



Sistema de Suporte à Operação de Redes de Acesso de Fibra Óptica

Tiago Alexandre Vieira Gonçalves

Mestrado em Engenharia Informática

Orientador: Karolina Baras

Orientador Externo: Nélio José da Silva Vieira

Co-Orientador: Lina Maria Pestana Leão de Brito

Funchal, Setembro 2014

Palavras-chave

Redes de Telecomunicações, Redes de Acesso, Fibra Óptica, Gestão de Inventário de Redes, Sistemas de Suporte à Operação, Serviços baseados na Internet.

Resumo

Desde o início dos tempos, o homem tem construído e aperfeiçoado estratégias para garantir uma comunicação mais eficiente. Na actualidade, comunicação a longas distâncias, bem como a utilização de diversos serviços é possível através de redes de telecomunicações. As redes de telecomunicações são essencialmente mantidas por organizações especializadas e integram 3 segmentos principais: as redes de interligação, de acesso e do cliente.

As redes de acesso interligam clientes aos serviços das respectivas organizações e, como tal, devem garantir a melhor qualidade de comunicação possível. Nos últimos anos, governos e organizações em diversos países têm adoptado a utilização em grande escala de fibra óptica nas suas redes de acesso, dada a sua elevada capacidade de largura de banda. Contudo, redes de acesso em fibra óptica poderão tornar-se extremamente complexas, no que respeita à estrutura física da sua implementação concreta. Tal complexidade, obriga à adopção de meios capazes de facilitar a gestão e, consequentemente, a operação sobre estas redes. Existem várias ferramentas de *software* no mercado, capazes de melhorar a eficiência de tarefas de gestão das redes, contudo a sua elevada complexidade, prejudica essas tarefas tornando-as mais morosas e susceptíveis a falhas.

A presente dissertação objectiva a construção de uma solução em *software* para o problema de gestão de redes de acesso ópticas, enfrentado por uma organização local. A solução deverá possibilitar um maior nível de eficiência de gestão, em comparação com a actual solução adoptada na organização. A solução deverá também ultrapassar as limitações de complexidade das actuais ferramentas, garantindo uma gestão mais rápida e focada nos aspectos essenciais.

Keywords

Telecommunications Networks, Access Networks, Fiber Optics, Network Inventory Management, Operation Support Systems, Web based Services.

Abstract

Since the beginning of time, man has focused on the creation and perfection of strategies to ensure efficient communication. Currently, long distance communications, as well as access to several services is possible through telecommunications networks. Such networks are essentially maintained by specialized organizations and include 3 main segments: the core, access and client networks.

The access networks connect clients to the services provided by the organizations; therefore, they must ensure the best communication possible. In the last few years, governments, as well as organizations from several countries have been adopting wide scale implementations of fiber optics in their access networks, given its high broadband capabilities. However, access networks over fiber optics can become extremely complex, specifically regarding the physical structure of their concrete implementation. That complexity forces the adoption of means, capable of easing the management and, consequentially, the operation over such networks. Several software tools in the market are capable of improving the efficiency of management tasks for these networks, but their increased complexity, can negatively affect such tasks, making them lengthier and increasingly susceptible to flaws.

This dissertation focuses on the development of a software solution capable of addressing the issues faced by a local organization on managing access optical networks. Such solution must provide a higher level of efficiency as opposed to the current solution, adopted by the organization. The solution should also overcome the complexity limitations of current tools, ensuring a faster management, focused on essential aspects.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer às minhas orientadoras, a Professora Karolina Baras e a Professora Lina Brito, pela sua orientação e encorajamento ao longo de todo este projecto e pela preciosa ajuda na consolidação da presente dissertação.

Quero agradecer ao meu orientador externo, o Engenheiro Nélio Vieira e ao Engenheiro Filipe Azevedo, pela indispensável colaboração e acompanhamento nas diversas fases deste projecto.

Gostaria ainda de agradecer à minha família e amigos, pela paciência, pelas palavras de inspiração e incentivo, e pelo continuado apoio em tudo quanto podiam, sobretudo nas fases mais exigentes do projecto. O seu contributo foi essencial para manter-me sempre motivado e conseguir elevar a contribuição do projecto ao patamar desejado.

Índice

| | |
|--|-------------|
| Resumo | i |
| Abstract | iii |
| Agradecimentos | v |
| Índice de Figuras | xi |
| Índice de Tabelas | xvii |
| Lista de Acrónimos | xix |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1. <i>Motivação</i> | <i>1</i> |
| 1.2. <i>Objectivos</i> | <i>4</i> |
| 1.3. <i>Estrutura da dissertação.....</i> | <i>5</i> |
| 2. Descrição do problema..... | 7 |
| 2.1. <i>Estrutura das redes de telecomunicações.....</i> | <i>7</i> |
| 2.2. <i>Redes de acesso ópticas.....</i> | <i>8</i> |
| 2.2.1. <i>Classificação de redes de acesso ópticas</i> | <i>9</i> |
| 2.2.2. <i>Estrutura física das redes de acesso ópticas</i> | <i>12</i> |
| 2.2.2.1. <i>Cabos de fibra óptica.....</i> | <i>12</i> |
| 2.2.2.2. <i>Pontos da rede</i> | <i>17</i> |
| 2.3. <i>Suporte à rede de acesso óptica.....</i> | <i>20</i> |
| 2.3.1. <i>Estado de gestão de rede.....</i> | <i>20</i> |
| 2.3.1.1. <i>Sinópticos de rede</i> | <i>21</i> |
| 2.3.1.2. <i>Gestão de sinópticos e limitações.....</i> | <i>22</i> |
| 2.3.1.3. <i>Esquemas de junta.....</i> | <i>25</i> |
| 2.3.1.4. <i>Gestão de esquemas de junta e limitações.....</i> | <i>26</i> |
| 2.3.1.5. <i>Limitações gerais</i> | <i>29</i> |
| 3. Estado da arte | 31 |
| 3.1. <i>OSPInsight.....</i> | <i>32</i> |
| 3.2. <i>ConnectMaster.....</i> | <i>35</i> |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.3. | ArcFM | 39 |
| 3.4. | Smallworld Network Inventory | 43 |
| 3.5. | Bentley Fiber V8i | 45 |
| 3.6. | G/Technology Fiber Optic Works | 48 |
| 3.7. | Análise e Comparação | 52 |
| 4. | Desenho da ferramenta | 59 |
| 4.1. | <i>Scrum</i> | 59 |
| 4.2. | <i>Product Backlog</i> | 59 |
| 4.3. | <i>Modelação</i> | 61 |
| 4.3.1. | Arquitectura | 61 |
| 4.3.2. | Modelo de dados | 64 |
| 4.3.3. | Comportamento | 65 |
| 4.3.4. | Interface | 69 |
| 5. | Implementação | 75 |
| 5.1. | <i>Implementação do servidor</i> | 75 |
| 5.1.1. | Zend Framework | 75 |
| 5.1.2. | TCPDF | 79 |
| 5.2. | <i>Implementação do cliente</i> | 79 |
| 5.2.1. | Dojo Toolkit | 80 |
| 5.2.1.1. | Dojo | 80 |
| 5.2.1.2. | Dijit | 81 |
| 5.2.1.3. | DojoX.gfx | 82 |
| 5.2.1.4. | Bootstrap | 82 |
| 5.3. | <i>Implementação cliente-servidor</i> | 83 |
| 5.3.1. | Node.js | 83 |
| 5.3.1.1. | Forever | 83 |
| 5.3.1.2. | Faye | 83 |
| 5.4. | <i>Funcionalidades implementadas</i> | 85 |
| 5.4.1. | Gestão de sinópticos e zonas | 85 |
| 5.4.2. | Gestão de cabos e pontos em sinópticos | 87 |
| 5.4.3. | Gestão de uniões e <i>splitters</i> em juntas | 93 |
| 6. | Testes e resultados | 95 |
| 6.1. | <i>Testes</i> | 95 |
| 6.2. | <i>Resultados e discussão</i> | 96 |

| | |
|---|------------|
| 7. Conclusão | 99 |
| 7.1. <i>Objectivos atingidos</i> | 99 |
| 7.2. <i>Trabalho futuro.....</i> | 99 |
| Referências | 103 |
| Anexos..... | 109 |
| <i>Anexo A: Utilização de ferramentas analisadas.....</i> | <i>110</i> |
| A.1. Utilização do Microsoft Visio | 110 |
| A.2. Utilização do OSPIInSight-Edit | 116 |
| A.3. Utilização do ConnectMaster | 127 |
| <i>Anexo B: Product Backlog.....</i> | <i>134</i> |
| B.1. Requisitos Funcionais | 134 |
| B.2. Requisitos Não-Funcionais..... | 140 |
| <i>Anexo C: Modelos do sistema.....</i> | <i>141</i> |
| C.1. Arquitectura e dados..... | 141 |
| C.2. Comportamento..... | 144 |
| C.3. Interface..... | 154 |
| <i>Anexo D: Documentos gerados pelo sistema.....</i> | <i>161</i> |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Estrutura global e tecnologias das redes de telecomunicações [2] | 7 |
| Figura 2 - Estrutura de uma rede HFC [4] | 10 |
| Figura 3 - Principais arquitecturas FTTx, adaptado de [4] | 11 |
| Figura 4 - Exemplo de acomodação de fibras num tubo, adaptado de [8] | 13 |
| Figura 5 - Exemplo de acomodação de fibras numa estrutura <i>groove</i> , adaptado de [8] | 13 |
| Figura 6 - Exemplo de fibras colocadas dentro de um micro módulo, adaptado de [8] | 14 |
| Figura 7 - Exemplo de fibra revestida com várias camadas, adaptado de [8] | 15 |
| Figura 8 - Estruturas tipo <i>ribbon</i> típicas, adaptado de [8] | 16 |
| Figura 9 - Aplicação recomendada de um código de cores num cabo de fibra óptica ... | 17 |
| Figura 10 - <i>Splitter</i> de capacidade 1:64 [6] | 19 |
| Figura 11 - Caixa de junção [6] | 19 |
| Figura 12 - Secção de um sinóptico da rede, mantido em formato digital pela operadora | 21 |
| Figura 13 - <i>Stencil</i> criado para a construção de sinópticos no Visio | 23 |
| Figura 14 - Esquema de junta completo, mantido pela operadora | 25 |
| Figura 15 - Secção ampliada do esquema de junta | 26 |
| Figura 16 - Exemplo de um <i>Stencil</i> usado para a criação de cabos em juntas | 27 |
| Figura 17 - Interface principal no OSPInSight | 33 |
| Figura 18 - Formulário de interior de junta no OSPInSight | 33 |
| Figura 19 - Representação gráfica do interior de junta no OSPInSight | 34 |
| Figura 20 - Interface principal do ConnectMaster | 36 |
| Figura 21 - Detalhes de uniões de uma bandeja no ConnectMaster | 36 |
| Figura 22 - Representação tabular de caixa de junção no ConnectMaster (secção esquerda) | 37 |
| Figura 23 - Representação tabular de caixa de junção no ConnectMaster (secção direita) | 38 |
| Figura 24 - Representação gráfica de caixa de junção no ConnectMaster | 38 |
| Figura 25 - Módulo de gestão transversal de estruturas subterrâneas no Conduit Manager | 40 |
| Figura 26 - Módulo de gestão longitudinal de estruturas subterrâneas no Conduit Manager | 40 |

| | |
|---|----|
| Figura 27 - Componente Connection Manager, parte do Fiber Manager no ArcFM [16] | 41 |
| | |
| Figura 28 - Componente Circuit Manager, parte do Fiber Manager no ArcFM [16]..... | 42 |
| Figura 29 - Representação gráfica de uniões de uma junta no ArcFM | 43 |
| Figura 30 - Interface principal do Bentley Fiber V8i | 45 |
| Figura 31 - Interface para a execução de cálculos de engenharia no Bentley Fiber V8i | 46 |
| Figura 32 - Interface de gestão do interior de uma junta no Bentley Fiber V8i..... | 47 |
| Figura 33 - Representação gráfica de uniões numa junta no Bentley Fiber V8i..... | 48 |
| Figura 34 - Interfaces principais do G/Technology Fiber Optic Works [22] | 50 |
| Figura 35 - Representação gráfica de uniões numa junta no G/Technology Fiber Optic Works [22]..... | 51 |
| Figura 36 - Representações interactivas relacionadas no G/Technology Fiber Optic Works, adaptado de [22]..... | 51 |
| Figura 37 - Vista de módulos geral do sistema | 62 |
| Figura 38 - Vista componente-conector | 63 |
| Figura 39 - Modelo de domínio..... | 64 |
| Figura 40 - Mapa de casos de utilização simplificado..... | 65 |
| Figura 41 - Diagrama de robustez para o caso de utilização Aceder ao Sistema | 66 |
| Figura 42 - Diagrama de robustez para o caso de utilização Criar Sinóptico | 66 |
| Figura 43 - Diagramas de robustez para os casos de utilização de Criar e Eliminar Cabo | 67 |
| | |
| Figura 44 - Diagrama de robustez do caso de utilização Ver representação de Sinóptico | 68 |
| | |
| Figura 45 - Diagrama de robustez do caso de utilização Ver interior de Junta..... | 69 |
| Figura 46 - Mapa de navegação..... | 70 |
| Figura 47 - Protótipo da interface de Rede..... | 70 |
| Figura 48 - Protótipo da interface de Sinóptico..... | 71 |
| Figura 49 - Protótipo da interface de Cabo..... | 71 |
| Figura 50 - Protótipo da interface de Junta..... | 72 |
| Figura 51 - Protótipo da interface de Terminação | 72 |
| Figura 52 - Protótipo da interface de Edição de Junta..... | 73 |
| Figura 53 - Interface de rede do sistema..... | 86 |
| Figura 54 - Fases de criação de um sinóptico no sistema..... | 87 |
| Figura 55 - Opções de sinóptico no sistema | 87 |

| | |
|--|-----|
| Figura 56 - Interface de sinóptico no sistema..... | 88 |
| Figura 57 - Opções de criação de cabo no sistema..... | 88 |
| Figura 58 - Formulário de criação de tipo de cabo no sistema..... | 89 |
| Figura 59 - Formulário de criação de código de cores no sistema | 89 |
| Figura 60 - Atribuição de nomes efectuada pelo sistema | 91 |
| Figura 61 - Interface de cabo e ligação de fibras a terminações no sistema..... | 92 |
| Figura 62 - Interface de junta no sistema | 92 |
| Figura 63 - Interface de edição de junta no sistema | 93 |
| Figura 64 - Formulário de criação de uniões e <i>splitters</i> no sistema | 94 |
| Figura 65 - Adicionar e remover fibras a <i>splitter</i> no sistema | 94 |
| Figura 66 - Gráficos dos resultados do inquérito sobre o sistema (parte 1) | 96 |
| Figura 67 - Gráficos dos resultados do inquérito sobre o sistema (parte 2) | 97 |
| Figura 68 - Interface de criação de um novo documento no Microsoft Visio..... | 110 |
| Figura 69 - Interface de documento do Microsoft Visio | 111 |
| Figura 70 - Barra com o separador contendo opções de criação no Microsoft Visio .. | 112 |
| Figura 71 - Fases de criação de uma conexão no Microsoft Visio..... | 112 |
| Figura 72 - Fase final de criação de uma conexão no Microsoft Visio | 113 |
| Figura 73 - Opções de formas para criação no Microsoft Visio..... | 113 |
| Figura 74 - Fase intermédia de criação de uma forma no Microsoft Visio | 114 |
| Figura 75 - Interface de arranque do sistema OSPInSight | 116 |
| Figura 76 - Interface de edição de redes disponíveis no OSPInSight | 117 |
| Figura 77 - Interface de criação de nova rede no OSPInSight | 117 |
| Figura 78 - Interface principal no OSPInSight..... | 118 |
| Figura 79 - Criação de ponto terminal no OSPInSight..... | 119 |
| Figura 80 - Formulário de ligações de fibras a ponto terminal no OSPInSight | 120 |
| Figura 81 - Relatório de ligações de fibras a ponto terminal no OSPInSight | 120 |
| Figura 82 - Criação de cabo no OSPInSight | 121 |
| Figura 83 - Formulário de criação de cabo no OSPInSight..... | 122 |
| Figura 84 - Formulário de criação de tipo no OSPInSight | 122 |
| Figura 85 - Formulário de criação de código de cores no OSPInSight | 123 |
| Figura 86 - Formulário de edição de sequências de cores no OSPInSight..... | 124 |
| Figura 87 - Formulário de criação de junta no OSPInSight | 125 |
| Figura 88 - Formulário de uniões no OSPInSight | 125 |
| Figura 89 - Visualização de representação de junta no OSPInSight | 126 |

| | |
|---|-----|
| Figura 90 - Representação gráfica de junta no OSPInSight | 126 |
| Figura 91 - Interface principal do ConnectMaster..... | 127 |
| Figura 92 - Representação hierárquica de rede no ConnectMaster | 128 |
| Figura 93 - Apresentação das propriedades de um elemento de rede no ConnectMaster | 129 |
| Figura 94 - Opções de Local no ConnectMaster | 129 |
| Figura 95 - Opções de cabo na representação hierárquica do ConnectMaster | 130 |
| Figura 96 - Opções de cabo na representação sobre o mapa no ConnectMaster..... | 131 |
| Figura 97 - Detalhes de fibras e tubos de um cabo no ConnectMaster | 132 |
| Figura 98 - Detalhes de conexões de fibras de um cabo no ConnectMaster | 132 |
| Figura 99 - Detalhes de estrutura de equipamento no ConnectMaster | 133 |
| Figura 100 - Detalhes de estrutura de uma caixa de junção no ConnectMaster..... | 133 |
| Figura 101 - Detalhes de uniões de uma bandeja no ConnectMaster..... | 134 |
| Figura 102 - Vista de decomposição em módulos do módulo Gestor de dados..... | 141 |
| Figura 103 - Vistas de decomposição em módulos para o módulo Explorador e os módulos Editores | 142 |
| Figura 104 - Modelo relacional | 143 |
| Figura 105 - Mapa de casos de utilização detalhado | 144 |
| Figura 106 - Diagrama do caso Editar detalhe geral de Sinóptico | 145 |
| Figura 107 - Diagrama do caso Eliminar Sinóptico | 145 |
| Figura 108 - Diagramas dos casos Criar e Eliminar Junta | 146 |
| Figura 109 - Diagrama do caso Editar detalhe geral de Junta..... | 146 |
| Figura 110 - Diagramas dos casos Criar e Eliminar Terminação..... | 147 |
| Figura 111 - Diagrama dos casos Editar Ponto inicial e Terminação | 147 |
| Figura 112 - Diagramas dos casos Editar e Ver interior de Cabo | 148 |
| Figura 113 - Diagrama do caso Ver interior de Terminação..... | 149 |
| Figura 114 - Diagramas dos casos Associar e Desassociar Cabo a Terminação..... | 149 |
| Figura 115 - Diagramas dos casos Associar e Desassociar Cabo a Junta | 150 |
| Figura 116 - Diagramas dos casos Estabelecer e Eliminar União..... | 151 |
| Figura 117 - Diagramas dos casos Criar e Eliminar <i>Splitter</i> | 151 |
| Figura 118 - Diagramas dos casos Adicionar e Remover Fibras de saída a <i>Splitter</i> | 152 |
| Figura 119 - Diagrama dos casos Criar e Editar Código de cores..... | 152 |
| Figura 120 - Diagrama dos casos Criar e Editar Tipo de Cabo..... | 153 |
| Figura 121 - Diagrama dos casos Associar e Desassociar Fibras a Terminação..... | 153 |

| | |
|---|-----|
| Figura 122 - Diagrama do caso Ver Acessos | 153 |
| Figura 123 - Diagrama dos casos Exportar Sinóptico e Junta para PDF..... | 154 |
| Figura 124 - Interface de Autenticação (para o caso de Aceder ao Sistema)..... | 154 |
| Figura 125 - Interface de Rede para o caso de Criar Sinóptico..... | 155 |
| Figura 126 - Interface de Rede para os casos de Editar detalhe geral e Ver interior de Sinóptico..... | 155 |
| Figura 127 - Interface de Rede para o caso de Ver Acessos | 155 |
| Figura 128 - Interface de Sinóptico para o caso de Ver Tipo de Cabo..... | 156 |
| Figura 129 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Tipo de Cabo | 156 |
| Figura 130 - Interface de Sinóptico para o caso de Ver Cores de Código de Cores | 157 |
| Figura 131 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Código de Cores | 157 |
| Figura 132 - Interface de Sinóptico para o caso de Editar Tipo de Cabo..... | 158 |
| Figura 133 - Interface de Sinóptico para o caso de Editar Código de Cores..... | 158 |
| Figura 134 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Cabo..... | 159 |
| Figura 135 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Junta..... | 159 |
| Figura 136 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Terminação | 159 |
| Figura 137 - Interface de Cabo para o caso de Adicionar/Remover Fibras a Terminação | 160 |
| Figura 138 - Interface de Edição de Junta para os casos de Criar União entre Fibras ou <i>Splitters</i> | 160 |
| Figura 139 - Interface de Edição de Junta para os casos de Adicionar e Remover Fibras a <i>Splitter</i> | 161 |
| Figura 140 - Documento gerado com a representação de um sinóptico..... | 161 |
| Figura 141 - Documento gerado com a representação do interior de uma junta..... | 162 |

Índice de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Vantagens e ferramentas associadas..... | 52 |
| Tabela 2 - Desvantagens e ferramentas associadas | 55 |
| Tabela 3 - Descrições dos principais módulos | 62 |

Lista de Acrónimos

AJAX - Asynchronous JavaScript and XML
ANSI - American National Standards Institute
AON - Active Optical Network
API - Application Programming Interface
CIS - Client Information System
CO - Central Office
CPE - Customer Premises Equipment
CSS - Cascadeless Style Sheets
DOM - Document Object Model
DSL - Digital Subscriber Line
EIA - Energy Information Administration
EMS - Element Management System
EN - European Norms
FTTB - Fiber To The Building
FTTC - Fiber To The Curb
FTTH - Fiber To The Home
FTTN - Fiber To The Node
FTTx - Fiber To The x
HFC - Hybrid Fiber Coaxial
HTML - Hypertext Markup Language
HTTP - Hypertext Transfer Protocol
IDE - Integrated Development Environment
IEC - International Electrotechnical Commission
IP - Internet Protocol
ISO - International Organization for Standardization
IVR - Interactive Voice Response
JSON - JavaScript Object Notation
MVC - Model-View-Controller
NMS - Network Management System
OLT - Optical Line Terminal
ONU - Optical Network Unit
OTDR - Optical Time Domain Reflectometer

PDF - Portable Document Format
PHP - PHP: HyperText Preprocessor
PON - Passive Optical Network
RFTS - Remote Fiber Test System
SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition
SNMP - Simple Network Management Protocol
SOAP - Simple Object Access Protocol
SQL - Structured Query Language
TIA - Telecommunications Industry Association
TMN - Telecommunications Management Network
WDM - Wavelength Division Multiplexing
WSDL - Web Service Description Language

1. Introdução

1.1. Motivação

Desde a invenção das primeiras tecnologias de comunicação, o homem tem experimentado uma constante necessidade de otimizar todo o processo de comunicação. As tecnologias de comunicação têm evoluído, permitindo comunicação a distâncias cada vez maiores e, simultaneamente, têm sofrido uma integração com as novas tecnologias de informação que foram surgindo, possibilitando-se o acesso a novos serviços.

Surgiram, então, as redes de telecomunicações e a tão bem conhecida Internet, que permitem não só comunicar, mas também usufruir de uma crescente variedade de serviços. Estas redes têm sofrido várias mudanças, nomeadamente no que respeita aos elementos físicos que permitem a transmissão da informação entre os sistemas de informação e comunicação [1].

Actualmente, as redes de telecomunicações são construídas e mantidas por entidades fornecedoras de serviços de telecomunicações (designadas por operadores de telecomunicações) e apresentam uma infra-estrutura dividida em 3 segmentos principais: a rede de interligação (rede *core*), a rede de acesso e a rede do cliente [2]. A rede de acesso, permitindo interligar clientes aos fornecedores de serviço, não pode constituir um ponto de estrangulamento de débito. Por esta razão, é responsável por uma fracção muito importante do investimento efectuado numa rede, tornando-se um segmento essencial [3].

Devido à necessidade dos consumidores disporem de uma crescente largura de banda, como consequência da evolução dos próprios serviços disponibilizados, tanto os operadores de telecomunicações como os governos dos diversos países, têm investido na implementação, em larga escala, de fibra óptica nas suas redes de acesso. A fibra óptica pode oferecer elevadas larguras de banda e garantir a qualidade de serviço necessária para a diversidade de serviços que podem ser providenciados actualmente por redes de telecomunicações [4].

Uma rede de acesso de fibra óptica apresenta uma estrutura física composta por diversos cabos de fibra óptica que são colocados dentro de condutas ou tubos e instalados em valas, estradas, e outros lugares exteriores. Tais cabos podem incluir um elevado número de fibras, servindo de protecção para as mesmas. Nas terminações dos cabos, as respectivas fibras devem ser univocamente identificadas. Para tal, foram desenvolvidas diversas normas que oferecem métodos de identificação de fibras. Em geral, as normas definem que cada fibra de um cabo instalado numa rede de acesso pode ser identificada através de uma cor, de acordo com uma sequência de cores. No caso de um conjunto de fibras formar um grupo e de existirem vários grupos de fibras, cada grupo também deve ser univocamente identificado através de uma cor, seguindo a mesma sequência de cores, sendo esse o método usado para identificação. Nesse caso, as fibras são univocamente identificadas no contexto do respectivo grupo, sendo a sequência de cores repetida para as fibras de cada grupo. As normas definem, também, que fibras e grupos de fibras podem ser identificados por um número de posição em relação ao grupo ou ao cabo respectivo, ou através de outro meio acordado entre o utilizador e o fabricante dos cabos.

Os cabos de fibra óptica e as suas fibras são interligados através de pontos de flexibilidade, que simplificam a tarefa de estabelecer um circuito de fibras, capaz de ligar um novo cliente a um ponto inicial da rede, permitindo-lhe usufruir dos serviços providenciados pela mesma. Esses pontos podem ser pontos de divisão (*splitting*) ou de junção de cabos.

Dentro dos pontos de divisão, existe equipamento que possibilita a divisão do sinal óptico de uma ou duas fibras para várias outras fibras, sendo as fibras unidas a partir do mesmo. Nos pontos de junção, as fibras são unidas aos pares, uma fibra ligada a outra, existindo várias técnicas de ligação entre duas fibras. Os pontos de junção ou de *splitting* podem incluir uma enormidade de uniões entre fibras, que tendem a aumentar à medida que a rede de acesso é expandida.

As redes de acesso poderão, então, tornar-se muito complexas, no que respeita ao seu esquema estrutural físico, mais concretamente, em termos dos seus cabos, pontos de flexibilidade e clientes, a um nível estrutural mais alto, e no que corresponde à identificação das fibras existentes na rede e das suas uniões, a um nível estrutural mais baixo. Como seria de esperar, torna-se necessário manter actualizada toda a informação

do esquema estrutural físico de uma rede de acesso de fibra óptica implementada, permitindo quer um planeamento prévio, quer uma maior eficiência das diversas operações que deverão ser efectuadas sobre a rede.

