redes de acesso funcionam também como um tipo de transporte, mas com capacidade menor e a curta distância, cobrindo somente o necessário para interligar o equipamento do usuário ao da rede de serviço pertinente. Pode em alguns casos até mesmo utilizar as mesmas tecnologias das redes de transporte propriamente ditas. Há situações em que pode-se subdividir uma rede de acesso em dois segmentos. A “penúltima milha” é o trecho já existente da rede da operadora que agrega vários clientes, ligando-os à rede de serviço. Os anéis Carrier Ethernet são bons exemplos. Já a “última milha” é o trecho a ser construído para ligar-se a penúltima milha à instalação do cliente. Como exemplos temos os enlaces de rádio ponto-a-ponto e as ligações por cabo com modems xDSL.

Capítulo 3

Recomendações ITU-T

O ITU-T [1] é o setor de padronização da área de Telecomunicações da ITU - União Internacional de Telecomunicações (*International Telecommunication Union*), agência internacional pertencente à ONU (Organização das Nações Unidas) e sediada em Genebra, Suíça, e anteriormente conhecida como CCITT (Comitê Consultivo Internacional de Telefonia e Telegrafia). Dessa agência fazem parte pesquisadores, fabricantes de equipamentos e representantes de administrações de redes de telecomunicações.

Neste capítulo serão apresentados resumos das recomendações do ITU-T pertinentes à modelagem de redes de transporte e seus componentes (recursos). Serão estudadas com profundidade somente as partes que tratam dos tipos de recursos de rede mais importantes a serem mapeados num inventário, mais precisamente os da camada de OSS complementar citada no Capítulo 1.

3.1 - G.805

A recomendação ITU-T G.805 [6] propõe uma arquitetura funcional genérica para redes de transporte ATM, PDH e SDH, mas que pode também ser aplicada a redes OTN, segundo [8]. Serão apresentados neste item apenas os conceitos e definições da recomendação que possam ser importantes para o modelo de inventário de rede.

Como uma rede de transporte é complexa e possui muitos componentes, um modelo apropriado com entidades funcionais bem definidas é essencial para o seu projeto e

administração. Tal rede pode ser descrita definindo-se associações entre pontos da mesma, representando-se camadas e partição das mesmas de forma a permitir grande recursividade.

As seguir serão apresentadas as definições estabelecidas pela recomendação G.805:

3.1.1 - Componentes da arquitetura

A melhor abordagem na modelagem de redes é identificar componentes funcionais genéricos independentemente da tecnologia utilizada. Isso traz a vantagem de uma descrição abstrata para as várias tecnologias existentes, e com o menor número de componentes possível. Estes são definidos pela função que desempenham em termos do processamento de informações, ou pelas relações que descrevem entre outros componentes da arquitetura. Em geral, as funções descritas pelo modelo da recomendação atuam na informação presente em uma ou mais pontos de entrada ou saída de uma rede.

3.1.1.1 - Componentes topológicos:

Os componentes topológicos proporcionam a descrição mais abstrata de uma rede em termos das relações topológicas entre conjuntos de pontos de referência semelhantes. Com os quatro componentes a seguir é possível descrever completamente a topologia lógica de uma rede.

3.1.1.1.1 - *Layer Network*

Uma *layer network* é definida como um conjunto completo de *grupos de acesso* do mesmo tipo que podem ser associados para a transmissão de informações. As associações das *terminações de trail* (que formam um *trail*) numa *layer network* podem ser feitas e desfeitas por um processo de gerência, alterando assim a sua conectividade. Para cada tipo de *terminação de trail* pode-se definir uma *layer network* logicamente distinta. A topologia de uma *layer network* é descrita por *grupos de acesso*, *subnetworks* e pelos *links* entre esses componentes.

3.1.1.1.2 - *Subnetwork*

Uma *subnetwork* existe dentro de uma única *layer network*. É definida pelo conjunto de portas disponíveis para a transmissão de *informação característica*³. As associações entre as portas das extremidades de uma *subnetwork* podem se feitas e desfeitas por um processo de gerência da *layer network*, alterando assim a sua conectividade. Quando uma *subnetwork connection* é estabelecida, os pontos de referência também são criados acoplando-se as portas à entrada e à saída da *subnetwork connection*. Em geral, *subnetworks* podem ser subdivididas em *subnetworks* menores interligadas por *links*. A *matriz* é um caso especial de *subnetwork* que não pode mais ser subdividida. As figuras 3, 4 e 5 apresentam convenções de diagramas com componentes topológicos:

³ *Characteristic information* (informação característica): um sinal com um formato específico, que é transferido em *network connections* (ver item 3.1.1.2.3). Cada formato é dependente da sua tecnologia de transmissão, e é definido na recomendação correspondente.

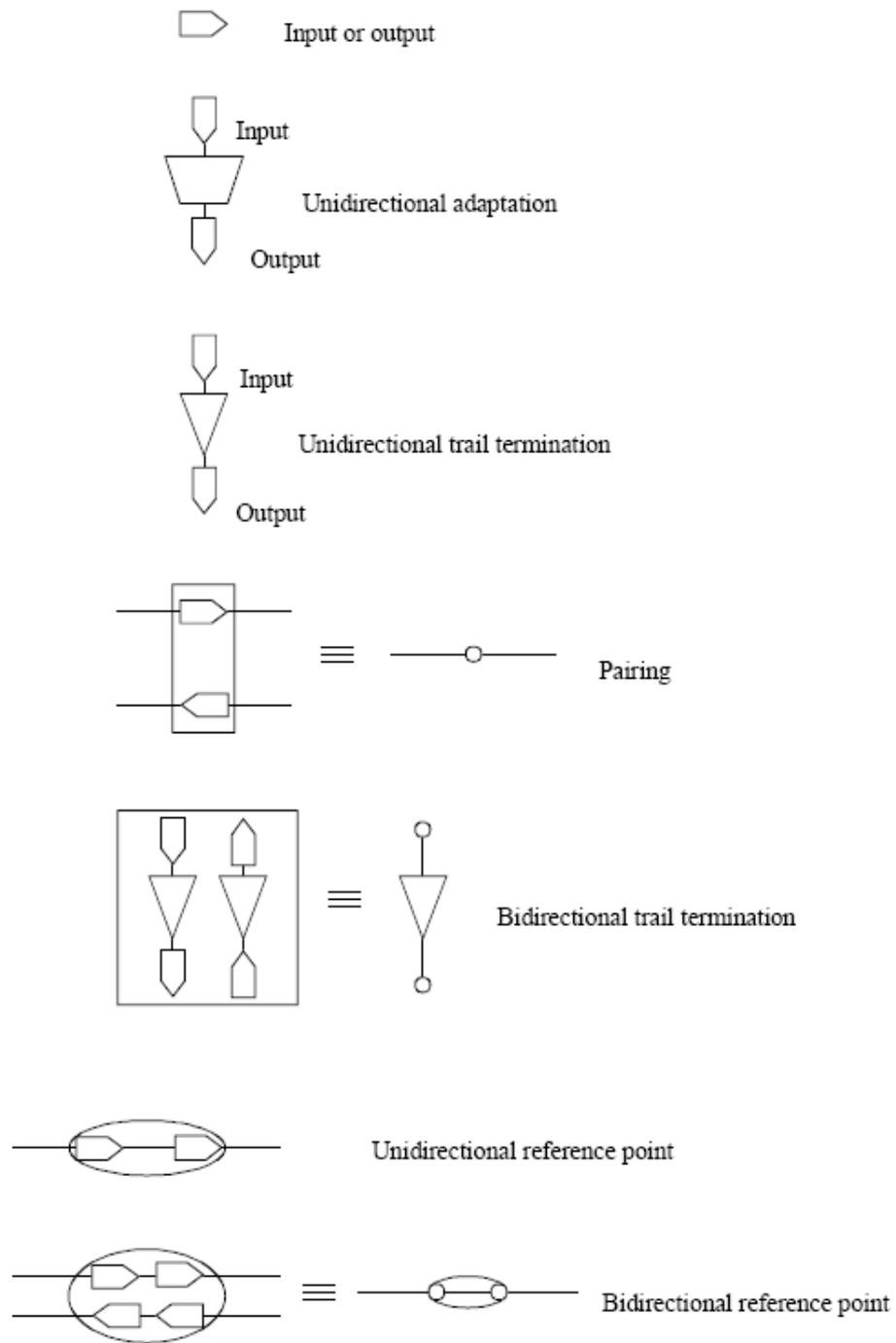


Figura 3: Convenções de diagramas de funções de processamento e pontos de referência [6]

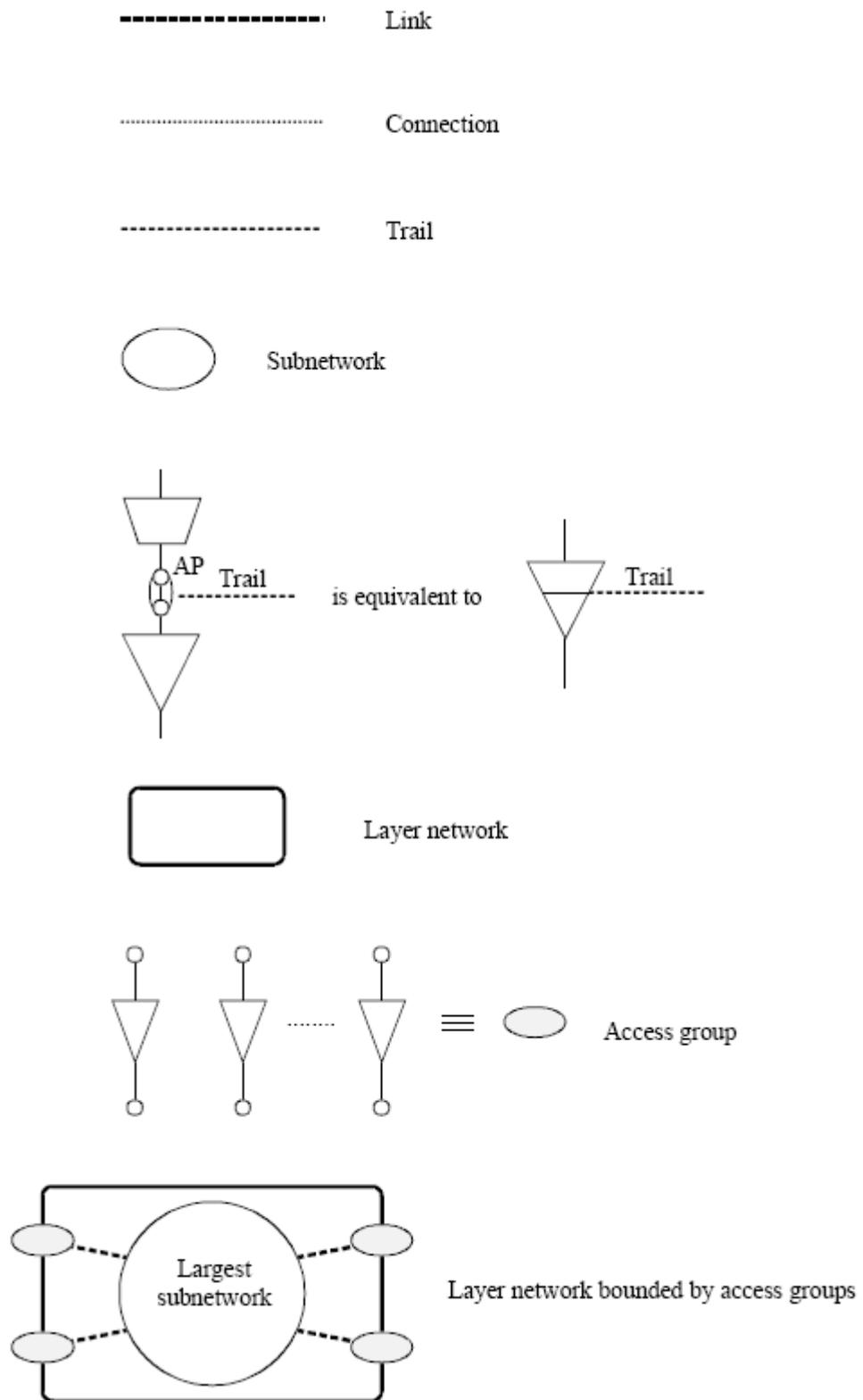


Figura 4: Outras convenções de diagramas [6]

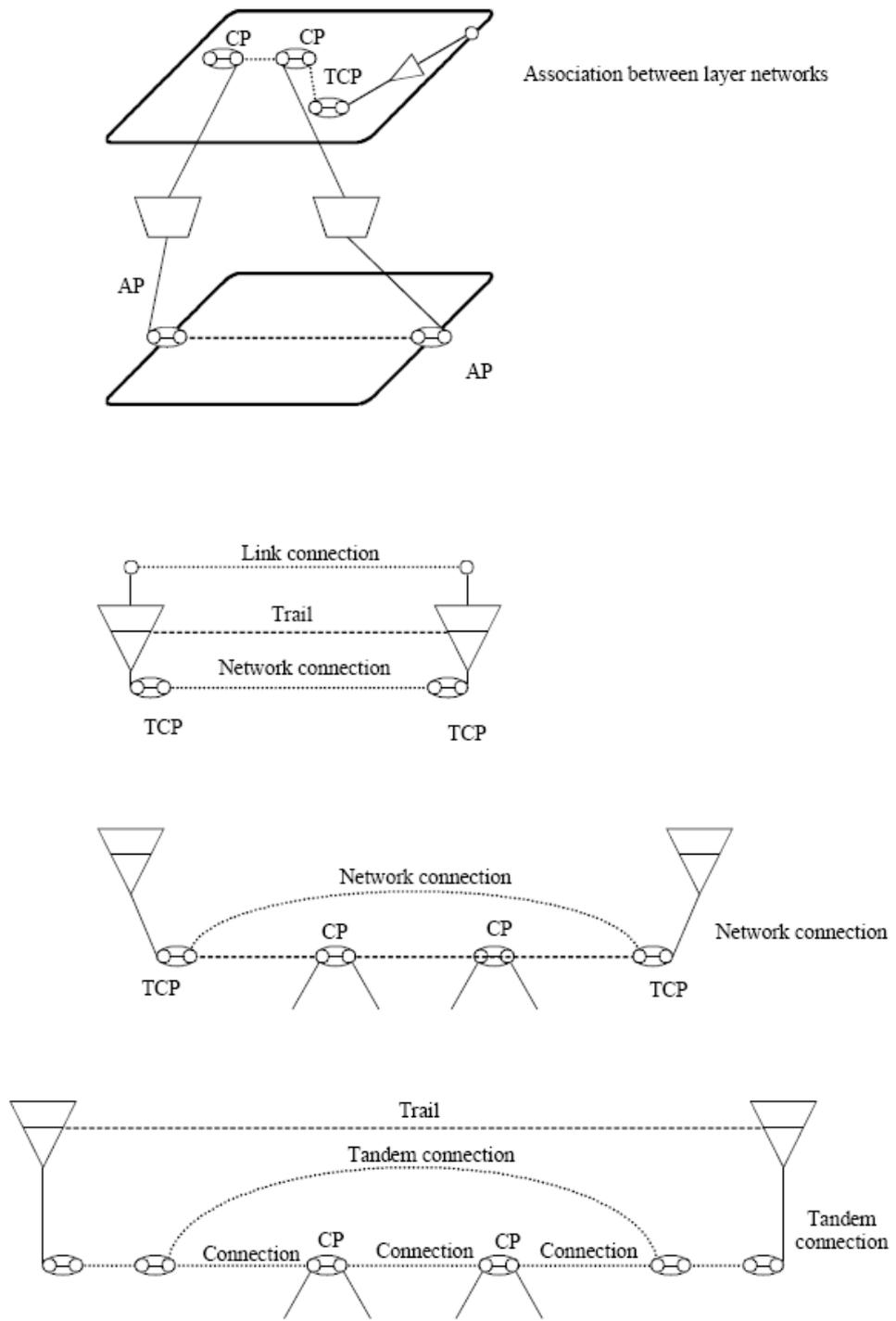


Figura 5: Outras convenções de diagramas [6]

A Figura 6 apresenta um exemplo de modelo funcional:

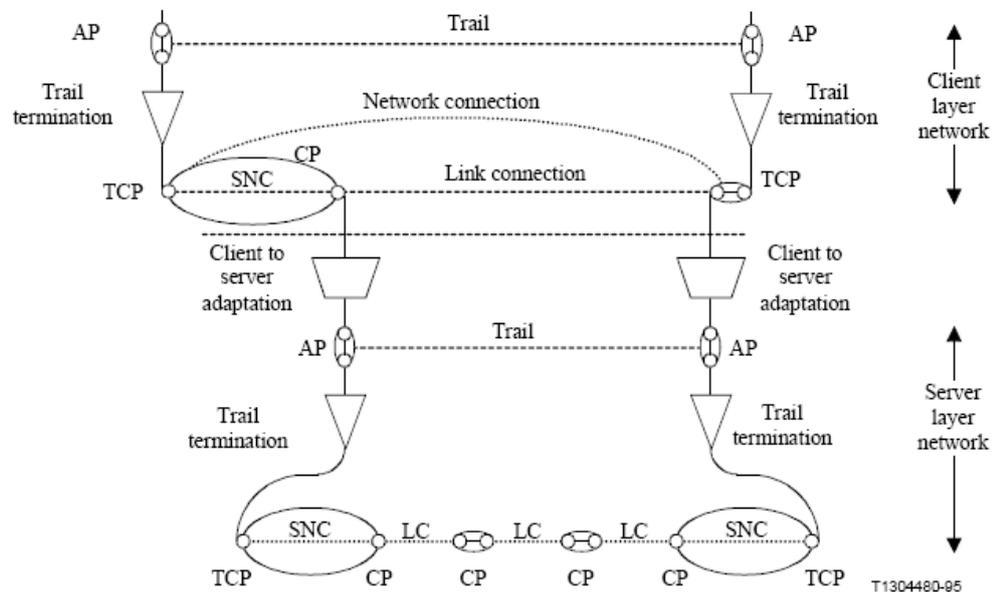


Figura 6: Exemplo de modelo funcional [6]

3.1.1.1.3 - *Link*

Um *link* consiste de um subconjunto das portas em uma extremidade de uma *subnetwork* ou *grupo de acesso* com o propósito de transferir *informação característica*. O *link* representa a relação topológica e a capacidade de transporte disponível entre um par de *subnetworks*, ou entre uma *subnetwork* e um *grupo de acesso*, ou entre um par de *grupos de acesso*. Pode haver mais de um *link* entre esses pares de componentes. Embora os *links* sejam estabelecidos e mantidos durante o ciclo de vida de uma *layer network* servidora, não estão limitados a serem providos por um *trail* servidor e podem ser também providos por *layer network connections* clientes.

3.1.1.1.4 - Grupo de acesso (*Access Group*)

Um *grupo de acesso* é um grupo de funções de *trail termination* localizados no mesmo ponto e conectados à mesma *subnetwork* ou ao mesmo *link*.

3.1.1.2 - Entidades de transporte

As *entidades de transporte* proveem transferência transparente de informação entre pontos de referência de uma *layer network*. Não há alteração da informação entre a entrada e a saída, exceto por degradação do sinal no processo de transferência.

Duas entidades distinguem-se pelo fato de proverem ou não monitoração de integridade da informação transferida. Os *trails* possuem essa característica, mas as *connections* não. Estas ainda podem ser classificadas em *network connections*, *subnetwork connections* e *link connections* de acordo com o componente topológico ao qual pertencem.

3.1.1.2.1 - *Link connection*

Uma *link connection* é uma entidade de transporte capaz de transferir de forma transparente informações através de um *link*. É delimitada por *portas*, e representa a relação fixa entre as terminações do *link*. Uma *link connection* representa um par de *funções de adaptação* e um *trail* na *layer network* servidora.

A porta de entrada de uma *link connection* unidirecional também representa a entrada para uma *adaptation source*, e a porta de saída de uma *link connection* unidirecional também representa a entrada para uma *adaptation sink*. As *link connections* unidirecionais, mais as portas associadas e *adaptation sink* e *adaptation source* podem ser combinadas para prover transferência bidirecional de informação.

3.1.1.2.2 - *Subnetwork connection*

Uma *subnetwork connection* é capaz de transferir de forma transparente informações através de uma *subnetwork*. É delimitada por *portas* nas fronteiras da *subnetwork*, e representa a associação entre essas portas. Geralmente uma *subnetwork connection* é construída pela concatenação de outras *subnetwork connections* e *link connections*. A *matrix connection* é um caso especial de *subnetwork connection* formada por uma única (indivisível) *subnetwork connection*.

3.1.1.2.3 - *Network connection*

Uma *network connection* é capaz de transferir de forma transparente informações através de uma *layer network*. É delimitada por *Termination Connection Points (TCP)*. É construída pela concatenação justaposta de *subnetwork connections* e/ou *link connections*. Um TCP é formado pela associação da *porta* da terminação do *trail* com uma *subnetwork connection* ou com a *porta* de uma *link connection*. Não há informação explícita que garanta integridade da informação transferida a ser monitorada.

3.1.1.2.4 - *Trail*

Um *trail* é a entidade mais importante de uma rede de transporte. Ele realiza a transferência de uma *informação característica* adaptada e monitorada da *layer network* cliente entre pontos de acesso. A *layer network* cliente pode representar um serviço prestado a um cliente final ou uma rede cliente da rede de transporte (IP, por exemplo), ou ainda uma camada imediatamente superior da própria rede de transporte. Um *trail* é delimitado por dois pontos de acesso, um em cada terminação do *trail*. Representa a associação entre essas terminações. Um *trail* é formado pela associação de terminações de *trail* com uma *network connection*. Um *trail* pode ser unidirecional ou bidirecional.

3.1.1.2.5 - *Tandem connection*

Uma *tandem connection* é uma série arbitrária de *link connections* e/ou *subnetwork connections* ligadas contiguamente. Representa a parte de um *trail* que requer administração ou monitoração comum aos seus componentes, mas independente do *trail* como um todo, facilitando assim o trabalho do operador de rede.

Uma aplicação prática do uso de *tandem connections* é a operação de um determinado *trail* de interconexão de duas administrações de rede diferentes (por exemplo, ligando centrais telefônicas de empresas distintas). Nesse caso, a *network connection* que suporta o *trail* está dividida em dois domínios (até mais, se houver trechos intermediários administrados por outras entidades). Com o objetivo de repartir as responsabilidades, cada operador pode tratar seu próprio conjunto de *link connections* que administra como uma *tandem connection*

separada das demais. Um exemplo está na Figura 7. Outra aplicação prática é na proteção de redes, como será visto mais adiante, no item 3.1.4.1, quando tratam-se as vias principal e de proteção como *tandem connections* separadas.

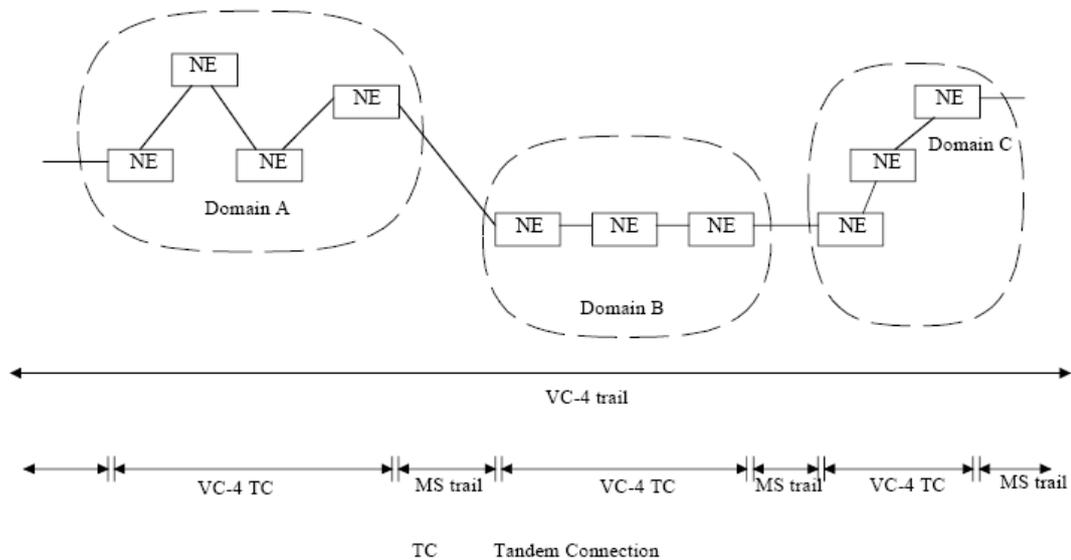


Figura 7: Trail dividido em *tandem connections* administradas por três operadores [5]

3.1.1.3 - Funções de processamento de transporte

Duas funções genéricas de processamento são definidas para a descrição da arquitetura de *layer networks*. São elas:

3.1.1.3.1 - Funções de adaptação

Adaptation source: uma função de processamento de transporte que adapta a *informação característica* de uma *layer network* cliente para um formato transportável por um *trail* em uma *layer network* servidora.

Adaptation sink: uma função de processamento de transporte que converte a *informação* de um *trail* de uma *layer network* servidora para a *informação característica* da *layer network* cliente.

Adaptação bidirecional: uma função de processamento de transporte composta por uma *adaptation source* e uma *adaptation sink* localizadas no mesmo ponto.

Processos que podem ser executados individualmente ou de forma combinada numa função de adaptação são: codificação, alteração de taxa de transmissão, alinhamento, justificação e multiplexação.

Cardinalidade de uma função de adaptação: o relacionamento entre a entrada e a saída de uma função de *adaptation source* é de muitos-para-um (N:1) ou um-para-muitos (1:N). No primeiro caso, uma ou mais entradas de uma *layer network* cliente são adaptadas em um único fluxo de informação adaptada transportável por um *trail* na *layer network* servidora, e esse relacionamento é comumente usado para representar a multiplexação de vários clientes em um único servidor. No segundo caso, um fluxo composto é dividido em várias saídas, descrevendo o processamento executado na multiplexação inversa. Analogamente, para relacionamentos inversos, caracteriza-se uma função de *adaptation sink* entre uma única entrada e uma ou mais saídas.

3.1.1.3.2 - Funções de terminação de *trail*

Trail termination source: uma função de processamento de transporte que recebe como entrada a *informação característica* adaptada de uma *layer network* cliente, acrescenta informações que permitem monitoração do *trail*, e apresenta na saída a *informação característica* da *layer network*. Uma *trail termination source* pode operar sem uma *layer network* cliente que lhe forneça informações de entrada.

Trail termination sink: uma função de processamento de transporte que recebe como entrada a *informação característica* adaptada de uma *layer network*, remove as informações de monitoração do *trail*, e apresenta na saída as informações restantes. Uma *trail termination source* pode operar sem uma *layer network* cliente que receba informações de sua saída.

Trail termination bidirecional: uma função de processamento de transporte composta por uma *trail termination source* e uma *trail termination sink* localizadas no mesmo ponto.

Cardinalidade de uma função de *trail termination*: o relacionamento entre a entrada e a saída de uma função de *trail termination source* é de um-para-muitos (1:N), ou seja, um único fluxo de informação adaptada é distribuído em uma ou mais *network connections* da camada servidora. Este relacionamento é mais comumente usado na forma um para um para representar o acréscimo do cabeçalho do *trail* à informação adaptada que é transportada por uma *network connection*. Em sua forma mais geral, o relacionamento pode ser usado para representar uma multiplexação inversa em que um único fluxo de alta capacidade é dividido em várias *network connections* de capacidade mais baixa.

3.1.1.4 - Pontos de referência

Pontos de referência são formados pela união de entradas e saídas de funções de processamento de transporte e/ou entidades de transporte. As uniões permitidas e os tipos de pontos de referência resultantes são os da Tabela 1:

Tabela 1: Uniões permitidas e os tipos de pontos de referência resultantes

Componentes de arquitetura				Ponto de referência	
Adaptação	<i>Source output</i>	<i>Trail termination</i>	<i>Source input</i>	AP	<i>Uni</i>
	<i>Sink input</i>		<i>Sink output</i>		<i>Uni</i>
	<i>Source + Sink</i>		<i>Source + Sink</i>		<i>Bi</i>
<i>Trail termination</i>	<i>Source output</i>	LC	<i>Uni input</i>	TCP	<i>Uni</i>
	<i>Sink input</i>		<i>Uni output</i>		<i>Uni</i>
	<i>Source + Sink</i>		<i>Source + Sink</i>		<i>Bi</i>
<i>Trail termination</i>	<i>Source output</i>	SNC	<i>Uni input</i>	TCP	<i>Uni</i>
	<i>Sink input</i>		<i>Uni output</i>		<i>Uni</i>
	<i>Source + Sink</i>		<i>Source + Sink</i>		<i>Bi</i>
LC	<i>Uni input</i>	SNC	<i>Uni output</i>	CP	<i>Uni</i>
	<i>Uni output</i>		<i>Uni input</i>		<i>Uni</i>
	<i>Source + Sink</i>		<i>Source + Sink</i>		<i>Bi</i>
LC	<i>Uni input</i>	LC	<i>Uni output</i>	CP	<i>Uni</i>
	<i>Uni output</i>		<i>Uni input</i>		<i>Uni</i>
	<i>Source + Sink</i>		<i>Source + Sink</i>		<i>Bi</i>
Adaptação	<i>Source input</i>	Adaptação	<i>Sink output</i>	CP	<i>Uni</i>
	<i>Sink output</i>		<i>Source input</i>		<i>Uni</i>
	<i>Source + Sink</i>		<i>Source + Sink</i>		<i>Bi</i>
<i>Bi</i> = Bidirecional <i>Uni</i> = Unidirecional LC = <i>Link Connection</i> SNC = <i>Subnetwork Connection</i>			CP = <i>Connection Point</i> TCP = <i>Termination Connection Point</i> AP = <i>Access Point</i>		

Na Figura 8 é apresentado um exemplo de diagrama de uniões e tipos de pontos de referência:

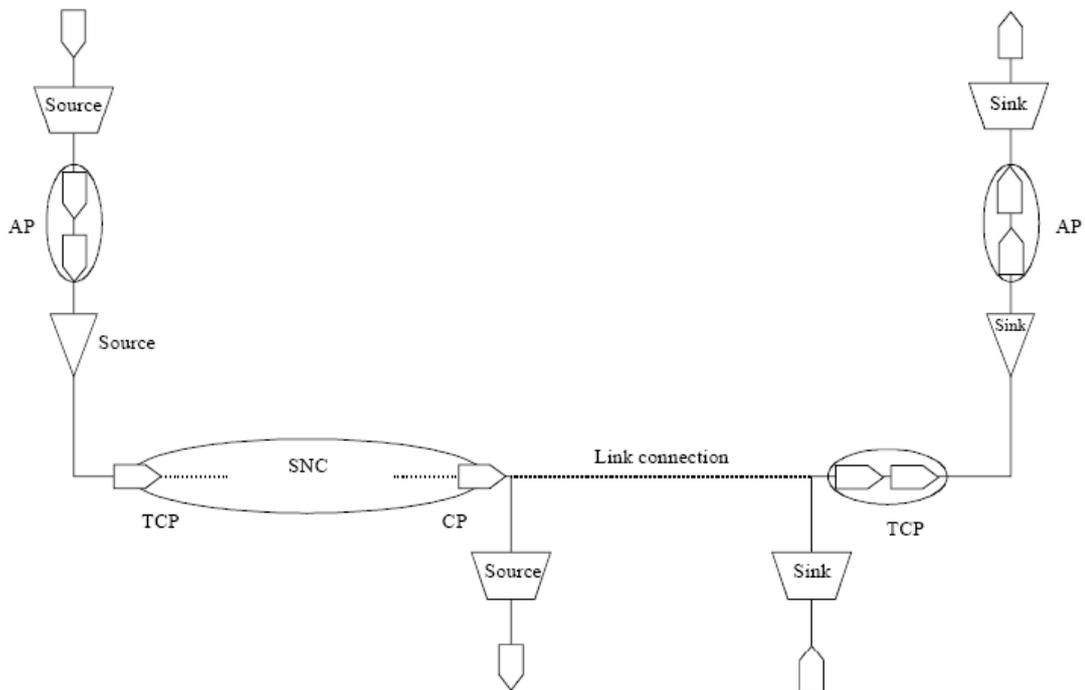


Figura 8: Uniões e tipos de pontos de referência [6]

3.1.2 - Divisão de uma rede em partições e em camadas (níveis)

Uma rede de transporte pode ser decomposta em *layer networks* de transporte independentes com uma associação cliente/servidor entre camadas adjacentes. Cada *layer network* pode ser separadamente dividida em partições de forma a refletir a estrutura interna dessa *layer network* ou de uma forma adequada à sua administração. Sendo assim, os conceitos de partição e camadas são ortogonais, como visto na Figura 9:

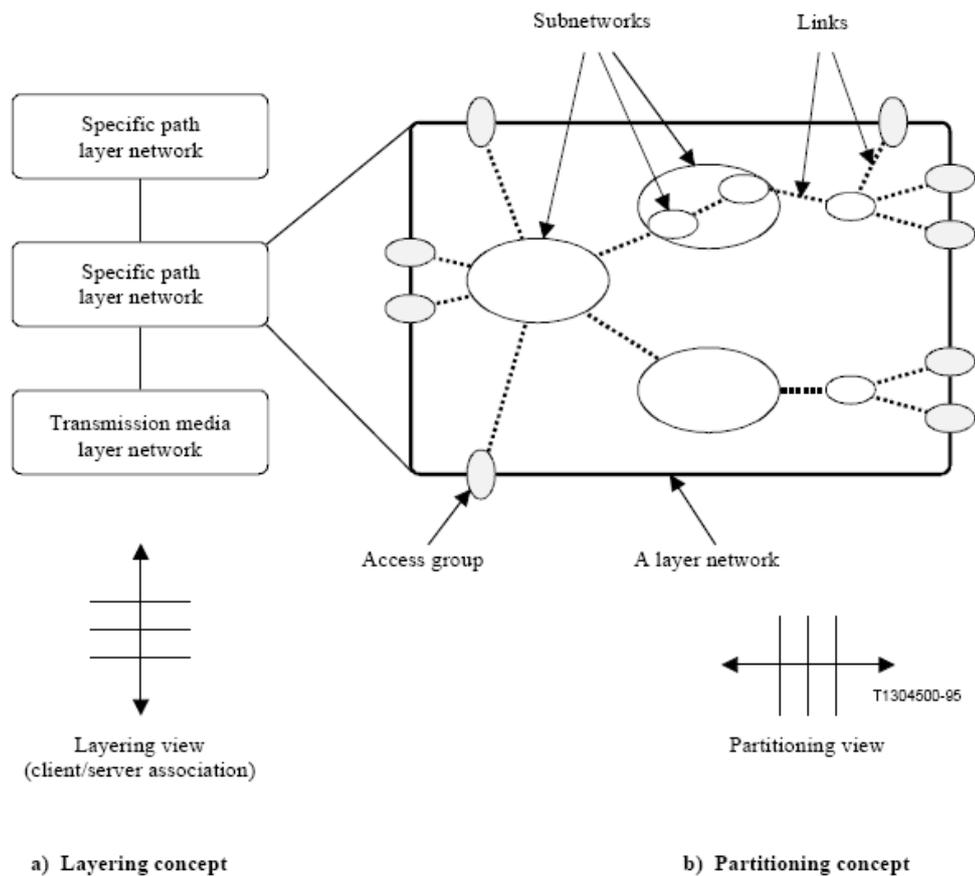


Figura 9: Visão ortogonal das divisões em camadas e em partições [6]

3.1.2.1 - Divisão em partições

O conceito de divisão de uma rede em partições é importante para definir-se:

- A estrutura de rede em uma *layer network*;
- As fronteiras administrativas (domínios) entre operadores de rede que conjuntamente proveem conexões numa mesma *layer network*;
- Fronteiras entre domínios em uma *layer network* de uma operadora de rede para permitir a distribuição dos objetivos de desempenho entre os componentes da arquitetura;
- Fronteiras entre domínios de roteamento em uma *layer network* de uma operadora de rede;

- e) A porção de uma *layer network* ou *subnetwork* que está sob o controle de um terceiro para roteamento (ex.: gerência da rede feita pelo cliente).

3.1.2.1.1 - Divisão de *subnetworks* em partições

Geralmente uma *subnetwork* é construída com a implementação de *links* e outras *subnetworks*, iniciando-se pela *matriz*, que é a menor *subnetwork* possível (indivisível). Um conjunto de *subnetworks* e *links* pode compor uma *subnetwork* maior. A forma como as *subnetworks* componentes são conectadas por *links* descreve a topologia da *subnetwork* composta. As *portas* das fronteiras dessa *subnetwork* composta e a capacidade de interconexão deve representar completamente (mas não extrapolar) a conectividade suportada pelas *subnetworks* e *links* componentes. Sendo assim, uma *subnetwork* de camada mais alta pode ser dividida em partições para apresentar o nível de detalhe desejado.

Resumindo, de uma forma geral qualquer *subnetwork* pode ser dividida em *subnetworks* menores, interconectadas por *links*. A divisão em partições não pode extrapolar e nem restringir sua conectividade, ou seja:

- As *portas* das fronteiras dessa *subnetwork* composta e a capacidade de interconexão devem ser representadas pelas *subnetworks* e *links* componentes.
- As *subnetworks* e *links* componentes não podem prover conectividade que não está disponível na *subnetwork* composta.

Exemplos de *subnetworks* são as porções nacional e internacional de uma *layer network*, que podem ser também divididas em trechos de trânsito e acesso local como visto na Figura 10:

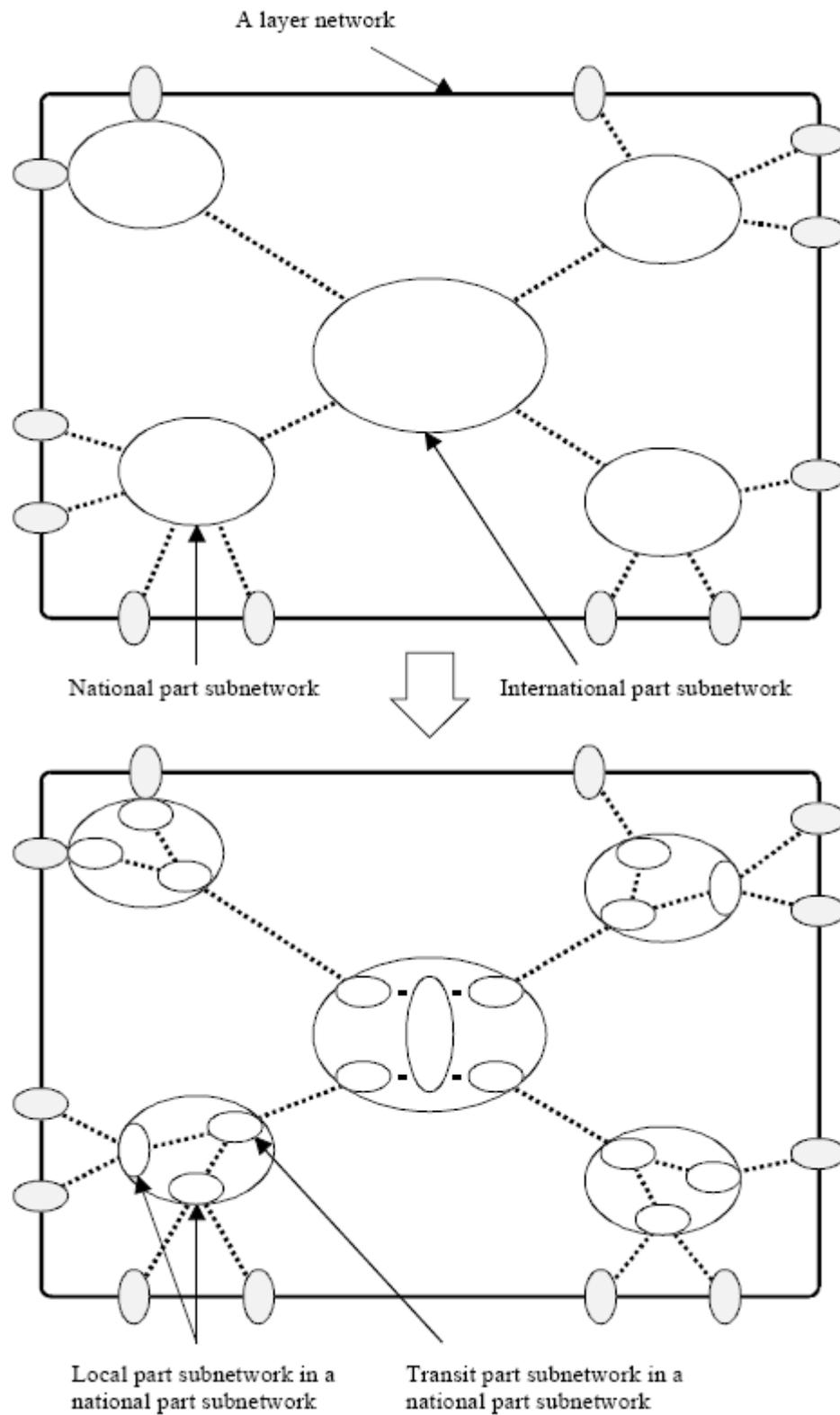


Figura 10: Divisão de *layer networks* e *subnetworks* em partições [6]

De forma análoga, uma *network connection* ou *subnetwork connection* podem ser decompostas em outras entidades de transporte (*links* ou *subnetwork connections*), o que reflete a divisão de uma *subnetwork* em partições, como visto nas figuras 11 e 12:

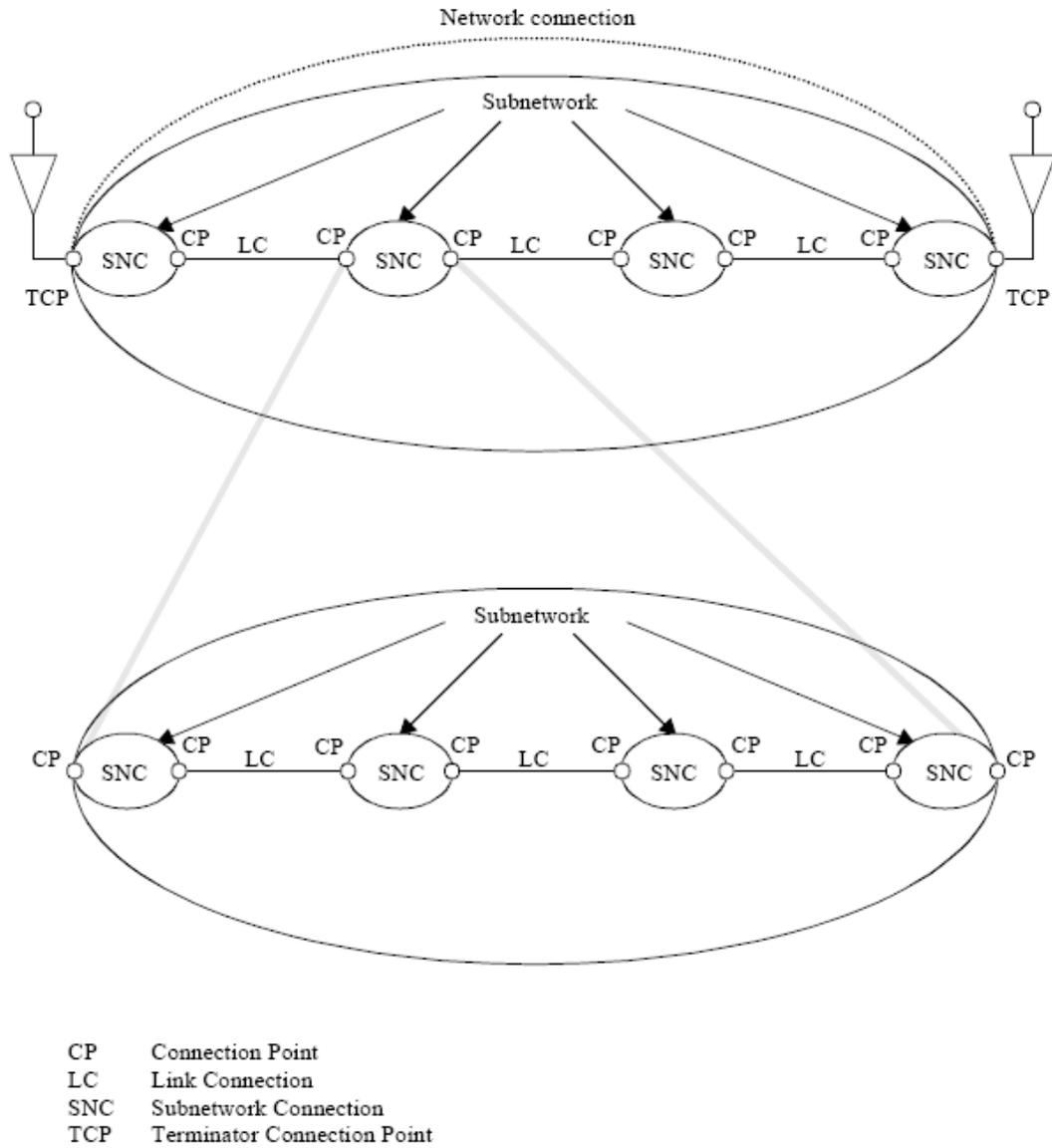


Figura 11: Decomposição de uma *network connection* [6]

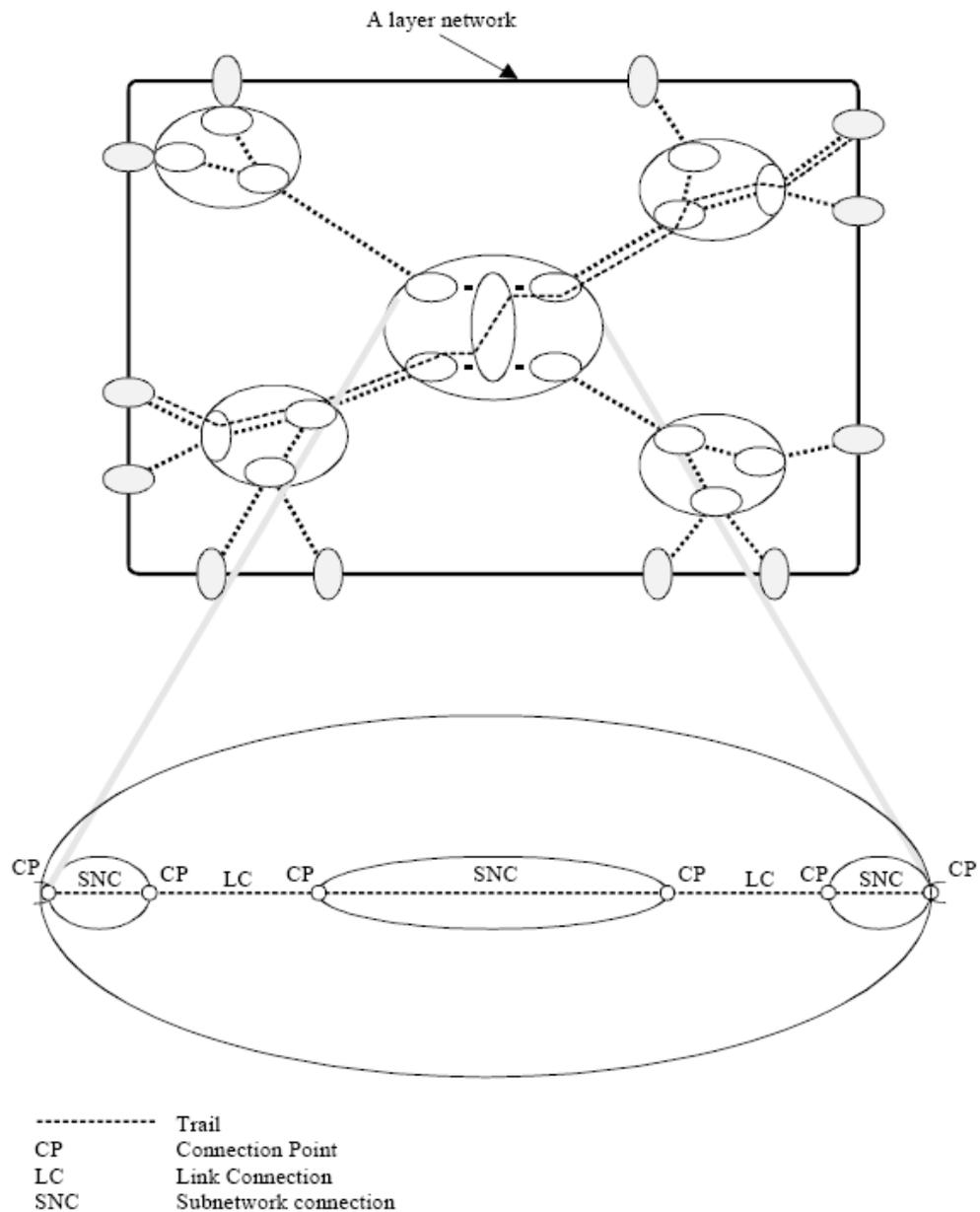


Figura 12: Relacionamento entre partições de *subnetworks* e decomposição de *connections* [6]

3.1.2.1.2 - Divisão de *links* em partições

De forma geral, um *link* é construído com um conjunto de *link connections*, que são as menores unidades de capacidade gerenciável para o propósito de roteamento. Os *links* podem também ser agrupados para prover visibilidade de uma capacidade qualquer. Podem ser

divididos em um conjunto de *links* paralelos (ou *link connections*), ou em um arranjo em série composto de uma *link connection*, uma *subnetwork* e uma última *link connection* como ilustrado nas figuras 13 e 14. Os *links* podem também ser recursivamente divididos em partições menores:

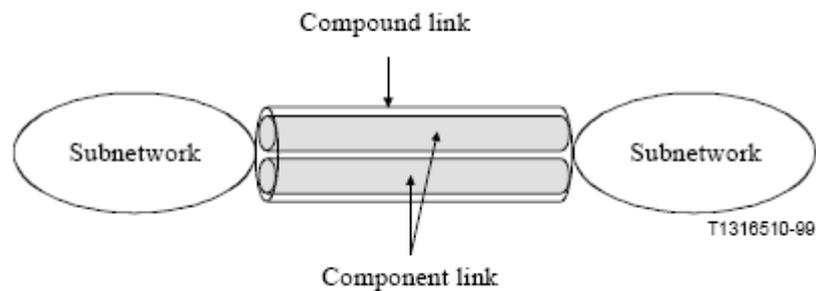


Figura 13: Divisão de um *link* em outros *links* em paralelo [6]

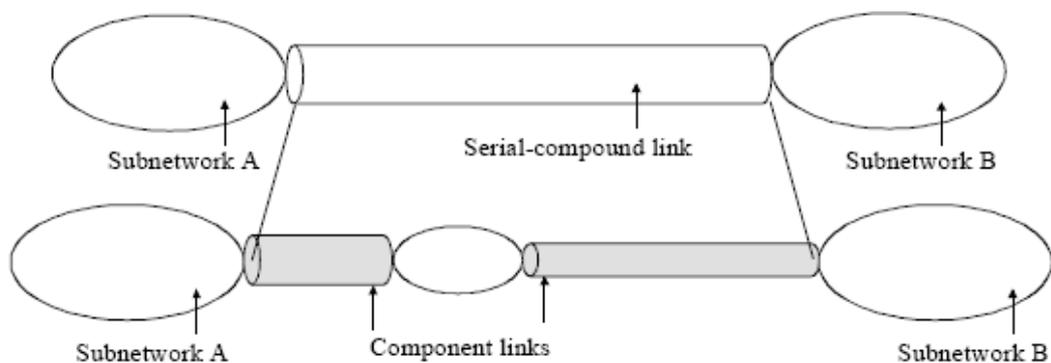


Figura 14: Divisão de um *link* em outros *links* em série [6]

3.1.2.2 - Divisão em camadas

Uma rede de transporte pode ser decomposta em *layer networks* com um relacionamento cliente/servidor entre camadas adjacentes. As camadas do modelo funcional de uma rede de transporte não devem se confundidas com as camadas do modelo OSI [13]. Cada camada do modelo OSI oferece um serviço específico utilizando um protocolo de uma coleção de

protocolos distintos. Por outro lado, todas as *layer networks* (da recomendação ITU-T G.805) oferecem o mesmo tipo de serviço, mas cada uma utiliza um protocolo específico (a *informação característica*).

O conceito de divisão em camadas proporciona:

- a) Descrição de cada *layer network* utilizando-se funções semelhantes;
- b) Projeto e operação independentes para cada *layer network*;
- c) Cada *layer network* tem suas próprias operações, diagnóstico e capacidade de recuperação automática em caso de falha;
- d) Possibilidade de acrescentar ou modificar uma *layer network* sem afetar outras *layer networks* do ponto de vista de arquitetura;
- e) Modelagem simples de redes que contenham várias tecnologias de transporte.

3.1.2.2.1 - Relacionamento cliente/servidor

O relacionamento cliente/servidor entre *layer networks* adjacentes dá-se da seguinte forma: uma *link connection* na *layer network* cliente é suportada por um *trail* na *layer network* servidora.

Introduz-se o conceito de adaptação para descrever como a *informação característica* da *layer network* cliente é modificada para ser transportada por um *trail* na *layer network* servidora. Do ponto de vista funcional de uma rede de transporte, conclui-se que a função de adaptação deve ficar entre duas *layer networks*. Todos os pontos de referência pertinentes a uma *layer network* podem ser vistos num único plano, como ilustrado na Figura 4 (exemplo na parte inferior da figura, que representa uma *layer network* cercada por *grupos de acesso*). Esta é a razão pela qual no modelo de redes de transporte não existe o conceito de fronteiras entre camadas contíguas como no modelo de referência OSI. Em outras palavras, uma única *layer network* de transporte pode conter componentes que correspondem a mais de uma camada do modelo OSI.

O relacionamento cliente/servidor pode ter cardinalidade um-para-um (1:1), um-para-muitos (1:N) ou muitos-para-um (N:1). No primeiro caso, uma única *link connection* de uma camada cliente é suportada por um único *trail* de uma camada servidora.

3.1.2.2.3.1 - Multiplexação

O relacionamento muitos-para-um (N:1) representa o caso de várias *link connections* de uma camada cliente são suportadas simultaneamente por um único *trail* de uma camada servidora, como visto na Figura 15. Técnicas de multiplexação são usadas para combinar os sinais da camada cliente. Os sinais clientes podem ser do mesmo tipo ou não. A função de adaptação pode consistir de processos específicos para cada sinal cliente e de processos comuns associados ao sinal da camada servidora. Nas redes de transporte, as entidades de transporte são canais de uso dedicado, ou seja, não há o ganho estatístico oferecido pelas redes de pacotes. Para garantir a exclusividade de uso de cada entidade, as redes de transporte apresentam uma hierarquia relativamente rígida, com camadas de capacidades bem definidas. As estruturas de multiplexação permitidas (que implementam as funções de adaptação entre *layer networks* adjacentes) para cada tipo de *trail* são específicas para cada tecnologia.

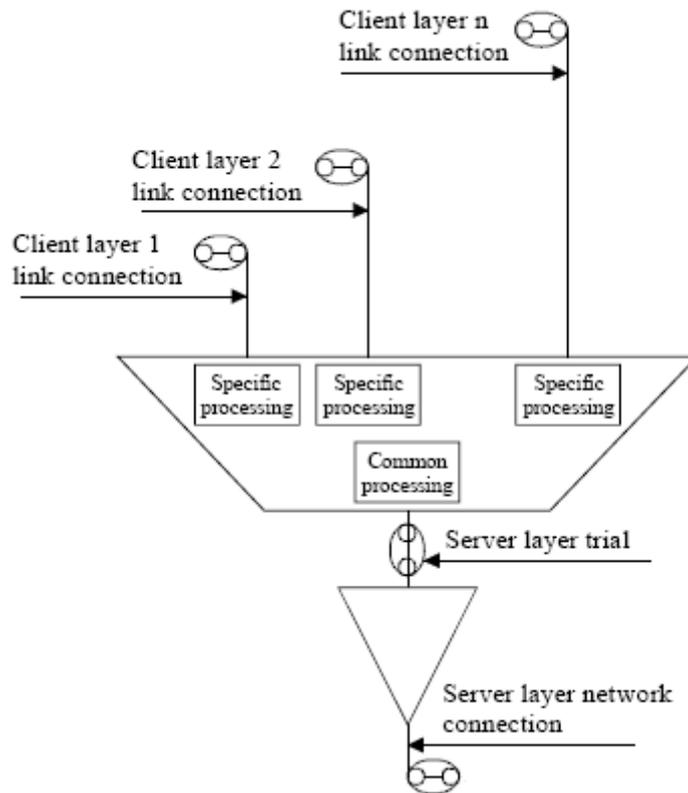


Figura 15: Relacionamento cliente/servidor muitos-para-um (multiplexação) [6]

3.1.2.2.3.2 - Multiplexação inversa

Como as camadas de redes de transporte possuem capacidades de transmissão bem definidas, e a princípio as hierarquias dessas redes foram projetadas para transportar sinais agregados de telefonia (que é o caso da PDH e da SDH), em alguns casos há desperdício. Como exemplo, para transportar-se um circuito Ethernet (com taxa de 10 Mbit/s) na hierarquia SDH, é necessário o uso de um *trail* VC-3, que possui taxa aproximada de 49 Mbit/s. Os *trails* da camada imediatamente superior são os do tipo VC-2, com taxa de 6,8 Mbit/s, o que não é suficiente, obviamente. O artifício criado para evitar-se esse desperdício é a multiplexação inversa, que consiste na concatenação de sinais paralelos para aumento da capacidade. No exemplo citado acima, o que é feito na prática é o uso de cinco *trails* do tipo VC-12 (com taxa de 2,3 Mbit/s), perfazendo um *trail* do tipo VC-12-5v (técnica de concatenação virtual, surgida na hierarquia SDH-NG), proporcionando um uso bem mais eficiente da rede.

A recomendação ITU-T G.805 trata a multiplexação inversa como um relacionamento um-para-muitos (1:N), representado por uma *link connection* de uma camada cliente suportada por vários *trails* em paralelo da camada servidora, como visto na Figura 16. Dessa forma, o sinal da camada cliente é distribuído em vários *trails* da camada servidora, que podem ser do mesmo tipo ou não.

O modelo genérico funcional para multiplexação inversa está apresentado na Figura 16. A multiplexação inversa é executada por meio de uma subcamada de multiplexação inversa, incluindo uma função de *trail termination* de multiplexação inversa (I_TT) e uma função de adaptação de multiplexação inversa (X[Y,Z]/I). A função de *trail termination* de multiplexação inversa representa a supervisão do sinal composto. Já a função de adaptação de multiplexação inversa desempenha a recuperação do sinal anteriormente entrelaçado composto nos n *trails* individuais da camada servidora, e também o entrelaçamento dos mesmos para formar novamente o sinal composto. Essas duas funções de subcamada e as n funções de terminação da *layer network* servidora (X[Y,Z]_TT) formam a função composta de *trail termination* de multiplexação inversa (Ic_TT).

É importante notar que os n *trails* da camada servidora podem pertencer a *layer networks* distintas.

Para sinais da camada cliente com largura de banda constante, a quantidade de *trails* na camada servidora é fixa. Para sinais da camada cliente com largura de banda variável, a quantidade de *trails* servidores pode variar ao longo do tempo. Essa quantidade pode variar sob demanda (por solicitação da camada cliente ou do operador da rede), ou em caso de falha em alguma das rotas servidoras. A diversidade de rotas dos *trails* servidores é interessante para evitar que uma falha em uma rota afete todos os *trails*. O serviço cliente será afetado, tendo a largura de banda diminuída, mas não será interrompido totalmente. No caso de conexões bidirecionais, as quantidades de *trails* em cada sentido de transmissão podem ser diferentes, provendo uma conexão assimétrica.

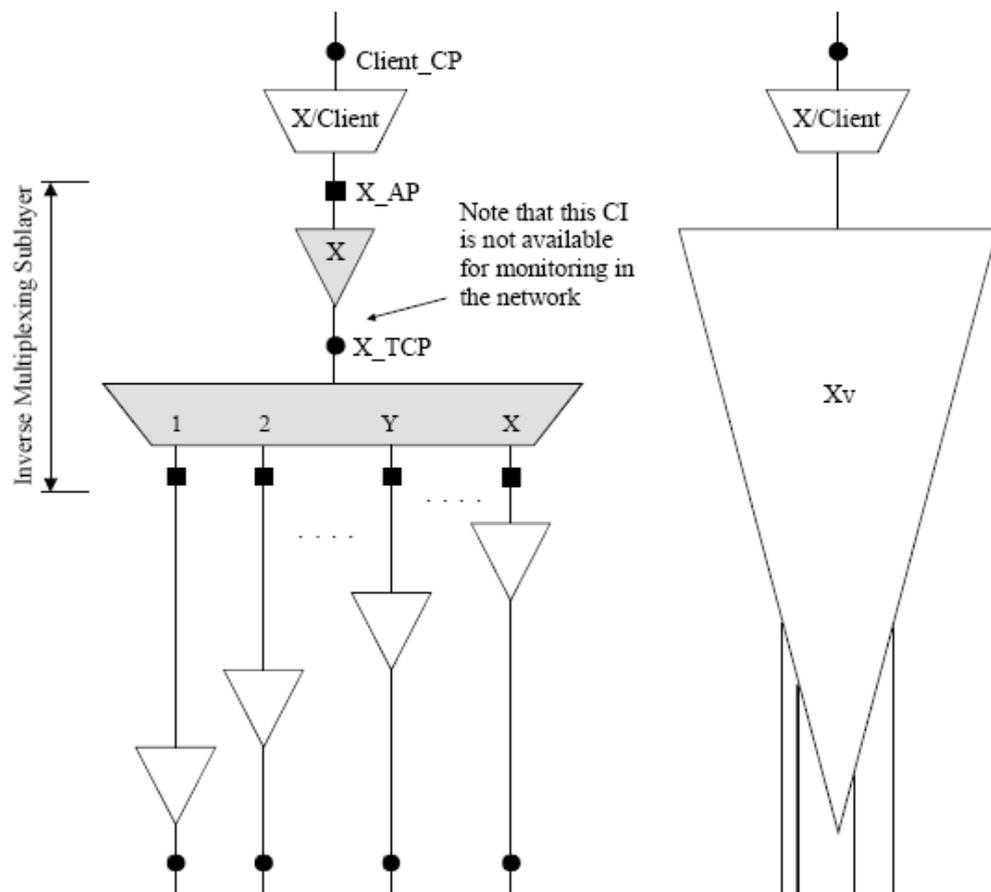


Figura 16: Relacionamento cliente/servidor um-para-muitos (multiplexação inversa) [6]

3.1.2.2.2 - *Layer networks* de transporte

O grupo funcional de transporte pode ser classificado basicamente em duas categorias:

- *Layer network* do meio de transmissão – é suportada por *trails* e *link connections* (*subnetwork connections* não são permitidas). É dependente do meio físico usado para transmissão, como fibra óptica e rádio.
- *Path layer network* – provê capacidade de transferência de informações requerida para suportar vários tipos de serviços. É independente da *layer network* do meio de transmissão.

3.1.2.2.3 - Decomposição de *layer networks*

É possível decompor uma *layer network* expandindo as *trail terminations* ou as (*termination connection points*) da *layer network*.

3.1.2.2.3.1 - Decomposição de *path layer networks* em outras *path layer networks* específicas

É possível, dentro de uma *path layer network*, identificar um conjunto de outras *path layer networks* que podem ser gerenciadas independentemente por um operador de rede.

Cada *path layer network* específica pode ter a capacidade de transferência de informação requerida para suportar vários tipos de serviço, ou mesmo outras *path layer networks* específicas (como clientes). Além disso, pode ter como servidores a *layer network* de meio de transmissão ou outra *path layer network* específica. A forma como é feita a decomposição usada para gerar as *path layer networks* específicas é dependente da tecnologia utilizada.

Cada *path layer network* específica pode ter uma topologia independente, e é desejável que *paths* ao longo de uma *path layer network* específica possam ser provisionados independentemente dos *paths* de outras *path layer network* específicas.

3.1.2.2.3.2 - Decomposição de *layer network* do meio de transmissão em outras *layer networks* de meio de transmissão específicas

A decomposição de *layer network* de meio de transmissão é análoga à de uma *path layer network*, podendo ser subdividida em:

- *Layer networks* de seção: dizem respeito às funções que proveem a transferência de informações entre pontos distintos em *path layer networks*. Podem ser subdivididas em outras *layer networks* de seção específicas.
- *Layer networks* de meio de transmissão: são as fibras ópticas, fios metálicos ou canais de radiofrequência que suportam as *layer networks* de seção. Podem ser subdivididas em outras *layer networks* de meio de transmissão específicas para, por exemplo, representar a multiplexação por divisão de comprimento de onda (WDM). Como não existe uma *layer network* servidora para a *layer network* do nível mais baixo, a *network connection* é diretamente suportada pelo meio físico, e não por um *trail*.

Já existe tecnologia que permite alteração da conectividade na camada de meio de transmissão por meio de gerência. É o caso dos equipamentos *cross-connect* ópticos (OCX).

3.1.2.2.3.3 - Decomposição de *layer networks* específicas em subcamadas

Frequentemente é útil identificar subcamadas dentro de uma *layer network* para identificar funções de processamento de transporte e pontos de referência adicionais. Isso pode ser feito decompondo-se a função de *trail termination* ou *connection point* de uma *layer network* específica. Uma subcamada é encapsulada numa *layer network* específica. Uma subcamada pode ainda ser dividida em outras subcamadas.

A distinção entre uma *layer network* e uma subcamada não está diretamente acessível a camadas clientes da primeira, e não oferece serviço de transporte a uma rede cliente.

Possíveis aplicações da decomposição em subcamadas são:

- Identificação de esquemas de proteção de *trail* pela expansão da *trail termination* (ver item 3.1.4.1.1 - Proteção de *trail*);
- Identificação de esquemas de proteção de subcamada pela expansão do *connection point* (ver item 3.1.4.1.2 - Proteção de *subnetwork connection*);
- Identificação de uma subcamada descrevendo um *trail* que monitora uma *tandem connection*;
- Expansão de uma *connection point*.

A expansão da função de uma *trail termination* e um *connection point* é ilustrada na Figura 17. O conceito de subcamadas está ilustrado na Figura 18.

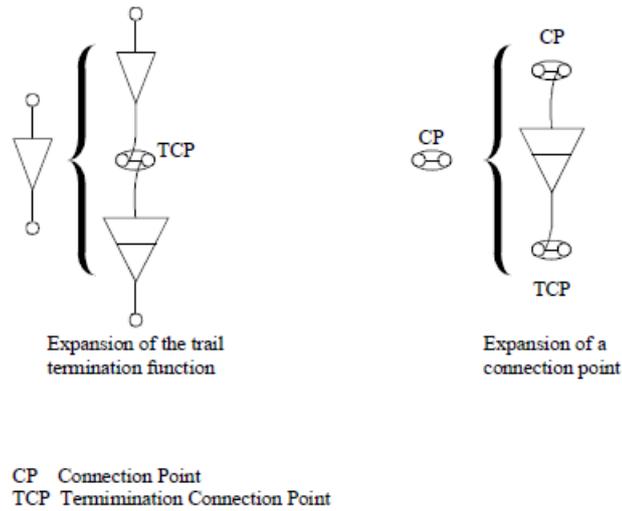


Figura 17: Geração de subcamadas [6]

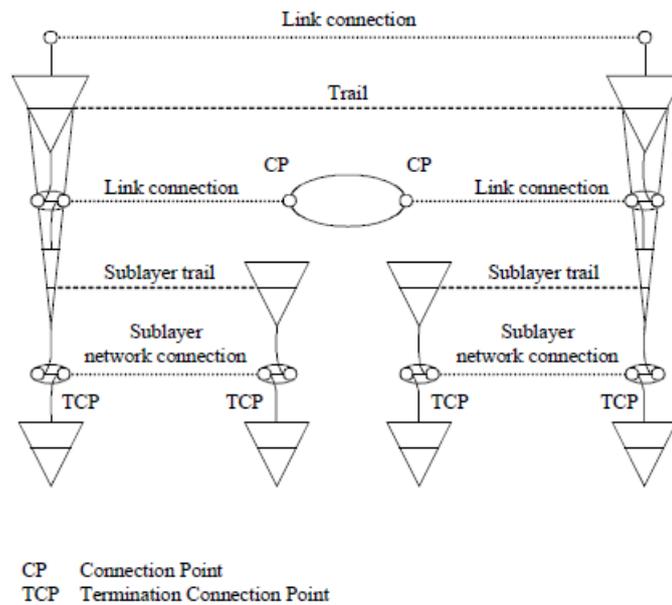


Figura 18: O conceito de divisão em subcamadas [6]

3.1.3 - Técnicas para aumentar a disponibilidade da rede

Toda rede está sujeita a falhas, e os motivos são inúmeros. Uma porta de um elemento de rede pode queimar, um cabo de fibras pode se partir por uma razão qualquer, e um enlace de satélite pode sofrer interferência da radiação solar. A falha pode causar uma interrupção total

numa entidade de transporte, ou apenas degradar o sinal, aumentando a taxa de erros na recepção do mesmo. A forma de aumentar a disponibilidade (tolerância a falhas) é substituir as entidades de transporte afetadas. Essa substituição pode ser disparada automaticamente pela detecção da falha, ou por uma solicitação da gerência da rede.

3.1.4.1 - Proteção

A proteção utiliza entidades adicionais de transporte com capacidade pré-alocada entre nós de uma rede. A arquitetura mais simples é conhecida como 1 + 1, e utiliza uma entidade de proteção dedicada para cada entidade de transporte principal. A mais complexa usa M entidades de proteção compartilhadas entre N entidades principais (M:N).

3.1.4.1.1 - Proteção de *trail*

Quando um *trail* principal falha ou tem seu desempenho reduzido além do limite estabelecido (ou seja, a taxa de erros cresce muito), o seu sinal é substituído pelo do *trail* de proteção. Isso é feito acrescentando-se uma subcamada de proteção. A *trail termination* é expandida de acordo com as regras da Figura 17, introduzindo-se a função de adaptação de proteção, a função de terminação de *trail* desprotegido, e a função de terminação de *trail* protegido. Uma matriz de proteção é usada para modelar o chaveamento entre as conexões principal e de proteção.