Existem, actualmente, diversas ferramentas de *software* capazes de permitir a construção e actualização de representações destas redes de acesso; no entanto, a sua usabilidade permite um nível de produtividade muito baixo, face às necessidades de gestão que uma rede de acesso pode apresentar. Por outro lado, diversas ferramentas, construídas especificamente para a gestão de tais redes, apresentam uma elevada complexidade, devido à quantidade de funções e de informação que suportam, o que dificulta a sua implementação nas operadoras, bem como todo o processo de gestão sobre essas ferramentas.

No contexto desta dissertação, foi proposta a construção de uma aplicação de *software*, capaz de oferecer suporte à operação sobre uma rede de acesso de fibra óptica, mantida por uma operadora de telecomunicações local. Tal sistema deverá ser mais eficiente do que o sistema anteriormente usado nesta empresa para suporte, devendo suportar primariamente redes de acesso de fibra óptica sem o uso de equipamentos activos de interligação (sendo equipamentos activos, equipamentos que requerem alimentação eléctrica), uma vez que a arquitectura da rede de acesso considerada inclui-se nessa categoria. Adicionalmente, a aplicação deverá constituir uma alternativa às soluções existentes, permitindo uma gestão mais simples, rápida e concentrada nos aspectos mais importantes das redes consideradas.

Para o desenvolvimento da ferramenta proposta, foi requerida a aplicação de uma metodologia de desenvolvimento ágil, tendo sido escolhida a metodologia Scrum. Esta foi a metodologia eleita, uma vez que adopta uma abordagem empírica, aceitando que um problema não pode ser totalmente compreendido numa fase inicial e focando-se nas capacidades de resposta rápida e eficaz ao aparecimento e alteração dos requisitos de um produto de *software*. Ao longo do projecto de desenvolvimento foram também utilizadas várias técnicas e práticas de modelação, mantendo-se uma aplicação completa da metodologia Scrum.

1.2. Objectivos

O objectivo principal desta dissertação é o de apresentar uma solução mais eficiente para os problemas de gestão da estrutura física da implementação das redes de acesso de fibra óptica, dada a sua importância e aplicabilidade actual. Nestes termos, pretende-se satisfazer as metas enumeradas seguidamente:

- Contextualizar o problema e estudar e compreender os diversos aspectos do mesmo, analisando a solução utilizada actualmente na operadora à qual se destina uma nova solução;
- Reunir as soluções actuais com o melhor enquadramento no contexto do problema;
- Determinar as vantagens e limitações das soluções actuais, comparando-as entre si e face à solução aplicada na operadora em questão;
- Efectuar o desenho de uma ferramenta com base na análise do problema em geral e do estado actual no contexto da operadora, seguindo uma metodologia ágil de desenvolvimento (Scrum);
- Construir uma ferramenta que possibilite criar, visualizar e actualizar, de uma forma mais rápida e eficiente, um esquema estrutural físico da implementação de uma rede de acesso de fibra óptica, através de um acesso centralizado e suportando diversos utilizadores;
- Estabelecer uma semântica de implementação simples que permita uma compreensão, extensão e alteração fácil das funcionalidades da ferramenta e adicionalmente algumas abstrações que possam ser utilizadas para o desenvolvimento de outros produtos de *software*, com o mesmo contexto de implementação;
- Comparar a solução desenvolvida com as restantes soluções analisadas e com a solução utilizada no contexto da operadora, concluindo sobre o benefício adicional da solução desenvolvida e sobre as limitações que a mesma possa apresentar.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação é constituída por 7 capítulos, estruturados da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução: Este capítulo apresenta uma breve contextualização do âmbito do projecto, a sua principal motivação e os objectivos a serem atingidos.

Capítulo 2 – Descrição do problema: Neste capítulo é apresentada uma descrição detalhada do problema, evidenciando-se a actual situação do mesmo, no contexto da operadora à qual é destinada uma solução.

Capítulo 3 – Estado da arte: Este capítulo destina-se a uma descrição e análise das soluções actuais com o maior nível de adequação ao problema. Essas soluções serão posteriormente comparadas, sendo evidenciado o estado do problema, numa perspectiva geral.

Capítulo 4 – Desenho da ferramenta: Neste capítulo, são reflectidas as principais decisões de desenho da solução proposta para o problema, através de modelos que cobrem os aspectos considerados mais importantes para um produto de *software*: Arquitectura, Modelo de dados, Comportamento e Interface.

Capítulo 5 – Implementação: Este capítulo irá incluir uma descrição das principais ferramentas utilizadas e práticas adoptadas no desenvolvimento do sistema proposto. Serão também apresentadas as funcionalidades implementadas, os aspectos essenciais da arquitectura de implementação e algumas abstracções de implementação desenvolvidas.

Capítulo 6 – Testes e resultados: Neste capítulo será descrito o processo de execução de testes às componentes implementadas na solução. O capítulo irá também incluir uma apresentação e análise sobre os resultados obtidos com a solução, no contexto de operação na operadora a que se destina.

Capítulo 7 – Conclusão: Este capítulo irá apresentar uma conclusão sobre os benefícios adicionais alcançados com a solução desenvolvida e enumerar os possíveis problemas da mesma. Serão também estabelecidas algumas considerações sobre o trabalho que deverá ser efectuado no sentido de ultrapassar algumas limitações encontradas.

2. Descrição do problema

2.1. Estrutura das redes de telecomunicações

Actualmente, as redes de telecomunicações encontram-se divididas em 3 segmentos principais: a **rede de interligação** (ou rede *core*), a **rede de acesso** e a **rede do cliente**, como é possível verificar na Figura 1.

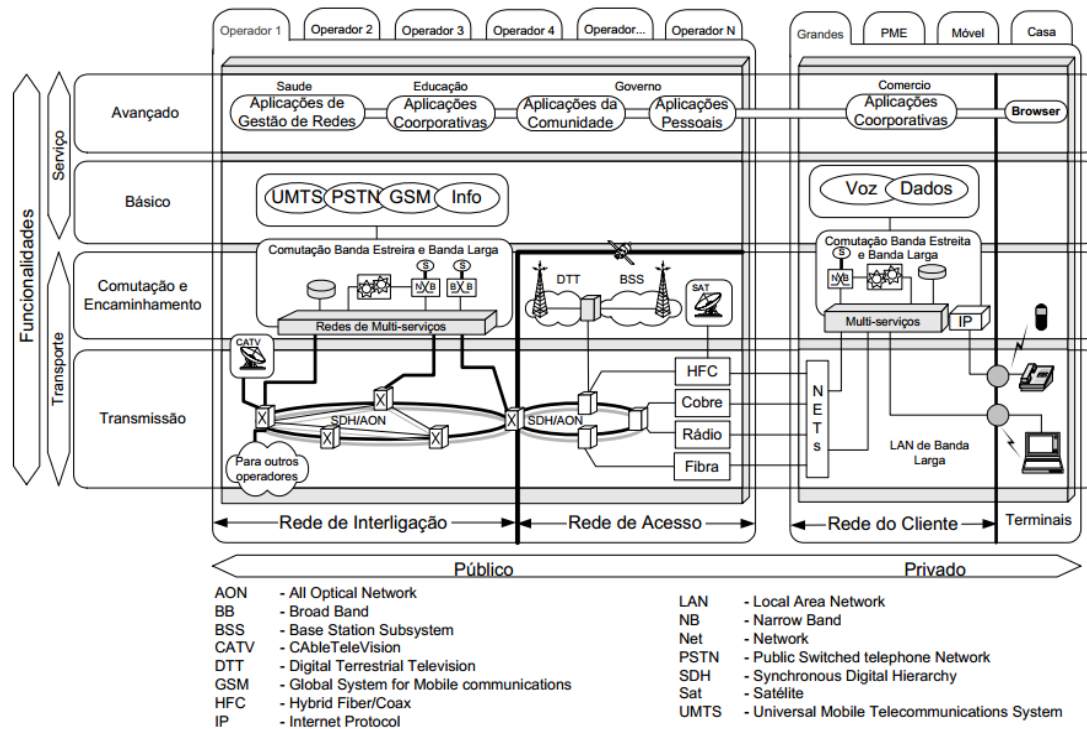


Figura 1 - Estrutura global e tecnologias das redes de telecomunicações [2]

A **rede de interligação** é responsável pelo transporte de grandes quantidades de tráfego agregado e abarca grandes distâncias, variando de centenas a milhares de quilómetros [3] [4]. Esta rede garante a interligação entre diferentes redes de acesso [2].

A **rede de acesso** interliga as centrais locais (CO: *Central Office*) de uma operadora de telecomunicações aos equipamentos do cliente (CPE, *Customer Premises Equipment*). Estas redes começaram por suportar apenas tráfego de voz sobre cabos de pares entrançados de cobre, tendo evoluído para suportar também tráfego de dados. Contudo, as tecnologias de transmissão de dados adoptadas inicialmente (como soluções *Dial-Up*) não permitiam a um utilizador usufruir de serviços de voz e de dados

em simultâneo. Foi criada então a tecnologia xDSL (*Digital Subscriber Line*) que permite a transmissão simultânea de vários tipos de tráfego.

Com o objectivo de aumentar a largura de banda para os consumidores, são então introduzidos cabos de fibra óptica nas redes de acesso, surgindo as tecnologias FTTx (*Fiber To The x*). Anteriormente às tecnologias FTTx, apareceu a tecnologia HFC (*Hybrid-Fiber-Coaxial*), que foi construída, numa fase inicial, para difundir televisão por cabo, mas que passou a ser uma alternativa às redes com a tecnologia xDSL, permitindo, além da difusão televisiva, tráfego de voz e de dados. Apesar da tecnologia HFC ser considerada, normalmente, uma solução de cabo coaxial, esta também integra fibra óptica nos segmentos de rede que se ligam às centrais locais.

As **redes do cliente** correspondem a redes instaladas no interior de edifícios, de residências ou de urbanizações que permitem interligar os utilizadores à rede de acesso e são da responsabilidade desses utilizadores. Nas redes do cliente, os diferentes serviços são separados no CPE (*Customer Premisses Equipment*) e encaminhados para as redes existentes no interior das instalações dos utilizadores. A dimensão destas redes varia de acordo com o tipo de cliente [2] [4].

2.2. Redes de acesso ópticas

Um dos principais segmentos de uma rede de telecomunicações é a rede de acesso, dado que estabelece a ligação directa entre o cliente e os operadores de telecomunicações, como já foi possível verificar. Uma rede de acesso pode incluir uma variedade de tecnologias e de meios de transmissão. Contudo, no contexto deste projecto, será focada a atenção sobre as redes de acesso que usam a tecnologia actual mais eficiente para transmissão: a fibra óptica.

As redes de acesso ópticas integram fibra óptica e permitem a ligação entre equipamentos existentes no CO (*Central Office*) designados por OLT (*Optical Line Terminal*) que transmitem a informação de áudio, vídeo e dados, a várias ONU (*Optical Network Unit*) que, por sua vez, estabelecem a ligação com os equipamentos da rede do cliente.

Estas redes de acesso podem apresentar dois tipos de arquitectura base: uma arquitectura ponto-a-ponto (P2P) e uma arquitectura ponto-multiponto (P2MP). Nas redes de acesso com uma arquitectura ponto-a-ponto, existe uma interface do

equipamento OLT dedicada a cada cliente, tendo-se, conseqüentemente, uma fibra dedicada a cada cliente. Nas redes de acesso ponto-multiponto, cada interface do OLT é dedicada a vários clientes (normalmente, entre 8 e 64), tendo-se, neste caso, uma ligação e largura de banda partilhadas pelos clientes [2] [5].

2.2.1. Classificação de redes de acesso ópticas

As redes de acesso ópticas, bem como qualquer outro tipo de redes de fibra óptica, podem ser classificadas considerando o equipamento que as mesmas utilizam, tendo-se redes ópticas activas e passivas.

Uma **rede de acesso óptica passiva** ou rede de acesso PON (*Passive Optical Network*) corresponde a uma rede com uma arquitectura base ponto-multiponto, sendo o meio comum a diversos utilizadores que partilham a mesma largura de banda. Este tipo de redes utiliza equipamentos passivos, ou seja, equipamentos que não requerem energia eléctrica para o seu funcionamento. Apenas os equipamentos terminais da rede (equipamento no CO e o CPE) necessitam de recorrer à energia eléctrica, o que torna o processo de planeamento da rede mais fácil e reduz custos de manutenção. As redes de acesso PON adoptam topologias físicas em barramento, anel (com ligação partilhada) ou em árvore, permitindo comunicação entre vários utilizadores com ligação e largura de banda partilhadas.

Uma **rede de acesso óptica activa** ou rede de acesso AON (*Active Optical Network*) inclui equipamentos activos, que requerem energia eléctrica, tais como *routers*, *switches* ou *multiplexers*. Estas redes podem apresentar uma arquitectura base ponto-a-ponto, tendo-se uma fibra dedicada a cada utilizador, ou uma topologia ponto-multiponto, que requer equipamento activo na rede. As redes de acesso AON adoptam topologias em estrela e anel com ligação não partilhada, tendo a arquitectura ponto-a-ponto como base, além das topologias adoptadas pelas redes de acesso PON [2] [4].

As redes de acesso ópticas são também classificadas de acordo com a tecnologia utilizada nas mesmas, tendo-se redes HFC (*Hybrid-Fiber-Coaxial*) e redes com arquitecturas de designação FTTx (*Fiber To The x*).

As redes HFC apresentam uma arquitectura que utiliza uma combinação de cabos de fibra óptica na rede principal (rede de transporte) e de cabo coaxial na rede

secundária (rede de distribuição), aproveitando a rede já existente, como é possível verificar na Figura 2. Estas redes são consideradas ópticas, uma vez que integram fibra óptica num segmento da sua implementação.

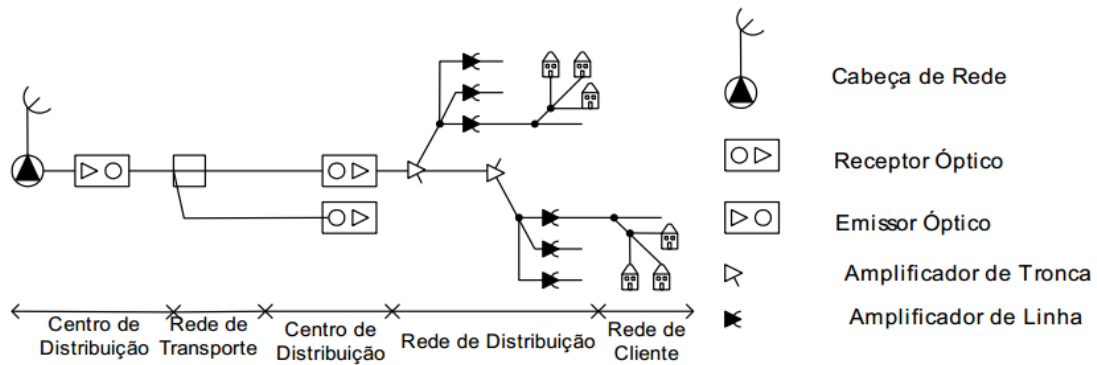


Figura 2 - Estrutura de uma rede HFC [4]

Uma rede tradicional de HFC apresenta uma topologia em árvore, sendo o sinal luminoso de fibra óptica convertido para um sinal de radiofrequência, ao atingir o início do segmento de rede em cabo coaxial (centro de distribuição). O sinal é transmitido para os utilizadores em meio partilhado, sendo a largura de banda limitada pelo número de utilizadores [4].

As redes de acesso podem apresentar uma arquitectura com designação FTTx, existindo várias arquitecturas. A designação FTTx permite a definição de vários graus de penetração da fibra óptica para cada arquitectura [6]. A Figura 3 ilustra as principais arquitecturas de designação FTTx actualmente implementadas.

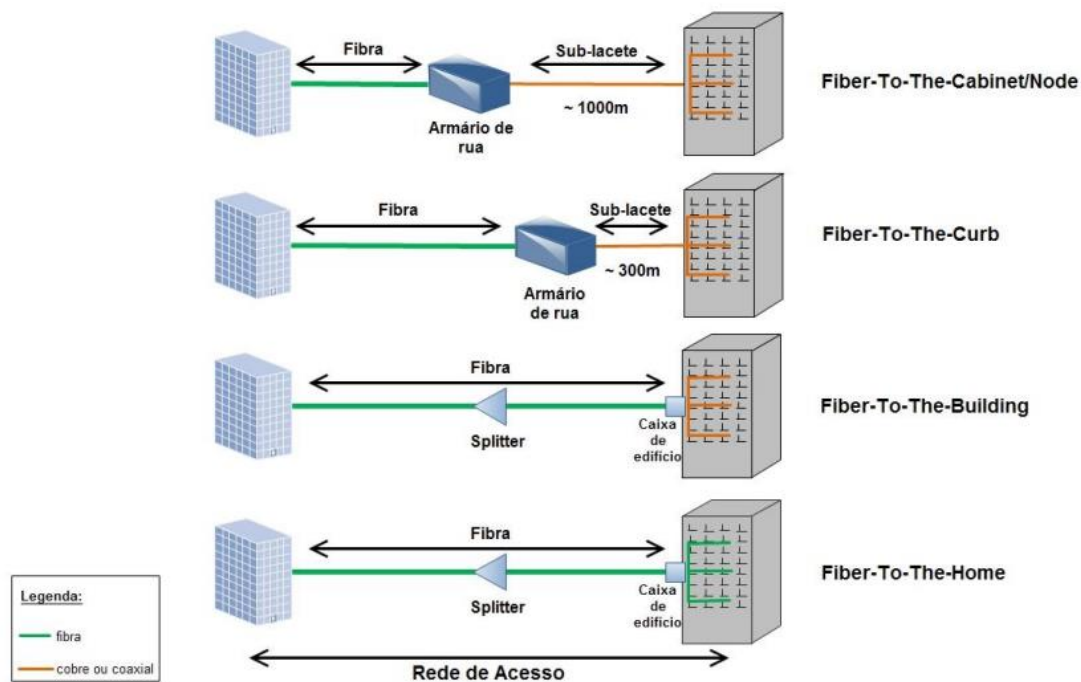


Figura 3 - Principais arquiteturas FTTx, adaptado de [4]

A arquitectura **FTTN** (*Fiber To The Node*) também designada por FTTCab (*Fiber To The Cabinet*) reflecte uma implementação de fibra óptica entre a central local (CO) e os armários de rua, que recorre, posteriormente, às infra-estruturas de cobre existentes para alcançar os utilizadores finais. Normalmente, os armários de rua apresentam um alcance de cerca de 1000 metros de raio, sendo estas arquitecturas adoptadas em zonas com alguma densidade populacional [6].

A arquitectura **FTTC** (*Fiber To The Curb*) corresponde a implementações de fibra óptica até armários de rua, que apresentam um alcance de cerca de 300 metros, servindo uma área muito reduzida e com baixa densidade populacional. Este tipo de arquitectura difere da anterior pelo alcance da fibra, uma vez que permite que os armários de rua estejam bastante próximos dos clientes, ao contrário da anterior, onde os armários se encontram bastante afastados [4] [6].

A arquitectura **FTTB** (*Fiber To The Building*) refere-se a implementações de fibra até à entrada de edifícios, não chegando a fibra directamente aos utilizadores finais. Para a ligação com o equipamento final dos utilizadores torna-se necessário a utilização de cobre ou de uma solução de transmissão sem fios [7].

A arquitectura **FTTH** (*Fiber To The Home*) diz respeito a implementações de fibra directamente até ao utilizador final. Esta arquitectura oferece uma enorme largura de banda, contudo implica investimentos muito mais elevados relativamente às arquitecturas anteriores, uma vez que não aproveita a infra-estrutura existente, tendo-se implementações de rede exclusivamente em fibra [2] [4].

2.2.2. Estrutura física das redes de acesso ópticas

Uma rede de acesso de fibra óptica pode ser dividida em 3 segmentos principais: a rede de alimentação, a rede distribuição e a rede de terminação. Dentro dos vários segmentos, existem cabos de fibra óptica, que podem ser colocados dentro de condutas ou de tubos, que garantem a protecção e organização dos cabos. As condutas, os tubos ou os próprios cabos são instalados em valas nas estradas ou no subsolo. Os cabos poderão também ser colocados de forma aérea, usualmente suportados por estruturas metálicas. Estes cabos podem incluir um elevado número de fibras, constituindo uma camada de protecção para as mesmas.

2.2.2.1. Cabos de fibra óptica

Em geral, os cabos de fibra óptica apresentam os seguintes componentes principais: o revestimento da fibra óptica, o núcleo, elementos de resistência, materiais impermeáveis (caso seja necessário) e materiais de bainha (com armação, se necessário).

No interior de um cabo, a superfície da fibra óptica pode ser protegida com um revestimento primário. As fibras com revestimento primário podem, posteriormente, ser protegidas utilizando diversos métodos.

Um deles consiste na acomodação avulsa das fibras no interior de um tubo, sendo que um cabo de fibra óptica pode incluir vários tubos com diversas fibras (método denominado por *loose tube*). No interior dos tubos pode ser aplicada uma substância que cria isolamento contra a humidade externa. Esta substância deve, contudo, permitir a livre movimentação das fibras no interior do tubo, possibilitando um aumento da resistência das mesmas a agressões externas. A Figura 4 ilustra uma técnica comum de acomodação de um conjunto de fibras num tubo numa perspectiva transversal.

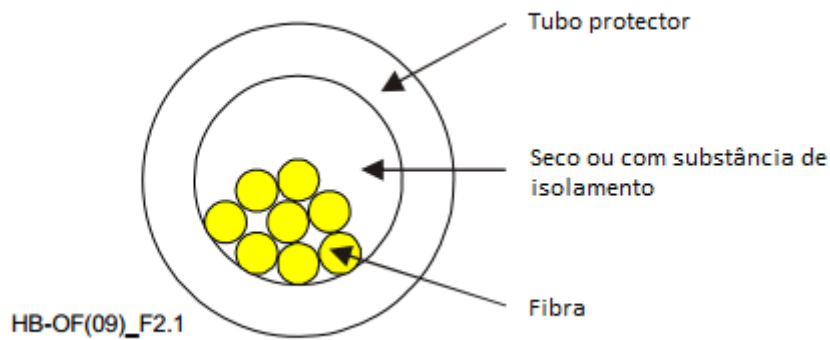


Figura 4 - Exemplo de acomodação de fibras num tubo, adaptado de [8]

Um outro método corresponde à utilização de uma estrutura cilíndrica que apresenta diversas ranhuras longitudinais, como é possível verificar na Figura 5. Uma ou mais fibras são colocadas em cada ranhura, não existindo tensões. A estrutura cilíndrica inclui um elemento central que oferece resistência mecânica à mesma.

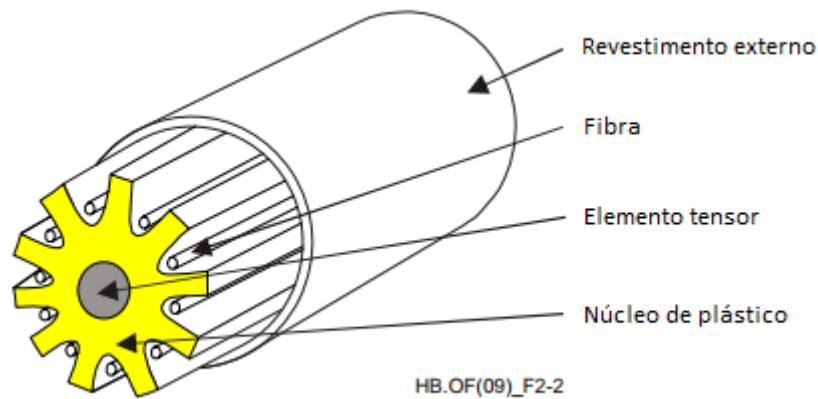


Figura 5 - Exemplo de acomodação de fibras numa estrutura *groove*, adaptado de [8]

As fibras com revestimento primário podem também ser acomodadas em micro módulos, que correspondem a tubos de pequeno diâmetro com uma parede fina, como é possível observar na Figura 6. No interior dos micro módulos pode também ser colocada uma substância de isolamento contra a humidade.

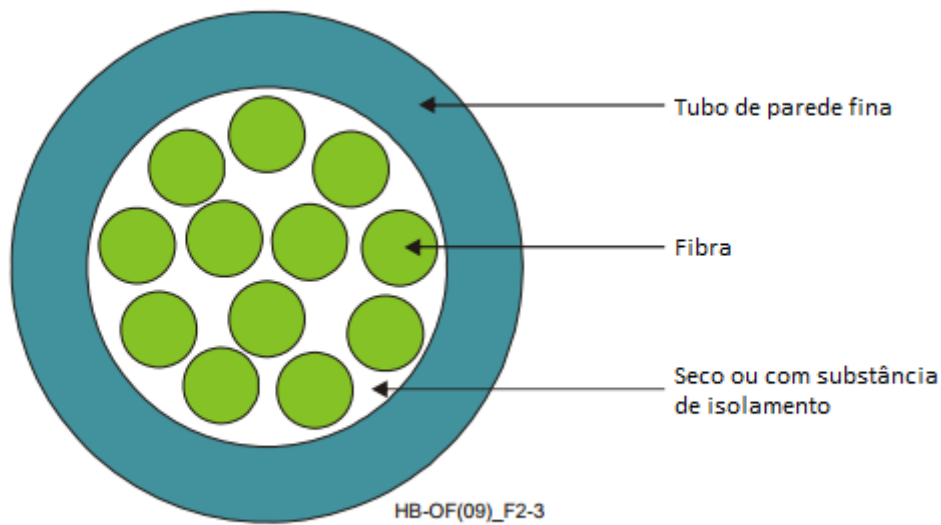


Figura 6 - Exemplo de fibras colocadas dentro de um micro módulo, adaptado de [8]

Uma outra forma de proteger fibras com revestimento primário consiste na aplicação de várias camadas de revestimento em cada fibra, tendo-se além da camada de revestimento primário, uma camada opcional (camada *buffer*) e uma camada de revestimento secundário constituída por material polimérico, (método denominado por *tight buffer*) como é possível observar na Figura 7. A camada opcional ajuda a reduzir perdas do sinal óptico e o revestimento secundário oferece uma maior resistência a compressões. Fibras com estas camadas de revestimento podem, então, ser presas em torno de um fio de metal posicionado no centro do cabo e revestidas com uma camada *buffer* que, posteriormente, é mantida em posição pela aplicação de uma cobertura. Desse modo, é melhorada a estabilidade de perdas de sinal óptico.

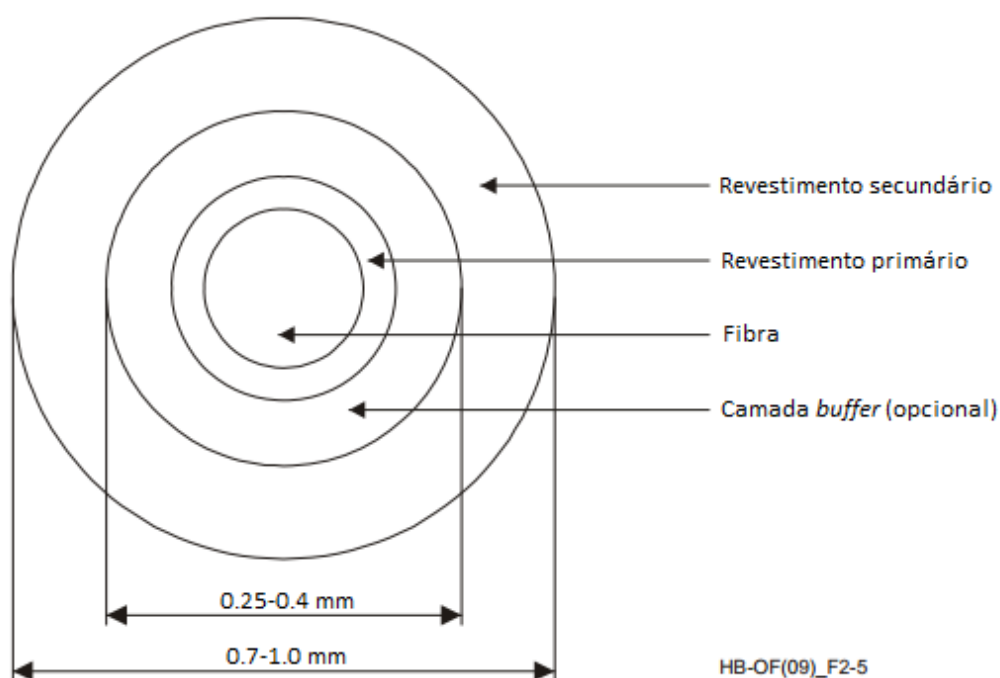


Figura 7 - Exemplo de fibra revestida com várias camadas, adaptado de [8]

Também é possível recorrer a uma estrutura tipo *ribbon* para protecção das fibras. Este tipo de estrutura permite a formação de um conjunto único de fibras alinhadas e tem a vantagem de permitir uma grande densidade de fibras no interior de um cabo. Existem dois tipos de variações desta estrutura, que diferem no método usado para ligar as fibras entre si: o tipo *edge-bonded* e o tipo *encapsulated*, ilustradas na Figura 8. No tipo *edge-bonded* as fibras são mantidas unidas por material adesivo existente entre as mesmas. No caso do tipo *encapsulated* as fibras são mantidas unidas por um material de revestimento. Um cabo poderá incluir várias estruturas tipo *ribbon* que devem ser identificadas com uma cor única ou um nome colocado na própria estrutura.

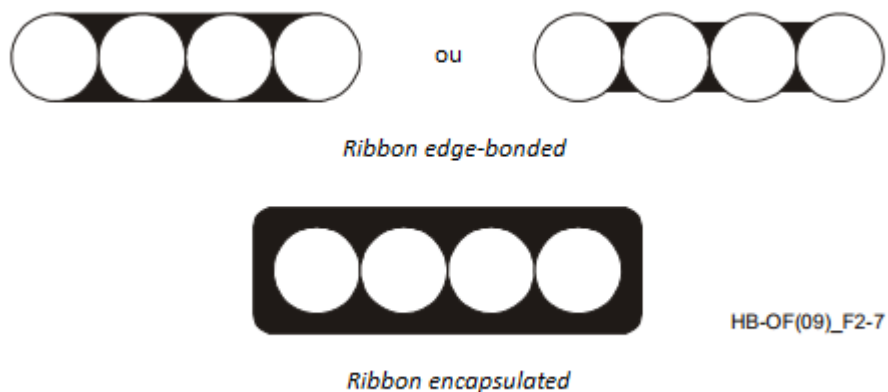


Figura 8 - Estruturas tipo *ribbon* típicas, adaptado de [8]

No núcleo de um cabo, cada fibra deve ser claramente identificada através de uma cor ou pela posição dentro do núcleo do cabo. Usando uma técnica de coloração, as cores deverão ser facilmente distinguíveis [8]. Recorrendo ao uso de estruturas tipo *ribbon*, de tubos ou de micro módulos, esses deverão ser também identificados claramente, normalmente pelo uso de cores ou por posição.

Existem normas ANSI/TIA/EIA, ISO/IEC e EN que recomendam a utilização de um código de cores, que corresponde a uma sequência de cores, podendo ser opcionalmente usados números de posição para identificar fibras. Os números de posição podem ser referentes à posição das fibras no interior de um cabo ou à posição das fibras nas terminações do cabo, quando é usado equipamento que permite a identificação de fibras nessas terminações (como caixas de terminação). Cada agrupamento de fibras no interior de um cabo (estruturas tipo *ribbon*, tubos e micro módulos) deverá ser também identificado seguindo a mesma sequência de cores e/ou o mesmo método de numeração de acordo com a posição. A Figura 9 ilustra a utilização de um código de cores, apresentando um cabo com as suas fibras e agrupamentos de fibras ordenados de acordo com as suas posições nas respectivas terminações, numa perspectiva longitudinal.

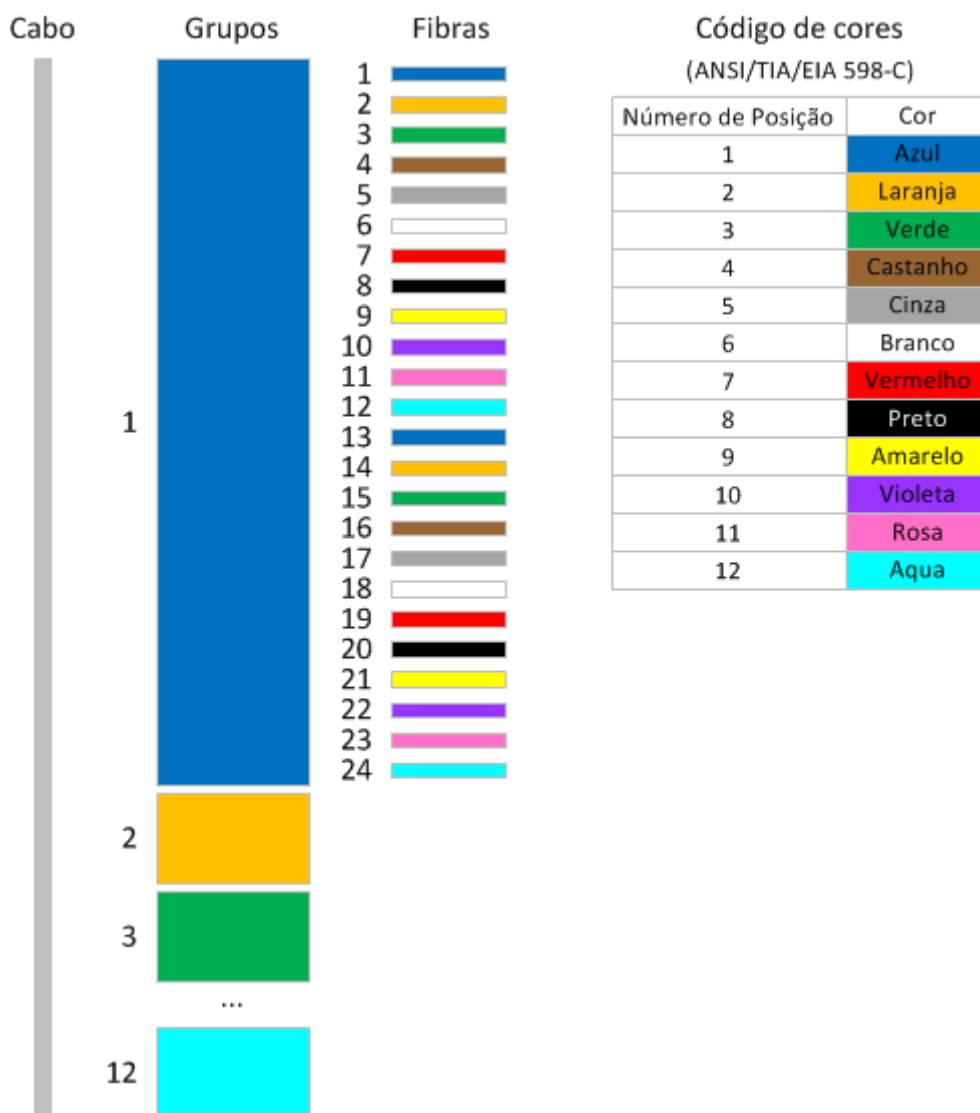


Figura 9 - Aplicação recomendada de um código de cores num cabo de fibra óptica

Os códigos de cores recomendados pelas normas apresentam um máximo de 12 cores, sendo que, no caso do número de agrupamentos de fibras ou de fibras ultrapassar o número máximo de cores, o código é repetido para os grupos ou fibras em excesso, usando-se um identificador adicional (normalmente, o número referente à posição) para uma identificação unívoca do elemento [9].

2.2.2.2. Pontos da rede

As redes de acesso ópticas (bem como as restantes redes de acesso) são constituídas por diversos pontos de flexibilidade que interligam os cabos de fibra óptica. Como referido anteriormente, esses pontos podem enquadrar-se em duas categorias: pontos de divisão (*splitting*) e pontos de junção de cabos. Os pontos de divisão segmentam a rede de acesso nos seus 3 componentes principais e permitem a divisão do

sinal óptico. Estes pontos correspondem, mais concretamente, a sub-repartidores ópticos ou a juntas de *splitting*.

Os pontos de junção entre cabos dividem cada componente da rede em subsegmentos, permitindo a união de cabos com números de fibras distintos. Estes pontos correspondem, mais concretamente, a juntas de fibra óptica [4]. No interior dos pontos de flexibilidade são estabelecidas uniões entre 2 ou mais fibras. Tais uniões poderão ser permanentes (*splices*) ou temporárias. Existem, na actualidade, 2 tecnologias de união permanente entre fibras ópticas: mecânica (*mechanical splicing*) e através de fusão (*fusion splicing*). As uniões temporárias são, por sua vez, conseguidas através do uso de conectores ópticos, destinados à interligação de fibras. Também é possível a união de várias fibras utilizando componentes de interligação. Em geral, podemos considerar 2 tipos de componentes de interligação quanto ao método de interligação adoptado entre fibras: componentes ópticos de interligação ponto-a-ponto e componentes ópticos de ramificação.

Os componentes ópticos de interligação ponto-a-ponto correspondem a elementos que interligam várias fibras, segundo uma arquitectura ponto-a-ponto, não efectuando divisão de sinal. Nesta categoria, insere-se equipamento activo de interligação, tal como *switches* e *routers*.

Os componentes ópticos de ramificação permitem a divisão do sinal óptico de uma ou mais fibras de entrada para uma ou mais fibras de saída e são usados em arquitecturas ponto-multiponto, correspondendo, mais concretamente, a equipamento como divisores ópticos passivos (*splitters*) e a equipamento activo como *switches* ou *routers* [8]. Os *splitters* permitem dividir a potência do sinal óptico de uma fibra para várias outras fibras, sendo comercializados actualmente *splitters* com capacidades desde 1:2 até 1:64. É já também considerada a construção de um *splitter* de 1:128, devido ao aumento da largura de banda suportada nas redes. Na Figura 10, é apresentado um *splitter* típico com capacidade 1:64.



Figura 10 - Splitter de capacidade 1:64 [6]

Os *switches* e *routers* (entre outros equipamentos activos) podem também ser configurados para efectuar a divisão do sinal óptico, sendo considerados componentes de ramificação óptica, nesse caso [6].

No interior de pontos de flexibilidade é adicionalmente utilizado material de protecção de fibras e de uniões de fibras, destacando-se as caixas de junção (Figura 11).



Figura 11 - Caixa de junção [6]

Uma caixa de junção inclui no seu interior várias bandejas com diferentes posições, sendo que cada posição é capaz de manter uma fibra não unida ou uniões entre fibras.

As redes de acesso ópticas podem apresentar também diversos pontos terminais, que deverão incluir equipamento que permita o fornecimento de serviço aos clientes da rede (ONU). Um ponto terminal da rede pode estar ligado a uma ou mais fibras que oferecem serviço a um ou mais utilizadores.

Como é possível evidenciar, a estrutura física das redes de acesso ópticas pode tornar-se consideravelmente complexa. Os cabos e fibras, bem como as uniões entre fibras e ligações das mesmas no interior de pontos da rede podem atingir números elevados, que tendem a aumentar à medida que as redes evoluem e integram novos clientes. Assim sendo, é necessária a utilização de um meio que possibilite gerir toda a

informação sobre o estado actual dos diversos elementos da rede e das ligações entre os mesmos.

2.3. Suporte à rede de acesso óptica

Existem vários meios capazes de suportar o armazenamento e actualização de toda a informação que é necessário manter sobre uma rede de acesso óptica; contudo, nesta secção, vamos considerar apenas o *software* Microsoft Visio, visto ser o principal meio utilizado pela operadora de telecomunicações local à qual se destina o projecto apresentado nesta dissertação. O Microsoft Visio é uma ferramenta que permite a construção de diversos tipos de diagramas, não necessitando de acesso à Internet para o seu funcionamento. Esta ferramenta é utilizada por diversos membros da operadora em computadores que integram o sistema operativo Microsoft Windows.

2.3.1. Estado de gestão de rede

Com o Microsoft Visio são construídos e mantidos dois tipos principais de representações, criados pela operadora, sendo que a totalidade das representações serve de modelo para a rede de acesso, reflectindo o seu estado actual. O *software* actual disponibiliza um conjunto de funcionalidades, directamente associadas às representações concebidas.

No que respeita à interacção com o *software* é obrigatório o uso de um dispositivo apontador (rato ou *touchpad*) e de um teclado. Neste *software* convencionase que um clique com o botão esquerdo do dispositivo apontador permite seleccionar uma opção ou um elemento e que um clique com o botão direito permite a apresentação de um menu com opções relativas ao contexto em que é efectuado o clique (menu de contexto). Através do *software* também é possível efectuar operações de arrastar, que reflectem determinados comportamentos no sistema. Para efectuar uma operação de arrastar é necessário pressionar um botão do dispositivo apontador, tendo o cursor sobre um ponto na interface e, mantendo o botão pressionado, movimentar o cursor. Ao deixar de pressionar o botão, é terminada a operação.

2.3.1.1. Sinópticos de rede

Um dos tipos de representações da rede definidos pela operadora corresponde essencialmente a um diagrama, designado no interior da operadora por sinóptico. Um sinóptico pode representar uma parte ou a totalidade de qualquer segmento de uma rede de acesso (rede de alimentação, rede de distribuição ou rede de terminação) e inclui os elementos gerais existentes nesses segmentos: um ponto inicial de distribuição do sinal óptico (omitido em sinópticos mais simples), cabos, pontos de flexibilidade, e pontos terminais da rede de acesso, podendo representar também elementos mais específicos, como uniões de fibras no interior de pontos de flexibilidade e ligações de fibras a pontos terminais da rede. Nem todos os sinópticos são mantidos pela operadora numa versão digital, existindo uma parte dos mesmos apenas em papel.

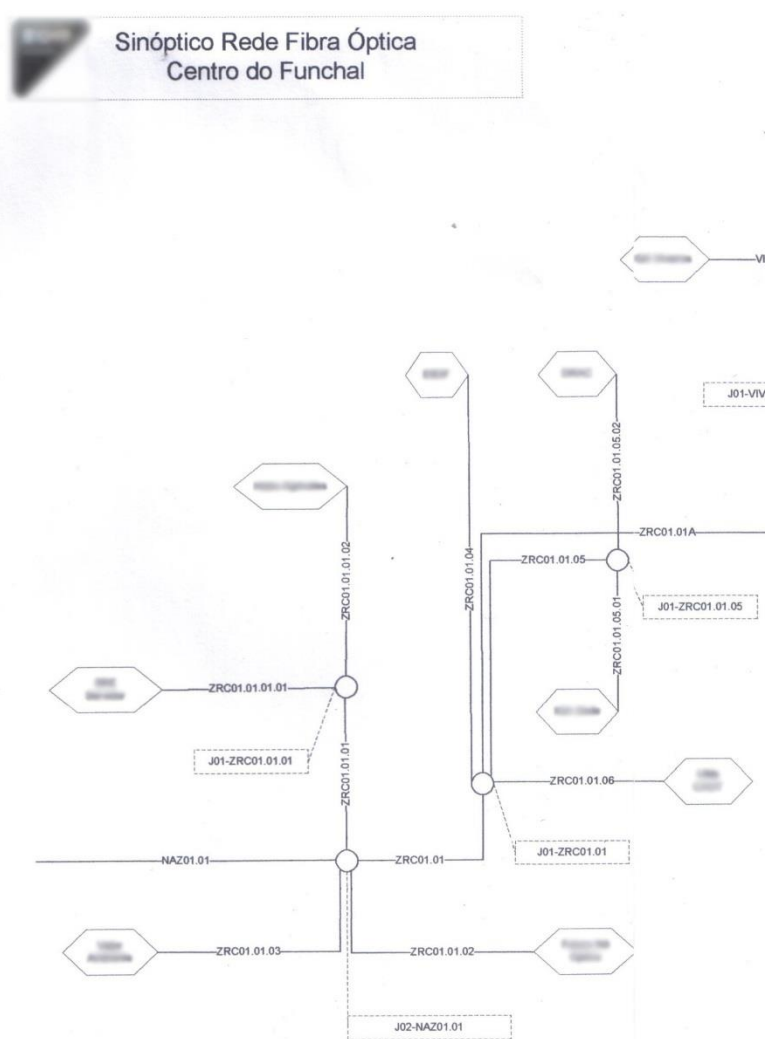


Figura 12 - Secção de um sinóptico da rede, mantido em formato digital pela operadora

Os sinópticos em papel tornam-se confusos, uma vez que não existe uma notação bem definida para essas representações. Por exemplo, diversos pontos de flexibilidade da rede de acesso são representados de diferentes formas dentro do mesmo sinóptico e entre sinópticos distintos, não sendo possível compreender a motivação para as diferentes representações. Poderão também existir situações em que, num sinóptico, os pontos terminais correspondem a pontos de flexibilidade, uma vez que é possível considerar um ponto terminal como tal, de acordo com a informação que se pretende manter. Torna-se, portanto, difícil determinar claramente se um ponto terminal corresponde a um ponto de flexibilidade, nos sinópticos em papel. Esses sinópticos também são consideravelmente complexos, dado que aspectos mais específicos da rede de acesso, como uniões de fibras e fibras ligadas a pontos terminais da rede são representados nos mesmos (mas não na sua totalidade). Já as representações mantidas pelo *software* apresentam uma notação de fácil compreensão, bem definida e de menor complexidade. Em geral, torna-se necessário normalizar uma notação bem definida para os sinópticos e introduzir a restante parte dos mesmos, existente em papel, no Visio.

2.3.1.2. Gestão de sinópticos e limitações

Na operadora, um sinóptico é construído no Visio, através da criação de um novo documento Visio. No interior de uma página do documento, é aberto um *Stencil*, criado numa fase inicial, para permitir a criação de representações de cabos e de pontos de rede. Um *Stencil* corresponde a uma colecção de formas gráficas que podem ser utilizadas em diversos documentos. As formas existentes num *Stencil* são designadas por formas mestre, uma vez que a partir das mesmas podem ser criadas várias cópias.

Para a criação de um *Stencil* adequado à representação de sinópticos, foi criada uma forma mestre para cada elemento de um sinóptico, tendo-se uma forma para juntas, outra para os respectivos códigos das juntas, uma para pontos terminais (terminações) da rede e uma última para cabos, como ilustra a Figura 13.

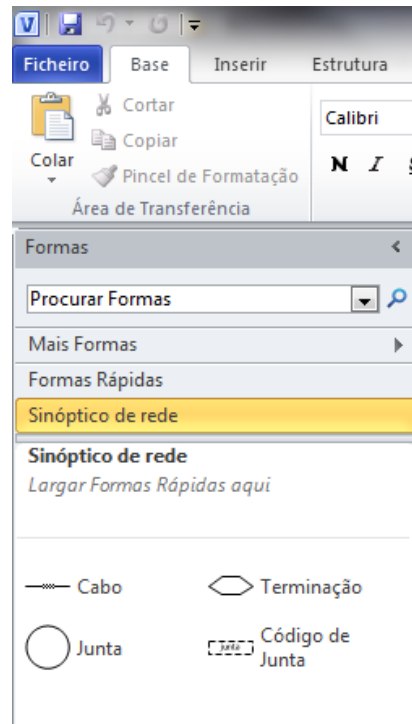


Figura 13 - Stencil criado para a construção de sinópticos no Visio

Numa página criada para um novo sinóptico, são incluídos cabos e pontos de rede. Para incluir um elemento de rede na página, é necessário iniciar uma operação de arrastar com o cursor sobre a sua forma mestre, sendo a operação terminada com o cursor sobre a página. Tal operação permite a criação de uma cópia da respectiva forma mestre na posição da página onde a operação é terminada. As posições das representações de qualquer elemento da rede podem ser alteradas através de operações de arrastar, iniciadas com o cursor sobre as mesmas. Em particular, representações dos cabos podem ser graficamente associadas a pontos de rede, também através de operações de arrastar, (iniciadas nessas representações) e terminadas sobre os pontos desejados. É também possível movimentar e associar graficamente um dos pontos terminais de um cabo a um ponto de rede, novamente por uma operação de arrastar, iniciada com o cursor sobre o ponto do cabo e terminada sobre o ponto da rede. A associação entre um cabo e pontos da rede permite manter a ligação gráfica entre o cabo representado e esses pontos, após a alteração da posição de um dos pontos.

A cada representação de terminações ou de cabos é associada uma identificação, através de um duplo clique sobre a respectiva representação. Posteriormente, a identificação poderá ser alterada, seguindo o mesmo esquema de interação. No caso das juntas, é incluída na página a representação relativa ao seu código. Essa

representação é associada à respectiva representação de junta, através da criação e associação de uma conexão entre os elementos. A associação permite um comportamento idêntico ao apresentado nas associações entre cabos e pontos de rede. As representações de qualquer elemento também podem ser eliminadas, após a sua selecção.

Relativamente às funcionalidades possíveis com o sistema de suporte actual, que envolvem os sinópticos, podemos identificar um conjunto de limitações, principalmente associadas à usabilidade do sistema. Como limitação foi identificado o facto de não ser possível uma atribuição automática de identificações para novos elementos criados num sinóptico. Tal acontece uma vez que não existe uma forma de definir determinadas convenções para aplicação das identificações. A definição dessas convenções torna-se importante, uma vez que a operadora já as aplica internamente. Para um ponto de flexibilidade, comumente designado por junta no interior da operadora, as identificações deverão apresentar a seguinte estrutura: J<número de junta> - <identificação do primeiro cabo associado>, onde o número de junta corresponde a um número associado à ordem segundo a qual a junta foi criada. Quando é construída uma junta e lhe é associado um determinado cabo, os cabos posteriormente ligados a esse ponto deverão assumir uma identificação com a seguinte estrutura: <identificação do primeiro cabo associado à junta>.<número de cabos adicionados posteriormente>, onde o número de cabos adicionados posteriormente corresponde ao total de cabos adicionados à junta após o primeiro cabo. Com o Microsoft Visio é necessária a introdução da identificação adequada em cada representação de um elemento, após a criação de tal representação o que poderá tornar-se um processo muito lento, uma vez que um sinóptico poderá incluir uma grande quantidade de elementos.

Outra limitação deve-se ao facto de algumas tarefas possíveis, nomeadamente para a criação de sinópticos, não serem facilmente evidenciadas através da utilização do sistema actual, sendo necessário recorrer a documentação para conseguir uma utilização completamente eficiente do mesmo, o que implica mais gastos de tempo. Por exemplo, para a criação de elementos de rede de um sinóptico, é possível a criação de um documento baseado num modelo “Diagrama de Rede Base”. Apesar de os *Stencils* incluídos nesse novo documento, não permitirem a gestão de redes de acesso ópticas, é possível abrir o *Stencil* criado para os sinópticos e criar esses elementos de forma mais rápida. Para tal, é permitida uma criação de formas a partir de outras formas, sendo as

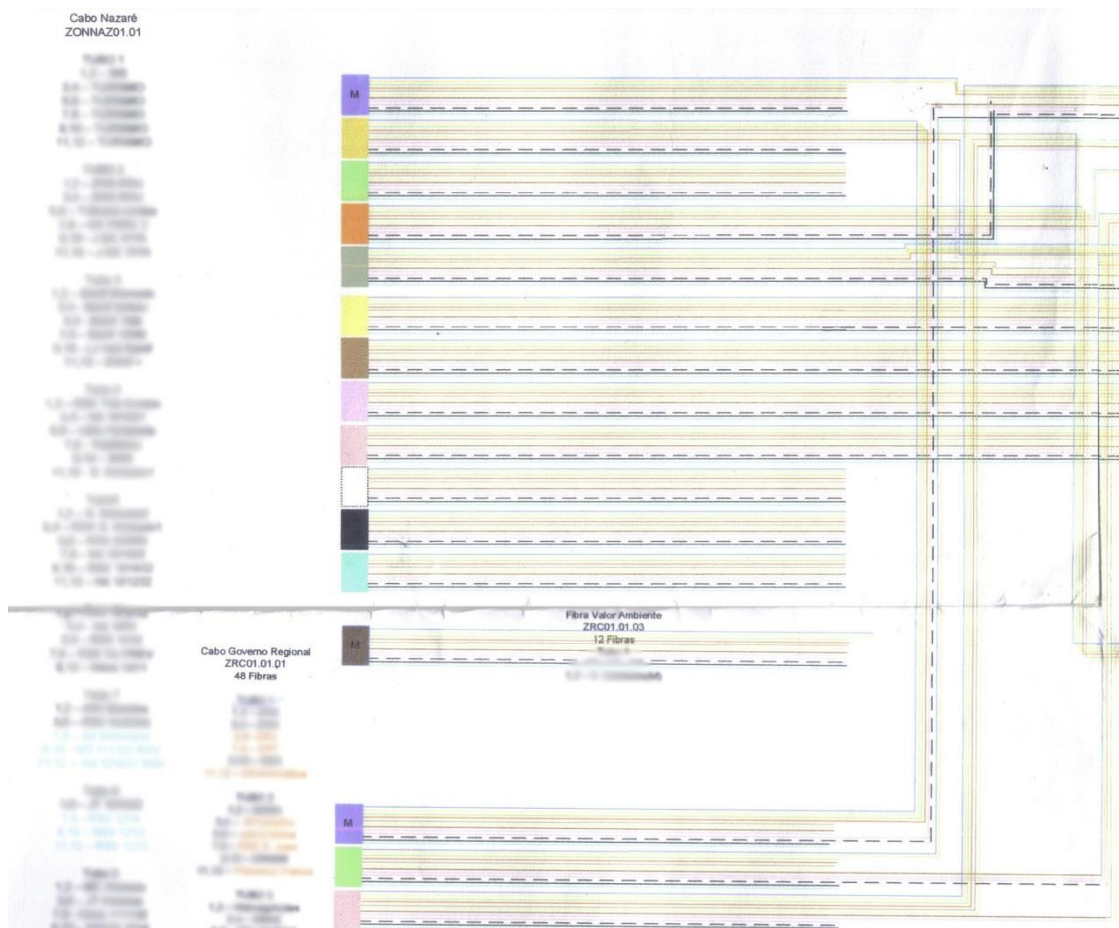


Figura 15 - Seção ampliada do esquema de junta

Apesar destas representações apresentarem um grau de semelhança considerável com a realidade, tornam-se muito difíceis de interpretar. As representações das diferentes fibras são compactas, para evitar o uso de várias folhas de papel para a representação de uma única junta. No entanto, torna-se difícil distinguir as diferentes fibras, complicando-se a interpretação em geral. As uniões entre fibras acabam, muitas vezes, por se cruzarem com outras fibras ou uniões, contribuindo também para prejudicar a interpretação da representação.

2.3.1.4. Gestão de esquemas de junta e limitações

Na operadora, os esquemas de junta são criados no Visio recorrendo também à utilização de um *Stencil*, num documento Visio. Neste caso, o *Stencil* utilizado inclui as diferentes representações de cabos que podem existir para qualquer sinóptico, como ilustra a Figura que se segue.