A proteção de *trail* é o método aplicado numa *layer network* de transporte quando um defeito é detectado na mesma *layer network* (o chaveamento também é ativado na *layer network*). A Figura 19 ilustra um caso de *trail* protegido, em que mesmo ocupa dois caminhos paralelos (*network connections*): um principal e outro de proteção:

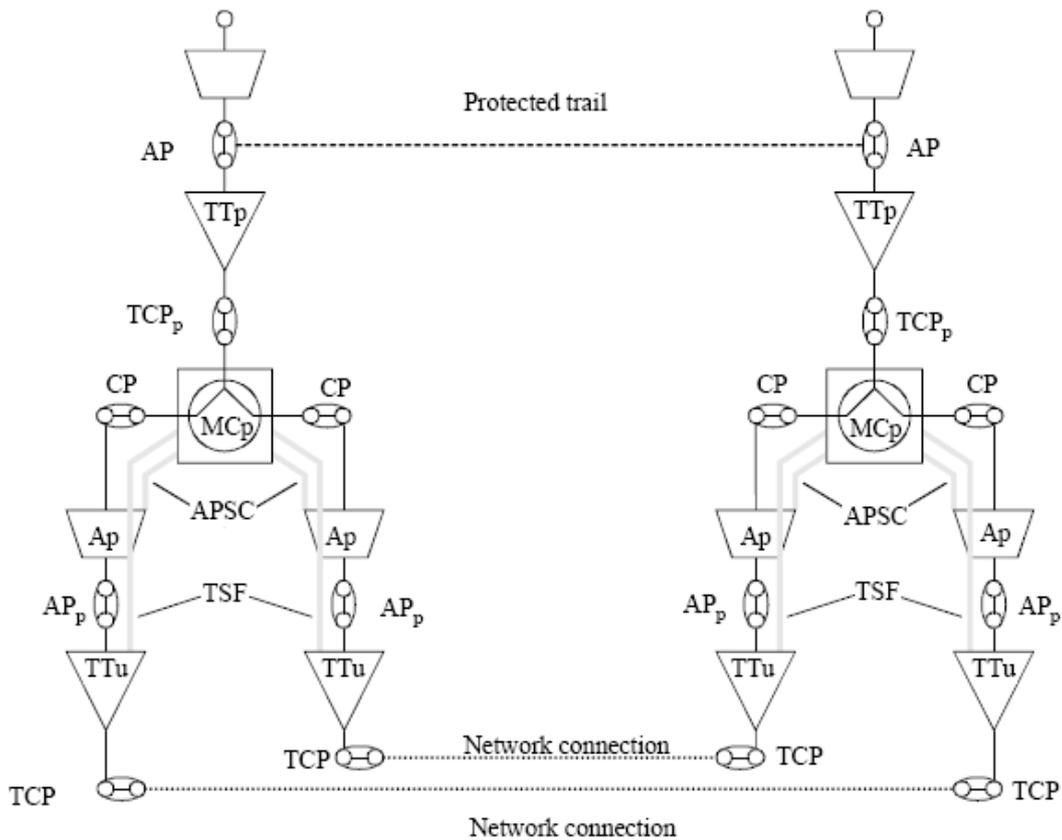


Figura 19: Proteção de *trail* [6]

3.1.4.1.2 - Proteção de *subnetwork connection*

Quando uma (*sub*)*network connection* principal falha ou tem seu desempenho reduzido além do limite estabelecido (ou seja, a taxa de erros cresce muito), o seu sinal é substituído pelo da (*sub*)*network connection* de proteção. É um método de chaveamento de proteção aplicado numa *layer network* cliente quando um defeito é detectado na *layer network* servidora, numa subcamada, ou outra *layer network* de transporte. É importante notar que a proteção de

(sub)network connection pode ser aplicada a qualquer *layer network*. Além disso, a (sub)network connection a ser protegida pode ser constituída de uma sequência de *subnetwork connection* e *link connections* de níveis mais baixos.

A Figura 20 apresenta um exemplo de proteção de uma *subnetwork connection* que faz parte da composição de uma *network connection* ocupada por um *trail*, ou seja, apenas um trecho do *trail* está protegido. Da mesma forma que na proteção de *trail*, a *subnetwork connection* protegida ocupa uma *network connection* principal e outra de proteção:

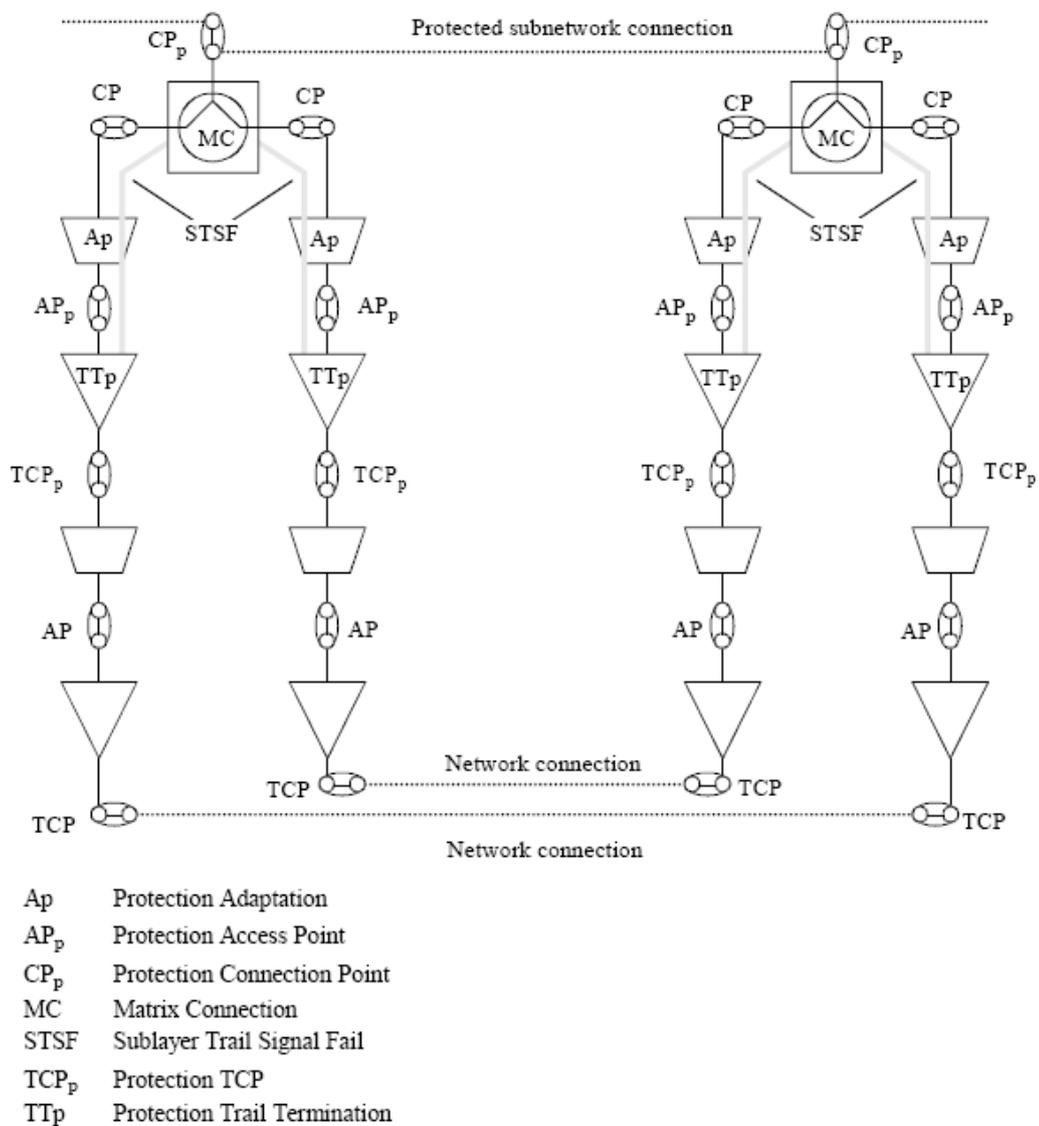


Figura 20: Proteção de *subnetwork connection* usando subcamadas [6]

Uma conclusão a que se pode chegar a partir da comparação dos dois tipos de proteção apresentados é vista se considerarmos um *trail* que utiliza uma *subnetwork connection* composta de uma sequência de *subnetwork connections* e *link connections*. No caso da proteção de *trail*, se qualquer dos componentes do mesmo sofre uma falha, a rede executa um chaveamento de forma a restaurar a comunicação (é óbvio que uma dupla falha acarreta na sua interrupção, mas não consideremos essa situação por ora). Por outro lado, numa proteção de *subnetwork connection*, pode ser que nem todos os componentes do *trail* estejam protegidos, e dessa forma mesmo uma falha simples pode interromper a comunicação.

É possível ainda estabelecer proteções de mais um tipo e em mais de uma camada de rede, aumentando a confiabilidade da mesma.

3.2 - Interpretação do modelo G.805 sob o ponto de vista de sistemas de informação

Podem-se classificar os componentes principais da arquitetura de rede da recomendação ITU-T G.805 da seguinte forma:

Pontos terminais: elementos pontuais em uma rede, normalmente associados a outras entidades de transporte. Alguns exemplos:

- *Input*
- *Output*
- *Pairing (Input + Output)*
- Porta
- Pontos de Referência (formados pela união de outros pontos terminais):
 - *Access Point*
 - *Connection Point*
 - *Termination Connection Point*

Recursos hierárquicos de transporte: são os componentes que transportam alguma informação de um ponto terminal de origem até outro de destino. Podem ser unidirecionais ou bidirecionais. Alguns exemplos:

- *Link*
- *Trail*
- *Link Connection*
- *Subnetwork Connection*
- *Network Connection*
- *Tandem Connection*

Outros tipos de recursos hierárquicos (estes podem ter vários pontos terminais):

- Rede
- *Subnetwork*
- Matriz

Associações entre recursos: não representam recursos propriamente ditos, mas relacionamentos entre os mesmos:

- **Multiplexação (adaptação):** *link connections* de capacidades mais baixas são entrelaçadas no tempo, constituindo um *trail* de capacidade mais alta. Pode-se interpretar como um *trail* de uma camada (servidora) x provendo *link connections* para uma camada $x + 1$ (cliente).
- **Multiplexação inversa (adaptação):** pode-se interpretar como um *trail* de uma camada (cliente) $x + 1$ suportado pela concatenação em paralelo de *network connections* de uma camada x (servidora).
- **União de pontos terminais:** ligação (conexão) dos pontos terminais de recursos que transportam a mesma informação característica, para concatenação em série (não confundir com as concatenações de *link connections* ou *network connections* paralelas para aumento da capacidade total de transmissão) dos mesmos, formando assim recursos de comprimento maior e criando pontos de referência. Exemplo: justaposição de *link connections* e *subnetwork connections*, formando *tandem connections*.

- **Terminação de *trail* (não confundir com ponto terminal):** Pode-se interpretar como um *trail* cliente ocupando (sendo suportado por) um conjunto de *link connections* (geradas por *trails* servidores) e/ou *subnetwork connections*. Nesse caso, esse conjunto é considerado uma *network connection*.
- **Proteção de *trail*:** um *trail* ocupa mais de uma *network connection* em paralelo, transportando a informação útil em caminhos distintos. Os pontos de bifurcação do sinal (matriz de comutação para proteção) podem ser representados por *pontos de referência* (ver *união de pontos terminais*).
- **Proteção de *subnetwork connection*:** uma *subnetwork connection* pertencente a uma *network connection* ocupada pelo *trail* é subdividida em suas próprias *network connections*, e estas, em caminhos paralelos distintos, proveem uma proteção independente das demais *subnetwork connections* usadas pelo *trail*.

3.3 - Aplicação do modelo G.805 à tecnologia SDH (recomendação G.803)

A recomendação G.805 descreve um modelo genérico para redes de transporte, independente de sua tecnologia. Ela define os componentes funcionais genéricos que representam os recursos de rede e suas associações, mas não faz um mapeamento dos mesmos nos recursos propriamente ditos de cada tecnologia.

Os tipos de recursos e respectivas associações das diversas tecnologias de rede são apresentados em recomendações ITU-T específicas. Conforme mencionado anteriormente, a tecnologia SDH (Hierarquia Digital Síncrona) será usada como um dos estudos de caso para o modelo de inventário, e a definição dos seus componentes está presente na recomendação G.803 do ITU-T [5].

Neste item, o modelo G.805 será utilizado para a modelagem funcional da tecnologia SDH, relacionando-se os seus elementos específicos aos componentes funcionais genéricos. Serão apresentadas as diversas camadas hierárquicas de rede dessa tecnologia de transporte, estruturas de multiplexação, tipos básicos de equipamentos e tipos de proteção contra falhas.

3.3.1 - Camadas da rede SDH

A hierarquia SDH é dividida nas seguintes camadas:

Seção de Regeneração: trecho entre dois equipamentos regeneradores, suportado diretamente pelo meio físico (fibra óptica, cabo metálico ou canal de rádio ou satélite), ou por um comprimento de onda em uma fibra (camada de rede da tecnologia WDM/OTN).

Seção de multiplexação: conjunto de seções de regeneração delimitado por equipamentos multiplexadores.

Vias de ordem superior (*High Order Path*): camadas de rede de alta capacidade suportadas por seções de multiplexação.

Vias de ordem inferior (*Low Order Path*): camadas de rede de baixa capacidade suportadas por vias de ordem superior.

Os circuitos clientes da rede SDH (circuitos de outras tecnologias) podem ser suportados pelas vias de ordem inferior ou superior. As diversas camadas de rede SDH podem ser vistas na Figura 21:

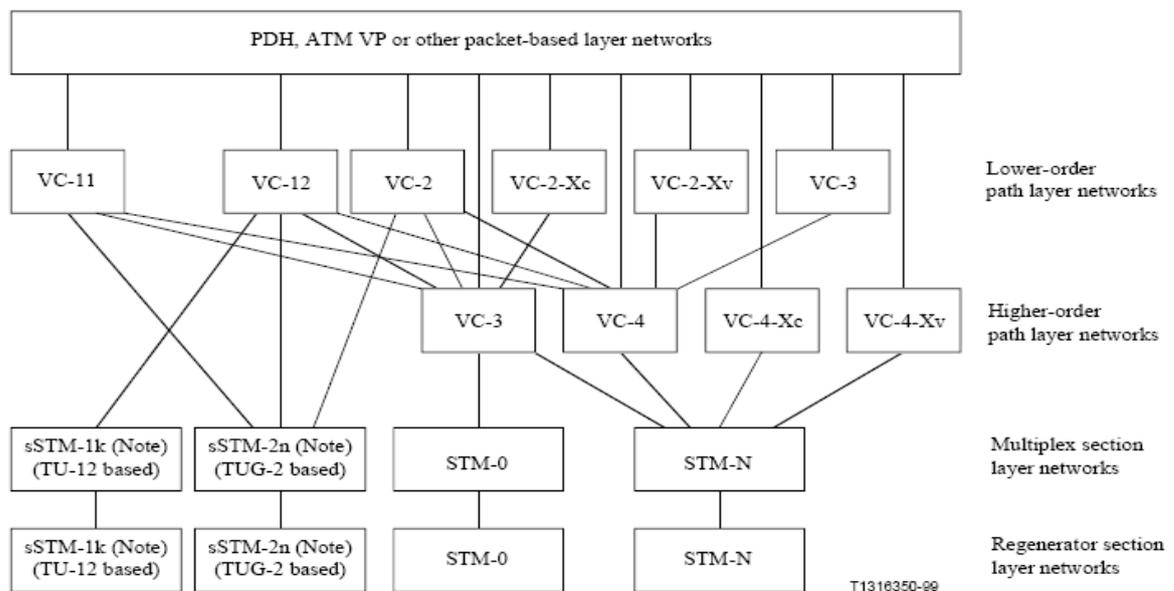


Figura 21: Associações cliente/servidor possíveis e camadas de rede SDH correspondentes [5]

Cada camada pode ser subdividida em *trails* e *link connections*, conforme a Figura 22. Os objetos **STM-n** (*Synchronous Transport Module-n*) e **VC-n** (*Virtual Container-n*) representam tipos de *trail*. Os objetos **AU-n** (*Administrative Unit-n*), **TU-n** (*Tributary Unit-n*) e **C-n** (*Container-n*) representam tipos de *link connection*. Os templates **AUG-n** (*Administrative Unit Group-n*) e **TUG-n** (*Tributary Unit Group-n*) são funções de multiplexação, e os multiplicadores associados aos mesmos representam as quantidades de *link connections* providas pelos *trails* segundo a função de multiplexação prevista para cada *template*. Nota-se que é possível criar estruturas de multiplexação complexas, associando-se *templates* (estágios) em cascata:

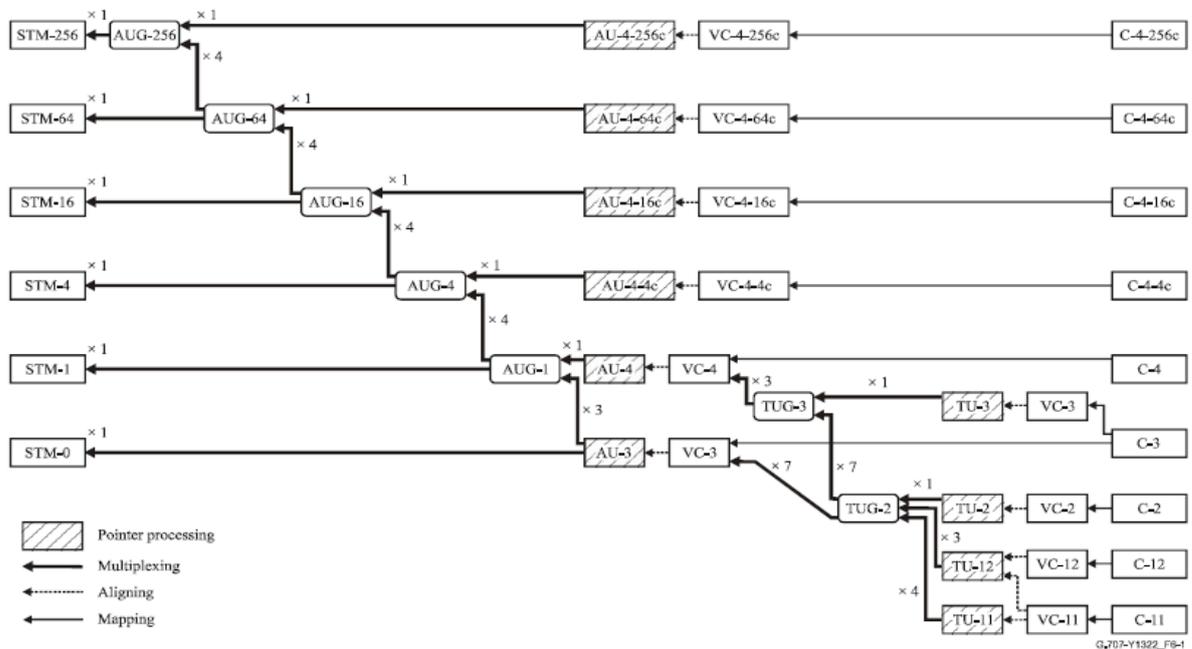


Figura 22: Associações cliente/servidor possíveis entre entidades de transporte SDH [3]

Cada um dos tipos de *trail* e de *link connection* SDH transporta uma informação característica diferente, ou seja, possuem formatos de quadro e taxas de transmissão específicas. Na Tabela 2 podem-se comparar as taxas de vários tipos de *trail* e *link connection*. Os casos de concatenação não estão representados, mas podem ser calculados pela soma de seus componentes.

Tabela 2: Capacidades de trails e link connections SDH

Tipo de entidade de transporte	Nome da entidade de transporte	Taxa de transmissão (aproximada)
<i>Trails de seção de regeneração e multiplexação</i>	STM-256	40 Gbit/s
	STM-64	10 Gbit/s
	STM-16	2,5 Gbit/s
	STM-4	622 Mbit/s
	STM-1	156 Mbit/s
	STM-0	52 Mbit/s
<i>Trails de via</i>	VC-4	150 Mbit/s
	VC-3	49 Mbit/s
	VC-2	6,8 Mbit/s
	VC-12	2,3 Mbit/s
	VC-11	1,7 Mbit/s
<i>Link connections utilizáveis por trails de via</i>	AU-4	150 Mbit/s
	AU-3	49 Mbit/s
	TU-3	49 Mbit/s
	TU-2	6,8 Mbit/s
	TU-12	2,2 Mbit/s
	TU-11	1,7 Mbit/s
<i>Link connections utilizáveis por circuitos de outras tecnologias (PDH, ATM, Ethernet, etc.)</i>	C-4	150 Mbit/s
	C-3	48 Mbit/s
	C-2	6,8 Mbit/s
	C-12	2,2 Mbit/s
	C-11	1,6 Mbit/s

Tomemos um exemplo de rede SDH para ilustrar a hierarquia prevista:

- Um *trail* **STM-4** utilizando a estrutura de multiplexação **4x AUG-1** gera 4 *link connections* do tipo **AU-4**.
- Um *trail* **VC-4** ocupa a *link connection* **AU-4**.
- O *trail* **VC-4** gera 63 *link connections* do tipo **TU-12**, utilizando a seguinte estrutura de multiplexação:
 - O **VC-4** é diretamente demultiplexado em **3x TUG-3**
 - Cada **TUG-3** é demultiplexado em **7x TUG-2**
 - Cada **TUG-2** é demultiplexado em **3x TU-12**
- Um *trail* **VC-12** ocupa uma das *link connections* **TU-12** geradas pelo **VC-4**.

- O *trail VC-12* gera uma *link connection* do tipo **C-12** (não há multiplexação propriamente dita, pois apenas uma *link connection* é provida, mas o conceito cliente/servidor é o mesmo).
- A *link connection C-12* pode ser utilizada por um *trail* cliente de outra tecnologia (ATM, PDH, etc.).

A concatenação virtual é um tipo de multiplexação inversa proposta na tecnologia SDH-NG (SDH - Next Generation). Um exemplo simples: 7 *trails VC-4* (com taxa aproximada de 150 Mbit/s cada) podem ser concatenados formando um único *trail VC-4-7v* com taxa de aproximadamente 1 Gbit/s.

3.3.2 - Tipos de equipamentos SDH

É importante classificar os equipamentos quanto à sua função numa rede.

Multiplexador terminal – multiplexa no tempo sinais tributários (*link connections*) em um sinal agregado (*trail STM*), de capacidade mais alta. A instalação SDH mais simples envolve dois equipamentos terminais interligados por fibra óptica, ou seja, o mesmo *link* suporta a seção de regeneração, a seção de multiplexação e as vias, como se vê na Figura 23:

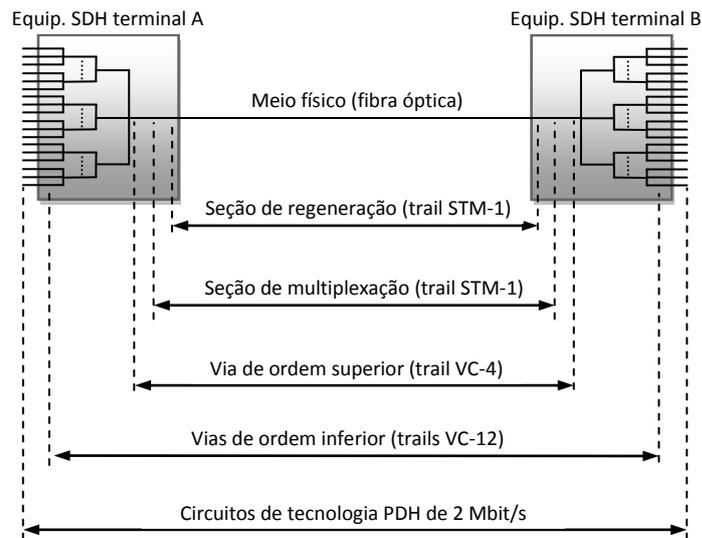


Figura 23: Etapas internas de multiplexação de dois equipamentos terminais interligados

Para simplificação desta e das figuras seguintes, não estão representadas as *link connections* e *network connections*.

Regenerador – regenera o sinal digital e repete o conteúdo de informação, alterando apenas o cabeçalho da seção de regeneração do quadro SDH. É necessário quando a distância entre dois multiplexadores é muito grande, o que degrada o nível de sinal (ver Figura 24):

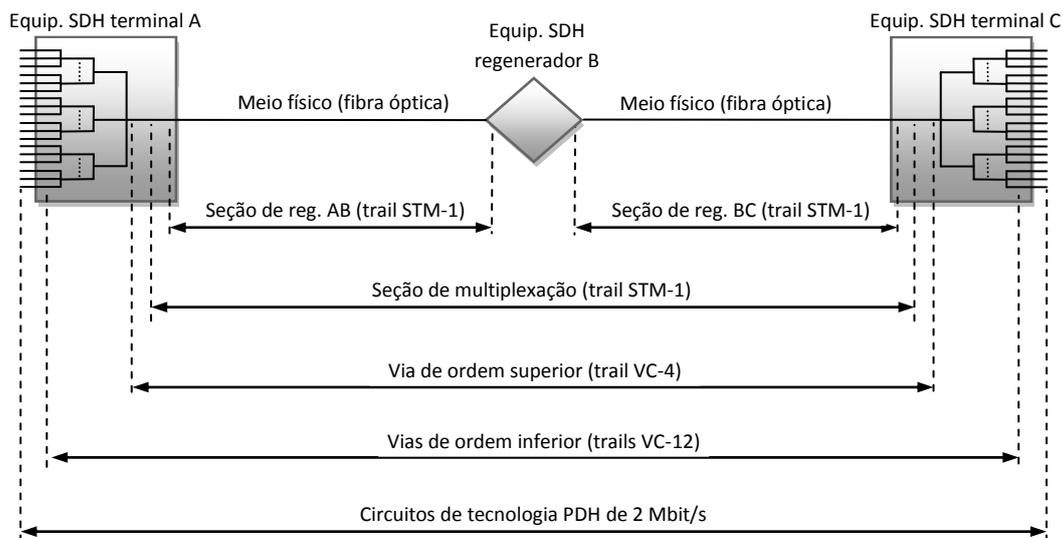


Figura 24: Ligação entre dois equipamentos terminais, com um regenerador intermediário

Multiplexador Deriva/Insere (*Add-drop Multiplexer*, ou ADM) – possui dois lados agregados, e realiza a inserção e derivação de tributários. Possui matriz interna para realizar as conexões cruzadas. Permite a criação de topologias mais complexas, como sistemas lineares (ver Figura 25) e anéis com várias terminações de tributário. No último caso, não existem equipamentos que desempenhem apenas a função de terminal. No exemplo da Figura 25, os *trails* de VC-4 dos trechos AB e BC são demultiplexados no interior do equipamento ADM para que seja possível realizar conexões cruzadas internas (os *trails* VC-12 clientes com terminações nos equipamentos A e C utilizam tributários diferentes nesses dois trechos), e também para que seja possível atender a *trails* clientes que terminam no equipamento B. Entretanto, a demultiplexação consome mais processamento, exigindo a instalação de placas mais sofisticadas que aumentam o custo da instalação. Para proporcionar uma engenharia de tráfego mais eficiente, podem-se tomar os *trails* clientes (no exemplo, os VC-12) que têm terminações em A e C e agrupá-los em *trails* servidores VC-4 com pontos de terminação nos mesmos equipamentos. Dessa forma, esses VC-4 poderiam “atravessar” o equipamento ADM B sem a necessidade dos estágios de multiplexação no mesmo. Além de reduzir os custos dos equipamentos, o agrupamento de *trails* clientes em servidores com os mesmos pontos de origem e destino simplifica deveras a administração da rede, permitindo que atividades intrínsecas à mesma, como o remanejamento e a proteção sejam realizadas para grandes grupos de clientes, com poucas operações.

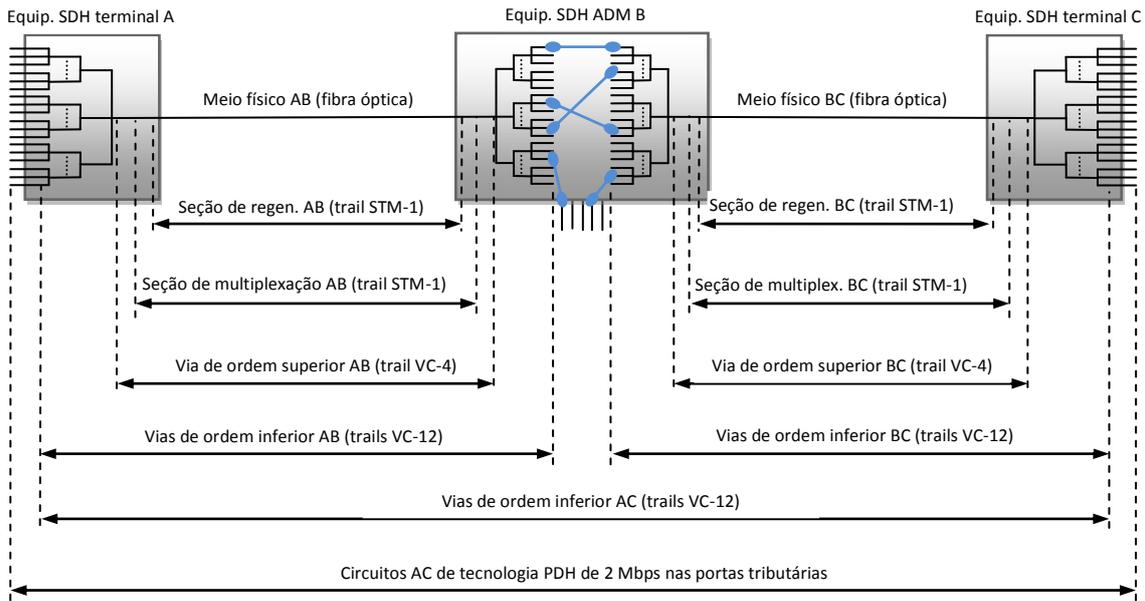


Figura 25: Sistema linear com dois equipamentos terminais e um ADM intermediário

Roteador Digital (*Synchronous Digital Cross-Connect*, ou **SDXC)** – evolução do ADM, com muitas portas de agregado e com matrizes internas mais sofisticadas, permitindo conexões cruzadas de vários tipos e camadas. É usado para interligar redes distintas (ver Figura 26), e ainda permite a construção de topologias ainda mais complexas, como malhas.

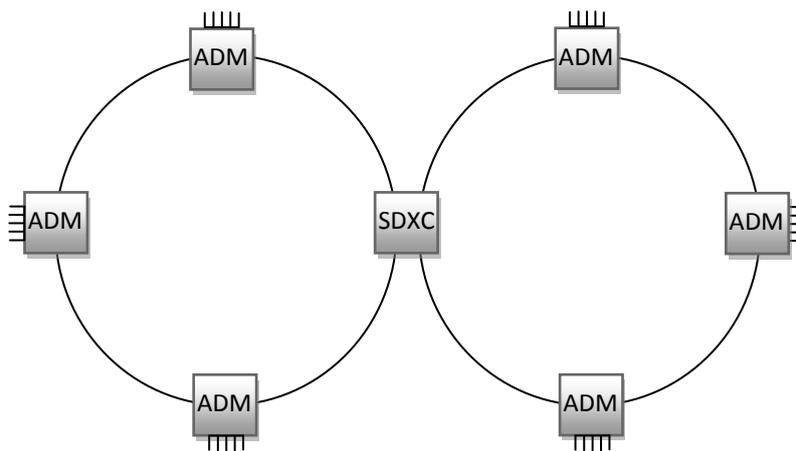


Figura 26: Equipamento SDXC interligando dois anéis

É importante ressaltar que equipamentos mais sofisticados podem desempenhar mais de uma função simultaneamente.

3.3.3 - Tipos de proteção em redes SDH

Segundo [7], os tipos de proteção aplicáveis à tecnologia SDH são:

3.3.3.1 - Proteção linear 1+1 de *trail*

Duas *network connections* são providas para uso pelo *trail*: uma para tráfego e outra fica em espera, entrando em operação caso a primeira falhe. É válida para proteção de seções de multiplexação e *Virtual Containers* (alta ou baixa ordem).

3.3.3.2 - Proteção linear 1:N de *trail*

N seções de multiplexação de tráfego principal são protegidas por apenas uma seção de multiplexação extra. Enquanto não ocorrem falhas, esta seção de proteção pode ser usada para “extra-tráfego” de baixa prioridade (não protegido).

3.3.3.3 - Proteção linear 1:1 de *trail*

Caso particular da proteção 1:N, onde $N = 1$. É válida para proteção de seções de multiplexação e *Virtual Containers* (alta ou baixa ordem).

3.3.3.4 - Anéis com proteção compartilhada por seções de multiplexação (MS-SPRing)

A capacidade total de tráfego por seção de multiplexação (em cada fibra) é dividida em duas partes iguais, uma para tráfego principal e outra para proteção. Por exemplo: num anel de duas fibras STM-N existem $N/2$ AUG (*templates* de multiplexação do tipo *Administrative*

Unit Group) para tráfego principal e mais N/2 AUG para proteção (ver Figura 27). A capacidade de proteção pode ser utilizada por qualquer seção de multiplexação em caso de falhas, ou por “extra-tráfego” de baixa prioridade, em situações sem falhas. Pode ser usada também em anéis a 4 fibras.

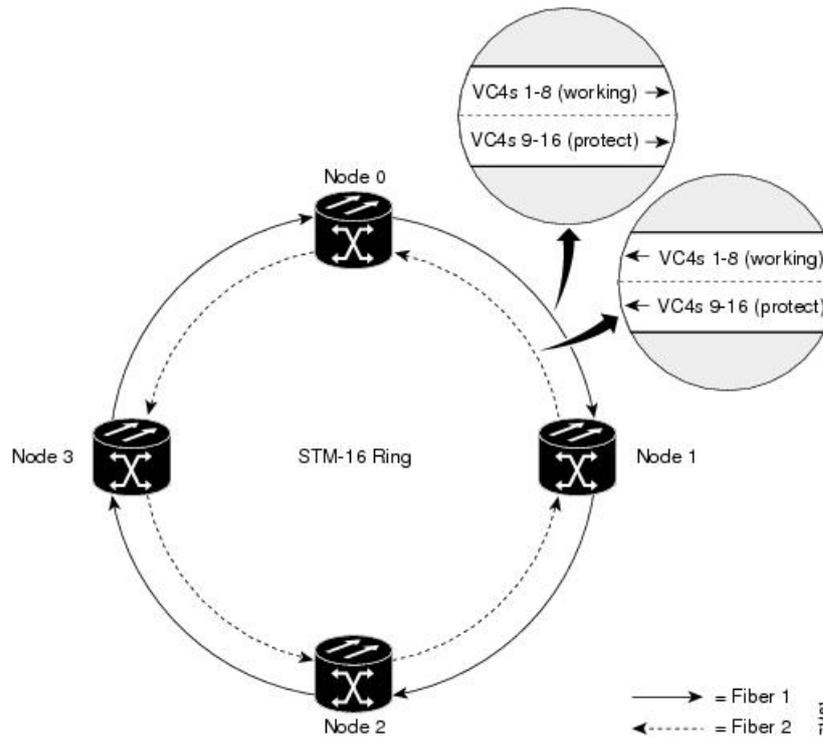


Figura 27: Anel a duas fibras com proteção compartilhada [44]

3.3.3.5 - Anéis com proteção dedicada para seções de multiplexação

É um caso particular de proteção dedicada 1:N onde $N = 1$. Um sistema desse tipo consiste de dois anéis “rotativos”, em que um anel transmite no sentido contrário ao do outro, de forma semelhante ao demonstrado pela Figura 27, mas sem "extra-tráfego". Em caso de falha, todo o tráfego do anel principal é desviado para o canal de proteção.

3.3.3.6 - Proteção de *subnetwork connection*

Pode ser aplicada a vias de ordem inferior ou superior. O *trail* utiliza duas *subnetwork connections* dedicadas: uma principal e outra de proteção. Esse mecanismo pode ser usado em qualquer tipo de topologia física (anel, malha e mista). Pode ainda ser usado para proteção de uma *network connection* fim-a-fim completa, ou então para partes da mesma (ver Figura 20). Os esquemas de proteção de *subnetwork connection* permitidos em redes SDH são o 1+1 e o 1:1 (com ou sem extra-tráfego).

3.4 - Aplicação do modelo G.805 à tecnologia OTN (recomendação G.872)

A tecnologia OTN (*Optical Transport Network*) é objeto do segundo estudo de caso para o modelo de inventário. A definição dos seus componentes está presente na recomendação G.872 do ITU-T [8]. De forma análoga ao estudo da tecnologia SDH feito anteriormente, os itens a seguir apresentam as características, hierarquias, tipos de equipamentos, tipos de proteção e mapeamento dos tipos de recursos das redes OTN no modelo genérico G.805.

3.4.1 - Camadas da rede OTN

Embora a hierarquia OTN [4] ofereça uma gama de taxas de transmissão e de estruturas de multiplexação muito mais numerosa e flexível do que a SDH como mostram as figuras 22, 29 e 34, ambas são funcionalmente análogas. A hierarquia OTN é dividida nas seguintes camadas principais, como visto na Figura 28:

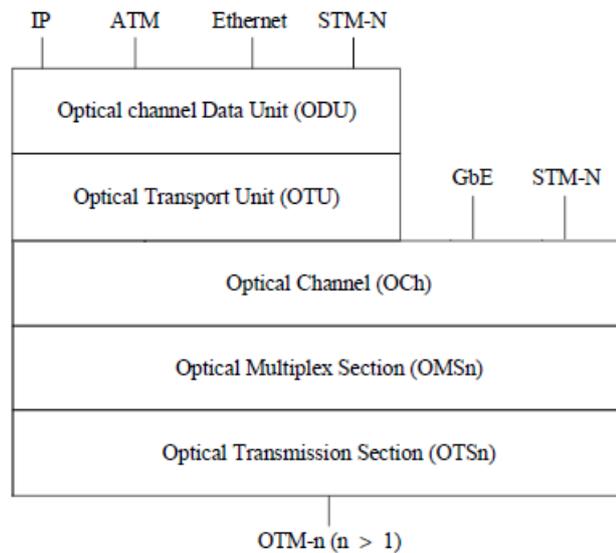


Figura 28: Camadas de rede OTN e redes clientes possíveis [8]

Optical Transport Module (OTM): trecho entre dois equipamentos regeneradores, suportado diretamente pelo meio físico (fibra óptica).

Optical Transmission Section (OTS): seção suportada pelo OTM.

Optical Multiplex Section (OMS): conjunto de OTS delimitado por equipamentos multiplexadores WDM.

Optical Channel (OCh): canal óptico a ser multiplexado numa OMS e que transporta a OMS.

Optical Transport Unit (OTU): sinal elétrico que será modulado para formar o OCh.

Optical Data Unit (ODU): sinal elétrico transportado pela OTU.

Optical Payload Unit (OPU): sinal elétrico que engloba o sinal cliente (que pode ser Ethernet, ATM, SDH ou outros) e é transportado pela ODU.

3.4.1.1 - Camadas elétricas

A informação característica é comutada e multiplexada no domínio eletrônico. A multiplexação utilizada é do tipo TDM. As estruturas de multiplexação das camadas elétricas das redes OTN podem ser vistas na Figura 29:

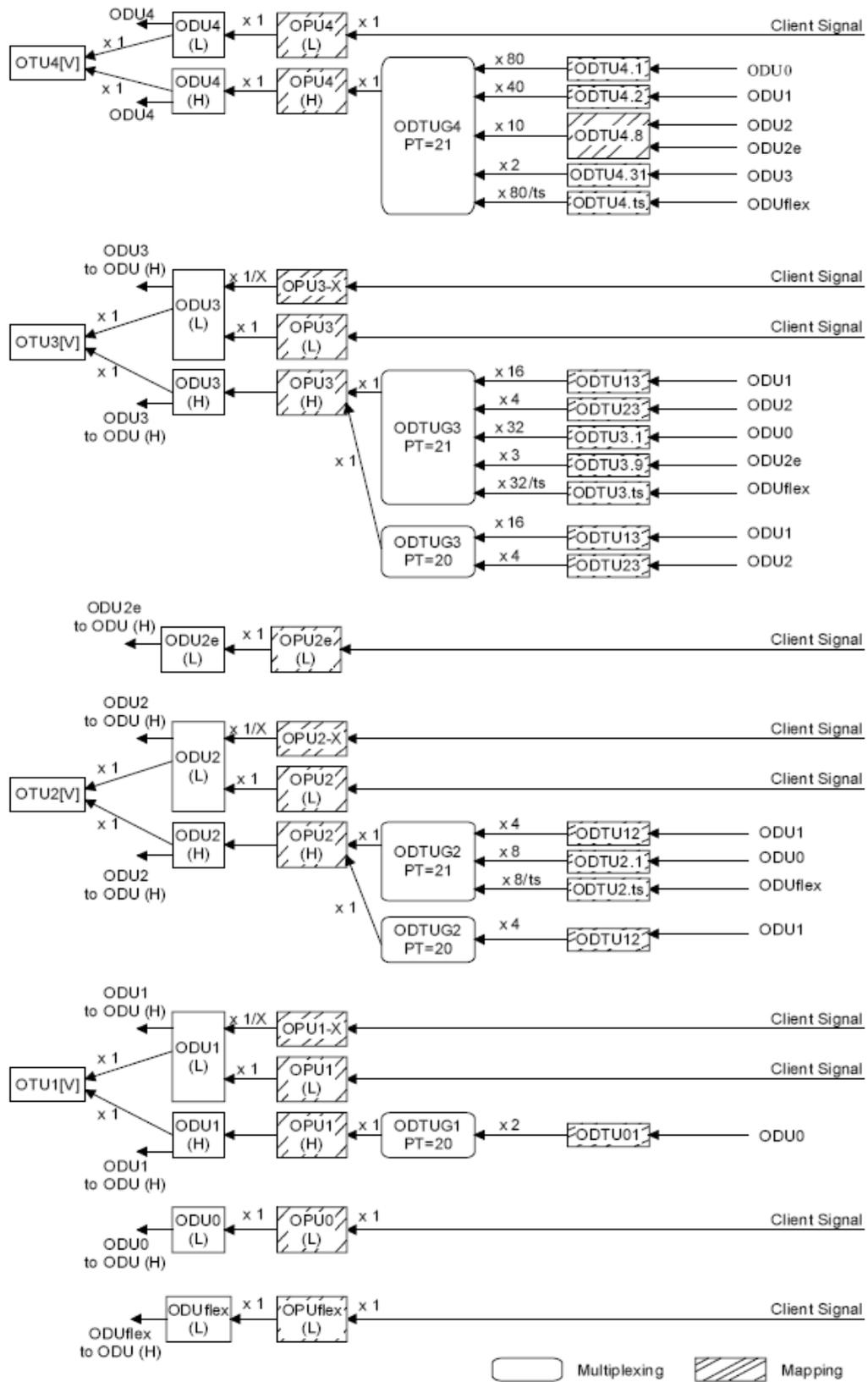


Figura 29: Estruturas de multiplexação OTN (domínio elétrico) [4]

Os circuitos clientes da rede OTN (circuitos de outras tecnologias, como IP, Ethernet e SDH) são suportados por uma OPU_k (*Optical Payload Unit* de ordem *k*), que pode também suportar um ODTUG_k (*Optical channel Data Tributary Unit Group* de ordem *k*). A OPU_k é transportada por uma ODU_k (*Optical Data Unit* de ordem *k*), e esta, por uma OTU_k[V] (*Optical Transport Unit* de ordem *k*).

Assim como na hierarquia SDH, as camadas elétricas de rede OTN podem ser subdivididas em *trails*, *network connections* e *link connections*, conforme visto nas figuras 30 e 31:

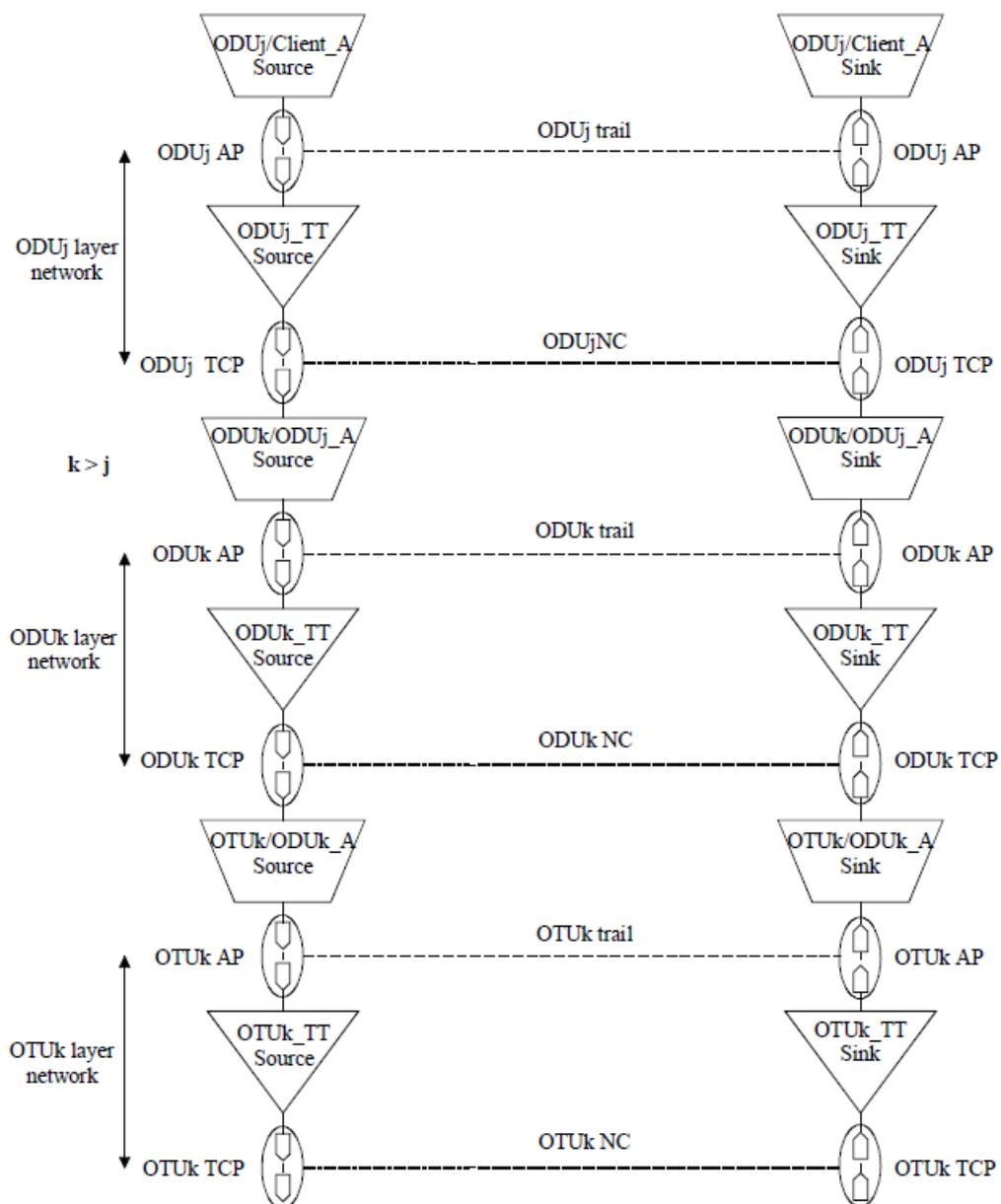


Figura 30: Associações cliente/servidor de camadas elétricas OTN [8]

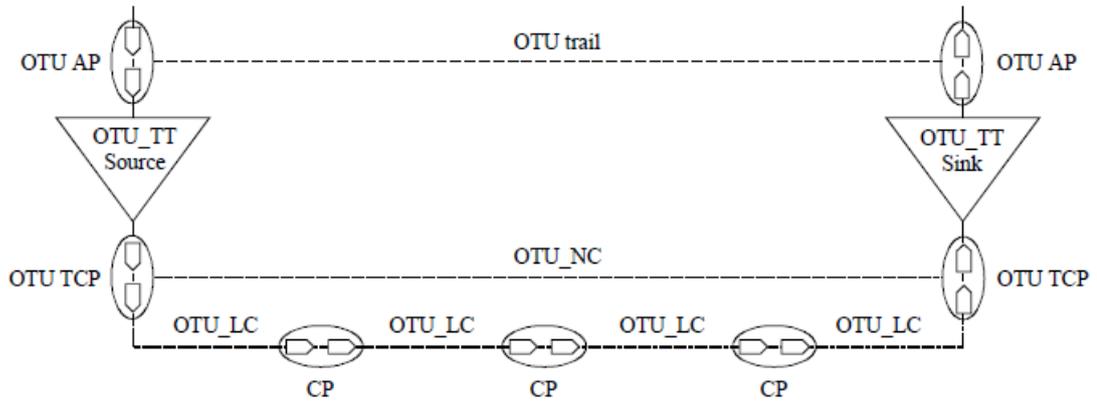


Figura 31: Exemplo de *layer network* do tipo OTU [8]

De forma semelhante à tecnologia SDH-NG, é possível também executar multiplexação inversa nas redes OTN por meio da concatenação virtual de X sinais ODU_k, formando um sinal ODU_{k-Xv}, onde $X > 1$ (Figura 32). Como exemplo, quatro ODU₂ podem ser concatenadas para formar uma ODU_{2-4v}, que é capaz de transportar um sinal SDH STM-256.

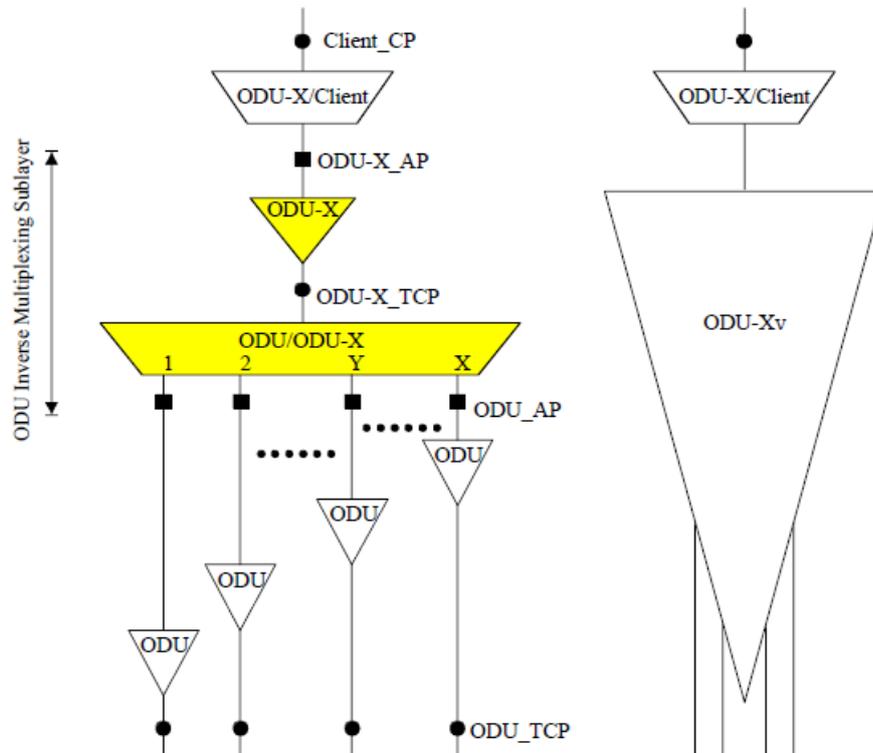


Figura 32: Modelos de concatenação virtual de ODU [8]

Outro tipo de multiplexação inversa é a do tipo ODUflex. Para simplificação do processamento do sinal nos elementos da rede, ela obrigatoriamente ocupa *timeslots* (*link connections* oferecidas) do mesmo ODUk de ordem superior, como numa concatenação contígua SDH. Entretanto, os *timeslots* não são necessariamente contíguos, apresentando nesse ponto característica semelhante à concatenação virtual, como visto na Figura 33. A ODUflex ainda oferece facilidades de redimensionamento automático de capacidade alocando dinamicamente a quantidade de ODU utilizadas, o que é muito útil em circuitos clientes orientados a pacotes.

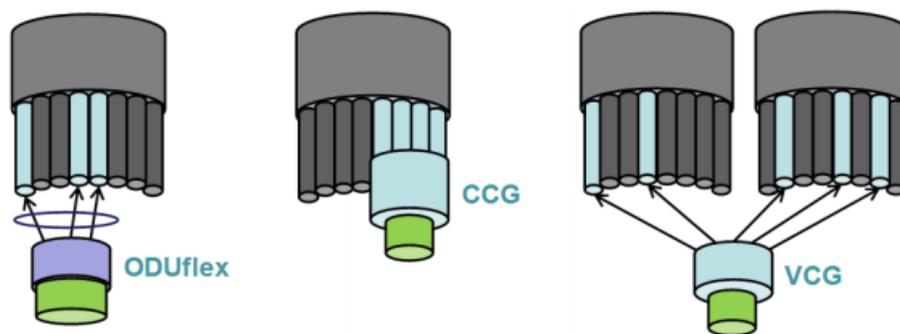


Figura 33: Comparação entre ODUflex e as concatenações contígua (CCG) e virtual (VCG) [45]

3.4.1.2 - Camadas ópticas

A informação característica é comutada, multiplexada e transmitida através do meio físico no domínio óptico. A multiplexação é do tipo WDM, obviamente. As estruturas de multiplexação das camadas ópticas das redes OTN podem ser vistas na Figura 34:

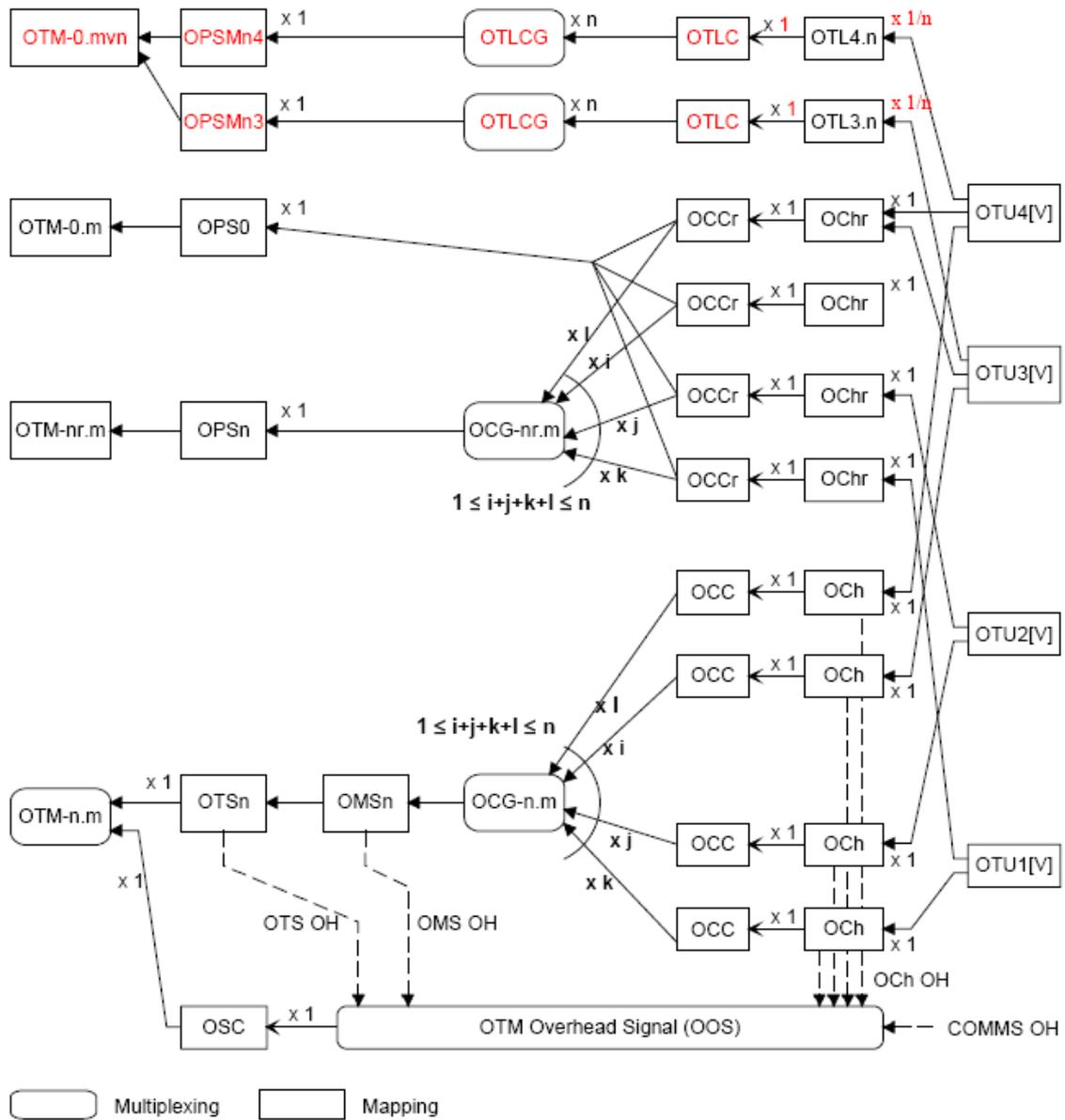


Figura 34: Estruturas de multiplexação OTN (domínio óptico) [4]

A $OTU_k[V]$ é mapeada num canal óptico $OCh[r]$ (*Optical Channel*), e este é modulado em uma $OCC[r]$ (*Optical Channel Carrier*). A OTU_k pode também ser mapeada em uma $OTL_k.n$ (*Optical channel Transport Lane*), e esta, modulada em uma $OTLC$ (*Optical Transport Lane Carrier*).

Um máximo de "n" (onde $n \geq 1$) sinais $OCC[r]$ são multiplexados em um $OCG-n[r].m$ (*Optical Carrier Group*) utilizando-se multiplexação por divisão de comprimentos de onda.

Os tributários OCC[r] do OCG-n[r].m podem possuir capacidades diferentes. O OCG-n[r].m é transportado pelo OTM-n[r].m (*Optical Transport Module*).

O sinal de supervisão OOS (*OTM Overhead Signal*, resultado da multiplexação dos cabeçalhos de OTS – *Optical Transmission Section*, OMS – *Optical Multiplex Section*, OCh e COMMS – *General Management Communications*) é modulado no OSC (*Optical Supervisory Channel*), e este, multiplexado por WDM no OTM-n.m.

"n" OTLC são multiplexadas por WDM em um OTLCG (*Optical Transport Lane Carrier Group*), e este é transportado por um OTM-0.mvn.

As figuras 35 e 36 apresentam a divisão das camadas ópticas OTN em *trails*, *network connections* e *link connections*:

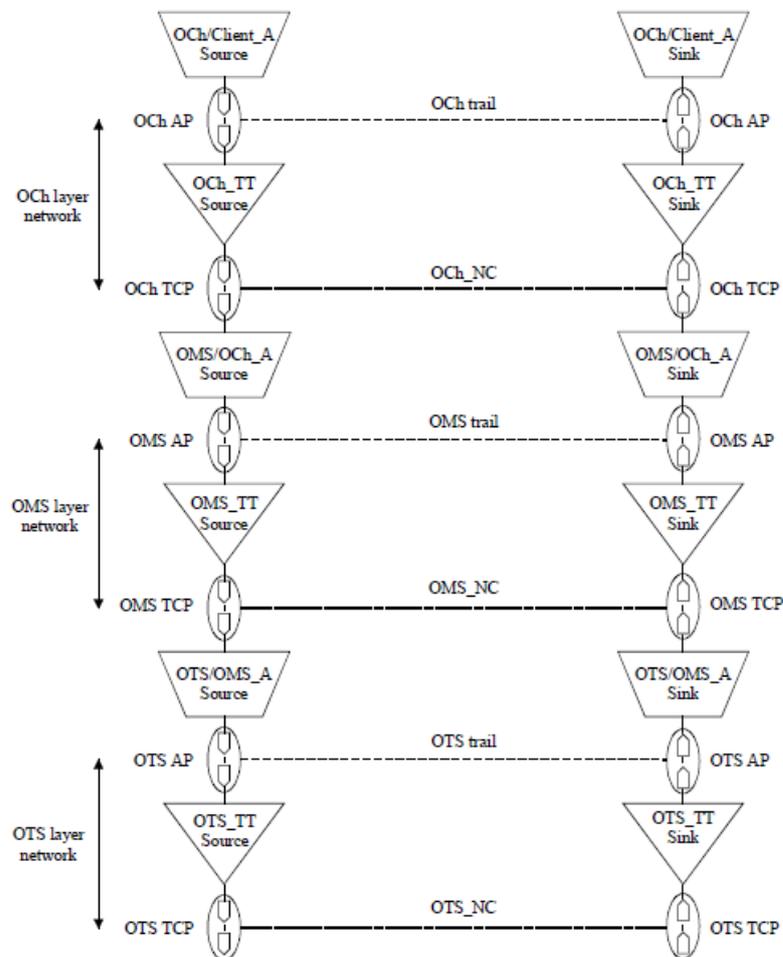


Figura 35: Associações cliente/servidor de camadas ópticas OTN [8]

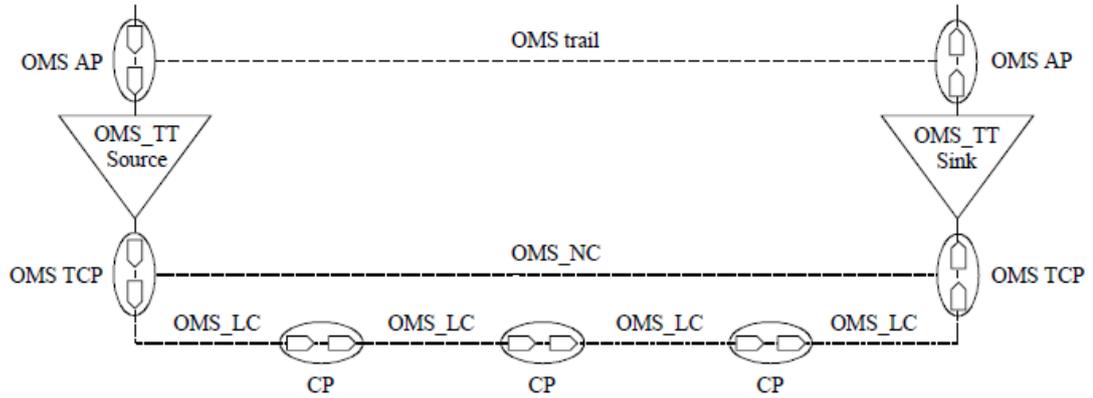


Figura 36: Exemplo de layer network do tipo OMS [8]

No exemplo da Figura 37 veem-se camadas ópticas e elétricas de rede OTN:

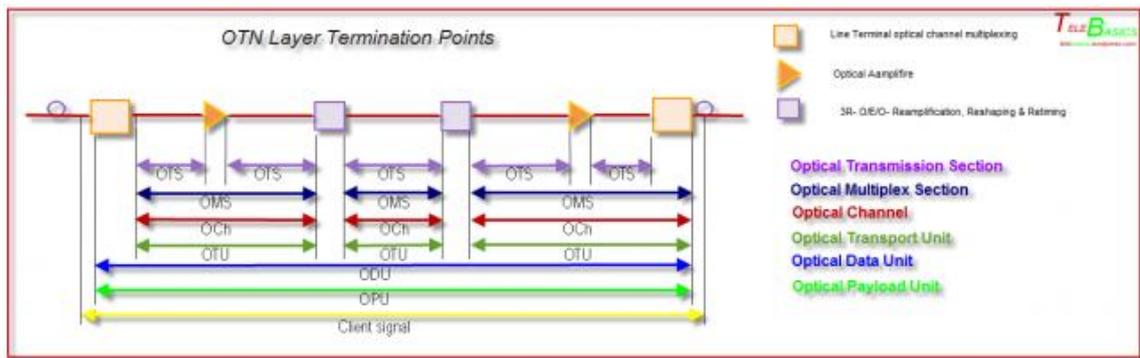


Figura 37: Exemplo de camadas de rede OTN [47]

Na Tabela 3 podem-se comparar as taxas de transmissão de vários tipos de sinais da rede OTN, conforme [4]:

Tabela 3: Exemplos de capacidades de entidades de transporte OTN

Tipo de entidade de transporte	Entidade de transporte	Taxa de transmissão (aproximada)
ODU	ODU0	1,24 Gbit/s
	ODU1	2,5 Gbit/s
	ODU2	10,3 Gbit/s
	ODU2e	10,4 Gbit/s
	ODU3	40 Gbit/s
	ODU4	105 Gbit/s
OPU	OPU0	1,24 Gbit/s
	OPU1	2,5 Gbit/s

Tipo de entidade de transporte	Entidade de transporte	Taxa de transmissão (aproximada)
	OPU2	10 Gbit/s
	OPU2e	10,4 Gbit/s
	OPU3	40 Gbit/s
	OPU4	104 Gbit/s
	OPU1-Xv	X x 2,5 Gbit/s
	OPU2-Xv	X x 10 Gbit/s
	OPU3-Xv	X x 40 Gbit/s
OTU	OTU1	2,67 Gbit/s
	OTU2	10,7 Gbit/s
	OTU3	43 Gbit/s
	OTU4	112 Gbit/s

3.4.2 - Tipos de equipamentos OTN

As tecnologias de equipamentos WDM anteriores à OTN limitavam-se praticamente à multiplexação ponto-a-ponto do sinal óptico em comprimentos de onda, com equipamentos terminais. O padrão OTN, além de oferecer transporte transparente a vários tipos de sinais clientes, veio para combinar a alta capacidade de transmissão das redes DWDM com as funcionalidades de proteção, gerência de configuração remota e flexibilidade de multiplexação e *cross-connection* anteriormente restritas a redes SDH/SONET. Essas características, aliadas aos planos de controle ASON [9] e GMPLS [14], oferecem um nível muito melhor de automatização de provisionamento de recursos na rede.

Dessa forma, os equipamentos têm funções principais bem semelhantes às da tecnologia SDH:

- **Amplificador Óptico (Terminação de seção de transmissão);**
- **Regenerador;**
- **Multiplexador Terminal;**
- ***Optical Add-drop Multiplexer (OADM)*, destacando-se o **ROADM** (reconfigurável remotamente);**
- ***Optical Cross-connect (OXC)*.**

A Figura 38 apresenta um exemplo de diagrama de rede OTN com seus equipamentos e camadas lógicas (*layer networks*), interligando dois equipamentos SDH do tipo *cross-connect* (DXC):

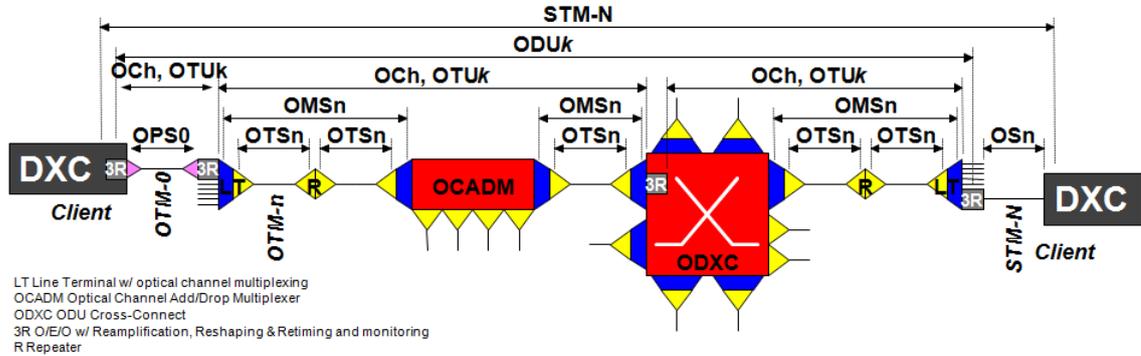


Figura 38: Exemplo de equipamentos e camadas de rede OTN transportando sinal STM (SDH) [46]

3.4.3 - Tipos de proteção em redes OTN

Os tipos de proteção previstos em [6] aplicáveis às camadas de rede da tecnologia OTN são vistas na Tabela 4:

Tabela 4: Tipos de proteção das diversas camadas de rede OTN

Tipo de proteção	OTS	OMS	OCh	OTU	ODU
Proteção de <i>trail</i> 1 + 1		✓	✓	✓	
Proteção de <i>trail</i> 1 : N		✓			
Proteção de <i>subnetwork connection</i> 1 + 1			✓		✓
Proteção de <i>subnetwork connection</i> 1 : N			✓		✓
Anel com proteção compartilhada		✓	✓		✓

Capítulo 4

Modelo de informações SID (TMForum)

O TMForum [16] é um grupo formado em 1988 eminentemente por representantes de provedores de serviços de telecomunicações, e seu objetivo é, baseando-se nas melhores práticas de mercado e com foco na Tecnologia de Informação, criar padrões de processos e de modelos de informação para todas as atividades que digam respeito ao negócio de telecomunicações dessas empresas. Criou o programa NGOSS (*Next Generation Operations Support Systems*, posteriormente rebatizado como *Frameworkx*) [17], que deu origem a padrões de modelos para telecomunicações, dentre os quais podem-se destacar:

eTOM (*enhanced Telecom Operations Map*): modelo de processos de negócio para provedores de serviços de telecomunicações [20]. Foi adotado como um padrão pelo ITU-T em 2004, com o código M.3050 [12].

TAM (*Telecom Applications Map*): modelo de mapeamento dos processos de negócio em sistemas de informação [18]. Seu objetivo é definir as fronteiras funcionais entre as diversas aplicações OSS/BSS.

SID (*Shared Information/Data*): modelo de informações [19] a serem utilizados nos processos mapeados pelo eTOM. Modela informações para todas as camadas de processos específicos de provedores de serviços de telecomunicações, desde contratos até os recursos de rede.

MTOSI (*Multi-Technology Operations System Interface*) e OSS/J: modelos de *interface* entre sistemas aderentes ao NGOSS. O OSS/J é uma especificação de API (*Application*

Programming Interface ou *Interface de Programação de Aplicações*) baseado em métodos a serem escritos na linguagem Java [22]. Já o MTOSI é uma especificação baseada em documentos XML, independente da tecnologia [21].

As soluções NGOSS são baseadas na arquitetura SOA (*Service-Oriented Architecture*), em que componentes clientes utilizam serviços oferecidos por componentes servidores [24].

É importante notar que os padrões sugeridos pelo Framework não foram definidos para serem implementados exatamente conforme os exemplos disponibilizados por esse programa. O objetivo maior é disseminar um vocabulário que qualquer provedor de serviços de telecomunicações seja capaz de compreender e mapeá-lo em sua própria realidade, facilitando assim a implementação de processos e sua relação com outros provedores e também com fornecedores de equipamentos e *software*.

4.1 - Visão básica do inventário

Segundo [23], o modelo SID é dividido em vários domínios, de acordo com os tipos de processos eTOM e as áreas da empresa que propõe-se a suportar. Os processos de OSS requerem informações de planejamento, disponibilidade, utilização e estado de vários produtos, serviços e recursos. Componentes de OSS como Gerenciamento de Ordens, Análise de Impacto em Serviços e Planejamento não podem ser construídos sem essas informações. Sendo assim, as informações do inventário não podem ser utilizadas exclusivamente por um componente específico. Devem ser consideradas como dados compartilhados e atualizados de forma controlada por toda a corporação.

As informações do inventário de telecomunicações podem ser classificadas em três grupos: produtos, serviços e recursos de rede. Cada um desses grupos possui um conjunto específico de entidades e seus relacionamentos, lógicas de negócio e interações com subconjuntos distintos de funções de OSS. Entretanto, todas as funções do inventário compartilham abstrações comuns, como entidades, associações e especificações de entidades.

As funções do inventário representam o cerne de uma solução integrada de OSS. Elas armazenam informações de recursos físicos e suas configurações, topologias de rede, recursos lógicos, serviços, contas de clientes, produtos, etc. As funções de inventário fornecem

também as operações necessárias a outros componentes de OSS para consultas, monitoração, atribuição e atualização das informações do inventário. Neste capítulo será apresentado apenas o domínio de recursos de rede, pois esse é o tema desta dissertação.

A sua base de dados pode ser povoada manualmente, mas o ideal é que esteja sincronizada (conciliada) com a rede real através de processos de *resource discovery* (descoberta da rede via *interface* com seus elementos ou com os sistemas de gerência). Os dados do inventário são utilizados pelo processo de *Provisioning Control* (controle de provisionamento) para o projeto de serviços e fornecer informações sobre onde há capacidade disponível para tal. Também é utilizado para análise das causas-raízes dos alarmes de falhas na rede e para ativação de novos recursos na mesma. O inventário de recursos faz parte dos processos de gerenciamento e operações em recursos do modelo eTOM.

4.2 - Interação com outras funções de OSS

O documento [23] apresenta as funções de OSS que possuem *interfaces* com o inventário de recursos de rede, mostradas na Figura 39:

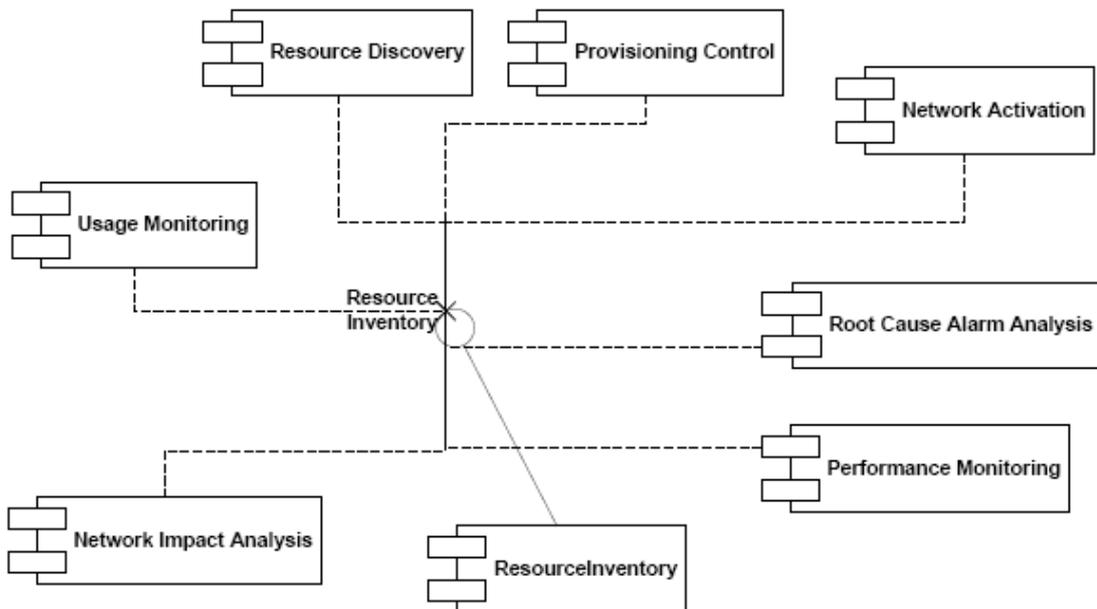


Figura 39: Interações do inventário de recursos com outras funções OSS do modelo eTOM [23]

A seguir, será apresentada uma breve descrição de cada bloco da Figura 39 e seu papel no contexto de OSS:

4.2.1 - *Provisioning Control* (Controle de Aprovisionamento)

O inventário de recursos armazena informações da capacidade disponível dos recursos lógicos e das portas dos equipamentos (principalmente nas fronteiras da rede), e o controle de aprovisionamento acessa-as para o projeto de configuração da rede para atender a um serviço.

4.2.2 - *Network Activation* (Ativação na Rede)

O processo de ativação na rede recupera no inventário as informações de conectividade e detalhes dos equipamentos para criar requisições de aprovisionamento na rede. Esse processo também armazena no inventário o agendamento das alterações desejadas na rede. Outra atividade exercida pelo processo de ativação é criar no inventário novos recursos lógicos (conexões, por exemplo) para suportar serviços.

4.2.3 - *Network Impact Analysis* (Análise de Impacto na Rede)

A análise de impacto recupera no inventário informações com o objetivo de correlacionar falhas nos recursos de rede com os serviços suportados, ou para determinar o estado dos recursos relacionados afetados por essas falhas, e assim permitir ao administrador da rede executar políticas pré-estabelecidas de prioridades de recuperação.

4.2.4 - *Performance Monitoring* (Monitoração de Desempenho)

Este processo recebe da rede dados de desempenho de um determinado recurso, e acessa o inventário para coletar outras informações não fornecidas pela rede, e dessa forma enriquecer os relatórios pertinentes.

4.2.5 - *Resource Discovery (Descoberta de Recursos)*

As informações dos recursos são recuperadas da rede pelo processo de descoberta (via *interface* com os elementos de rede ou gerenciadores), e armazenados ou atualizados no inventário por um processo de reconciliação de dados. Serve tanto para dar carga inicial no inventário com as informações da rede, quanto para correção de discrepâncias entre os dados do inventário e o estado real da rede, seja por erros de operação ou por fraude. A Figura 40 apresenta os componentes envolvidos na descoberta de recursos:

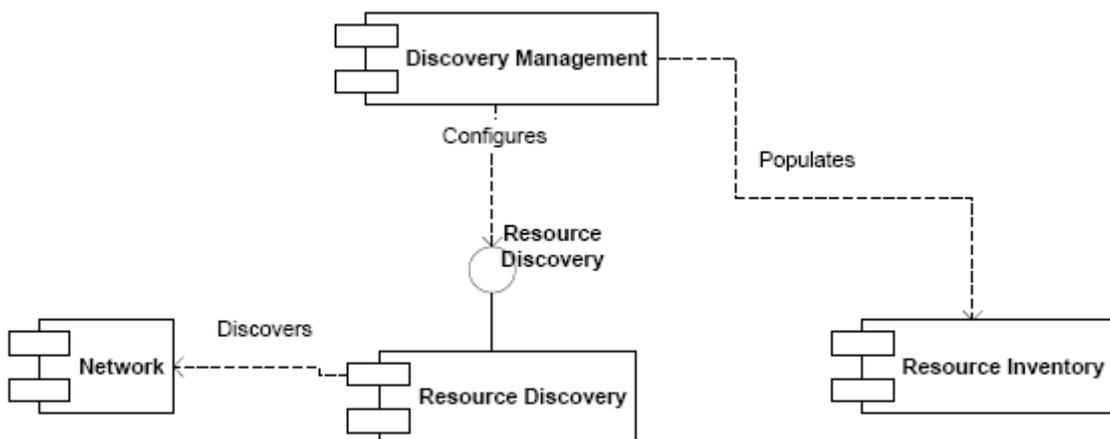


Figura 40: Interações da descoberta de recursos [23]

4.2.6 - *Root-Cause Alarm Analysis (Análise de Causa-raiz de Alarme)*

Esta funcionalidade recebe dados de alarmes de recursos da rede, e recupera no inventário as informações de relacionamento entre esses recursos, e assim infere a causa raiz do problema ocorrido.

4.2.7 - *Usage Monitoring* (Monitoração de Utilização)

A monitoração de utilização consulta no inventário a ocupação de recursos de rede por serviços ou por outros recursos, permitindo assim a aplicação de políticas de expansão da rede antes que os recursos esgotem-se.

4.3 - Modelo de informações do inventário de recursos

O SID não é um modelo de classes a ser seguido *ipsis literis*. Trata-se na verdade de um modelo conceitual de informações a ser implementado e estendido conforme as necessidades de cada administração de redes de telecomunicações.

Paralelamente ao desenvolvimento do modelo SID, um grupo de trabalho do TMForum vem realizando um esforço criando um modelo núcleo de implementação a ser utilizado na integração entre componentes OSS com grande generalização de conceitos e entidades chamado CBE (*Core Business Entities*), definindo API em Java. Esse grupo de trabalho intitula-se *OSS Through Java Initiative*, ou simplesmente OSS/J. Atualmente, o CBE é utilizado como uma implementação das camadas mais genéricas do SID, podendo também ser estendido para a modelagem de recursos e seus tipos [52] [53].

No modelo-núcleo de informações de inventário CBE, a partição (domínio) relativa aos recursos de rede define as seguintes entidades e especificações principais:

- Recurso
- Especificação de Recurso
- Associação de Recurso
- Especificação de Associação de Recurso

Todos os recursos específicos definidos em qualquer implementação do inventário devem derivar da entidade Recurso definida no modelo-núcleo.

4.4 - Metamodelagem

O modelo CBE propõe um *framework* (estrutura básica) de metamodelagem de dados de inventário baseado em três camadas, cada uma com diferentes níveis de abstração, como mostrado na Figura 41:

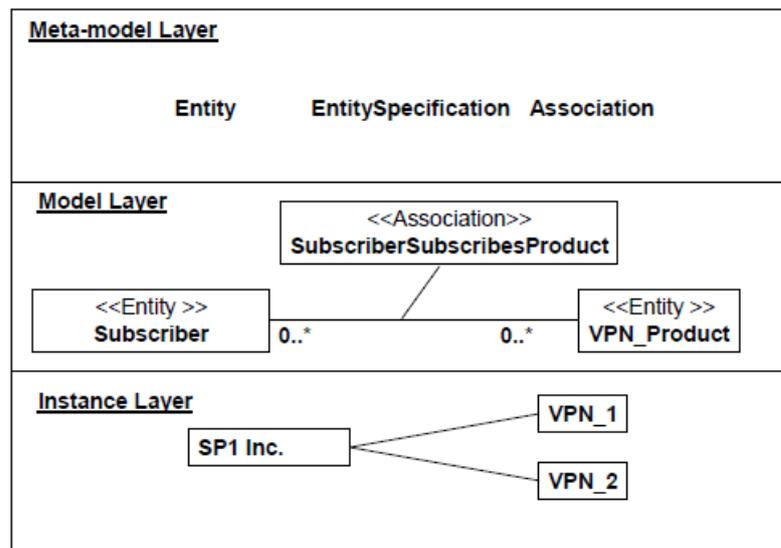


Figura 41: Camadas do modelo CBE [23]

- **Camada de instância:** compreende as informações de inventário propriamente dito armazenadas no repositório. Essas informações são também conhecidas como *dados de inventário*.
- **Camada de modelo:** compreende os metadados que descrevem as informações de inventário da camada de instância. É conhecida também como *modelo do inventário*, ou simplesmente como *metadados*. Os modelos do inventário podem ser convertidos em definições formais de esquemas específicos de vários tipos de repositórios, como *XML Schema*, *SQL DDL*, *LDAP Schema*, etc.
- **Camada de metamodelo:** compreende as descrições que definem a estrutura e semânticas dos modelos do inventário, ou seja, é um modelo de informações para os metadados.

O modelo CBE estende o vocabulário UML (*Unified Modeling Language*, definido em [29] e [30]), introduzindo os seguintes conceitos:

- **Entidades** utilizam o estereótipo <<*Entity*>>. São *value objects* (objetos de valor) que representam os recursos de rede, serviços e produtos no inventário.
- **Especificações de entidades** utilizam o estereótipo <<*Specification*>>. São objetos de valor que representam as especificações das entidades do modelo.
- **Associações** utilizam o estereótipo <<*Association*>>. São objetos de valor que representam as associações entre entidades do modelo.

Um diagrama de classes de modelo de especificação de inventário pode conter os seguintes elementos:

- *Interfaces* com o estereótipo <<*Entity*>>.
- *Interfaces* com o estereótipo <<*Specification*>>.
- Associações. Algumas delas são representadas como *interfaces* de associação com o estereótipo <<*Association*>>.
- *Constraints* (restrições).
- Generalizações.

4.4.1 - Entidades

Uma entidade é usada para representar os objetos do inventário que possuam a mesma estrutura e comportamento. As entidades do inventário são representadas como *interfaces* de objetos de valor com o estereótipo <<*Entity*>>, e cada uma contém uma lista de métodos para atribuir (*set*) valores aos atributos e para recuperá-los (*get*), como visto na Figura 42:

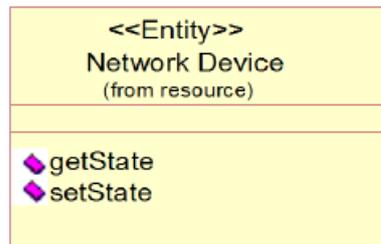


Figura 42: Exemplo de representação de entidade (*Network Device*) do inventário [23]

4.4.2 - Especificações de Entidades

Uma especificação de entidade representa as características e restrições aplicáveis a instâncias do mesmo tipo de entidade do inventário. Por exemplo, uma "EspecificacaoPortaEthernet" pode conter as características, configurações e taxas de transmissão permitidas para portas Ethernet de equipamentos. Pode haver no inventário várias instâncias de portas desse mesmo tipo.

Como exemplo, podem-se definir as especificações "Ethernet", "STMEletrica" e "STMOptica" para "Porta".

Catálogos são coleções de especificações de entidades. No caso do inventário de recursos, teremos um catálogo composto por especificações desses recursos.

Uma instância de uma entidade é definida por uma única especificação de entidade. É óbvio que a mesma especificação pode ser usada por várias instâncias da mesma entidade. Essa cardinalidade é mostrada na Figura 43. Existe também a possibilidade de haver no modelo algumas instâncias de entidade sem especificação associada. Nesse caso, como não existem metadados, a aplicação tem que conhecer o comportamento e os atributos dessa entidade, ou seja, o seu código fonte deve conter referências diretas a essas características.

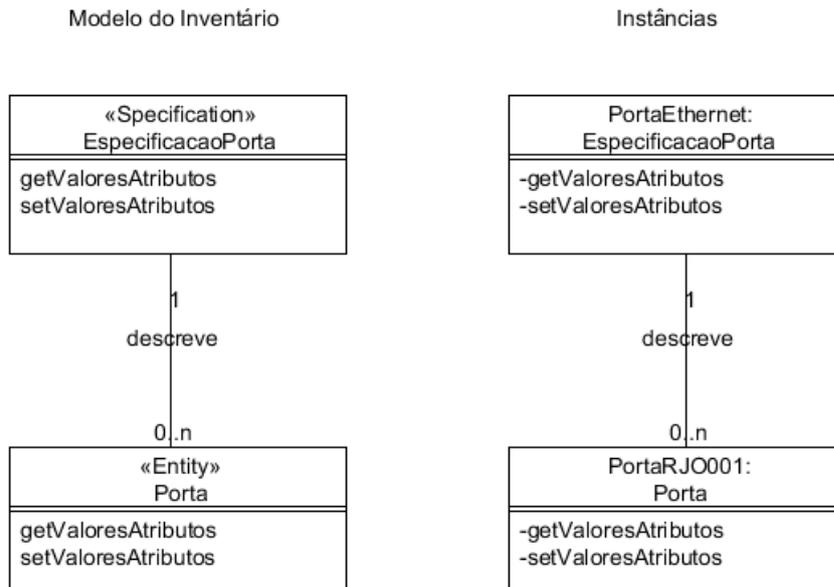


Figura 43: Exemplo de instância de entidade definida por especificação de entidade

Para se definirem as características de entidades complexas (por exemplo, equipamentos que contenham sub-bastidores, *slots* e portas), as especificações de entidade podem também participar em associações de agregação com outras especificações de entidade, como no exemplo da Figura 44:

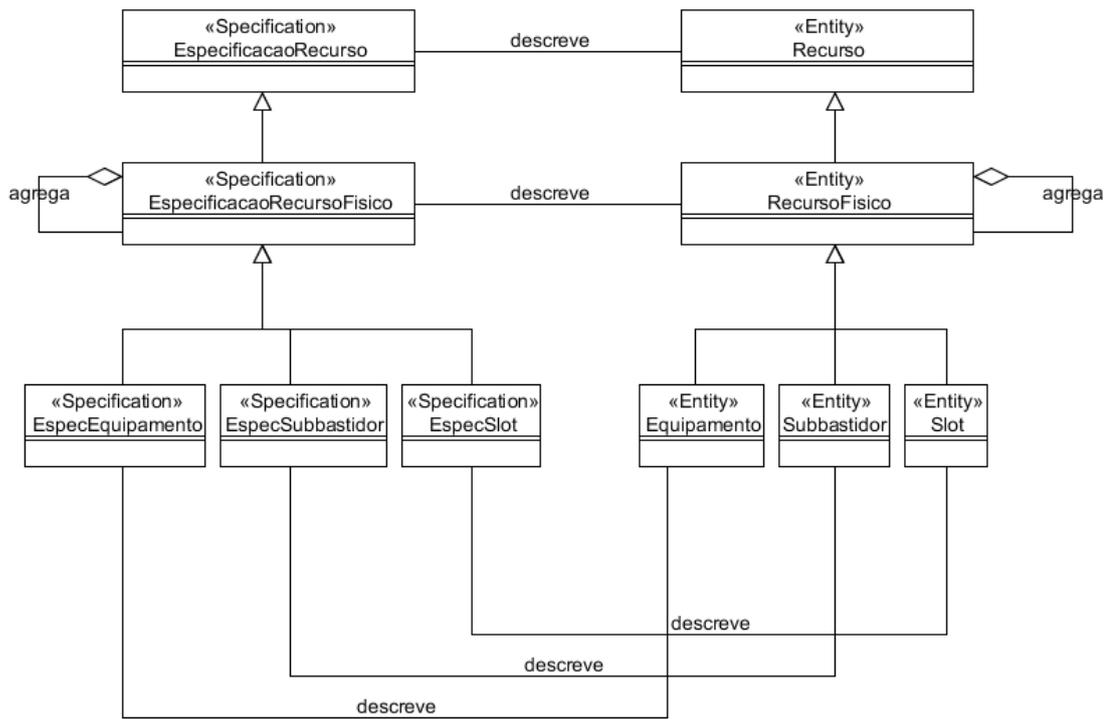


Figura 44: Exemplo de entidades e suas especificações

4.4.3 - Associações

Associações são as formas pelas quais são representados os relacionamentos entre entidades e especificações de entidade. São caracterizadas por sua cardinalidade e pelos papéis que representam em cada lado. Um exemplo é mostrado na Figura 45:

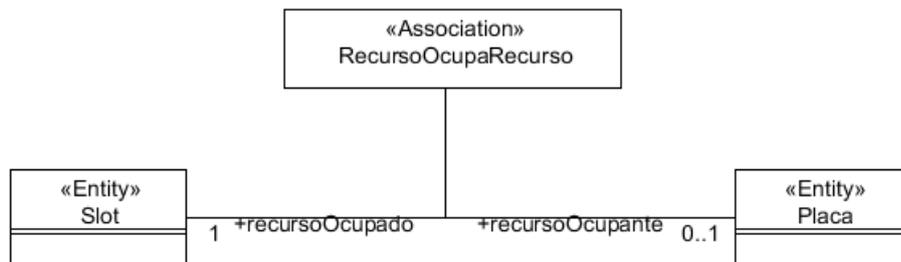


Figura 45: Exemplo de associação

O modelo CBE não prevê implementações específicas para associações. Entretanto, é importante que haja uma separação entre a estrutura dos objetos e as associações para permitir a criação e remoção das mesmas sem afetar os objetos. As seguintes regras devem ser aplicadas:

- As instâncias de entidades a serem ligadas devem existir no repositório do inventário antes de se criar a associação entre elas.
- Quando uma das instâncias de entidade ligadas por uma associação for excluída do inventário, a instância da associação também deve ser eliminada.
- Para manter-se a integridade referencial, as referências a uma entidade excluída devem receber o valor nulo.

Containment é um tipo especial de relacionamento (de agregação) particularmente importante para o inventário de recursos. É útil para a representação da hierarquia de equipamentos físicos, por exemplo, para modelar uma placa contida num *slot* (ocupação de recursos por outros). Este tipo de relacionamento não requer tratamento diferenciado no inventário, além do já previsto pelo padrão UML para este tipo de associação.

Outra associação importante é a composição, um tipo de agregação forte. Serve para modelar objetos que só existem em conjunto com outros que os compõem. Um exemplo é a criação da instância de uma placa, que obrigatoriamente provoca a criação de suas portas (geração automática de recursos).

Para permitir a validação de associações, devem ser utilizadas regras em metadados que contenham os seguintes componentes:

- O tipo de cada entidade envolvido na associação;
- O papel exercido na associação por cada entidade;
- A cardinalidade em cada lado da associação;
- As restrições das entidades envolvidas na associação.

Uma associação só é considerada válida se satisfizer todos os requisitos da regra correspondente.

Embora as regras de associação assemelhem-se a especificações de entidade, há diferenças fundamentais entre os dois conceitos: especificações podem ser criadas, atualizadas e excluídas por usuários comuns, enquanto regras de associação só podem ser lidas. O objetivo

principal das especificações de entidade é permitir a criação de entidades utilizando um conjunto pré-definido de parâmetros com valores *default*, enquanto o objetivo das regras de associação é prover meios de validação.

4.5 - Modelo-núcleo CBE (*Core Business Entities*)

O modelo-núcleo CBE define parcialmente a camada de modelo (ver item **4.4**) do *framework* SID. Implementações específicas do inventário devem estender o modelo-núcleo para modelar uma função específica (modelo do inventário de recursos, por exemplo), ou uma tecnologia de rede (modelo de inventário de rede OTN, por exemplo).

Eis alguns objetivos de implementações aderentes ao modelo-núcleo CBE:

- Permitir interoperabilidade com sistemas que realizem outras funções de OSS (ver item 4.2);
- Permitir ligação entre modelos específicos de funções de inventário ou de tecnologias de rede;
- Definir os relacionamentos mais importantes nas consultas que "navegam" na hierarquia de rede (para listar serviços e clientes afetados por um problema em um recurso de rede, por exemplo);
- Manter consistência entre modelos específicos de inventário;
- Permitir a integração da informação do inventário distribuída em sistemas diferentes.

Na figuras 46 e 47 vê-se o modelo-núcleo CBE, nas visões de entidades e de associações. Embora não façam parte deste trabalho, os domínios de inventário relativos a produtos e serviços estão representados, para que seja vista a sua relação com o domínio de recursos de rede:

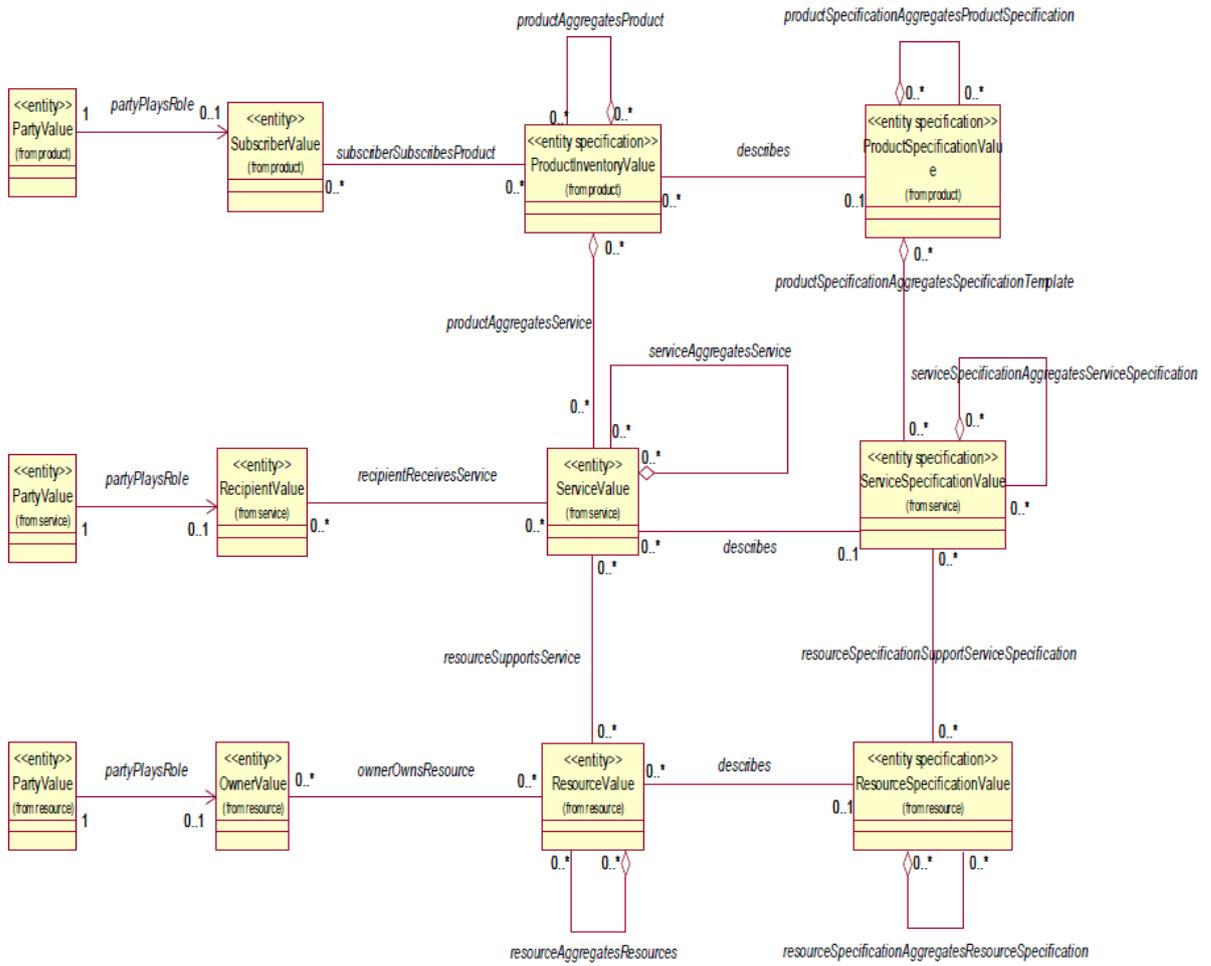


Figura 46: Visão de entidades do modelo-núcleo CBE [23]

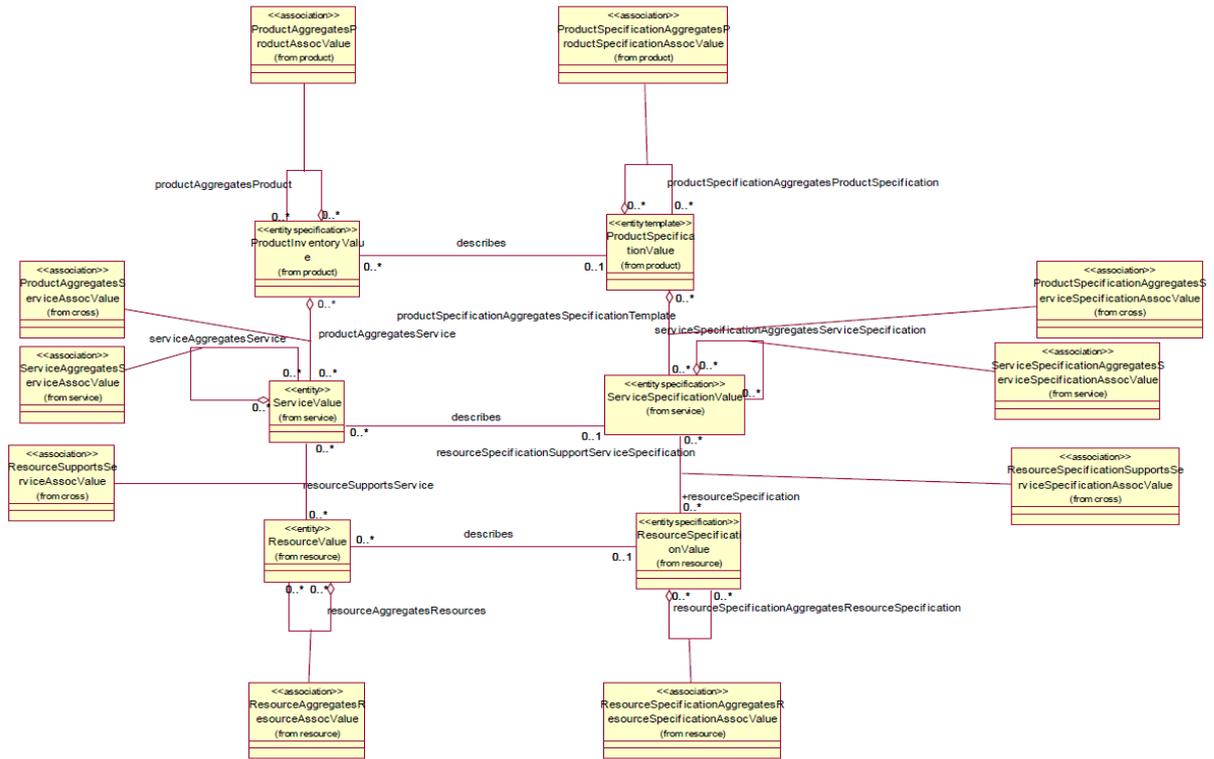


Figura 47: Visão de associações do modelo-núcleo CBE [23]

4.6 - Adendos do modelo SID

O TMForum vem publicando documentos com adendos (extensões) para o *framework* do modelo SID, especializados nos variados domínios e tipos de tecnologia. Entretanto, observam-se algumas deficiências:

- As extensões de exemplo são demasiadamente especializadas, com pouca generalização de conceitos. Além disso, utiliza pouco o modelo-núcleo para estabelecer associações entre entidades que representam recursos de rede, ou seja, associações que poderiam ser feitas nas entidades genéricas são feitas diretamente em suas subclasses. Essas características tornam bastante complexo o desenvolvimento de uma aplicação que reconheça cada metadado e adapte-se a eles em tempo de execução, sem manutenção no seu código-fonte.

- O nível de detalhamento em alguns casos transcende as necessidades de uma função de inventário do plano de OSS, chegando a modelar componentes eletrônicos individuais presentes em placas de equipamentos, como mostra a Figura 48:

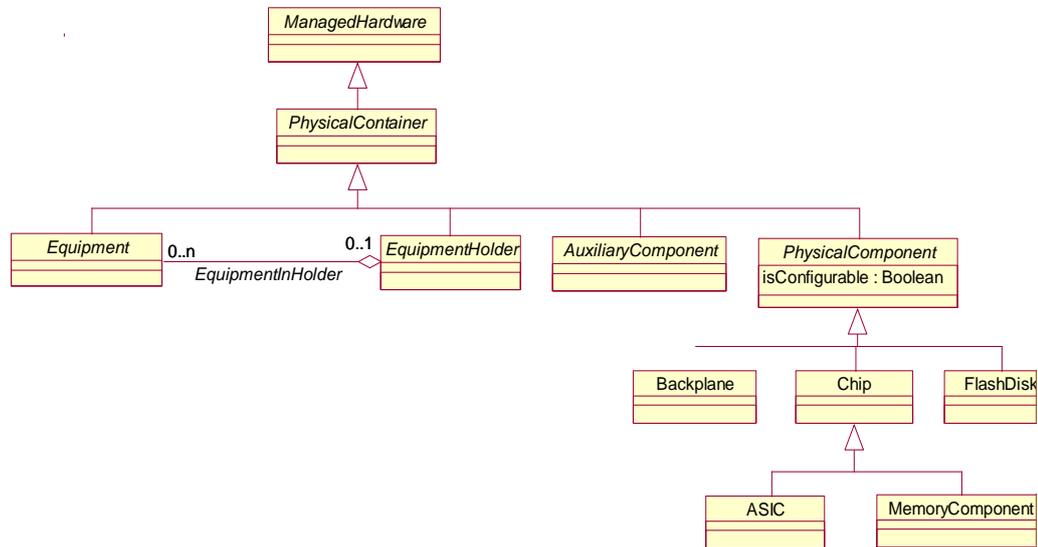


Figura 48: Modelo SID para componentes de *hardware* [54]

- A modelagem proposta para redes de transporte ainda está aquém do necessário, ignorando-se tipos de recursos importantes citados nas recomendações ITU-T. A Figura 49 apresenta um fragmento do modelo SID referente a entidades de transporte. Nota-se que somente as entidades *Trail* e *Connection* são representadas, sendo ignoradas especializações importantes como *Network connection* e *Link connection*, assim como as associações específicas entre essas entidades:

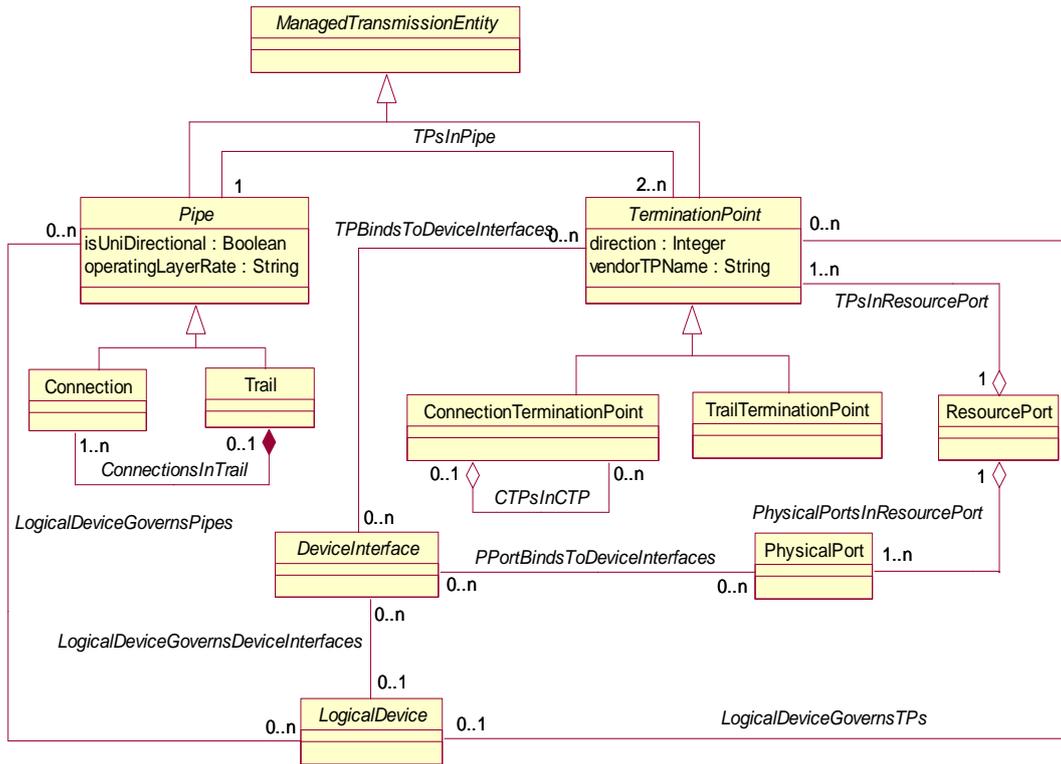


Figura 49: Modelo SID para componentes funcionais de transporte [55]

Capítulo 5

Proposta de projeto

Este capítulo é o ponto central desta dissertação. Ele reúne os conceitos dos capítulos anteriores para identificar as necessidades a serem atendidas pelo *software* e propor uma solução sistêmica. Após especificados os requisitos, serão identificados os casos de uso e o modelo de classes será definido, seguindo-se os padrões de engenharia de *software*. Ao final, será demonstrada a metodologia de prova do modelo

5.1 - Especificação de requisitos

Neste item serão apresentados os requisitos funcionais do sistema a ser implementado, descritos através de casos de uso, além de alguns requisitos não funcionais.

5.1.1 - Requisitos funcionais

Esta parte do documento descreve como o sistema deve se comportar externamente, ou seja, serão descritas as funcionalidades sob o ponto de vista dos usuários, sem detalhamento de como serão implementadas internamente.

O sistema deve ser capaz de representar uma rede de transporte. A construção dessa representação dar-se-á através da repetitiva criação, alteração e exclusão de objetos que

representam os recursos da rede, de forma que seja paulatinamente montada a visão da sua hierarquia.

Uma das metas do projeto é que o usuário crie o seu próprio modelo de dados, baseando-se em um mínimo de entidades básicas, de forma que seja possível adaptar o sistema à necessidade de cada implantação, e que o mesmo possa evoluir conforme novas tecnologias de rede sejam adquiridas. Essa personalização do sistema não deve implicar manutenção em código-fonte, mas apenas configuração.

5.1.1.1 - Análise do problema

É necessário, antes de tudo, analisar o problema e identificar as necessidades a serem supridas pelo *software*.

5.1.1.1.1 - Identificação dos objetos representados

A maior complexidade no projeto de um inventário de rede são as estruturas de dados a serem modelados no sistema. Por isso, é necessário conhecer as informações a serem representadas, pois elas determinam os requisitos funcionais, isto é, os Casos de Uso do sistema.

A partir dos modelos das recomendações ITU-T estudadas, podem-se eleger os componentes de uma rede de transporte que devem ser representados num inventário para permitir a sua administração adequadamente. Devem ser também acrescentadas informações adicionais que não estão presentes nas recomendações, mas fundamentais para a correta interpretação dos componentes da rede. A seguir, serão apresentados os objetos a serem inventariados:

5.1.1.1.1.1 - Locais

Embora não façam parte das recomendações ITU-T mencionadas e nem sejam componentes de uma rede, a localização de equipamentos é de suma importância na administração de uma rede. Os equipamentos de redes de transporte são normalmente instalados em estações e

contêineres. O sistema deverá, para fins de organização geográfica, permitir o cadastro de uma hierarquia de locais, como no exemplo da Figura 50. O ideal é que o usuário possa definir a hierarquia mais adequada às suas necessidades, criando os tipos de local e associações pai-filho como desejar:

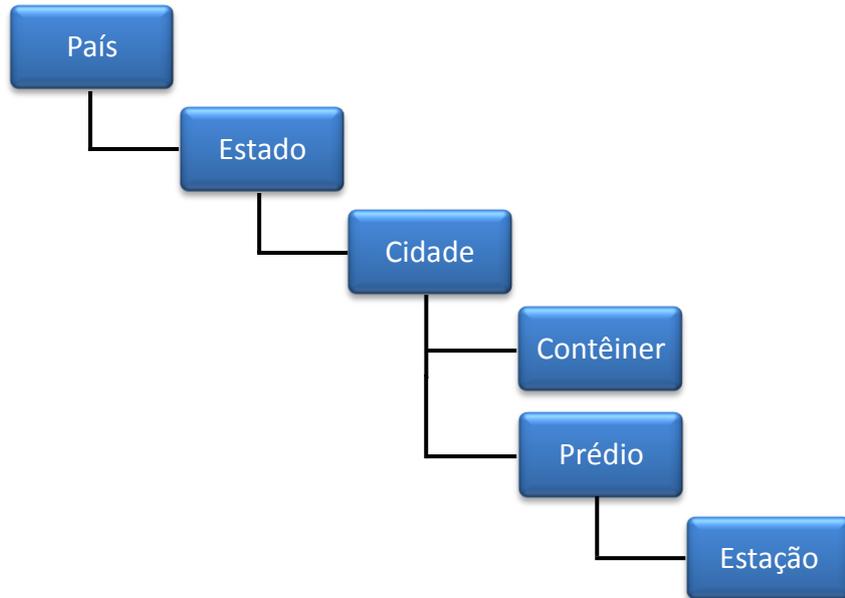


Figura 50: Exemplo de hierarquia de locais

Na Tabela 5 veem-se alguns exemplos de tipos de local:

Tabela 5: Exemplo de hierarquia de locais

Tipo de local	Local	Local pai
País	Brasil	
Estado	RJ	Brasil
	SP	Brasil
Município	Niterói	RJ
	Rio de Janeiro	RJ
Estação	RJO XX 1	Rio de Janeiro
	NIT UFF 2	Niterói
Pavimento	3	RJO XX 1
Sala	201	3
Fila	1A	201
	2B	201

5.1.1.1.2 - Equipamentos

Os componentes essenciais de uma rede de telecomunicações são os seus equipamentos. Para a administração de uma rede é necessário modelar os elementos de rede. Assim, tem-se uma visão da capacidade física dos mesmos, suas placas e portas. O inventário deve ser flexível o suficiente para permitir que o usuário crie modelos para qualquer tipo de componente de *hardware*, bem como estabelecer regras de compatibilidade entre eles. Como as recomendações ITU-T de modelagem de redes mencionadas neste trabalho não especificam a forma de representação de equipamentos, serão estudados exemplos do mundo real como base para o modelo do inventário.

As figuras 51 a 55 mostram exemplos de equipamentos e seus componentes:



Figura 51: Equipamento do formato "pizza-box" e suas portas [48]



Figura 52: Equipamento do formato gabinete com placas em seus slots [48]



Figura 53: Placa com módulos XFP em seus conectores [50]



Figura 54: Módulo óptico (XFP) com suas portas [49]



Figura 55: Placa com suas portas [51]

Uma generalização conveniente para os objetos apresentados acima é considerar cada um deles como um equipamento, mesmo que trate-se de um pequeno componente, como uma porta. Sendo assim, os equipamentos podem ser divididos em duas classificações básicas:

i) Equipamento composto:

Tipo de equipamento que é criado de forma direta pelo usuário. Pode ser instalado diretamente em um local, ou ocupar outro recurso. Possui outros recursos componentes, criados de forma automática. Exemplos: gabinetes e placas.

ii) Equipamento componente:

Não é criado de forma direta, pois é parte integrante de um equipamento composto. Não ocupa, mas é ocupado por outros recursos. Exemplos: *slots* e portas.

Além de proporcionar a criação de regras de compatibilidade de ocupação entre componentes de *hardware*, o inventário também deve permitir fazê-lo entre os modelos de equipamentos e os diversos tipos de conexões que podem terminar nos mesmos. Alguns exemplos de regras de ocupação de equipamentos e tipos de conexão compatíveis podem ser vistos na Tabela 6:

Tabela 6: Modelos de equipamento, terminações permitidas e compatibilidade de ocupação

Equipamento ocupante		Conexão terminada	Compatibilidade de ocupação	Equipamento ocupado		
Entidade	Modelo	Entidade	Nome	Entidade	Modelo	Quantidade ocupada
Sub-bastidor	1651 SM	Trail				
	HC 600					
Slot	Tributário 1A					
	Fonte AC					
Placa	21 x 2M		Tributário 1A	Slot	Tributário 1A	1
			Tributário 1B	Slot	Tributário 1B	1
	42 x 2M		Tributários 1A + 1B	Slot	Tributário 1A	1
				Slot	Tributário 1B	1
IOM-10G	IOM	Slot	IOM	1		
Porta	STM-64	Enlace de fibra óptica				
	G.703	Cabo coaxial				
	Fast Ethernet	Par trançado				

Na criação de equipamentos, os seus componentes também devem ser automaticamente criados segundo tipos de configuração cadastrados previamente pelo usuário, como visto nos exemplos da Tabela 7:

Tabela 7: Modelos de equipamento e as possíveis configurações

Equipamento composto		Tipo de configuração (composição)
Entidade	Modelo	
Sub-bastidor	1651 SM	1651 SM 8 slots
		1651 SM 16 slots
Placa	21 x 2M	21 x Porta 2M

Na Tabela 8 estão listados alguns exemplos hipotéticos de detalhamento de configurações de modelos de equipamentos:

Tabela 8: Detalhamento de tipos de configuração de equipamentos

Equipamento composto		Tipo de configuração	Equipamento componente (criado automaticamente)		Identificação do componente na configuração	
Entidade	Modelo	Nome	Entidade	Modelo	Número sequencial	Nome
Sub-bastidor	1651 SM	1651 SM 8 slots	Slot	Slot 1651 Fonte AC	1	AC
			Slot	Slot 1651 Trib	2	T1
			Slot	Slot 1651 Trib	3	T2
			Slot	Slot 1651 Trib	4	T3
			Slot	Slot 1651 Trib	5	T4
			Slot	Slot 1651 Agg	6	A1
			Slot	Slot 1651 Agg	7	A2
			Porta	Ethernet	8	Console
Placa	21 x 2M	21 x Porta 2M	Porta	G.703	1	01
			Porta	G.703	2	02
			Porta	G.703	3	03
			Porta	G.703	4	04
			Porta	G.703	5	05
			Porta	G.703	6	06
			Porta	G.703	7	07
			Porta	G.703	8	08
			Porta	G.703	9	09
			Porta	G.703	10	10
			Porta	G.703	11	11

Equipamento composto		Tipo de configuração	Equipamento componente (criado automaticamente)		Identificação do componente na configuração	
Entidade	Modelo	Nome	Entidade	Modelo	Número sequencial	Nome
			Porta	G.703	12	12
			Porta	G.703	13	13
			Porta	G.703	14	14
			Porta	G.703	15	15
			Porta	G.703	16	16
			Porta	G.703	17	17
			Porta	G.703	18	18
			Porta	G.703	19	19
			Porta	G.703	20	20
			Porta	G.703	21	21

Outro tipo de classificação de equipamentos diz respeito à possibilidade de serem instalados em locais, sem a necessidade de ocupar outro equipamento. Gabinetes e módulos do tipo “*pizza-box*” podem ser instalados em estações, mas placas devem ocupar *slots*. Os primeiros são considerados equipamentos-raiz, e é óbvio que trata-se de equipamentos compostos, já que componentes não são instalados de forma independente.

5.1.1.1.1.3 - Conexões

Tendo-se os equipamentos instalados, é possível interligá-los através de meios de transmissão. Em redes de transporte, o meio físico mais comum é a fibra óptica. Sobre esta camada física é possível criar hierarquias de circuitos lógicos conforme o previsto na especificação de cada tecnologia de transmissão, documentada na recomendação ITU-T correspondente. A maior complexidade de um inventário de rede é sem dúvida a modelagem das regras para a criação dessas hierarquias. As conexões tratadas por este documento são as entidades do plano de transporte de dados definidas em [6]. Assim como no caso dos equipamentos, podem-se estabelecer dois tipos básicos de conexões:

i) Conexão composta:

Tipo de conexão criada de forma direta pelo usuário. Dependendo do seu tipo, pode ser ocupada ou ocupar outras conexões. Pode possuir outros recursos componentes segundo tipo de configuração (estruturas de multiplexação) definidas pelo usuário do inventário. Bons exemplos são os *trails* e as *network connections* definidas na recomendação ITU-T G.805. As conexões compostas também podem ser classificadas como “raízes”, se puderem ser ativadas sem ocupar outras conexões. Os melhores exemplos de conexões-raízes são as que representam os meios físicos de transmissão, como enlaces de fibra óptica e pares metálicos. Estes tipos de conexão ocupam diretamente equipamentos.

ii) Conexão componente:

Não existe de forma independente. É parte integrante de uma conexão composta, ou seja, é gerada segundo uma estrutura de multiplexação que pode ser montada com estágios em cascata. Não ocupa, mas é ocupada por outras conexões. Um exemplo são as *link connections* definidas na recomendação ITU-T G.805.

Alguns exemplos de tipos de conexão ponto-a-ponto e respectivos tipos de compatibilidades de ocupação podem ser vistos na Tabela 9:

Tabela 9: Exemplos de tipos de conexão e respectivos tipos de ocupação permitidos

Conexão ocupante		Compatibilidade de ocupação	Conexão ocupada		
Entidade	Tipo	Nome	Entidade	Tipo	Quantidade ocupada
Enlace de fibra óptica	Fibra óptica monomodo				
	Fibra óptica multimodo				
Trail	VC-4	1 x VC-4	Network connection	VC-4	1
	VC-12	1 x VC-12	Network connection	VC-12	1
	VC-4-7v	7 x VC-4	Network connection	VC-4	7
	15M	2 x VC-3 + 1 x VC-12	Network connection	VC-3	2
	STM-64		Network connection	VC-12	1
Network connection	VC-12	1 x TU-12	Link connection	TU-12	1
	VC-3	1 x TU-3	Link connection	TU-3	1
		1 x AU-3	Link connection	AU-3	1
	VC-4	1 x AU-4	Link connection	AU-4	1

De forma similar aos equipamentos, a criação de conexões pode acarretar a geração automática de conexões componentes segundo os tipos de configuração cadastrados previamente pelo usuário, como visto nos exemplos da Tabela 10. A geração de conexões componentes (*link connections*) por conexões compostas (*trails*) representa a função de adaptação definida na recomendação ITU-T G.805, e suas especificidades de acordo com a tecnologia correspondem às estruturas de multiplexação apresentadas anteriormente nas recomendações G.803 (SDH) e G.872 (OTN).

Tabela 10: Exemplos de tipos de conexão e os possíveis estágios de configuração

Conexão		Estágios de configuração (multiplexação) iniciais permitidos
Entidade	Tipo	Nome
Trail	STM-64	1 x AU-4-64c
		4 x AUG-16
	VC-4	1 x C-4
		3 x TUG-3
	VC-3 HO	1 x C-3
		7 x TUG-2
	VC-3 LO	1 x C-3
VC-12	1 x C-12	
VC-11	1 x C-11	

Na Tabela 11 estão listados alguns exemplos de detalhamento dos estágios de multiplexação apresentados no diagrama da Figura 22:

Tabela 11: Detalhamento dos estágios de multiplexação de conexões ponto-a-ponto

Conexão ponto-a-ponto composta (geradora)		Estágio de multiplexação	Tributário (identificação do componente no estágio de multiplexação)		Conexão componente (gerada automaticamente) ou estágio de multiplexação em cascata	
Entidade	Tipo		Nome	Número sequencial	Nome	Entidade
Trail	STM-4	4 x AUG-1	1	01	Link connection	AU-4
			2	02	Link connection	AU-4
			3	03	Link connection	AU-4
			4	04	Link connection	AU-4
	VC-4	1 x C-4	1	1	Link connection	C-4

Conexão ponto-a-ponto composta (geradora)		Estágio de multiplexação	Tributário (identificação do componente no estágio de multiplexação)		Conexão componente (gerada automaticamente) ou estágio de multiplexação em cascata		
Entidade	Tipo		Nome	Número sequencial	Nome	Entidade	Tipo
	VC-3 HO	3 x TUG-3	1	1	Link connection	TU-3	
			2	2	Estágio de multiplexação	7 x TUG-2	
					Link connection	TU-3	
		3	3	Estágio de multiplexação	7 x TUG-2		
				Link connection	TU-3		
		7 x TUG-2	1 x C-3	1	1	Link connection	C-3
				1	1	Link connection	TU-2
						Estágio de multiplexação	3 x TU-12
						Estágio de multiplexação	4 x TU-11
	2			2	Link connection	TU-2	
					Estágio de multiplexação	3 x TU-12	
					Estágio de multiplexação	4 x TU-11	
	3			3	Link connection	TU-2	
					Estágio de multiplexação	3 x TU-12	
					Estágio de multiplexação	4 x TU-11	
	4	4	Link connection	TU-2			
			Estágio de multiplexação	3 x TU-12			
			Estágio de multiplexação	4 x TU-11			
	5	5	Link connection	TU-2			
			Estágio de multiplexação	3 x TU-12			
			Estágio de multiplexação	4 x TU-11			
6	6	Link connection	TU-2				
		Estágio de multiplexação	3 x TU-12				
		Estágio de multiplexação	4 x TU-11				
7	7	Link connection	TU-2				
		Estágio de multiplexação	3 x TU-12				
		Estágio de multiplexação	4 x TU-11				
VC-3 LO	1 x C-3	1	1	Link connection	C-3		
VC-2	1 x C-2	1	1	Link connection	C-2		
VC-12	1 x C-12	1	1	Link connection	C-12		
VC-11	1 x C-11	1	1	Link connection	C-11		
-	3 x TU-12	1	1	Link connection	TU-12		
		2	2	Link connection	TU-12		
		3	3	Link connection	TU-12		
	4 x TU-11	1	1	Link connection	TU-11		
		2	2	Link connection	TU-11		
		3	3	Link connection	TU-11		
		4	4	Link connection	TU-11		

Quando uma conexão composta é ativada, as suas conexões componentes são geradas com terminações nos mesmos equipamentos das extremidades da primeira, como visto na

Figura 56:

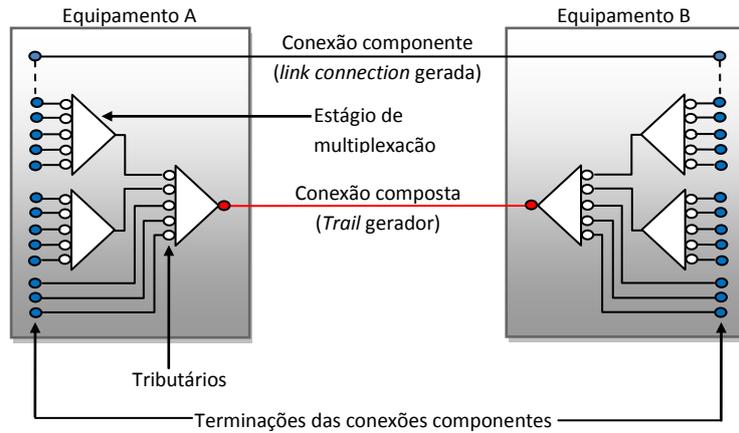


Figura 56: Geração de conexões componentes

As *link connections* geradas servem para representar tanto os tributários das tecnologias TDM quanto os diversos canais com comprimentos de onda distintos das redes WDM.

As funções de terminação de *trail* descritas na recomendação ITU-T G.805 podem ser modeladas como regras de compatibilidade de ocupação. Estas regras definem os tipos de conexão que podem suportar uma nova conexão, assim como a quantidade ocupada, no caso de concatenação em paralelo para aumento da capacidade de transmissão (multiplexação inversa). A Figura 57 ilustra o exemplo de um *trail VC-4-3v*, formado pela concatenação de três *network connections VC-4*:

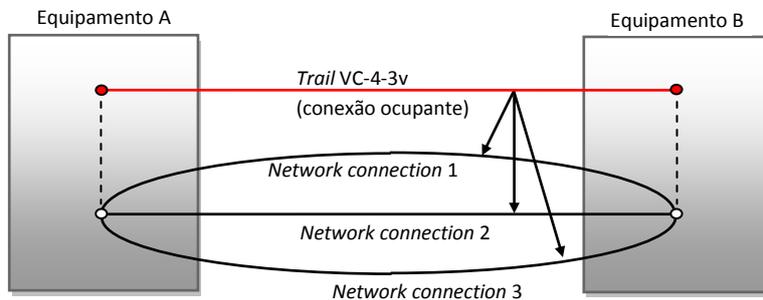


Figura 57: Ocupação de conexões concatenadas

Entretanto, essas regras são insuficientes para atestar-se a viabilidade de uma ativação. É necessário também verificar se a quantidade de caminhos de proteção utilizados na ocupação condiz com o tipo de proteção escolhido para a conexão, bem como se esse tipo de proteção é permitido para o tipo da conexão. No exemplo de ocupação da Figura 58, o tipo de proteção "1:1" do *trail 1* permite que o seu caminho de proteção (representado pela *network connection 2*) seja usado pelo *trail 2* como caminho principal. No tipo de proteção "1+1" esta situação não seria permitida:

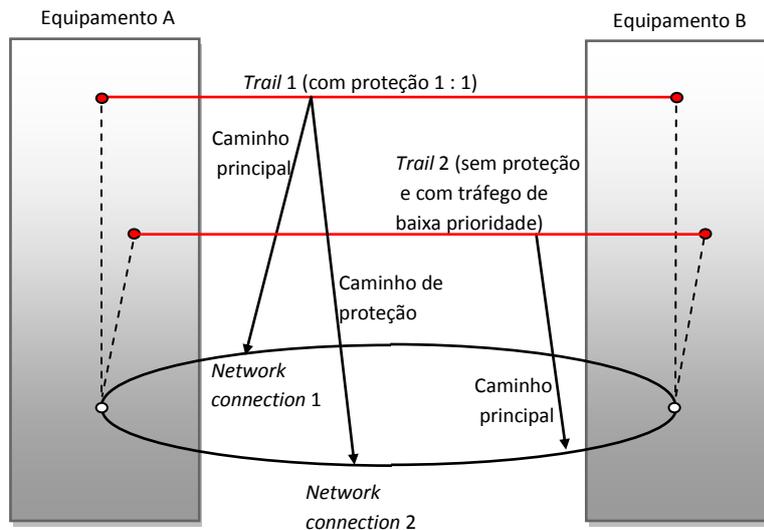


Figura 58: Trails ocupando caminhos principal e de proteção

A recomendação ITU-T G.805 não define uma função específica de associação entre uma *network connection* e as *link connections* e *subnetwork connections* que a compõem. A ocupação de conexões, utilizada para modelar a função de terminação de *trail*, mostra-se bastante útil também para essa finalidade, com uma pequena modificação: em vez de modelar a ocupação de conexões em paralelo, fá-lo em sequência contígua. A Figura 59 exemplifica uma ocupação sequencial:

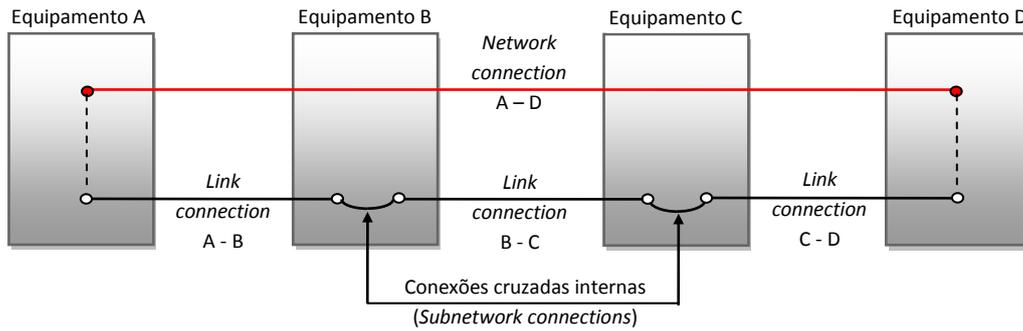


Figura 59: Ocupação de *link connections* e *subnetwork connections* em sequência contígua

Outra operação importante na criação de uma conexão no inventário é a verificação da continuidade do caminho. Por exemplo, no caso de uma ocupação de *link connections* e *subnetwork connections* em sequência contígua, é fundamental que as terminações de cada par dessas conexões justapostas pertençam ao mesmo equipamento, para que seja possível criar uma conexão lógica interna ligando-as. Na Figura 60 vê-se um exemplo de ocupação em sequência que desrespeita a regra de continuidade de caminho:

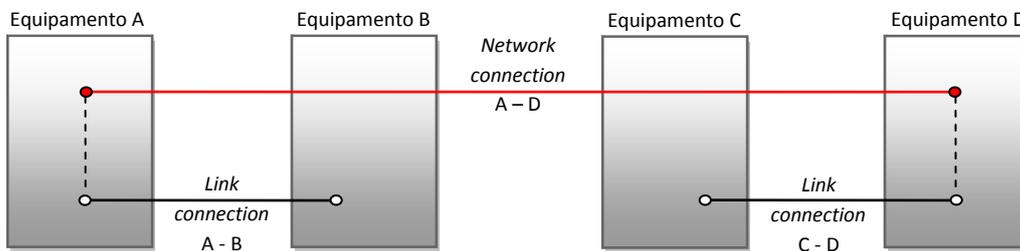


Figura 60: Ocupação de sequência inválida

Finalmente, é necessário conferir também se as terminações das conexões de suporte das extremidades localizam-se nos mesmos equipamentos das terminações da conexão sendo ativada. Esta regra é válida para os três tipos de ocupação mencionados. A Figura 61 apresenta um diagrama que torna clara uma violação desta regra:

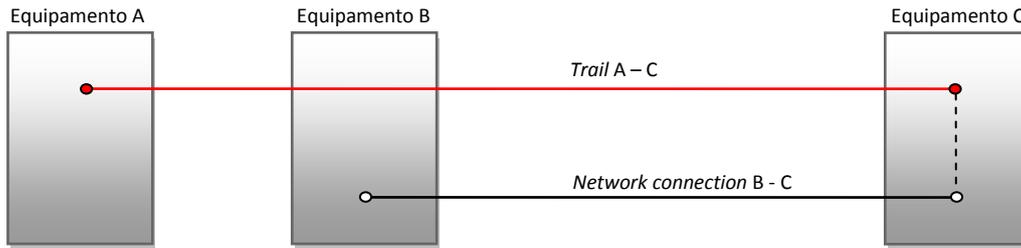


Figura 61: Ocupação inválida na extremidade A

5.1.1.1.1.4 - Tabelas auxiliares

As tarefas de administração de redes muitas vezes requerem o uso de informações além das previstas nas recomendações de modelagem da ITU-T. Particularidades de cada instituição administradora de redes ou de cada fabricante de equipamentos podem exigir informações específicas, o que torna necessário um modelo de inventário bem flexível. Sendo assim, além das funcionalidades relativas a locais, equipamentos e conexões, é interessante proporcionar ao usuário a possibilidade de definir livremente novas tabelas, seus atributos e associações de acordo com suas necessidades. Exemplos desse tipo estão enumerados na Tabela 12:

Tabela 12: Exemplos de tabelas auxiliares

Tabela auxiliar	Exemplos de entradas
Taxa de transmissão	10 Mbit/s
	100 Gbit/s
Tecnologia	SDH
	OTN
	DWDM
Código de função	VC4S
	VC12S
	VC4V7
Prioridade de restauração	1
Fabricante	Xxxx
	Yyyy
	Wwww

5.1.1.1.2 - Classificação dos objetos representados

É importante lembrar que, de uma forma geral, o sistema, a princípio, não possui tabelas prontas para o armazenamento de dados relativos à administração da rede, mas deve permitir a criação das mesmas através de metadados por um usuário especial (o arquiteto). Nem mesmo as entidades de transporte previstas na recomendação G.805 (como *trail* e *link connection*) são nativamente modeladas no sistema, devendo ser criadas a partir das entidades básicas. Apesar de exigir um esforço inicial adicional, oferece a grande vantagem de permitir a modelagem de novas entidades que a recomendação possa incluir em versões futuras.

Após essa definição de entidades, o sistema deve criar automaticamente as classes, tabelas e funcionalidades relativas à sua manutenção, e finalmente os demais usuários poderão manter as informações da rede.

A partir da análise das informações apresentadas, é possível identificar os objetos a serem representados no inventário e agrupá-los por sua natureza e comportamento. Para a criação das entidades a serem utilizadas pelos usuários finais, o arquiteto deve basear-se em tipos nativos do sistema que apresentem o comportamento desejado. Nas tabelas a seguir, a coluna “Tipo do objeto” contém esses tipos nativos, e a coluna “Exemplos” apresenta algumas possíveis entidades personalizadas pelo arquiteto para uma administração de rede.

Os objetos mais simples são os do tipo “auxiliar” e “local”, como visto na Tabela 13:

Tabela 13: Objetos dos tipos “auxiliar” e “local” e seus comportamentos

Tipo do objeto	Comportamentos específicos do objeto	Exemplos
Auxiliar	Nenhum	Taxa de transmissão
		Tecnologia
Local	<ul style="list-style-type: none"> • Pode possuir um local pai (se não for um local-raiz). • Pode possuir locais filhos. • Pode ter equipamentos instalados. 	País
		Estação

Os recursos de rede requerem um tratamento especial. Os equipamentos são o primeiro exemplo. Além do comportamento específico mais complexo, que pode admitir configurações variáveis, necessitam ainda estar associados a modelos previamente existentes no sistema. Esses modelos contêm as informações intrínsecas ao seu projeto, e precisam ser criados por usuários administradores do inventário, que não operam a rede, mas definem regras para esse fim. Os equipamentos propriamente ditos guardam as informações exclusivas à sua instalação e configuração, e são mantidos pelos usuários finais (administradores da rede). A Tabela 14 apresenta os comportamentos específicos dos grupos e modelos de equipamentos identificados:

Tabela 14: Objetos do tipo "equipamento", seus modelos e comportamentos

Tipo do objeto		Comportamentos específicos do objeto	Exemplos
Modelo de equipamento	Modelo de equipamento composto	<ul style="list-style-type: none"> Se não for um modelo de equipamento-raiz, pode possuir regras de compatibilidade de ocupação de modelos de equipamentos componentes. Pode possuir tipos de configuração para geração de modelos de equipamentos componentes. 	Modelo de placa
	Modelo de equipamento componente	<ul style="list-style-type: none"> Pode possuir regras de compatibilidade de ocupação por modelos de equipamentos compostos. 	Modelo de bastidor
Equipamento	Equipamento composto	<ul style="list-style-type: none"> Possui um modelo associado. É instalado em um local, se for um equipamento-raiz. Se não for um equipamento-raiz, ocupa um ou mais equipamentos componentes segundo uma regra de compatibilidade de ocupação permitida para o seu modelo. Pode gerar equipamentos componentes segundo um tipo de configuração permitido para o seu modelo. 	Modelo de slot
			Modelo de porta
	Equipamento componente		Bastidor
			Placa
Equipamento componente	Slot		
	Porta		

Um comportamento especial dos equipamentos compostos é a sua configuração, que deve ser feita segundo gabaritos (tipos de configuração permitidos para cada modelo) definidos pelos administradores do inventário. Outro comportamento deste tipo de equipamento é a ocupação de equipamentos componentes, feita a partir de regras de compatibilidade mantidas por usuários com o mesmo perfil. As entidades relativas a configurações, ocupações e respectivos tipos e regras fazem parte do modelo intrínseco do sistema e portanto, não precisam criadas

pelo arquiteto. A Tabela 15 indica os comportamentos específicos das associações entre equipamentos e seus tipos:

Tabela 15: Associações entre equipamentos e seus modelos

Tipo do objeto	Comportamentos específicos do objeto
Tipo de configuração de modelo de equipamento	<ul style="list-style-type: none"> • Especifica os modelos de equipamentos componentes da configuração. • Pode ser associada aos modelos de equipamentos compostos a serem configurados. • Pode ser associada a um equipamento real da rede, para que sejam gerados os equipamentos componentes da configuração.
Compatibilidade de ocupação	<ul style="list-style-type: none"> • Especifica os modelos de equipamentos componentes a serem ocupados. • É associada a um modelo de equipamento composto ocupante. • Pode ser associada a um equipamento real da rede, indicando sua ocupação.

As conexões são o segundo exemplo de recurso de rede. Assim como os equipamentos, podem admitir configurações variáveis (estruturas de multiplexação) e devem ser associadas a tipos pré-definidos, mantidos pelos administradores do inventário. As conexões existentes na rede são mantidas no inventário pelos administradores da rede, associadas aos tipos citados. A Tabela 16 apresenta os comportamentos específicos das conexões e respectivos tipos:

Tabela 16: Conexões ponto-a-ponto, seus tipos e comportamentos

Tipo do objeto		Comportamentos específicos do objeto	Exemplos
Tipo de conexão ponto-a-ponto	Tipo de conexão ponto-a-ponto composta	<ul style="list-style-type: none"> • Se não for um tipo de conexão-raiz, pode possuir regras de compatibilidade de ocupação de tipos de conexão componente. • Pode possuir estruturas de multiplexação para geração de tipos de conexões componentes. 	Tipo de enlace óptico Tipo de <i>trail</i> Tipo de <i>network connection</i> Tipo de <i>subnetwork connection</i>
	Tipo de conexão ponto-a-ponto componente	<ul style="list-style-type: none"> • Pode possuir regras de compatibilidade de ocupação por tipos de conexão composta. 	Tipo de <i>link connection</i>
Conexão ponto-a-ponto	Conexão ponto-a-ponto	<ul style="list-style-type: none"> • Possui um tipo associado. • Possui duas terminações em equipamentos. • Se não for uma conexão-raiz, ocupa uma ou mais conexões 	Enlace óptico <i>Trail</i>

Tipo do objeto		Comportamentos específicos do objeto	Exemplos
	composta	componentes segundo uma regra de compatibilidade de ocupação permitida para o seu tipo. <ul style="list-style-type: none"> • Pode gerar conexões componentes segundo uma estrutura de multiplexação permitida para o seu tipo. • Pode ser ocupada por conexões compostas segundo regras de compatibilidade. 	<i>Network connection</i> <i>Subnetwork connection</i>
	Conexão ponto-a-ponto componente	<ul style="list-style-type: none"> • Possui um tipo associado. • É gerada por uma conexão composta, segundo uma estrutura de multiplexação permitida. • Pode ser ocupada por conexões compostas segundo regras de compatibilidade. 	<i>Link connection</i>

A configuração de conexões compostas tem como objetivo gerar conexões componentes. Ela é feita segundo estruturas de multiplexação, que são associações mais complexas que os tipos de configuração utilizadas em equipamentos. Tecnologias como SDH permitem o acoplamento em cascata de estágios de multiplexação. A forma mais simples de criar uma estrutura de multiplexação para uma conexão composta é primeiramente associar a mesma ao estágio inicial, o que deve automaticamente criar os tributários segundo as definições do administrador do inventário para este tipo de estágio. A compatibilidade do mesmo com o tipo da conexão composta também deve ter sido previamente estabelecida. Em seguida, o administrador da rede pode, em cada tributário, acoplar um estágio compatível em cascata, ou seleccionar o tipo de conexão componente a ser automaticamente criada, também segundo regras de geração previamente definidas para o tipo de tributário em questão. Essa operação pode repetir-se recursivamente formando-se uma árvore de multiplexação, até que em todas as suas "folhas" (tributários finais) sejam geradas conexões componentes compatíveis. É importante notar que, embora na rede real a conexão composta (geradora) possua funções de multiplexação nos equipamentos das suas duas terminações, só é preciso executar essa operação uma única vez no inventário, já que as estruturas são simétricas.

Outro comportamento deste tipo de equipamento é a ocupação de equipamentos componentes, feita a partir de regras de compatibilidade mantidas por usuários com o mesmo perfil.

Assim como no caso dos equipamentos, as entidades relativas a estágios de multiplexação de conexões, ocupações e respectivos tipos e regras não são definidas pelo arquiteto. A Tabela 17 indica os comportamentos específicos das associações entre conexões e seus tipos:

Tabela 17: Associações entre conexões ponto-a-ponto e seus tipos

Tipo do objeto	Comportamentos específicos do objeto
Tipo de estágio de multiplexação	<ul style="list-style-type: none"> • Especifica os tipos de tributários a serem gerados. • Pode ser associado aos tipos de conexões compostas a serem configuradas. • Pode ser associada a uma conexão ponto-a-ponto composta real da rede, para que sejam gerados os tributários segundo sua especificação.
Tipo de tributário	<ul style="list-style-type: none"> • Faz parte da composição de um tipo de estágio de multiplexação. • Pode ser associado a um tipo de estágio de multiplexação em cascata. • Pode ser associado a um tipo de conexão componente a ser gerada.
Compatibilidade de ocupação	<ul style="list-style-type: none"> • Especifica os tipos de conexões a serem ocupadas, nas seguintes formas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sequencial: tipo de ocupação de conexões justapostas por uma conexão ponto-a-ponto. Um exemplo é a ocupação de <i>Link connections</i> por uma <i>Network connection</i>. ○ Caminhos: tipo de ocupação de caminhos paralelos (i.e., a conexão principal e as de proteção) permitida para um tipo de conexão ponto-a-ponto. Um exemplo é a ocupação de <i>Network connections</i> por um <i>Trail</i>. ○ Concatenação virtual: tipo de ocupação de conexões concatenadas geradas por quaisquer outras conexões compostas, e em quaisquer tributários. É usada nas redes SDH-NG e OTN. ○ Concatenação flex: tipo de ocupação de conexões concatenadas geradas pela mesma conexão composta, mas em quaisquer tributários, usada nas redes OTN. • É associada a um tipo de conexão composta ocupante. • Pode ser associada a uma conexão real da rede, indicando sua ocupação.