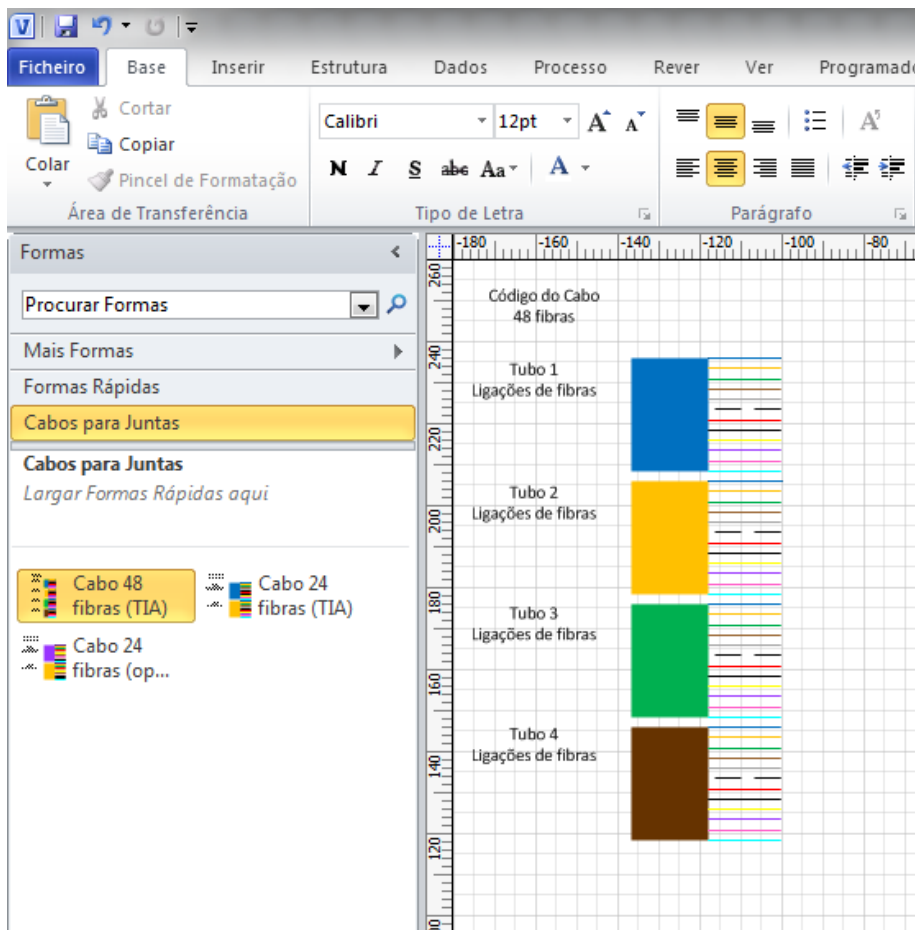


Figura 16 - Exemplo de um *Stencil* usado para a criação de cabos em juntas

Cada representação corresponde a uma forma mestre, constituída por várias formas que correspondem a grupos, associadas a conexões que correspondem a fibras. Quando um utilizador cria a representação de uma junta numa página do Visio, que contém um sinóptico, ele também constrói o interior da mesma numa outra página, criada no mesmo documento. Para criar o esquema da junta, são então incluídos os cabos do *Stencil* na página, através de operações de arrastar. Para novos cabos são criadas formas e conexões (para os grupos e fibras), sendo associada uma cor a cada forma, segundo o código de cores do cabo. Num cabo criado a partir do respectivo *Stencil* para juntas, são também incluídas informações sobre clientes e respectivas fibras associadas.

O Visio também permite a representação de uniões e de *splitters* entre as fibras representadas para os cabos. Para estabelecer uma união entre as representações de duas fibras dos cabos de uma junta, o utilizador deve seleccionar um dos cabos, seleccionar uma fibra e efectuar uma operação de arrastar, iniciada com o cursor sobre o ponto terminal (não associado à forma do grupo da fibra) da representação da fibra, sendo a

operação terminada com o cursor sobre o ponto terminal da outra fibra. Para remover uma união entre fibras, deverão, novamente, ser efectuadas as respectivas selecções, seguidas de uma operação de arrastar, iniciada sobre o ponto terminal de uma das fibras ligadas, terminando a mesma directamente sobre a superfície da página, na posição que for preferível.

Para representar *splitters* é necessário, numa fase inicial, criar uma forma e adicionar-lhe pontos de ligação. Para adicionar um ponto de ligação, é seleccionada a opção com o ícone de um “x” a azul, sendo posteriormente posicionado o cursor sobre a posição na forma onde se pretende criar o ponto de ligação. Ao efectuar um clique no botão esquerdo, tendo pressionada a tecla “CTRL” e a forma seleccionada, é criado um ponto ao qual pode ser associada a representação de uma fibra. A associação entre uma fibra e a forma exhibe um comportamento semelhante às associações entre as representações incluídas nos sinópticos, sendo que, neste caso, é mantida uma ligação gráfica entre a fibra e o ponto de ligação. Após a associação de pontos de ligação à nova forma criada para o *splitter*, a mesma é incluída num *Stencil*, sendo possível a utilização de cópias da forma para outros esquemas de junta.

Os aspectos mais detalhados sobre a forma como o Visio suporta operações mais gerais, mencionadas nas secções anteriores, poderão ser consultados na secção de utilização do Microsoft Visio (A.1.), presente no anexo A.

No que respeita às funcionalidades possíveis no *software* actual, que envolvem os esquemas de junta, foram também identificadas diversas limitações, novamente associadas à usabilidade do *software*. Uma primeira limitação é a possibilidade do processo de criação das representações de juntas tornar-se muito lento numa fase inicial, uma vez que, na criação de uma representação para uma junta, as representações de todos os elementos (fibras e agrupamentos de fibras) dos cabos existentes na junta têm de ser criadas uma por uma e ordenadas, sendo posteriormente necessária a aplicação da identificação apropriada, mais concretamente, a aplicação da cor para cada representação de um elemento do cabo. Contudo, é possível copiar várias representações (e alterar apenas alguns aspectos das mesmas) ou associar as representações a um *Stencil*, o que torna o processo de criação mais rápido após uma primeira criação. Representar um novo cabo, com diferentes propriedades numa representação de uma junta pode também ser um processo lento, uma vez que pode

obrigar a criar novas representações dos elementos do cabo ou a posicionar representações copiadas.

Outra limitação diz respeito à alteração destas representações, nomeadamente, à criação e remoção de uniões entre fibras e de ligações de fibras a *splitters*, podendo esse processo tornar-se igualmente moroso, não só porque os pontos de flexibilidade da rede da operadora podem atingir até 288 uniões entre fibras, mas também porque, como já foi possível verificar, as fibras são representadas por conexões, sendo então necessário movimentar as conexões (fibras) para as juntar ou desligar de outras conexões (outras fibras) ou *splitters*, de modo a representar ou remover uniões entre fibras ou ligações a *splitters*. Adicionalmente, pode ser necessário aplicar ajustes à representação (minimizar cruzamentos entre uniões e fibras) para permitir uma melhor interpretação.

2.3.1.5. *Limitações gerais*

Relativamente às funcionalidades mais gerais, possíveis com o *software* actualmente usado, é novamente possível identificar limitações, também associadas à usabilidade do *software*. Como principal limitação é considerado o facto de não ser possível garantir a consistência entre as representações a diferentes níveis de granularidade, no contexto de tarefas de criação, alteração e eliminação. Se é criada, alterada ou apagada uma representação, as representações que correspondem a um nível de granularidade mais baixo ou mais alto, cuja informação depende da informação dessa representação também poderão necessitar de ser criadas, alteradas ou eliminadas, para ser mantida a consistência global das representações. Por exemplo, considerando sinópticos e representações de junta, no caso de ser eliminada a representação de uma junta num sinóptico, a sua representação mais detalhada deverá também ser eliminada (ou separada das representações da rede), uma vez que a sua existência torna o estado actual das representações inconsistente. Usando o meio de suporte actual para a rede de acesso da operadora, os processos de criação, alteração e eliminação de várias representações dependentes poderão tornar-se lentos ou poderão ser esquecidos, produzindo inconsistências no estado global das representações. Torna-se, então, necessário um mecanismo que permita manter a consistência das representações automaticamente.

Outra limitação relativa à facilidade de execução de tarefas de gestão, prende-se com a impossibilidade do *software* permitir uma associação automática entre as

representações dos sinópticos e das respectivas juntas, evitando-se a necessidade de estabelecer essas associações através de hiperligações (que podem ser introduzidas através do Visio), sempre que são criadas novas juntas.

No que diz respeito à facilidade de acesso à informação, a principal limitação corresponde à necessidade de transferir os documentos Visio com as representações da rede entre os diversos membros da operadora, dado que o actual *software* não suporta a realização de acessos e de operações de criação, alteração e eliminação por vários utilizadores em simultâneo, sobre a mesma fonte de informação da rede de acesso.

3. Estado da arte

No capítulo anterior foi analisado o actual meio usado por uma operadora de telecomunicações local para gestão e suporte de operações sobre a implementação de uma rede de acesso óptica, tendo-se evidenciado uma série de limitações. Contudo, existem actualmente outros meios que fornecem soluções para o mesmo problema, sendo os meios de *software* os mais adequados, devido às suas vantagens de automatização e simplificação dos mais variados tipos de tarefas. Através de um estudo das actuais soluções de *software* para o problema, foi possível encontrar várias ferramentas, sendo que foram seleccionadas apenas as ferramentas com um maior nível de adequação à totalidade do problema, para posterior análise e comparação, de modo a ser completamente compreendido o actual estado da gestão e suporte à operação em redes de acesso ópticas. As diversas ferramentas analisadas destinam-se a organizações e correspondem a soluções profissionais apenas suportadas na sua totalidade no sistema operativo Microsoft Windows. Todas as soluções reúnem o seguinte conjunto de componentes comuns:

- Gestão de inventário de redes de acesso ópticas;
- Gestão do estado de operação de redes de acesso ópticas;
- Exportação de informação em formato tabular ou gráfico.

Para satisfazer as componentes comuns relativas à gestão, as ferramentas integram informação geográfica ou recorrem ao uso de um sistema de informação geográfica para o seu funcionamento. Numa perspectiva de *software*, um sistema de informação geográfica corresponde a um sistema computacional, utilizado para a captura, armazenamento, visualização, exportação e análise de informação associada a posições na superfície da terra [10]. Tais sistemas são úteis para organizações que mantêm qualquer tipo de redes, uma vez que permitem obter informação espacial e demográfica, auxiliando decisões de planeamento das redes. Adicionalmente, as ferramentas são capazes de possibilitar um acesso às mesmas informações de rede por diferentes utilizadores em simultâneo, não exigindo ligação activa à Internet ou a uma rede interna da organização.

Seguidamente será apresentada uma descrição para cada uma das ferramentas seleccionadas, incluindo uma apresentação mais concreta das suas funcionalidades, no contexto de cada um dos componentes comuns apresentados. Adicionalmente serão

identificadas outras funcionalidades mais distintas das ferramentas que traduzam benefícios adicionais à operação nas redes ópticas. Foram então consideradas as seguintes ferramentas: OSPInsight, ConnectMaster, ArcFM, Smallworld Network Inventory, Bentley Fiber V8i e G/Technology Fiber Optic Works.

3.1. OSPInsight

A ferramenta OSPInsight permite efectuar a gestão de uma qualquer rede de fibra óptica, através de diversas representações. Esta ferramenta requer o sistema de informação geográfica MapInfo ou ArcGIS (suportado recentemente) para o seu funcionamento e inclui os produtos OSPInSight-Edit, OSPInSight-View, OSPInSight-Web, OSPInSight-Reports, OSPInSight-Integrity e OSPInSight SpliceGUI. Para o sistema ArcGIS é apenas suportado o produto OSPInSight-Edit.

O componente OSPInSight-Edit é o componente principal da ferramenta e permite gerir informação sobre as redes de fibra óptica, bem como visualizar diversas representações da rede, incluindo representações geográficas, e exportar informação sobre diversos aspectos da rede.

No que respeita à gestão do inventário da rede, é possível criar e manter com este componente a documentação de elementos de rede, nomeadamente de cabos, agrupamentos de fibras, fibras individuais e uniões entre fibras, *splitters*, pontos da rede, edifícios, clientes de rede e estruturas para protecção e suporte da infra-estrutura de rede (como condutas e conjuntos de condutas) e para organização de equipamento. É também possível documentar tipos de cabos e códigos de cores para os diversos cabos da rede, documentar ordens de serviço, obter relatórios sobre diferentes aspectos da rede e documentar e visualizar circuitos de cabos na rede como uma entidade única.

A interface principal do componente é apresentada na Figura 17, onde é possível evidenciar um mapa que inclui representações gráficas de elementos de rede, bem como um conjunto de operações associadas a tais representações e informação organizada e detalhada sobre todos os elementos de rede. A interface principal permite a gestão de cabos, de terminações e pontos iniciais de distribuição, de juntas, de edifícios, de clientes e de estruturas de protecção.

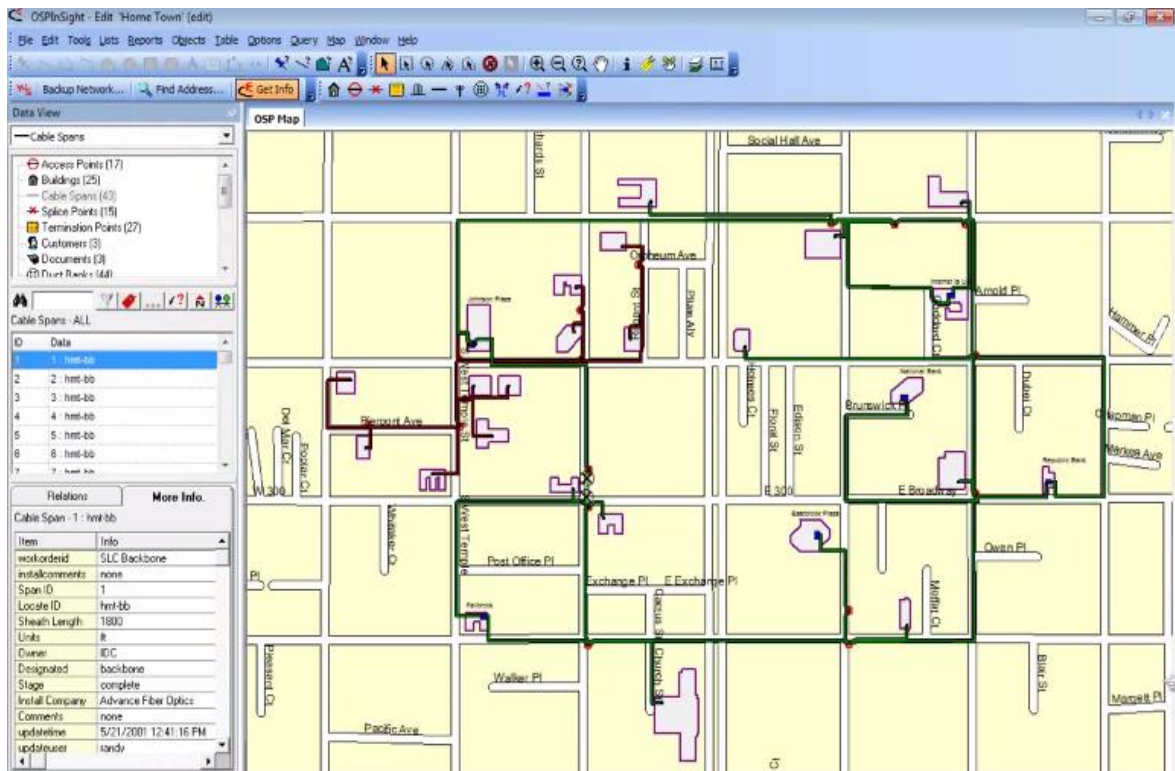


Figura 17 - Interface principal no OSPInSight.

Para a documentação de uniões entre fibras e de *splitters* no interior de uma junta da rede pode ser aberto o formulário ilustrado na Figura abaixo.

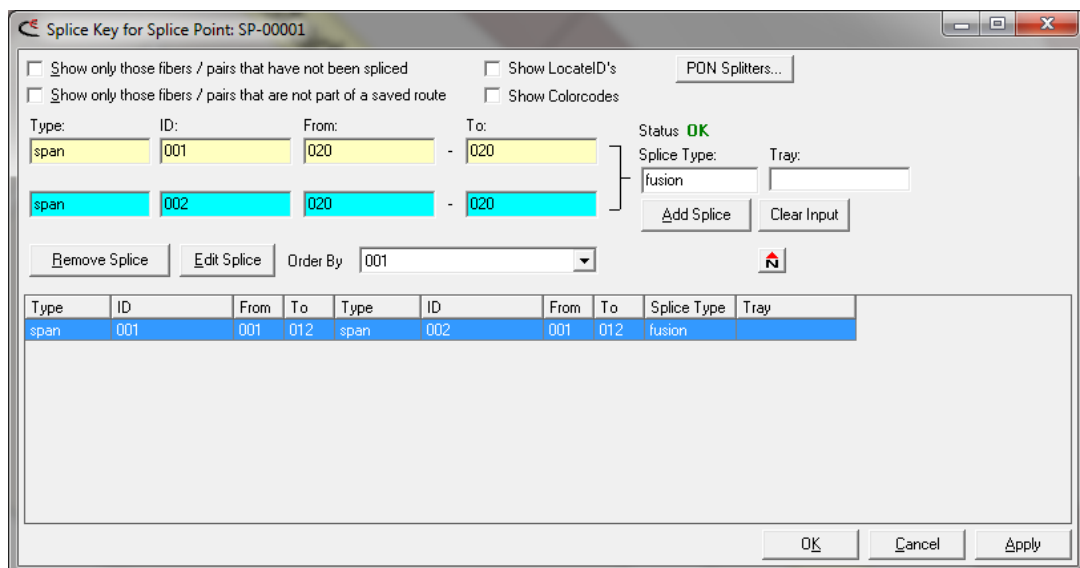


Figura 18 - Formulário de interior de junta no OSPInSight

No que diz respeito à gestão do estado de operação da rede, o componente permite identificar localizações de falhas nas fibras, através de alarmes gerados automaticamente por sistemas de testes remotos a fibras (RFTS). Relativamente à

exportação de informação, é permitida a criação de documentos com representações em formato gráfico ou tabular dos diferentes elementos de rede e de relatórios sobre a rede. A Figura 19 ilustra a principal representação adoptada para a representação de uniões no interior de uma junta.

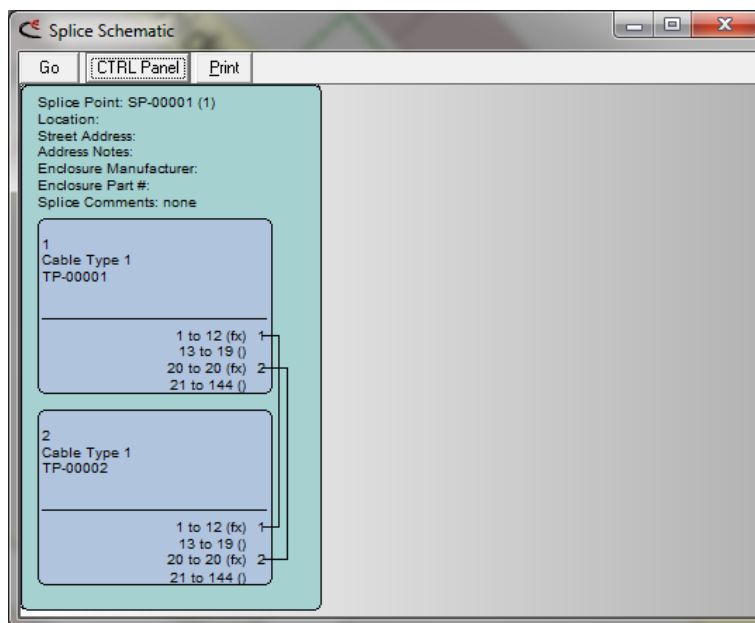


Figura 19 - Representação gráfica do interior de junta no OSPInSight

No que diz respeito ao suporte a tarefas de planeamento, o componente permite efectuar testes de eficiência de circuitos de fibras na rede, de equipamentos e de instalações e encontrar potenciais clientes nas proximidades de elementos de rede [11].

A aplicação OSPInSight-View permite o acesso a detalhes sobre cada elemento de rede, respectivos dados geográficos e a relatórios, restringindo a capacidade de alteração de quaisquer informações de rede. Este componente serve de alternativa à aplicação OSPInSight-Web, quando não é possível uma ligação activa à Internet. Por sua vez, o produto OSPInSight-Web possibilita um acesso às informações de rede através de um *browser* em qualquer sistema operativo.

A ferramenta OSPInSight SpliceGUI providencia um método gráfico para estabelecer uniões entre fibras, sendo possível a sua utilização a partir do componente OSPInSight-Edit ou em separado (*standalone*). O componente OSPInSight-Reports possibilita a criação de tipos de relatórios de rede, fornecendo um variado conjunto de gráficos que permitem analisar diversos aspectos da rede. Por fim, o componente OSPInSight-Integrity permite identificar e corrigir os problemas que poderão surgir na

introdução ou edição de dados de rede, assegurando a integridade da informação [12]. Aspectos de utilização da componente OSPInSight-Edit capazes de satisfazer funcionalidades essenciais de gestão podem ser consultados na secção A.2. do anexo A.

3.2. ConnectMaster

O sistema ConnectMaster é uma plataforma de *software* com uma arquitectura modular que permite documentar diversos aspectos físicos e lógicos de uma qualquer rede de telecomunicações. Permite também suportar directamente tarefas de planeamento e de operação sobre as redes, bem como gerir o estado de operação das redes e exportar documentos com informações de gestão, planeamento e operação. Esta aplicação integra informação geográfica para a representação dos elementos existentes numa rede, através do *software* MapXtreme. Tal *software* consiste num kit de desenvolvimento de *software* que permite a criação de ferramentas com mapas que apresentam dados geográficos. Adicionalmente, o ConnectMaster pode ser utilizado em conjunto com uma ferramenta destinada à integração de novos módulos no sistema (actualizações), sendo que um módulo inclui um conjunto de novas funcionalidades.

No contexto de redes de fibra óptica, no que diz respeito à gestão do seu inventário, o ConnectMaster permite documentar pontos da rede, equipamento de interligação de qualquer fabricante (incluindo *splitters*), cabos, grupos de fibras, fibras individuais e uniões entre fibras e os serviços e tecnologias utilizadas na rede, utilizando uma interface gráfica ou baseada em formulários. Também possibilita a documentação de informação sobre vários tipos de estruturas para protecção e suporte da infraestrutura de rede, de estruturas para protecção e organização de fibras e uniões, e de estruturas para organização de equipamento. Adicionalmente a ferramenta também permite obter a disponibilidade de recursos entre dois pontos da rede, para a ligação de novos clientes (disponibilidade de condutas, fibras, entre outros) e efectuar pesquisas detalhadas por elementos de rede, através da utilização de vários filtros personalizados. A interface principal do ConnectMaster apresenta inicialmente um mapa com representações gráficas da rede, várias operações associadas às mesmas e uma representação em árvore de todos os elementos da rede, como ilustra a Figura 20. Esta interface permite documentar cabos, pontos da rede, equipamento, serviços e tecnologias de rede.

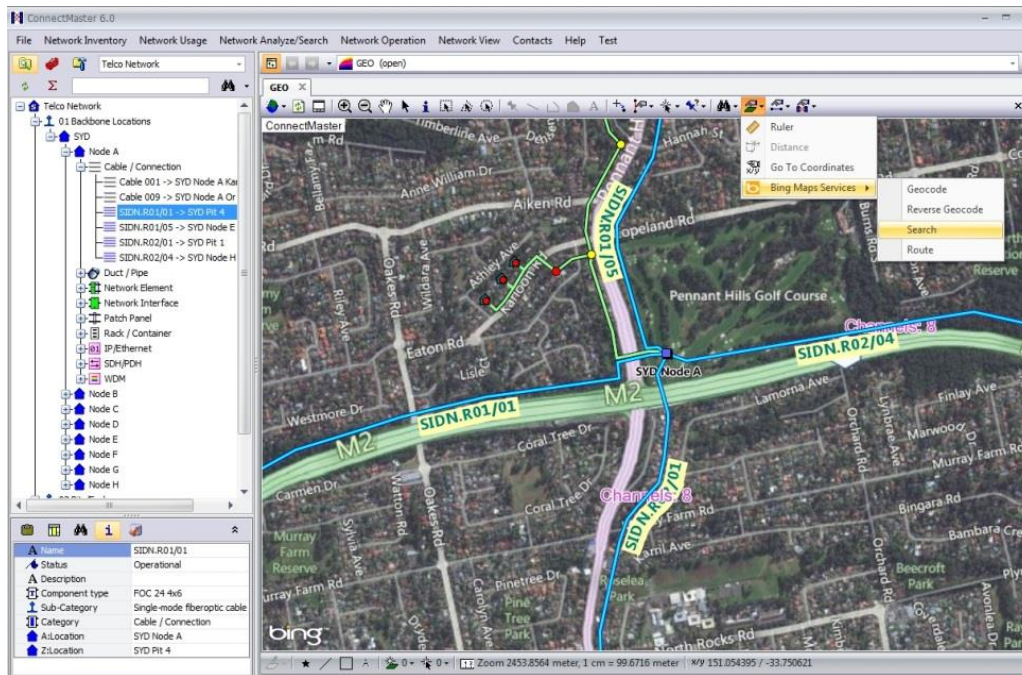


Figura 20 - Interface principal do ConnectMaster

Para a gestão de uniões de fibras é necessária a criação de representações de caixas de junção e de bandejas no seu interior. A partir de uma bandeja é possível a apresentação de um formulário (ilustrado abaixo) que permite a gestão de uniões no seu interior.

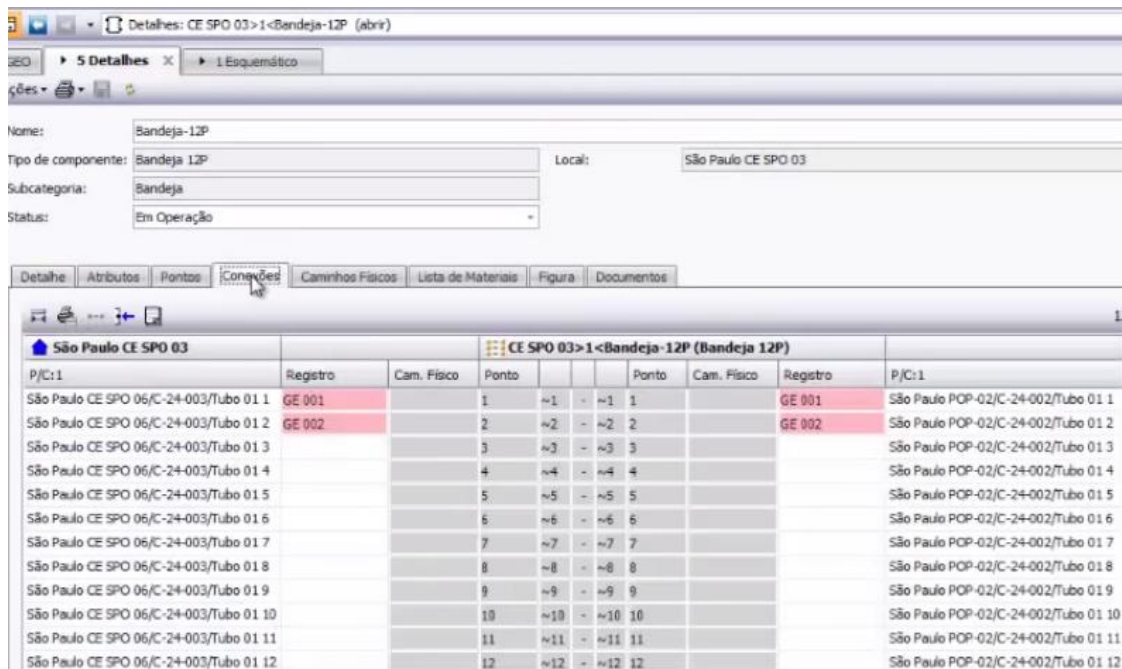


Figura 21 - Detalhes de uniões de uma bandeja no ConnectMaster

Relativamente ao suporte directo de tarefas de planeamento e de operação nas redes, é possível consultar informações de custos e de material para o planeamento de projectos de construção na rede. As diversas actividades associadas a projectos de construção podem também ser calendarizadas e geridas no sistema.

No que respeita à gestão do estado de operação das redes ópticas, o *software* permite identificar as localizações de falhas nas fibras ópticas pela introdução de resultados de equipamento OTDR e obter informação sobre o impacto de falhas ou de operações de manutenção sobre os clientes da rede. Além disso, o sistema pode permitir a actualização automática das representações de rede, sendo integrado com sistemas de gestão de elementos e de gestão de rede (EMS e NMS, respectivamente), que correspondem a soluções que combinam *hardware* e *software* para gestão de redes. Com base nas alterações de estado identificadas por NMS, é possível manter dados em tempo real sobre o estado dos equipamentos de interligação da rede. Os próprios NMS poderão, por sua vez, gerar informação mais detalhada, sendo garantido aos mesmos o acesso às informações da ferramenta ConnectMaster.

No que diz respeito à exportação de informação, a ferramenta permite também criar documentos com representações sobre diferentes aspectos da rede, bem como documentos destinados à orientação de tarefas de operação sobre a rede, como ordens de serviço e calendários com planos de actividades. Em particular, documentos gerados com informação sobre uniões em caixas de junção podem incluir as representações tabulares e gráficas ilustradas nas Figuras 22 a 24.

| | | | |
|---------------|---------------------|------------------|--------------------------------------|
| Project Name: | Project | Cabinet Name: | Splice000003 |
| Zone Number: | Area1 | Cabinet Type: | Splice Closure (St Cab) 72 Cassettes |
| Date: | 30.04.2012 00:55:23 | Cabinet Address: | |
| | | Coordinates: | 496604.6 / 117823.8 |



| Splice Plan Country Area1 MH00006 | Feeder | | | | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|--|-------|-------------|-------------|--|------------|--|--------|
| Cassette # | from Location | DuctName | Microduct ID | Input | Cable Name | Bundle # | Bundle color | Fiber # | Fiber Color | Holder |
| 66 | | | | | | | | | | 10 |
| | Area1 POP0001 | D-067x10mm-0009 |  03 Green | | C-144f-0006 | 9 |  Orange | 107 |  Pink | 9 |
| | | | | | | | | | | 8 |
| | Area1 POP0001 | D-067x10mm-0009 |  03 Green | | C-144f-0006 | 9 |  Orange | 106 |  Violet | 7 |

Figura 22 - Representação tabular de caixa de junção no ConnectMaster (secção esquerda)

| Company: | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|---------|-------------|---------|------------|-------|---------|--------------|-----------------|--------------|
| Worker Name: | | | | | | | | | | |
| Signature: | | | | | | | | | | |
| Date: | | | | | | | | | | |
| CONNECT MASTER | | | | | | | | | | |
| Drop | | | | | | | | | | |
| Holder | Fiber Color | Fiber # | Bunde color | Bunde # | Cable Name | Input | Used by | Microduct ID | DuctName | To Location |
| 10 | Blue | 62 | Grey | 6 | C-72f-0010 | | E.1 | 06 White | D-DB7x10mm-0002 | Willis St 24 |
| 9 | Red | 61 | Grey | 6 | C-72f-0010 | | E.2 | 06 White | D-DB7x10mm-0002 | Willis St 24 |
| 8 | Turquo | 60 | Yellow | 5 | C-72f-0010 | | E.1 | 06 White | D-DB7x10mm-0002 | Willis St 24 |
| 7 | Pink | 59 | Yellow | 5 | C-72f-0010 | | E.2 | 06 White | D-DB7x10mm-0002 | Willis St 24 |

Figura 23 - Representação tabular de caixa de junção no ConnectMaster (secção direita)

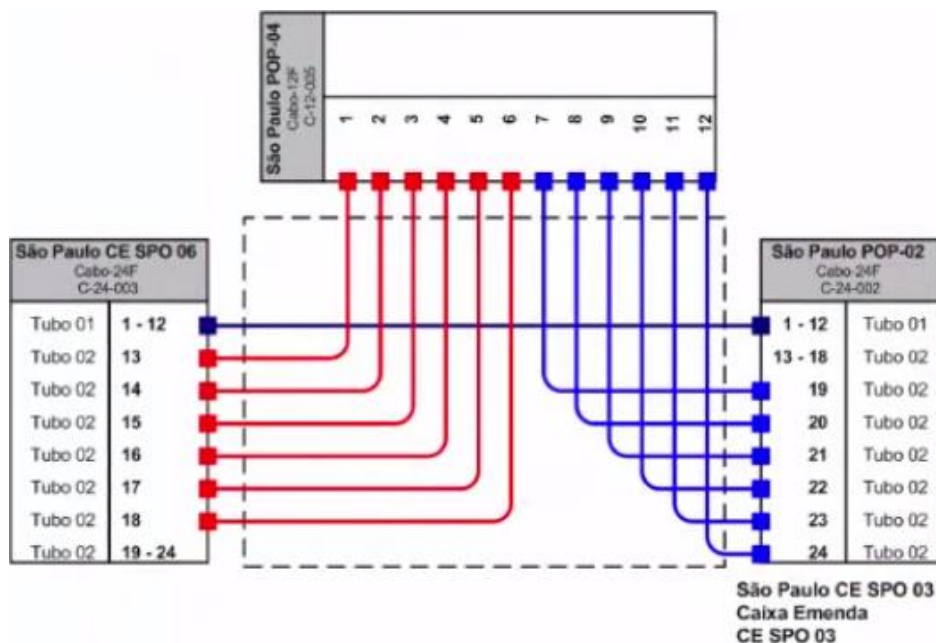


Figura 24 - Representação gráfica de caixa de junção no ConnectMaster

Adicionalmente, o *software* possibilita uma integração com o *software* Microsoft Visio, permitindo a geração automática de vários tipos de representações em documentos Visio, e a alteração de elementos de rede a partir dessas representações, sendo a informação mantida no sistema ConnectMaster actualizada automaticamente [13]. Alguns aspectos gerais de utilização do sistema ConnectMaster, capazes de satisfazer funcionalidades essenciais de gestão, podem ser consultados na secção A.3. do anexo A.

3.3. ArcFM

A ferramenta ArcFM serve de extensão ao sistema de informação geográfica ArcGIS e consiste numa família de modelos e de utilidades que permitem a gestão dos mais variados tipos de redes, incluindo redes de água, redes eléctricas e redes de telecomunicações. Mais concretamente, a ferramenta permite a gestão e visualização de informação, através da introdução de regras específicas das organizações responsáveis pelas redes, permitindo também configurar os modelos de informação e as utilidades providenciadas, para que os mesmos possam trabalhar em conjunto [14].

A esta solução de *software* são integradas as extensões ArcFM Viewer, Conduit Manager, Cooperatives and Municipalities, Designer, Fiber Manager, Inspector, Mobile, Network Adapter, Redliner e Responder, sendo que serão analisadas apenas as extensões ArcFM Viewer, Mobile, Conduit Manager e Fiber Manager uma vez que estas conferem à ferramenta ArcFM a possibilidade da gestão de aspectos de redes de acesso ópticas.

A extensão ArcFM Viewer é uma solução de visualização que fornece ferramentas de pesquisa e apresentação para as informações de rede mantidas no sistema ArcFM, sem permitir quaisquer funcionalidades de edição.

A componente Mobile pode ser utilizada através de dispositivos móveis e permite a alteração de informação de elementos de rede, a adição de quaisquer tipos de gráficos sobre as mesmas e auxilia a modificação de aspectos de desenho da rede.

O componente Conduit Manager permite suportar a gestão de instalações subterrâneas de redes. Com esta extensão é possível definir sistemas subterrâneos com condutas, valas, cabos e estruturas de acesso subterrâneas. Após a construção de um sistema subterrâneo, pode ser identificada a disponibilidade de condutas, através de pesquisas baseadas em diversos critérios. Os sistemas subterrâneos construídos neste componente poderão ser visualizados através do ArcFM Viewer [15]. Em concreto, o componente integra módulos para a gestão das configurações transversais e longitudinais de estruturas subterrâneas (Figuras 25 e 26, respectivamente)

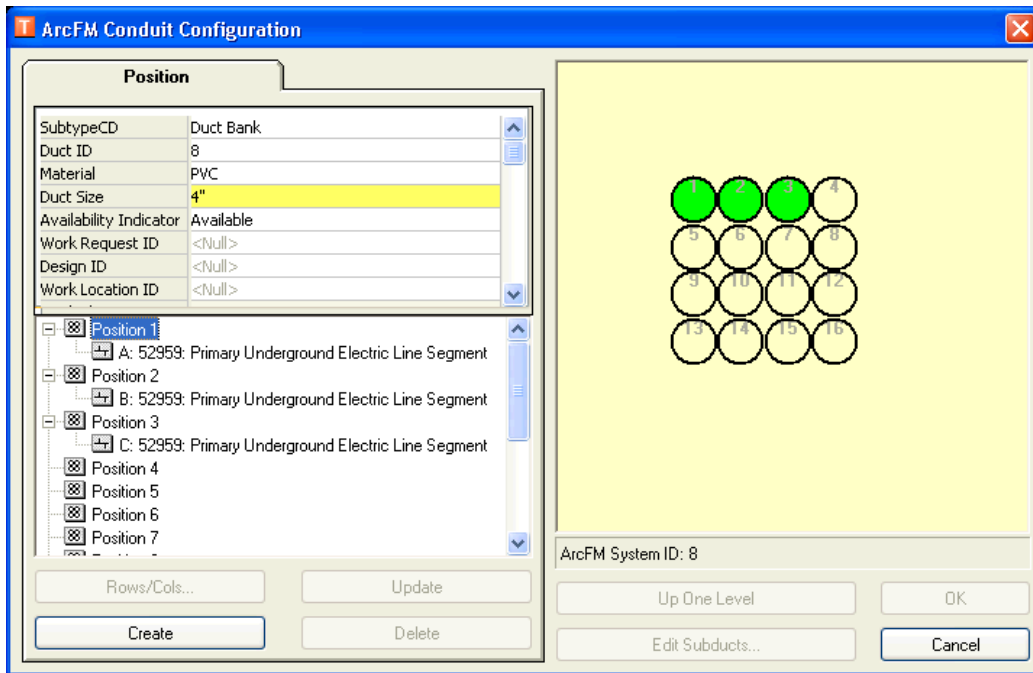


Figura 25 - Módulo de gestão transversal de estruturas subterrâneas no Conduit Manager

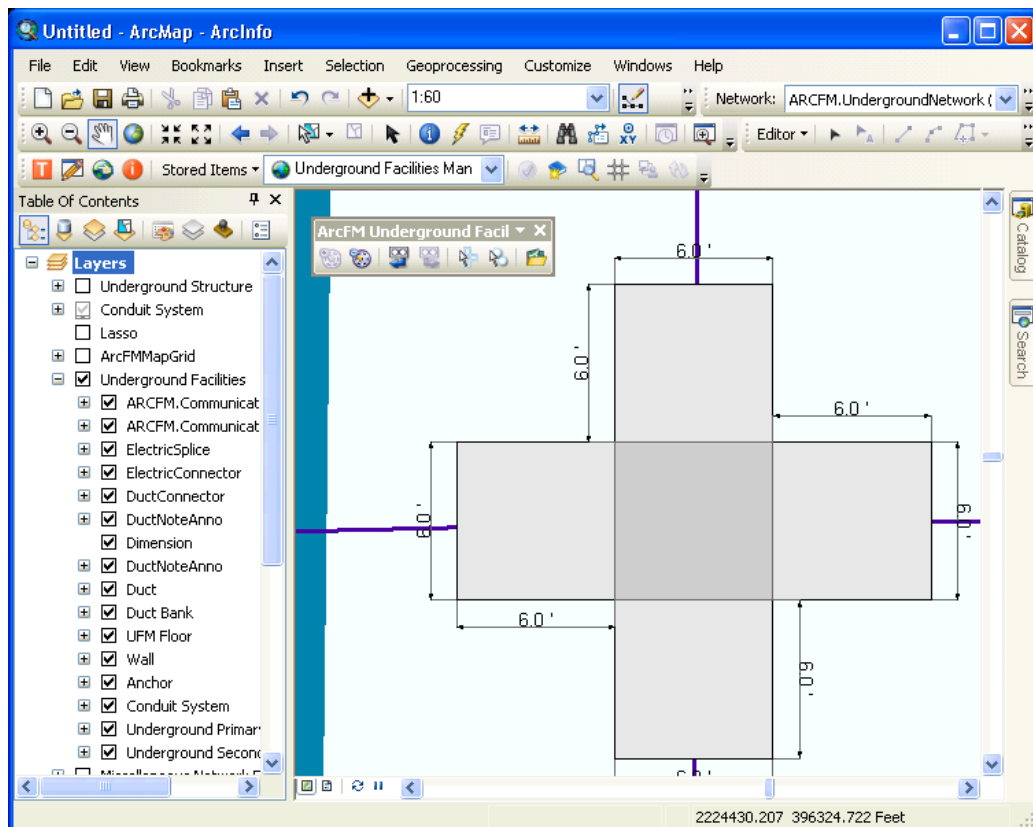


Figura 26 - Módulo de gestão longitudinal de estruturas subterrâneas no Conduit Manager

A extensão Fiber Manager permite, em termos gerais, criar e manter informação de redes ópticas, sendo constituída por 3 componentes principais:

O Connection Manager (Figura 27), que permite estabelecer e visualizar uniões de fibras existentes no interior de juntas, bem como ligações de fibras em painéis de *patching*, dispositivos da rede óptica e *splitters* e ligações entre painéis de *patching* e dispositivos.

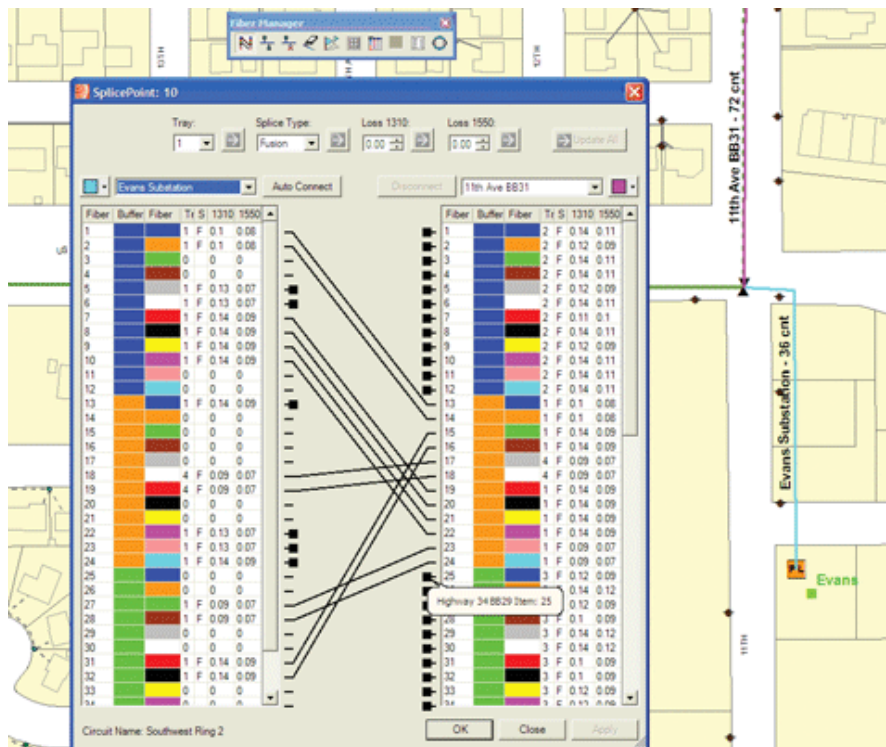


Figura 27 - Componente Connection Manager, parte do Fiber Manager no ArcFM [16]

O Circuit Manager (Figura 28), que possibilita a criação e gestão de circuitos de fibras interligadas na rede. Um circuito é criado pela atribuição de uma identificação e pela selecção das fibras integrantes.

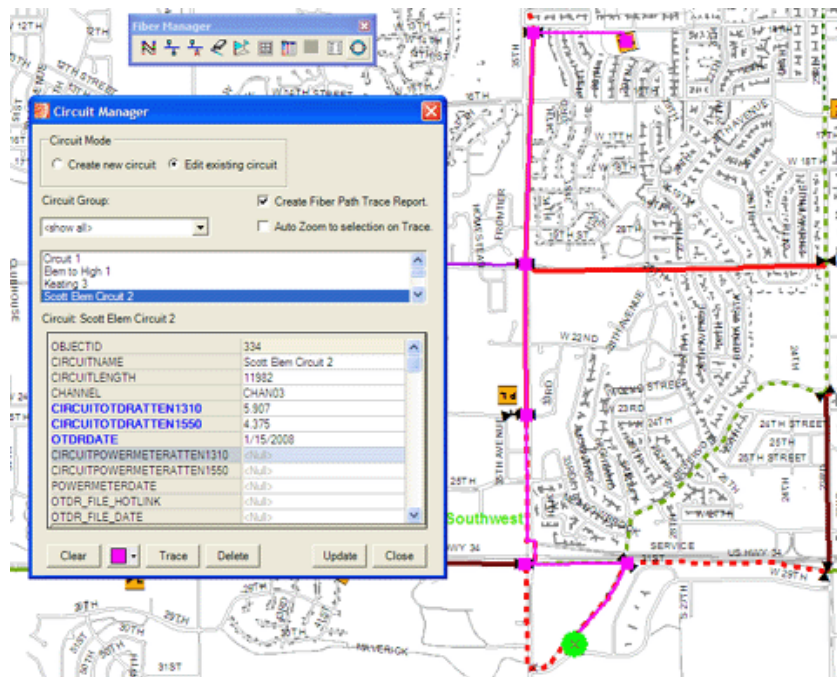


Figura 28 - Componente Circuit Manager, parte do Fiber Manager no ArcFM [16]

A análise OTDR, capaz de identificar a localização de uma falha numa fibra da rede, baseando-se na informação de conectividade entre fibras, nas medidas dos equipamentos OTDR introduzidas pelo utilizador, nos comprimentos dos cabos e nos ajustes do sistema de informação geográfica. Esta análise permite a criação de relatórios com detalhes dos diversos elementos presentes no circuito até à falha.

Adicionalmente, o Fiber Manager permite identificar circuitos de fibras com base em diferentes critérios e o circuito associado a uma fibra da rede, ambos de forma geográfica e através de relatórios. É também possível a obtenção de outros tipos de relatórios sobre a rede, sendo de destacar os relatórios de uniões de fibras e de representações gráficas para uniões no interior de juntas, ilustrados na Figura 29 [16].

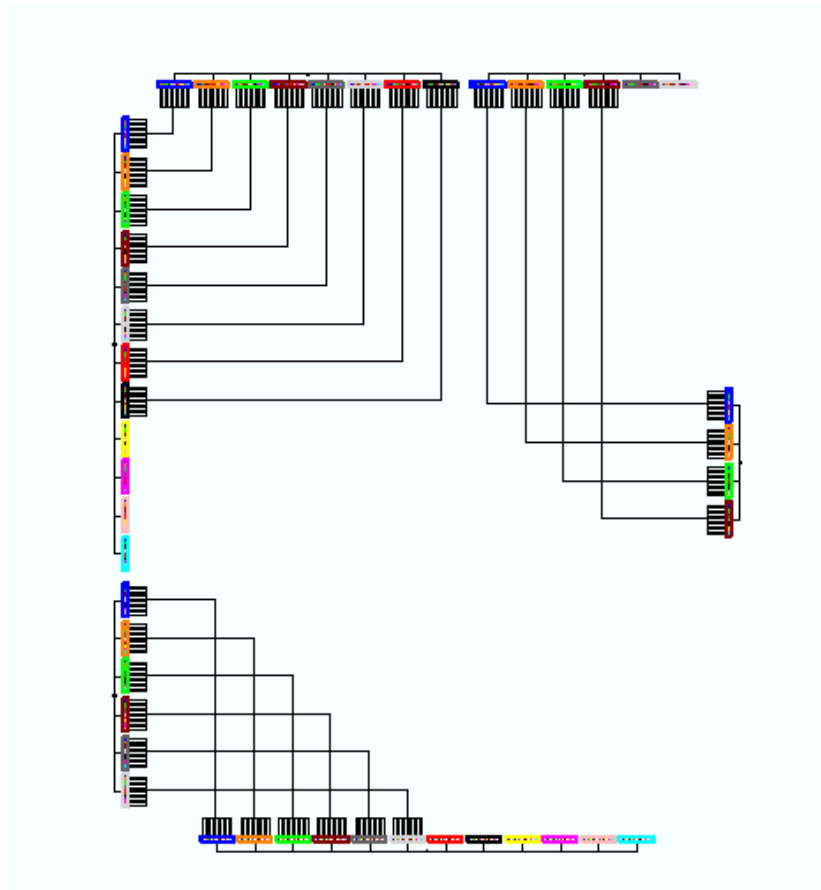


Figura 29 - Representação gráfica de uniões de uma junta no ArcFM

3.4. Smallworld Network Inventory

O sistema Smallworld Network Inventory é constituído por um conjunto de produtos que permitem a uma organização planear e gerir aspectos físicos e lógicos da sua rede de telecomunicações. Esta solução integra os componentes Smallworld Physical Network Inventory, Smallworld Logical Network Inventory, Smallworld Network Inventory Gateway e Smallworld Physical Resource Assignment. Serão analisados apenas os componentes Smallworld Physical Network Inventory, Smallworld Network Inventory Gateway e Smallworld Physical Resource Assignment, visto serem os componentes que servem para suportar a gestão e operação sobre redes ópticas [17].

O produto Smallworld Physical Network Inventory fornece uma representação precisa de uma qualquer rede de telecomunicações, integrando informações dos segmentos de rede no interior de edifícios bem como dos segmentos no exterior. Este componente possibilita a representação das redes de interligação e de acesso de uma rede de telecomunicações, suportando diversas tecnologias.

Relativamente às redes ópticas, no contexto da gestão do seu inventário, o componente suporta a documentação de cabos, fibras individuais e uniões entre fibras e de estruturas de suporte de instalações de rede subterrâneas e aéreas (tais como valas, condutas, entre outras). Adicionalmente, é suportada a gestão de ordens de serviço e da capacidade de vários aspectos de uma rede, tais como condutas e estruturas de organização de equipamento.

Para um suporte directo a actividades de planeamento, o produto inclui também ferramentas que permitem efectuar o desenho de novas redes e a capacidade de calcular perdas de sinal óptico. No que diz respeito à gestão do estado de operação das redes, o sistema inclui, tal como as ferramentas anteriores, a capacidade de apresentar os resultados de medidas de equipamento OTDR nas representações de rede. No contexto da exportação de informação, é possível a criação de listas de material para operações na rede e de várias representações gráficas de rede [18].

O produto Smallworld Network Inventory Gateway permite um acesso à informação de rede mantida no sistema Smallworld Network Inventory, através da Internet ou de uma rede interna. Este produto é constituído pelas soluções Physical Browser, Physical Browser Markup e Network Inventory Gateway: eMaps. A solução Physical Browser permite visualizar e exportar representações da informação mantida através do produto Smallworld Physical Network Inventory. A solução Physical Browser Markup proporciona um módulo opcional à solução Physical Browser que permite a criação de desenhos simples e anotações sobre as representações da construção de rede. A solução Network Inventory Gateway: eMaps permite o registo de pedidos de mapas da infra-estrutura de rede, bem como a criação e exportação de tais mapas para vários formatos de documentos. A gestão de pedidos desses mapas pode tornar-se importante, uma vez que, em diversos países, é exigido por lei aos operadores de telecomunicações a entrega de mapas de rede a determinadas entidades (não-governamentais ou governamentais) [19].

O componente Smallworld Physical Network Assignment permite automatizar a alocação de recursos físicos de rede a partir de um pedido de serviço. Mais concretamente, o produto é capaz de identificar a localização de um cliente (ou o terminal de rede mais próximo, não estando disponível a localização) e de determinar o circuito que permite a ligação do cliente a um ponto inicial da rede de acesso (um CO

ou um armário de rua) ao receber um pedido para fornecer serviço ao cliente, proveniente de um qualquer sistema. Na sequência do pedido de serviço, o produto constrói todas as uniões de rede necessárias para criar o circuito físico. Tal circuito, bem como detalhes de criação do mesmo são encaminhados para o sistema que efectuou o pedido [20].

3.5. Bentley Fiber V8i

O produto Bentley Fiber V8i foi construído para permitir o desenho, a documentação e a gestão da infra-estrutura exterior de redes ópticas, recorrendo a um ambiente de informação geográfica. A interface principal do sistema apresenta um mapa com representações da rede e várias operações associadas, à semelhança das soluções anteriores, como ilustra a Figura seguinte.

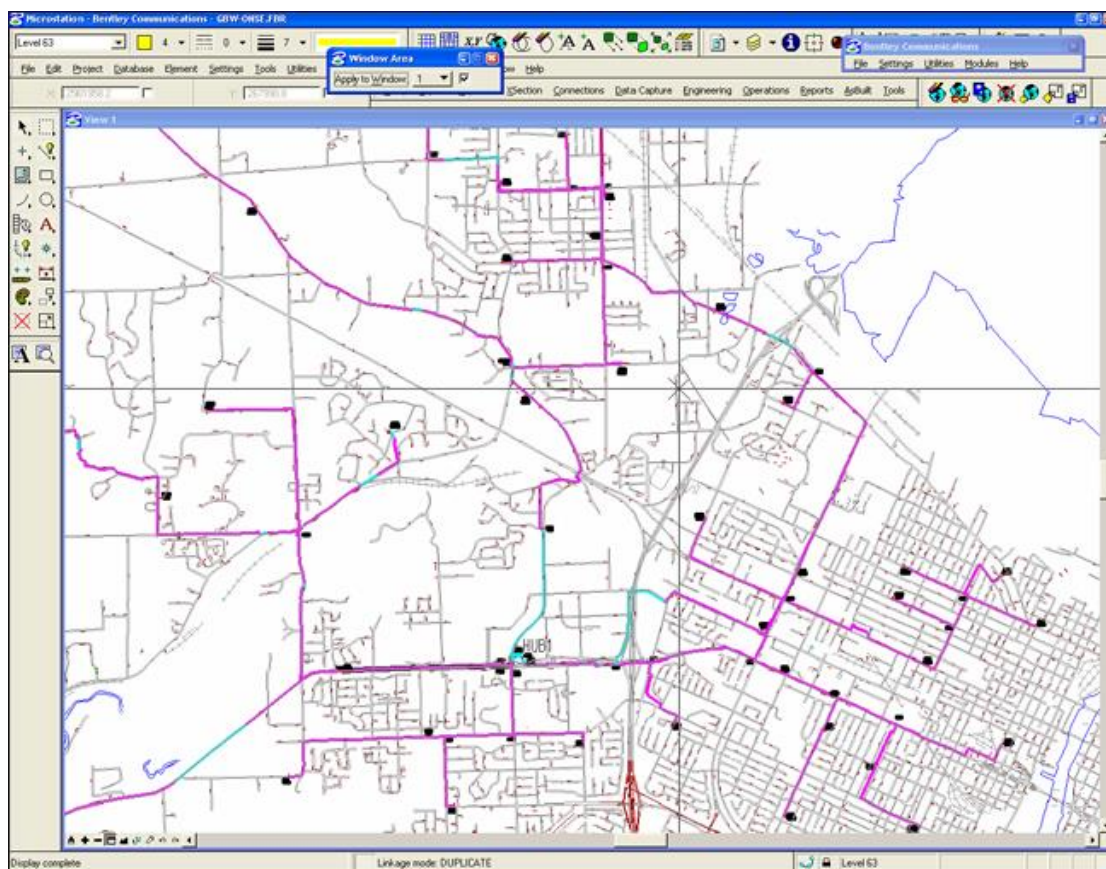


Figura 30 - Interface principal do Bentley Fiber V8i

Esta ferramenta permite a representação de diversas arquitecturas de fibra e também a execução de cálculos detalhados de engenharia, de forma interactiva ao longo de tarefas de desenho de rede (Figura 31).