5.1.1.2 - Casos de uso

A partir da análise do problema, é possível identificar as interações entre o usuário e o sistema de inventário de rede, especificando as suas funcionalidades. A seguir serão apresentados os pacotes de casos de uso de alto nível do sistema de inventário. Os diagramas de casos de uso e seu respectivo detalhamento podem ser vistos no anexo A.

5.1.1.2.1 - Pacotes do sistema de inventário

Para fins de organização, o sistema será dividido em três pacotes, como visto na Figura 62:

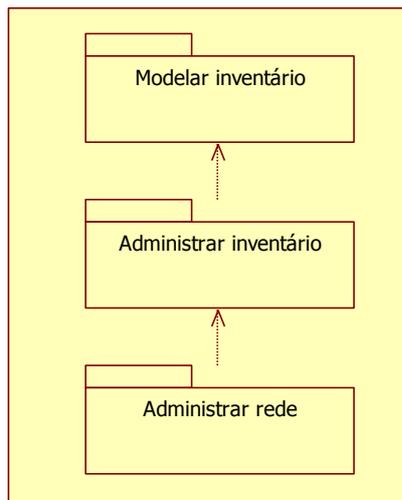


Figura 62: Pacotes dos casos de uso do sistema de inventário

A princípio, o sistema não contém nenhum modelo de entidades que representem a rede. Possui apenas um arcabouço baseado no núcleo CBE do modelo SID. O pacote “Modelar inventário” será utilizado pelo arquiteto do sistema para estender esse modelo e assim permitir a representação dos recursos da rede e de outros objetos associados. Esse usuário é responsável por definir em metadados as entidades, seus atributos, e os relacionamentos entre as mesmas. Essas funcionalidades devem ser executadas antes do início da operação propriamente dita do sistema, ou quando surgirem novos tipos de recursos de rede que **não possam** ser representados no modelo já existente. Este pacote é responsável pela camada SID de **modelo**.

O pacote “Administrar inventário” fornece funcionalidades para que o administrador cadastre no sistema os tipos de recursos definidos pelo arquiteto no pacote de modelagem. A aplicação deve reconhecer as definições das entidades e automaticamente construir telas e interfaces (sem programação) para manutenção e consulta das instâncias associadas aos metadados. Outra função desse pacote é a manutenção das regras de associação entre recursos de rede, como veremos adiante mais detalhadamente. Essas funcionalidades também devem ser executadas antes do início da operação propriamente dita do sistema, e também quando surgirem novos tipos de recursos de rede que **possam** ser representados no modelo existente. O escopo principal desse pacote é a camada SID de **instância**.

O pacote “Administrar rede” será utilizado no dia-a-dia do ciclo de vida da rede. Sua função principal é permitir a criação e a execução de projetos na rede, criando-se instâncias dos tipos de recursos mantidos pelo Administrador do inventário, segundo regras definidas pelo mesmo. As funcionalidades do pacote de administração da rede atuam somente na camada de **instância** do modelo SID.

5.1.1.2.1.1 - Pacote “Modelar inventário”

O pacote “Modelar inventário” (item A.1 do anexo A) tem o intuito de simplificar a configuração do modelo do sistema, oferecendo uma *interface* amigável que exime o arquiteto da programação de *scripts* e código fonte para a manutenção das tabelas e suas associações no banco de dados, classes Java de negócio e DAO (*Data Access Objects*), e até mesmo para a criação de *interfaces* gráficas para que usuários com outros perfis façam uso do sistema. Esta característica, sem dúvida, traz enormes benefícios na implantação e evolução do sistema, diminuindo enormemente os seus custos e prazos.

Entretanto, não serão permitidas alterações drásticas em uma instalação que já possua uma base de dados já povoada por instâncias das entidades modeladas pelas funcionalidades do sistema. Casos como esse tornam necessária uma cautelosa intervenção direta nas tabelas.

As entidades serão definidas com base em algumas das entidades nativas do sistema, vistas na Figura 63:

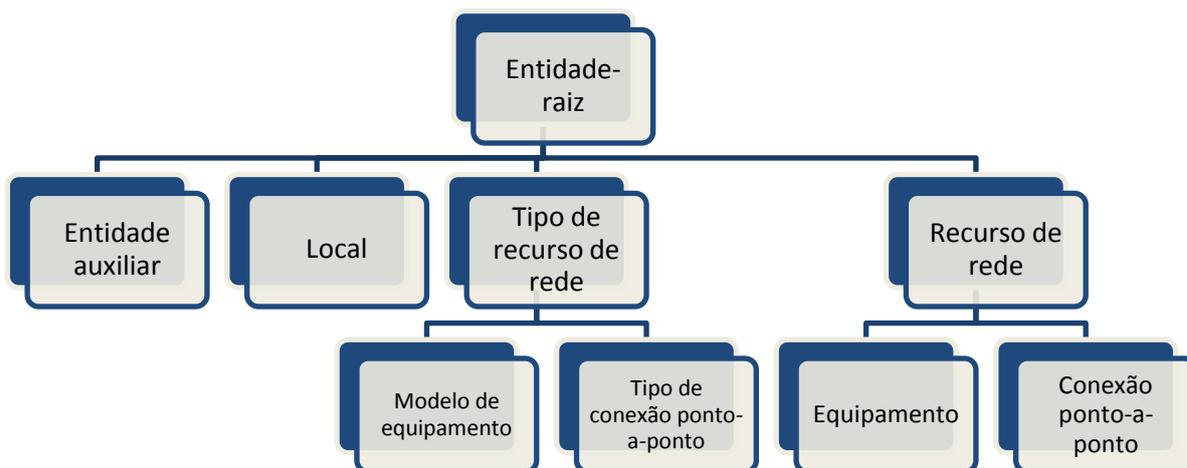


Figura 63: Entidades nativas do sistema de inventário

Alguns exemplos de entidades que podem ser especificadas pelo arquiteto do inventário estão listados na Tabela 18:

Tabela 18: Exemplos de entidades especificadas para o inventário

Entidade	Tipo
Taxa de transmissão	Entidade auxiliar
País	Local
Município	Local
Sub-bastidor	Recurso de rede (equipamento)
Slot	Recurso de rede (equipamento)
Porta	Recurso de rede (equipamento)
Trail	Recurso de rede (conexão ponto-a-ponto)
Link connection	Recurso de rede (conexão ponto-a-ponto)

As entidades de recurso de rede possuem uma particularidade: cada uma delas é associada a uma entidade de tipo de recurso. Ambas devem ser definidas em conjunto pelo arquiteto do sistema. Equipamentos são associados aos seus modelos, e conexões relacionam-se aos seus tipos, como visto na Tabela 19:

Tabela 19: Exemplos de entidades de recurso de rede e seus tipos

Entidade de recurso de rede	Entidade de tipo do recurso de rede
Sub-bastidor	Modelo de sub-bastidor
Slot	Modelo de slot
Porta	Modelo de porta
Trail	Tipo de trail
Link connection	Tipo de link connection

As entidades de recurso de rede representam as <<*Entity*>> do modelo SID (ver cap. 4), e as de tipo de recurso representam as <<*Specification*>>.

A definição de entidade de local pai serve para modelar a hierarquia, como nos exemplos da Figura 50 e da Tabela 20:

Tabela 20: Exemplos de entidades de local

Entidade de local	Entidade de local pai	Aceita equipamento
País		Não
Estado	País	Não
Cidade	Estado	Não
Prédio	Cidade	Não
Estação	Prédio	Sim
<i>Container</i>	Cidade	Sim

Qualquer entidade de equipamento propriamente dito ou mesmo de seus componentes (como *slots*, placas e portas) deverá ser definida como especialização da entidade nativa "Equipamento", como visto na Figura 64:

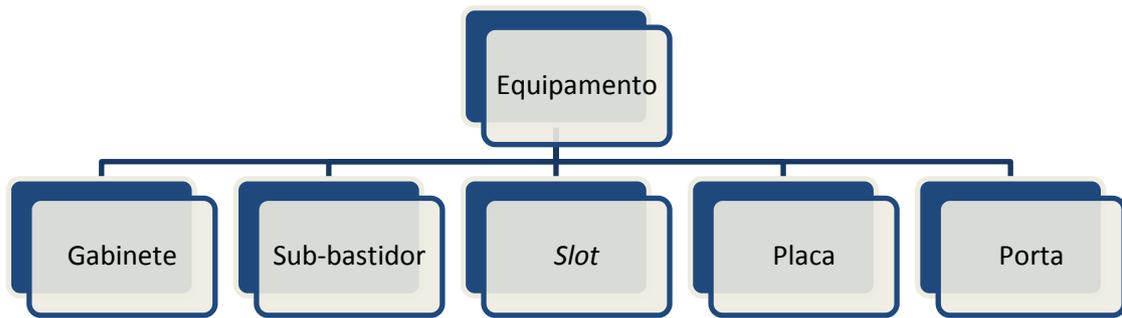


Figura 64: Entidade nativa Equipamento e suas especializações

5.1.1.2.1.2 - Pacote “Administrar inventário”

O pacote “Administrar inventário” é composto primordialmente de casos de uso que tratam de regras para recursos de rede. Não oferece funcionalidades de alteração no modelo do sistema, mas permite ao administrador do inventário criar regras para associações hierárquicas entre tipos de recursos de rede, já previstas no modelo-núcleo do sistema.

Também fazem parte do escopo deste pacote os casos de uso para manutenção de entidades de localização geográfica e entidades auxiliares, complementares às regras para os recursos de rede. O pacote “Administrar inventário” é composto dos pacotes da Figura 65:

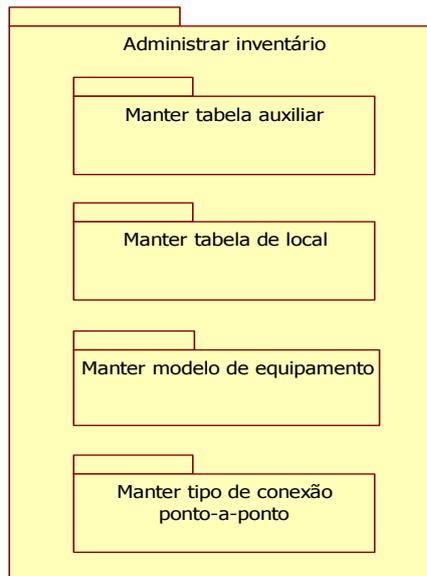


Figura 65: Pacote "Administrar inventário"

5.1.1.2.1.2.1 - Pacote "Manter tabela auxiliar"

O pacote "Manter tabela auxiliar" (item A.2) destina-se à manutenção de tabelas de entidades auxiliares, que podem ser associadas a outras entidades.

5.1.1.2.1.2.2 - Pacote "Manter tabela de local"

O pacote "Manter tabela de local" (item A.3 do anexo A) tem por finalidade a manutenção da hierarquia de locais do inventário. Esses locais serão utilizados para a instalação de equipamentos de rede, e suas entidades devem ter sido definidas nos casos de uso de modelagem do inventário.

5.1.1.2.1.2.3 - Pacote "Manter modelo de equipamento"

O pacote "Manter modelo de equipamento" (item A.4 do anexo A) tem por finalidade a manutenção de tabelas de modelos de equipamentos e seus componentes, permitindo posteriormente ao administrador da rede criar instâncias dos mesmos em projetos de rede.

É possível também especificar quais os tipos de equipamentos ocupados e quais os tipos de conexão ponto-a-ponto podem terminar no modelo de equipamento a ser mantido.

Outra funcionalidade deste pacote é relacionar os tipos de equipamento aos tipos de configuração referentes à sua estrutura física (tipos de composição de equipamento).

Neste pacote também é feita a manutenção de tabelas da estrutura física dos modelos de equipamentos, com os seus respectivos tipos de equipamentos componentes. A associação do tipo de configuração ao modelo de equipamento pai é feita nos casos de uso "Criar modelo de equipamento" (item A.4.1) e "Alterar modelo de equipamento" (item A.4.4).

Mais adiante, nos casos de uso do pacote "Administrar equipamento" (item A.6), a criação de instâncias de equipamentos implicará a criação automática de seus componentes segundo as regras de composição aqui definidas.

5.1.1.2.1.2.4 - Pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto"

O pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto" (item A.5 do anexo A) tem por finalidade a manutenção de tabelas que permitirão posteriormente ao administrador da rede criar instâncias de conexões em projetos de rede.

Além de definir os tipos de conexão, neste caso de uso é possível especificar quais outros tipos de conexão podem ser ocupadas pelo tipo a ser criado (compatibilidade de ocupação), inclusive suas quantidades no caso de concatenação de recursos, como visto no item 3.1.2.2.3.2 - Multiplexação inversa.

Outra funcionalidade deste pacote é manter os tipos de estágios de multiplexação, e relacioná-los aos tipos de conexão, definindo-se regras necessárias à posterior configuração de estruturas de multiplexação nos casos de uso de administração de rede.

Neste pacote também é possível definir tipos de composição de conexão ponto-a-ponto. Cada estágio de multiplexação é mantido individualmente, com os tipos de conexão componentes (geradas). No cadastro de um estágio é possível referenciar o estágio de multiplexação em cascata, associando-o a uma terminação. Sendo assim, para configurar uma estrutura de multiplexação complexa, cadastram-se os estágios em sequência. A associação do estágio inicial ao tipo de conexão mãe (a conexão geradora) é feita nos casos de uso "Criar tipo de conexão ponto-a-ponto" (item A.5.1) e "Alterar tipo de conexão ponto-a-ponto" (item A.5.4).

Mais adiante, nos casos de uso do pacote "Administrar conexão ponto-a-ponto" (item A.7), a criação de instâncias de conexão ponto-a-ponto implicará a criação automática de seus recursos componentes (conexões geradas) segundo as regras de composição aqui definidas.

5.1.1.2.1.3 - Pacote “Administrar rede”

O pacote "Administrar rede" oferece funcionalidades de manutenção de projetos para recursos de rede. Nos casos de uso deste pacote são criados os recursos de rede e estabelecidas as associações entre os mesmos e as instâncias de outras entidades. A criação de recursos e suas associações é feita pelo administrador da rede, e deve ser automaticamente validada pelas regras definidas previamente pelo administrador do inventário. O objetivo final é a representação unificada de uma rede de transporte real, permitindo ao operador da rede a execução dos processos de aprovisionamento e a rápida identificação dos recursos afetados por falhas na rede. A Figura 66 apresenta a composição do pacote "Administrar rede":

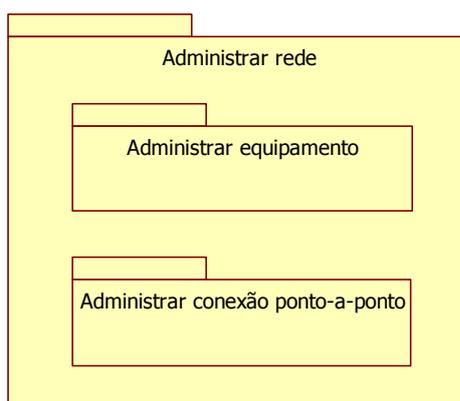


Figura 66: Pacote “Administrar rede”

5.1.1.2.1.3.1 - Pacote “Administrar equipamento”

O pacote "Administrar equipamento" (item A.6 do anexo A) contém os casos de uso de manutenção de instâncias de equipamentos e seus componentes. Deve ser possível instalar equipamentos em locais, selecionando-se sua configuração para que sejam automaticamente criados os seus componentes intrínsecos (*slots*, por exemplo). Mecanismo semelhante ocorre na inserção de placas em seus *slots* segundo as regras de compatibilidade de ocupação e de criação automática de portas segundo tipos de configuração previamente definidos pelo administrador do inventário. A partir da representação desses objetos no inventário, o operador da rede deve ser capaz de executar a configuração física do equipamento na rede real.

5.1.1.2.1.3.2 - Pacote “Administrar conexão ponto-a-ponto”

O pacote "Administrar conexão ponto-a-ponto" (item A.7 do anexo A) contém os casos de uso de representação de enlaces entre equipamentos e das conexões lógicas suportadas. Deve ser possível interligar portas de equipamentos e criar circuitos lógicos em hierarquia segundo as regras previamente definidas pelo administrador do inventário. O administrador da rede deve montar estruturas de multiplexação para *trails* (conexões compostas), selecionando os tipos de estágios de multiplexação permitidos pelas regras previamente definidas pelo administrador do inventário, gerando automaticamente as *link connections* (conexões

componentes) previstas por essas regras. Deve ser possível ocupar *link connections* em sequência para formar uma *network connections*, e ocupar estas em paralelo para que um *trail* tenha sua capacidade de transmissão aumentada (concatenação) ou para fins de proteção. Todas essas operações só podem ser realizadas após verificação da sua validade frente às regras definidas anteriormente. A partir da representação desses objetos no inventário, o operador da rede deve ser capaz de executar a configuração na rede real.

5.1.2 - Requisitos não funcionais

O núcleo de implementação (CBE) do modelo SID do TMForum deverá servir como base do projeto, para mapear os tipos de recursos das recomendações ITU-T para redes de transporte.

A aplicação cliente não deverá exigir grandes recursos de *hardware* da máquina do usuário. O ideal é que seja executada em um navegador *web*, sem a instalação de *plug-ins* específicos.

5.2 - Projeto do *software*

Este item propõe uma solução de *software* que atenda aos requisitos apresentados no item 6.1, utilizando uma modelagem orientada a objetos. O modelo proposto para a solução de inventário de redes de transporte é a meta principal da dissertação. O meio de se chegar a esta proposta de solução baseia-se na criação de extensões do arcabouço do modelo de informações SID do TMForum, utilizando o mesmo padrão (UML) para a documentação do projeto. Esta solução deve ser capaz de representar os tipos de recursos de rede e suas associações como preconizado pelas recomendações da instituição ITU-T, abstraindo-se as informações desnecessárias a esta camada de OSS.

Um objetivo secundário, mas também bastante importante do modelo, é ser o mais genérico possível, com extenso uso de metadados, para que sejam minimizadas as manutenções necessárias no código-fonte da aplicação para a modelagem de outras tecnologias e tipos de

rede, mesmo que isso implique alterar ou descartar as extensões especializadas já propostas pelo TMForum para o *framework* do modelo SID.

5.2.1 - Modelo de classes de negócio

O modelo SID possui referências a algumas entidades do modelo funcional G.805, mas de forma incompleta. Além disso, essa representação é demasiadamente explícita, o que torna o modelo relativamente rígido, como visto em [54] e [55]. Um dos objetivos deste trabalho é permitir a modelagem não só dos componentes funcionais atualmente previstos pela recomendação G.805, mas também de outros que sejam incorporados no futuro. Além disso, só devem ser modeladas as entidades de interesse de cada administração de rede de transporte. O ideal é que esta adequação a estas necessidades específicas e posterior evolução seja feita de forma simples pelo arquiteto do inventário, sem esforço de programação. Por esses motivos, será adotado como base deste projeto o modelo núcleo CBE, que já é resultado de uma generalização do SID original e utiliza de modo extenso os conceitos de metadados, como pode ser visto em [52] e [53].

Neste item será apresentado o modelo de classes de domínio do problema, feito a partir da especificação de requisitos e do modelo de informações CBE do TMForum, e em conformidade com os padrões especificados em [29] e [30]. O CBE será utilizado para a implementação do SID de acordo com os requisitos de cada instalação, além, obviamente, dos complementos necessários à representação dos componentes funcionais e respectivas associações da recomendação G.805. Os diagramas completos e respectivos detalhamentos de classes, atributos e métodos podem ser vistos no anexo B.

O sistema foi dividido em pacotes com o objetivo de facilitar o entendimento pela organização das classes, como se vê na Figura 67:

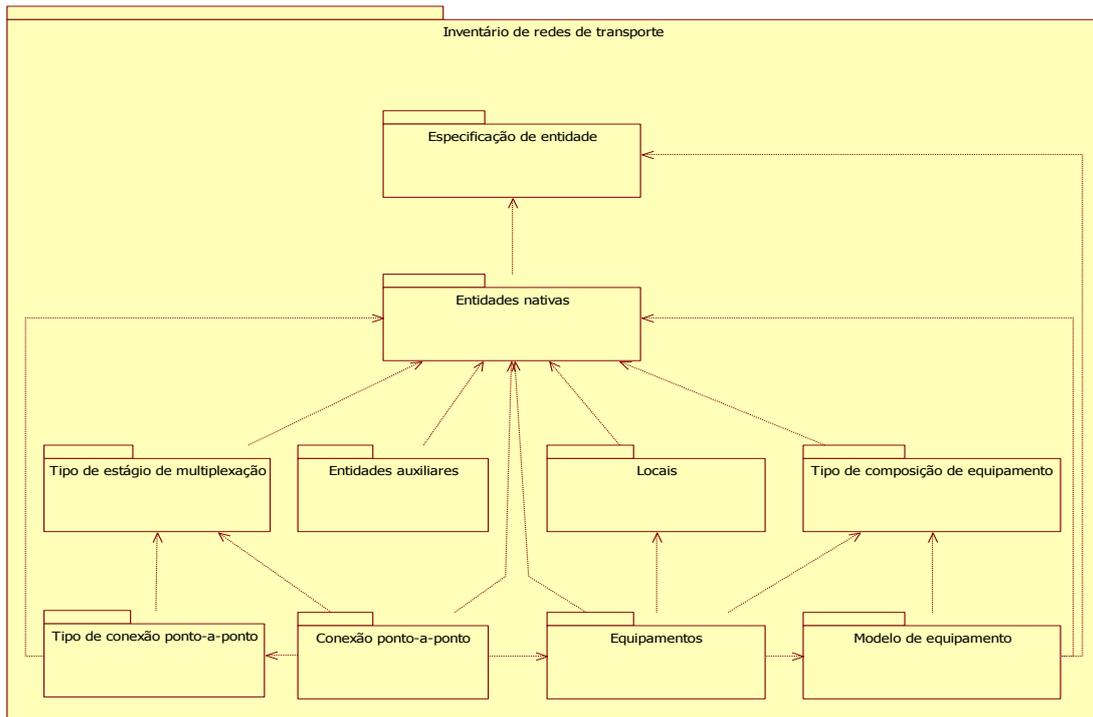


Figura 67: Pacotes do modelo de classes do inventário de rede e suas interdependências

5.2.1.1 - Especificação de entidade

O pacote "Especificação de entidades" (item B.1 do anexo B) corresponde à camada de modelo SID. Ele contém as classes que permitem que o arquiteto do inventário especifique novas entidades, através dos casos de uso do Pacote "Modelar inventário". A Figura 68 ilustra as classes desse pacote:

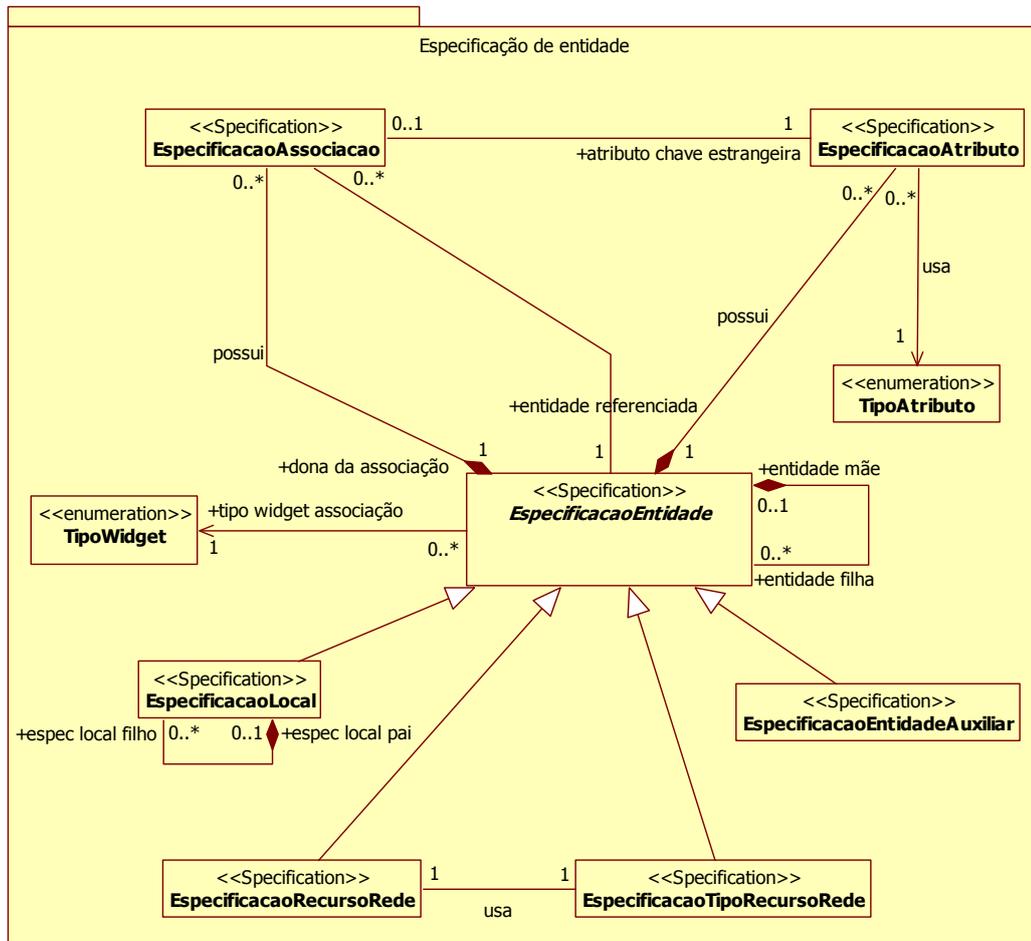


Figura 68: Pacote "Especificação de entidades"

Uma das características que tornam este projeto diferencial em relação aos produtos de mercado mencionados no Capítulo 1 é a sua flexibilidade de modelagem. O arquiteto pode, através do uso de metadados, personalizar o sistema de acordo com as necessidades da administração de rede. É possível definir entidades de forma que as classes e respectivas tabelas de banco de dados sejam criadas na forma desejada, sem atributos “nativos” que não têm utilidade para o cliente, e sem o uso de tabelas de extensão que diminuem o desempenho em consultas, como é feito nos produtos citados.

A superclasse *EspecificacaoEntidade* é o ponto central do pacote. Qualquer especificação de entidade a ser criada pelo arquiteto do inventário deve ser persistida em uma das suas quatro especializações. A autoassociação de *EspecificacaoEntidade* permite que o arquiteto crie especializações de entidades personalizadas.

Como visto no modelo, uma especificação de uma entidade de recurso de rede está sempre associada a uma especificação de uma entidade de tipo de recurso de rede. O arquiteto deve sempre criá-las em conjunto. Um exemplo é a especificação de uma entidade *Equipamento*, associada a *ModeloEquipamento*.

A autoassociação presente em *EspecificacaoLocal* permite a definição de regras de hierarquia entre locais, como por exemplo, uma instância de *Cidade* deve ter como local pai uma instância de *Estado*.

A especificação de uma entidade agrega especificações de seus atributos, cujos tipos (*string*, numérico, data ou booleano) são determinados pela enumeração *TipoAtributo*.

A classe *EspecificacaoAssociacao* permite a modelagem de associações 1:N entre entidades, o que requer duas associações com *EspecificacaoEntidade* para diferenciar a entidade que faz a referência da entidade referenciada. A classe *EspecificacaoAssociacao* possui uma associação com *EspecificacaoAtributo* porque a operação de criação de uma associação deve criar automaticamente na entidade proprietária da mesma um atributo de chave estrangeira no banco de dados.

Toda entidade definida pelo arquiteto possui por *default* um atributo *Nome*, que identifica unicamente uma instância da mesma. Na interface gráfica com o usuário, qualquer referência a essas instâncias deve ser apresentada em um objeto gráfico (*widget*) que possa conter o seu nome. Dois tipos de widget são permitidos. Um deles é uma lista (*combo-box*), onde o usuário seleciona um nome entre os apresentados, indicado para entidades pouco povoadas. Outra opção é um campo texto seguido de um botão de atalho para pesquisa. Neste caso, indicado para entidades que persistem uma grande quantidade de instâncias, o usuário pode digitar diretamente o nome identificador, ou então acionar uma tela de pesquisa da entidade, onde poderá consultar a base de dados através de filtros associados aos seus atributos, e selecionar a instância desejada com mais facilidade. A enumeração *TipoWidget* indica qual desses dois tipos de objeto gráfico será utilizado para referenciar a entidade especificada.

5.2.1.2 - Entidades nativas

O pacote "Entidades nativas" (item B.2 do anexo B) é composto pelas classes previstas no modelo-núcleo CBE e por outras classes básicas, a partir das quais devem ser criadas as entidades do modelo de informações SID e outras definidas pelo arquiteto, como visto na Figura 69:

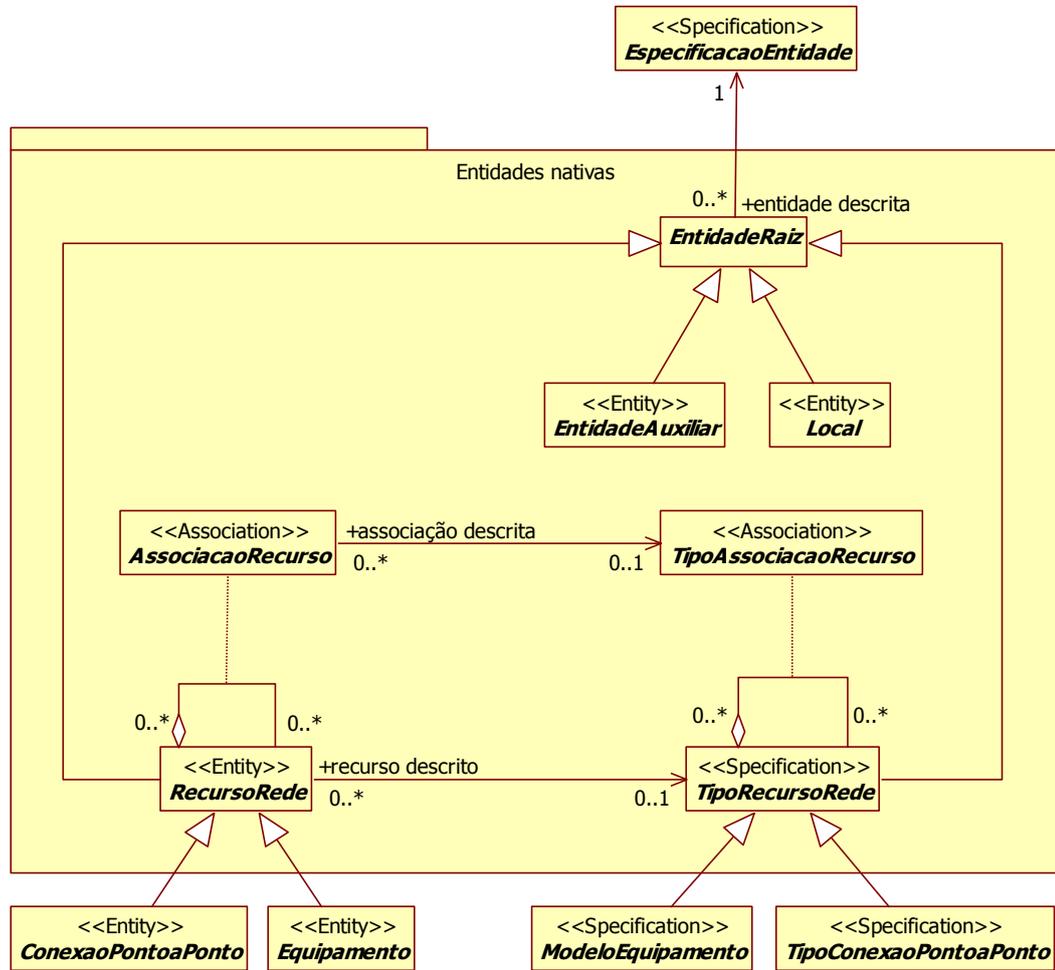


Figura 69: Pacote "Entidades nativas" e suas associações

Toda entidade criada pelo arquiteto do sistema é especialização indireta da classe *EntidadeRaiz*, que por sua vez está associada a uma especificação.

A classe abstrata *TipoRecursoRede* abriga os objetos que representam os gabaritos de equipamentos e conexões modelados pelo administrador do inventário. A classe associativa *TipoAssociaçãoRecurso* representa todas as regras (mantidas pelo mesmo perfil de usuário) de relacionamentos entre tipos de recursos, como possíveis composições de placas por portas,

compatibilidade de ocupação entre modelos de placas e *slots*, hierarquias possíveis entre circuitos, entre outras. Essas duas classes fazem parte da camada de instância do modelo SID.

A classe *RecursoRede* persiste os objetos de rede propriamente ditos, criados pelo administrador da rede. Esses objetos associados aos tipos previamente definidos pelo administrador do inventário. A classe *AssociacaoRecurso* associa os objetos da rede, segundo as regras permitidas em *TipoAssociacaoRecurso*. As classes *RecursoRede* e *AssociacaoRecurso* também pertencem à camada de instância do modelo SID.

5.2.1.3 - Entidades auxiliares

O pacote "Entidades auxiliares" (item B.3 do anexo B) contém a classe abstrata nativa *EntidadeAuxiliar* e as suas subclasses, criadas pelo arquiteto do inventário. A manutenção dos dados dessas classes é feita pelo administrador do inventário nos casos de uso do Pacote "Manter tabela auxiliar". Não há nenhum comportamento ou associação específica nativa do sistema para esse tipo de classe. As associações que podem existir são as criadas pelo arquiteto segundo as necessidades da administração, como a vista na Figura 70, entre as subclasses destacadas na cor cinza:

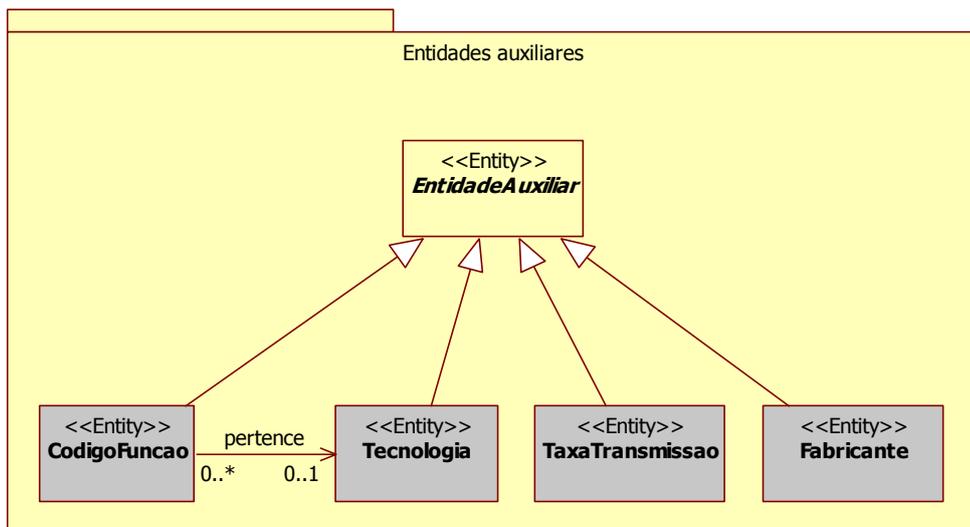


Figura 70: Pacote "Entidades auxiliares"

5.2.1.4 - Locais

O pacote "Locais" (item B.4 do anexo B) contém a classe abstrata nativa "Local" e as suas subclasses, criadas pelo arquiteto do inventário. A manutenção dos dados dessas classes é feita pelo administrador do inventário nos casos de uso do Pacote "Manter tabela de local". O único comportamento especial nativo para a superclasse *Local* é a associação que permite estabelecer a hierarquia, que é validada pela aplicação conforme as definições feitas pelo arquiteto nos casos de uso do Pacote "Modelar inventário". A Figura 71 mostra exemplos de possíveis especializações:

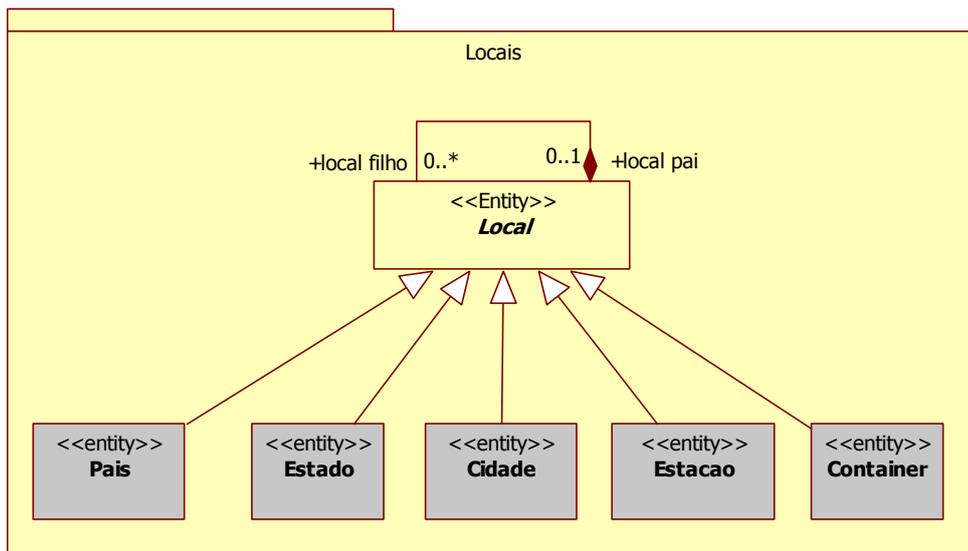


Figura 71: Pacote "Locais"

5.2.1.5 - Modelo de equipamento

O pacote "Tipo de composição de equipamento" (item B.5 do anexo B) agrega as classes que permitem a realização dos casos de uso de manutenção de tipos de composição de equipamentos e também do Pacote "Manter modelo de equipamento". As classes foram separadas em dois pacotes diferentes porque cada um realiza os casos de uso de um pacote distinto. A Figura 72 ilustra a solução de modelo para as possibilidades de composição de equipamentos:

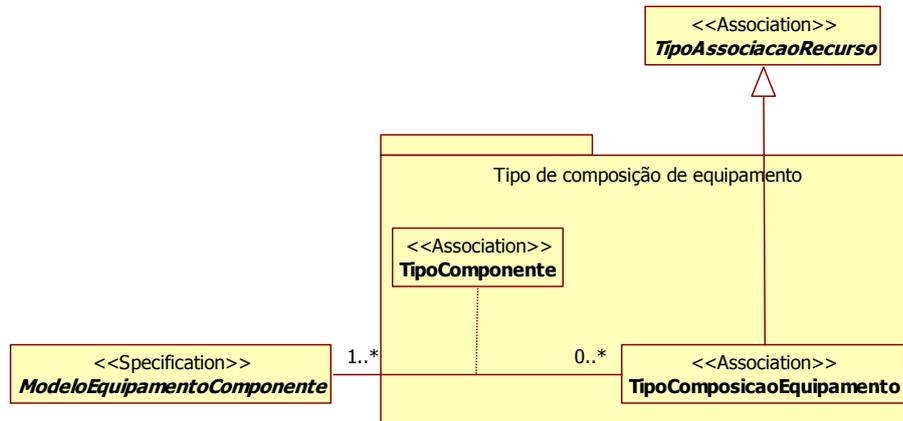


Figura 72: Pacote “Tipo de composição de equipamento”

A classe associativa *TipoComponente* determina quais os modelos de equipamentos componentes fazem parte de uma composição, que será associada a um modelo de equipamento composto, como será visto a seguir. Um exemplo de utilização é a composição de portas (modelos componentes) de um modelo de placa (modelo composto).

O pacote "Modelo de equipamento" (item B.6 do anexo B) apresentado na Figura 73 contém a classe abstrata nativa *ModeloEquipamento*, suas subclasses indiretas criadas pelo arquiteto do inventário (em cinza), e as classes que especificam as associações de composição e ocupação possíveis para as instâncias de equipamentos. As entidades de modelos de equipamentos criadas pelo arquiteto podem ainda possuir outros tipos de associações, conforme definições feitas nos casos de uso do Pacote “Modelar inventário”. A manutenção dos dados dessas classes é feita pelo administrador do inventário nos casos de uso do Pacote "Manter modelo de equipamento".

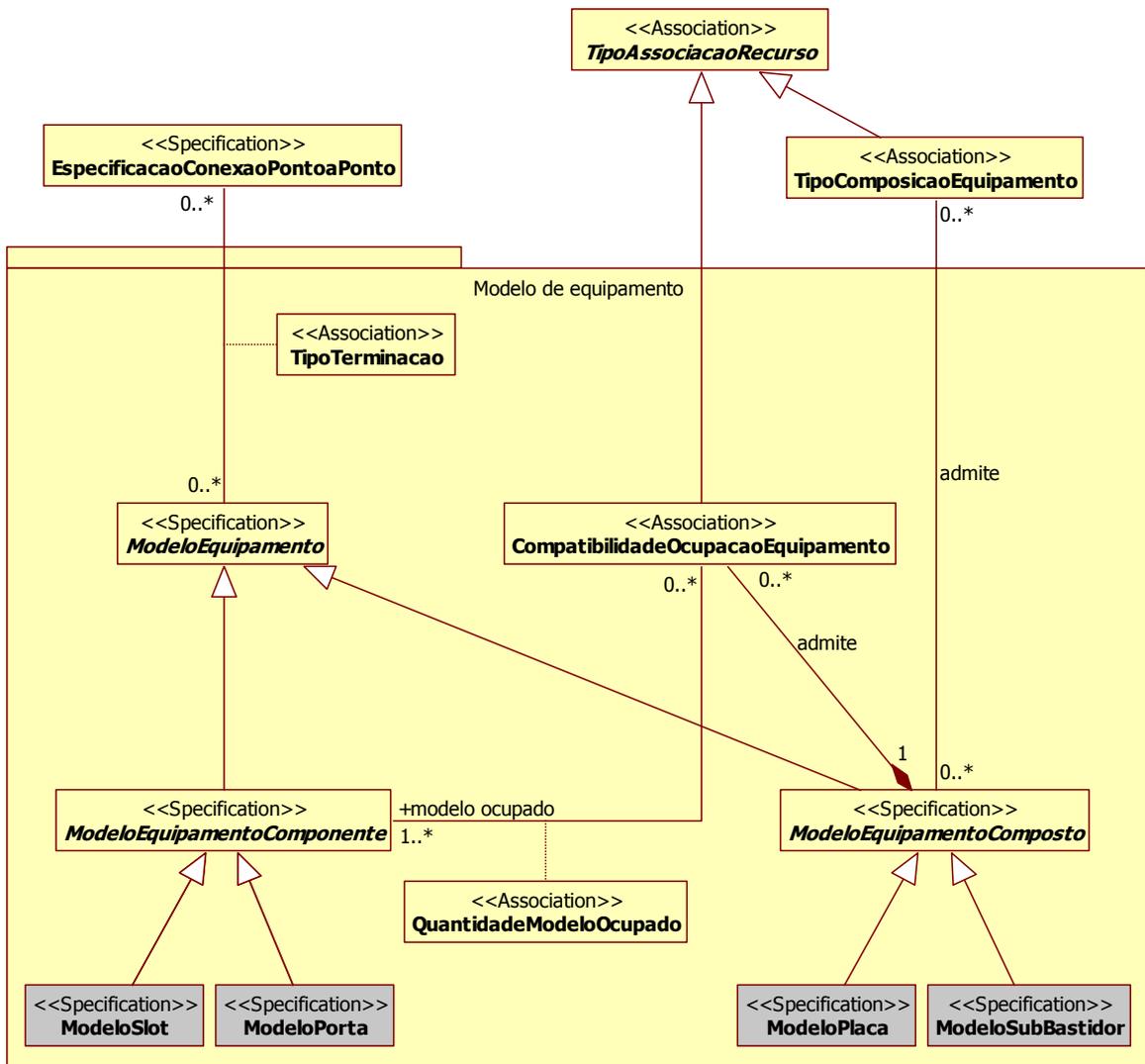


Figura 73: Pacote “Modelo de equipamento”

A associação com cardinalidade 0..N:0..N entre *ModeloEquipamentoComposto* e *TipoComposicaoEquipamento* define todos os tipos composição permitidos para um modelo de equipamento.

Somente os equipamentos compostos (placas e módulos SFP) podem ocupar outro equipamento (componente, como *slots* e conectores para SFP). As compatibilidades de ocupação permitidas para esses modelos de equipamentos são representadas pela classe *CompatibilidadeOcupacaoEquipamento*. Para que sejam modeladas as possibilidades de ocupação de mais um componentes pelo mesmo equipamento composto (placas que ocupam mais de *slot*, por exemplo), foi criada a classe *QuantidadeModeloOcupado*, que define a

quantidade de cada modelo componente a ser ocupado nessas situações, devendo assumir o valor unitário nos demais casos. A quantidade, assim como as regras de compatibilidade, serve para que a aplicação posteriormente verifique a validade de uma ocupação de uma instância de equipamento real (não um modelo) no momento da sua criação no inventário pelo administrador da rede.

Para que o administrador de rede possa criar conexões terminadas em equipamentos, antes é preciso que o administrador do inventário estabeleça a compatibilidade entre os modelos de equipamentos e as possíveis conexões terminadas. Essa associação é feita com a entidade de conexão (classe *EspecificacaoConexaoPontoaPonto*), através da classe associativa *TipoTerminacao*.

5.2.1.6 - Tipo de conexão ponto-a-ponto

O SID não possui um modelo específico para estruturas de multiplexação de *trails*. A recomendação G.805, embora mencione esses componentes, também não apresenta uma forma padronizada de representá-los. A resposta a este requisito está nas recomendações específicas de cada tecnologia de rede de transporte. Como estudos de caso foram utilizadas as hierarquias das tecnologias mais importantes do momento: a SDH, especificada na recomendação ITU-T G.707 [3] e a OTN, documentada na recomendação ITU-T G.709 [4]. Devido à complexidade e diversidade de possibilidades de configuração dessas tecnologias, um modelo que as atenda também atenderá a outras como PDH e outras que utilizam a técnica WDM, já que estas apresentam apenas um subconjunto das formas de multiplexação das primeiras.

O pacote "Tipo de estágio de multiplexação" (item B.7 do anexo B) agrega as classes que permitem a realização dos casos de uso de manutenção de estágios de multiplexação também do Pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto". As classes foram separadas em dois pacotes diferentes porque cada um realiza os casos de uso de um pacote distinto.

Para definir-se o modelo de possíveis estruturas de multiplexação de conexões compostas, será tomado como exemplo o tipo de *trail* VC-4, pois permite estruturas das mais complexas devido à possibilidade de acoplamento de estágios em cascata, como visto na Figura 74:

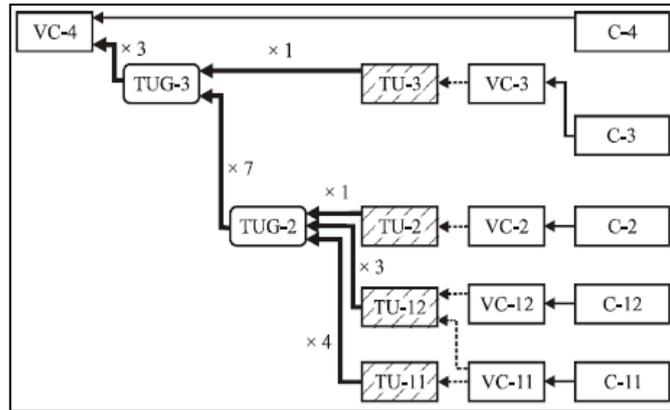


Figura 74: Estruturas de multiplexação permitidas para *trails* do tipo VC-4 [3]

Um tipo de *trail* deve ser modelado pelo arquiteto como uma especialização de tipo de conexão ponto-a-ponto composta, pois permite a geração automática de tipos de *link connections* (representadas por TU-xx e C-xx da Figura 74), que são exemplos de conexões componentes. O estágio de multiplexação inicial permitido para *trails* do tipo VC-4 é **3 x TUG-3**, ou seja, possui três tributários. Em cada um desses tributários é permitido gerar uma *link connection* do tipo TU-3, ou então acoplar em cascata um estágio de multiplexação do tipo **7 x TUG-2**. As outras possibilidades são apenas mais exemplos do mesmo mecanismo. A Figura 75 ilustra a solução de modelo para essas possibilidades de estruturas de multiplexação:

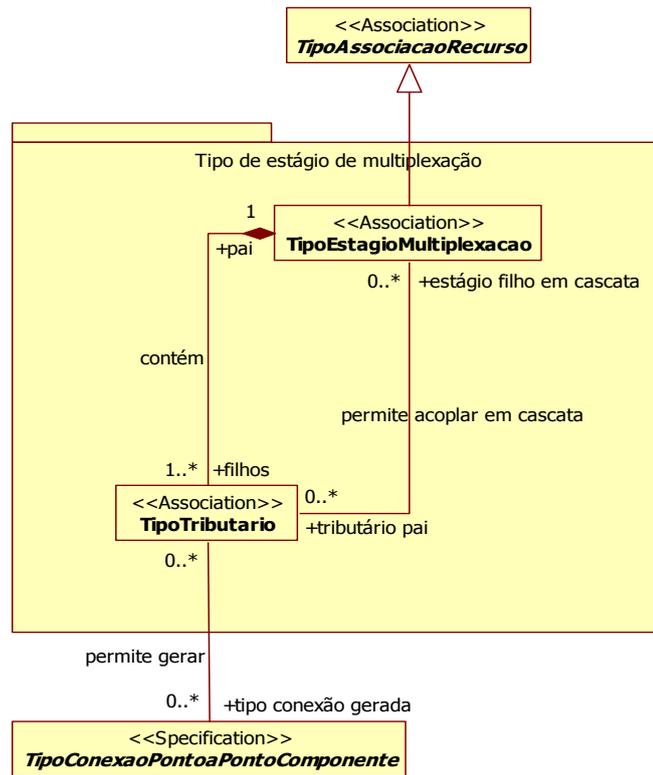


Figura 75: Pacote “Tipo de estágio de multiplexação”

A associação 0..N:0..N entre *TipoTributario* e *TipoEstagioMultiplexacao* modela as possibilidades de acoplamento em cascata de tipos de estágio de multiplexação nos tributários do estágio anterior. Finalmente, os tributários dos estágios finais do tipo de estrutura de multiplexação são associados aos tipos de conexões componentes permitidos através de uma associação 0..N:0..N.

O SID não representa em seu modelo algumas entidades de transporte importantes, como *Network connection* e *Link connection*. A proposta deste projeto também não é entregar um modelo pronto de entidades de transporte, mas oferecer um mecanismo que permita a sua criação através de metadados e que gere automaticamente o código-fonte das classes de negócio e da interface gráfica, outra grande vantagem em relação aos produtos de mercado citados no Capítulo 1. O pacote "Tipo de conexão ponto-a-ponto" (item B.8 do anexo B) apresentado na Figura 76 contém a classe abstrata nativa *TipoConexaoPontoaPonto*, suas subclasses criadas pelo arquiteto do inventário (em cinza), e as classes que especificam as associações de composição e ocupação possíveis para as instâncias de conexões. As entidades de tipos de conexões criadas pelo arquiteto podem ainda possuir outros tipos de associações,

conforme definições feitas nos casos de uso do Pacote “Modelar inventário”. A manutenção dos dados dessas classes é feita pelo administrador do inventário nos casos de uso do Pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto".

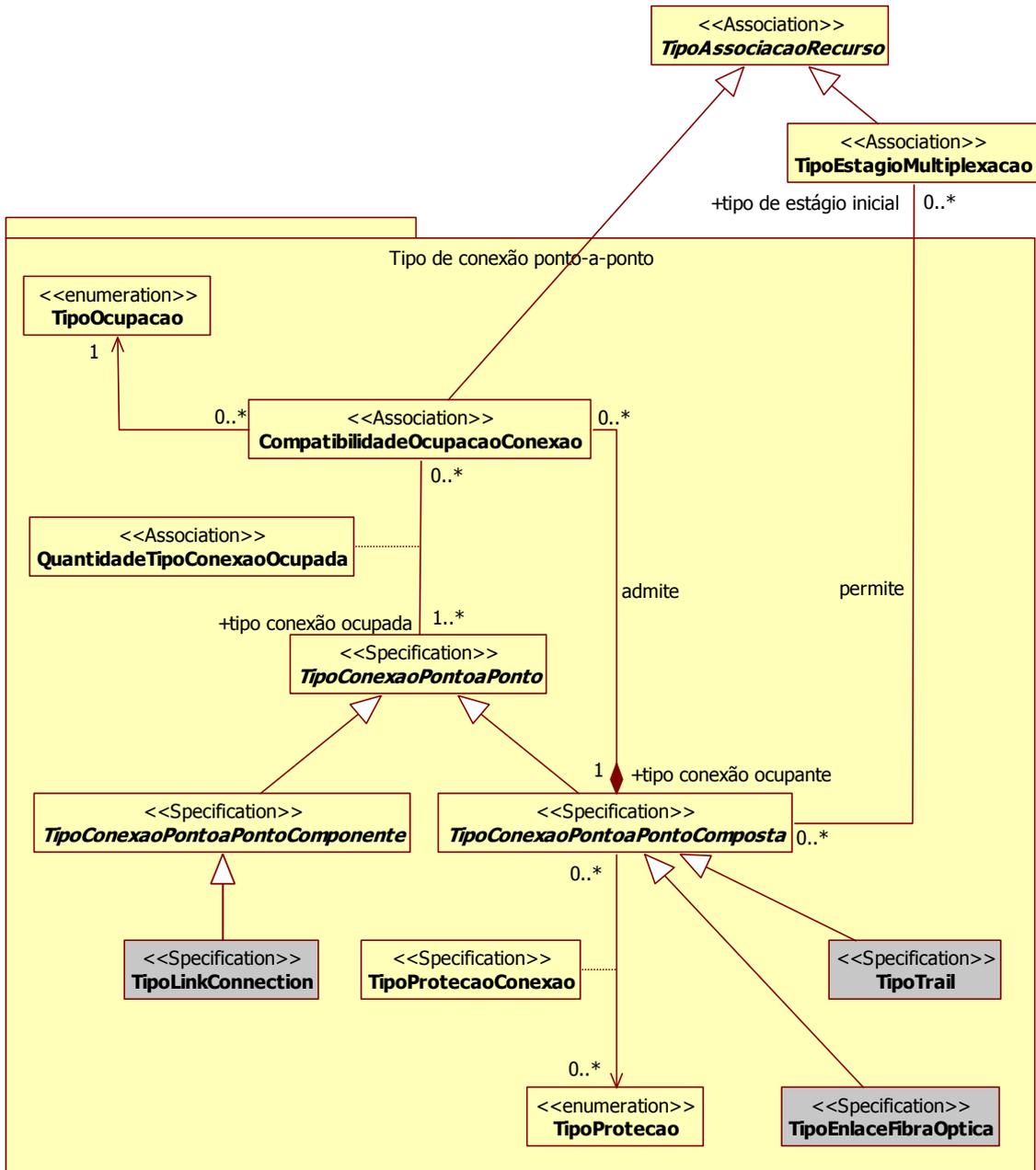


Figura 76: Pacote "Tipo de conexão ponto-a-ponto"

A associação com cardinalidade 0..N:0..N entre *TipoConexaoPontoaPontoComposta* e *TipoEstagioMultiplexacao* define todos os tipos de estágio de multiplexação inicial permitidos para um tipo de conexão.

Somente as conexões compostas (*trails*, *network connections* e *subnetwork connections*) podem ocupar outra conexão. As compatibilidades de ocupação permitidas para esses tipos de conexão são representadas pela classe *CompatibilidadeOcupacaoConexao*. Já as conexões ocupadas podem ser tanto as componentes (ocupação de *link connections* por *network connections*, por exemplo) quanto as compostas (ocupação de *network connections* por *trails*). Por isso a associação de *CompatibilidadeOcupacaoConexao* com o tipo de conexão ocupada é com a superclasse *TipoConexaoPontoaPonto*. Para que sejam modeladas as compatibilidades de ocupação em paralelo (concatenação ou multiplexação inversa) de tipos diferentes de conexões, a cardinalidade entre *CompatibilidadeOcupacaoConexao* e *TipoConexaoPontoaPonto* (ocupada) deve ser 0..N:1..N. A classe *QuantidadeTipoConexaoOcupada* define a quantidade de cada tipo de conexão a ser ocupada em paralelo nessas situações, devendo assumir o valor unitário nos demais casos. A quantidade, assim como as regras de compatibilidade, serve para que a aplicação posteriormente verifique a validade de uma ocupação de uma conexão real (não um tipo) no momento da sua criação no inventário pelo administrador da rede. A enumeração *TipoOcupacao* indica se a compatibilidade de ocupação é do tipo Sequencial, Caminhos, Concatenação virtual ou Concatenação *flex*.

A enumeração *TipoProtecao* contém os todos os tipos de proteção possíveis para redes de transporte, e a classe associativa *TipoProtecaoConexao* estabelece quais desses tipos são permitidos para um determinado tipo de conexão.

5.2.1.7 - Equipamentos

O pacote "Equipamentos" (item B.9 do anexo B) é composto das classes que representam os recursos de equipamentos de rede propriamente ditos. Essas classes permitem a execução pelo administrador da rede dos casos de uso do Pacote "Administrar equipamento", observando-se as regras previamente definidas pelo administrador do inventário. A Figura 77 apresenta as classes necessárias à realização desses casos de uso, inclusive as criadas pelo arquiteto do inventário, destacadas em cinza:

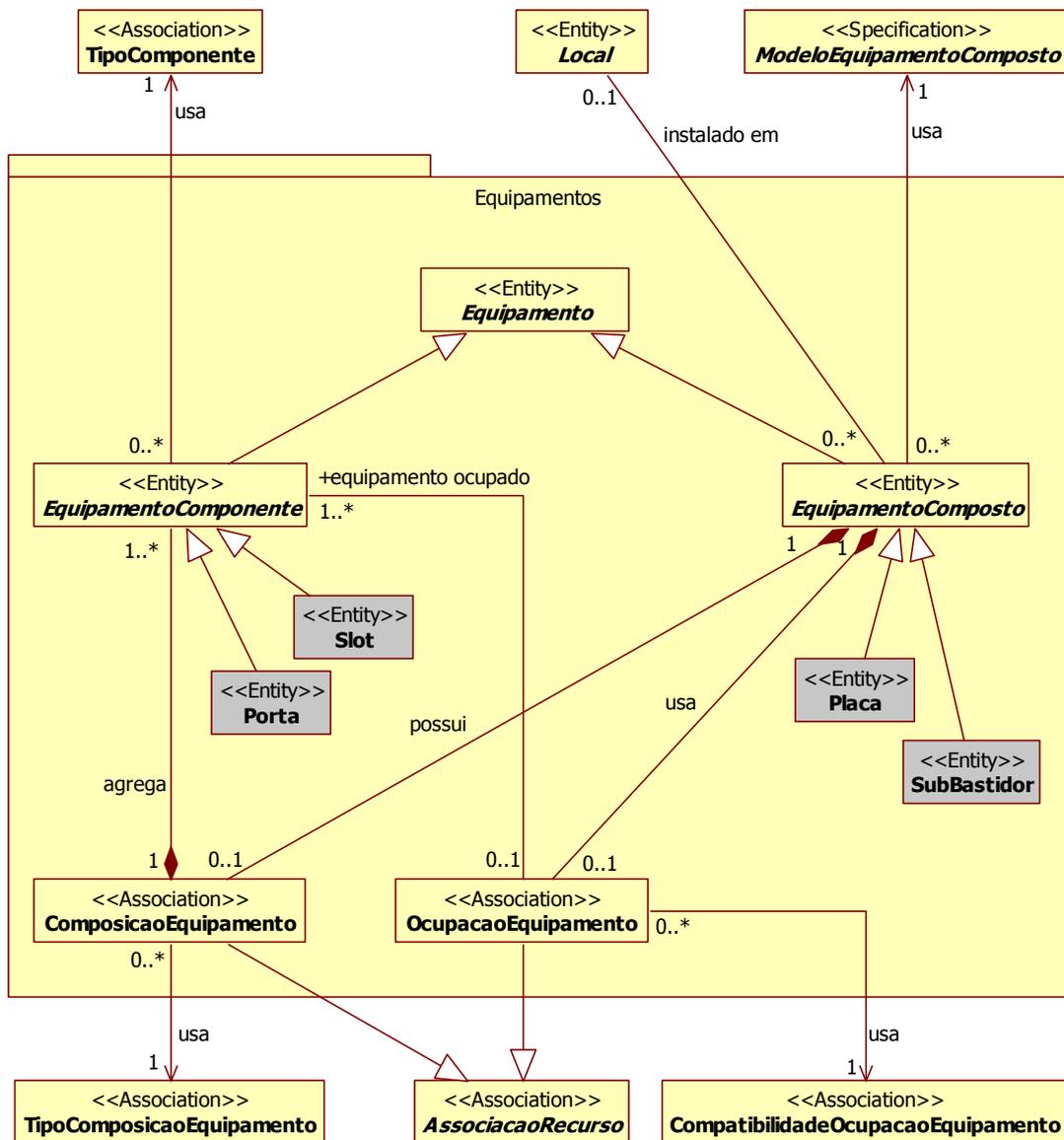


Figura 77: Pacote "Equipamentos"

Um equipamento-raiz deve ser instalado em um local, o que exige a associação entre as classes *EquipamentoComposto* e *Local*.

Um equipamento composto pode ocupar equipamentos componentes, como nos casos de placas que ocupam *slots*. A classe *OcupacaoEquipamento* representa essa associação, e é relacionada a *CompatibilidadeOcupacaoEquipamento* (do Pacote "Modelo de equipamento"), que persiste as regras de compatibilidade previamente criadas pelo administrador do inventário. A associação entre *EquipamentoComponente* e *TipoComponente* serve para

manter a integridade referencial com o tipo de componente definido na regra de compatibilidade de ocupação.

Outra associação entre *EquipamentoComposto* e *EquipamentoComponente* é a de composição, representada pela classe associativa *ComposicaoEquipamento*. Um exemplo de uso é a composição de uma placa por portas. A classe *ComposicaoEquipamento* é associada com a respectiva regra de tipo de composição definida pelo administrador do inventário, representada pela classe *TipoComposicaoEquipamento*.

5.2.1.8 - Conexão ponto-a-ponto

O pacote "Conexão ponto-a-ponto" (item B.10 do anexo B) é composto pelas classes que representam os recursos de conexões ponto-a-ponto propriamente ditos. Essas classes permitem a execução pelo administrador da rede dos casos de uso do Pacote "Administrar conexão ponto-a-ponto", observando-se os tipos de conexão e as respectivas regras de associação previamente definidas pelo administrador do inventário. Assim como no caso dos equipamentos, a criação de instâncias de conexões no inventário representa um subconjunto dos tipos e possibilidades de associação previamente definidas pelo administrador do inventário, nos casos de uso do Pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto". A Figura 78 mostra o diagrama de classes do pacote "Conexão ponto-a-ponto" com exemplos de especializações criadas pelo arquiteto destacadas na cor cinza:

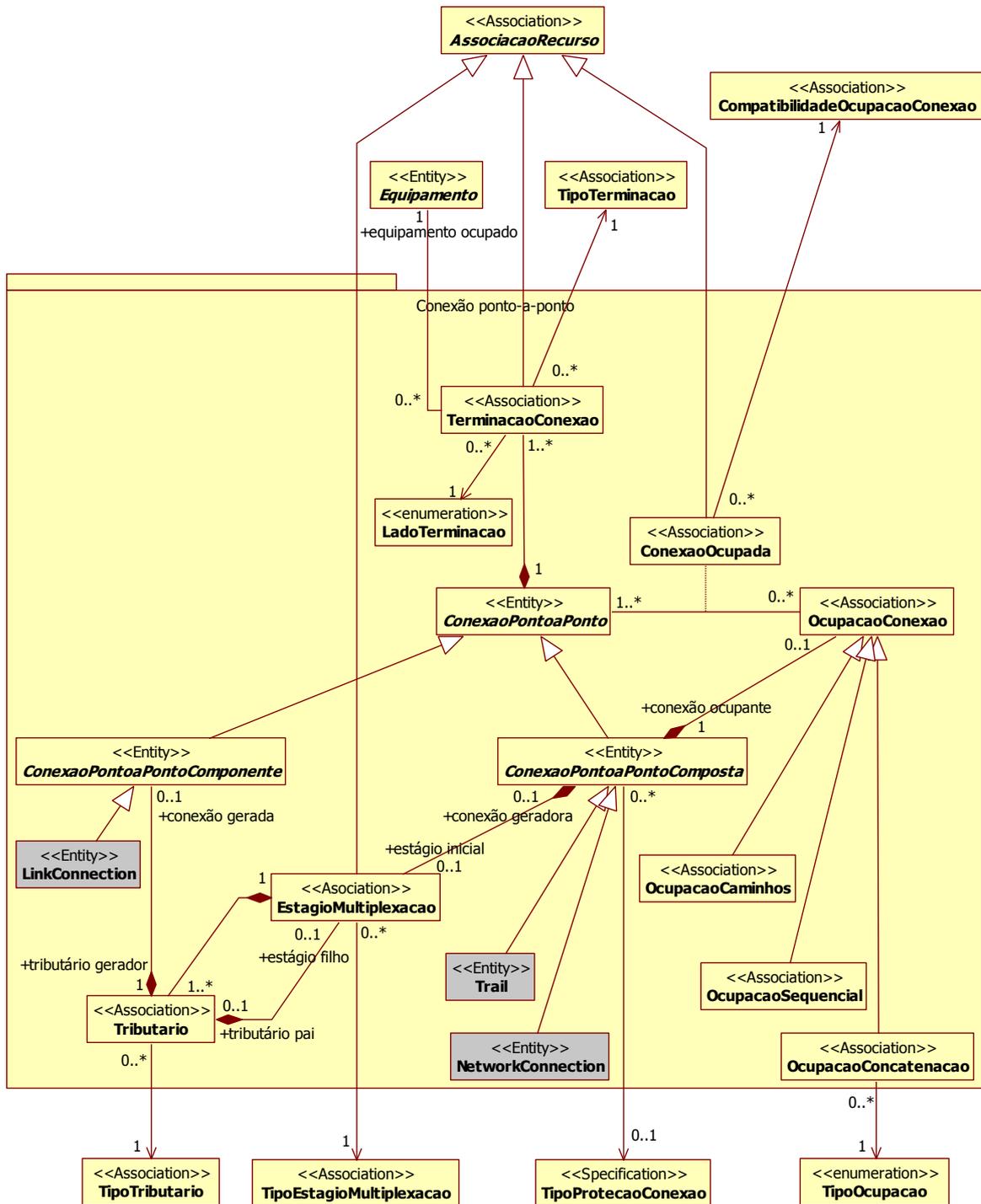


Figura 78: Pacote “Conexão ponto-a-ponto”

Uma conexão composta pode possuir uma ocupação, o que explica a cardinalidade 1:0..1 entre as classes *ConexaoPontoaPontoComposta* e *OcupacaoConexao*. Assim como no modelo de tipos de conexões, as conexões ocupadas tanto podem ser compostas quanto

componentes, e por isso há uma associação entre *OcupacaoConexao* e a superclasse *ConexaoPontoaPonto*. A classe associativa *ConexaoOcupada* serve para indicar que regra de compatibilidade de ocupação definida pelo administrador do inventário está sendo utilizada. Uma conexão composta pode ocupar mais de uma conexão. Os casos em que isso ocorre são:

- Uma *network connection* ocupa várias *link connections* (ocupação do tipo sequencial).
- Um *trail* ocupa mais de uma *network connection* em paralelo para proteção (ocupação de caminhos).
- Um *trail* ocupa mais de uma *network connection* em paralelo para aumento da capacidade de transmissão (ocupação do tipo concatenado).

Além disso, uma conexão pode ser ocupada por mais de uma conexão (i.e., participa passivamente de mais de uma ocupação). Um caso em que isso ocorre é o uso compartilhado de uma *network connection* de proteção por mais de um *trail*. Esses requisitos exigem que a cardinalidade entre as classes *OcupacaoConexao* e *ConexaoPontoaPonto* seja 0..N:1..N.

Para que a aplicação verifique a validade da ocupação de forma adequada ao seu tipo, foram criadas as especializações *OcupacaoCaminhos*, *OcupacaoSequencial* e *OcupacaoConcatenacao*, em que o método de validação definido na superclasse *OcupacaoConexao* foi sobrecarregado. A enumeração *TipoOcupacao* indica qual o tipo de concatenação (virtual ou *flex*) é utilizado em *OcupacaoConcatenacao*.

A associação de *ConexaoPontoaPontoComposta* com a classe associativa *TipoProtecaoConexao* (do pacote “Tipo de conexão ponto-a-ponto”) indica qual dos tipos de proteção permitidos é utilizado pela conexão.

Uma conexão composta pode possuir uma estrutura de multiplexação, o que requer que a classe *ConexaoPontoaPontoComposta* possua uma associação com a classe *EstagioMultiplexacao* (que neste caso representa o estágio inicial). A composição de um estágio por tributários é representada pela associação com cardinalidade 1:1..N, e o acoplamento opcional de outro estágio em um tributário requer uma associação entre essas duas classes, apresentando uma recursividade no modelo para representar uma árvore de multiplexação. Finalmente, em cada um dos tributários finais é gerada uma conexão

componente. Um exemplo de uso de uma estrutura de multiplexação é a representação da geração de *link connections* por um *trail*.

A classe associativa *TerminacaoConexao* guarda a informação de em quais equipamentos a conexão possui pontos de terminação. A enumeração *LadoTerminacao* informa se a terminação é da ponta A ou Z, e a associação com a classe associativa *TipoTerminacao* (do pacote “Modelo de equipamento”) indica qual o tipo de compatibilidade de terminação da conexão no modelo de equipamento utilizado.

5.2.2 - Implementação do protótipo

Como prova de conceito, foi implementado um protótipo do sistema de inventário. Não se trata de um produto acabado, mas apenas o necessário para exercitar o modelo proposto.

O protótipo foi desenvolvido na linguagem Java 1.6 [36] para uso em *web*, seguindo a especificação J2EE [32] e o padrão de projeto MVP [35], uma variação do MVC [33] [34]. Foram utilizadas as seguintes ferramentas no desenvolvimento (todas gratuitas):

- Eclipse 3.6.2 [37]: ambiente integrado de desenvolvimento.
- Tomcat 7.0 [38]: servidor *web*.
- GWT 2.3.0 [39]: pacote que converte código-fonte em Java da parte cliente de um projeto J2EE em programas Javascript a serem executados em navegadores Internet, simplificando o desenvolvimento de sistemas baseados em *web*. Facilita também a serialização de objetos para comunicação AJAX [40] entre a aplicação cliente e o servidor.
- Vaadin 6.7.5 [41]: *framework* construído sobre o GWT. Oferece, além, das vantagens do mesmo, encapsulamento de toda a comunicação entre as partes cliente e servidora, tornando-a totalmente transparente ao desenvolvedor.