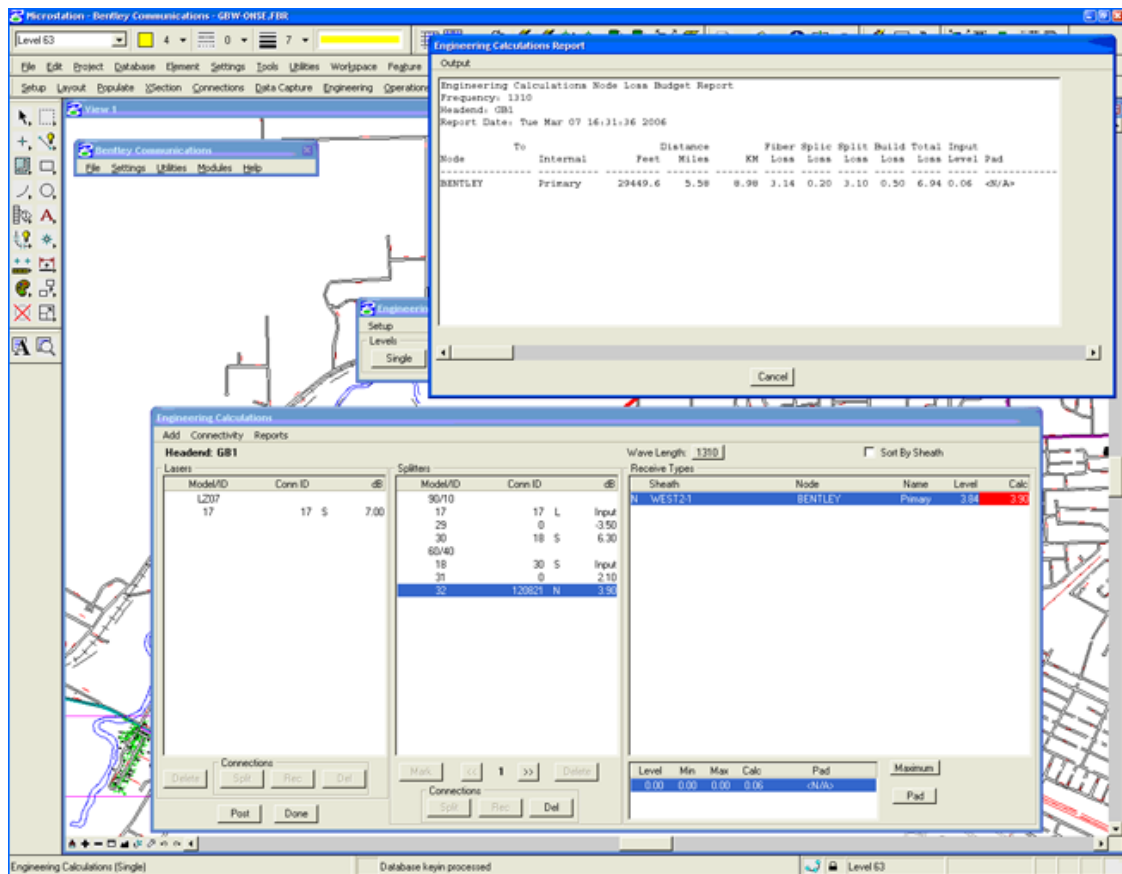


Figura 31 - Interface para a execução de cálculos de engenharia no Bentley Fiber V8i

No que respeita à gestão do inventário das redes ópticas, o sistema mantém informação de cabos, respectivos tubos ou *ribbons*, de fibras individuais, de uniões entre fibras, de pontos da rede, de *splitters*, de equipamento de interligação, de equipamento de protecção e organização de fibras, uniões de fibras e ligações entre equipamento, e de estruturas de protecção e suporte da infra-estrutura de rede.

Para a gestão das uniões entre fibras, o Bentley Fiber permite, tal como a maior parte das ferramentas analisadas anteriormente, a apresentação de uma interface que inclui tal funcionalidade e pode ser verificada na Figura 32.

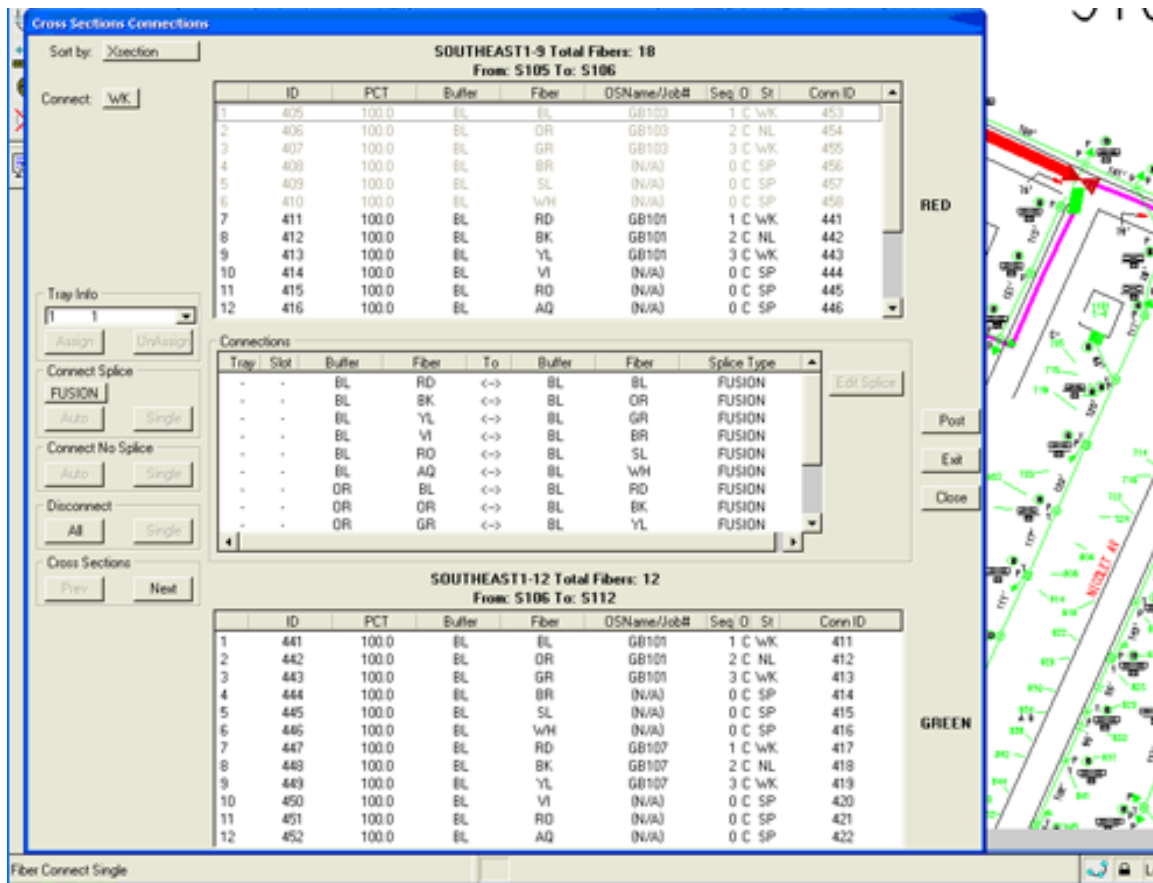


Figura 32 - Interface de gestão do interior de uma junta no Bentley Fiber V8i

Adicionalmente, o sistema suporta dispositivos com tecnologia de prevenção de colisões do sinal óptico (WDM), e uma segmentação dos nós de rede adequada a arquiteturas HFC. A ferramenta também permite identificar circuitos de fibras mais curtos na rede e associar circuitos de fibras a clientes.

No que respeita à exportação de informação, a ferramenta possibilita, tal como as restantes, a criação de documentos com representações da rede, com base na informação de rede mantida. Mais concretamente, é possível a obtenção e exportação de relatórios contendo informação de equipamento, de listas de material com os respectivos custos e de uniões de fibras, bem como de diagramas de circuitos de fibras e de uniões (Figura 33).



Figura 33 - Representação gráfica de uniões numa junta no Bentley Fiber V8i

O sistema permite ainda a gestão do estado de operação das redes, através da localização geográfica de falhas, pela introdução de medições de equipamento OTDR. É adicionalmente possível uma identificação dos clientes afectados por uma falha localizada [21].

3.6. G/Technology Fiber Optic Works

A ferramenta G/Technology Fiber Optic Works suporta também diversos aspectos das actuais redes ópticas. Integra uma gama de produtos que compõem a plataforma de *software* G/Technology, construída para satisfazer as necessidades de gestão de redes mantidas por diversas organizações. O produto G/Technology Fiber Optic Works fornece uma interface repleta de funcionalidades que, tal como as soluções analisadas anteriormente, auxiliam a gestão, planeamento e operação sobre redes ópticas. Esta ferramenta é constituída pelos componentes Fiber Optic Works Designer, Fiber Optic Works Analyst, Fiber Optic Works NetViewer e Fiber Optic Works MobileViewer.

O componente Fiber Optic Works Designer permite arquitectar e gerir redes ópticas. A extensão Fiber Optic Works Analyst permite visualizar detalhes de cabos e dispositivos existentes na rede e obter diversos relatórios. O componente Fiber Optic Works NetViewer possibilita as funcionalidades do componente anterior através do

acesso à rede interna da organização, utilizando um *browser* em qualquer sistema operativo. Por fim, o componente Fiber Optic Works MobileViewer fornece a capacidade de aceder às informações de rede em qualquer local, sem exigir uma ligação à Internet.

A ferramenta permite suportar directamente tarefas de planeamento e de operação na rede, fornecendo, concretamente, ferramentas de desenho, a capacidade de efectuar desenhos de rede de forma colaborativa e possibilidades de gestão de trabalho. Este sistema permite também a criação de listas de materiais para operações de rede e de ordens de serviço.

No que respeita à gestão do inventário das redes, a ferramenta permite documentar representações dos aspectos interiores e exteriores de redes ópticas, nomeadamente de cabos, grupos de fibras, fibras individuais e uniões, juntas, equipamento terminal de rede e edifícios de alojamento, permitindo a imposição de determinadas regras de desenho. Especificamente na criação de cabos, o sistema pode permitir ao utilizador estabelecer uniões entre as fibras dos cabos ou estabelecer automaticamente uniões em sequência entre todas as fibras dos cabos criados, para terminações de dois cabos que se encontram próximas. A Figura 34 ilustra as interfaces principais da componente Fiber Optic Works Designer da ferramenta, transmitindo uma visão geral sobre a forma como pode ser efectuada a gestão de alguns dos elementos de rede.

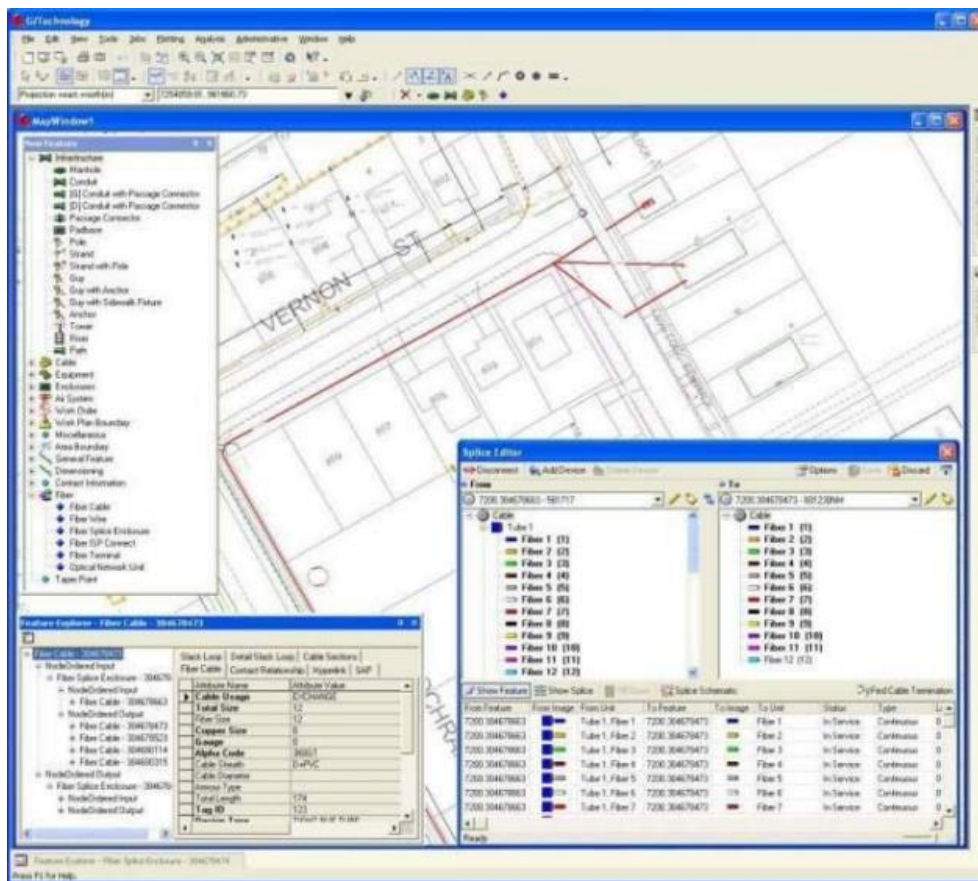


Figura 34 - Interfaces principais do G/Technology Fiber Optic Works [22]

O sistema também permite obter diversos relatórios sobre diferentes aspectos da rede, bem como a criação de novos tipos de relatórios.

Relativamente à gestão do estado de operação das redes, a ferramenta permite localizar falhas em fibras e dispositivos da rede e uma integração com sistemas de gestão de alarmes, de gestão de configurações, de activação de serviços e de apoio à resolução de problemas. É também possível a detecção de dispositivos que suportam SNMP (protocolo de gestão de dispositivos em redes IP) nos elementos de rede existentes no interior de edifícios ou outras estruturas, para uma identificação automática do estado dos mesmos.

Relativamente à exportação de informação, a ferramenta permite, tal como a generalidade das ferramentas, a criação de documentos contendo informação de elementos de rede em formato gráfico ou tabular, ou de diferentes relatórios obtidos. Na Figura 35 é ilustrado o tipo de representação gráfica de uniões entre fibras gerado pelo sistema.

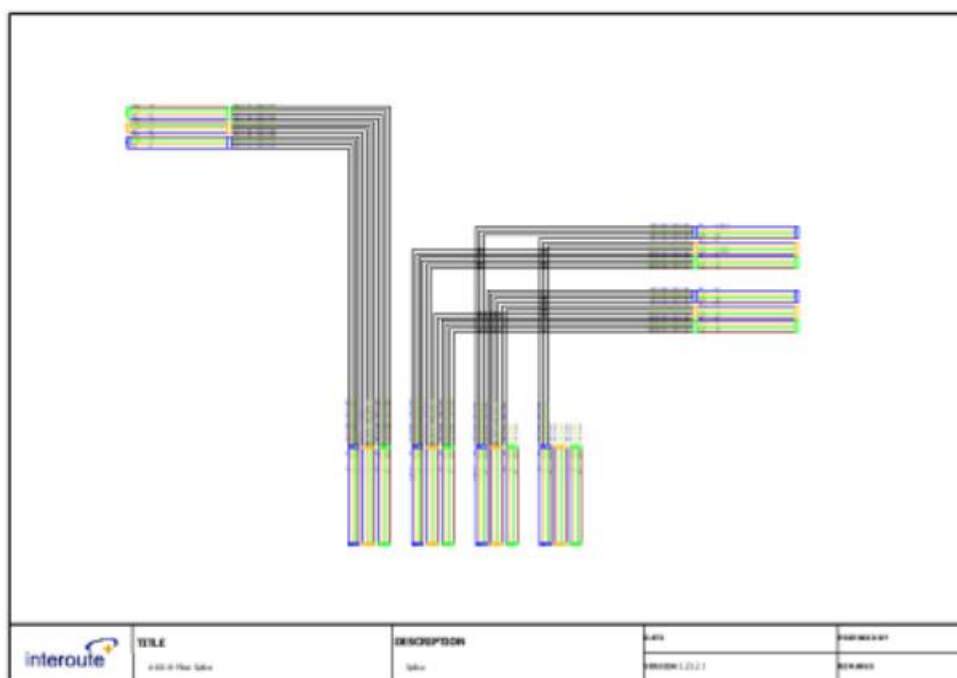


Figura 35 - Representação gráfica de uniões numa junta no G/Technology Fiber Optic Works [22]

Adicionalmente, o sistema permite o controlo de versões da informação e a geração automática e apresentação de diferentes representações de rede que são interrelacionadas pelo sistema, de acordo com a interação do utilizador sobre as mesmas, como ilustra a Figura seguinte [23] [22].

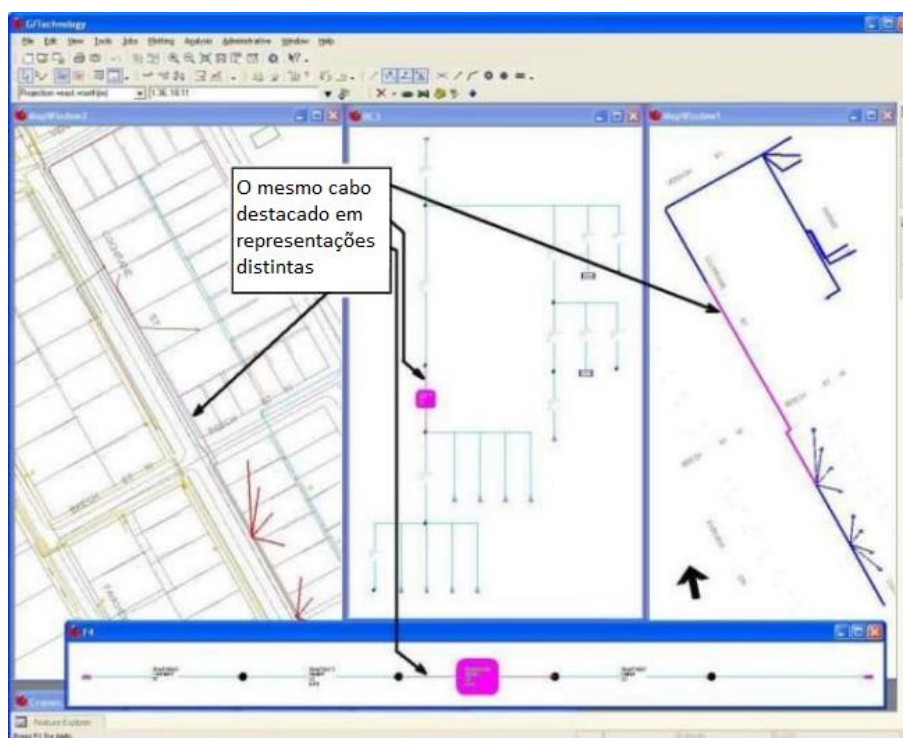


Figura 36 - Representações interactivas relacionadas no G/Technology Fiber Optic Works, adaptado de [22]

3.7. Análise e Comparação

A análise das soluções disponíveis, construídas para a gestão e suporte à operação de redes de acesso ópticas, permitiu a identificação de diversas vantagens e desvantagens em termos gerais que se estendem a todas as ferramentas actuais que melhor se adequam ao problema analisado no presente documento. Seguidamente são apresentadas todas as vantagens e desvantagens encontradas, bem como as respectivas ferramentas (do conjunto seleccionado para análise) que as evidenciam.

Tabela 1 - Vantagens e ferramentas associadas

| Vantagem | Ferramentas |
|--|----------------------------------|
| Pode tornar a gestão, planeamento e operação mais eficiente, uma vez que o sistema permite um acesso centralizado à informação de rede, sem necessitar de ligação activa à Internet ou a uma rede interna. | Todas, excepto o Microsoft Visio |
| Reduz o tempo e as falhas de gestão na criação, alteração e eliminação de representações para os diversos aspectos de uma rede óptica. Para tal, o sistema garante a consistência esperada das representações da rede com diferentes níveis de granularidade, no contexto de tarefas de criação, alteração e eliminação, reduzindo a complexidade e o tempo das mesmas tarefas. | Todas, excepto o Microsoft Visio |
| Reduz o tempo e as falhas de gestão na visualização de representações dos diferentes aspectos de uma rede. Para tal o sistema permite alternar rapidamente entre as diversas representações. | Todas, excepto o Microsoft Visio |
| O sistema possibilita a execução de tarefas de planeamento mais detalhadas, de forma mais rápida, com menor probabilidade de ocorrência de falhas e, conseqüentemente, acelera tarefas de reparação e de alteração da rede. Tal é conseguido ao permitir a gestão de representações de uma rede com um elevado nível de detalhe, incluindo os diversos equipamentos e estruturas de suporte da rede. | Todas, excepto o Microsoft Visio |
| Possibilita um melhor suporte de tarefas de planeamento de rede e uma orientação mais eficiente de processos de operação na rede, | Todas |

| | |
|---|--|
| através da criação de diversos documentos, incluindo representações para diferentes componentes da rede, que podem ser posteriormente impressos. | |
| Facilita a integração com outros sistemas, uma vez que permite exportar informação tabular dos diversos elementos de uma rede para vários tipos de documentos. | Todas, excepto o Bentley Fiber V8i e o Microsoft Visio |
| O sistema oferece um melhor suporte a operações de reparação, permitindo uma identificação automática de localizações de falhas nas fibras ópticas, através de alarmes. | OSPInSight |
| O sistema possibilita uma evolução mais rentável da rede de acesso, permitindo a obtenção de informações sobre as áreas com potenciais clientes. | OSPInSight |
| O sistema auxilia de forma mais eficiente a tomada de decisões relativas ao desenho da rede, permitindo efectuar testes de desempenho da rede. | OSPInSight |
| É uma solução mais geral, não se restringindo apenas à gestão de redes ópticas. | ConnectMaster, Smallworld Network Inventory, ArcFM |
| Dada a sua arquitectura modular, o sistema permite às organizações adquirir diversos módulos apenas quando se tornam necessários, à medida que as suas redes evoluem. | ConnectMaster |
| Permite uma implementação nas organizações de forma personalizada e adaptada às suas necessidades, sendo possível a adição e modificação de diversas funcionalidades, sem a necessidade da intervenção de especialistas. | ConnectMaster |
| A adição de novas funcionalidades e propriedades ao sistema não afecta a informação e as funcionalidades existentes e é possível através de uma ferramenta para integração de actualizações, a partir de um clique num botão. | ConnectMaster |
| O sistema contribui para uma maior redução dos gastos de tempo de | ConnectMaster, |

| | |
|---|--|
| tarefas de planeamento, desenho e de operação nas redes, uma vez que permite gerir os aspectos físicos e lógicos das redes de telecomunicações. | Smallworld Network Inventory |
| Pode permitir um melhor suporte a operações na rede, através de uma actualização automática de relatórios e representações de equipamento de rede, pela interligação do <i>software</i> com EMS e NMS. | ConnectMaster |
| Permite uma notificação atempada de ocorrências de falhas ou de operações de manutenção de rede, ao possibilitar a identificação do impacto de tais situações sobre os diversos clientes. | ConnectMaster, Bentley Fiber V8i |
| Providencia um melhor suporte às tarefas de planeamento, permitindo a consulta de informações de custos de material. | ConnectMaster, Bentley Fiber V8i |
| Possibilita um melhor suporte às tarefas de operação e planeamento, permitindo a calendarização de actividades. | ConnectMaster |
| Pode ser integrado com sistemas que auxiliam a gestão de rede, tais como sistemas de informação de clientes (CIS), com sistemas interactivos de voz (IVR), que possibilitam a um computador interagir com humanos através do uso de voz e com sistemas de supervisão e aquisição de dados (SCADA), que possibilitam uma monitorização e controlo remoto automatizado de variados equipamentos, comunicando informação sobre falhas. | ArcFM |
| Permite uma gestão mais rápida da rede do que nas restantes ferramentas, através da possibilidade de automatizar a criação de circuitos na rede para representar o serviço a novos clientes. | Smallworld Network Inventory |
| Permite uma integração com outros sistemas de suporte e necessários às operações na rede, nomeadamente sistemas de activação de serviço, de gestão de configurações em dispositivos, de gestão de alarmes e de apoio a problemas. | G/Technology Fiber Optic Works |

Tabela 2 - Desvantagens e ferramentas associadas

| Desvantagem | Ferramentas |
|--|----------------------------------|
| O sistema apresenta interfaces carregadas de opções, que não são facilmente reconhecíveis na sua maioria. | Todas |
| É necessário dedicar mais tempo para adquirir o conhecimento necessário para uma utilização eficiente do sistema, uma vez que o mesmo apresenta esquemas de interacção complexos, consequência da elevada quantidade de menus de opções e formulários, em parte, devido ao elevado número de funcionalidades. | Todas |
| Algumas opções apresentadas contribuem para aumentar a complexidade do sistema, no que respeita aos esquemas de interacção e estrutura de interfaces, não sendo essenciais para as tarefas de gestão da rede. | Todas |
| O sistema obriga a gestão de uma grande quantidade de detalhe da rede de acesso, o que se traduz em gastos elevados em termos de tempo para a gestão das representações da rede através do mesmo. | Todas, excepto o Microsoft Visio |
| A gestão de uma grande quantidade de detalhe da rede de acesso, permitida pelo sistema, poderá produzir custos adicionais de operação, devido à maior probabilidade de ocorrência de possíveis situações de esquecimento e de erro das diversas tarefas de gestão, combinada com uma dependência que poderá surgir nas organizações em relação ao sistema. | Todas, excepto o Microsoft Visio |
| A totalidade da solução não é independente do sistema operativo. | Todas |
| Leva à perda de mais tempo e a mais erros na interpretação das representações dos elementos de rede mais gerais, uma vez que as mesmas não são claramente identificadas sobre as representações geográficas através de um nome identificador. | Todas, excepto o ConnectMaster |
| Leva à perda de mais tempo e a mais erros na interpretação das representações dos diversos elementos de rede, dado que as mesmas não se distinguem claramente das representações geográficas. | Todas |
| O sistema leva a que sejam cometidos mais erros e a uma maior perda de tempo na interpretação de representações, uma vez que as representações gráficas das juntas traduzem os mesmos problemas | ArcFM, Bentley Fiber V8i, |

| | |
|---|---|
| <p>das representações analisadas no capítulo anterior (são compactas e podem apresentar sobreposição entre os seus elementos).</p> | <p>G/Technology Fiber Optic Works</p> |
| <p>O sistema pode levar a que sejam cometidos mais erros e a uma maior perda de tempo na interpretação de representações, dado que não é apresentada, numa fase inicial, uma notação clara para as representações dos diferentes elementos de rede, nem as diferentes representações são facilmente reconhecíveis, para utilizadores com conhecimentos em redes de acesso ópticas.</p> | <p>Todas</p> |
| <p>A funcionalidade de detecção automática de falhas implica a integração de um sistema de testes remotos às fibras (RFTS) na implementação da rede de acesso, o que possibilita a execução de testes de operação constantes às fibras através do uso de equipamento OTDR. A implementação deste sistema implica a instalação de equipamento e <i>software</i> adicional, acarretando elevados custos e gastos de tempo para instalação e configuração.</p> | <p>OSPInSight</p> |
| <p>A grande quantidade de detalhe nas diferentes representações utilizadas para a criação e gestão da rede dificulta a retenção dos aspectos essenciais das mesmas (principais elementos de rede e a sua conectividade) e poderá novamente contribuir para levar os utilizadores a perder mais tempo e a cometer mais falhas na interpretação das representações.</p> | <p>Todas</p> |
| <p>Para ser possível a gestão dos diversos aspectos da rede, é necessária a instalação do <i>software</i> em todos os computadores em que o mesmo será utilizado, bem como a instalação de um sistema de informação geográfica que permita o seu funcionamento, sendo perdido mais tempo na implementação da solução.</p> | <p>Todas</p> |
| <p>A implementação deste sistema numa organização ainda poderá durar entre 3 a 6 meses.</p> | <p>ConnectMaster</p> |
| <p>A actualização automática de representações da rede requer a instalação de diversos NMS e de EMS, constituindo-se uma rede de telecomunicações dedicada à gestão (TMN), o que poderá obrigar a uma elevada quantidade de custos adicionais e à dedicação de muito</p> | <p>ConnectMaster</p> |

tempo para instalação e configuração da rede de gestão.

| | |
|--|-------------------------------------|
| Leva à perda de mais tempo e a mais erros na interpretação das representações de fibras individuais e de grupos de fibras usadas no sistema em tarefas de gestão, uma vez que as respectivas cores desses elementos nas representações são identificadas por abreviaturas, o que dificulta a interpretação e obriga as organizações a adoptarem convenções de identificação. | OSPInSight, Bentley Fiber V8i |
|--|-------------------------------------|

Através das vantagens e desvantagens identificadas, é possível concluir que as ferramentas mais adequadas à gestão e suporte das redes de acesso ópticas permitem suportar uma gestão, planeamento e operações na rede, de forma mais eficiente, em comparação com qualquer outra ferramenta de *software*, que se possa aplicar para suportar tais tarefas de rede. Em algumas ferramentas é ainda possível uma actualização automática de representações de rede, através da monitorização do estado de certos elementos. Adicionalmente, o elevado detalhe nas representações de rede garantido por essas ferramentas contribui para um planeamento mais rápido e pormenorizado e para uma redução nos tempos de operação na rede.