- ObjectDB 2.3.3 [43]: sistema gerenciador de bancos de dados orientados por objetos. Oferece uma API JPA [42], o que simplifica bastante a persistência de dados.

5.3 - Validação do modelo

Para a validação do modelo, a metodologia escolhida consiste em estudos de casos que envolvam os tipos de objetos previstos na especificação do projeto, com ênfase nas entidades de transporte e respectivas funções de associação descritas pela recomendação ITU-T G.805. O protótipo implementado será utilizado para comprovar a validade do modelo, utilizando-se exemplos que representam aplicações reais de redes de transporte. Todas as etapas necessárias à representação dos exemplos no sistema devem ser executadas na aplicação cliente como previsto na especificação de casos de uso, sem nenhuma intervenção direta na base de dados e sem carga prévia de informações, isto é, as operações devem ser realizadas da mesma forma que no uso normal de um produto de inventário implantado numa instituição operadora de redes de telecomunicações. As atividades a serem executadas envolvem a modelagem de entidades, cadastro de locais e entidades auxiliares, cadastro de modelos de equipamentos, tipos de conexões e suas regras de associação e finalmente a criação dos recursos de rede destes tipos, de forma que possa ser comprovada a hierarquia de rede representada através de consultas em árvore.

5.3.1 – Metodologia de prova do modelo

A validade do modelo é comprovada em etapas. Como muitas atividades exercidas pelos usuários do inventário são dependentes de outras, as etapas executadas podem complementar a validação de etapas anteriores. Um exemplo é o cadastro de locais, que só pode ser feito corretamente se a etapa de modelagem de entidades de local tiver sido bem sucedida. O código-fonte relativo aos formulários de cadastro, telas de pesquisa, classes de negócio e respectivos métodos de acesso à base de dados é gerado automaticamente pelo sistema na etapa de criação do modelo, tarefa executada pelo arquiteto do inventário através de uma *interface* gráfica.

A sequência de passos a serem executados no inventário pode ser vista na Tabela 21, indicando também as etapas anteriores comprovadas em cada atividade. A comprovação de

sucesso algumas etapas pode requerer a execução de mais de uma etapa posterior, e por isso são referenciadas mais de uma vez na coluna “Atividades validadas”:

Tabela 21: Sequência de casos de uso para validação do modelo

Passo	Atividade	Atividades validadas	Responsável
1	Modelagem das entidades auxiliares		Arquiteto do inventário
2	Modelagem das entidades de local		
3	Modelagem das entidades de equipamentos e seus modelos		
4	Modelagem das entidades de conexões e seus tipos		
5	Cadastro em tabelas auxiliares	1	Administrador do inventário
6	Cadastro de locais	2	
7	Cadastro de modelos de equipamentos componentes	3	
8	Cadastro de tipos de composição de equipamentos	7	
9	Cadastro de modelos de equipamentos compostos, associando-os aos respectivos tipos de composição e compatibilidades de ocupação permitidos	3, 7, 8	
10	Cadastro de tipos de conexões componentes	4	
11	Cadastro de tipos de estágio de multiplexação	10	
12	Cadastro de tipos de conexões compostas, associando-os aos respectivos estágios de multiplexação inicial, compatibilidades de ocupação e tipos de proteção permitidos	4, 10, 11	
13	Instalação dos equipamentos segundo os modelos e regras de compatibilidade de ocupação existentes	3, 6, 7, 8, 9	Administrador da rede
14	Criação das conexões ponto-a-ponto segundo os tipos e regras de compatibilidade de ocupação existentes	4, 10, 11, 12, 13	
15	Consulta à hierarquia das redes	Todas	

5.3.2 – Casos de estudo

Os critérios para escolha de casos de estudo são baseados na exigência de que sejam representados no inventário os seguintes tipos de objetos:

- Entidades auxiliares:
 - Fabricante de equipamento;
 - Tecnologia;
 - Taxa de transmissão.

- Hierarquia de locais:
 - País;
 - Estado;
 - Município;

- Estação.

- Equipamentos:
 - Bastidor;
 - *Slot*;
 - Placa;
 - Porta.

- Entidades topológicas e de transporte (conexões) previstas pelas recomendações ITU-T:
 - *Link*;
 - *Trail*;
 - *Link connection*;
 - *Network connection*;
 - *Subnetwork connection*.

- Associações entre recursos de rede:
 - Funções de processamento de transporte de adaptação: estruturas de multiplexação previstas pelas recomendações ITU-T, incluindo estágios em cascata e multiplexação inversa (concatenação);
 - Ocupação sequencial de *link connections* e *subnetwork connections* por *network connections*;
 - Funções de processamento de transporte de terminação de *trail*: ocupação de *network connections* por *trails*, incluindo proteção por redundância de caminhos;
 - Terminação de conexões em equipamentos.

Os exemplos devem compreender todas as camadas de interesse das redes de transporte escolhidas, desde os componentes físicos (equipamentos) até o último nível de conexões lógicas que suportam os serviços oferecidos à rede cliente.

Foram escolhidos como casos de estudo dois exemplos de aplicação de redes de transporte: um com a tecnologia SDH-NG e outro com a tecnologia OTN, pelos seguintes motivos:

- Além de já estar praticamente sem uso, o modelo que representa a tecnologia de transporte PDH é um subconjunto do modelo das demais tecnologias, e por isso não necessita ser validado;
- Embora não seja a mais moderna, a tecnologia SDH-NG ainda é bastante utilizada, e exige a representação de estruturas de multiplexação com estágios em cascata;
- A tecnologia OTN é a mais recente e compreende em sua camada óptica a multiplexação de comprimentos de onda, referente à tecnologia DWDM.

5.3.2.1 – Rede SDH-NG

O primeiro estudo de caso é da aplicação de uma rede ponto-a-ponto SDH-NG, servindo como transporte a um circuito Ethernet de 10 Mbit/s que liga dois roteadores, como mostra a Figura 79:

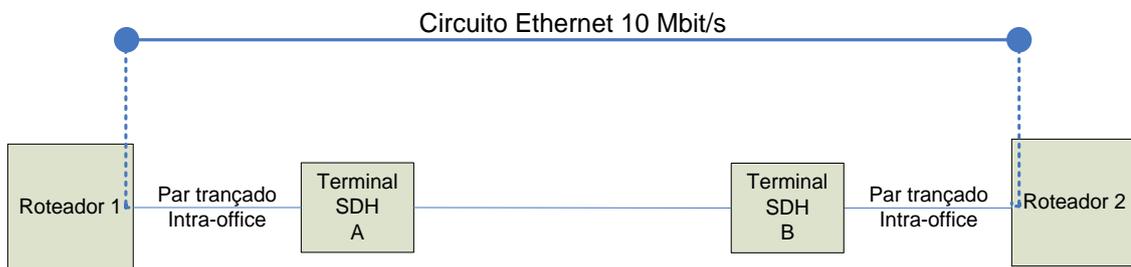


Figura 79: Exemplo de aplicação de uma rede linear SDH-NG

Na Figura 80 pode-se ver o diagrama detalhado do trecho da rede SDH-NG que transporta o circuito da Figura 79. Estão representadas todas as entidades de transporte das camadas de interesse, desde a *link connection* que suporta o circuito Ethernet até o meio físico (fibra óptica), segundo o modelo funcional G.805. Para simplificação, as ligações *intra-office* entre os multiplexadores terminais SDH-NG e os roteadores estão parcialmente representadas, e o circuito Ethernet foi suprimido, assim como as *link connections* sem ocupação. É importante notar a concatenação virtual das cinco *network connections* VC-12 (com taxa aproximada de 2,3 Mbit/s cada uma) para formar o *trail* VC-12-5v, com capacidade suficiente para transportar o circuito de 10 Mbit/s.

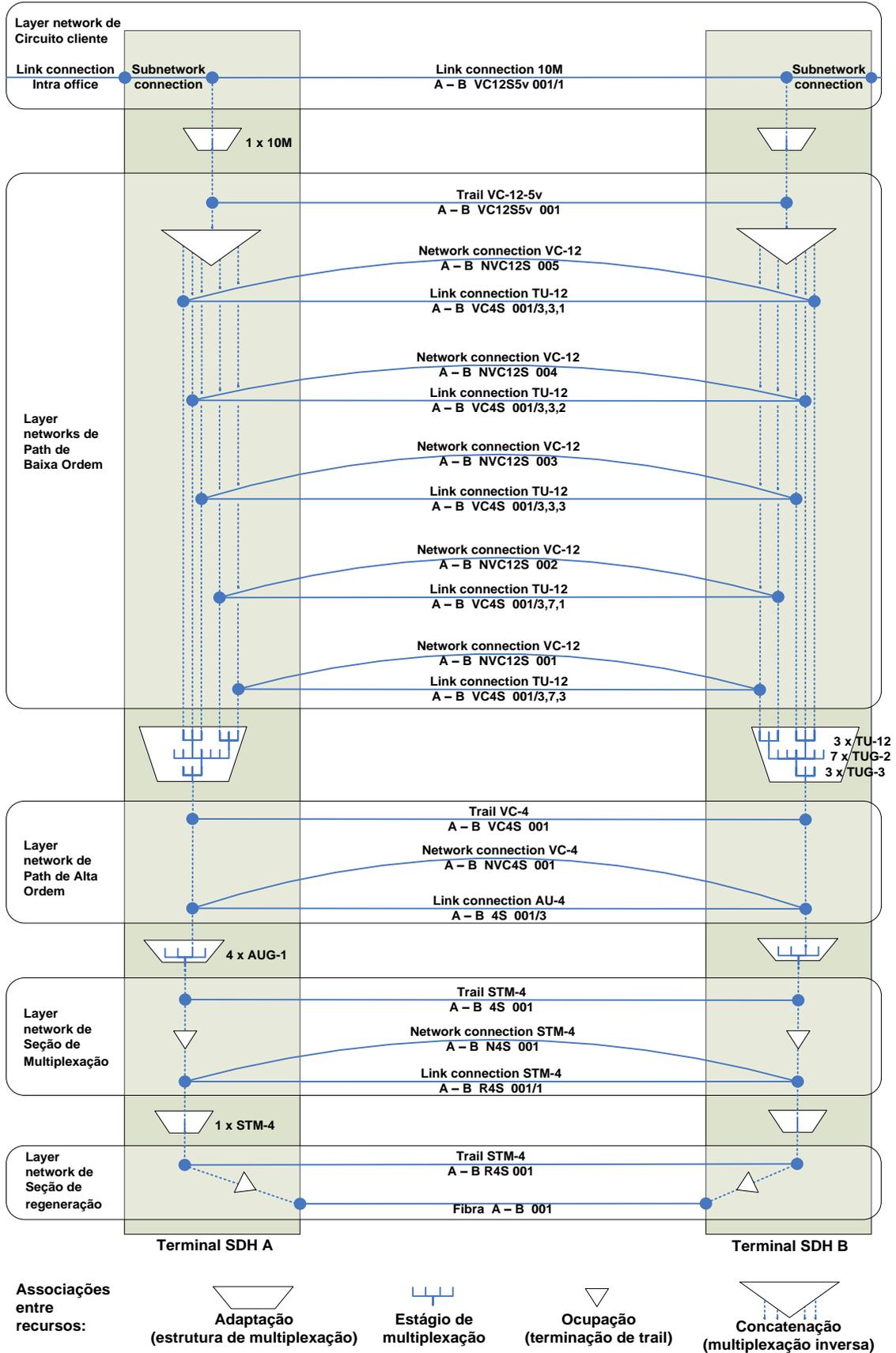


Figura 80: Detalhamento das camadas de um exemplo de rede SDH-NG

5.3.2.2 – Rede OTN

O segundo estudo de caso é da aplicação de uma rede ponto-a-ponto (linear) OTN, com dois multiplexadores terminais, servindo como transporte a um circuito Ethernet de 10 Gbit/s que liga dois roteadores IP, como mostra a Figura 81:

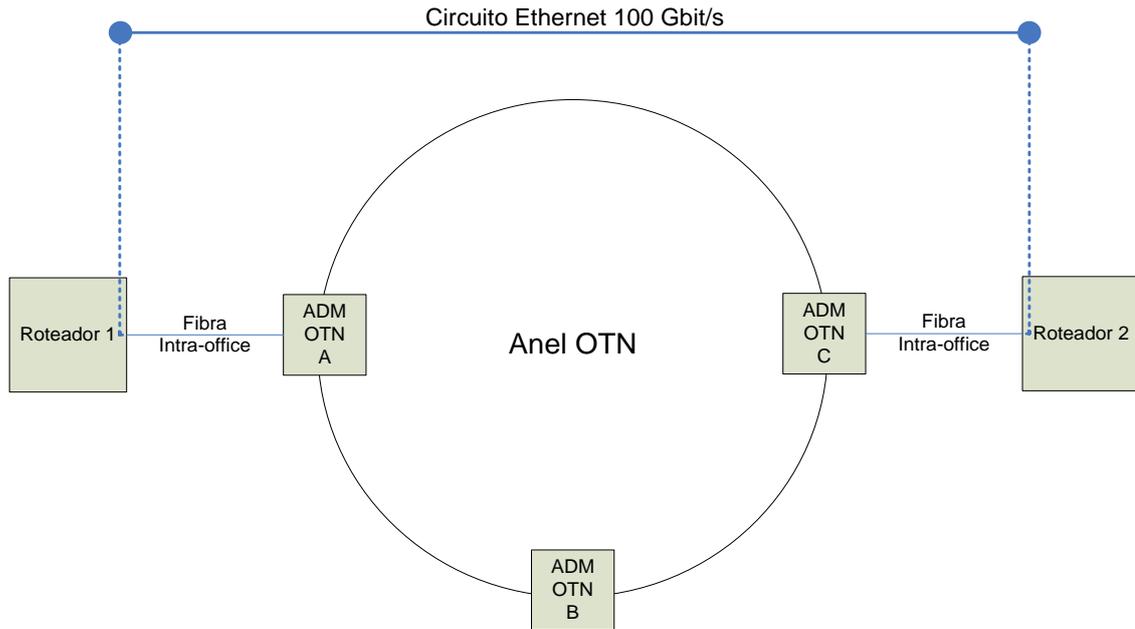


Figura 81: Exemplo de aplicação de uma rede OTN

Na Figura 82 pode-se ver o diagrama detalhado do trecho da rede OTN que transporta o circuito da Figura 81. Estão representadas todas as entidades de transporte das camadas de interesse, desde a *link connection* do tipo OPU4 de baixa ordem que suporta o circuito 100 Gbit/s Ethernet, até o meio físico (fibras ópticas), segundo o modelo funcional G.805. O *trail* de canal óptico que interliga os equipamentos A e C utiliza proteção do tipo 1+1. No equipamento ADM OTN B nota-se a conexão cruzada interna em nível óptico, representada pela *subnetwork connection* que interliga as duas *link connections* do tipo OCC:

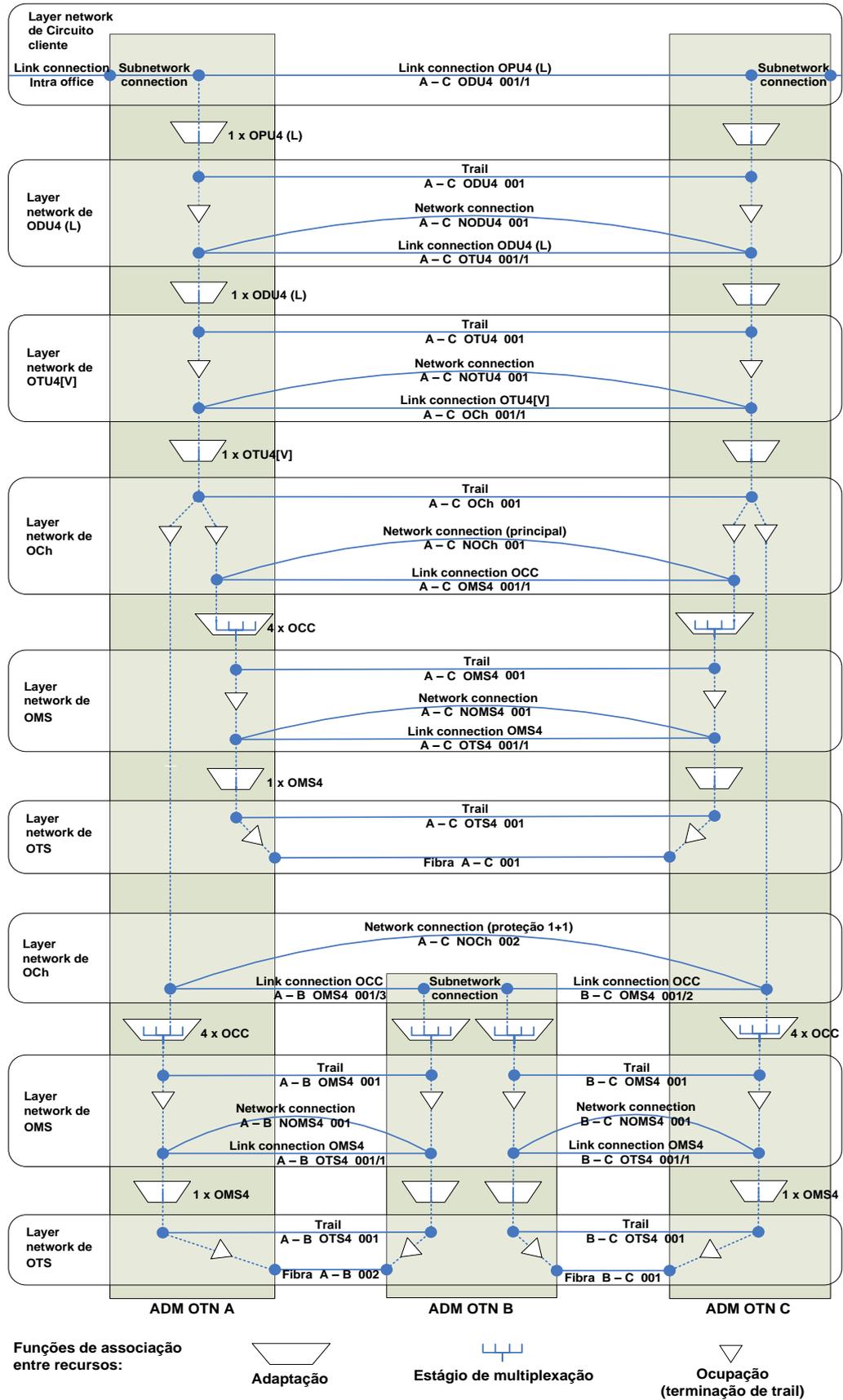


Figura 82: Detalhamento das camadas de um exemplo de rede OTN

5.3.3 – Resultados do teste do protótipo

O Anexo C demonstra os casos de uso referentes a todas as etapas necessárias à representação dos exemplos de redes SDH-NG e OTN escolhidos para a validação do modelo, apresentando com detalhes as telas do sistema e tabelas com os valores necessários ao seu preenchimento.

A execução dos testes comprovou paulatinamente a validade do modelo a cada etapa finalizada. Após o término dos ensaios, a consulta às hierarquias das redes de exemplo apresentaram os resultados esperados pelo teste, como pode ser visto nas figuras 83 e 84:

HIERARQUIA DE REDE	ENTIDADE PRINCIPAL	TIPO RECURSO PRINCIPAL	ENTIDADE SECUNDÁRIA	TIPO RECURSO SECUNDÁRIO
▼ Brasil	País			
▼ RJ	Estado			
▼ Niterói	Município			
▼ UFFENGG	Estação			
▼ Terminal SDH A (2 x Agregado STM + 2 x Tributário)	Bastidor	ALUZ S1		
▼ A1 : Terminal SDH A / A1 (1 x STM-4)	Slot	Agregado STM	Placa	1 x STM-4
▼ 1 : Fibra A – B 001	Porta	STM-4	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras
▼ A – B R4S 001 (1 x STM-4)	Trail	STM-4 (RS)		
▼ 1 : A – B R4S 001/1 : A – B N4S 001	Link connection	STM-4	Network connection	STM-4
▼ A – B 4S 001 (4 x AUG-1)	Trail	STM-4 (MS)		
1 : A – B 4S 001/1	Link connection	AU-4		
2 : A – B 4S 001/2	Link connection	AU-4		
▼ 3 : A – B 4S 001/3 : A – B NVC4S 001	Link connection	AU-4	Network connection	VC-4
▼ A – B VC4S 001 (3 x TUG-3)	Trail	VC-4		
1 : A – B VC4S 001/1	Link connection	TU-3		
2 : A – B VC4S 001/2	Link connection	TU-3		
▼ 3 : (7 x TUG-2)				
1 : A – B VC4S 001/3,1	Link connection	TU-2		
2 : A – B VC4S 001/3,2	Link connection	TU-2		
▼ 3 : (3 x TU-12)				
▼ 1 : A – B VC4S 001/3,3,1 : A – B NVC12S 005	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
▼ 2 : A – B VC4S 001/3,3,2 : A – B NVC12S 004	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
▼ 3 : A – B VC4S 001/3,3,3 : A – B NVC12S 003	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
4 : A – B VC4S 001/3,4	Link connection	TU-2		
5 : A – B VC4S 001/3,5	Link connection	TU-2		
6 : A – B VC4S 001/3,6	Link connection	TU-2		
▼ 7 : (3 x TU-12)				
▼ 1 : A – B VC4S 001/3,7,1 : A – B NVC12S 002	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
2 : A – B VC4S 001/3,7,2	Link connection	TU-12		
▼ 3 : A – B VC4S 001/3,7,3 : A – B NVC12S 001	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
4 : A – B 4S 001/4	Link connection	AU-4		
A2 :	Slot	Agregado STM		
T1 :	Slot	Tributário		
T2 :	Slot	Tributário		

Figura 83: Hierarquia *bottom-up* da rede SDH-NG cadastrada

HIERARQUIA DE REDE	ENTIDADE PRINCIPAL	TIPO RECURSO PRINCIPAL	ENTIDADE SECUNDÁRIA	TIPO RECURSO SECUNDÁRIO
▼ADM OTN A (2 x Agregado WDM + 2 x Tributário)	Bastidor	ZO2		
▼ Agregado East: ADM OTN A / Agregado East (1 x DWDM)	Slot	Agregado WDM	Placa	1 x DWDM
▼ 1: Fibra A – B 002	Porta	DWDM	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras
▼ A – B OTS4 001 (1 x OMS4)	Trail	OTS4		
▼ 1: A – B OTS4 001/1 : A – B NOMS4 001	Link connection	OMS4	Network connection	OMS4
▼ A – B OMS4 001 (4 x OCC)	Trail	OMS4		
1: A – B OMS4 001/1	Link connection	OCC		
2: A – B OMS4 001/2	Link connection	OCC		
▼ 3: A – B OMS4 001/3 : A – C NOCh 002	Link connection	OCC	Network connection	OCh
▼ A – C OCh 001 (1 x OTU4)	Trail	OCh		
▼ 1: A – C OCh 001/1 : A – C NOTU4 001	Link connection	OTU4	Network connection	OTU4
▼ A – C OTU4 001 (1 x ODU4)	Trail	OTU4		
▼ 1: A – C OTU4 001/1 : A – C NODU4 001	Link connection	ODU4	Network connection	ODU4
▼ A – C ODU4 001 (1 x OPU4)	Trail	ODU4		
1: A – C ODU4 001/1	Link connection	OPU4		
4: A – B OMS4 001/4	Link connection	OCC		
▼ Agregado West: ADM OTN A / Agregado West (1 x DWDM)	Slot	Agregado WDM	Placa	1 x DWDM
▼ 1: Fibra A – C 001	Porta	DWDM	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras
▼ A – C OTS4 001 (1 x OMS4)	Trail	OTS4		
▼ 1: A – C OTS4 001/1 : A – C NOMS4 001	Link connection	OMS4	Network connection	OMS4
▼ A – C OMS4 001 (4 x OCC)	Trail	OMS4		
▼ 1: A – C OMS4 001/1 : A – C NOCh 001	Link connection	OCC	Network connection	OCh
▼ A – C OCh 001 (1 x OTU4)	Trail	OCh		
▼ 1: A – C OCh 001/1 : A – C NOTU4 001	Link connection	OTU4	Network connection	OTU4
▼ A – C OTU4 001 (1 x ODU4)	Trail	OTU4		
▼ 1: A – C OTU4 001/1 : A – C NODU4 001	Link connection	ODU4	Network connection	ODU4
▼ A – C ODU4 001 (1 x OPU4)	Trail	ODU4		
1: A – C ODU4 001/1	Link connection	OPU4		
2: A – C OMS4 001/2	Link connection	OCC		
3: A – C OMS4 001/3	Link connection	OCC		
4: A – C OMS4 001/4	Link connection	OCC		
Trib 1:	Slot	Tributário		
Trib 2:	Slot	Tributário		

Figura 84: Hierarquia *bottom-up* da rede OTN vista a partir do equipamento ADM OTN A

Capítulo 6

Conclusão

Diante dos resultados dos exercícios de modelagem de regras e representação dos exemplos de redes SDH-NG e OTN realizados no sistema, é possível concluir que o modelo de classes atende aos requisitos funcionais detalhados no Capítulo 5, cumprindo todas as necessidades levantadas. Foi obtido sucesso na representação de equipamentos, entidades de transporte que compõem as camadas de rede (*trails*, *network connections*, *subnetwork connections* e *link connections*), funções de terminação de *trail*, proteção de *trail* e adaptação, incluindo multiplexação e multiplexação inversa (concatenação virtual).

Foi também demonstrado que as recomendações ITU-T continuam a fornecer um excelente arcabouço de modelo funcional para redes de transporte, e que é possível combiná-lo de forma eficiente com a extensão proposta para o modelo-núcleo SID do TMForum, tornando o *software* tão ou mais avançado que os produtos comerciais no que tange à aderência aos padrões de mercado.

A flexibilidade oferecida pelo uso de metadados com construção automática de código-fonte parametrizada pelo arquiteto do sistema facilita bastante a adaptação do sistema a uma vasta gama de necessidades de instituições administradoras de redes, tornando sua implantação rápida e com custo baixo. Além disso, o modelo mostra-se versátil o suficiente para representar diversas tecnologias de redes de transporte, não estando preso às dos exercícios apresentados, pois os comportamentos dos diversos tipos de componentes funcionais que representam entidades de transporte e respectivas funções de processamento previstos pelas

recomendações ITU-T estudadas foram identificados e modelados. Embora as funcionalidades de definição de regras pelo administrador do inventário (apoiadas pelo conceito de metadados modelados pelo arquiteto e pela geração automática de código fonte) exijam um esforço preliminar, oferecem a grande vantagem de possibilitar a expansão do sistema de forma a acomodar o modelo de novas tecnologias de redes de transporte que venham a surgir, com pouca ou mesmo nenhuma codificação. Esta característica confere ao sistema custos muito menores do que os exigidos pelos produtos de mercado, visto que não é necessária a aquisição de módulos específicos por tecnologia e nem codificação personalizada para implementar regras já nativas.

A divisão de responsabilidades das funcionalidades do sistema em três perfis de usuários é uma característica bastante positiva. As tarefas a serem executadas por cada um dos perfis são bastante distintas e adequadas ao tipo de conhecimento e experiência desses grupos de profissionais. A definição do modelo deve ser realizada pelo arquiteto, demandando conhecimentos de análise de sistemas, predominantemente na área de modelos de classes, e obviamente envolve alguma participação da equipe de engenharia. A esta equipe (administradores do inventário), cabe primordialmente o estudo de modelos de equipamentos e tecnologias de redes de transporte para a definição de regras no sistema. Após a implantação e configuração inicial do inventário, esse pequeno grupo especializado só deve atuar no sistema para a modelagem de tipos de recursos de rede que venham a ser adquiridos e ainda não estão representados nos modelos. Todo esse trabalho inicial desonera os administradores da rede de funções que não sejam pura e simplesmente utilizar no cotidiano gabaritos para construir a representação dos componentes da rede, com a minimização de ocorrências de erros devido à validação automática dos projetos pelo *software* e ao direcionamento aos caminhos corretos segundo as regras pré-estabelecidas.

Outro benefício do inventário unificado de redes de transporte é possibilitar a implementação de melhorias significativas nas atividades pertinentes à administração e operação das redes, como:

- Facilitação do planejamento e provisionamento de recursos, já que os projetos podem ser criados numa base de dados centralizada antes da sua execução.

- Otimização do uso dos recursos da rede, pois a escolha de caminhos é feita de forma muito mais simples num sistema único.
- Simplificação da correlação automatizada de alarmes da rede, visto que não é preciso consultar informações em inventários de sistemas de gerência com modelos e interfaces distintas.

Mesmo não sendo o cerne desta dissertação, é gratificante constatar que as ferramentas de desenvolvimento de *software* utilizadas no projeto mostram-se bastante úteis na implementação de protótipos *Web* baseados em J2EE, com grande produtividade de programação, e sem violar os conceitos modernos de engenharia de *software*. Os pacotes utilizados (todos gratuitos) permitiram uma codificação quase que exclusivamente em linguagem Java, com a exceção de poucos trechos de código escritos em JPQL [58] (linguagem baseada em Java para acesso a bancos de dados). Os requisitos não funcionais foram plenamente satisfeitos, pois o *software* foi executado em um navegador Internet sem nenhum *plug-in* instalado, e sem o alto consumo de recursos de *hardware* da máquina cliente exigido por tecnologias como Applets Java [59].

Sugestões para trabalhos futuros:

O objetivo do projeto foi criar um modelo básico para a representação de recursos de rede baseado em de regras parametrizáveis de inventário. Ainda há bastante o que evoluir de forma a torná-lo um concorrente à altura dos produtos de mercado. Algumas sugestões são:

- O modelo de metadados atual permite que o arquiteto crie modelos com associações 1:N entre entidades. Para ser mais genérico, poderia permitir também cardinalidades M:N.
- Para uma administração mais organizada da rede, deve ser possível a criação de projetos com agrupamento de recursos em itens.
- Com o objetivo acompanhar o ciclo de vida dos recursos da rede desde o planejamento até a sua desativação, podem ser definidas máquinas de estados de provisionamento para os

mesmos. As transições entre estados podem ser disparadas por ações nos itens de projeto associados.

- Excetuando-se os casos de ocupação de recursos em esquemas de proteção 1:N e M:N por *trails* extra-tráfego de baixa prioridade, no modelo de terminação de *trails* utilizado neste projeto, um recurso ocupa totalmente os recursos que o suportam. Para expandir o sistema de forma a representar também as redes de pacotes (com ganho estatístico), é necessário permitir que uma *network connection* suporte mais de um *trail* simultaneamente. Pode-se também limitar e priorizar essa ocupação múltipla, criando-se um controle do uso da banda de transmissão do recurso de suporte através da atribuição de classes de serviço.
- Para que o sistema seja mais abrangente, deve ser permitida a modelagem de conexões unidirecionais, com validação que garanta que o sentido de transmissão das *link connections* e *subnetwork connections* que formam uma *network connection* é o mesmo. Dessa forma, é possível controlar melhor a modelagem de circuitos assimétricos e meios de transmissão unidirecionais.
- A modelagem de estruturas mais complexas do que conexões ponto-a-ponto é uma funcionalidade útil a ser implementada. Um bom exemplo são as conexões multiponto. Outras entidades relevantes são os diversos tipos de topologias (anel, linear, estrela e malha), formadas pelo agrupamento de equipamentos e conexões.

Anexo A

Especificação de casos de uso

Este anexo apresenta a especificação detalhada dos casos de uso dos pacotes mencionados no Capítulo 5. Os casos de uso foram identificados segundo as técnicas mencionadas em [31] e documentados conforme os padrões definidos em [29] e [30].

A.1 - Pacote “Modelar inventário”

O diagrama de casos de uso do pacote "Modelar inventário" é ilustrado pela Figura 85:

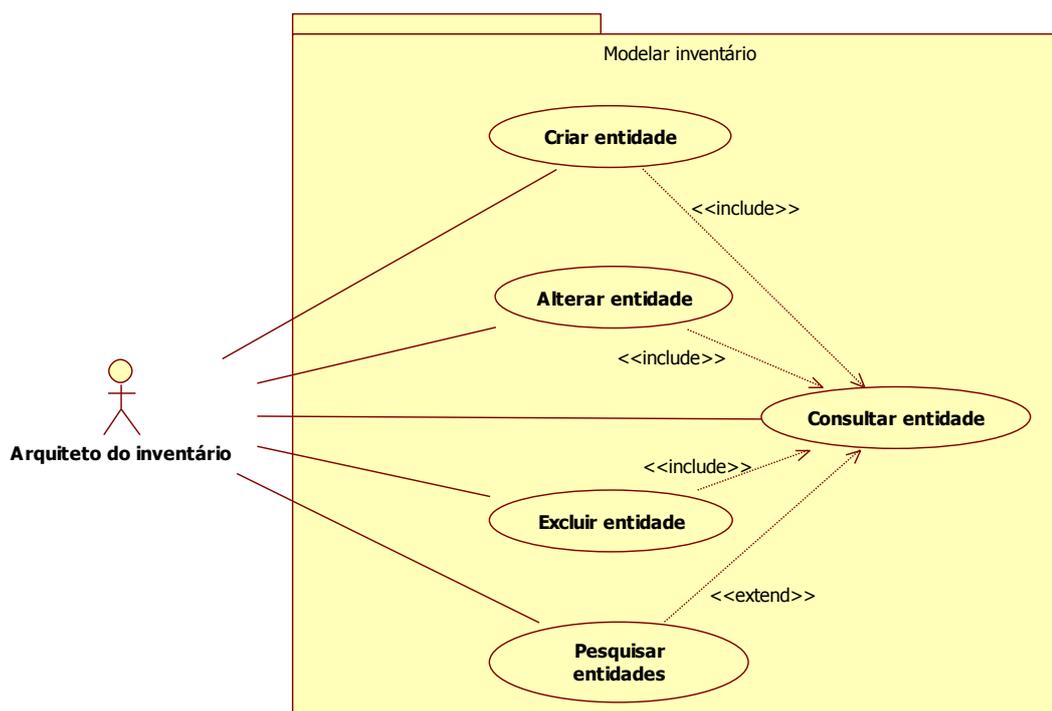


Figura 85: Casos de uso do pacote “Modelar inventário”

A.1.1 - Caso de Uso “Criar entidade”

Ator principal:

Arquiteto do inventário.

Pré-condições:

Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil “Arquiteto do inventário”.

Iniciado por:

Usuário solicita criação de entidade.

Cenário principal:

1. O sistema segue para o caso de uso “Consultar entidade”.
2. No caso de uso “Consultar entidade”, o usuário seleciona a entidade que será a mãe (superclasse) da entidade a ser criada.
3. O sistema apresenta os atributos, chaves de pesquisa e associações herdados da entidade-mãe.
4. Usuário especifica a nova entidade, acrescentando atributos (inclusive para pesquisas) e associações com outras entidades.
5. Usuário solicita criação da entidade.
6. Sistema cria entidade segundo a especificação.
7. Sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

4a. A entidade a ser criada pelo usuário é especialização da entidade nativa “Local” (isto é verificado pela entidade mãe):

4a1. O usuário informa qual entidade é o seu local pai, e se aceita ou não a instalação de equipamentos.

4a2. O caso de uso continua a partir do passo 4.

4b. A entidade informada pelo usuário é especialização da entidade nativa “Recurso de rede”:

4b1. O usuário informa se a entidade é do tipo recurso-raiz.

4b2. O usuário informa se a entidade é do tipo recurso componente.

4b3. A partir da entidade mãe da entidade principal, o sistema identifica a sua entidade de tipo de recurso de rede associada, e apresenta os atributos e associações herdados da mesma e de suas superclasses.

4b4. O usuário especifica a entidade de tipo associada à entidade principal a ser criada, acrescentando atributos, chaves de pesquisa e associações com outras entidades.

4b5. Usuário solicita criação das entidades principal e de tipo de recurso.

4b6. Sistema cria as entidades segundo a especificação.

4b7. Sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

5c. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

5c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5c2. O caso de uso retorna ao passo 4.

5d. Já existe entidade com o mesmo nome:

5d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5d2. O caso de uso retorna ao passo 4.

5e. Existem atributos, ou associações na entidade com o mesmo nome:

5e1. Sistema exibe mensagem de erro.

5e2. O caso de uso retorna ao passo 4.

Obs.: Os cenários de exceção também se aplicam à entidade de tipo de recurso de rede associada à entidade principal.

A.1.2 - Caso de Uso “Consultar entidade”

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

Usuário deve iniciar sessão na aplicação.

Iniciado por:

Usuário solicita consulta de entidade.

Cenário principal:

1. Usuário informa nome da entidade a ser consultada.

2. Usuário solicita consulta à entidade.
3. Sistema apresenta os dados da entidade, seus atributos, chaves de pesquisa e associações da entidade e das entidades da qual a entidade consultada é especialização, mesmo que indireta.

Cenários alternativos:

1a. Usuário não sabe o nome da entidade:

- 1a1.** Usuário solicita pesquisa de entidades.
- 1a2.** Sistema segue para o caso de uso “Pesquisar entidades”.
- 1a3.** Após pesquisa, o usuário seleciona entidade na lista de resultado.
- 1a4.** Caso de uso continua a partir do passo 2.

3b. A entidade informada pelo usuário no passo 1 é especialização da entidade nativa “Recurso de rede”:

- 3b1.** Além das informações da entidade principal, o sistema apresenta as da entidade de tipo de recurso de rede associada.

Cenário de exceção:

3c. Sistema não encontra na base de dados entidade com o nome informado no passo 1:

- 3c1.** Sistema apresenta mensagem de erro.

A.1.3 - Caso de Uso “Pesquisar entidades”

Ator principal:

Arquiteto do inventário.

Pré-condições:

Usuário deve iniciar sessão na aplicação.

Iniciado por:

Usuário solicita pesquisa de entidades.

Cenário principal:

1. Usuário solicita pesquisa de entidades.
2. Sistema apresenta árvore de entidades do sistema, ligadas por sua relação de especialização (herança).

A.1.4 - Caso de Uso “Alterar entidade”**Ator principal:**

Arquiteto do inventário.

Pré-condições:

Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil “Arquiteto do inventário”.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar entidade".

Cenário principal:

1. O usuário altera os dados da entidade consultada, podendo também incluir, alterar ou excluir atributos, chaves de pesquisa e associações, desde que não sejam de superclasses da entidade.
2. Usuário solicita alteração da entidade.
3. Sistema altera a entidade.
4. Sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. A entidade é especialização da entidade nativa “Recurso de rede”:

1a1. Além da entidade principal, o usuário faz alterações na entidade de tipo de recurso de rede.

1a2. Usuário solicita alteração das entidades principal e de tipo de recurso de rede.

1a3. Sistema altera as entidades segundo a nova especificação.

1a4. Sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

3b. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3b2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3c. Existe outra entidade com nome igual ao novo nome da entidade alterada:

3c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3c2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3d. Existem atributos ou associações na entidade com o mesmo nome:

3d1. Sistema exibe mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1.

Obs.: Os cenários de exceção acima aplicam-se também à entidade de tipo de recurso de rede associada à entidade principal, quando for o caso.

3e. Usuário selecionou uma entidade local como pai da entidade do tipo “Local”, e existe na base de dados alguma instância da entidade a ser alterada que não possui local pai associado:

3e1. Sistema exibe mensagem de erro.

3e2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3f. Usuário alterou a entidade de local pai, e existe na base de dados alguma instância da entidade a ser alterada que possui local pai diferente do novo tipo.

3f1. Sistema exibe mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3g. Usuário retirou da entidade do tipo “Local” a possibilidade de aceitar equipamento, e existe na base de dados alguma instância da entidade a ser alterada que possui equipamento associado.

3g1. Sistema exibe mensagem de erro.

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3h. Usuário retirou da entidade do tipo “Recurso de rede” a marcação de "Recurso componente", e existe na base de dados algum tipo de recurso da entidade a ser alterada que possui associação do tipo composição com outro tipo de recurso de rede (ou seja, o tipo de recurso a ser excluído é componente de outro tipo de recurso).

3h1. Sistema exibe mensagem de erro.

3h2. O caso de uso retorna ao passo 1a1.

3i. Usuário marcou a entidade do tipo “Recurso de rede” como recurso componente, e existe na base de dados alguma instância da entidade a ser alterada que não possui associação do tipo composição com outro objeto (ou seja, a instância não é componente de nenhum outro objeto).

3i1. Sistema exibe mensagem de erro.

3i2. O caso de uso retorna ao passo 1a1.

3j. Usuário retirou de uma entidade especialização de “Conexão ponto-a-ponto” a marcação de recurso-raiz, e existe na base de dados alguma instância da entidade a ser alterada que não possui uma conexão mãe.

3j1. Sistema exibe mensagem de erro.

3j2. O caso de uso retorna ao passo 1a1.

3k. Usuário retirou de uma entidade especialização de “Equipamento” a marcação de recurso-raiz, e existe na base de dados alguma instância da entidade a ser alterada que não possui um equipamento pai.

3k1. Sistema exibe mensagem de erro.

3k2. O caso de uso retorna ao passo 1a1.

A.1.5 - Caso de Uso “Excluir entidade”**Ator principal:**

Arquiteto do inventário.

Pré-condições:

Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil “Arquiteto do inventário”.

Iniciado por:

Caso de uso “Consultar entidade”.

Cenário principal:

1. Usuário solicita exclusão da entidade consultada.
2. Sistema exclui a entidade.
3. Sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

2a. A entidade é especialização da entidade nativa “Recurso de rede”:

2a1. Além da entidade principal, o sistema exclui também a entidade de tipo de recurso de rede associada.

2a2. Sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

2b. Existe pelo menos uma entidade que é especialização da entidade a ser excluída.

2b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2c. Entidade é especialização da entidade nativa "Local", e existe especificação de outra entidade do tipo local cujo pai é a entidade a ser excluída.

2c1. Sistema exibe mensagem de erro.

2d. Entidade é especialização da entidade nativa "Local", e existe na base de dados instância de equipamento associado a uma instância da entidade a ser excluída.

2d1. Sistema exibe mensagem de erro.

2e. Entidade é especialização da entidade nativa "Recurso de rede", e existe na base de dados tipo de recurso associado à especificação de entidade a ser excluída.

2e1. Sistema exibe mensagem de erro.

2f. Existe outra entidade que possui associação (chave estrangeira) para a entidade a ser excluída.

2f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2g. Existe instância da entidade a ser excluída na base de dados.

2g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

A.2 - Pacote "Manter tabela auxiliar"

O diagrama de casos de uso do pacote "Manter tabela auxiliar" é ilustrado pela Figura 86:

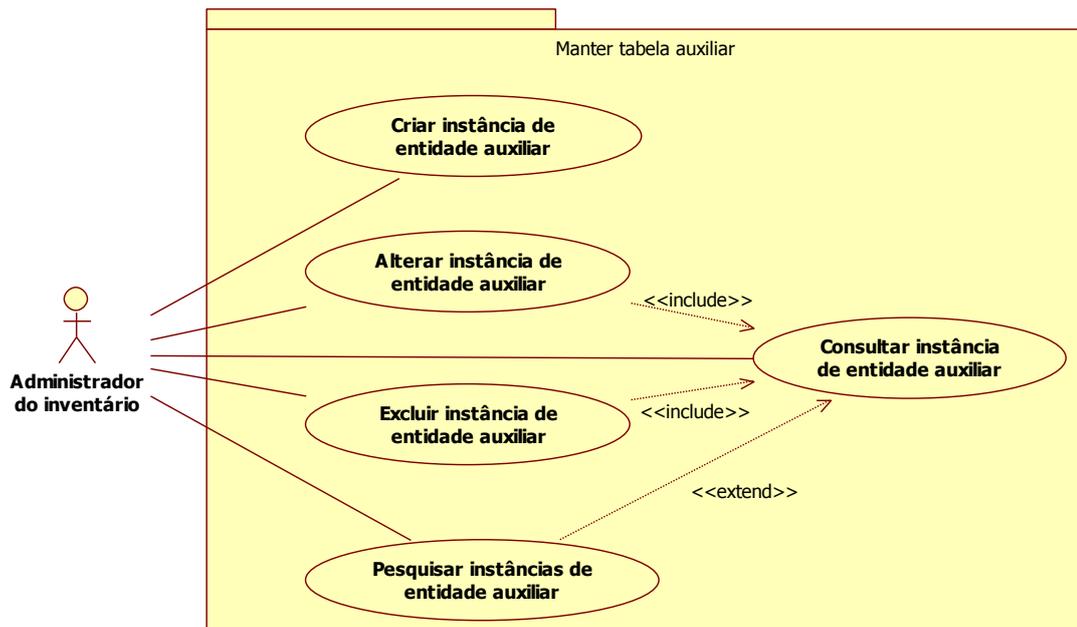


Figura 86: Casos de uso do pacote “Manter tabela auxiliar”

A.2.1 - Caso de uso "Criar instância de entidade auxiliar"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. A entidade especialização de entidade auxiliar deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade", assim como as entidades com as quais a entidade a ser mantida possui associação.
3. As entidades associadas citadas na pré-condição 2 devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas, caso a associação seja obrigatória.

Iniciado por:

Usuário solicita criação de instância de entidade auxiliar.

Cenário principal:

1. O usuário informa os dados da instância da entidade auxiliar, fornecendo valores para os atributos conforme as suas definições de nome, tipo, comprimento e obrigatoriedade feitas nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário solicita criação da instância.
3. O sistema cria a instância definida pelo usuário.
4. O sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenário alternativo:

1a. A entidade auxiliar possui associação com outra entidade qualquer:

1a1a. O usuário sabe o nome da instância a ser associada:

1a1a1. O usuário informa o nome da instância a ser associada.

1a1b. O usuário não sabe o nome da instância a ser associada:

1a1b1. O usuário aciona o caso de uso "Consultar <nome da entidade associada>".

1a1b2. O usuário informa o nome da instância consultada para a associação.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3b. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3b2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3c. Nome da instância associada informado no passo 1a1a1 não foi encontrado na base de dados.

3c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3c2. O caso de uso retorna ao passo 1a.

3d. Já existe instância de entidade auxiliar com o nome da nova instância.

3d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.2.2 - Caso de uso "Consultar instância de entidade auxiliar"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade especialização de entidade auxiliar deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema no casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade especialização de entidade auxiliar deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita consulta de instância de entidade auxiliar.

Cenário principal:

1. Usuário informa nome da instância da entidade auxiliar a ser consultada.
2. Usuário solicita consulta da instância.
3. Sistema apresenta os dados da instância, com os valores de seus atributos e associações com outras instâncias de entidades quaisquer.

Cenário alternativo:

1a. Usuário não sabe o nome da instância a ser consultada:

1a1. O usuário aciona o caso de uso "Pesquisar instâncias de entidade auxiliar".

1a2. Usuário seleciona instância da lista de resultados da pesquisa.

1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

Cenário de exceção:

3b. Nome da instância informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados.

3b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3b2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.2.3 - Caso de uso "Pesquisar instâncias de entidade auxiliar"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade especialização de entidade auxiliar deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade especialização de entidade auxiliar deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita pesquisa de instâncias de entidade auxiliar.

Cenário principal:

1. O usuário informa os parâmetros de pesquisa que desejar, dentre os definidos pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário solicita a pesquisa.

3. O sistema apresenta uma lista com as instâncias que estão de acordo os parâmetros de pesquisa.

Cenários de exceção:

- 3a. O usuário não informou nenhum parâmetro de pesquisa:

- 3a1. Sistema apresenta a mensagem "É obrigatório informar ao menos um parâmetro de pesquisa".

- 3a2. O caso de uso retorna ao passo 1.

- 3b. Pesquisa não encontra nenhuma instância de acordo com os parâmetros.

- 3b1. Sistema apresenta mensagem de insucesso.

A.2.4 - Caso de uso "Alterar instância de entidade auxiliar"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. A entidade especialização de entidade auxiliar deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade", assim como as entidades com as quais a entidade a ser mantida possui associação.
3. As entidades referenciadas citadas na pré-condição 2 devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas, caso a associação seja obrigatória.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar instância de entidade auxiliar".

Cenário principal:

1. O usuário altera os valores dos atributos da instância consultada.
2. Usuário solicita alteração da entidade.
3. O sistema altera a entidade.
4. O sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenário alternativo:

1a. O usuário deseja alterar uma associação com a instância de uma entidade qualquer:

1a1. O usuário informa o nome da nova instância associada, podendo acionar o caso de uso "Consultar <nome da entidade associada>" para ajuda.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3b. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3b2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3c. Nome da instância associada informado no passo 1a1 não foi encontrado na base de dados.

3c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3c2. O caso de uso retorna ao passo 1a1.

3d. Já existe instância de entidade auxiliar com o novo nome da instância alterada.

3d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.2.5 - Caso de uso "Excluir instância de entidade auxiliar"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

O usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar instância de entidade auxiliar".

Cenário principal:

1. Usuário solicita a exclusão da instância consultada.
2. Sistema exclui a instância solicitada pelo usuário.
3. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

2a. Existe instância de qualquer entidade que possui associação (chave estrangeira) para a instância a ser excluída.

2a1. Sistema apresenta mensagem de erro.

A.3 - Pacote "Manter tabela de local"

O diagrama de casos de uso do pacote "Manter tabela de local" pode ser vistos na Figura 87:

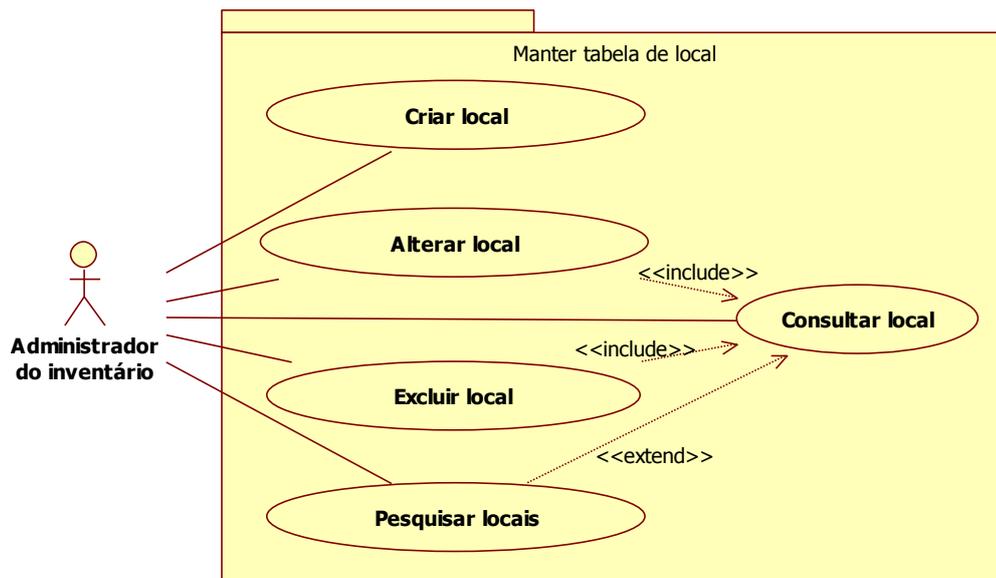


Figura 87: Casos de uso do pacote “Manter tabela de local”

A.3.1 - Caso de uso "Criar local"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. A entidade especialização de local deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade", assim como as entidades com as quais o local a ser mantida possui associação.
3. As entidades associadas citadas na pré-condição 2 devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas, caso a associação seja obrigatória.

Iniciado por:

Usuário solicita criação de local.

Cenário principal:

1. O usuário informa os dados da instância da entidade de local, fornecendo valores para os atributos conforme as suas definições de nome, tipo, comprimento e obrigatoriedade feitas nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário solicita criação do local.
3. O sistema cria o local definido pelo usuário.
4. O sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:**1a.** A entidade de local possui associação com outra entidade qualquer:

1a1. O usuário informa o nome da instância a ser associada, podendo acionar o caso de uso "Consultar <nome da entidade associada>" para ajuda.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1b. O local deve possuir um local pai, conforme definição da sua entidade nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

1b1. O usuário informa o nome do local pai, podendo acionar o caso de uso "Consultar local" para ajuda.

1b2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:**3c.** O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3c2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3d. Nome da instância associada informado no passo 1a1 não foi encontrado na base de dados:

3d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1a1.

3e. Nome do local informado como local pai não foi encontrado na base de dados:

3e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3e2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3f. A entidade do local informado como local pai não foi definida nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade" como entidade de local pai da entidade local a ser criada:

3f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3g. Já existe local com o nome do novo local.

3g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.3.2 - Caso de uso "Consultar local"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade especialização de local deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade de local deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita consulta de local.

Cenário principal:

1. Usuário informa nome do local a ser consultado.
2. Usuário solicita consulta do local.
3. Sistema apresenta os dados do local, com os valores de seus atributos e associações com outras instâncias de entidades quaisquer.

Cenário alternativo:

1a. Usuário não sabe o nome do local a ser consultado:

- 1a1.** O usuário aciona o caso de uso "Pesquisar locais".
- 1a2.** Usuário seleciona local da lista de resultados da pesquisa.
- 1a3.** O caso de uso continua a partir do passo 1.

Cenário de exceção:

3b. Nome do local informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados.

- 3b1.** Sistema apresenta mensagem de erro.
- 3b2.** O caso de uso retorna ao passo 1.

A.3.3 - Caso de uso "Pesquisar locais"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade especialização de local deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade especialização de local deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita pesquisa de locais.

Cenário principal:

1. O usuário informa os parâmetros de pesquisa que deseja, dentre os definidos pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário solicita a pesquisa.
3. O sistema apresenta uma lista com os locais que estão de acordo os parâmetros de pesquisa.

Cenários alternativos:

4a. Consulta de locais filhos:

- 4a1.** O usuário seleciona um local do resultado da pesquisa.
- 4a2.** O usuário solicita a lista de locais filhos do local selecionado.
- 4a3.** O sistema apresenta os locais filhos.

4b. Lista de equipamentos do local:

- 4b1.** O usuário seleciona um local do resultado da pesquisa.
- 4b2.** O usuário solicita a lista de equipamentos instalados no local selecionado.
- 4b3.** Segue o caso de uso "Pesquisar equipamentos", do pacote "Administrar equipamento".

4c. Lista de conexões do local:

- 4c1.** O usuário seleciona um local do resultado da pesquisa.
- 4c2.** O usuário solicita a lista de conexões terminadas em equipamentos instalados no local selecionado.
- 4c3.** Segue o caso de uso "Pesquisar conexões ponto-a-ponto", do pacote "Administrar conexão ponto-a-ponto".

Cenários de exceção:

- 3d.** O usuário não informou nenhum parâmetro de pesquisa:

3d1. Sistema apresenta a mensagem "É obrigatório informar ao menos um parâmetro de pesquisa".

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3e. Pesquisa não encontra nenhum local de acordo com os parâmetros.

3e1. Sistema apresenta mensagem de insucesso.

A.3.4 - Caso de uso "Alterar local"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. A entidade especialização de local deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade", assim como as entidades com as quais a entidade a ser mantida possui associação.
3. As entidades referenciadas citadas na pré-condição 2 devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas, caso a associação seja obrigatória.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar local".

Cenário principal:

1. O usuário altera os valores dos atributos do local consultado.
2. Usuário solicita alteração do local.
3. O sistema altera o local.
4. O sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. O usuário deseja alterar uma associação com a instância de uma entidade qualquer:

1a1. O usuário informa o nome da nova instância associada, podendo acionar o caso de uso "Consultar <nome da entidade associada>" para ajuda.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1b. O usuário deseja alterar o local pai:

1b1. O usuário informa o nome do novo local pai, podendo acionar o caso de uso "Consultar local" para ajuda.

1b2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3c. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3c2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3d. Nome da instância associada informado no passo 1a1 não foi encontrado na base de dados.

3d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1a1.

3e. O local deve possuir um local pai, conforme definição da sua entidade nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade", e o usuário não informou o local pai:

3e1. Sistema apresenta a mensagem "Local pai é obrigatório".

3e2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3f. Nome do local informado como local pai não foi encontrado na base de dados:

3f1. Sistema apresenta a mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3g. A entidade do local informado como local pai não foi definida nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade" como entidade de local pai da entidade local a ser alterada:

3g1. Sistema apresenta a mensagem "Local pai não permitido".

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3h. Já existe instância da mesma entidade de local com o novo nome do local alterado.

3h1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3h2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.3.5 - Caso de uso "Excluir local"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. A entidade especialização de local deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade especialização de local deve possuir instância cadastrada em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Caso de "Consultar local".

Cenário principal:

1. Usuário solicita a exclusão do local consultado.
2. Sistema exclui o local solicitado pelo usuário.
3. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

2a. Existe instância de qualquer entidade que possui associação (chave estrangeira) para o local a ser excluído.

2a1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2b. Existe uma instância de equipamento associada ao local a ser excluído.

2b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

A.4 - Pacote "Manter modelo de equipamento"

O diagrama de casos de uso do pacote "Manter modelo de equipamento" é ilustrado pela Figura 88:

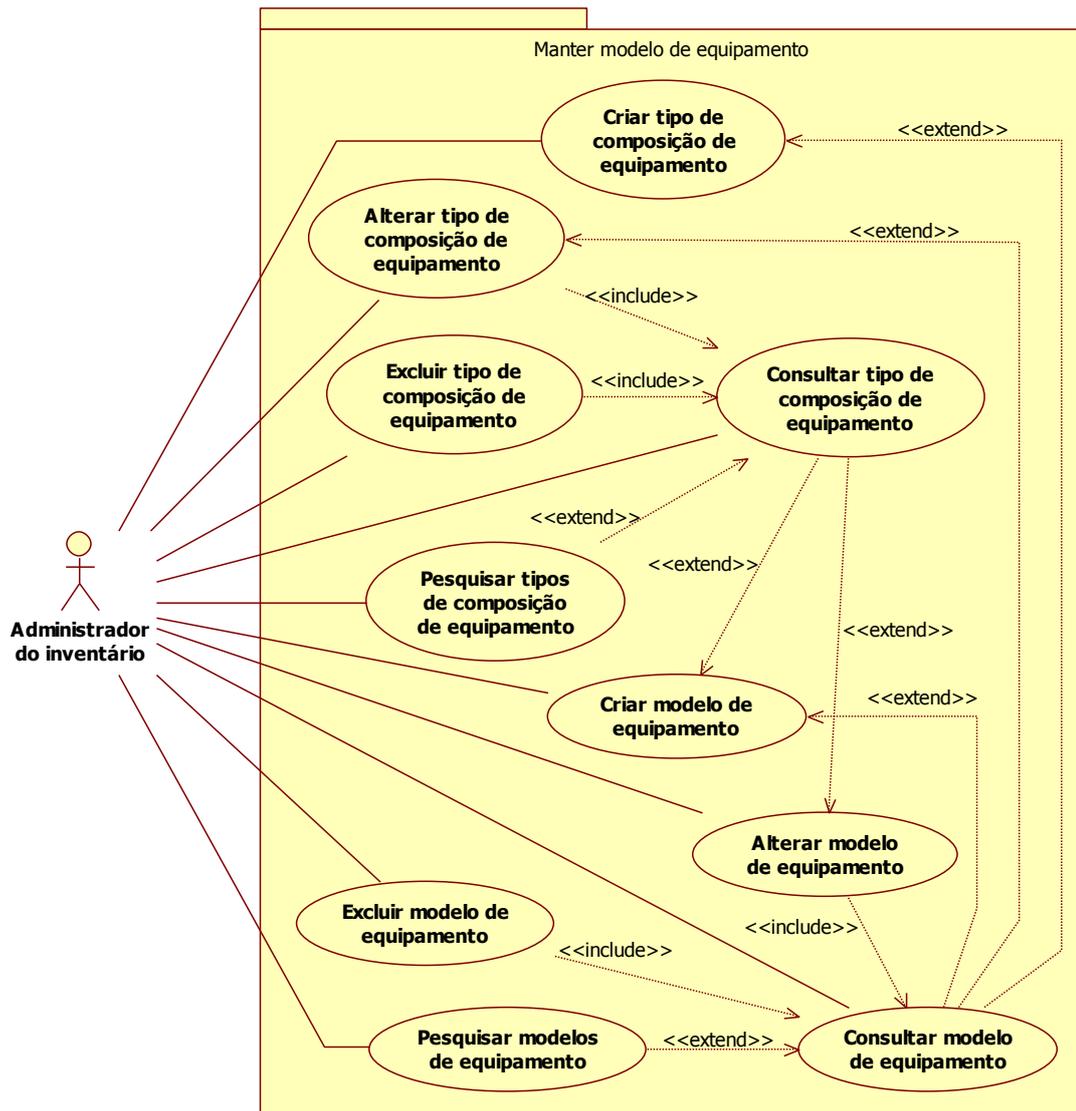


Figura 88: Casos de uso do pacote "Manter modelo de equipamento"

A.4.1 - Caso de uso "Criar modelo de equipamento"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".

2. A entidade de modelo de equipamento deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade", assim como as entidades com as quais o modelo de equipamento a ser mantido possui associação, incluindo os modelos de equipamentos ocupáveis e as entidades de conexões terminadas.
3. As entidades associadas citadas na pré-condição 2 devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas, caso a associação seja obrigatória.

Iniciado por:

Usuário solicita criação de modelo de equipamento.

Cenário principal:

1. O usuário informa os dados do modelo de equipamento, fornecendo valores para os atributos conforme as suas definições de nome, tipo, comprimento e obrigatoriedade feitas no casos de usos "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário seleciona as entidades de conexões ponto-a-ponto cujas instâncias podem possuir terminações em equipamentos do modelo sendo cadastrado.
3. O usuário define se a terminação de conexões é exclusiva ou não.
4. O usuário solicita criação do modelo de equipamento.
5. O sistema cria o modelo de equipamento definido pelo usuário.
6. O sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. A entidade de equipamento associada ao modelo sendo criado não é do tipo "Recurso componente" (conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade"):

1a1a. A entidade de equipamento não é do tipo "Recurso raiz" (o usuário deve acrescentar os tipos de compatibilidade de ocupação permitidos):

1a1a1. O usuário informa o nome do modelo de equipamento componente ocupável e sua quantidade, podendo acionar o caso de uso "Consultar modelo de equipamento" para ajuda.

1a1b. O usuário acrescenta os tipos de composição permitidos:

1a1b1. O usuário informa o nome de tipo de composição de equipamento, podendo acionar o caso de uso “Consultar tipo de composição de equipamento” para ajuda.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1b. A entidade de modelo de equipamento possui associação com outra entidade qualquer:

1b1. O usuário informa o nome da nova instância a ser associada, podendo acionar o caso de uso “Consultar <nome da entidade associada>” para ajuda.

1b2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

5c. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

5c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5c2. O caso de uso retorna ao passo 1.

5d. Nome do modelo de equipamento ocupável informado no passo 1a1a1 não foi encontrado na base de dados:

5d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5d2. O caso de uso retorna ao passo 1a1a1.

5e. Modelo de equipamento ocupável informado no passo 1a1a1 não é do tipo “componente”:

5e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5e2. O caso de uso retorna ao passo 1a1a1.

5f. Nome do tipo de composição de equipamento informado no passo 1a1b1 não foi encontrado na base de dados:

5f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5f2. O caso de uso retorna ao passo 1a1b1.

5g. Nome da instância associada informado no passo 1b1 não foi encontrado na base de dados:

5g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5g2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

5h. Já existe instância de modelo de equipamento com o nome do novo modelo.

5h1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5h2. O caso de uso retorna ao passo 2.

A.4.2 - Caso de uso "Consultar modelo de equipamento"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade de modelo de equipamento deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade de modelo de equipamento deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita consulta de modelo de equipamento.

Cenário principal:

1. Usuário informa nome do modelo de equipamento a ser consultado.
2. Usuário solicita consulta do modelo de equipamento.
3. Sistema apresenta os dados do modelo de equipamento, com os valores de seus atributos, entidades de conexões terminadas permitidas e associações com outras instâncias de entidades quaisquer.

Cenários alternativos:

1a. Usuário não sabe o nome do modelo de equipamento a ser consultado:

1a1. O usuário aciona o caso de uso “Pesquisar modelos de equipamento”.

1a2. Usuário seleciona modelo de equipamento da lista de resultados da pesquisa.

1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

4b. A entidade de equipamento associada ao modelo sendo consultado não é do tipo "Recurso componente", conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

4b1. O sistema apresenta, além dos dados citados no passo 3 do cenário principal, as compatibilidades de ocupação e tipos de composição permitidos.

Cenário de exceção:

3c. Nome do modelo de equipamento informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados.

3c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3c2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.4.3 - Caso de uso "Pesquisar modelos de equipamento"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade de modelo de equipamento deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade de modelo de equipamento deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita pesquisa de modelos de equipamento.

Cenário principal:

1. O usuário informa os parâmetros de pesquisa que desejar, dentre os definidos pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário solicita a pesquisa.
3. O sistema apresenta uma lista com os modelos de equipamento que estão de acordo os parâmetros de pesquisa.

Cenários de exceção:

3a. O usuário não informou nenhum parâmetro de pesquisa:

3a1. Sistema apresenta a mensagem "É obrigatório informar ao menos um parâmetro de pesquisa".

3a2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3b. Pesquisa não encontra nenhum modelo de acordo com os parâmetros.

3b1. Sistema apresenta mensagem de insucesso.

A.4.4 - Caso de uso "Alterar modelo de equipamento"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. A entidade de modelo de equipamento deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade", assim como as

entidades com as quais a entidade a ser mantida possui associação, incluindo os tipos de equipamentos ocupados e as entidades de conexões terminadas.

3. As entidades referenciadas citadas na pré-condição 2 devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas, caso a associação seja obrigatória.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar modelo de equipamento".

Cenário principal:

1. O usuário altera os valores dos atributos do modelo de equipamento consultado.
2. O usuário altera as entidades de conexões terminadas permitidas.
3. O usuário redefine se a terminações de conexões é exclusiva ou não.
4. Usuário solicita alteração do modelo de equipamento.
5. O sistema altera o modelo de equipamento.
6. O sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. A entidade de equipamento associada ao tipo sendo criado não é do tipo "Recurso componente", conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

1a1a. A entidade do equipamento não é do tipo "Recurso raiz":

1a1a1. O usuário inclui novas compatibilidades de ocupação permitidas, podendo acionar o caso de uso "Consultar modelo de equipamento" para ajuda.

1a1a2. O usuário exclui compatibilidades de ocupação permitidas.

1a1a3. O usuário altera as compatibilidades de ocupação permitidas:

1a1a3a. O usuário altera as quantidades de equipamentos ocupáveis.

1a1a3b. O usuário inclui modelos de equipamentos ocupáveis, podendo acionar o caso de uso "Consultar modelo de equipamento" para ajuda.

1a1a3c. O usuário exclui modelos de equipamentos ocupáveis.

1a1b. O usuário inclui tipos de composição de equipamento permitidos, podendo acionar o caso de uso "Consultar tipo de composição de equipamento" para ajuda.

1a1c. O usuário exclui tipos de composição de equipamento permitidos.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1b. O usuário deseja alterar uma associação com a instância de uma entidade qualquer:

1b1. O usuário informa o nome da nova instância associada, podendo acionar o caso de uso “Consultar <nome da entidade associada>” para ajuda.

1b2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

5c. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

5c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5c2. O caso de uso retorna ao passo 1.

5d. Nome do modelo de equipamento ocupável informado nos passos 1a1a1 ou 1a1a3b não foi encontrado na base de dados:

5d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5d2. O caso de uso retorna ao passo 1a1a1 ou 1a1a3b.

5e. Modelo de equipamento ocupável informado nos passos 1a1a1 ou 1a1a3b não é do tipo “componente”:

5e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5e2. O caso de uso retorna ao passo 1a1a1 ou 1a1a3b.

5f. Nome do tipo de composição de equipamento informado no passo 1a1b não foi encontrado na base de dados:

5f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5f2. O caso de uso retorna ao passo 1a1b.

5g. Nome da instância associada informado no passo 1b1 não foi encontrado na base de dados.

5g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5g2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

5h. O usuário retirou uma das entidades de conexão terminada permitidas, e existe na base de dados equipamento do modelo sendo alterado com conexão terminada dessa entidade:

5h1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5h2. O caso de uso retorna ao passo 1.

5i. O usuário excluiu ou alterou uma compatibilidade de ocupação, e existe na base de dados equipamento do modelo sendo alterado com ocupação desse tipo:

5i1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5i2. O caso de uso retorna ao passo 1.

5j. O usuário excluiu ou alterou um tipo de composição de equipamento, e existe na base de dados equipamento do modelo sendo alterado com composição desse tipo:

5j1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5j2. O caso de uso retorna ao passo 1.

5k. O usuário definiu que a terminação de conexões no modelo equipamento é exclusiva, e existe na base de dados equipamento do modelo sendo alterado com mais de uma terminação de conexão:

5k1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5k2. O caso de uso retorna ao passo 1.

5l. Já existe modelo de equipamento com o novo nome do modelo sendo alterado.

5l1. Sistema apresenta mensagem de erro.

5l2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.4.5 - Caso de uso "Excluir modelo de equipamento"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

O usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar modelo de equipamento".

Cenário principal:

1. Usuário solicita a exclusão do modelo de equipamento consultado.
2. Sistema exclui o modelo de equipamento solicitado pelo usuário.
3. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

2a. Existe outra instância de qualquer entidade que possui associação (chave estrangeira) para o modelo de equipamento a ser excluído.

2a1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2b. O modelo a ser excluído é componente de um tipo de composição de equipamento.

2b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2c. Existe na base de dados equipamento do mesmo modelo a ser excluído.

2c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

A.4.6 - Caso de uso "Criar tipo de composição de equipamento"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".

2. As entidades de modelo de equipamento componente devem ter sido previamente definidas pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. As entidades citadas na pré-condição 2 devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita criação de tipo de composição de equipamento.

Cenário principal:

1. O usuário informa o nome e descrição do tipo de composição de equipamento.
2. O usuário acrescenta componentes ao tipo de composição de equipamento, informando a identificação de cada um e o respectivo modelo de equipamento componente.
3. O usuário solicita criação do tipo de composição de equipamento.
4. O sistema cria o tipo de composição de equipamento definido pelo usuário.
5. O sistema apresenta mensagem de sucesso.

Iniciado por:

Usuário solicita criação de tipo de composição de equipamento.

Cenário alternativo:

- 2a. Usuário não sabe o nome do modelo de equipamento componente:
 - 2a1. O usuário aciona o caso de uso "Consultar modelo de equipamento".
 - 2a2. O usuário informa o nome do modelo de equipamento consultado para a terminação.
 - 2a3. O sistema segue para o passo 2 do cenário principal.

Cenários de exceção:

- 4b. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

4b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4b2. O caso de uso retorna ao passo 1.

4c. Já existe tipo de composição de equipamento com o nome da nova instância.