Por outro lado, o detalhe das representações mantidas pelas ferramentas poderá não ser sempre relevante, sobretudo para aspectos da rede que não são alterados com regularidade, e acabará por diminuir o foco dos utilizadores sobre os aspectos essenciais das representações, levando a uma maior probabilidade de serem cometidos erros operacionais na rede, devido a esquecimentos ou falhas de gestão na utilização das ferramentas. Esse nível de detalhe, aliado à grande quantidade de funcionalidades permitidas pelos sistemas e às decisões de desenho adoptadas, contribui para tornar as interfaces e esquemas de interacção das ferramentas mais complexos, levando a maiores perdas de tempo na gestão da rede sobre as mesmas. Tal complexidade contribui também para maiores gastos em termos de tempo na aprendizagem e implementação das ferramentas numa organização. Apesar de, no caso de algumas ferramentas, ser possível uma actualização automática do estado de certos elementos de rede, tal não traduz uma gestão completamente automática da rede, sendo sempre exigida uma gestão de informação efectuada por utilizadores. Por outro lado, garantir uma actualização automática de estado implica custos e gastos de tempo elevados para a implementação de outras soluções de *hardware* e *software* para monitorização, o que poderá não ser

viável para determinadas organizações. No que respeita às diversas representações fornecidas pelas ferramentas, é possível evidenciar várias limitações que tornam o processo de interpretação dos aspectos da rede mais lento e susceptível a falhas, que, posteriormente se traduzem em erros operacionais.

Tendo em conta os problemas evidenciados e focando sobretudo a gestão do inventário das redes de acesso ópticas, uma vez que é nesse âmbito que foram identificadas limitações, numa fase inicial, é evidente a necessidade de construir uma nova solução de gestão de redes de acesso ópticas. É igualmente necessário estabelecer um modelo mais eficiente para os aspectos físicos de redes ópticas, usando como base os conceitos de rede clarificados no capítulo anterior. No capítulo seguinte serão apresentadas as diversas decisões de desenho de uma solução que, no seu todo, formam uma proposta cujo objectivo é o de ultrapassar as limitações das diversas ferramentas, analisadas ao longo deste capítulo.

4. Desenho da ferramenta

No presente capítulo é apresentada a metodologia adoptada no desenvolvimento da solução proposta, bem como a sua aplicação neste projecto. Juntamente com a metodologia, foram elaborados diversos modelos, dada a necessidade de manter um conhecimento mais claro e organizado da solução, partilhado pelos diferentes elementos envolvidos na sua criação. As versões finais dos modelos elaborados serão também descritas, de modo a reflectir as principais decisões definidas para o preenchimento das necessidades enfrentadas.

4.1. Scrum

Para o desenho e implementação da ferramenta proposta foi adoptada a metodologia de desenvolvimento Scrum. A metodologia Scrum consiste numa *framework* (conjunto de conceitos) para a gestão do desenvolvimento de produtos de *software*, onde poderão ser aplicados diferentes processos ou técnicas de desenvolvimento. Esta *framework* é constituída pelas definições de equipas Scrum e dos seus papéis, eventos, artefactos e regras.

Para o projecto de desenvolvimento da solução proposta foi reunida uma equipa, sendo atribuídos os papéis definidos na metodologia Scrum, tendo-se um *Product Owner*, responsável por maximizar o valor do produto de *software* e o trabalho da equipa de desenvolvimento, um *Scrum master*, com a responsabilidade de garantir uma correcta implementação do Scrum e uma equipa de desenvolvimento constituída por um elemento, responsável pela entrega de incrementos funcionais do produto de *software*. O projecto de desenvolvimento foi constituído pelos diversos eventos Scrum, destacando-se os *Sprints*, que correspondem a períodos de um mês e incluem a criação de um incremento do produto de *software*, bem como eventos entre os *Sprints*, nomeadamente os planeamentos de cada *Sprint*, as revisões do trabalho concluído para cada *Sprint*, e as avaliações da forma como todo o trabalho foi executado em cada *Sprint*.

4.2. Product Backlog

Numa fase inicial do projecto, foi criado o primeiro artefacto definido pela metodologia Scrum: o *Product Backlog*. Este artefacto apresenta uma lista ordenada de

tudo o que poderá ser necessário incluir no produto de *software* e está em constante evolução no decorrer do projecto de desenho e desenvolvimento [24]. A versão final do *Product Backlog* pode ser consultada no anexo B do presente documento. Os itens deste artefacto são apresentados na sua maioria sobre o formato de *User Stories*, e foram organizados e categorizados para garantir uma fácil leitura e compreensão de toda a lista. Essencialmente, no *Product Backlog* são consideradas as categorias de visualização, criação, alteração e eliminação de elementos de rede e de exportação de documentos, que incluem os requisitos funcionais da ferramenta. Nas categorias de visualização e de exportação de documentos, incluem-se os seguintes aspectos gerais:

- Visualização de sinópticos dentro de zonas de rede;
- Visualização de representações em gráficos vectoriais de sinópticos da rede, incluindo cabos, juntas e terminações de rede;
- Visualização do interior de cabos (respectivos grupos e fibras) e do interior de cabos em juntas;
- Visualização de ligações de fibras a terminações;
- Exportação de representações de sinópticos de rede e do interior de juntas para documentos no formato PDF (*Portable Document Format*).

Nas categorias de criação, edição e eliminação, são considerados os pontos que se seguem:

- Criar, alterar e eliminar sinópticos em zonas;
- Criar e alterar tipos de cabo e códigos de cores associados;
- Criar, alterar e eliminar cabos, juntas e terminações;
- Criar e eliminar *splitters* em juntas;
- Gerir conectividade entre fibras e nos *splitters* em juntas.

No *Product Backlog* também são consideradas categorias que incluem requisitos não-funcionais, sendo de destacar os seguintes requisitos:

- A necessidade da ferramenta ser baseada na Internet, tendo compatibilidade com os *browsers* Microsoft Internet Explorer, Google Chrome e Mozilla Firefox;
- A necessidade de um mecanismo de autenticação no sistema, integrado com o sistema de autenticação existente na operadora;

- O suporte para utilizadores com permissões apenas de visualização e permissões de visualização e edição de informação na ferramenta;
- O suporte de um máximo de 20 utilizadores em simultâneo no sistema;
- A utilização da Zend Framework 1.12, e do sistema de gestão de bases de dados MySQL para a implementação do *software*.

4.3. Modelação

Adicionalmente à metodologia Scrum, tornou-se necessária a construção de diversos modelos, de forma a reunir e reflectir os aspectos essenciais do sistema desenhado e orientar todo o processo de implementação posterior. Foram, então, aplicados modelos no âmbito das principais propriedades consideradas para um produto de *software*: Arquitectura, Modelo de dados, Comportamento e Interface.

4.3.1. Arquitectura

Para representar os principais aspectos arquitecturais do sistema desenvolvido, foram utilizadas vistas de módulos e vistas componente-conector. As vistas de módulos são representações de um sistema através de um conjunto de módulos, sendo que cada módulo assume um conjunto de responsabilidades e pode ser capaz de comunicar com outros módulos. Os módulos irão corresponder a unidades de código (ficheiros) existentes na implementação [25]. As vistas componente-conector são representações de um sistema que compreendem elementos existentes no seu contexto de execução, tais como clientes, servidores, processos, entre outros [26]. Nas Figuras 37 e 38 são apresentadas as principais vistas de módulos e componente-conector da ferramenta. Foram ainda construídas algumas vistas de decomposição em módulos, para alguns dos módulos mais importantes do sistema. Estas vistas poderão ser consultadas na secção C.1. do anexo C.

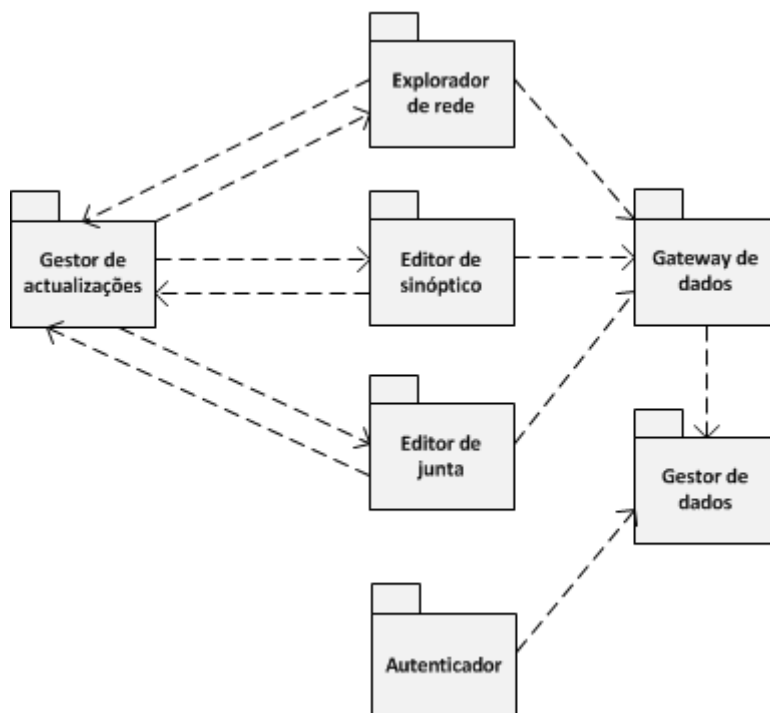


Figura 37 - Vista de módulos geral do sistema

Tabela 3 - Descrições dos principais módulos

| Módulo | Descrição |
|--------------------------------|---|
| Gestor de actualizações | Módulo responsável por receber alterações da informação e notificar os módulos necessários (para diferentes utilizadores). Também permite a gestão de permissões para edição de representações de sinópticos. |
| Explorador de rede | Módulo que apresenta e controla as funcionalidades e elementos associados aos sinópticos e comunica com o Gateway de dados para a gestão dos sinópticos de rede. |
| Editor de sinóptico | Módulo que apresenta e controla as funcionalidades e elementos associados aos elementos gerais de um sinóptico e comunica com o Gateway de dados para a gestão da informação do sinóptico. |
| Editor de junta | Módulo que apresenta e controla as funcionalidades e elementos associados a juntas. Comunica com o Gateway de dados para gerir informação da conectividade dos cabos da junta. |
| Gateway de dados | Módulo que actua como uma interface de submissão e obtenção de dados entre o Gestor de dados e o Explorador e |

| | |
|------------------------|---|
| | Editores. |
| Gestor de dados | Módulo responsável pela criação, actualização, eliminação e envio de informação ao Explorador e Editores. Permite o armazenamento persistente da informação, contendo uma interface para o sistema de gestão de bases de dados. |
| Autenticador | Módulo que apresenta e controla a funcionalidade e elementos relativos à autenticação de utilizadores. Comunica com o Gestor de dados para a gestão da autenticação do utilizador no sistema. |

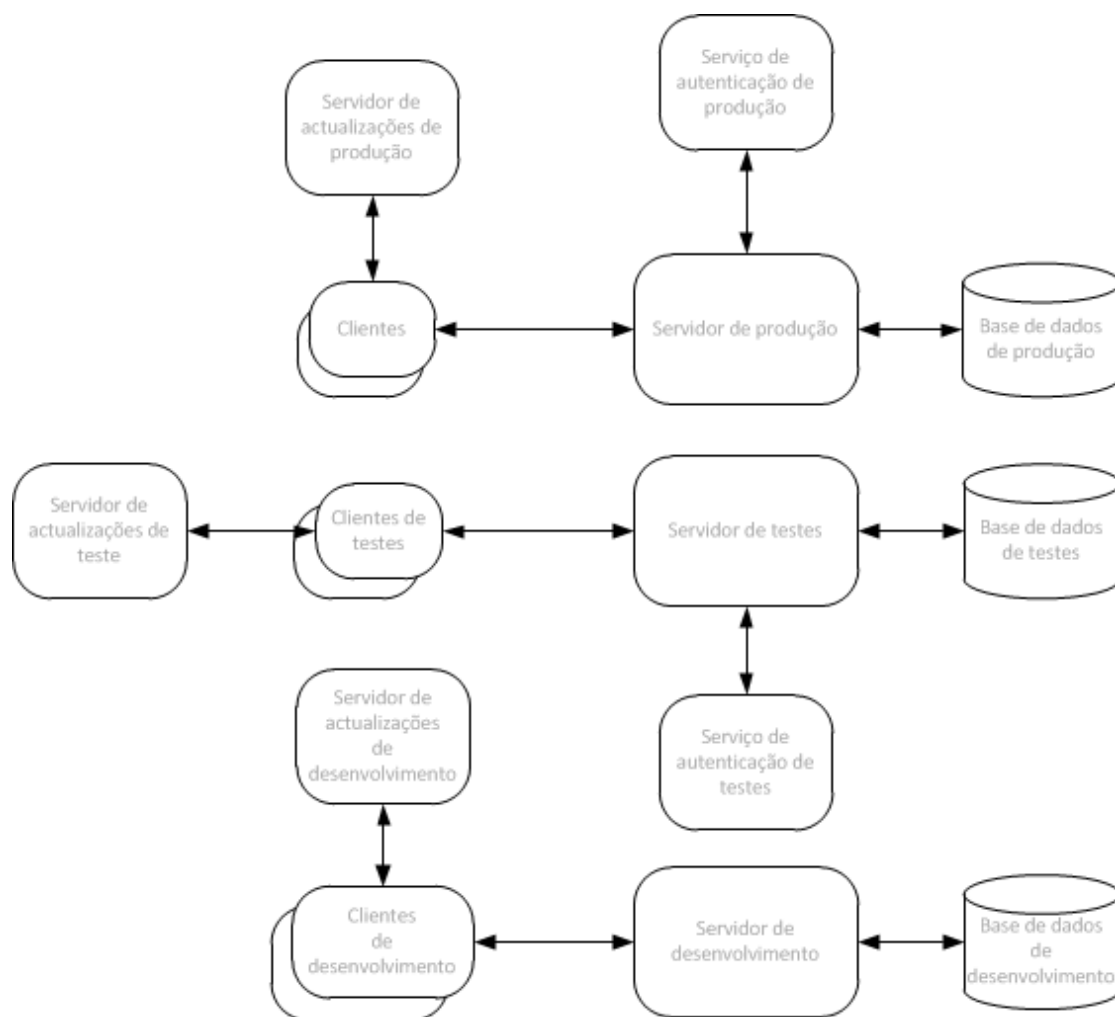


Figura 38 - Vista componente-conector

Na vista componente-conector (Figura 38) são apresentados diferentes servidores que integram a lógica do sistema desenvolvido, sendo de destacar que o servidor de desenvolvimento permitirá a execução de testes iniciais a novas versões da

ferramenta, o servidor de testes possibilitará a execução de testes das novas versões por parte dos utilizadores finais, e o servidor de produção está destinado à utilização de versões completamente funcionais da ferramenta, no contexto da operadora à qual a mesma se destina.

4.3.2. Modelo de dados

Para estabelecer um modelo dos dados que serão suportados pela ferramenta, foi construído um modelo de domínio (Figura 39). Este modelo reflecte os diferentes conceitos que deverão fazer parte do sistema e as suas associações. Por sua vez, cada conceito irá corresponder a uma tabela na base de dados do sistema. Tendo por base o modelo de domínio, foi também construído um modelo relacional que reflecte em detalhe a estrutura completa da base de dados do sistema. O modelo relacional pode ser consultado na secção C.1. do anexo C.

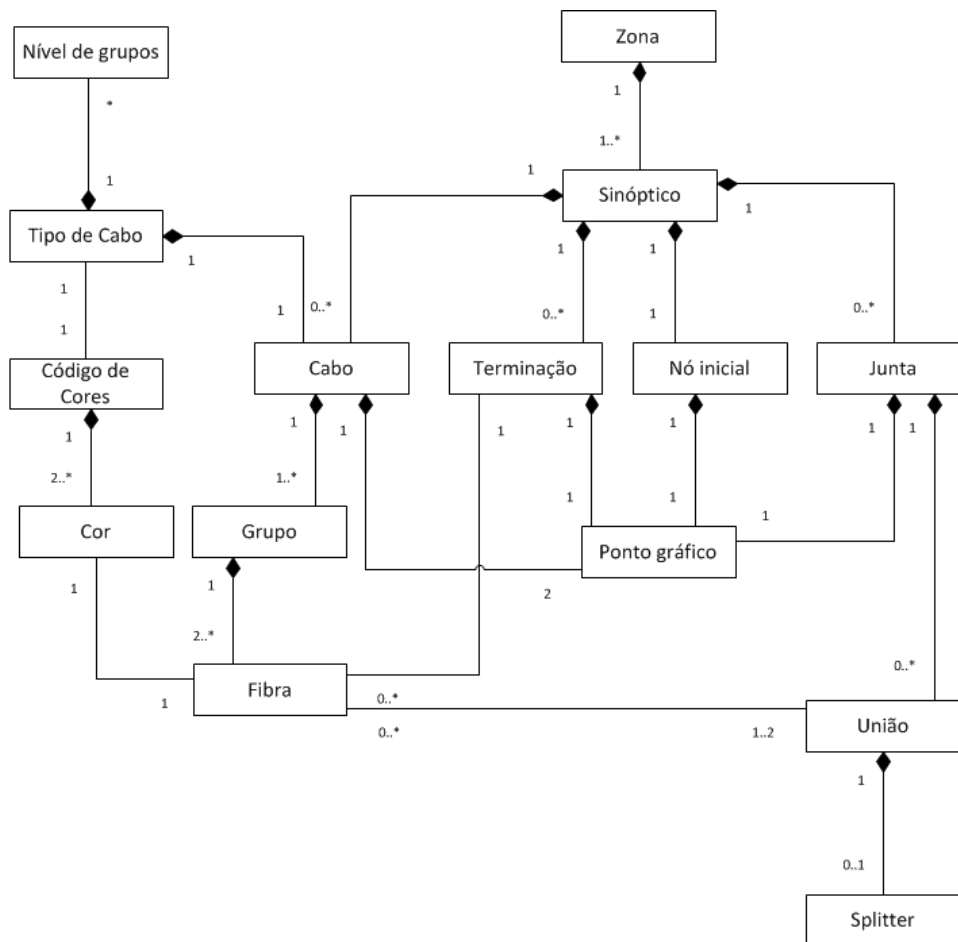


Figura 39 - Modelo de domínio

4.3.3. Comportamento

No âmbito do comportamento, é detalhada a lógica apresentada em traços gerais na arquitectura, sendo considerados todos os casos de utilização a serem incluídos no sistema, bem como o seu comportamento na ocorrência dos mesmos. Para reflectir tais aspectos, foi construído um mapa de casos de utilização, extraídos dos itens do *Product Backlog*. Este mapa transmite uma visão geral dos casos, bem como das associações entre os mesmos. Posteriormente, foi efectuada uma análise de robustez, através da elaboração de um diagrama de robustez para cada um dos casos de utilização essenciais. Cada diagrama reflecte as tarefas executadas pelo sistema, os fluxos de comunicação entre tarefas e os conceitos e interfaces envolvidos, no contexto do respectivo caso. Uma versão simplificada do mapa de casos, bem como alguns dos casos essenciais, são ilustrados nas Figuras 40 a 45. Na secção C.2. do anexo C poderão ser consultados os restantes diagramas de robustez elaborados, bem como um mapa de casos de utilização mais detalhado para o sistema.