4c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4c2. O caso de uso retorna ao passo 2.

4d. O nome do modelo de equipamento informado no passo 2 não foi encontrado na base de dados:

4d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4d2. O caso de uso retorna ao passo 2.

4e. O modelo de equipamento informado no passo 2 não é do tipo “componente”:

4e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4e2. O caso de uso retorna ao passo 2.

4f. A entidade do modelo de equipamento informado nos passos 2 ou 2a2 não é do tipo “Recurso componente”, conforme definição do arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

4f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4f2. O caso de uso retorna ao passo 2 ou 2a2.

A.4.7 - Caso de uso "Consultar tipo de composição de equipamento"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. As entidades de tipos de equipamentos componentes devem ter sido previamente definidas pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".

3. As entidades citadas na pré-condição 2 e também a de tipo de composição de equipamento a ser consultado devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita consulta de tipo de composição de equipamento.

Cenário principal:

1. Usuário informa nome do tipo de composição de equipamento a ser consultado.
2. Usuário solicita consulta do tipo de composição de equipamento.
3. Sistema apresenta os dados do tipo de composição de equipamento, com os modelos de equipamento componentes.

Cenário alternativo:

- 1a. Usuário não sabe o nome do tipo de composição de equipamento a ser consultado:
 - 1a1. O usuário aciona o caso de uso “Pesquisar tipos de composição de equipamento”.
 - 1a2. Usuário seleciona tipo de composição de equipamento da lista de resultados.
 - 1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

Cenário de exceção:

- 3b. Nome do tipo de composição de equipamento informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados.
 - 3b1. Sistema apresenta mensagem de erro.
 - 3b2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.4.8 - Caso de uso "Pesquisar tipos de composição de equipamento"**Ator principal:**

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade de tipo de composição de equipamento deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita pesquisa de tipos de composição de equipamento.

Cenário principal:

1. O usuário informa os parâmetros de pesquisa que desejar, dentre os seguintes: nome do tipo de composição de equipamento e modelo de equipamento componente.
2. O usuário solicita a pesquisa.
3. O sistema apresenta uma lista com os tipos de composição de equipamento que estão de acordo os parâmetros de pesquisa.

Cenários de exceção:

3a. O usuário não informou nenhum parâmetro de pesquisa:

3a1. Sistema apresenta a mensagem "É obrigatório informar ao menos um parâmetro de pesquisa".

3a2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3b. Pesquisa não encontra nenhum tipo de composição de equipamento de acordo com os parâmetros.

3b1. Sistema apresenta mensagem de insucesso.

A.4.9 - Caso de uso "Alterar tipo de composição de equipamento"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. As entidades de modelo de equipamento componente devem ter sido previamente definidas pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. As entidades citadas na pré-condição 2 e também a de tipo de composição de equipamento a ser alterado devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar tipo de composição de equipamento".

Cenário principal:

1. O usuário altera os valores dos atributos do tipo de composição de equipamento.
2. Usuário solicita alteração do tipo de composição de equipamento.
3. O sistema altera o tipo de composição de equipamento.
4. O sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. O usuário altera componente do tipo de composição de equipamento:

1a1a. O usuário altera a identificação do componente.

1a1b. O usuário altera o modelo de equipamento componente, podendo acionar o caso de uso "Consultar modelo de equipamento" para ajuda.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1b. O usuário acrescenta componente ao tipo de composição de equipamento:

1b1. O usuário informa a identificação do novo componente.

1b2. O usuário informa o modelo do equipamento componente, podendo acionar o caso de uso "Consultar modelo de equipamento" para ajuda.

1b3. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1c. O usuário exclui componente do tipo de composição de equipamento:

1c1. O usuário seleciona componente existente e solicita exclusão.

1c2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3d. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3e. Nome do modelo de equipamento componente informado nos passos 1a1b ou 1b2 não foi encontrado na base de dados:

3e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3e2. O caso de uso retorna ao passo 1a1b ou 1b2.

3f. Modelo de equipamento componente informado nos passos 1a1b ou 1b2 não é do tipo "componente":

3f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1a1b ou 1b2.

3g. O usuário alterou o tipo de configuração de forma que a nova versão é incompatível com as instâncias de configuração de equipamento existentes na base de dados que utilizavam a versão anterior do tipo de configuração:

3g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.4.10 - Caso de uso "Excluir tipo de composição de equipamento"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. A entidade de tipo de composição de equipamento deve possuir instância cadastrada em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar tipo de composição de equipamento".

Cenário principal:

1. Usuário solicita a exclusão do tipo de composição de equipamento consultado.
2. Sistema exclui o tipo de composição de equipamento solicitado pelo usuário.
3. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

2a. Existe modelo de equipamento de equipamento composto que utiliza o tipo de composição a ser excluído.

2a1. Sistema apresenta mensagem de erro.

A.5 - Pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto"

O diagrama dos casos de uso do pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto" pode ser visto na Figura 89:

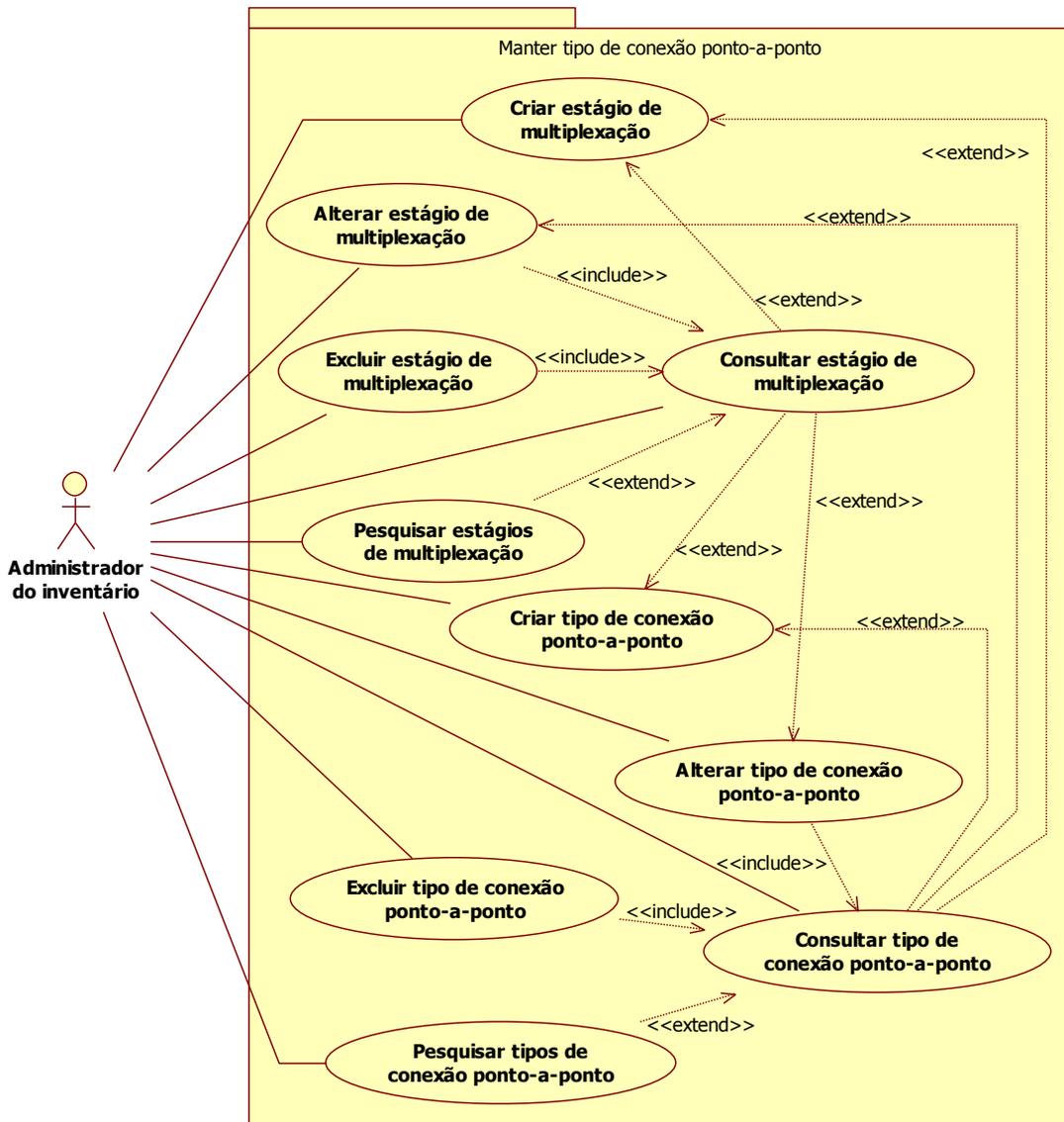


Figura 89: Casos de uso do pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto"

A.5.1 - Caso de uso "Criar tipo de conexão ponto-a-ponto"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".

2. A entidade de tipo de conexão ponto-a-ponto deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade", assim como as entidades com as quais o tipo de conexão ponto-a-ponto a ser mantido possui associação ou tipo de compatibilidade de ocupação.
3. As entidades associadas citadas na pré-condição 2 devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas, caso a associação seja obrigatória.

Iniciado por:

Usuário solicita criação tipo de conexão ponto-a-ponto.

Cenário principal:

1. O usuário informa os dados do tipo de conexão ponto-a-ponto, fornecendo valores para os atributos conforme as suas definições de nome, tipo, comprimento e obrigatoriedade feitas nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário solicita criação do tipo de conexão ponto-a-ponto.
3. O sistema cria o tipo de conexão definido pelo usuário.
4. O sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. A entidade de conexão ponto-a-ponto associada ao tipo de conexão sendo criado não é do tipo "Recurso componente", conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

1a1a. O usuário seleciona os tipos de proteção permitidos para o tipo de conexão, entre as opções "1 + 1", "1 : 1", "1 : N" e "M : N".

1a1b. A entidade de conexão não é do tipo "Recurso raiz" (o usuário deve acrescentar os tipos de compatibilidade de ocupação permitidos):

1a1b1. O usuário informa o nome do tipo de conexão ocupável e sua quantidade, podendo acionar o caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto" para ajuda.

1a1c. O usuário acrescenta os tipos de configuração permitidos:

1a1c1. O usuário informa o nome do estágio de multiplexação inicial, podendo acionar o caso de uso “Consultar estágio de multiplexação” para ajuda.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1b. A entidade de tipo de conexão possui associação com outra entidade qualquer:

1b1. O usuário informa o nome da nova instância a ser associada, podendo acionar o caso de uso “Consultar <nome da entidade associada>” para ajuda.

1b2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3c. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3c2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3d. Nome do tipo de conexão ocupável informado no passo 1a1b1 não foi encontrado na base de dados:

3d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1a1b1.

3e. Nome do estágio de multiplexação informado no passo 1a1c1 não foi encontrado na base de dados:

3e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3e2. O caso de uso retorna ao passo 1a1c1.

3f. Nome da instância associada informado no passo 1b1 não foi encontrado na base de dados:

3f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3g. Já existe tipo de conexão ponto-a-ponto com o nome do novo tipo.

3g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.5.2 - Caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade de tipo de conexão ponto-a-ponto deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade de tipo de conexão ponto-a-ponto deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita consulta do tipo de conexão ponto-a-ponto.

Cenário principal:

1. Usuário informa nome do tipo de conexão ponto-a-ponto a ser consultado.
2. Usuário solicita consulta do tipo de conexão.
3. Sistema apresenta os dados do tipo de conexão, com os valores de seus atributos e associações com outras instâncias de entidades quaisquer.

Cenários alternativos:

1a. Usuário não sabe o nome do tipo de conexão a ser consultado:

1a1. O usuário aciona o caso de uso "Pesquisar tipos de conexão ponto-a-ponto".

1a2. Usuário seleciona tipo de conexão da lista de resultados da pesquisa.

1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

4b. A entidade de conexão ponto-a-ponto associada ao tipo sendo consultado não é do tipo "Recurso componente", conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

4b1. O sistema apresenta, além dos dados citados no passo 3 do cenário principal, os tipos de proteção, ocupação e configuração permitidos.

Cenário de exceção:

3c. Nome do tipo de conexão informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados.

3c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3c2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.5.3 - Caso de uso "Pesquisar tipos de conexão ponto-a-ponto"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade de tipo de conexão ponto-a-ponto deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade de tipo de conexão ponto-a-ponto deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita pesquisa de tipos de conexão ponto-a-ponto.

Cenário principal:

1. O usuário informa os parâmetros de pesquisa que desejar, dentre os definidos pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário solicita a pesquisa.
3. O sistema apresenta uma lista com os tipos de conexão ponto-a-ponto que estão de acordo os parâmetros de pesquisa.

Cenários de exceção:

3a. O usuário não informou nenhum parâmetro de pesquisa:

3a1. Sistema apresenta a mensagem "É obrigatório informar ao menos um parâmetro de pesquisa".

3a2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3b. Pesquisa não encontra nenhum tipo de conexão de acordo com os parâmetros.

3b1. Sistema apresenta mensagem de insucesso.

A.5.4 - Caso de uso "Alterar tipo de conexão ponto-a-ponto"**Ator principal:**

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. A entidade de tipo de conexão ponto-a-ponto deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade", assim como as entidades com as quais a entidade a ser mantida possui associação.
3. As entidades referenciadas citadas na pré-condição 2 devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas, caso a associação seja obrigatória.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto".

Cenário principal:

1. O usuário altera os valores dos atributos do tipo de conexão consultado.
2. Usuário solicita alteração do tipo de conexão ponto-a-ponto.
3. O sistema altera o tipo de conexão.
4. O sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. O usuário deseja alterar uma associação com a instância de uma entidade qualquer:

1a1. O usuário informa o nome da nova instância associada, podendo acionar o caso de uso "Consultar <nome da entidade associada>" para ajuda.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1b. A entidade de conexão ponto-a-ponto associada ao tipo sendo criado não é do tipo "Recurso componente", conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

1b1a. O usuário altera os tipos de proteção permitidos para o tipo de conexão.

1b1b. A entidade de conexão não é do tipo "Recurso raiz":

1b1b1. O usuário inclui novos tipos de compatibilidade de ocupação permitidos, podendo acionar o caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto" para ajuda.

1b1b2. O usuário exclui tipos de compatibilidade de ocupação permitidos.

1b1b3. O usuário altera tipos de compatibilidade de ocupação permitidos:

1b1b3a. O usuário altera as quantidades de conexões ocupáveis.

1b1b3b. O usuário inclui tipos de conexão ocupáveis, podendo acionar o caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto" para ajuda.

1b1b3c. O usuário exclui tipos de conexão ocupáveis.

1b1c. O usuário inclui estágios de multiplexação iniciais permitidos, podendo acionar o caso de uso "Consultar estágio de multiplexação" para ajuda.

1b1d. O usuário exclui estágios de multiplexação iniciais permitidos.

1b2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3c. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3c2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3d. Nome da instância associada informado no passo 1a1 não foi encontrado na base de dados.

3d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1a1.

3e. O usuário retirou um dos tipos de proteção permitidos, e existe na base de dados instância de conexão ponto-a-ponto do tipo sendo alterado utilizando-o:

3e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3e2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3f. Nome do tipo de conexão ocupável informado nos passos 1b1b1 ou 1b1b3b não foi encontrado na base de dados:

3f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1b1b1 ou 1b1b3b.

3g. O usuário excluiu ou alterou um tipo de compatibilidade de ocupação permitido, e existe na base de dados conexão ponto-a-ponto do tipo sendo alterado com ocupação desse tipo:

3g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3h. Nome do estágio de multiplexação informado no passo 1b1c não foi encontrado na base de dados:

3h1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3h2. O caso de uso retorna ao passo 1b1c.

3i. O usuário excluiu um estágio de multiplexação, e existe na base de dados conexão do tipo sendo alterado utilizando-o:

3i1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3i2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3j. Já existe instância de tipo de conexão ponto-a-ponto com o novo nome da instância.

3j1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3j2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.5.5 - Caso de uso "Excluir tipo de conexão ponto-a-ponto"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

O usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto".

Cenário principal:

1. Usuário solicita a exclusão do tipo de conexão ponto-a-ponto consultado.
2. Sistema exclui o tipo de conexão ponto-a-ponto solicitado pelo usuário.
3. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

2a. Existe outra instância de qualquer entidade que possui associação (chave estrangeira) para tipo de conexão a ser excluído.

2a1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2b. Existe estágio de multiplexação cujas terminações permitem a geração de conexões ponto-a-ponto do tipo a ser excluído.

2b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2c. Existe uma instância de conexão ponto-a-ponto do mesmo tipo de conexão a ser excluído.

2c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

A.5.6 - Caso de uso "Criar estágio de multiplexação"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. As entidades de tipo de conexão ponto-a-ponto componente devem ter sido previamente definidas pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. As entidades citadas na pré-condição 2 e os tipos de configuração referenciados (estágios seguintes de multiplexação) devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita criação de estágio de multiplexação.

Cenário principal:

1. O usuário informa o nome e descrição do estágio de multiplexação.
2. O usuário acrescenta terminações ao estágio de multiplexação, informando o nome de cada tributário e os tipos de conexões ponto-a-ponto que podem ser geradas.
3. O usuário solicita criação do estágio de multiplexação.

4. O sistema cria o estágio de multiplexação definido pelo usuário.
5. O sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenário alternativo:

2a. Usuário não sabe o nome do tipo de conexão ponto-a-ponto gerada (recurso componente):

2a1. O usuário aciona o caso de uso “Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto”.

2a2. O usuário informa o nome do tipo de conexão consultada para a terminação.

2a3. O sistema segue para o passo 2 do cenário principal.

2b. A terminação tributária do estágio de multiplexação a ser criado permite acoplar em cascata outro estágio de multiplexação:

2b1. O usuário informa nomes dos estágios em cascata permitidos, podendo acionar o caso de uso “Consultar estágio de multiplexação” para ajuda.

2b1. O sistema segue para o passo 2 do cenário principal.

Cenários de exceção:

4c. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

4c1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4c2. O caso de uso retorna ao passo 2.

4d. Já existe estágio de multiplexação com o nome da nova instância.

4d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4d2. O caso de uso retorna ao passo 2.

4e. O nome do tipo de conexão informado no passo 2 não foi encontrado na base de dados:

4e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4e2. O caso de uso retorna ao passo 2.

4f. A entidade do tipo de conexão informado no passo 2 não é do tipo “Recurso componente”, conforme definição do arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

4f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4f2. O caso de uso retorna ao passo 2.

4g. O nome do estágio de multiplexação informado no passo 2b1 não foi encontrado na base de dados:

4g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

4g2. O caso de uso retorna ao passo 2b1.

A.5.7 - Caso de uso "Consultar estágio de multiplexação"

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. As entidades de tipos de conexão ponto-a-ponto componente devem ter sido previamente definidas pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. As entidades citadas na pré-condição 2 e também a de estágio de multiplexação a ser consultado devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita consulta de estágio de multiplexação.

Cenário principal:

1. Usuário informa nome do estágio de multiplexação a ser consultado.
2. Usuário solicita consulta do estágio de multiplexação.
3. Sistema apresenta os dados do estágio de multiplexação, com os tipos de conexão gerados e estágios em cascata permitidos.

Cenário alternativo:

1a. Usuário não sabe o nome do estágio de multiplexação a ser consultado:

1a1. O usuário aciona o caso de uso “Pesquisar estágios de multiplexação”.

1a2. Usuário seleciona estágio de multiplexação da lista de resultados.

1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

Cenário de exceção:

3b. Nome do estágio de multiplexação informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados.

3b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3b2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.5.8 - Caso de uso "Pesquisar estágios de multiplexação"**Ator principal:**

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

- 1.** Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
- 2.** A entidade de estágios de multiplexação deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita pesquisa de estágios de multiplexação.

Cenário principal:

1. O usuário informa os parâmetros de pesquisa que desejar, dentre os seguintes: nome do estágio, nome do estágio em cascata e tipo de conexão gerada (componente).
2. O usuário solicita a pesquisa.
3. O sistema apresenta uma lista com os estágios de multiplexação que estão de acordo os parâmetros de pesquisa.

Cenários de exceção:

3a. O usuário não informou nenhum parâmetro de pesquisa:

3a1. Sistema apresenta a mensagem "É obrigatório informar ao menos um parâmetro de pesquisa".

3a2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3b. Pesquisa não encontra nenhum estágio de acordo com os parâmetros.

3b1. Sistema apresenta mensagem de insucesso.

A.5.9 - Caso de uso "Alterar estágio de multiplexação"

Ator principal:

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. As entidades de tipo de conexão ponto-a-ponto componente devem ter sido previamente definidas pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. As entidades citadas na pré-condição 2 e também a de estágio de multiplexação a ser alterado devem possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar estágio de multiplexação".

Cenário principal:

1. O usuário altera os valores dos atributos do estágio de multiplexação consultado.
2. Usuário solicita alteração do tipo estágio de multiplexação.
3. O sistema altera o estágio de multiplexação.
4. O sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. O usuário altera terminação do estágio de multiplexação:

1a1a. O usuário altera o nome do tributário.

1a1b. O usuário exclui tipo de conexão ponto-a-ponto que pode ser gerada.

1a1c. O usuário inclui tipo de conexão que pode ser gerada, podendo acionar o caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto" para ajuda.

1a1d. O usuário exclui estágio de multiplexação em cascata permitido.

1a1e. O usuário inclui estágio de multiplexação em cascata permitido, podendo acionar o caso de uso "Consultar estágio de multiplexação" para ajuda.

1a2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1b. O usuário acrescenta terminação ao estágio de multiplexação:

1b1. O usuário informa o nome do novo tributário.

1b2a. O usuário informa os tipos de conexões que podem ser geradas, podendo acionar o caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto" para ajuda.

1b2b. O usuário informa os nomes dos estágios de multiplexação em cascata permitidos, podendo acionar o caso de uso "Consultar estágio de multiplexação" para ajuda.

1b3. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1c. O usuário exclui terminação tributária do estágio de multiplexação:

1c1. O usuário seleciona terminação existente e solicita exclusão.

1c2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3d. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3e. Nome do tipo conexão permitido para a terminação informado nos passos 1a1c ou 1b2a não foi encontrado na base de dados:

3e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3e2. O caso de uso retorna ao passo 1a1c ou 1b2a.

3f. Nome do estágio de multiplexação em cascata para a terminação informado nos passos 1a1e ou 1b2b não foi encontrado na base de dados:

3f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1a1e ou 1b2b.

3g. O usuário alterou o estágio de multiplexação de forma que a nova versão é incompatível com as estruturas de multiplexação de conexão ponto-a-ponto existentes na base de dados que utilizavam a versão anterior:

3g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.5.10 - Caso de uso "Excluir estágio de multiplexação"**Ator principal:**

Administrador do inventário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador do inventário".
2. A entidade de estágio de multiplexação deve possuir instância cadastrada em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar estágio de multiplexação".

Cenário principal:

1. Usuário solicita a exclusão do estágio de multiplexação consultado.
2. Sistema exclui o estágio de multiplexação solicitado pelo usuário.
3. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

2a. Existe tipo de conexão ponto-a-ponto que permite o uso do estágio de multiplexação a ser excluído.

2a1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2b. Existe estágio de multiplexação que permite o uso em cascata do estágio de multiplexação a ser excluído.

2b1. Sistema apresenta mensagem de erro.

A.6 - Pacote "Administrar equipamento"

O diagrama dos casos de uso do pacote "Administrar equipamento" pode ser visto na Figura 90:

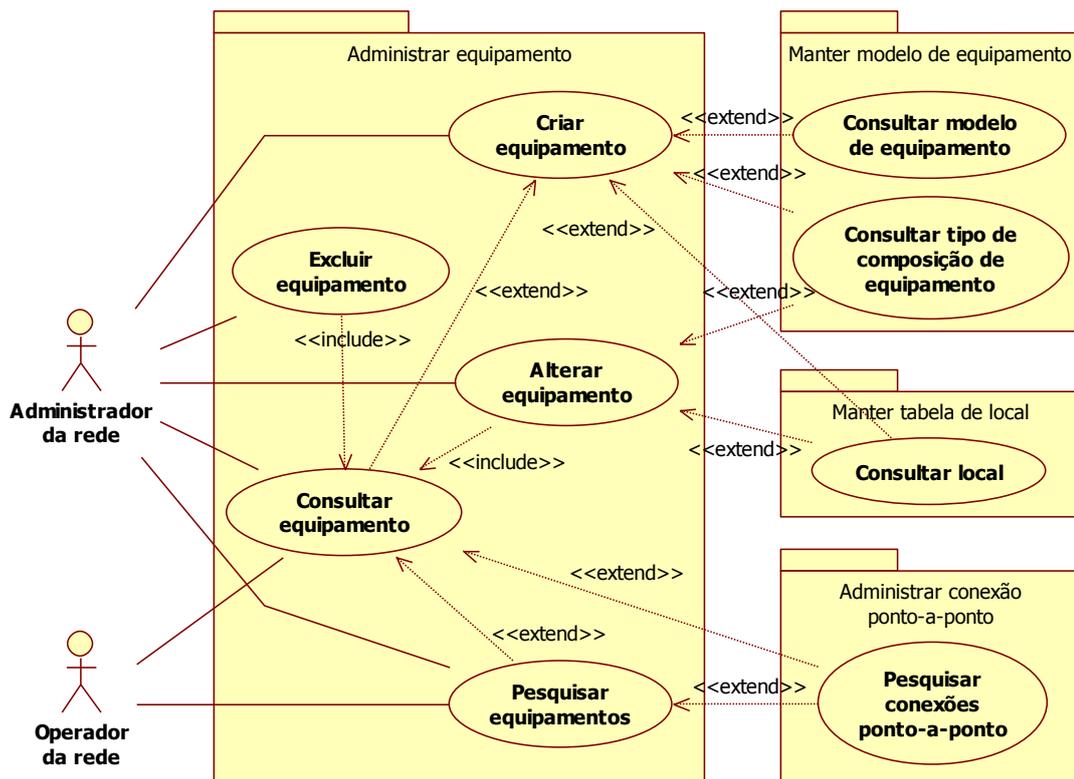


Figura 90: Pacote “Administrar equipamento” e casos de uso relacionados

A.6.1 - Caso de uso “Criar equipamento”

Ator principal:

Administrador da rede.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador da rede".
2. O modelo do equipamento a ser criado e o tipo de composição de equipamento utilizado devem ter sido cadastrados previamente pelo administrador do inventário, assim como o local de sua instalação. Os equipamentos a serem ocupados devem ter sido criados pelo próprio administrador da rede.

Iniciado por:

O usuário solicita criação de equipamento.

Cenário principal (recurso-raiz):

1. Usuário solicita a criação de um equipamento composto, informando o seu nome, entidade, modelo, tipo de composição e fornecendo os valores para os atributos conforme as suas definições de nome, tipo, comprimento e obrigatoriedade feitas nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário informa o local de instalação do equipamento.
3. O sistema cria no local de instalação o equipamento solicitado pelo usuário, juntamente com os equipamentos componentes segundo o seu tipo de composição.
4. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. O usuário não sabe o nome do modelo do equipamento a ser criado:

- 1a1.** O usuário aciona o caso de uso "Consultar modelo de equipamento".
- 1a2.** O usuário informa o nome do modelo consultado.
- 1a3.** O caso de uso continua a partir do passo 1.

1b. O usuário não sabe o nome do tipo de composição do equipamento a ser criado:

- 1b1.** O usuário aciona o caso de uso "Consultar tipo de composição do equipamento".
- 1b2.** O usuário informa o nome do tipo de composição consultado.
- 1b3.** O caso de uso continua a partir do passo 1.

1c. A entidade do equipamento possui associação com outra entidade qualquer:

- 1c1.** O usuário informa o nome da instância a ser associada, podendo acionar o caso de uso "Consultar <nome da entidade associada>" para ajuda.
- 1c2.** O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

2d. O usuário não sabe o nome do local onde o equipamento será instalado:

- 2d1.** O usuário aciona o caso de uso "Consultar local".
- 2d2.** O caso de uso continua a partir do passo 2.

2e. O equipamento não é recurso do tipo raiz:

2e1. O usuário informa o(s) equipamento(s) ocupado(s) pelo equipamento a ser criado, podendo acionar o caso de uso “Consultar equipamento” para ajuda.

2e2. O sistema segue para o passo 3 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3f. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3g. O nome do modelo de equipamento informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados:

3g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3h. O nome do tipo de composição informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados:

3h1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3h2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3i. O tipo de composição informado no passo 1 não é permitido para o modelo do equipamento a ser criado, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar modelo de equipamento” e “Alterar modelo de equipamento”:

3i1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3i2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3j. O nome do local informado no passo 2 não foi encontrado na base de dados:

3j1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3j2. O caso de uso retorna ao passo 2.

3k. A entidade do local informado no passo 2 não aceita equipamento, conforme definido pelo arquiteto do inventário nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

3k1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3k2. O caso de uso retorna ao passo 2.

3l. O nome do equipamento ocupado informado no passo 2e1 não foi encontrado na base de dados:

3l1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3l2. O caso de uso retorna ao passo 2e1.

3m. O modelo do equipamento ocupado informado no passo 2e1 não é permitido para o modelo do equipamento a ser criado, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar modelo de equipamento” e “Alterar modelo de equipamento”:

3m1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3m2. O caso de uso retorna ao passo 2e1.

3n. O equipamento a ser ocupado informado no passo 2e1 já está ocupado por outro equipamento:

3n1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3n2. O caso de uso retorna ao passo 2e1.

3o. A entidade do equipamento sendo criado é do tipo "Recurso componente" (conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade"):

3o1. O sistema apresenta a mensagem de erro: “Equipamento componente só pode ser criado através de seu equipamento pai.”

3o2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3p. O nome da instância informada no passo 1c1 não foi encontrado na base de dados:

3p1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3p2. O caso de uso retorna ao passo 1c1.

3q. Existe na base de dados equipamento com o mesmo nome do novo equipamento:

3q1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3q2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.6.2 - Caso de uso “Consultar equipamento”

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade especialização de equipamento deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade especialização de equipamento deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita consulta do equipamento.

Cenário principal:

1. Usuário informa o nome do equipamento a ser consultado.
2. Usuário solicita consulta do equipamento.
3. Sistema apresenta os dados do equipamento, com os valores de seus atributos e associações com outras instâncias de entidades quaisquer.

Cenários alternativos:

1a. O usuário não sabe o nome do equipamento a ser consultado:

1a1. O usuário aciona o caso de uso “Pesquisar equipamentos”.

1a2. O usuário seleciona um equipamento da lista de resultados da pesquisa.

1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

4b. O usuário solicita os equipamentos componentes do equipamento consultado:

4b1. Sistema exibe a lista de equipamentos componentes.

4c. O usuário solicita os equipamentos ocupados pelo equipamento consultado:

4c1. Sistema exibe a lista de equipamentos ocupados.

4d. O usuário solicita as conexões terminadas no equipamento consultado:

4d1. Segue o caso de uso "Pesquisar conexões ponto-a-ponto", do pacote "Administrar conexão ponto-a-ponto".

Cenário de exceção:

3e. Nome do equipamento informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados.

3e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3e2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.6.3 - Caso de uso “Pesquisar equipamentos”

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade especialização de equipamento deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade especialização de equipamento deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita pesquisa de equipamentos.

Cenário principal:

1. O usuário informa os parâmetros de pesquisa que desejar, dentre os definidos pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário solicita a pesquisa.
3. O sistema apresenta uma lista com os equipamentos que estão de acordo os parâmetros de pesquisa.

Cenários alternativos:

4a. O usuário solicita os equipamentos componentes do equipamento consultado:

4a1. Sistema exibe a lista de equipamentos componentes.

4b. O usuário solicita os equipamentos ocupados pelo equipamento consultado:

4b1. Sistema exibe a lista de equipamentos ocupados.

4c. O usuário solicita as conexões terminadas no equipamento consultado:

4c1. Segue o caso de uso "Pesquisar conexões ponto-a-ponto", do pacote "Administrar conexão ponto-a-ponto".

Cenários de exceção:

3d. O usuário não informou nenhum parâmetro de pesquisa:

3d1. Sistema apresenta a mensagem "É obrigatório informar ao menos um parâmetro de pesquisa".

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3e. Pesquisa não encontra nenhum estágio de acordo com os parâmetros.

3e1. Sistema apresenta mensagem de insucesso.

A.6.4 - Caso de uso "Alterar equipamento"

Ator principal:

Administrador da rede.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador da rede".
2. O tipo de composição de equipamento utilizado deve ter sido cadastrado previamente pelo administrador do inventário, assim como o local de sua instalação. O equipamento a ser alterado e os equipamentos a serem ocupados devem ter sido criados pelo próprio administrador da rede.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar equipamento".

Cenário principal (recurso-raiz):

1. O usuário altera os valores dos atributos do equipamento consultado, exceto o seu modelo e entidade.
2. Usuário solicita alteração do equipamento.
3. O sistema altera o equipamento.
4. O sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. O usuário não sabe o nome do novo tipo de composição do equipamento:

1a1. O usuário aciona o caso de uso "Consultar tipo de composição do equipamento".

1a2. O usuário informa o nome do tipo de composição consultado.

1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

1b. O usuário deseja alterar o local de instalação:

1b1. O usuário informa o novo local de instalação do equipamento, podendo acionar o caso de uso "Consultar local" para ajuda.

1b2. O caso de uso continua a partir do passo 1.

1c. O usuário deseja alterar uma associação com outra entidade qualquer:

1c1. O usuário informa o nome da nova instância a ser associada, podendo acionar o caso de uso “Consultar <nome da entidade associada>” para ajuda.

1c2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1d. O equipamento não é recurso do tipo raiz, a sua entidade não é do tipo "Recurso componente" (conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade"), e o usuário deseja ocupar novo(s) equipamento(s). Um exemplo é a mudança de uma placa para outro *slot*:

1d1. O usuário informa o(s) novo(s) equipamento(s) ocupado(s) pelo equipamento a ser alterado, podendo acionar o caso de uso “Consultar equipamento” para ajuda.

1d2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3e. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3e2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3f. O nome do novo tipo de composição informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados:

3f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3g. O novo tipo de composição informado no passo 1 não é permitido para o modelo do equipamento a ser criado, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar modelo de equipamento” e “Alterar modelo de equipamento”:

3g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3h. O usuário tentou alterar o tipo de composição, e há algum equipamento ocupando os equipamentos componentes de suas terminações originais, ou uma conexão terminada em um dos equipamentos-filhos:

3h1. Sistema apresenta mensagem "Não é possível alterar composição de equipamento ocupado".

3h2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3i. O nome do local informado no passo 1b1 não foi encontrado na base de dados:

3i1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3i2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3j. A entidade do novo local informado no passo 1b1 não aceita equipamento, conforme definido pelo arquiteto do inventário nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade":

3j1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3j2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3k. O nome do novo equipamento ocupado informado no passo 1d1 não foi encontrado na base de dados:

3k1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3k2. O caso de uso retorna ao passo 1d1.

3l. O modelo do novo equipamento ocupado informado no passo 1d1 não é permitido para o modelo do equipamento a ser criado, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso "Criar modelo de equipamento" e "Alterar modelo de equipamento":

3l1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3l2. O caso de uso retorna ao passo 1d1.

3m. O equipamento a ser ocupado informado no passo 1d1 já está ocupado por outro equipamento:

3m1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3m2. O caso de uso retorna ao passo 1d1.

3n. O nome da instância informada no passo 1c1 não foi encontrado na base de dados:

3n1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3n2. O caso de uso retorna ao passo 1c1.

3o. Existe na base de dados equipamento com o novo nome do equipamento:

3o1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3o2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.6.5 - Caso de uso “Excluir equipamento”

Ator principal:

Administrador da rede.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador da rede".
2. A entidade especialização de equipamento deve possuir instância cadastrada em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar equipamento".

Cenário principal:

1. Usuário solicita a exclusão do equipamento consultado.
2. Sistema exclui o equipamento solicitado pelo usuário.
3. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

2a. O equipamento ou os seus componentes estão ocupados por outros equipamentos, ou por conexões.

2a1. Sistema apresenta mensagem de erro.

A.7 - Pacote “Administrar conexão ponto-a-ponto”

O diagrama de casos de uso do pacote "Administrar conexão ponto-a-ponto" pode ser visto na Figura 91:

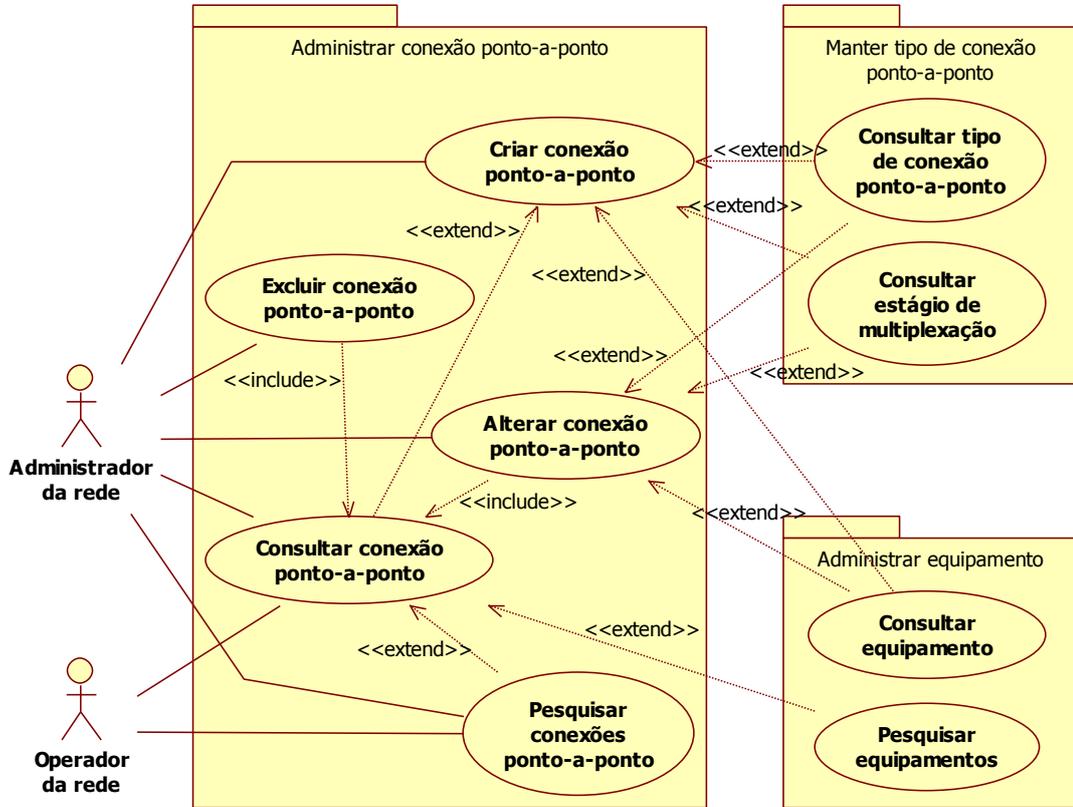


Figura 91: Pacote "Administrar conexão ponto-a-ponto" e casos de uso relacionados

A.7.1 - Caso de uso "Criar conexão ponto-a-ponto"

Ator principal:

Administrador da rede.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador da rede".
2. O tipo da conexão ponto-a-ponto a ser criada e o estágio de multiplexação utilizado devem ter sido cadastrados previamente pelo administrador do inventário, assim como os

locais de sua instalação. Os equipamentos e conexões a serem ocupados devem ter sido criados pelo próprio administrador da rede.

Iniciado por:

O usuário solicita criação de conexão ponto-a-ponto.

Cenário principal (recurso-raiz):

1. Usuário solicita a criação de uma conexão ponto-a-ponto composta, informando o seu nome, entidade, tipo, equipamentos das duas pontas (terminações) e fornecendo os valores para os atributos conforme as suas definições de nome, tipo, comprimento e obrigatoriedade feitas nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. Sistema cria a conexão solicitada pelo usuário.
3. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. O usuário não sabe o nome do tipo de conexão a ser criado:

1a1. O usuário aciona o caso de uso "Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto".

1a2. O usuário informa o nome do tipo de conexão consultado.

1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

1b. A entidade da conexão possui associação com outra entidade qualquer:

1b1. O usuário informa o nome da instância a ser associada, podendo acionar o caso de uso "Consultar <nome da entidade associada>" para ajuda.

1b2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1c. A entidade da conexão sendo criada não é do tipo "Recurso raiz" (conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade"):

1c1a. A conexão deve ocupar uma sequência contígua de conexões:

1c1a1. O usuário informa a sequência de conexões em série ocupadas pela conexão a ser criada, podendo acionar o caso de uso "Consultar conexão ponto-a-ponto" para ajuda.

1c1b. A conexão deve ocupar uma concatenação de conexões (multiplexação inversa):

1c1b1. O usuário informa as conexões ocupadas concatenadas em paralelo, podendo acionar o caso de uso “Consultar conexão ponto-a-ponto” para ajuda.

1c1c. A entidade da conexão sendo criada permite o uso de proteção:

1c1c1. O usuário seleciona o tipo de proteção a ser usado, dentre os permitidos.

1c1c2. O usuário informa as conexões ocupadas referentes aos caminhos principal e de proteção, podendo acionar o caso de uso “Consultar conexão ponto-a-ponto” para ajuda.

1d. A conexão composta deve gerar conexões componentes:

1d1. O usuário seleciona o estágio de multiplexação inicial (e os em cascata, se desejar), e os tipos de conexões a serem geradas nos seus tributários, podendo acionar os casos de uso “Consultar estágio de multiplexação” e “Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto” para ajuda.

1d2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

2e. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

2e1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2e2. O caso de uso retorna ao passo 1.

2f. O tipo de conexão informado nos passos 1 ou 1d1 não foi encontrado na base de dados:

2f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2f2. O caso de uso retorna ao passo 1 ou 1d1.

2g. O nome do equipamento informado no passo 1 não foi encontrado na base de dados:

2g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2g2. O caso de uso retorna ao passo 1.

2h. Conexões da entidade escolhida não podem terminar nos modelos de equipamentos informados no passo 1, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar tipo de conexão ponto-a-ponto” e “Alterar tipo de conexão ponto-a-ponto”:

2h1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2h2. O caso de uso retorna ao passo 1.

2i. O equipamento informado no passo 1 já está ocupado por outra conexão, e o seu modelo só permite terminação exclusiva:

2i1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2i2. O caso de uso retorna ao passo 1.

2j. O nome de um estágio de multiplexação informado no passo 1d1 não foi encontrado na base de dados:

2j1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2j2. O caso de uso retorna ao passo 1d1.

2k. O estágio de multiplexação (diretamente ligado à conexão geradora) informado no passo 1d1 não é permitido para o tipo de conexão ponto-a-ponto a ser criado, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar tipo de conexão ponto-a-ponto” e “Alterar tipo de conexão ponto-a-ponto”:

2k1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2k2. O caso de uso retorna ao passo 1d1.

2l. Um estágio de multiplexação em cascata informado no passo 1d1 não é permitido para o tributário do estágio anterior, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar estágio de multiplexação” e “Alterar estágio de multiplexação”:

2l1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2l2. O caso de uso retorna ao passo 1d1.

2m. Um tipo de conexão gerada informado no passo 1d1 não é permitido para o tributário do estágio de multiplexação associado, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar estágio de multiplexação” e “Alterar estágio de multiplexação”:

2m1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2m2. O caso de uso retorna ao passo 1d1.

2n. O nome de uma das conexões ocupadas informadas nos passos 1c1a1, 1c1b1 ou 1c1c2 não foram encontradas na base de dados:

2n1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2n2. O caso de uso retorna ao passo 1c1a1, 1c1b1 ou 1c1c2.

2o. As ocupações informadas nos passos 1c1a1, 1c1b1 ou 1c1c2 não são compatíveis (em tipo de conexão ocupada ou quantidade) com os tipos de compatibilidade de ocupação permitidos para o tipo de conexão a ser criado, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar tipo de conexão ponto-a-ponto” e “Alterar tipo de conexão ponto-a-ponto”:

2o1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2o2. O caso de uso retorna ao passo 1c1a1, 1c1b1 ou 1c1c2.

2p. A quantidade de caminhos definidos no passo 1c1c2 não é compatível com o tipo de proteção selecionado para a conexão:

2p1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2p2. O caso de uso retorna ao passo 1c1c2.

2q. A entidade da conexão sendo criada não é do tipo "Recurso raiz" (conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade"), e o usuário não definiu uma ocupação, ou a ocupação só possui um caminho de proteção:

2q1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2q2. O caso de uso retorna ao passo 1c.

2r. Uma conexão a ser ocupada informada nos passos 1c1a1, 1c1b1 ou 1c1c2 já está ocupada por outra conexão, a não ser que essa outra ocupação seja de um caminho de proteção "1 : 1", "1 : N" ou "M : N":

2r1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2r2. O caso de uso retorna ao passo 1c1a1, 1c1b1 ou 1c1c2.

2s. Uma conexão a ser ocupada num caminho de proteção informado no passo 1c1c2 já está ocupada por outra conexão em qualquer tipo de ocupação, e a conexão a ser criada usa proteção "1 + 1":

2s1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2s2. O caso de uso retorna ao passo 1c1c2.

2t. A sequência em série das conexões ocupadas no passo 1c1a1 não completa um caminho fim-a-fim entre os equipamentos das terminações da conexão sendo criada, deixando lacunas:

2t1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2t2. O caso de uso retorna ao passo 1c1a1.

2u. As conexões ocupadas nos passos 1c1b1 ou 1c1c2 não terminam nos mesmos equipamentos das terminações da conexão sendo criada:

2u1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2u2. O caso de uso retorna ao passo 1c1b1 ou 1c1c2.

2v. A entidade da conexão sendo criada é do tipo "Recurso componente" (conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade"):

2v1. O sistema apresenta a mensagem de erro: “Conexão componente só pode ser criada através de sua conexão geradora.”

2v2. O caso de uso retorna ao passo 1.

2w. O nome da instância informada no passo 1b1 não foi encontrado na base de dados:

2w1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2w2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

2x. Existe na base de dados conexão com o mesmo nome da nova conexão:

2x1. Sistema apresenta mensagem de erro.

2x2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.7.2 - Caso de uso “Consultar conexão ponto-a-ponto”

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.

2. A entidade especialização de conexão ponto-a-ponto deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade especialização de conexão ponto-a-ponto deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita consulta da conexão ponto-a-ponto.

Cenário principal:

1. Usuário informa nome da conexão ponto-a-ponto a ser consultada.
2. Usuário solicita consulta da conexão ponto-a-ponto.
3. Sistema apresenta os dados da conexão ponto-a-ponto, com os valores de seus atributos e associações com outras instâncias de entidades quaisquer.

Cenários alternativos:

1a. O usuário não sabe o nome da conexão ponto-a-ponto a ser consultada:

1a1. O usuário aciona o caso de uso "Pesquisar conexões ponto-a-ponto".

1a2. O usuário seleciona uma conexão da lista de resultados da pesquisa.

1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

4b. O usuário solicita conexões ponto-a-ponto componentes da conexão consultada:

4b1. Sistema exibe a lista de conexões componentes.

4c. O usuário solicita as conexões ocupadas pela conexão consultada:

4c1. Sistema exibe a lista de conexões ocupadas.

Cenário de exceção:

3d. Nome da conexão informada no passo 1 não foi encontrado na base de dados.

3d1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.7.3 - Caso de uso “Pesquisar conexões ponto-a-ponto”

Ator principal:

Qualquer tipo de usuário.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação.
2. A entidade especialização de conexão ponto-a-ponto deve ter sido previamente definida pelo arquiteto do sistema nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
3. A entidade especialização de conexão ponto-a-ponto deve possuir instâncias cadastradas em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Usuário solicita pesquisa de conexões ponto-a-ponto.

Cenário principal:

1. O usuário informa os parâmetros de pesquisa que desejar, dentre os definidos pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade".
2. O usuário solicita a pesquisa.
3. O sistema apresenta uma lista com as conexões ponto-a-ponto que estão de acordo os parâmetros de pesquisa.

Cenários alternativos:

4a. O usuário solicita as conexões ponto-a-ponto componentes da conexão consultada:

4a1. Sistema exibe a lista de as conexões ponto-a-ponto componentes.

4b. O usuário solicita as conexões ponto-a-ponto ocupadas pela conexão consultada:

4b1. Sistema exibe a lista de as conexões ponto-a-ponto ocupadas.

4c. O usuário solicita os equipamentos onde a conexão consultada termina:

4c1. Segue o caso de uso "Pesquisar equipamentos".

Cenários de exceção:

3d. O usuário não informou nenhum parâmetro de pesquisa:

3d1. Sistema apresenta a mensagem "É obrigatório informar ao menos um parâmetro de pesquisa".

3d2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3e. Pesquisa não encontra nenhum estágio de acordo com os parâmetros.

3e1. Sistema apresenta mensagem de insucesso.

A.7.4 - Caso de uso "Alterar conexão ponto-a-ponto"

Ator principal:

Administrador da rede.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador da rede".
2. O estágio de multiplexação a ser utilizado deve ter sido cadastrado previamente pelo administrador do inventário. A conexão a ser alterada e as conexões a serem ocupadas devem ter sido criados pelo administrador da rede.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar conexão ponto-a-ponto".

Cenário principal (recurso-raiz):

1. O usuário altera os valores dos atributos da conexão ponto-a-ponto composta consultada, exceto o seu tipo e entidade.
2. Usuário solicita alteração da conexão ponto-a-ponto.
3. O sistema altera a conexão ponto-a-ponto.
4. O sistema exibe mensagem de sucesso.

Cenários alternativos:

1a. O usuário não sabe o nome do novo estágio de multiplexação da conexão:

1a1. O usuário aciona o caso de uso “Consultar estágio de multiplexação”.

1a2. O usuário informa o nome do tipo de composição consultado.

1a3. O caso de uso continua a partir do passo 1.

1b. O usuário deseja alterar os equipamentos das terminações da conexão a ser alterada:

1b1. O usuário informa os nomes dos novos equipamentos das terminações da conexão, podendo acionar o caso de uso “Consultar equipamento” para ajuda.

1b2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1c. O usuário deseja alterar uma associação com outra entidade qualquer:

1c1. O usuário informa o nome da nova instância a ser associada, podendo acionar o caso de uso “Consultar <nome da entidade associada>” para ajuda.

1c2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

1d. A entidade da conexão sendo alterada não é do tipo "Recurso raiz" (conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade"), e o usuário deseja alterar as conexões ocupadas pela conexão em alteração:

1d1a. A conexão ocupa uma sequência contígua de conexões:

1d1a1. O usuário acrescenta ou exclui conexões da sequência em série ocupada pela conexão a ser alterada, podendo acionar o caso de uso “Consultar conexão ponto-a-ponto” para ajuda.

1d1b. A conexão ocupa uma concatenação paralela de conexões (multiplexação inversa):

1d1b1. O usuário acrescenta ou exclui conexões ocupadas concatenadas em paralelo, podendo acionar o caso de uso “Consultar conexão ponto-a-ponto” para ajuda.

1d1c. A entidade da conexão sendo criada permite o uso de proteção:

1d1c1. O usuário altera o tipo de proteção a ser usado, dentre os permitidos.

1d1c2. O usuário acrescenta ou exclui conexões ocupadas referentes aos caminhos principal e de proteção, podendo acionar o caso de uso “Consultar conexão ponto-a-ponto” para ajuda.

1e. A conexão composta gera conexões componentes:

1e1. O usuário altera a estrutura de multiplexação da conexão, incluindo, alterando ou excluindo os estágios, e definindo os tipos de conexões a serem geradas nos seus tributários, podendo acionar os casos de uso “Consultar estágio de multiplexação” e “Consultar tipo de conexão ponto-a-ponto” para ajuda. A alteração na estrutura pode automaticamente excluir e criar novas conexões nos tributários.

1e2. O sistema segue para o passo 1 do cenário principal.

Cenários de exceção:

3f. O usuário não informou o valor de algum atributo obrigatório:

3f1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3f2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3g. O tipo de conexão informado no passo 1e1 não foi encontrado na base de dados:

3g1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3g2. O caso de uso retorna ao passo 1e1.

3h. O nome do equipamento informado no passo 1b1 não foi encontrado na base de dados:

3h1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3h2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3i. A conexão não pode terminar nos modelos dos equipamentos informados no passo 1b1, conforme definição da sua entidade feita pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar tipo de conexão ponto-a-ponto” e “Alterar tipo de conexão ponto-a-ponto”:

3i1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3i2. O caso de uso retorna ao passo 1.

3j. O equipamento informado no passo 1b1 já está ocupado por outra conexão, e o seu modelo só permite terminação exclusiva:

3j1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3j2. O caso de uso retorna ao passo 1b1.

3k. O nome de um estágio de multiplexação informado no passo 1e1 não foi encontrado na base de dados:

3k1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3k2. O caso de uso retorna ao passo 1e1.

3l. O novo estágio de multiplexação (diretamente ligado à conexão geradora) informado no passo 1e1 não é permitido para o tipo de conexão, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar tipo de conexão ponto-a-ponto” e “Alterar tipo de conexão ponto-a-ponto”:

3l1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3l2. O caso de uso retorna ao passo 1e1.

3m. Um estágio de multiplexação em cascata informado no passo 1e1 não é permitido para o tributário do estágio anterior, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar estágio de multiplexação” e “Alterar estágio de multiplexação”:

3m1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3m2. O caso de uso retorna ao passo 1e1.

3n. Um tipo de conexão gerada informado no passo 1e1 não é permitido para o tributário do estágio de multiplexação associado, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar estágio de multiplexação” e “Alterar estágio de multiplexação”:

3n1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3n2. O caso de uso retorna ao passo 1e1.

3o. O usuário tentou alterar a estrutura de multiplexação, e há alguma conexão ocupando conexão componente gerada em um tributário que foi excluído:

3o1. Sistema apresenta mensagem "Alteração na estrutura de multiplexação não pode excluir tributário ocupado".

3o2. O caso de uso retorna ao passo 1e1.

3p. As ocupações informadas nos passos 1d1a1, 1d1b1 ou 1d1c2 não estão de acordo com os tipos de compatibilidade de ocupação permitidos para o tipo de conexão a ser alterada, conforme definido pelo administrador do inventário nos casos de uso “Criar tipo de conexão ponto-a-ponto” e “Alterar tipo de conexão ponto-a-ponto”:

3p1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3p2. O caso de uso retorna ao passo 1d1a1, 1d1b1 ou 1d1c2.

3q. A quantidade de caminhos definidos no passo 1d1c2 não é compatível com o tipo de proteção selecionado para a conexão:

3q1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3q2. O caso de uso retorna ao passo 1d1c2.

3r. A entidade da conexão sendo alterada não é do tipo "Recurso raiz" (conforme definição feita pelo arquiteto nos casos de uso "Criar entidade" ou "Alterar entidade"), e o usuário não definiu uma ocupação, ou a ocupação só possui um caminho de proteção:

3r1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3r2. O caso de uso retorna ao passo 1d.

3s. Uma conexão a ser ocupada informada nos passos 1d1a1, 1d1b1 ou 1d1c2 já está ocupada por outra conexão, a não ser que essa outra ocupação seja de um caminho de proteção "1 : 1", "1 : N" ou "M : N":

3s1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3s2. O caso de uso retorna ao passo 1d1a1, 1d1b1 ou 1d1c2.

3t. Uma conexão a ser ocupada num caminho de proteção informado no passo 1d1c2 já está ocupada por outra conexão em qualquer tipo de ocupação, e a conexão a ser alterada usa proteção "1 + 1":

3t1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3t2. O caso de uso retorna ao passo 1d1c2.

3u. A sequência em série das conexões ocupadas no passo 1d1a1 não completa um caminho fim-a-fim entre os equipamentos das terminações da conexão em alteração, deixando lacunas:

3u1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3u2. O caso de uso retorna ao passo 1d1a1.

3v. As conexões ocupadas nos passos 1d1b1 ou 1d1c2 não terminam nos mesmos equipamentos das terminações da conexão sendo criada:

3v1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3v2. O caso de uso retorna ao passo 1d1b1 ou 1d1c2.

3w. O nome de uma conexão ocupada informada nos passos 1d1a1, 1d1b1 ou 1d1c2 não foi encontrado na base de dados:

3w1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3w2. O caso de uso retorna ao passo 1d1a1, 1d1b1 ou 1d1c2.

3x. O nome da instância informada no passo 1c1 não foi encontrado na base de dados:

3x1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3x2. O caso de uso retorna ao passo 1c1.

3y. Existe na base de dados conexão ponto-a-ponto com o novo nome da conexão alterada:

3y1. Sistema apresenta mensagem de erro.

3y2. O caso de uso retorna ao passo 1.

A.7.5 - Caso de uso “Excluir conexão ponto-a-ponto”

Ator principal:

Administrador da rede.

Pré-condições:

1. Usuário deve iniciar sessão na aplicação e possuir perfil "Administrador da rede".

2. A entidade especialização de conexão ponto-a-ponto deve possuir instância cadastrada em casos de uso de manutenção de tabelas.

Iniciado por:

Caso de uso "Consultar conexão ponto-a-ponto".

Cenário principal:

1. Usuário solicita a exclusão da conexão ponto-a-ponto consultada.
2. Sistema exclui a conexão ponto-a-ponto solicitada pelo usuário.
3. Sistema apresenta mensagem de sucesso.

Cenários de exceção:

2a. A conexão ponto-a-ponto ou as conexões componentes geradas em seus tributários estão ocupados por outras conexões.

2a1. Sistema apresenta mensagem de erro.

Anexo B

Modelo de classes

Este anexo detalha o modelo de classes de domínio do problema pertinentes aos pacotes apresentados no Capítulo 5. O modelo foi criado a partir da especificação de requisitos e do modelo de informações SID do TMForum, e em conformidade com os padrões especificados em [29] e [30].

B.1 - Pacote “Especificação de entidade”

O pacote "Especificação de entidades" (ver Figura 92) contém as classes que permitem que o arquiteto do inventário especifique novas entidades, através dos casos uso do Pacote “Modelar inventário”:

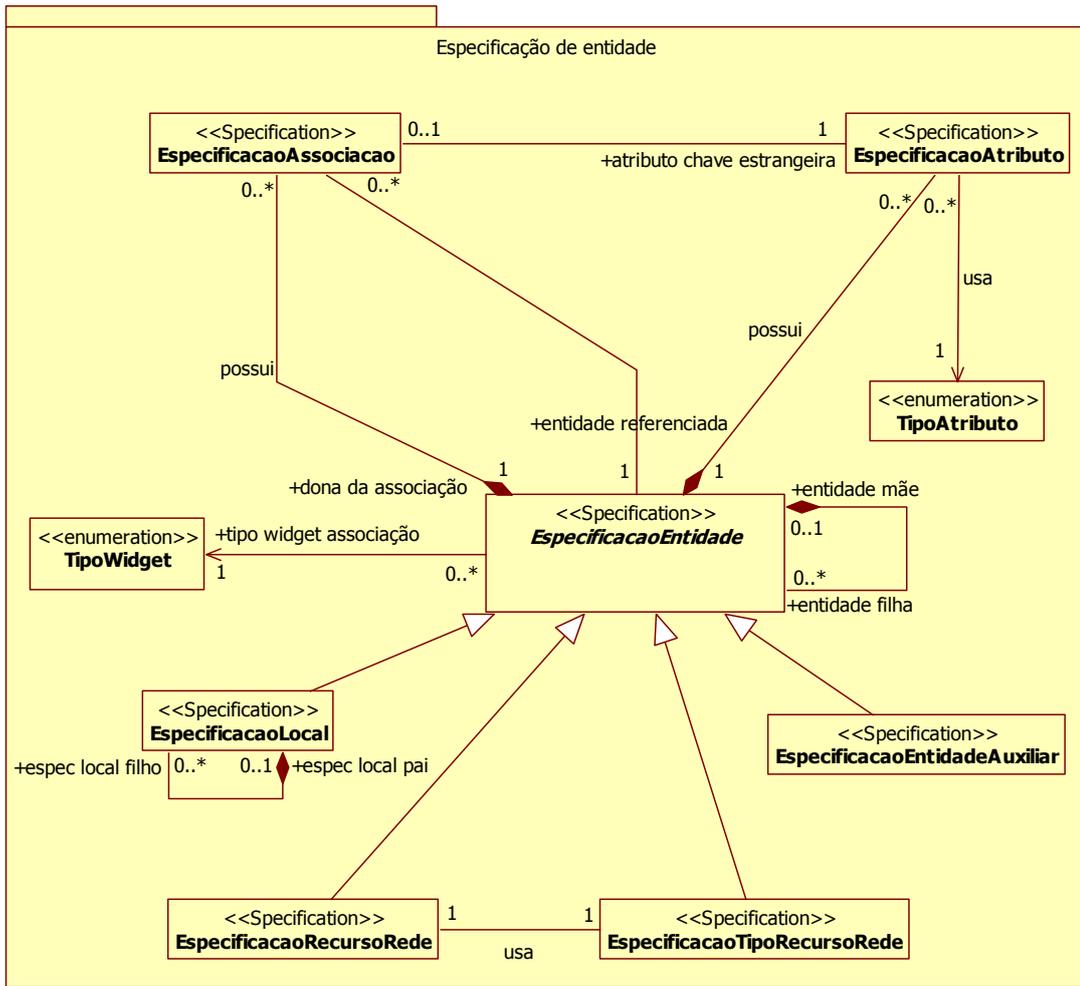


Figura 92: Pacote “Especificação de entidade” e outras entidades relacionadas

Classe	EspecificacaoEntidade
Persistida	Sim
Descrição	Classe da camada de metadados que representa as entidades a serem utilizadas na construção de um modelo de rede. O arquiteto do inventário cria novas entidades a partir das entidades nativas do sistema, ou a partir de outras entidades já criadas por ele. As novas entidades herdam de suas superclasses os atributos e associações.
Atributos:	
nomeEntidade: String	Nome da entidade especificada
descrição: String	Descrição detalhada da entidade especificada
classeNegocio: String	Nome da classe de negócio que representa a

	entidade especificada.
classeVisaoFormulario: String	Nome da classe de visão para acesso a uma instância da classe de negócio que representa a entidade especificada.
classeVisaoPesquisa: String	Nome da classe de visão para busca parametrizada de instâncias da entidade especificada.
tabelaBancoDados: String	Nome da tabela de banco de dados para persistência dos dados da classe de negócio que representa a entidade especificada.
nativa: Boolean	Indica se a entidade é nativa do sistema ou não.
abstrata: Boolean	Indica se a entidade é representada por uma classe abstrata do sistema ou não.
Operações:	
incluirAssociacao (especAssociacao: EspecificacaoAssociacao)	Acrescenta associação à entidade especificada.
excluirAssociacao (especAssociacao: EspecificacaoAssociacao)	Remove associação da entidade especificada.
listarAssociacoes (): EspecificacaoAssociacao[*]	Lista as associações da entidade especificada.
incluirAtributo (especificacaoAtributo: EspecificacaoAtributo)	Acrescenta atributo à entidade especificada.
excluirAtributo (especificacaoAtributo: EspecificacaoAtributo)	Remove atributo da entidade especificada.
listarAtributos (): EspecificacaoAtributo[*]	Lista os atributos da entidade especificada.
criarEntidade (entidadeMae: EspecificacaoEntidade): Boolean	Cria uma especificação de entidade, se não formar-se um <i>loop</i> de especializações.
listarEntidadesFilhas (): EspecificacaoEntidade[*]	Lista as entidades filhas de uma entidade especificada.

Classe	TipoWidget
Descrição	Domínio (enumeração) dos tipos de objetos visuais permitidos na representação de um atributo. É usada pelo arquiteto do sistema para definir o tipo de objeto visual que permite referenciar o nome de uma instância de uma entidade associada.
Valores possíveis (String):	
Campo texto	
Lista	

Classe	EspecificacaoAtributo
Persistida	Sim
Descrição	Classe da camada de metadados que representa os atributos de uma entidade, definidos pelo arquiteto do sistema. Para cada instância criada, um novo atributo é criado na classe da entidade sendo especificada, além da coluna da tabela correspondente no banco de dados.
Atributos:	
nomeAtributo: String	Nome do atributo especificado
descrição: String	Descrição detalhada do atributo especificado
atributoClasse: String	Nome do atributo na classe de negócio que representa a entidade do atributo especificado.
colunaBancoDados: String	Nome da coluna de uma tabela do banco de dados que representa o atributo especificado.
comprimento: Integer	Comprimento do atributo, caso o mesmo seja numérico ou alfanumérico.
obrigatorio: Boolean	Indica se o atributo é de preenchimento obrigatório ou não.
parametroPesquisa: Boolean	Indica se o atributo é usado como parâmetro de pesquisa da entidade à qual pertence.
resultadoPesquisa: Boolean	Indica se o atributo é apresentado no resultado da pesquisa da entidade à qual pertence.

Classe	TipoAtributo
Descrição	Domínio (enumeração) dos tipos de atributos permitidos na especificação de uma entidade. É usada pelo arquiteto do sistema na definição de cada atributo da entidade a ser modelada.
Valores possíveis (String):	
String	
Integer	
Float	
Boolean	
Date	

Classe	EspecificacaoAssociacao
Persistida	Sim
Descrição	Classe da camada de metadados que especifica as associações entre entidades criadas pelo arquiteto do sistema. Para cada instância criada, um atributo com o tipo da classe

	referenciada é criado na classe Java de negócio sendo modelada, além da chave estrangeira na tabela correspondente na base de dados. Só é permitido modelar associações dos tipos 0..1:0..N e 1:0..N.
Atributos:	
nomeAssociacao: String	Nome da associação especificada.
descricao: String	Descrição detalhada da associação especificada.
associacaoBancoDados: String	Nome da associação no banco de dados.
obrigatoria: Boolean	Indica se uma associação é obrigatória ou não, ou seja, se é do tipo 1:0..N ou 0..1:0..N.

Classe	EspecificacaoEntidadeAuxiliar
Persistida	Sim
Descrição	Classe da camada de metadados que especifica as entidades auxiliares. Para cada instância criada, uma nova classe Java de negócio especialização da classe “EntidadeAuxiliar” é criada no servidor de aplicações, além da tabela correspondente na base de dados.

Classe	EspecificacaoLocal
Persistida	Sim
Descrição	Classe da camada de metadados que especifica as entidades do tipo “Local”. Para cada instância criada, uma nova classe Java de negócio especialização da classe “Local” é criada no servidor de aplicações, além da tabela correspondente na base de dados.
Atributos:	
aceitaEquipamento: Boolean	Indica se em uma instância da entidade local especificada pode ser instalado um equipamento.
Operações:	
criarLocal (localPai: EspecificacaoLocal): Boolean	Cria uma especificação de entidade de local, se a hierarquia pai-filho não formar um <i>loop</i> .
listarLocaisFilhos (): EspecificacaoLocal[*]	Lista as especificações de locais filhos da hierarquia de uma especificação de local.

Classe	EspecificacaoRecursoRede
Persistida	

Descrição	Classe abstrata da camada de metadados que especifica as entidades de “Recurso de rede”.
Atributos:	
recursoRaiz: Boolean	Indica se instâncias de os recursos de rede dessa classe são do tipo raiz. No caso de equipamentos, podem ser instalados diretamente num local, sem a necessidade de instalação dentro de outros equipamentos. No caso de conexões, podem ser criadas diretamente em equipamentos, sem a necessidade de ocupar outras conexões.

Classe	EspecificacaoTipoRecursoRede
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de metadados que representa as entidades de “Tipo de recurso de rede”.
Atributos:	
tipoRecursoComponente: Boolean	Indica se um recurso do tipo especificado é parte componente de outro recurso. Ex.: portas são componentes de placas.

Associação	possui	
Descrição	Associação entre a especificação de uma associação com a especificação da sua entidade dona.	
Classe	Papel	Descrição
EspecificacaoEntidade	dona da associação	Entidade que contém a chave estrangeira para outra entidade.
EspecificacaoAssociacao		Associação especificada.

Associação		
Descrição	Associação entre a especificação de uma associação com a especificação da entidade referenciada.	
Classe	Papel	Descrição
EspecificacaoAssociacao		Associação especificada.
EspecificacaoEntidade	entidade referenciada	Entidade que contém a chave primária referenciada na associação.

Associação		
Descrição	Indica o atributo de uma entidade que implementa uma	

	associação 1:0..N ou 0..1:0..N.	
Classe	Papel	Descrição
EspecificacaoAssociacao		Associação especificada.
EspecificacaoAtributo	atributo chave estrangeira	Atributo da entidade dona da associação que implementa a chave estrangeira para a entidade referenciada.

Associação		
Descrição	Indica o tipo de widget que referencia uma instância de uma entidade associada em qualquer tela que a referencie.	
Classe	Papel	Descrição
EspecificacaoEntidade		Entidade que contém a chave estrangeira para outra entidade.
TipoWidget	tipo widget associação	Tipo de objeto visual para definição do nome de uma instância da entidade especificada na associação com outra entidade qualquer.

Associação		
Descrição	Associa a especificação de uma entidade do tipo local com as entidades que podem ser seus locais-filhos, estabelecendo as regras de hierarquia de locais permitidas.	
Classe	Papel	Descrição
EspecificacaoLocal	espec local pai	Especificação da entidade de local pai.
EspecificacaoLocal	espec local filho	Especificação da entidade de local filho.

Associação	usa
Descrição	Associa uma especificação de uma entidade de recurso de rede com a entidade de tipo de recurso de rede correspondente.
Classe	Descrição
EspecificacaoRecursoRede	Especificação da entidade que representa o recurso de rede.
EspecificacaoTipoRecursoRede	Especificação da entidade que representa o tipo de recurso de rede.

B.2 - Pacote “Entidades nativas”

O pacote "Entidades nativas" é composto das classes previstas no modelo-núcleo de informações SID e também pelas classes básicas a partir das quais devem ser criadas as entidades definidas pelo arquiteto, como visto na Figura 93:

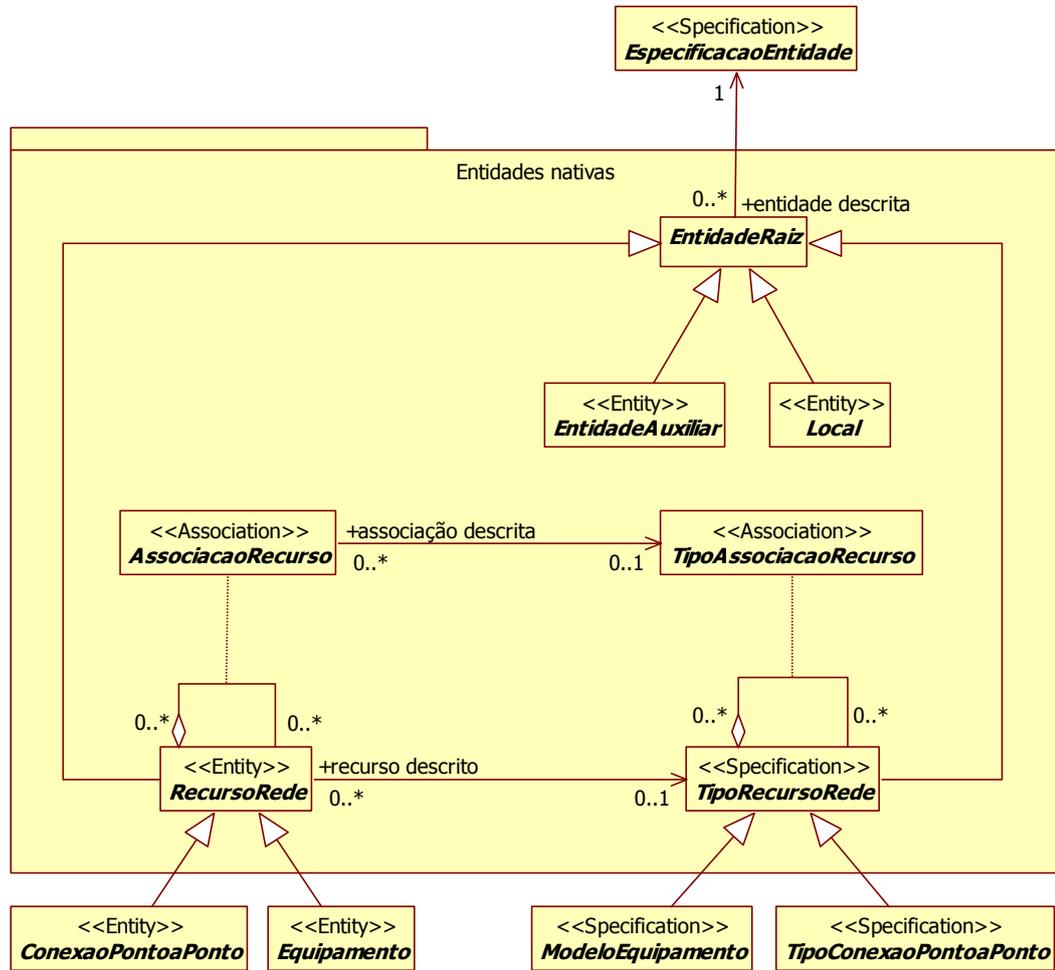


Figura 93: Pacote "Entidades nativas" e suas associações

Classe	EntidadeRaiz
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da qual herdam as entidades a serem utilizadas na construção de um modelo de rede.
Atributos:	
nome: String	Nome que identifica a instância da entidade.

Classe	TipoRecursoRede
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata que representa os tipos de recursos de rede. Equivale à classe de especificação de recursos de rede prevista pelo modelo SID.

Classe	TipoAssociacaoRecurso
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata que representa os tipos de associações permitidas entre recursos de rede. Equivale à classe de especificação de associações entre recursos de rede prevista pelo modelo SID.
Atributos:	
nome: String	Nome do tipo de associação entre recursos de rede.
descricao: String	Descrição detalhada do tipo de associação.
Operações:	
incluirTipoRecurso (tipoRecurso: TipoRecursoRede)	Acrescenta tipo de recurso de rede ao tipo de associação.
removerTipoRecurso (tipoRecurso: TipoRecursoRede)	Remove tipo de recurso de rede do tipo de associação.
listarTiposRecursoAssociados(): TipoRecursoRede[*]	Lista os recursos participantes do tipo de associação.

Classe	RecursoRede
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância que representa os recursos de rede. Equivale à classe de entidades de recursos de rede prevista pelo modelo SID.

Classe	AssociacaoRecurso
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância que representa as associações entre recursos de rede. Equivale à classe de associações entre recursos de rede prevista pelo modelo SID.
Operações:	
incluirRecurso (recurso: RecursoRede)	Acrescenta recurso de rede à associação.
removerRecurso (recurso: RecursoRede)	Remove recurso de rede da associação.

listarRecursosAssociados (): RecursoRede[*]	Lista os recursos participantes da associação.
---	--

B.3 - Pacote “Entidades auxiliares”

O pacote "Entidades auxiliares" contém a classe abstrata nativa "EntidadeAuxiliar" e as suas subclasses, criadas pelo arquiteto do inventário. A manutenção dos dados dessas classes é feita pelo administrador do inventário nos casos de uso do Pacote "Manter tabela auxiliar". A Figura 94 ilustra alguns exemplos de entidades auxiliares e associação criadas pelo arquiteto (em cinza):

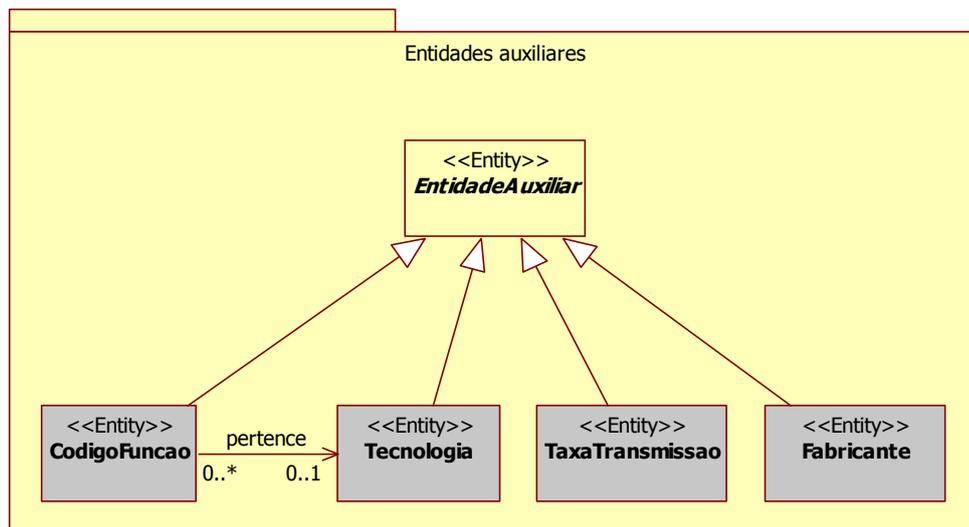


Figura 94: Pacote “Entidades auxiliares”

Classe	EntidadeAuxiliar
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância. Qualquer entidade auxiliar criada deve ser especialização desta entidade.

Observações:

- (i) As subclasses de EntidadeAuxiliar criadas pelo arquiteto oferecem operações dos tipos *get* e *set* para acesso aos seus atributos e objetos associados.

(ii) A Figura 94 mostra um exemplo de associação (entre as entidades CodigoFuncao e Tecnologia) definida pelo arquiteto do sistema.

B.4 - Pacote “Locais”

O pacote "Locais" contém a classe abstrata nativa "Local" e as suas subclasses, criadas pelo arquiteto do inventário. A manutenção dos dados dessas classes é feita pelo administrador do inventário nos casos de uso do Pacote "Manter tabela de local". A Figura 95 ilustra alguns exemplos de entidades de locais criadas pelo arquiteto (em cinza):

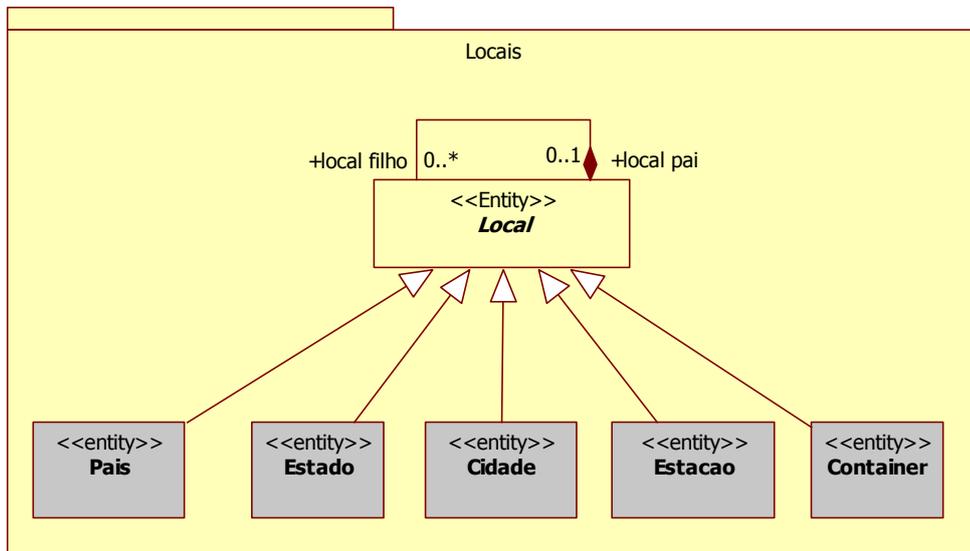


Figura 95: Pacote “Locais”

Classe	Local
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância. Qualquer entidade criada para representar locais deve ser especialização desta entidade.
Operações:	
criarLocal (localPai: Local): Boolean	Cria uma instância de local, se a regra de hierarquia das especificações das suas entidades permitir.
listarLocaisFilhos (): Local[*]	Lista os locais filhos do local.

listarEquipamentos (): Equipamento[*]	Lista os equipamentos do local.
--	---------------------------------

Observação: As subclasses de Local criadas pelo arquiteto oferecem operações dos tipos *get* e *set* para acesso aos seus atributos e objetos associados.

B.5 - Pacote "Tipo de composição de equipamento"

O pacote "Tipo de composição de equipamento" agrega as classes que permitem a realização dos casos de uso de manutenção de tipos de composição de equipamento, do Pacote "Manter modelo de equipamento", como visto na Figura 96:

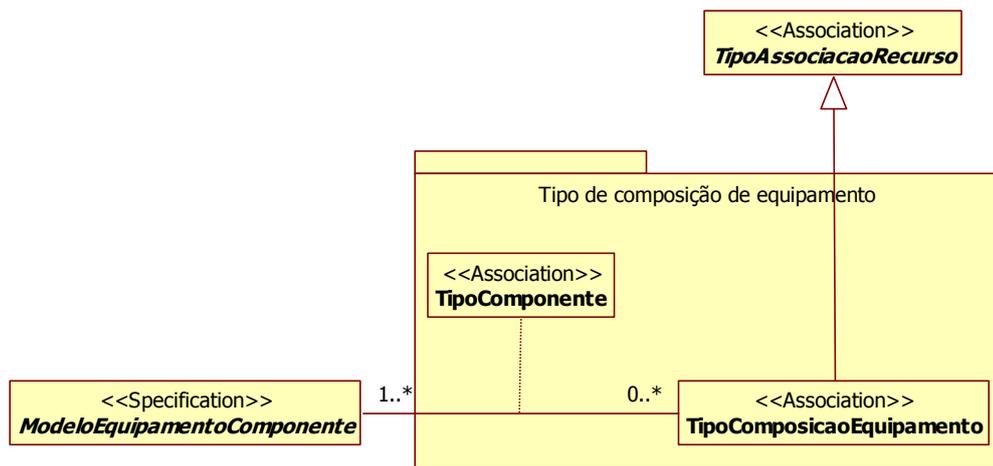


Figura 96: Pacote “Tipo de composição de equipamento”

Classe	TipoComposicaoEquipamento
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa os tipos de composição (configuração) permitidos para os modelos de equipamentos compostos. Um exemplo é a representação da estrutura de portas de uma placa.
Operações:	
incluirTipoComponente (tipoComponente: TipoComponente): Boolean	Acrescenta tipo de componente ao tipo de composição, se não houver instância de composição do tipo especificado.

excluirTipoComponente (tipoComponente: TipoComponente) : Boolean	Remove tipo de componente do tipo de composição, se não houver instância de composição do tipo especificado.
alterarTipoComponente (tipoComponente: TipoComponente) : Boolean	Altera o tipo de componente do tipo de composição, se não houver instância de composição do tipo especificado.
listarTiposComponentes (): TipoComponente[*]	Lista os tipos componentes do tipo de composição.

Classe	TipoComponente
Persistida	Sim
Descrição	Classe associativa que relaciona um tipo de composição de equipamento aos modelos de equipamentos componentes.
Atributos:	
numeroSequencial: Integer	Identificação numérica sequencial automática (para ordenação) do equipamento componente dentro da composição.
nomeComponente: String	Identificação do equipamento componente dentro da composição, definida pelo administrador do inventário.

B.6 - Pacote "Modelo de equipamento"

O pacote "Modelo de equipamento" contém a classe abstrata nativa "ModeloEquipamento", suas subclasses criadas pelo arquiteto do inventário, e as classes que especificam as associações de composição e ocupação possíveis para as instâncias de equipamentos. As entidades de modelos de equipamentos criadas pelo arquiteto podem ainda possuir outros tipos de associações, conforme definições feitas nos casos de uso do Pacote "Modelar inventário".

A manutenção dos dados dessas classes é feita pelo administrador do inventário nos casos de uso do Pacote "Manter modelo de equipamento". A Figura 97 ilustra alguns exemplos de entidades de modelos de equipamentos criadas pelo arquiteto (em cinza):



Figura 97: Pacote “Modelo de equipamento”

Classe	ModeloEquipamento
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata que representa os modelos de equipamentos a serem inventariados.
Atributos:	
terminacaoExclusiva: Boolean	Indica se apenas uma instância de conexão ponto-a-ponto pode terminar no equipamento.
Operações:	
incluirTermPermitida (tipoTerminacao: TipoTerminacao)	Acrescenta uma especificação de conexão ponto-a-ponto à lista de conexões que podem ter um ponto de terminação em equipamentos do modelo especificado.

excluirTermPermitida (tipoTerminacao: TipoTerminacao): Boolean	Remove uma especificação de conexão ponto-a-ponto da lista de conexões que podem ter um ponto de terminação em equipamentos do modelo especificado, se não houver instância de terminação do tipo a ser excluído.
listarTiposTermPermitidos (): TipoTerminacao[*]	Lista os tipos de terminação de conexões ponto-a-ponto permitidas para o modelo de equipamento.

Classe	ModeloEquipamentoComposto
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata. Qualquer entidade criada para representar modelos de equipamentos compostos (ou seja, que são formados por outros equipamentos componentes) deve ser especialização desta entidade. Exemplos: sub-bastidores e placas.
Operações:	
incluirTipoComposicao (tipoComposicao: TipoComposicaoEquipamento)	Acrescenta tipo de composição permitido para o modelo de equipamento.
excluirTipoComposicao (tipoComposicao: TipoComposicaoEquipamento): Boolean	Remove tipo de composição permitido para o modelo de equipamento, se não houver instância de composição do tipo a ser excluído.
listarTiposComposicao (): TipoComposicaoEquipamento[*]	Lista os tipos de composição permitidos para o modelo de equipamento.
incluirCompatibilidadeOcupacao (compatibilidadeOcupacao: CompatibilidadeOcupacaoEquipamento)	Acrescenta tipo de compatibilidade de ocupação permitido para o modelo de equipamento.
excluirCompatibilidadeOcupacao (compatibilidadeOcupacao: CompatibilidadeOcupacaoEquipamento): Boolean	Remove tipo de compatibilidade de ocupação permitido para o modelo de equipamento, se não houver instância de ocupação do tipo a ser excluído.
listarTiposOcupacao (): CompatibilidadeOcupacaoEquipamento[*]	Lista os tipos de compatibilidade de ocupação permitidos para o modelo de equipamento.

Classe	ModeloEquipamentoComponente
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata. Qualquer entidade criada para representar modelos de equipamentos componentes de outros equipamentos deve ser especialização desta entidade. Exemplos: slots e portas.

Classe	TipoTerminacao
Persistida	Sim
Descrição	Classe associativa que representa as compatibilidades de terminação de tipos de conexão ponto-a-ponto permitidas para um modelo de equipamento. Um exemplo é a representação da possibilidade de terminação de uma fibra óptica em um modelo de porta.

Classe	CompatibilidadeOcupacaoEquipamento
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa as compatibilidades de ocupação permitidas para os modelos de equipamentos compostos. Um exemplo é a representação da possibilidade de ocupação de um modelo de slot por um modelo de placa.
Operações:	
incluirQuantidadeModeloOcupado (quantidadeModeloOcupado: QuantidadeModeloOcupado) : Boolean	Acrescenta modelo de equipamento ocupado ao tipo de compatibilidade de ocupação, juntamente com a quantidade ocupada, se não houver instância de ocupação deste tipo.
excluirQuantidadeModeloOcupado (quantidadeModeloOcupado: QuantidadeModeloOcupado) : Boolean	Remove modelo de equipamento ocupado do tipo de compatibilidade de ocupação, se não houver instância de ocupação deste tipo.
alterarQuantidadeModeloOcupado (quantidadeModeloOcupado: QuantidadeModeloOcupado): Boolean	Altera a quantidade de equipamentos ocupados no tipo de compatibilidade de ocupação, se não houver instância de ocupação deste tipo.
listarQuantidadesModelosOcupados (): QuantidadeModeloOcupado[*]	Lista os modelos de equipamentos ocupados do tipo de compatibilidade de ocupação, juntamente com as quantidades ocupadas.

Classe	QuantidadeModeloOcupado
Persistida	Sim
Descrição	Classe associativa que relaciona um tipo de compatibilidade de ocupação aos modelos de equipamentos ocupados.
Atributos:	
quantidadeOcupada: Integer	Quantidade de instâncias do modelo de equipamento a serem ocupadas. Um exemplo importante de utilização desse atributo é a modelagem de uma placa que ocupa mais de um slot simultaneamente.

B.7 - Pacote “Tipo de estágio de multiplexação”

O pacote "Tipo de estágio de multiplexação" agrega as classes que permitem a realização dos casos de uso de manutenção de estágios de multiplexação do Pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto", como visto na Figura 98:

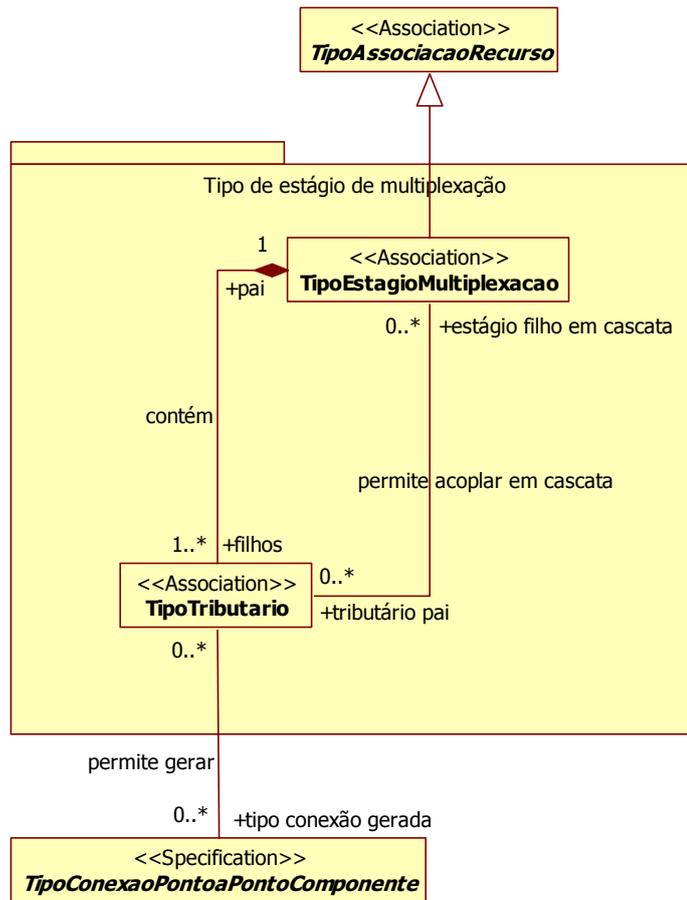


Figura 98: Pacote “Tipo de estágio de multiplexação”

Classe	TipoEstagioMultiplexacao
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa os tipos de composição (estágios de multiplexação) permitidos para os tipos de conexão ponto-a-ponto compostas.
Operações:	
incluirTipoTributario	Acrescenta tipo de tributário ao tipo de estágio

(tipoTributario: TipoTributario): Boolean	de multiplexação, se não houver instância de estágio do tipo especificado.
excluirTipoTributario (tipoTributario: TipoTributario): Boolean	Remove tipo de tributário do tipo de estágio de multiplexação, se não houver instância de estágio do tipo especificado.
alterarTipoTributario (tipoTributario: TipoTributario): Boolean	Altera tipo de tributário do tipo de estágio de multiplexação, se não houver instância de estágio do tipo especificado.
listarTiposTributario (): TipoTributario[*]	Lista os tipos de tributários do tipo de estágio de multiplexação.

Classe	TipoTributario
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa uma terminação de um tipo de estágio de multiplexação, relacionando-o aos tipos de conexão componentes possíveis e aos estágios em cascata permitidos.
Atributos:	
numeroSequencial: Integer	Identificação numérica sequencial automática (para ordenação) do tributário do estágio de multiplexação.
nomeTributario: String	Identificação do tributário do estágio de multiplexação, definida pelo administrador do inventário.
Operações:	
incluirTipoEstagioFilho (tipoEstagioFilho: TipoEstagioMultiplexacao): Boolean	Acrescenta compatibilidade com tipo de estágio de multiplexação que pode ser acoplado em cascata com tributário do tipo especificado.
excluirTipoEstagioFilho (tipoEstagioFilho: TipoEstagioMultiplexacao): Boolean	Remove compatibilidade com tipo de estágio de multiplexação que pode ser colocado em cascata, se não houver instância de cascata desse tipo .
listarTiposEstagiosFilhos (): TipoEstagioMultiplexacao[*]	Lista tipos de estágios de multiplexação que podem ser acoplados em cascata.
incluirTipoConexaoGerada (tipoConexaoGerada: TipoConexaoPontoaPontoComponente): Boolean	Acrescenta compatibilidade com tipo de conexão ponto-a-ponto componente que pode ser gerada em tributário do tipo especificado.
excluirTipoConexaoGerada (tipoConexaoGerada: TipoConexaoPontoaPontoComponente): Boolean	Remove compatibilidade com tipo de conexão ponto-a-ponto componente que pode ser gerada em tributário do tipo especificado, se não houver instância de geração desse tipo .
listarTiposConexoesGeradas ():	Lista tipos de ponto-a-ponto componentes que

TipoConexaoPontoaPontoComponente[*]	podem ser geradas em tributário do tipo especificado.
-------------------------------------	---

B.8 - Pacote “Tipo de conexão ponto-a-ponto”

O pacote "Tipo de conexão ponto-a-ponto" contém a classe abstrata nativa "TipoConexaoPontoaPonto", suas subclasses criadas pelo arquiteto do inventário, e as classes que especificam as associações de composição e ocupação possíveis para as instâncias de conexões. As entidades de tipos de conexões criadas pelo arquiteto podem ainda possuir outros tipos de associações, conforme definições feitas nos casos de uso do Pacote “Modelar inventário”.

A manutenção dos dados dessas classes é feita pelo administrador do inventário nos casos de uso do Pacote "Manter tipo de conexão ponto-a-ponto". A Figura 99 ilustra alguns exemplos de entidades de tipo de conexões criadas pelo arquiteto (em cinza):

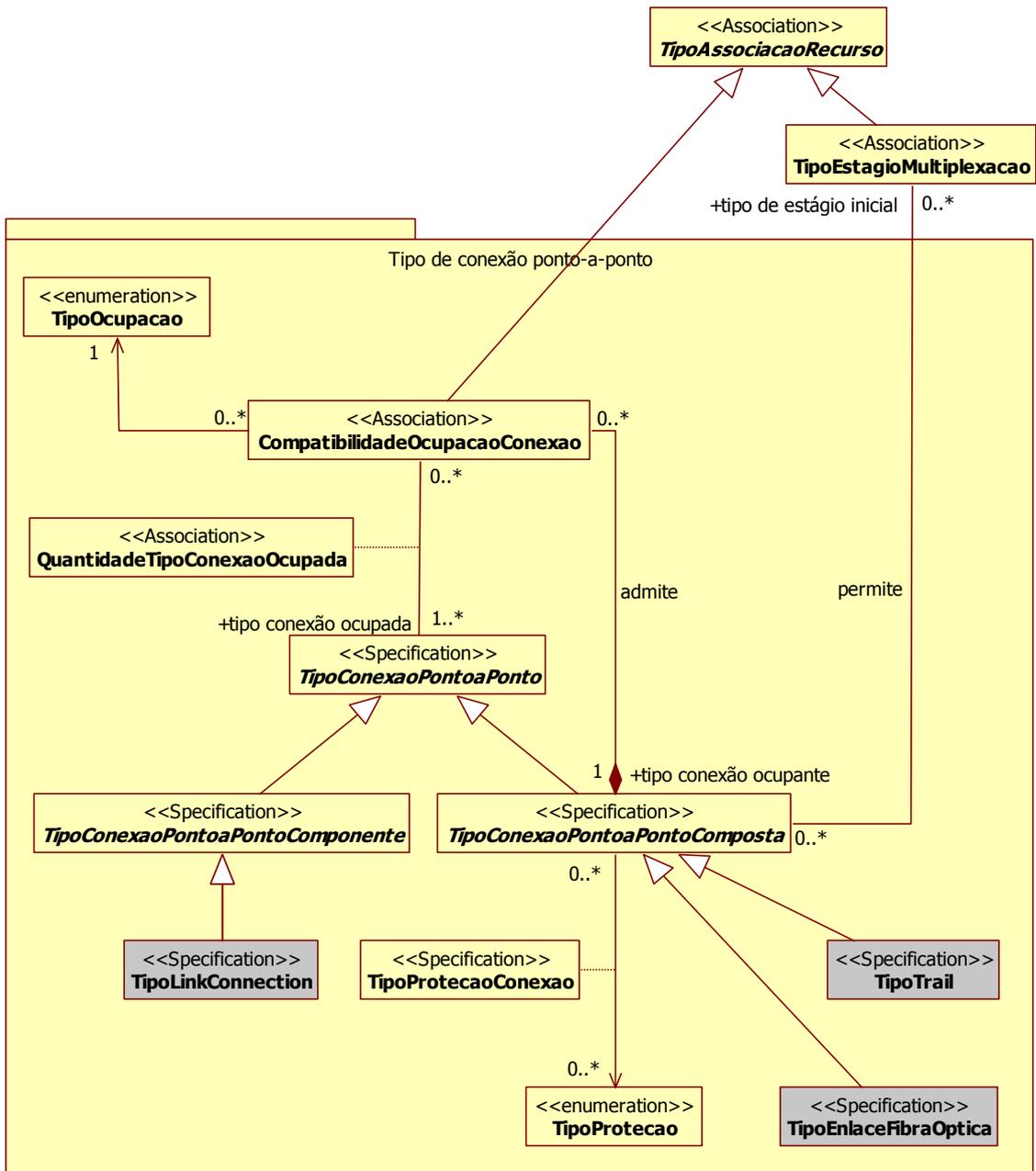


Figura 99: Pacote “Tipo de conexão ponto-a-ponto”

Classe	TipoConexãoPontoaPonto
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata que representa os tipos de conexão ponto-a-ponto a serem inventariados.

Classe	TipoConexaoPontoAPontoComposta
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata. Qualquer entidade criada para representar os tipos de conexão ponto-a-ponto compostas (ou seja, que geram outras conexões componentes) deve ser especialização desta entidade.
Operações:	
incluirTipoEstagioMultiplexacaoInicial (tipoEstagioMultiplexacaoInicial: TipoEstagioMultiplexacao)	Acrescenta tipo de estágio de multiplexação inicial permitido para o tipo de conexão ponto-a-ponto composta.
excluirTipoEstagioMultiplexacaoInicial (tipoEstagioMultiplexacaoInicial: TipoEstagioMultiplexacao): Boolean	Remove tipo de estágio de multiplexação inicial permitido para o tipo de conexão ponto-a-ponto composta, se não houver instância de conexão do mesmo tipo utilizando estágio do tipo a ser excluído.
listarTiposEstagioMultiplexacaoInicial (): TipoEstagioMultiplexacao[*]	Lista os tipos de estágio de multiplexação inicial permitidos para o tipo de conexão ponto-a-ponto composta.
incluirCompatibilidadeOcupacao (compatibilidadeOcupacao: CompatibilidadeOcupacaoConexao)	Acrescenta tipo de compatibilidade de ocupação permitido para o tipo de conexão ponto-a-ponto composta.
excluirCompatibilidadeOcupacao (compatibilidadeOcupacao: CompatibilidadeOcupacaoConexao): Boolean	Remove tipo de compatibilidade de ocupação permitido para o tipo de conexão ponto-a-ponto composta, se não houver instância de ocupação do tipo a ser excluído.
listarCompatibilidadesOcupacao (): CompatibilidadeOcupacaoConexao[*]	Lista os tipos de compatibilidade de ocupação permitidos para o tipo de conexão ponto-a-ponto composta.
incluirProtecaoPermitida (tipoProtecao: TipoProtecao)	Acrescenta um tipo de proteção permitido para o tipo de conexão ponto-a-ponto composta.
excluirProtecaoPermitida (tipoProtecao: TipoProtecao): Boolean	Remove um tipo de proteção permitido para o tipo de conexão ponto-a-ponto composta, se não houver instância de conexão do mesmo tipo utilizando o tipo de proteção a ser excluído.
listarProtecoesPermitidas (): TipoProtecao [*]	Lista os tipos de proteção permitidos para o tipo de conexão ponto-a-ponto composta.

Classe	TipoConexaoPontoAPontoComponente
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata. Qualquer entidade criada para representar os tipos de conexão ponto-a-ponto componentes (ou seja, geradas por conexões compostas) deve ser especialização desta

	entidade.
--	-----------

Classe	CompatibilidadeOcupacaoConexao
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa as compatibilidades de ocupação permitidas para os tipos de conexão ponto-a-ponto compostas. Um exemplo é a representação da ocupação de <i>link connections</i> por um <i>trail</i> .
Operações:	
incluirQuantidadeTipoConexaoOcupada (quantidadeTipoConexaoOcupada: QuantidadeTipoConexaoOcupada): Boolean	Acrescenta tipo de conexão ocupada ao tipo de compatibilidade de ocupação, juntamente com a quantidade ocupada, se não houver instância de ocupação deste tipo.
excluirQuantidadeTipoConexaoOcupada (quantidadeTipoConexaoOcupada: QuantidadeTipoConexaoOcupada): Boolean	Remove tipo de conexão ocupada do tipo de compatibilidade de ocupação, se não houver instância de ocupação deste tipo.
alterarQuantidadeTipoConexaoOcupada (quantidadeTipoConexaoOcupada: QuantidadeTipoConexaoOcupada): Boolean	Altera a quantidade de conexões ocupadas no tipo de compatibilidade de ocupação, se não houver instância de ocupação deste tipo.
listarQuantidadesTiposConexoesOcupadas (): QuantidadeTipoConexaoOcupada [*]	Lista os tipos de conexões ocupadas do tipo de compatibilidade de ocupação, juntamente com as quantidades ocupadas.

Classe	TipoOcupacao
Descrição	Domínio (enumeração) dos tipos que uma compatibilidade de ocupação pode assumir.
Valores possíveis (String):	
Caminhos	Tipo de ocupação de caminhos paralelos (<i>i.e.</i> , a conexão principal e as de proteção) permitida para um tipo de conexão ponto-a-ponto. Um exemplo é a ocupação de <i>Network connections</i> por um <i>Trail</i> .
Sequencial	Tipo de ocupação de conexões justapostas em série por uma conexão ponto-a-ponto. Um exemplo é a ocupação de <i>Link connections</i> por uma <i>Network connection</i> .
Concatenação virtual	Tipo de ocupação de conexões concatenadas geradas por quaisquer outras conexões compostas, e em quaisquer tributários. É usada nas redes SDH-NG e OTN.
Concatenação flex	Tipo de ocupação de conexões concatenadas

	geradas pela mesma conexão composta, mas em quaisquer tributários. É usada nas redes OTN.
--	---

Classe	QuantidadeTipoConexaoOcupada
Persistida	Sim
Descrição	Classe associativa que relaciona um tipo de compatibilidade de ocupação aos tipos de conexão ponto-a-ponto ocupadas.
Atributos:	
quantidadeOcupada: Integer	Quantidade de conexões a serem ocupadas. Recebe um valor maior que 1 no caso de tipos de ocupação concatenados, e o valor 1 nos demais tipos.

Classe	TipoProtecaoConexao
Persistida	Sim
Descrição	Classe associativa que relaciona um tipo de conexão ponto-a-ponto composta aos tipos de proteção permitidos.

Classe	TipoProtecao
Descrição	Domínio (enumeração) dos tipos de proteção permitidos para um tipo de conexão.
Valores possíveis (String):	
1 + 1	
1 : 1	
1 : N	
M : N	

B.9 - Pacote “Equipamentos”

O pacote "Equipamentos" é composto das classes que representam os recursos de equipamentos de rede propriamente ditos. Essas classes permitem a execução pelo administrador da rede dos casos de uso do Pacote “Administrar equipamento”, observando-se as regras previamente definidas pelo administrador do inventário. A Figura 100 apresenta as classes do pacote "Equipamentos", incluindo exemplos de entidades criadas pelo arquiteto do sistema (em cinza):

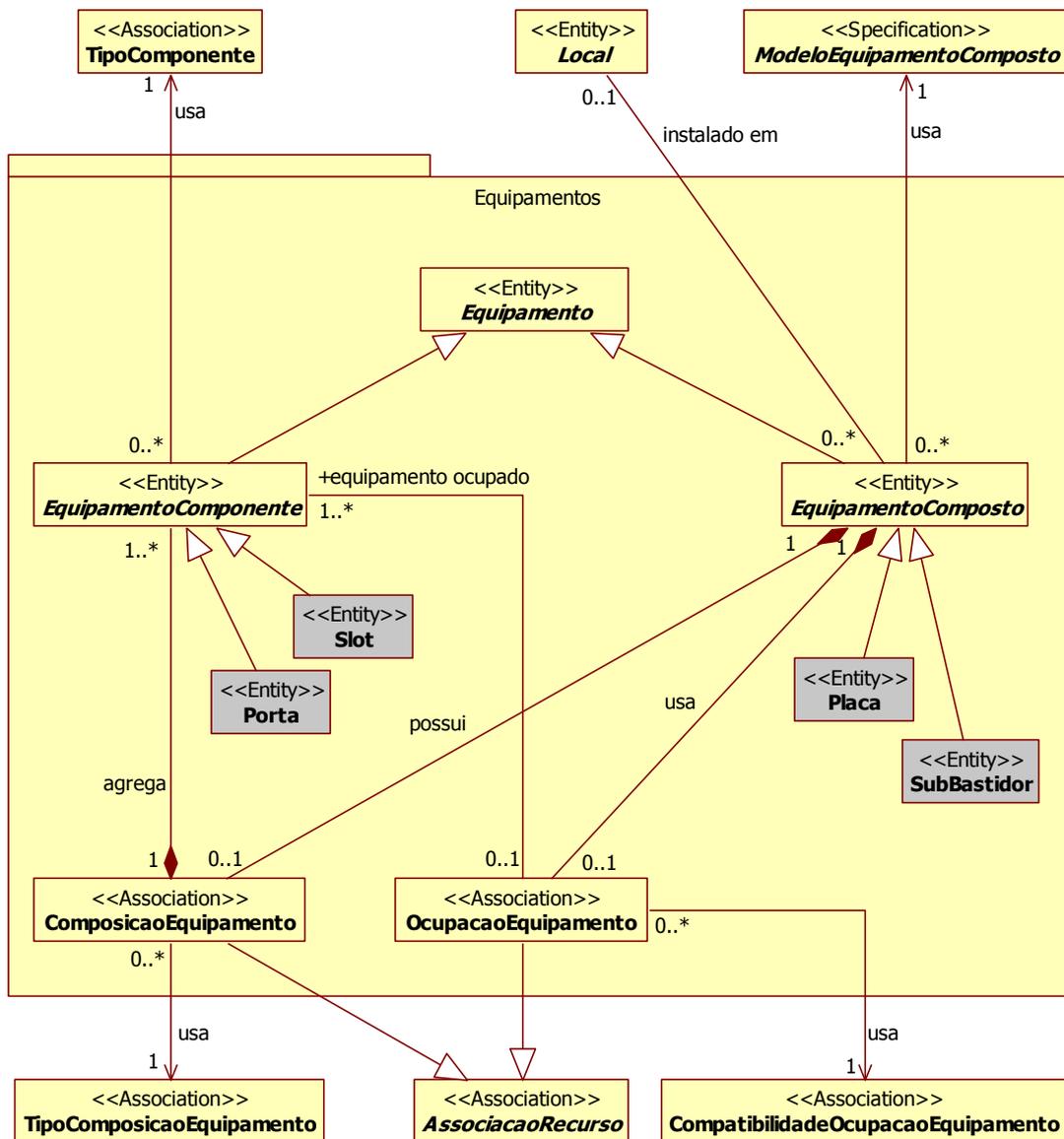


Figura 100: Pacote “Equipamentos”

Classe	Equipamento
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância, da qual herdam todas as entidades que representam equipamentos.
Operações:	
incluirTerminacaoConexao (terminacao: TerminacaoConexao): Boolean	Acrescenta ao equipamento a terminação de uma conexão ponto-a-ponto, se a regra de compatibilidade de tipo de terminação for satisfeita.

excluirTerminacaoConexao (terminacao: TerminacaoConexao)	Remove do equipamento a terminação de conexão.
listarTerminacoes (): TerminacaoConexao[*]	Lista as terminações de conexões ponto-a-ponto do equipamento.
validarDesinstalacao (): Boolean	Verifica se é possível excluir o equipamento, sem deixar no inventário outros equipamento dependentes diretos ou indiretos (ocupantes dos seus equipamentos componentes), e nem conexões que terminavam no mesmo.

Classe	EquipamentoComposto
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância. Qualquer entidade criada para representar equipamentos compostos deve ser especialização desta entidade.
Operações:	
criarOcupacao (): Boolean	Cria uma ocupação para o equipamento composto, se o mesmo ainda não possuir uma ocupação.
excluirOcupacao ()	Elimina a ocupação do equipamento.
criarComposicao (tipoComposicaoEquipamento: TipoComposicaoEquipamento): Boolean	Cria para o equipamento composto uma composição do tipo informado como parâmetro. Esta operação só será realizada se o equipamento não possuir uma composição.
excluirComposicao (): Boolean	Exclui a composição do equipamento. Esta operação só será realizada se não houver equipamentos ocupando os equipamentos componentes do equipamento composto.
listarEquipamentosComponentes: EquipamentoComponente[*]	Lista os equipamentos componentes (gerados pelo equipamento composto).
validarRegras (): Boolean	Verifica se o equipamento, sua ocupação, composição e terminações de conexões estão de acordo com as regras definidas pelo administrador do inventário.

Classe	EquipamentoComponente
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância. Qualquer entidade criada para representar equipamentos componentes deve ser especialização desta entidade.

Classe	OcupacaoEquipamento
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa uma associação do tipo ocupação entre equipamentos.
Operações:	
ocuparEquipamento (equipamento: EquipamentoComponente): Boolean	Acrescenta o equipamento componente passado como parâmetro à lista de equipamentos ocupados, se houver alguma regra de tipo de compatibilidade de ocupação que o permita.
desocuparEquipamentos (): Boolean	Remove os equipamentos componentes da ocupação.
listarEquipamentosOcupados (): EquipamentoComponente[*]	Retorna os equipamentos da lista de componentes da ocupação.
validarOcupacao (): Boolean	Operação que verifica se a ocupação configurada é válida segundo as regras de compatibilidade de ocupação.

Classe	ComposicaoEquipamento
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa uma associação do tipo composição entre equipamentos.
Operações:	
criaEquipamentoComponente (tipoComponente: TipoComponente, nomeEquipamento: String): EquipamentoComponente	Cria um equipamento do tipo do componente passado como parâmetro, acrescentando-o à composição. Retorna o equipamento criado.
excluiEquipamentoComponente (equipamentoComponente: EquipamentoComponente): Boolean	Exclui o equipamento componente passado como parâmetro, se o mesmo não estiver ocupado por outro equipamento.
listarEquipamentosComponentes (): EquipamentoComponente[*]	Lista os equipamentos componentes.

B.10 - Pacote “Conexão ponto-a-ponto”

O pacote "Conexão ponto-a-ponto" é composto pelas classes que representam os recursos de conexões ponto-a-ponto propriamente ditos. Essas classes permitem a execução pelo administrador da rede dos casos de uso do Pacote “Administrar conexão ponto-a-ponto”, observando-se as regras previamente definidas pelo administrador do inventário. A Figura

101 apresenta as classes do pacote "Conexão ponto-a-ponto", incluindo exemplos de entidades criadas pelo arquiteto do sistema (em cinza):

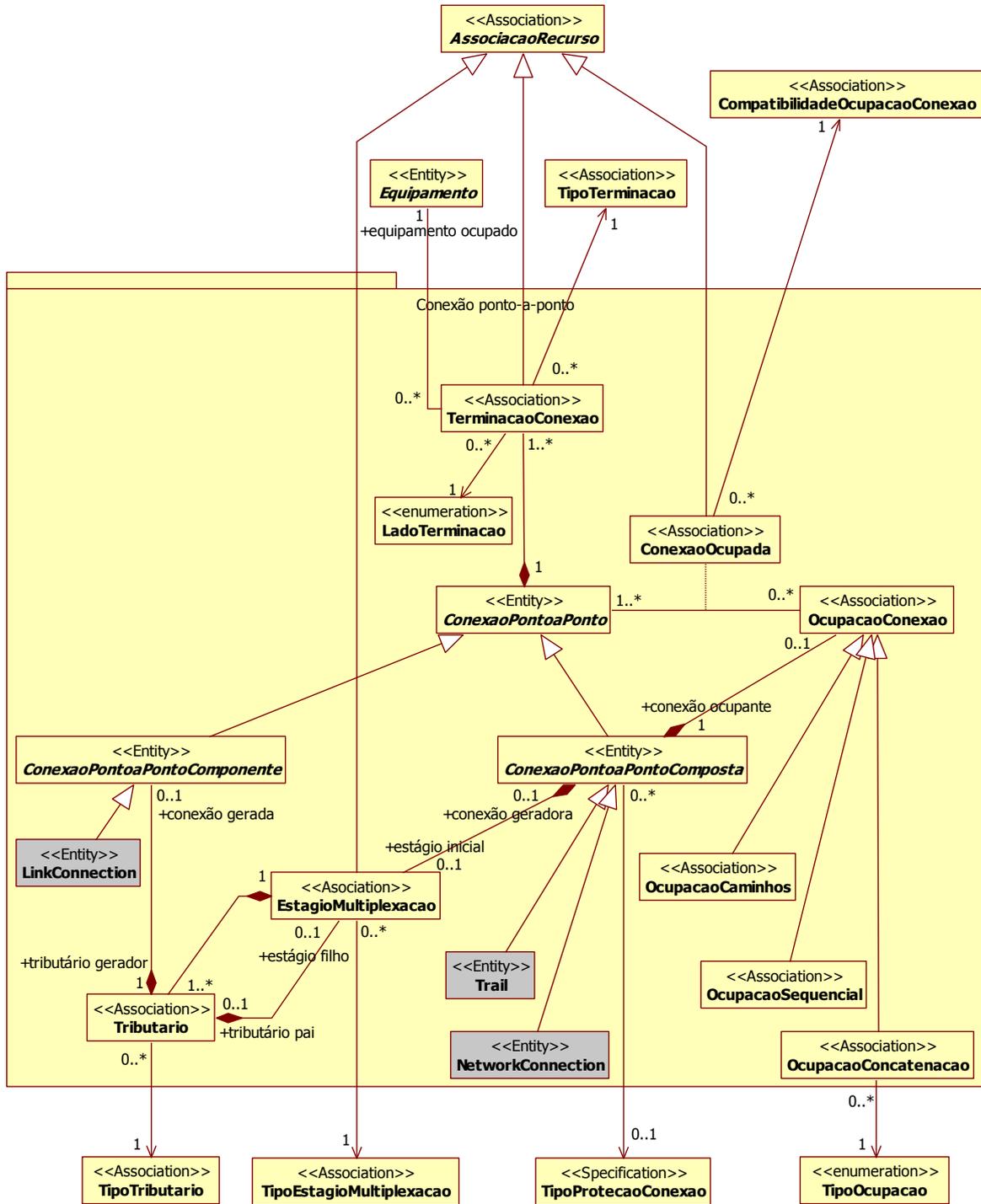


Figura 101: Pacote "Conexão ponto-a-ponto"

Classe	ConexaoPontoAPonto
--------	--------------------

Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância. Qualquer entidade criada para representar conexões ponto-a-ponto deve ser especialização desta entidade.
Operações:	
incluirTerminacao(TerminacaoConexao): Boolean	Acrescenta a terminação passada como parâmetro à conexão ponto-a-ponto.
excluirTerminacao(TerminacaoConexao): Boolean	Remove a terminação passada como parâmetro da conexão ponto-a-ponto.
listarTerminacoes (): TerminacaoConexao[*]	Lista as terminações da conexão em equipamentos.
listarOcupacoes (): OcupacaoConexao[*]	Lista as ocupações das quais a conexão ponto-a-ponto faz parte.
validarDesativacao (): Boolean	Verifica se é possível excluir a conexão, sem deixar no inventário outras conexões dependentes diretas ou indiretas (ocupantes da própria conexão ou das suas componentes, se a conexão for composta).
isOcupada (): Boolean	Verifica se a conexão está ocupada de forma exclusiva por outra.

Classe	ConexaoPontoAPontoComposta
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância. Qualquer entidade criada para representar conexões ponto-a-ponto que podem ser compostas por outras conexões deve ser especialização desta entidade.
Operações:	
criarOcupacaoCaminhos (): Boolean	Cria uma ocupação de caminhos para a conexão ponto-a-ponto composta, se a mesma ainda não possuir uma ocupação.
criarOcupacaoConcatenada (tipoConcatenacao: TipoConcatenacao): Boolean	Cria uma ocupação de conexões concatenadas do tipo passado como parâmetro para a conexão ponto-a-ponto composta, se a mesma ainda não possuir uma ocupação.
criarOcupacaoSequencial (): Boolean	Cria uma ocupação de conexões em sequência contígua para a conexão ponto-a-ponto composta, se a mesma ainda não possuir uma ocupação.
excluirOcupacao ()	Elimina a ocupação da conexão.
criarEstagioMultiplexacaoInicial (tipoEstagioMultiplexacaoInicial: TipoEstagioMultiplexacao): Boolean	Cria para a conexão composta um estágio de multiplexação inicial do tipo informado como parâmetro. Esta operação só será realizada se a

	conexão não possuir um estágio inicial.
excluirEstagioMultiplexacaoInicial (): Boolean	Exclui o estágio de multiplexação inicial da conexão. Esta operação só será realizada se não houver conexões ponto-a-ponto ocupando a conexão composta ou as conexões componentes geradas por ela.
listarConexoesComponentes: ConexaoPontoaPontoComponente[*]	Lista as conexões componentes (geradas pela conexão composta).
listarOcupantes: ConexaoOcupada[*]	Lista os ocupantes da conexão.
validarRegras (): Boolean	Verifica se a conexão, sua ocupação, composição e proteção estão de acordo com as regras definidas pelo administrador do inventário.

Classe	ConexaoPontoAPontoComponente
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata da camada de instância. Qualquer entidade criada para representar conexões ponto-a-ponto componentes deve ser especialização desta entidade.

Classe	OcupacaoConexao
Persistida	Sim
Descrição	Classe abstrata que representa uma associação de ocupação entre conexões ponto-a-ponto.
Operações:	
desocuparConexao (ConexaoPontoaPonto): Boolean	Remove a conexão ponto-a-ponto da ocupação.
listarConexoesOcupadas (): ConexaoOcupada[*]	Lista as conexões utilizadas na ocupação.
validarOcupacao (): Boolean	Operação abstrata que verifica se a ocupação configurada é válida segundo o tipo da ocupação, regras de compatibilidade de ocupação e tipos de proteção permitidos.

Classe	OcupacaoCaminhos
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa uma ocupação de caminhos paralelos (<i>i.e.</i> , a conexão principal e as de proteção) por uma conexão ponto-a-ponto. Um exemplo é a ocupação de <i>Network Connections</i> por um <i>trail</i> .
Operações:	

ocuparConexao (conexaoOcupada: ConexaoPontoaPonto, tipoCaminho: TipoCaminho)	Inclui conexão ponto-a-ponto na lista de conexões ocupadas. Esta operação é usada para ocupação de caminhos principal e de proteção (o tipo do caminho é passado como parâmetro).
validarOcupacao (): Boolean	Operação que verifica se a ocupação dos caminhos é válida.

Classe	OcupacaoConcatenacao
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa uma ocupação de conexões concatenadas em paralelo (multiplexação inversa) por uma conexão ponto-a-ponto.
Operações:	
ocuparConexao (conexaoOcupada: ConexaoPontoaPonto)	Inclui conexão ponto-a-ponto na lista de conexões concatenadas ocupadas.
validarOcupacao (): Boolean	Operação que verifica se a ocupação das conexões concatenadas é válida para o seu tipo de concatenação.

Classe	OcupacaoSequencial
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa uma ocupação de conexões em série por uma conexão ponto-a-ponto. Um exemplo é a ocupação de <i>Link Connections</i> por uma <i>Network Connection</i> .
Operações:	
ocuparConexao (conexaoOcupada: ConexaoPontoaPonto)	Inclui conexão ponto-a-ponto na lista de conexões ocupadas em sequência.
validarOcupacao (): Boolean	Operação que verifica se a ocupação das conexões em sequência é válida.

Classe	ConexaoOcupada
Persistida	Sim
Descrição	Classe associativa que relaciona a ocupação de uma conexão com uma conexão ocupada.
Atributos:	
posicaoSequencialConexaoOcupada: Integer	Número sequencial para ordenação da conexão ocupada dentro da ocupação. Só faz sentido para as ocupações do tipo sequencial.
caminhoPrincipal: Boolean	Atributo que indica se a conexão ocupada é o

	caminho principal. Só faz sentido para as ocupações de caminhos.
--	--

Classe	TerminacaoConexao
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa uma terminação de uma conexão ponto-a-ponto.

Classe	LadoTerminacao
Descrição	Domínio (enumeração) dos lados que uma terminação de conexão pode ter.
Valores possíveis (String):	
A	
Z	

Classe	EstagioMultiplexacao
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa um estágio de multiplexação de uma conexão ponto-a-ponto composta.
Operações:	
incluirTributario (tributario: Tributario): Boolean	Acrescenta o tributário passado como parâmetro ao estágio de multiplexação.
excluirTributario (tributario: Tributario): Boolean	Exclui do estágio de multiplexação o tributário passado como parâmetro, se não houver nenhum objeto (estágio em cascata ou conexão componente) ocupando o mesmo.
listarTributarios (): Tributario[*]	Lista os tributários do estágio de multiplexação.

Classe	Tributario
Persistida	Sim
Descrição	Classe que representa um tributário de um estágio de multiplexação.
Operações:	
gerarConexaoComponente (tipoConexaoGerada: TipoConexaoPontoaPontoComponente): Boolean	Gera uma nova conexão componente do tipo passado como parâmetro no tributário. Esta operação só poderá ser realizada se o tributário não possuir um objeto filho (estágio de multiplexação em cascata ou outra conexão componente gerada anteriormente).

<p>acoplarEstagioMultiplexacao (tipoEstagioCascata: TipoEstagioMultiplexacao): Boolean</p>	<p>Cria um novo estágio de multiplexação do tipo passado como parâmetro em cascata no tributário. Esta operação só poderá ser realizada se o tributário não possuir um objeto filho (estágio de multiplexação em cascata ou outra conexão componente gerada anteriormente).</p>
<p>limparTributario (): Boolean</p>	<p>Exclui o objeto filho que estiver associado ao tributário (estágio de multiplexação em cascata ou outra conexão componente gerada anteriormente). Esta operação só poder ser realizada se a conexão componente anterior ou todas as conexões geradas pelo estágio em cascata (e pelos seus estágios posteriores) não estiverem ocupadas por outras conexões.</p>

Anexo C

Estudos de casos

Este anexo apresenta dois exemplos de aplicação do inventário: um para redes SDH-NG e outro para redes OTN. Apesar de não ser a tecnologia mais atual, a primeira foi eleita como estudo de caso por ser a mais utilizada em redes de transporte atualmente. A segunda foi escolhida por ser a mais moderna, combinando multiplexação no tempo e em comprimentos de onda.

Primeiramente é construído um modelo funcional com um exemplo de rede de cada uma dessas tecnologias segundo a notação definida pela recomendação ITU-T G.805. O segundo passo é a demonstração de utilização do protótipo do inventário, de forma a representar no sistema as redes dos exemplos.

C.1 - Modelo funcional ITU-T G.805

A seguir serão apresentados os modelos funcionais das redes de exemplo, utilizando-se os componentes funcionais genéricos descritos na recomendação ITU-T G.805:

C.1.1 - Exemplo de aplicação de rede SDH-NG

O primeiro estudo de caso é da aplicação de uma rede ponto-a-ponto SDH-NG, servindo como transporte a um circuito Ethernet de 10 Mbit/s que liga dois roteadores, como mostra a Figura 102:

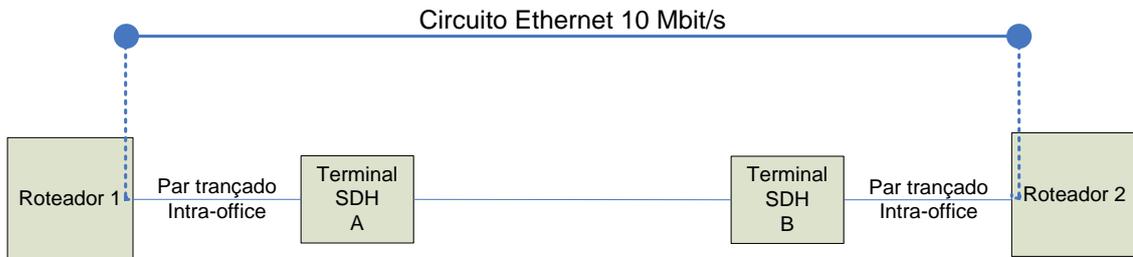


Figura 102: Exemplo de aplicação de uma rede linear SDH-NG

Na Figura 103 pode-se ver o diagrama detalhado do trecho da rede SDH-NG que transporta o circuito da Figura 102. Estão representadas todas as entidades de transporte das camadas de interesse, desde a *link connection* que suporta o circuito Ethernet até o meio físico (fibra óptica), segundo o modelo funcional G.805. Para simplificação, as ligações *intra-office* entre os multiplexadores terminais SDH-NG e os roteadores estão parcialmente representadas, e o circuito Ethernet foi suprimido, assim como as *link connections* sem ocupação. É importante notar a concatenação virtual das 5 *network connections* VC-12 (com taxa aproximada de 2,3 Mbit/s cada uma) para formar o *trail* VC-12-5v, com capacidade suficiente para transportar o circuito de 10 Mbit/s.

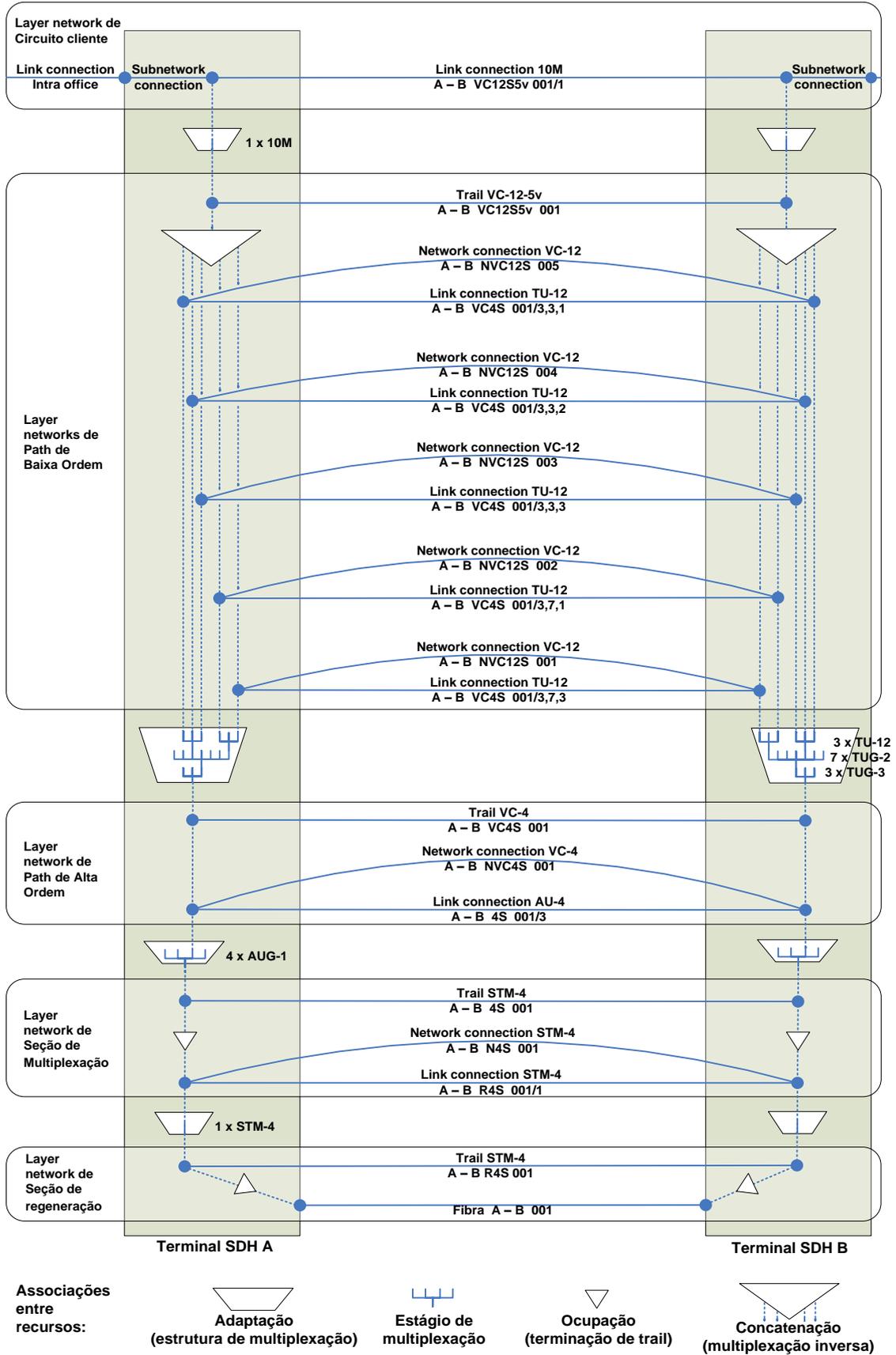


Figura 103: Detalhamento das camadas de um exemplo de rede SDH-NG

C.1.2 - Exemplo de aplicação de rede OTN

O segundo estudo de caso é da aplicação de uma rede ponto-a-ponto (linear) OTN, com dois multiplexadores terminais, servindo como transporte a um circuito Ethernet de 10 Gbit/s que liga dois roteadores IP, como mostra a Figura 104:

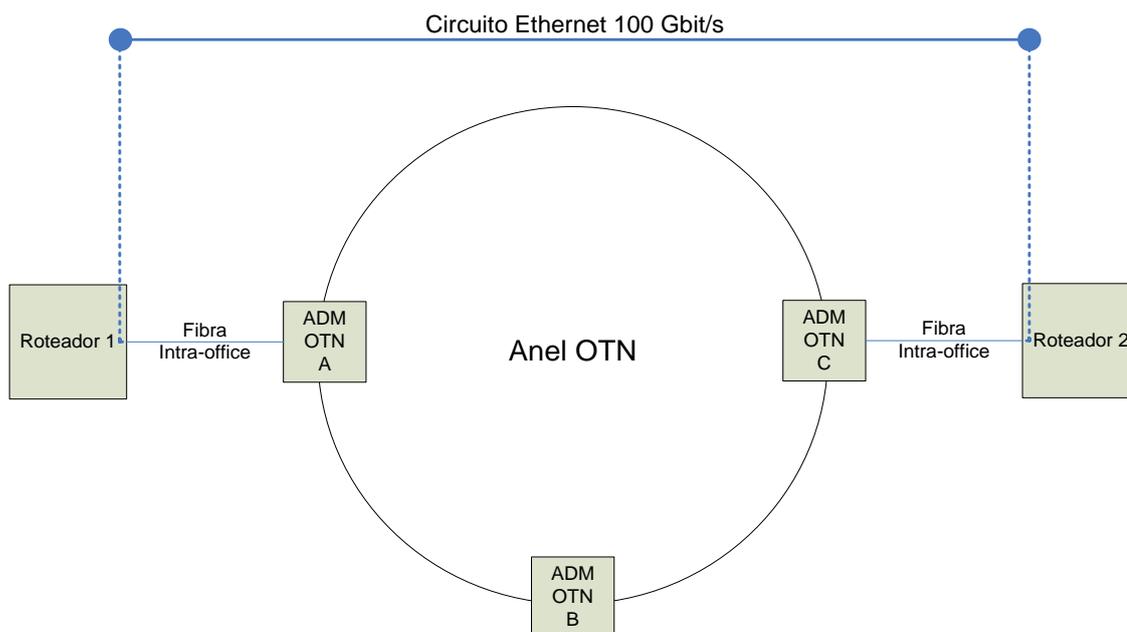


Figura 104: Exemplo de aplicação de uma rede OTN

Na Figura 105 pode-se ver o diagrama detalhado do trecho da rede OTN que transporta o circuito da Figura 104. Estão representadas todas as entidades de transporte das camadas de interesse, desde a *link connection* do tipo OPU4 de baixa ordem que suporta o circuito 100 Gbit/s Ethernet, até o meio físico (fibras ópticas), segundo o modelo funcional G.805. O *trail* de canal óptico que interliga os equipamentos A e C utiliza proteção do tipo 1+1. No equipamento ADM OTN B nota-se a conexão cruzada interna em nível óptico, representada pela *subnetwork connection* que interliga as duas *link connections* do tipo OCC:

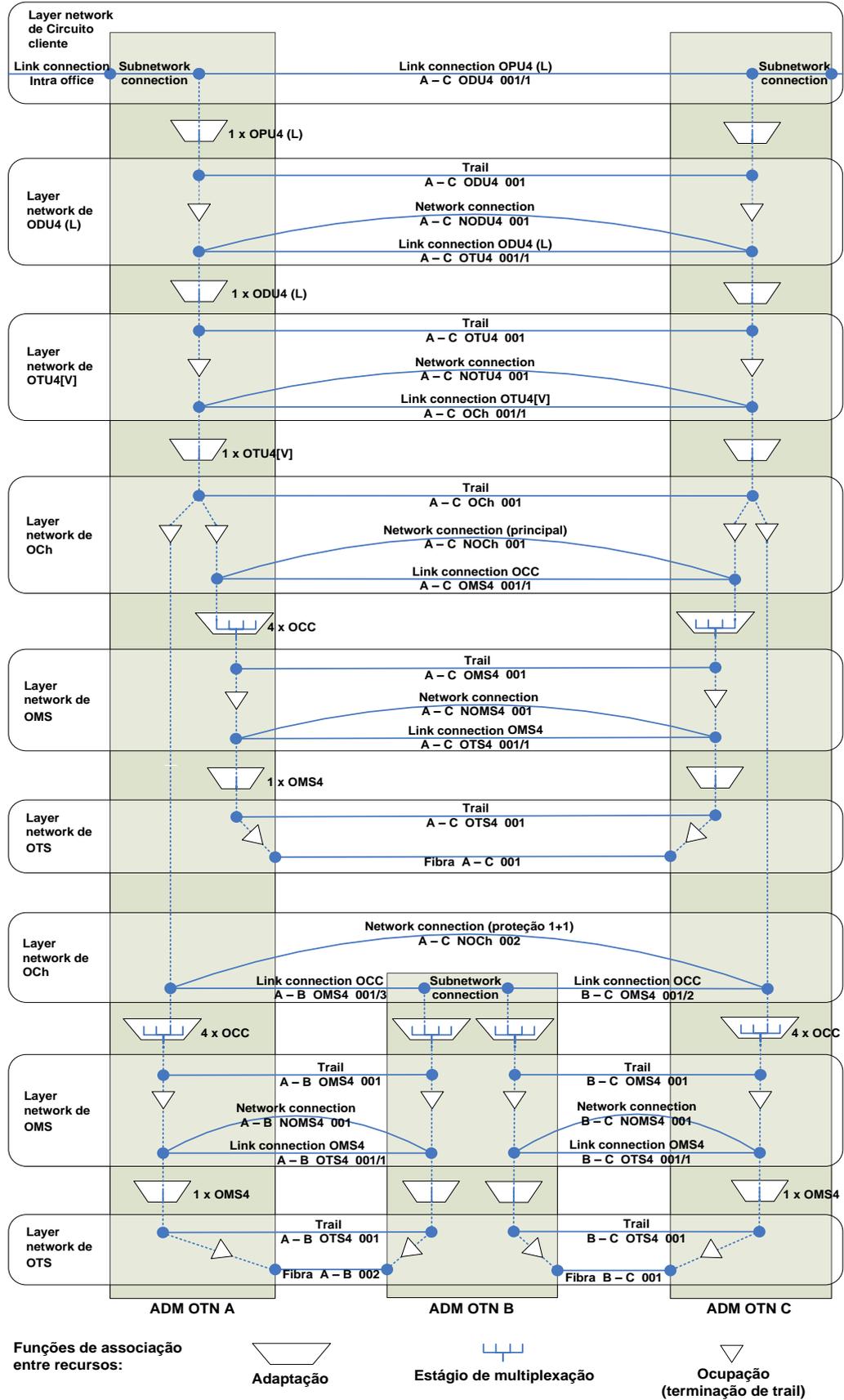


Figura 105: Detalhamento das camadas de um exemplo de rede OTN

C.2 - Representação dos estudos de caso no inventário

A seguir serão apresentados exemplos de utilização do sistema de inventário. O objetivo deste exercício é representar as redes das figuras 103 e 105, com seus equipamentos, entidades de transporte que compõem as camadas de rede (*trails*, *network connections* e *link connections*), e funções de terminação de *trail* (ocupação de *network connections*), proteção de *trail* e adaptação, incluindo multiplexação e multiplexação inversa (concatenação virtual).

C.2.1 - Modelagem das entidades

Antes de tudo, é necessário que o arquiteto configure o inventário, criando as entidades do modelo. Cada entidade será definida juntamente com seus atributos e associações através da funcionalidade "Modelagem do Inventário => Modelar entidade", como visto no exemplo da Figura 106. Na tabelas 22 a 25 estão listadas as informações necessárias à modelagem do inventário. É importante notar que toda entidade herda os atributos e associações da sua entidade-mãe, e que a entidade-raiz possui o atributo "Nome", do tipo *String*.

Tabela 22: Definição das entidades auxiliares

Entidades Auxiliares	
Nome	Entidade mãe
Fabricante de equipamento	Entidade auxiliar
Taxa de transmissão	Entidade auxiliar
Tecnologia	Entidade auxiliar

Tabela 23: Definição das entidades de local

Entidades de Local						
Entidade				Atributo		
Nome	Entidade mãe	Local pai	Aceita equipamento	Nome	Tipo	Comprimento
País	Local		Não			
Estado	Local	País	Não			
Município	Local	Estado	Não			
Estação	Local	Município	Sim	Endereço	String	100

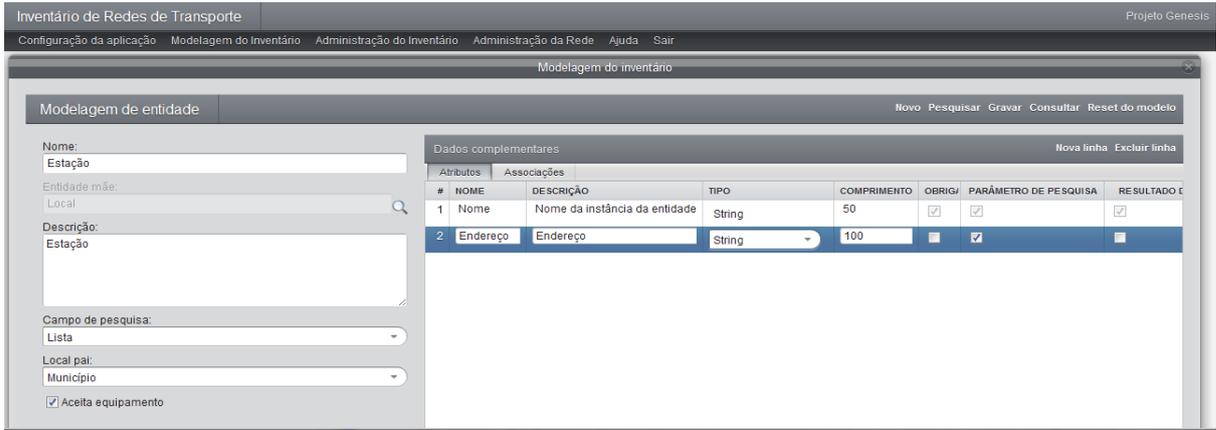


Figura 106: Modelagem da entidade "Estação"

Tabela 24: Definição das entidades de equipamento

Entidades de Equipamento								
Entidade de Recurso de Rede					Entidade de Tipo de Recurso			
Nome	Entidade mãe	Equip. raiz	Atributo		Nome	Entidade mãe	Associação	
			Nome	Tipo			Nome	Entidade associada
Bastidor	Equipamento composto	Sim	Data de instalação	Data	Modelo de Bastidor	Modelo de equipamento composto	Fabricante	Fabricante de equipamento
Placa	Equipamento composto	Não	Data de instalação	Data	Modelo de Placa	Modelo de equipamento composto	Fabricante	Fabricante de equipamento
Slot	Equipamento componente	Não			Modelo de Slot	Modelo de equipamento componente		
Porta	Equipamento componente	Não			Modelo de Porta	Modelo de equipamento componente		

A Figura 107 ilustra a modelagem da entidade "Bastidor" (acionada pela aba "Especificação da entidade principal", destacada pela elipse), e seus atributos "Nome" e "Data de instalação":

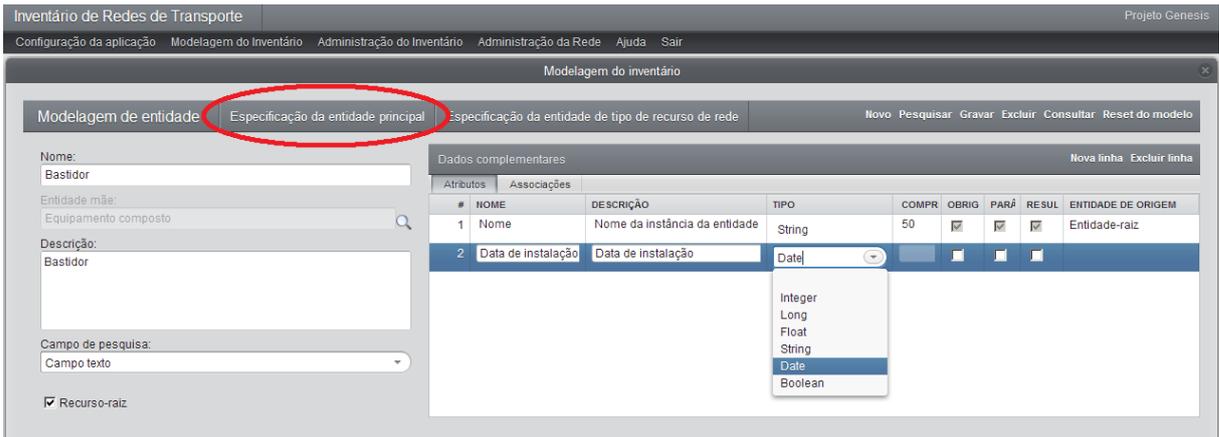


Figura 107: Modelagem da entidade "Bastidor"

A Figura 108 ilustra a modelagem da entidade "Modelo de Bastidor" (acionada pela aba "Especificação da entidade de tipo de recurso de rede", destacada pela elipse), e a sua associação com a entidade auxiliar "Fabricante de equipamento":

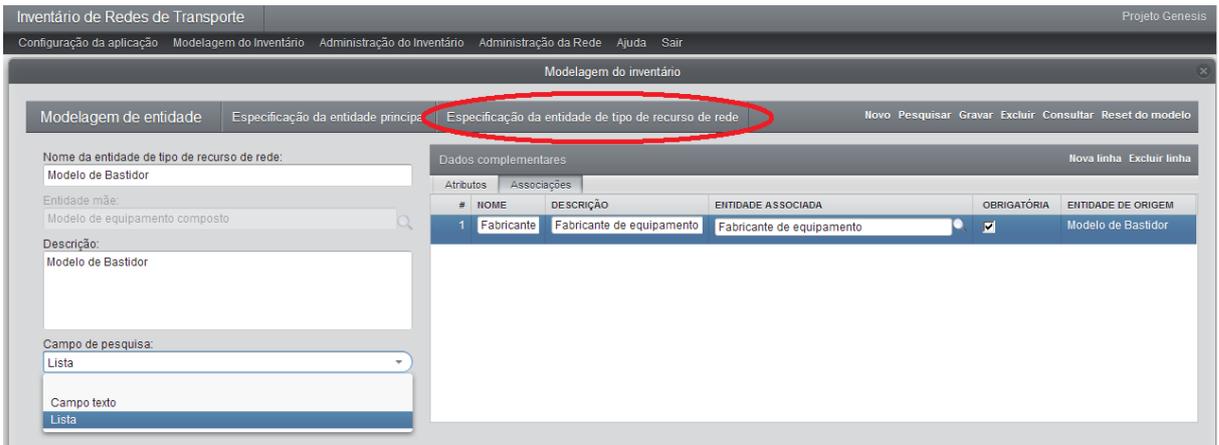


Figura 108: Modelagem da entidade "Modelo de Bastidor"

Tabela 25: Definição das entidades de conexão ponto-a-ponto

Entidades de Conexão ponto-a-ponto						
Entidade de Recurso de Rede			Entidade de Tipo de Recurso de Rede			
Nome	Entidade mãe	Conexão raiz	Nome	Entidade mãe	Associação	
					Nome	Entidade associada
Link de fibra óptica	Conexão ponto-a-ponto composta	Sim	Tipo de Link de fibra óptica	Tipo de Conexão ponto-a-ponto composta		
Trail	Conexão ponto-a-ponto composta	Não	Tipo de Trail	Tipo de Conexão ponto-a-ponto composta	Tecnologia	Tecnologia
					Taxa de transmissão	Taxa de transmissão
Network connection	Conexão ponto-a-ponto composta	Não	Tipo de Network connection	Tipo de Conexão ponto-a-ponto composta	Tecnologia	Tecnologia
Subnetwork connection	Conexão ponto-a-ponto composta	Sim	Tipo de Subnetwork connection	Tipo de Conexão ponto-a-ponto composta	Tecnologia	Tecnologia
Link connection	Conexão ponto-a-ponto componente	Não	Tipo de Link connection	Tipo de Conexão ponto-a-ponto componente	Tecnologia	Tecnologia

Ao final do cadastro feito pelo arquiteto, o modelo do inventário possui a árvore de entidades da Figura 109:

Pesquisa de entidades		
ÁRVORE DE ENTIDADES	NATIVA DO SISTEMA	PERMITE CRIAR ESPECIALIZAÇÃO
▼ Entidade auxiliar	✓	✓
Fabricante de equipamento		✓
Taxa de transmissão		✓
Tecnologia		✓
▼ Local	✓	✓
Estado		✓
Estação		✓
Município		✓
País		✓
▼ Recurso de rede	✓	
▼ Conexão ponto-a-ponto	✓	
▼ Conexão ponto-a-ponto componente	✓	✓
Link connection		✓
▼ Conexão ponto-a-ponto composta	✓	✓
Link de fibra óptica		✓
Network connection		✓
Subnetwork connection		✓
Trail		✓
▼ Equipamento	✓	
▼ Equipamento componente	✓	✓
Porta		✓
Slot		✓
▼ Equipamento composto	✓	✓
Bastidor		✓
Placa		✓
▼ Tipo de recurso de rede	✓	
▼ Modelo de equipamento	✓	
▼ Modelo de equipamento componente	✓	✓
Modelo de Porta		✓
Modelo de Slot		✓
▼ Modelo de equipamento composto	✓	✓
Modelo de Bastidor		✓
Modelo de Placa		✓
▼ Tipo de conexão ponto-a-ponto	✓	
▼ Tipo de conexão ponto-a-ponto componente	✓	✓
Tipo de Link connection		✓
▼ Tipo de conexão ponto-a-ponto composta	✓	✓
Tipo de Link de fibra óptica		✓
Tipo de Network connection		✓
Tipo de Subnetwork connection		✓
Tipo de Trail		✓

Figura 109: Entidades do inventário

C.2.2 - Administração do inventário

Concluída a fase de modelagem, é necessário que o administrador do inventário preencha as tabelas de entidades auxiliares, locais e tipos de recursos de rede, juntamente com as respectivas regras de associação.

C.2.2.1 - Entidades auxiliares

As tabelas 26 a 28 listam os dados a serem guardados nas tabelas "Fabricante de equipamento", "Tecnologia", e "Taxa de transmissão", respectivamente:

Tabela 26: Fabricantes de equipamentos

Fabricante de equipamento
Ziena
Alcamel – Luzes

Tabela 27: Tecnologias

Tecnologia
OTN
SDH
SDH-NG

Tabela 28: Taxas de transmissão

Taxa de transmissão
11,5 Mbit/s
150 Mbit/s
622 Mbit/s
105 Gbit/s
112 Gbit/s
448 Gbit/s

C.2.2.2 - Locais

As tabelas 29 a 32 listam os dados a serem guardados nas tabelas de locais:

Tabela 29: Países

País
Brasil

Tabela 30: Estados

Estado	
Nome	País
RJ	Brasil

Tabela 31: Municípios

Município	
Nome	Estado
Niterói	RJ

Tabela 32: Estações

Estação		
Nome	Município	Endereço
UFFENG	Niterói	Rua Passos da Pátria, 156, São Domingos
UFFREIT	Niterói	Rua Miguel de Frias, 9, Icaraí
UFFVAL	Niterói	Rua São Paulo, 30, Centro

A Figura 110 apresenta um exemplo de cadastro de estação:

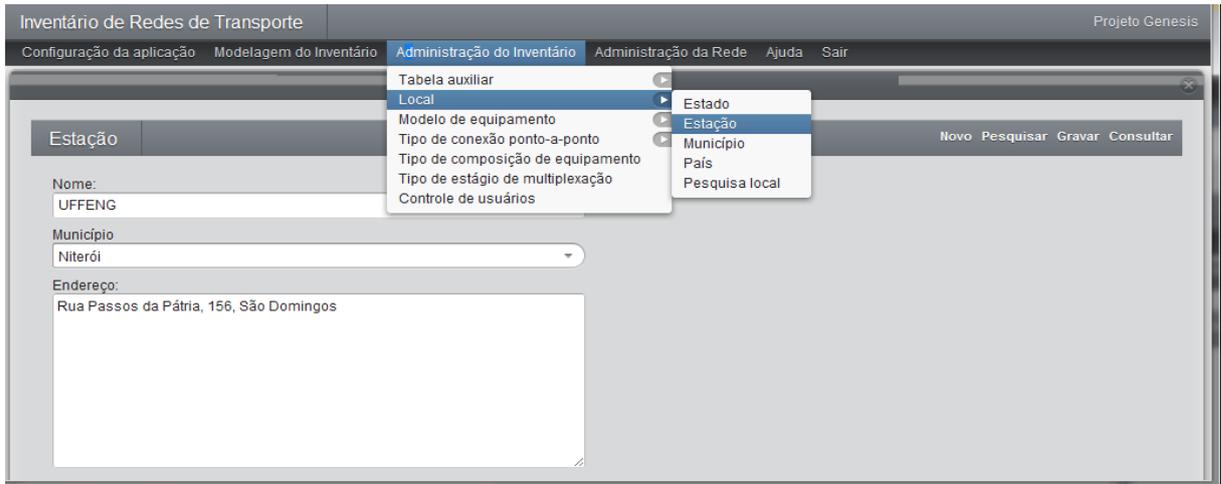


Figura 110: Exemplo de cadastro de estação

C.2.2.3 - Modelos de equipamento e suas associações

Primeiro devem ser cadastrados os modelos de equipamentos componentes das tabelas 33 e 34:

Tabela 33: Modelos de Slot

Modelo de Slot
Agregado WDM
Agregado STM
Tributário

Tabela 34: Modelos de Porta

Modelo de Porta	
Nome	Conexão com terminação permitida
STM-4	Link de fibra óptica
DWDM	Link de fibra óptica

A Figura 111 apresenta a tela de cadastro de modelo de porta. A conexão do tipo "Link de fibra óptica" pode ser terminada neste modelo de porta, de forma exclusiva (apenas uma terminação por porta):

Modelo de equipamento

Modelo de Porta Novo Pesquisar Gravar Consultar

Nome: STM-4

Terminação exclusiva

Nova linha

Conexões terminadas permitidas		
#	ENTIDADE DE CONEXÃO	TERMINAÇÃO PERMITIDA
1	Link de fibra óptica	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Trail	<input type="checkbox"/>
3	Network connection	<input type="checkbox"/>
4	Subnetwork connection	<input type="checkbox"/>
5	Link connection	<input type="checkbox"/>

Figura 111: Tela de cadastro de modelo de porta

Após o cadastro dos modelos, são criados os tipos de composição de equipamento da Tabela 35:

Tabela 35: Tipos de composição de equipamento

Tipo de composição de equipamento			
Nome	Equipamento componente		
	Nome na composição	Modelo	Entidade
2 x Agregado STM + 2 x Tributário	A1	Agregado STM	Modelo de Slot
	A2	Agregado STM	Modelo de Slot
	T1	Tributário	Modelo de Slot
	T2	Tributário	Modelo de Slot
2 x Agregado WDM + 2 x Tributário	Agregado East	Agregado WDM	Modelo de Slot
	Agregado West	Agregado WDM	Modelo de Slot
	Trib 1	Tributário	Modelo de Slot
	Trib 2	Tributário	Modelo de Slot
1 x STM-4	1	STM-4	Modelo de Porta
1 x DWDM	1	DWDM	Modelo de Porta

A Figura 112 apresenta a tela de cadastro de tipo de composição de equipamento:

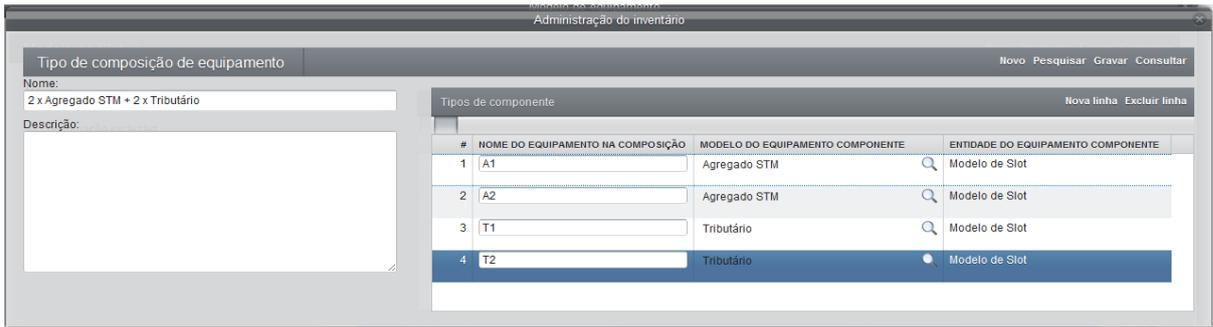


Figura 112: Tela de cadastro de tipo de composição de equipamento

Já é possível cadastrar os modelos de equipamentos compostos, associando-os aos respectivos tipos de composição já criados. Os modelos de bastidor podem ser criados como indicado na Tabela 36 e demonstrado nas figuras 113 e 114. As *subnetwork connection* são usadas para modelar as conexões lógicas cruzadas:

Tabela 36: Modelos de Bastidor

Modelo de Bastidor				
Nome	Fabricante	Conexão com terminação permitida	Terminação exclusiva	Tipo de composição Permitido (slots)
ALUZ S1	Alcamel – Luzes	Subnetwork connection	Não	2 x Agregado STM + 2 x Tributário
		Network connection		
		Link connection		
		Trail		
ZO2	Ziena	Subnetwork connection	Não	2 x Agregado WDM + 2 x Tributário
		Network connection		
		Link connection		
		Trail		

É importante notar que deve ser permitido que qualquer conexão lógica (que não use diretamente uma porta física) termine nos modelos de equipamento raiz, que neste caso são os bastidores. Nesta versão do sistema não há limite de quantidade de terminações de conexões nos equipamentos, e por isso o atributo "Terminação exclusiva" é falso no exemplo acima.



Figura 113: Modelo de bastidor e conexões com terminação permitida

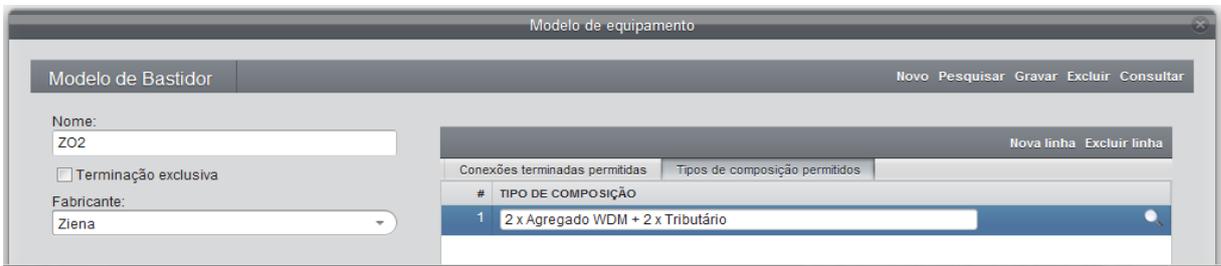


Figura 114: Modelo de bastidor e tipo de composição permitido

De forma semelhante, são criados os modelos de placa. Como não são equipamentos do tipo "raiz", devem ser associados aos modelos que devem ocupar (no caso, *slots*), como visto na Tabela 37:

Tabela 37: Modelos de equipamentos compostos

Modelo de Placa					
Nome	Fabricante	Tipo de composição Permitido (portas)	Tipo de ocupação permitido		
			Modelo ocupado	Entidade	Quantidade
1 x STM-4	Alcamel – Luzes	1 x STM-4	Agregado STM	Modelo de Slot	1
1 x DWDM	Ziena	1 x DWDM	Agregado WDM	Modelo de Slot	1

A Figura 115 apresenta o cadastro de modelo de placa:

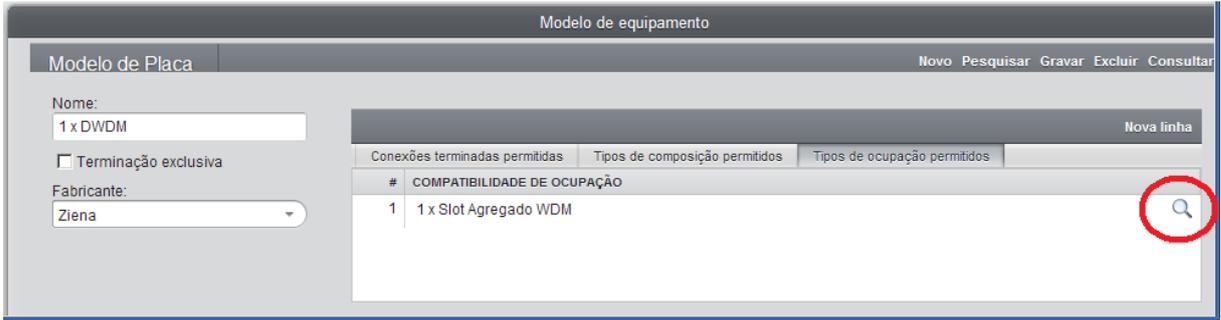


Figura 115: Modelo de placa e conexão com terminação permitida

A lupa destacada na Figura 115 aciona a tela de cadastro de tipo de ocupação (exclusivo para este modelo de placa) da Figura 116:

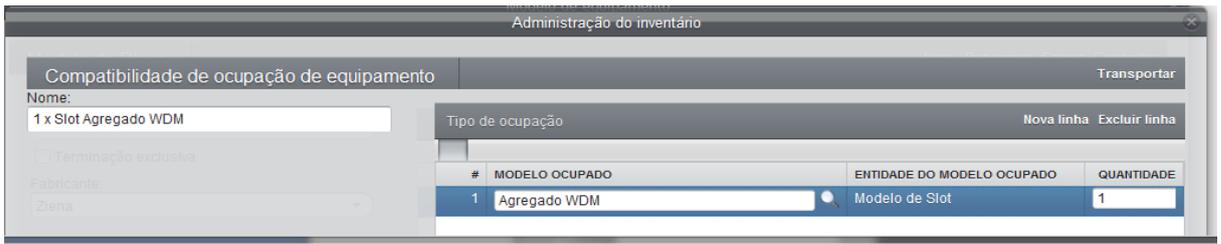


Figura 116: Criação do tipo de ocupação de *slot* permitido para o modelo de placa

C.2.2.4 - Tipos de conexão e suas associações

Primeiro devem ser cadastrados os tipos de conexão ponto-a-ponto componentes da Tabela 38:

Tabela 38: Tipos de *link connection*

Tipo de Link connection	
Nome	Tecnologia
10M	SDH-NG
TU-12	SDH
TU-2	SDH
TU-3	SDH
AU-4	SDH
STM-4	SDH
OMS4	OTN
OCC	OTN

Tipo de Link connection	
Nome	Tecnologia
OTU4	OTN
ODU4	OTN
OPU4	OTN

A Figura 117 apresenta a tela de cadastro de tipo de *link connection*:

Figura 117 - Cadastro de tipo de *link connection*

Após o cadastro dos tipos de conexão componente, são criados os tipos de estágio de multiplexação (funções de adaptação) da Tabela 39, associando-se cada tipo de tributário a um tipo de *link connection* componente e/ou a outro tipo de estágio de multiplexação em cascata:

Tabela 39: Tipos de estágio de multiplexação

Tipo de estágio de multiplexação			
Nome	Tipo de tributário		
	Nome na composição	Tipo de link connection componente permitido	Tipo de estágio permitido em cascata
1 x 10M	1	10M	
3 x TU-12	1	TU-12	
	2	TU-12	
	3	TU-12	
7 x TUG-2	1	TU-2	3 x TU-12
	2	TU-2	3 x TU-12
	3	TU-2	3 x TU-12
	4	TU-2	3 x TU-12
	5	TU-2	3 x TU-12
	6	TU-2	3 x TU-12

Tipo de estágio de multiplexação			
Nome	Tipo de tributário		
	Nome na composição	Tipo de link connection componente permitido	Tipo de estágio permitido em cascata
	7	TU-2	3 x TU-12
3 x TUG-3	1	TU-3	7 x TUG-2
	2	TU-3	7 x TUG-2
	3	TU-3	7 x TUG-2
4 x AUG-1	1	AU-4	
	2	AU-4	
	3	AU-4	
	4	AU-4	
1 x STM-4	1	STM-4	
1 x OPU4	1	OPU4	
1 x ODU4	1	ODU4	
1 x OTU4	1	OTU4	
4 x OCC	1	OCC	
	2	OCC	
	3	OCC	
	4	OCC	
1 x OMS4	1	OMS4	

A Figura 118 mostra um exemplo de cadastro de tipo de estágio de multiplexação cujos tributários permitem tanto a geração de uma conexão ponto-a-ponto componente, quanto o acoplamento de outro estágio em cascata:

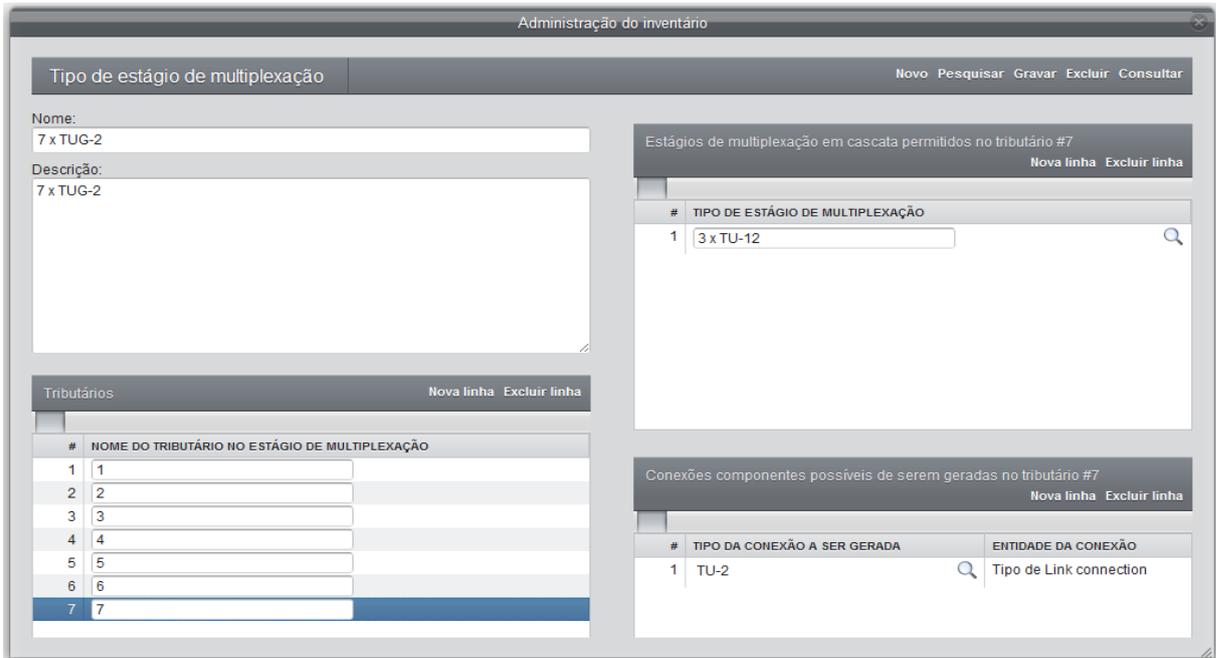


Figura 118: Cadastro de tipo de estágio de multiplexação 7 x TUG-2, utilizado em redes SDH

Já é possível cadastrar os tipos de conexão ponto-a-ponto compostas, associando-os aos respectivos tipos de estágios de multiplexação (inicial) já criados. É preciso também associar os tipos de conexão aos tipos de proteção e ocupação permitidos, como mostram as tabelas 40 a 43. Só estão listados os tipos de conexão e as regras suficientes para representar os trechos das redes SDH-NG e OTN dos exemplos das figuras 103 e 105:

Tabela 40: Tipo de *link* de fibra óptica

Tipo de Link de fibra óptica	
Enlace a 2 fibras	

Tabela 41: Tipo de subnetwork connection

Tipo de Subnetwork connection	
Nome	Tecnologia
Cross-connection OCh	OTN

Tabela 42: Tipos de *network connection*

Tipo de Network connection				
Nome	Tecnologia	Compatibilidade de ocupação permitida		
		Tipo de conexão ocupada	Entidade	Tipo de ocupação
STM-4	SDH	STM-4	Link connection	Sequencial
VC-4	SDH	AU-4	Link connection	Sequencial
VC-12	SDH	TU-12	Link connection	Sequencial
OMS4	OTN	OMS4	Link connection	Sequencial
OCh	OTN	OCC	Link connection	Sequencial
		Cross-connection OCh	Subnetwork connection	Sequencial
OTU4	OTN	OTU4	Link connection	Sequencial
ODU4	OTN	ODU4	Link connection	Sequencial

Tabela 43: Tipos de *trail*

Tipo de Trail							
Nome	Tecn.	Taxa de transm.	Tipo de proteção permitido	Tipo de estágio inicial de multiplexação permitido	Compat. de ocupação permitida		
					Tipo ocupado	Entidade	Tipo
STM-4 (RS)	SDH	622 Mbit/s		1 x STM-4	Enlace a 2 fibras	Link de fibra óptica	Caminhos
STM-4 (MS)	SDH	622 Mbit/s		4 x AUG-1	STM-4	Network connection	Caminhos
VC-4	SDH	150 Mbit/s		3 x TUG-3	VC-4	Network connection	Caminhos
VC-12-5v	SDH-NG	11,5 Mbit/s		1 x 10M	VC-12	Network connection	Concatenação virtual (5x)
OTS4	OTN	448 Gbit/s		1 x OMS4	Enlace a 2 fibras	Link de fibra óptica	Caminhos
OMS4	OTN	448 Gbit/s		4 x OCC	OMS4	Network connection	Caminhos
OCh	OTN	112 Gbit/s	1 + 1	1 x OTU4	OCh	Network connection	Caminhos
OTU4	OTN	112 Gbit/s		1 x ODU4	OTU4	Network connection	Caminhos
ODU4	OTN	105 Gbit/s		1 x OPU4	ODU4	Network connection	Caminhos

A Figura 119 apresenta um exemplo de cadastro de um tipo de *trail* (OCh). A tabela em destaque na figura permite a associação do tipo de *trail* aos tipos de estágios de multiplexação (iniciais, não os em cascata) previamente cadastrados:

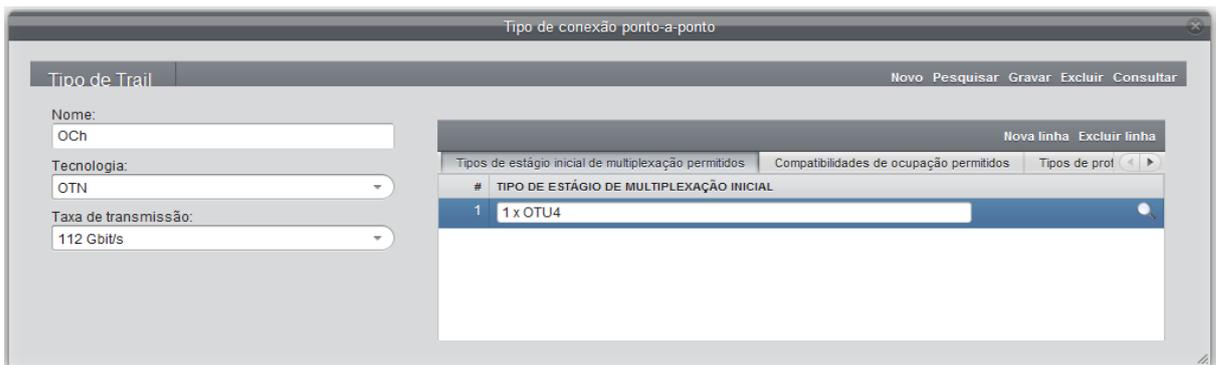


Figura 119: Cadastro de tipo de *trail* e seus tipos de estágios de multiplexação iniciais

A Figura 120 mostra o cadastro das compatibilidades de ocupação do tipo de *trail*:

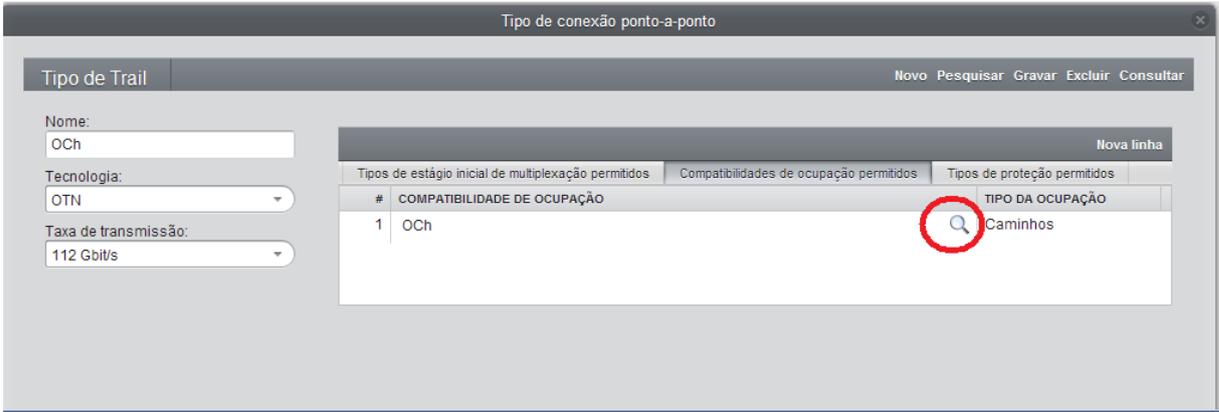


Figura 120: Cadastro de compatibilidades de ocupação para um tipo de *trail*

A lupa destacada na Figura 120 aciona a tela de cadastro de compatibilidades de ocupação (exclusivas para este tipo de *trail*) da Figura 121:

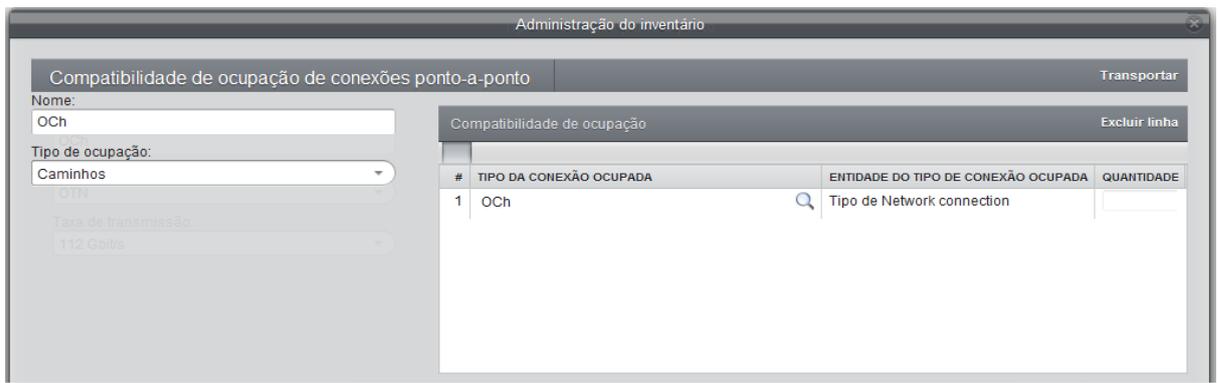


Figura 121: Compatibilidades de ocupação do tipo de *trail* OCh

A Figura 122 apresenta um exemplo de cadastro de compatibilidade de ocupação do tipo concatenado (virtual) para um tipo de *trail* SDH-NG, em que deve-se informar a quantidade de cada tipo de conexão a ser ocupada:

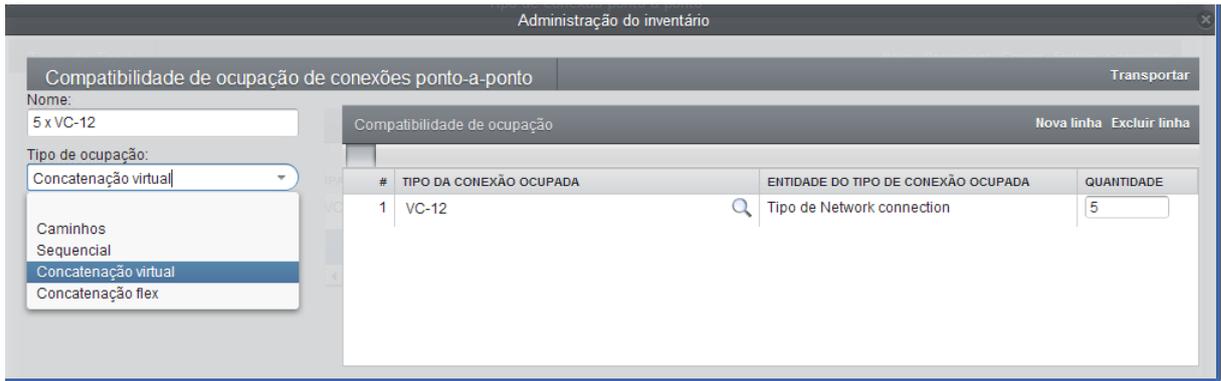


Figura 122: Compatibilidade de ocupação do tipo "Concatenação virtual"

A última tarefa no cadastro de um tipo de *trail* é a sua associação aos tipos de proteção permitidos, como visto na Figura 123:



Figura 123: Tipos de proteção permitidos para o tipo de *trail* OCh

C.2.3 - Administração da rede

Após a criação dos modelos de equipamentos, tipos de conexão e suas regras de associação, o sistema já pode ser utilizado pelo administrador da rede para cadastrar os seus recursos.

C.2.3.1 - Equipamentos

Os bastidores devem ser cadastrados segundo a Tabela 44:

Tabela 44: Bastidores a serem instalados em estações

Bastidor				
Nome	Modelo	Local de instalação (estação)	Tipo de composição	Data de instalação
Terminal SDH A	ALUZ S1	UFFENG	2 x Agregado STM + 2 x Tributário	21/01/2012
Terminal SDH B	ALUZ S1	UFFVAL	2 x Agregado STM + 2 x Tributário	21/01/2012
ADM OTN A	ZO2	UFFENG	2 x Agregado WDM + 2 x Tributário	21/01/2012
ADM OTN B	ZO2	UFFREIT	2 x Agregado WDM + 2 x Tributário	21/01/2012
ADM OTN C	ZO2	UFFVAL	2 x Agregado WDM + 2 x Tributário	21/01/2012

A Figura 124 apresenta o cadastro de um bastidor. É interessante notar que são automaticamente criados os equipamentos componentes (nesse caso, *slots*) segundo o tipo de composição selecionado:

The screenshot shows a software window titled 'Equipamento' with a 'Bastidor' tab. On the left, there are input fields for 'Nome' (Terminal SDH A), 'Modelo de Bastidor' (ALUZ S1), 'Local de instalação' (UFFENG), 'Tipo de composição' (2 x Agregado STM + 2 x Tributário), and 'Data de instalação' (21/01/2012). On the right, there is a table with two tabs: 'Conexões terminadas' and 'Componentes gerados'. The 'Componentes gerados' tab is active, showing a table with columns: '#', 'EQUIPAMENTO', 'ENTIDADE', 'MODELO', 'EQUIPAMENTO OCUPANTE', and 'ENTIDADE EQ. OCUP'. The table contains four rows of generated slots:

#	EQUIPAMENTO	ENTIDADE	MODELO	EQUIPAMENTO OCUPANTE	ENTIDADE EQ. OCUP
1	Terminal SDH A / A1	Slot	Agregado STM		
2	Terminal SDH A / A2	Slot	Agregado STM		
3	Terminal SDH A / T1	Slot	Tributário		
4	Terminal SDH A / T2	Slot	Tributário		

Figura 124: Cadastro de bastidor instalado na estação UFFENG

As placas devem ser criadas e instaladas nos slots de bastidores segundo a Tabela 45:

Tabela 45: Placas instaladas em *slots* de bastidores

Placa			
Nome	Modelo	Equipamento ocupado (slot)	Data de instalação
Terminal SDH A / A1	1 x STM-4	Terminal SDH A / A1	21/01/2012
Terminal SDH B / A1	1 x STM-4	Terminal SDH B / A1	21/01/2012
ADM OTN A / Agregado East	1 x DWDM	ADM OTN A / Agregado East	21/01/2012
ADM OTN A / Agregado West	1 x DWDM	ADM OTN A / Agregado West	21/01/2012
ADM OTN B / Agregado East	1 x DWDM	ADM OTN B / Agregado East	21/01/2012
ADM OTN B / Agregado West	1 x DWDM	ADM OTN B / Agregado West	21/01/2012
ADM OTN C / Agregado East	1 x DWDM	ADM OTN C / Agregado East	21/01/2012
ADM OTN C / Agregado West	1 x DWDM	ADM OTN C / Agregado West	21/01/2012

A Figura 125 apresenta a tela de cadastro de placa:

The screenshot shows a software window titled 'Equipamento'. On the left, there is a form for 'Placa' with the following fields: 'Nome' (Terminal SDH A / A1), 'Modelo de Placa' (1 x STM-4), 'Tipo de composição' (1 x STM-4), 'Tipo de ocupação' (1 x Slot Agregado STM), and 'Data de instalação' (21/01/2012). On the right, there is a table with columns: '#', 'EQUIPAMENTO', 'MODELO', and 'ENTIDADE'. The table contains one row: '# 1', 'EQUIPAMENTO Terminal SDH A / A1', 'MODELO Agregado STM', and 'ENTIDADE Slot'. Above the table are tabs for 'Conexões terminadas', 'Componentes gerados', and 'Equipamentos ocupados'. At the top right of the table area are buttons for 'Nova linha' and 'Excluir linha'.

Figura 125: Cadastro de placa 1 x STM-4 instalada em um *slot* de bastidor

C.2.3.2 - Conexões ponto-a-ponto

As conexões ponto-a-ponto devem ser criadas a partir do meio físico (no caso, os enlaces de fibra óptica) até a camada mais alta, na ordem em que são apresentadas nas tabelas 46 e 47. É importante lembrar que as conexões componentes (link connections) são automaticamente criadas segundo a função de adaptação (estrutura de multiplexação) escolhida para o *trail* gerador.

Tabela 46: Conexões compostas da Rede SDH-NG

Rede SDH-NG			
Nome da conexão Entidade Tipo	Equipamentos terminados: Bastidor / Slot / Porta A Bastidor / Slot / Porta B	Tipo de composição (estrutura de multiplexação)	Conexão ocupada Entidade Tipo
Fibra A – B 001 Link de fibra óptica Enlace a 2 fibras	Terminal SDH A / A1 / 1 Terminal SDH B / A1 / 1		
A – B R4S 001 Trail STM-4 (RS)	Terminal SDH A Terminal SDH B	1 x STM-4	Fibra A – B 001 Link de fibra óptica Enlace a 2 fibras
A – B N4S 001 Network connection STM-4	Terminal SDH A Terminal SDH B		A – B R4S 001/1 Link connection STM-4
A – B 4S 001 Trail STM-4 (MS)	Terminal SDH A Terminal SDH B	4 x AUG-1	A – B N4S 001 Network connection STM-4
A – B NVC4S 001 Network connection VC-4	Terminal SDH A Terminal SDH B		A – B 4S 001/3 Link connection VC-4
A – B VC4S 001 Trail VC-4	Terminal SDH A Terminal SDH B	2 x TU-3 + 2 x TU-2 + 3 x TU-12 + 3 x TU-2 + 3 x TU-12	A – B NVC4S 001 Network connection VC-4
A – B NVC12S 001 Network connection VC-12	Terminal SDH A Terminal SDH B		A – B VC4S 001/3,7,3 Link connection TU-12
A – B NVC12S 002 Network connection VC-12	Terminal SDH A Terminal SDH B		A – B VC4S 001/3,7,1 Link connection TU-12
A – B NVC12S 003 Network connection VC-12	Terminal SDH A Terminal SDH B		A – B VC4S 001/3,3,3 Link connection TU-12
A – B NVC12S 004 Network connection VC-12	Terminal SDH A Terminal SDH B		A – B VC4S 001/3,3,2 Link connection TU-12
A – B NVC12S 005 Network connection VC-12	Terminal SDH A Terminal SDH B		A – B VC4S 001/3,3,1 Link connection TU-12
A – B VC12S5v 001 Trail VC-12-5v	Terminal SDH A Terminal SDH B	1 x 10M	Concatenação virtual: A – B NVC12S 001 A – B NVC12S 002 A – B NVC12S 003 A – B NVC12S 004 A – B NVC12S 005 Network connections VC-12

A Figura 126 apresenta um exemplo de cadastro de *trail*, com destaque para a tabela de terminações da conexão em equipamentos. As listas de seleção de tipo do *trail*, tipo de

ocupação e tipo de proteção apresentam as opções e regras previamente cadastradas pelo administrador do inventário:

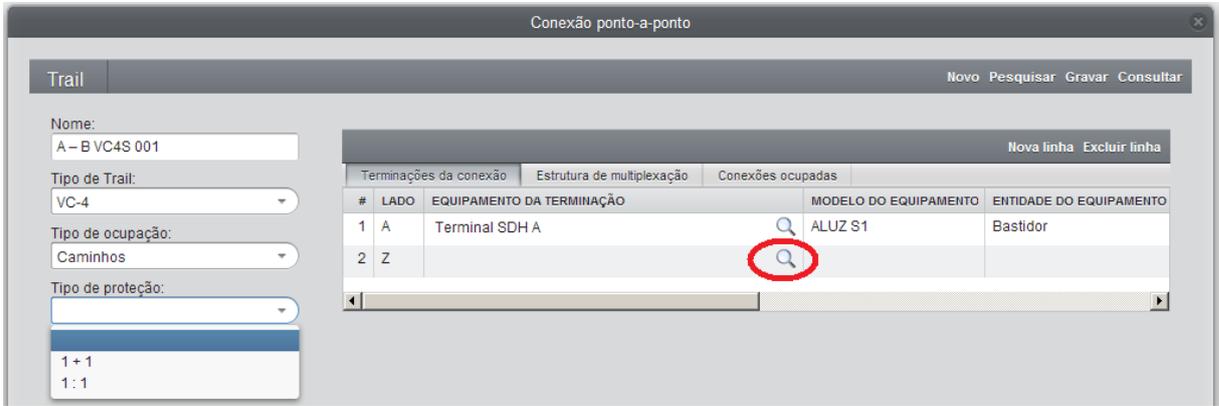


Figura 126: Tela de cadastro de *trail* com as terminações em equipamentos

A lupa destacada na Figura 126 aciona a tela de pesquisa de equipamentos, onde o usuário deve selecionar os equipamentos interligados pelo *trail*, conforme visto na Figura 127:



Figura 127: Pesquisa de equipamentos

O passo seguinte é montar a estrutura de multiplexação do *trail*, como visto na Figura 128. Em cada tributário de um estágio de multiplexação é possível escolher um tipo de conexão componente a ser gerada, ou acoplar outro estágio de multiplexação em cascata, como visto na lista de seleção do tributário 3,7 na parte inferior da figura:

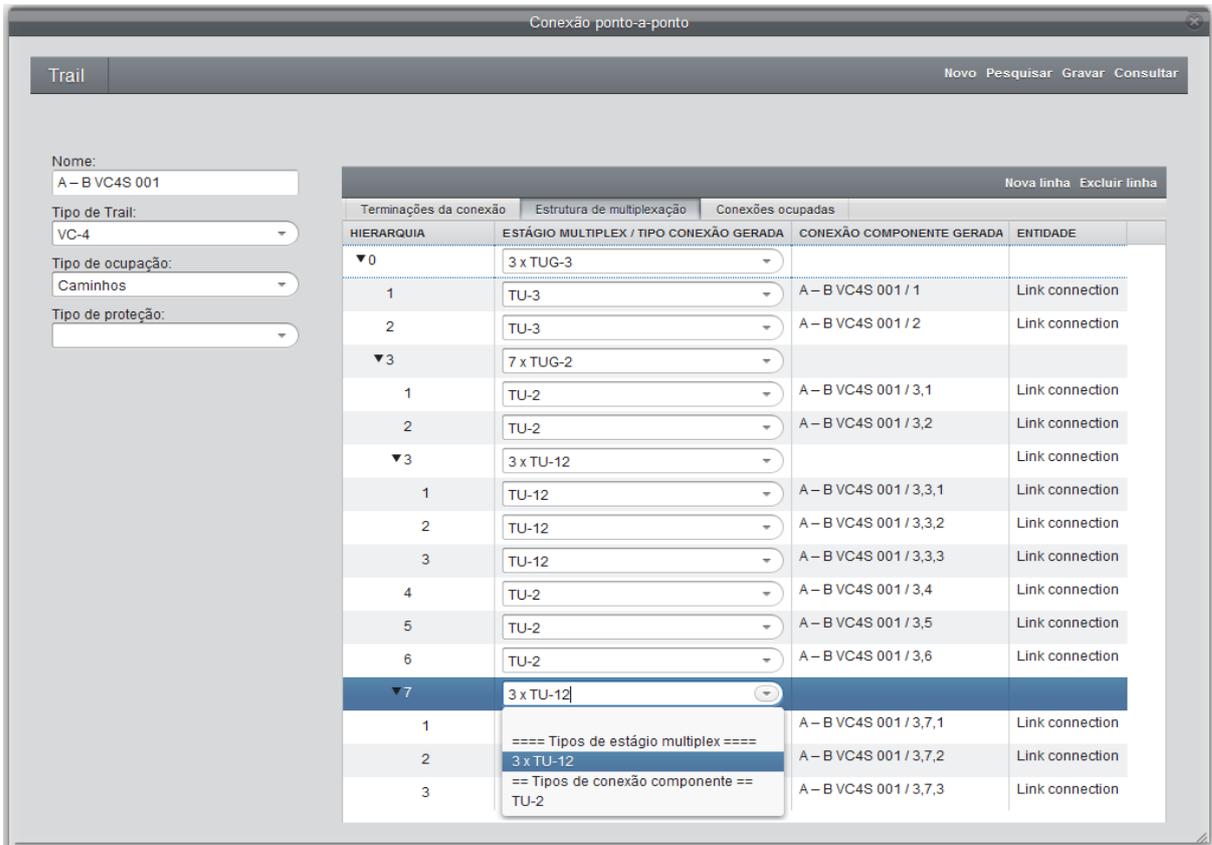


Figura 128: Estrutura de multiplexação do trail

A última atividade no cadastro de uma conexão ponto-a-ponto é a definição das conexões a serem ocupadas, como apresentado na Figura 129:

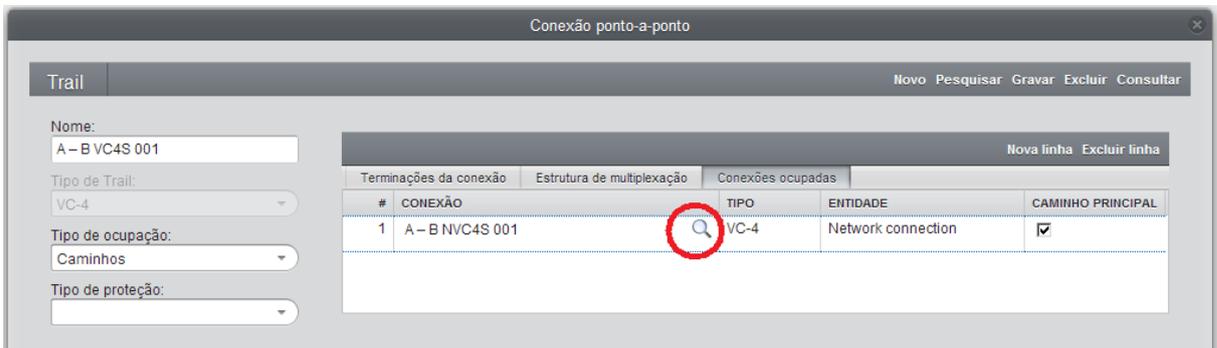


Figura 129: Conexões ocupadas pelo trail

A lupa destacada na Figura 129 aciona a tela de pesquisa de conexões ponto-a-ponto, para que o administrador da rede explore a base de dados e selecione as conexões a serem ocupadas, como mostra a Figura 130:



Figura 130: Pesquisa de conexões ponto-a-ponto

Tabela 47: Conexões compostas da Rede OTN

Rede OTN			
Nome da conexão Entidade Tipo	Equipamentos terminados: Bastidor / Slot / Porta A Bastidor / Slot / Porta B	Tipo de composição (estrutura de multiplexação)	Conexão ocupada Entidade Tipo
Fibra A – B 002 Link de fibra óptica Enlace a 2 fibras	ADM OTN A / Agregado East / 1 ADM OTN B / Agregado West / 1		
Fibra B – C 001 Link de fibra óptica Enlace a 2 fibras	ADM OTN B / Agregado East / 1 ADM OTN C / Agregado West / 1		
Fibra A – C 001 Link de fibra óptica Enlace a 2 fibras	ADM OTN A / Agregado West / 1 ADM OTN C / Agregado East / 1		
A – B OTS4 001 Trail OTS4	ADM OTN A ADM OTN B	1 x OMS4	Fibra A – B 002 Link de fibra óptica Enlace a 2 fibras
B – C OTS4 001 Trail OTS4	ADM OTN B ADM OTN C	1 x OMS4	Fibra B – C 001 Link de fibra óptica Enlace a 2 fibras
A – C OTS4 001 Trail OTS4	ADM OTN A ADM OTN C	1 x OMS4	Fibra A – C 001 Link de fibra óptica Enlace a 2 fibras
A – B NOMS4 001 Network connection OMS4	ADM OTN A ADM OTN B		A – B OTS4 001/1 Link connection OMS4
B – C NOMS4 001 Network connection OMS4	ADM OTN B ADM OTN C		B – C OTS4 001/1 Link connection OMS4

Rede OTN			
Nome da conexão Entidade Tipo	Equipamentos terminados: Bastidor / Slot / Porta A Bastidor / Slot / Porta B	Tipo de composição (estrutura de multiplexação)	Conexão ocupada Entidade Tipo
A – C NOMS4 001 Network connection OMS4	ADM OTN A ADM OTN C		A – C OTS4 001/1 Link connection OMS4
A – B OMS4 001 Trail OMS4	ADM OTN A ADM OTN B	4 x OCC	A – B NOMS4 001 Network connection OMS4
B – C OMS4 001 Trail OMS4	ADM OTN B ADM OTN C	4 x OCC	B – C NOMS4 001 Network connection OMS4
A – C OMS4 001 Trail OMS4	ADM OTN A ADM OTN C	4 x OCC	A – C NOMS4 001 Network connection OMS4
B – B SNCOCh 001 Subnetwork connection Cross-connection OCh	ADM OTN B ADM OTN B		
A – C NOCh 001 Network connection OCh	ADM OTN A ADM OTN C		A – C OMS4 001/1 Link connection OCC
A – C NOCh 002 Network connection OCh	ADM OTN A ADM OTN C		A – B OMS4 001/3 Link connection OCC
			B – B SNCOCh 001 Subnetwork connection Cross-connection OCh
			B – C OMS4 001/2 Link connection OCC
A – C OCh 001 Trail OCh	ADM OTN A ADM OTN C	1 x OTU4	Caminho principal: A – C NOCh 001 Network connection OCh
			Caminho de proteção 1+1: A – C NOCh 002 Network connection OCh
A – C NOTU4 001 Network connection OTU4	ADM OTN A ADM OTN C		A – C OCh 001/1 Link connection OTU4
A – C OTU4 001 Trail OTU4	ADM OTN A ADM OTN C	1 x ODU4	A – C NOTU4 001 Network connection OTU4
A – C NODU4 001 Network connection ODU4	ADM OTN A ADM OTN C		A – C OTU4 001/1 Link connection ODU4
A – C ODU4 001 Trail ODU4	ADM OTN A ADM OTN C	1 x OPU4	A – C NODU4 001 Network connection ODU4

C.2.3.3 - Visualização de hierarquias de rede

Após o cadastro dos recursos de rede é possível obter-se uma visualização hierárquica da rede que apresenta as associações entre os locais geográficos, equipamentos instalados e seus componentes, e as conexões, como visto nos exemplos das figuras 131 e 132. Os recursos ocupado (principal) e ocupante (secundário) são apresentados separados por ":" na primeira coluna. O tipo de composição de equipamentos (ou estágio de multiplexação, no caso de conexões ponto-a-ponto) é mostrado entre parênteses, ao lado do nome do recurso composto. Os tributários de conexões estão numerados à esquerda:

HIERARQUIA DE REDE	ENTIDADE PRINCIPAL	TIPO RECURSO PRINCIPAL	ENTIDADE SECUNDÁRIA	TIPO RECURSO SECUNDÁRIO
▼ Brasil	País			
▼ RJ	Estado			
▼ Niterói	Município			
▼ UFFENG	Estação			
▼ Terminal SDH A (2 x Agregado STM + 2 x Tributário)	Bastidor	ALUZ S1		
▼ A1 : Terminal SDH A / A1 (1 x STM-4)	Slot	Agregado STM	Placa	1 x STM-4
▼ 1 : Fibra A – B 001	Porta	STM-4	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras
▼ A – B R4S 001 (1 x STM-4)	Trail	STM-4 (RS)		
▼ 1 : A – B R4S 001/1 : A – B N4S 001	Link connection	STM-4	Network connection	STM-4
▼ A – B 4S 001 (4 x AUG-1)	Trail	STM-4 (MS)		
1 : A – B 4S 001/1	Link connection	AU-4		
2 : A – B 4S 001/2	Link connection	AU-4		
▼ 3 : A – B 4S 001/3 : A – B NVC4S 001	Link connection	AU-4	Network connection	VC-4
▼ A – B VC4S 001 (3 x TUG-3)	Trail	VC-4		
1 : A – B VC4S 001/1	Link connection	TU-3		
2 : A – B VC4S 001/2	Link connection	TU-3		
▼ 3 : (7 x TUG-2)				
1 : A – B VC4S 001/3,1	Link connection	TU-2		
2 : A – B VC4S 001/3,2	Link connection	TU-2		
▼ 3 : (3 x TU-12)				
▼ 1 : A – B VC4S 001/3,3,1 : A – B NVC12S 005	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
▼ 2 : A – B VC4S 001/3,3,2 : A – B NVC12S 004	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
▼ 3 : A – B VC4S 001/3,3,3 : A – B NVC12S 003	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
4 : A – B VC4S 001/3,4	Link connection	TU-2		
5 : A – B VC4S 001/3,5	Link connection	TU-2		
6 : A – B VC4S 001/3,6	Link connection	TU-2		
▼ 7 : (3 x TU-12)				
▼ 1 : A – B VC4S 001/3,7,1 : A – B NVC12S 002	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
2 : A – B VC4S 001/3,7,2	Link connection	TU-12		
▼ 3 : A – B VC4S 001/3,7,3 : A – B NVC12S 001	Link connection	TU-12	Network connection	VC-12
▼ A – B VC12S5v 001 (1 x 10M)	Trail	VC-12-5v		
1 : A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M		
4 : A – B 4S 001/4	Link connection	AU-4		
A2 :	Slot	Agregado STM		
T1 :	Slot	Tributário		
T2 :	Slot	Tributário		

Figura 131: Hierarquia *bottom-up* da rede SDH-NG cadastrada

HIERARQUIA DE REDE	ENTIDADE PRINCIPAL	TIPO RECURSO PRINCIPAL	ENTIDADE SECUNDÁRIA	TIPO RECURSO SECUNDÁRIO
▼ADM OTN A (2 x Agregado WDM + 2 x Tributário)	Bastidor	ZO2		
▼ Agregado East: ADM OTN A / Agregado East (1 x DWDM)	Slot	Agregado WDM	Placa	1 x DWDM
▼ 1: Fibra A – B 002	Porta	DWDM	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras
▼ A – B OTS4 001 (1 x OMS4)	Trail	OTS4		
▼ 1: A – B OTS4 001/1 : A – B NOMS4 001	Link connection	OMS4	Network connection	OMS4
▼ A – B OMS4 001 (4 x OCC)	Trail	OMS4		
1: A – B OMS4 001/1	Link connection	OCC		
2: A – B OMS4 001/2	Link connection	OCC		
▼ 3: A – B OMS4 001/3 : A – C NOCh 002	Link connection	OCC	Network connection	OCh
▼ A – C OCh 001 (1 x OTU4)	Trail	OCh		
▼ 1: A – C OCh 001/1 : A – C NOTU4 001	Link connection	OTU4	Network connection	OTU4
▼ A – C OTU4 001 (1 x ODU4)	Trail	OTU4		
▼ 1: A – C OTU4 001/1 : A – C NODU4 001	Link connection	ODU4	Network connection	ODU4
▼ A – C ODU4 001 (1 x OPU4)	Trail	ODU4		
1: A – C ODU4 001/1	Link connection	OPU4		
4: A – B OMS4 001/4	Link connection	OCC		
▼ Agregado West: ADM OTN A / Agregado West (1 x DWDM)	Slot	Agregado WDM	Placa	1 x DWDM
▼ 1: Fibra A – C 001	Porta	DWDM	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras
▼ A – C OTS4 001 (1 x OMS4)	Trail	OTS4		
▼ 1: A – C OTS4 001/1 : A – C NOMS4 001	Link connection	OMS4	Network connection	OMS4
▼ A – C OMS4 001 (4 x OCC)	Trail	OMS4		
▼ 1: A – C OMS4 001/1 : A – C NOCh 001	Link connection	OCC	Network connection	OCh
▼ A – C OCh 001 (1 x OTU4)	Trail	OCh		
▼ 1: A – C OCh 001/1 : A – C NOTU4 001	Link connection	OTU4	Network connection	OTU4
▼ A – C OTU4 001 (1 x ODU4)	Trail	OTU4		
▼ 1: A – C OTU4 001/1 : A – C NODU4 001	Link connection	ODU4	Network connection	ODU4
▼ A – C ODU4 001 (1 x OPU4)	Trail	ODU4		
1: A – C ODU4 001/1	Link connection	OPU4		
2: A – C OMS4 001/2	Link connection	OCC		
3: A – C OMS4 001/3	Link connection	OCC		
4: A – C OMS4 001/4	Link connection	OCC		
Trib 1:	Slot	Tributário		
Trib 2:	Slot	Tributário		

Figura 132: Hierarquia *bottom-up* da rede OTN vista a partir do equipamento ADM OTN A

Outra visualização permitida pelo sistema de inventário é a do tipo *top-down*, que, assim como a *bottom-up*, parte de algum objeto escolhido pelo administrador da rede, mas a cada solicitação, percorre o sentido inverso, em direção às camadas inferiores, como visto nas figuras 133 e 134:

HIERARQUIA DE REDE	ENTIDADE PRINCIPAL	TIPO RECURSO PRINCIPAL	OCUPAÇÃO	PROTEÇÃO	CAMINHO	TERMINAÇÃO
▼ A – B VC12S5v 001/1	Link connection	10M				
▼ A – B VC12S5v 001	Trail	VC-12-5v	Concatenação virtual			
▶ A – B NVC12S 001	Network connection	VC-12	Sequencial			
▶ A – B NVC12S 002	Network connection	VC-12	Sequencial			
▼ A – B NVC12S 003	Network connection	VC-12	Sequencial			
▶ A – B VC4S 001/3,3,3	Link connection	TU-12				
▼ A – B NVC12S 004	Network connection	VC-12	Sequencial			
▶ A – B VC4S 001/3,3,2	Link connection	TU-12				
▼ A – B NVC12S 005	Network connection	VC-12	Sequencial			
▼ A – B VC4S 001/3,3,1	Link connection	TU-12				
▼ A – B VC4S 001	Trail	VC-4	Caminhos			
▼ A – B NVC4S 001	Network connection	VC-4	Sequencial		Principal	
▼ A – B 4S 001/3	Link connection	AU-4				
▼ A – B 4S 001	Trail	STM-4 (MS)	Caminhos			
▼ A – B N4S 001	Network connection	STM-4	Sequencial		Principal	
▼ A – B R4S 001/1	Link connection	STM-4				
▼ A – B R4S 001	Trail	STM-4 (RS)	Caminhos			
▼ Fibra A – B 001	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras			Principal	
▶ Terminal SDH A / A1 / 1	Porta	STM-4				A
▼ Terminal SDH B / A1 / 1	Porta	STM-4				Z
▼ Terminal SDH B / A1	Placa	1 x STM-4				
▼ Terminal SDH B / A1	Slot	Agregado STM				
▼ Terminal SDH B	Bastidor	ALUZ S1				
▼ UFFVAL	Estação					
▼ Niterói	Município					
▼ RJ	Estado					
Brasil	País					

Figura 133: Hierarquia *top-down* da rede SDH-NG

HIERARQUIA DE REDE	ENTIDADE PRINCIPAL	TIPO RECURSO PRINCIPAL	OCUPAÇÃO	PROTEÇÃO	CAMINHO	TERMINAÇÃO
▼A – C ODU4 001/1	Link connection	OPU4				
▼A – C ODU4 001	Trail	ODU4	Caminhos			
▼A – C NODU4 001	Network connection	ODU4	Sequencial		Principal	
▼A – C OTU4 001/1	Link connection	ODU4				
▼A – C OTU4 001	Trail	OTU4	Caminhos			
▼A – C NOTU4 001	Network connection	OTU4	Sequencial		Principal	
▼A – C OCh 001/1	Link connection	OTU4				
▼A – C OCh 001	Trail	OCh	Caminhos	1 + 1		
▼A – C NOCh 001	Network connection	OCh	Sequencial		Principal	
▼A – C OMS4 001/1	Link connection	OCC				
▼A – C OMS4 001	Trail	OMS4	Caminhos			
▼A – C NOMS4 001	Network connection	OMS4	Sequencial		Principal	
▼A – C OTS4 001/1	Link connection	OMS4				
▼A – C OTS4 001	Trail	OTS4	Caminhos			
▼Fibra A – C 001	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras			Principal	
▶ADM OTN A / Agregado West / 1	Porta	DWDM				A
▶ADM OTN C / Agregado East / 1	Porta	DWDM				Z
▼A – C NOCh 002	Network connection	OCh	Sequencial		Proteção	
▼A – B OMS4 001/3	Link connection	OCC				
▼A – B OMS4 001	Trail	OMS4	Caminhos			
▼A – B NOMS4 001	Network connection	OMS4	Sequencial		Principal	
▼A – B OTS4 001/1	Link connection	OMS4				
▼A – B OTS4 001	Trail	OTS4	Caminhos			
▼Fibra A – B 002	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras			Principal	
▶ADM OTN A / Agregado East / 1	Porta	DWDM				A
▶ADM OTN B / Agregado West / 1	Porta	DWDM				Z
▼B – B SNCOCh 001	Subnetwork connectio	Cross-connection OCh				
▶ADM OTN B	Bastidor	ZO2				A
▶ADM OTN B	Bastidor	ZO2				Z
▼B – C OMS4 001/2	Link connection	OCC				
▼B – C OMS4 001	Trail	OMS4	Caminhos			
▼B – C NOMS4 001	Network connection	OMS4	Sequencial		Principal	
▼B – C OTS4 001/1	Link connection	OMS4				
▼B – C OTS4 001	Trail	OTS4	Caminhos			
▼Fibra B – C 001	Link de fibra óptica	Enlace a 2 fibras			Principal	
▶ADM OTN B / Agregado East / 1	Porta	DWDM				A
▶ADM OTN C / Agregado West / 1	Porta	DWDM				Z
▼ADM OTN C / Agregado West	Placa	1 x DWDM				
▼ADM OTN C / Agregado West	Slot	Agregado WDM				
▼ADM OTN C	Bastidor	ZO2				
▼UFFVAL	Estação					
▼Niterói	Município					
▼RJ	Estado					
Brasil	País					

Figura 134: Hierarquia top-down da rede OTN

Referências bibliográficas

- [1] *ITU-T (Telecommunication Standardization Sector)*, <http://www.itu.int/ITU-T/>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [2] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation G.671, Transmission characteristics of optical components and subsystems*, 2009.
- [3] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation G.707/Y.1322, Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)*, 2007.
- [4] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation G.709/Y.1331, Interfaces for the Optical Transport Network*, 2009.
- [5] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation G.803, Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)*, 2000.
- [6] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation G.805, Generic functional architecture of transport networks*, 2000.
- [7] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation G.841, Types and characteristics of SDH network protection architectures*, 1998.
- [8] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation G.872, Architecture optical transport networks*, 2001.

- [9] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation G.8080/Y.1304, Architecture for the automatically switched optical network (ASON)*, 2006.
- [10] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation G.8081/Y.1353, Terms and definitions for Automatically Switched Optical Networks (ASON)*, 2000.
- [11] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation M.3010, Principles for a telecommunications management network*, 2000.
- [12] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation M.3050.0, Enhanced Telecom Operations Map (eTOM) - Introduction*, 2007.
- [13] International Telecommunication Union. *ITU-T Recommendation X.200, Information Technology – Open System Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model*, 1994.
- [14] Internet Engineering Task Force. *RFC 3945: Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) Architecture*, 2004.
- [15] TANEMBAUM, A. *Computer Networks 4th Edition*. Prentice Hall Press., Upper Saddle River, NJ, USA, 2002.
- [16] *TMFORUM*, <http://www.tmforum.org/>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [17] *FRAMEWORX*, <http://www.tmforum.org/TMForumFramework/1911/home.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [18] *TAM - TM Forum Application Framework*, <http://www.tmforum.org/ApplicationFramework/2322/home.html>, Acessado em 03 de março de 2012.

- [19] *SID - TM Forum Information Framework*,
<http://www.tmforum.org/InformationFramework/1684/home.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [20] *ETOM - TM Forum Business Process Framework*,
<http://www.tmforum.org/BusinessProcessFramework/1647/home.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [21] *MTOSI - Multi-Technology Operations Systems Interface*,
<http://www.tmforum.org/BestPracticesStandards/MTOSI/2319/Home.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [22] *OSS/J*, <http://www.tmforum.org/BestPracticesStandards/OSSJ/2896/Home.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [23] *OSS/J Inventory API*,
<http://www.tmforum.org/OSSCommonAPIDownloads/4037/home.html?docid=6853>
Acessado em 03 de março de 2012.
- [24] *SOA, Service-Oriented Architecture*,
http://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=soa-rm, Acessado em 03 de março de 2012.
- [25] *GRANITE*, <http://www.telcordia.com/products/inventory/index.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [26] *ARMS*, <http://www.amdocs.com/Products/OSS/Pages/Inventory-Discovery.aspx>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [27] MONTEIRO, M. et al, G. *Ontology Based Model for the ITU-T Recommendation G.805: Towards the Self-Management of Transport Networks*. International Journal of Computer Science and Information Technology, 2010.

- [28] DISTEFANO, A. *Uma Arquitetura Orientada à Convergência de Inventários em uma Empresa de Telecomunicações*. Universidade de Brasília, 2008.
- [29] *OMG Unified Modeling LanguageTM (OMG UML), Infrastructure*, <http://www.org.org/>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [30] *OMG Unified Modeling LanguageTM (OMG UML), Superstructure*, <http://www.org.org/>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [31] COCKBURN, A. *Writing Effective Use Cases*. Addison-Wesley, Upper Saddle River, NJ, USA, 2001.
- [32] *Java 2 Platform, Enterprise Edition (J2EE) Overview*, <http://java.sun.com/j2ee/overview.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [33] *Java SE Application Design With MVC*, <http://www.oracle.com/technetwork/articles/javase/index-142890.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [34] FOWLER, M. et al, *Patterns of Enterprise Application Architecture do Fowler*, Addison-Wesley, USA, 2003.
- [35] POTEI, M. *MVP: Model-View-Presenter - The Taligent Programming Model for C++ and Java*, <http://www.wildcrest.com/Potei/Portfolio/mvp.pdf>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [36] GOSLING, J. et al, *The Java Language Specification*, Addison-Wesley, USA, 2005.
- [37] *ECLIPSE*, <http://www.eclipse.org/>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [38] *TOMCAT*, <http://tomcat.apache.org/>, Acessado em 03 de março de 2012.

- [39] *Google Web Toolkit*, <http://code.google.com/intl/pt-BR/webtoolkit/>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [40] GARRETT, J. *Ajax: A New Approach to Web Applications*, <http://www.adaptivepath.com/ideas/ajax-new-approach-web-applications>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [41] *VAADIN*, <https://vaadin.com/home>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [42] *The Java Persistence API - A Simpler Programming Model for Entity Persistence*, <http://www.oracle.com/technetwork/articles/javaee/jpa-137156.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [43] *OBJECTDB*, <http://www.objectdb.com/>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [44] *Cisco ONS 15454 SDH Reference Manual*, http://www.cisco.com/en/US/docs/optical/15000r4_6/15454/sdh/reference/guide/e46etopl.html, Acessado em 03 de março de 2012.
- [45] *ODU0 and ODUflex, A Future-Proof Solution for OTN Client Mapping*, http://squiz.informatm.com/__data/assets/pdf_file/0007/194623/ODU0_ODUflex_White_Paper_2010_02_15_v1_web.pdf, Acessado em 03 de março de 2012.
- [46] VISSERS, M. *Optical Transport Network & Optical Transport Module, Digital Wrapper*, Lucent Technologies, <http://ties.itu.ch/ftp/public/itu-t/tsg15opticaltransport/OTN/g709-intro-v2.ppt>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [47] *OTN Layers*, <http://telebasics.wordpress.com/2011/10/09/otn-layers/>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [48] *Multiplexadores SDH*, Datacom, <http://www.datacom.ind.br/new/taxonomy/term/8>, Acessado em 03 de março de 2012.

- [49] *Módulos Ópticos SFP/XFP*, Datacom, <http://www.datacom.ind.br/new/taxonomy/term/91>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [50] *Transponder CMTR03*, AsGa Soluções em Telecom, <http://www.asga.com.br/138.html>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [51] *Cisco ASA 5500 Series 4-Port GE SSM*, GoCommunications, <http://www.gocomsys.com/731.html#>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [52] *Common API and SID Adoption Strategies*, OSS Through Java™ Initiative, http://ossj.org/downloads/docs/wp_cbe_api_sid_adoption_strategies.pdf, Acessado em 03 de março de 2012.
- [53] *Core Business Entities Questionnaire*, OSS Through Java™ Initiative, <http://www.tmforum.org/browse.aspx?linkID=31896&docID=5047>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [54] *Physical Resource Business Entity Definitions, GB922 Addendum 5PR, Shared Information/Data (SID) Model*, <http://www.tmforum.org/KnowledgeDownloadDetail/9285/home.html?artf=artf2301>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [55] *LogicalResource and CompoundResource Business Entity Definitions, GB922 Addendum 5LR, Information Framework (SID)*, <http://www.tmforum.org/KnowledgeDownloadDetail/9285/home.html?artf=artf2301>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [56] *UMTS*, <http://www.3gpp.org/article/umts>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [57] *IP/MPLS Forum Technical Specifications*, Broadband Forum, <http://www.broadband-forum.org/technical/ipmplstechspec.php>, Acessado em 03 de março de 2012.
- [58] *The Java Persistence Query Language*, The Java EE 6 Tutorial, <http://docs.oracle.com/javaee/6/tutorial/doc/bnbtg.html>, Acessado em 03 de março de

2012.

[59] *Applets*, <http://java.sun.com/applets/>, Acessado em 03 de março de 2012.