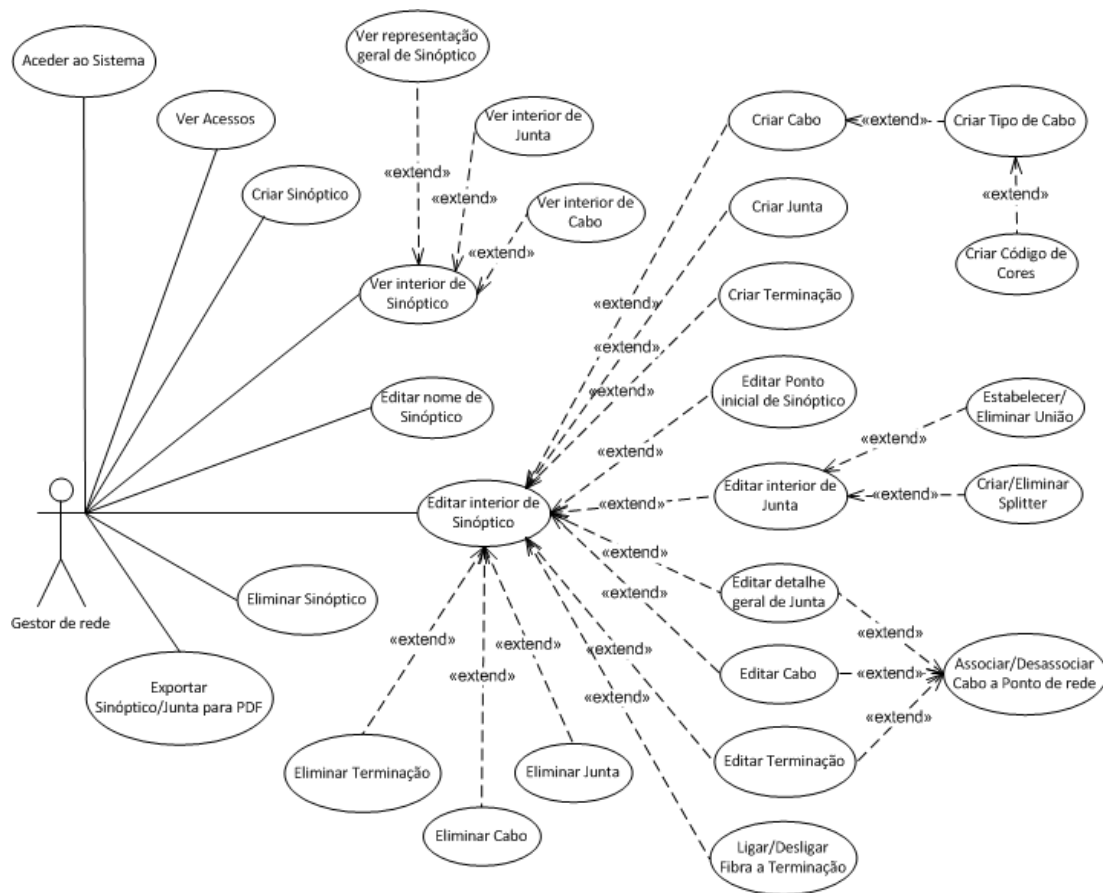


Figura 40 - Mapa de casos de utilização simplificado

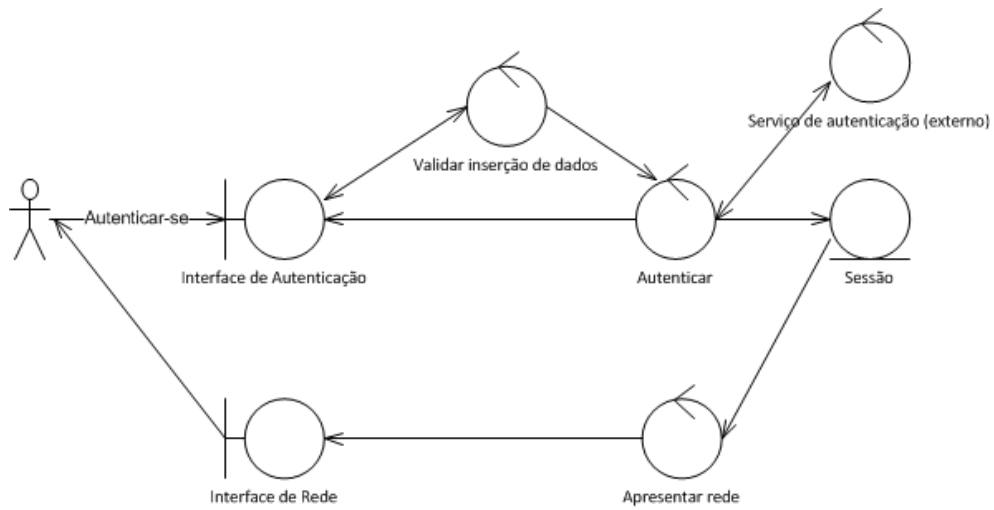


Figura 41 - Diagrama de robustez para o caso de utilização Aceder ao Sistema

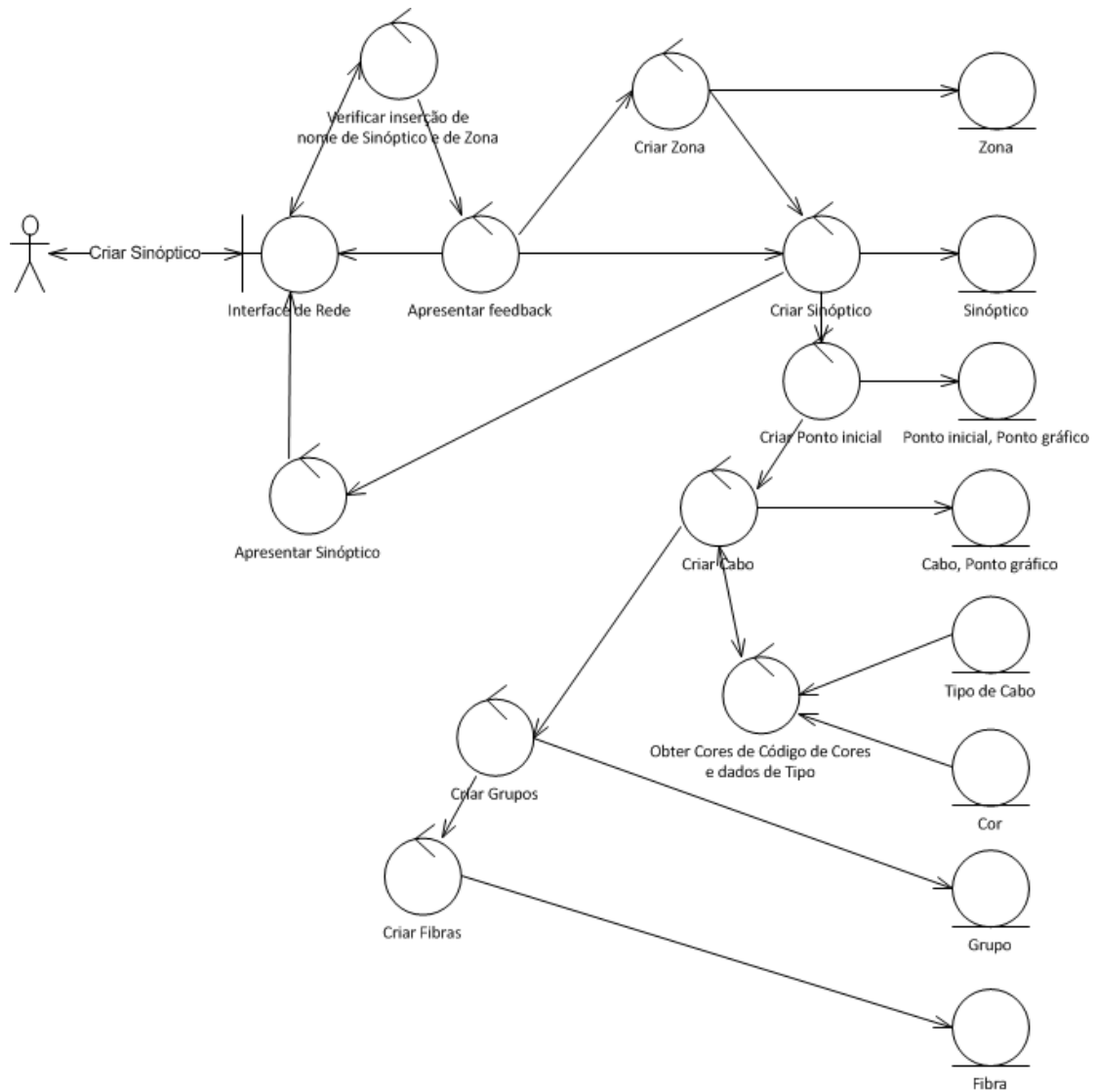


Figura 42 - Diagrama de robustez para o caso de utilização Criar Sinóptico

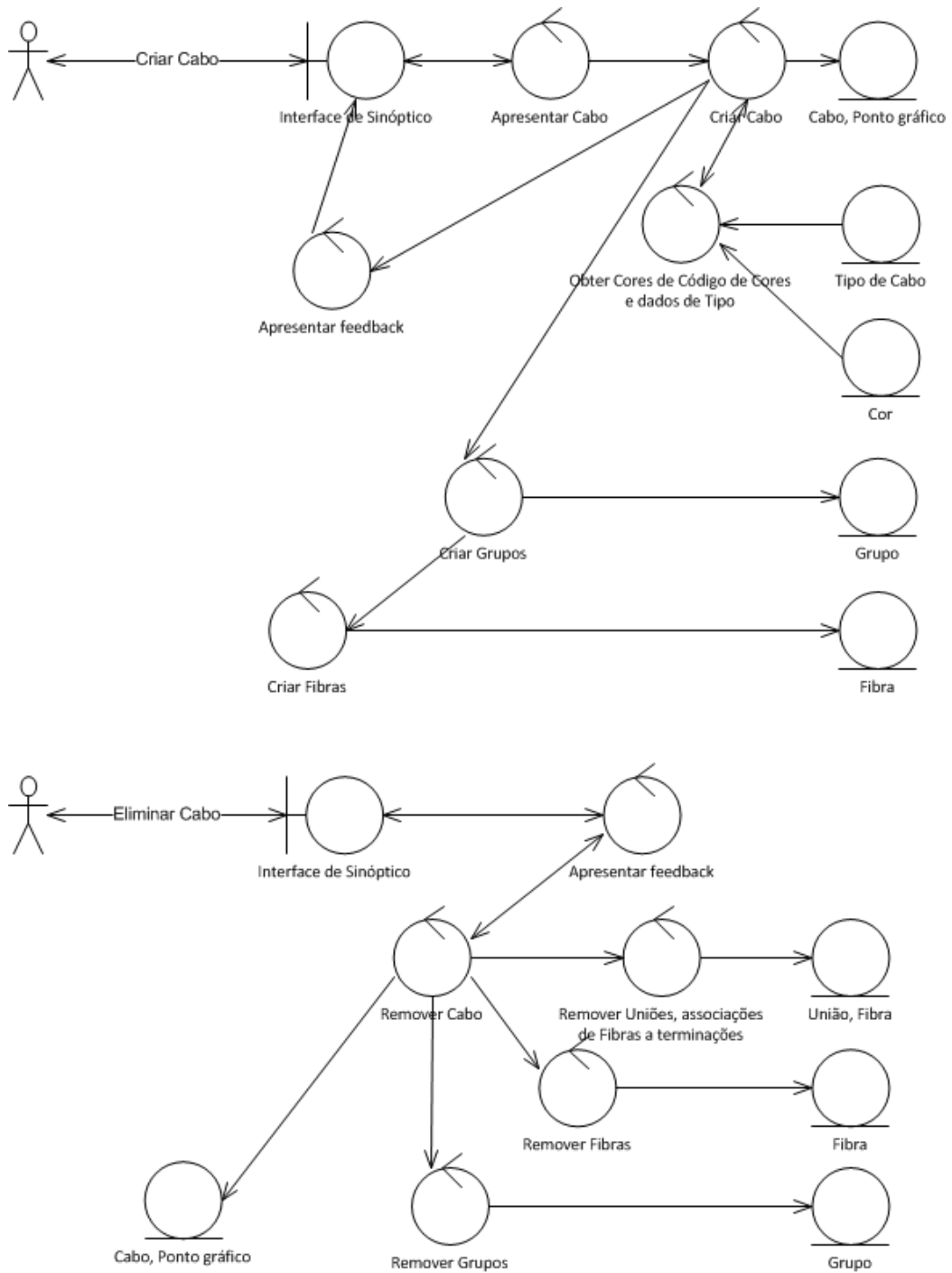


Figura 43 - Diagramas de robustez para os casos de utilização de Criar e Eliminar Cabo

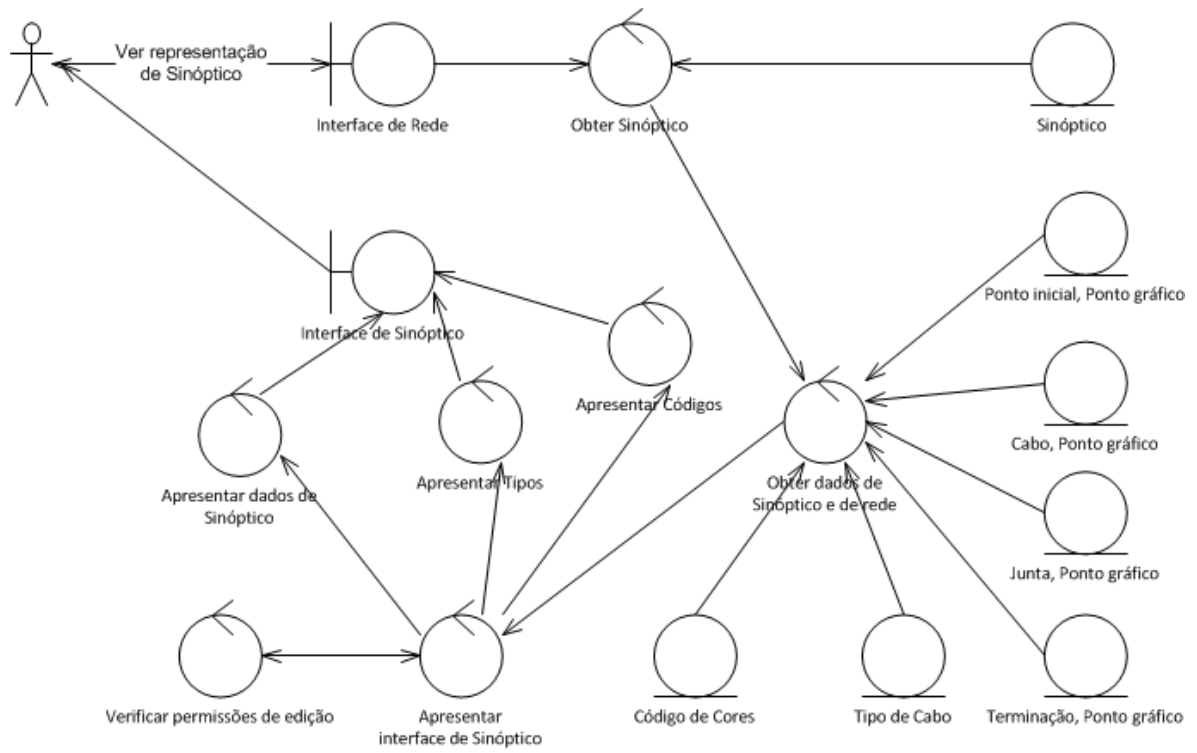


Figura 44 - Diagrama de robustez do caso de utilização Ver representação de Sinóptico

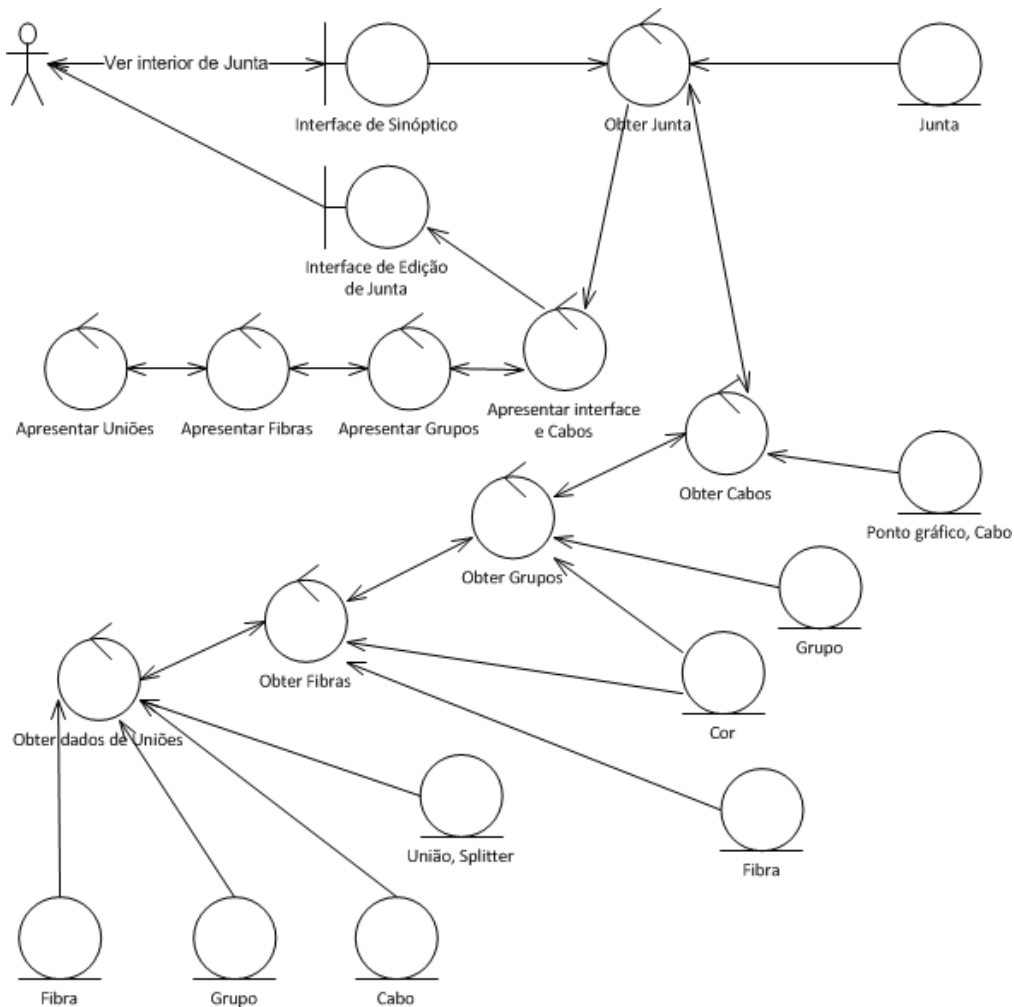


Figura 45 - Diagrama de robustez do caso de utilização Ver interior de Junta

4.3.4. Interface

Para desenhar e consolidar a interface de utilizador da ferramenta na sua completude, foi adoptada a criação de vários protótipos iniciais associados aos casos de utilização essenciais. Foram utilizados os protótipos abstractos canónicos, dada a sua simplicidade e flexibilidade, uma vez que possibilitam a criação de interfaces capazes de ilustrar qualquer elemento de uma interface de utilizador, reflectindo essencialmente a sua semântica e excluindo detalhes da forma como o elemento poderá ser implementado. Por exemplo, com os protótipos é possível representar um elemento de interface que corresponde a uma colecção de elementos que podem ser escolhidos, o que pode traduzir-se concretamente numa “check-box” ou num “radio button” na interface do sistema desenvolvido [27]. Desse modo, é também possível uma maior criatividade na construção das diferentes interfaces. Adicionalmente, foi elaborado um mapa de navegação da ferramenta, reflectindo as diferentes interfaces consideradas e a

forma como o utilizador poderá navegar entre as mesmas. Nesse mapa, as interfaces correspondem a páginas web ou a componentes de interface, existentes nas mesmas. Na Figura 46, é apresentado o mapa construído, incluindo as principais interfaces associadas aos casos de utilização essenciais. As Figuras 47 a 52 ilustram os protótipos das principais interfaces identificadas no mapa de navegação. Os restantes protótipos abstractos canónicos construídos podem ser consultados na secção C.3. do anexo C.

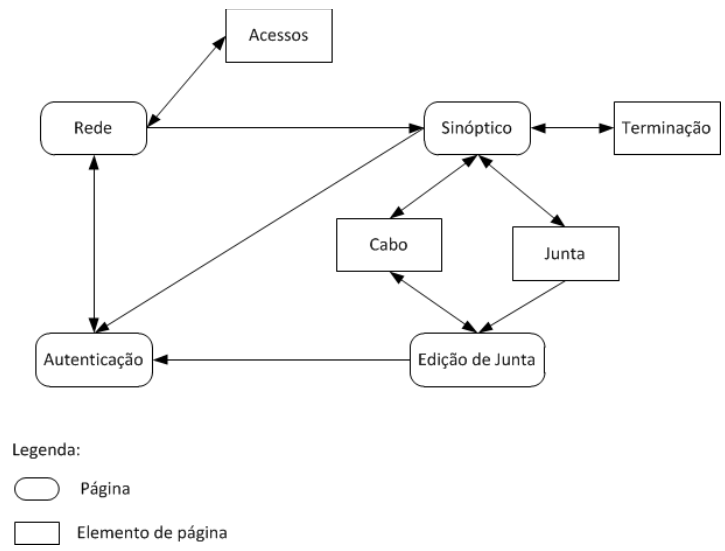


Figura 46 - Mapa de navegação

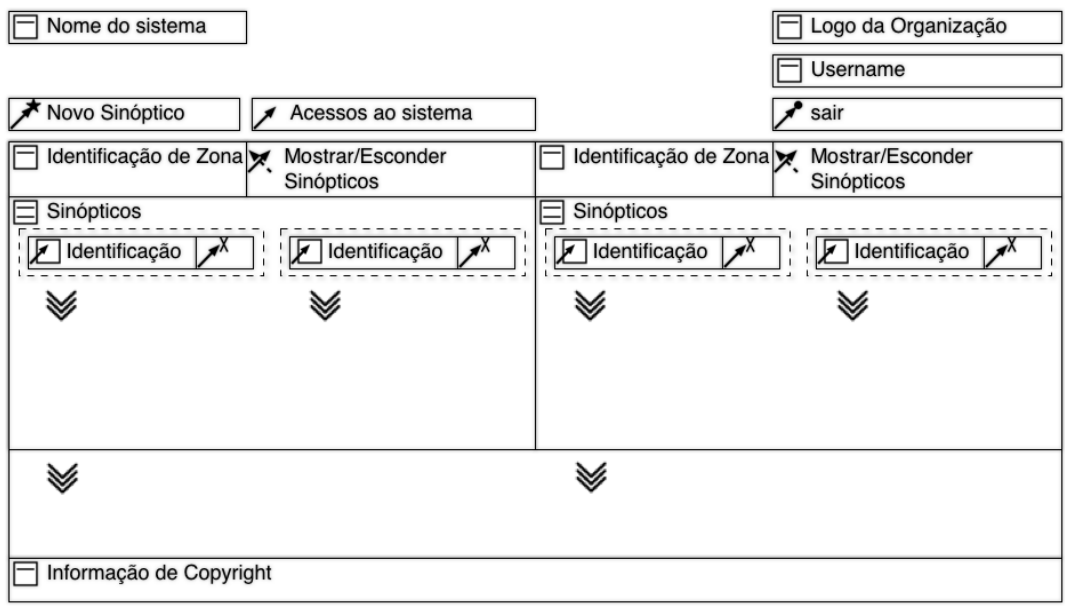


Figura 47 - Protótipo da interface de Rede

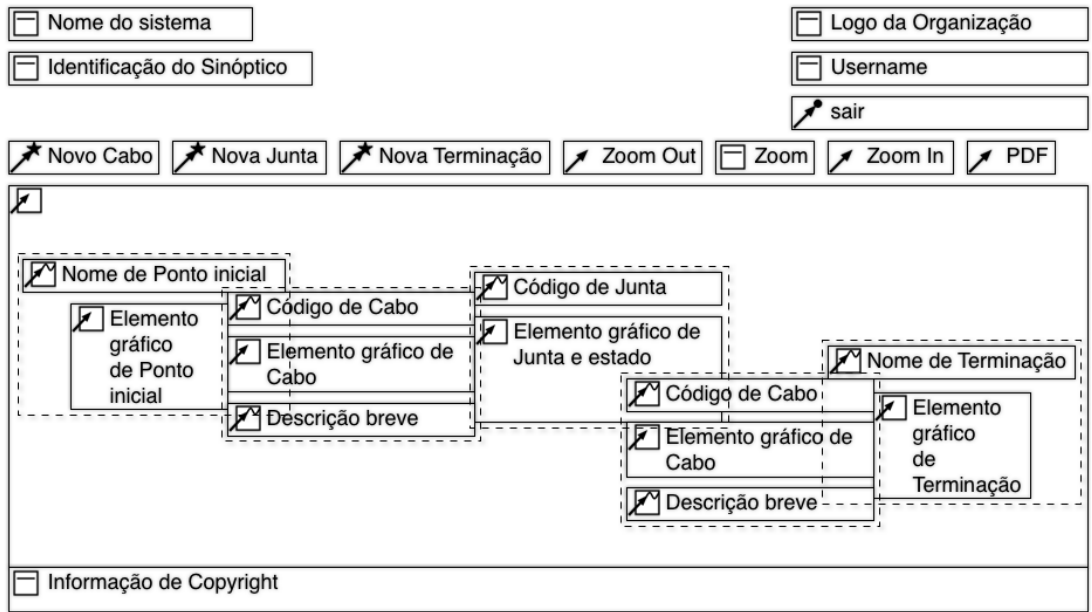


Figura 48 - Protótipo da interface de Sinóptico

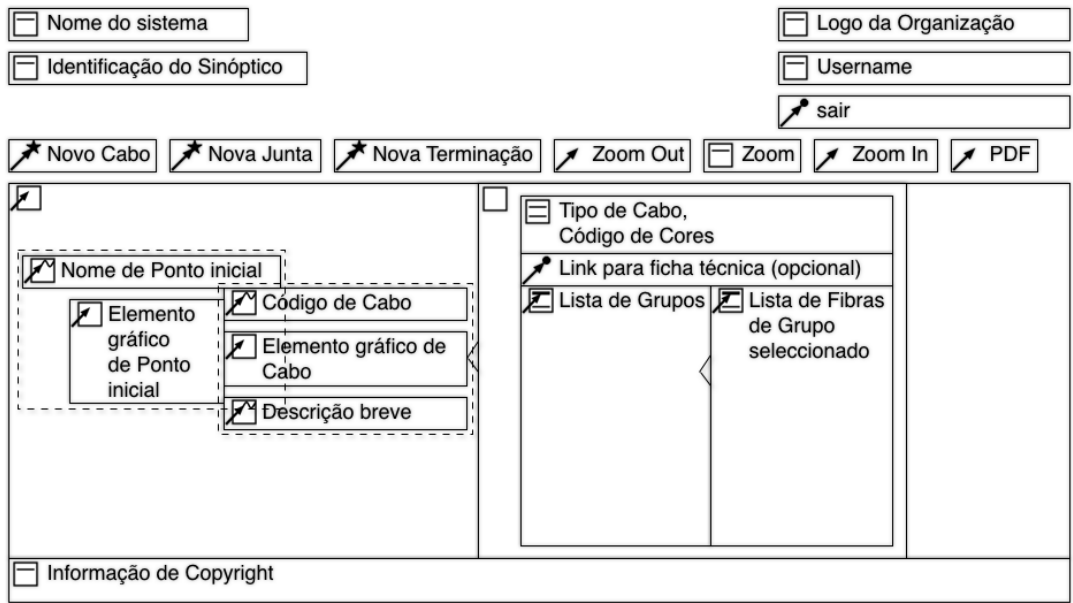


Figura 49 - Protótipo da interface de Cabo

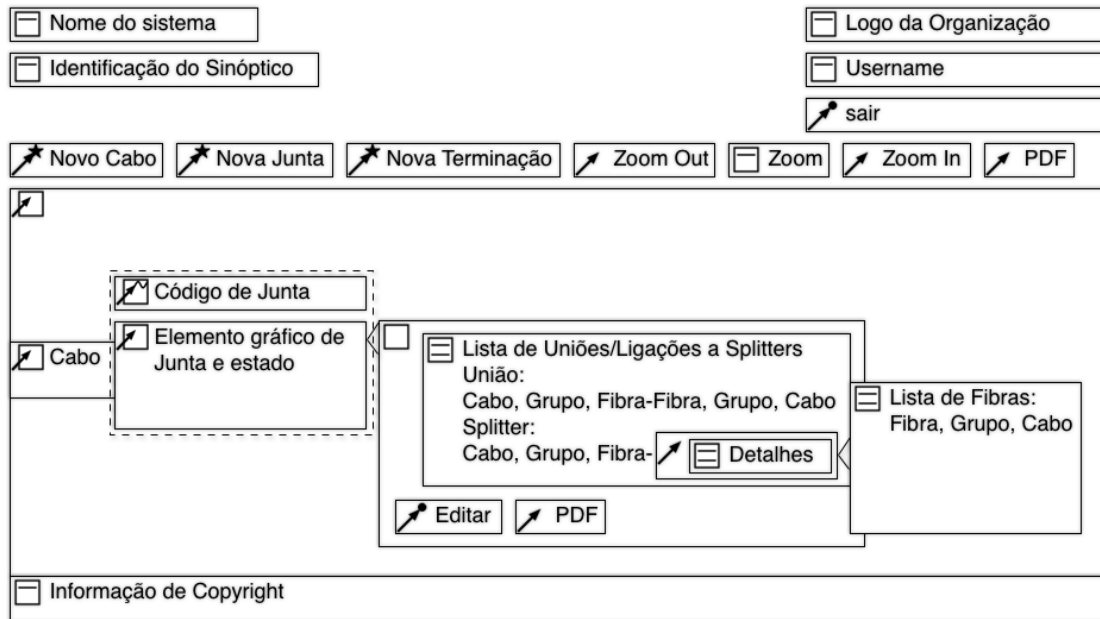


Figura 50 - Protótipo da interface de Junta

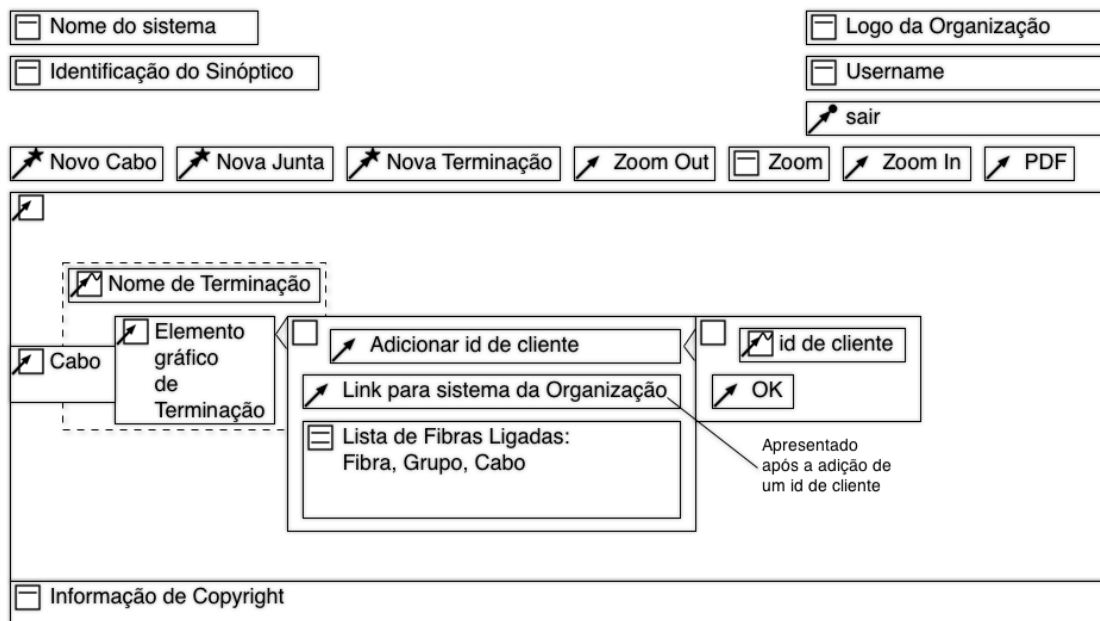


Figura 51 - Protótipo da interface de Terminação

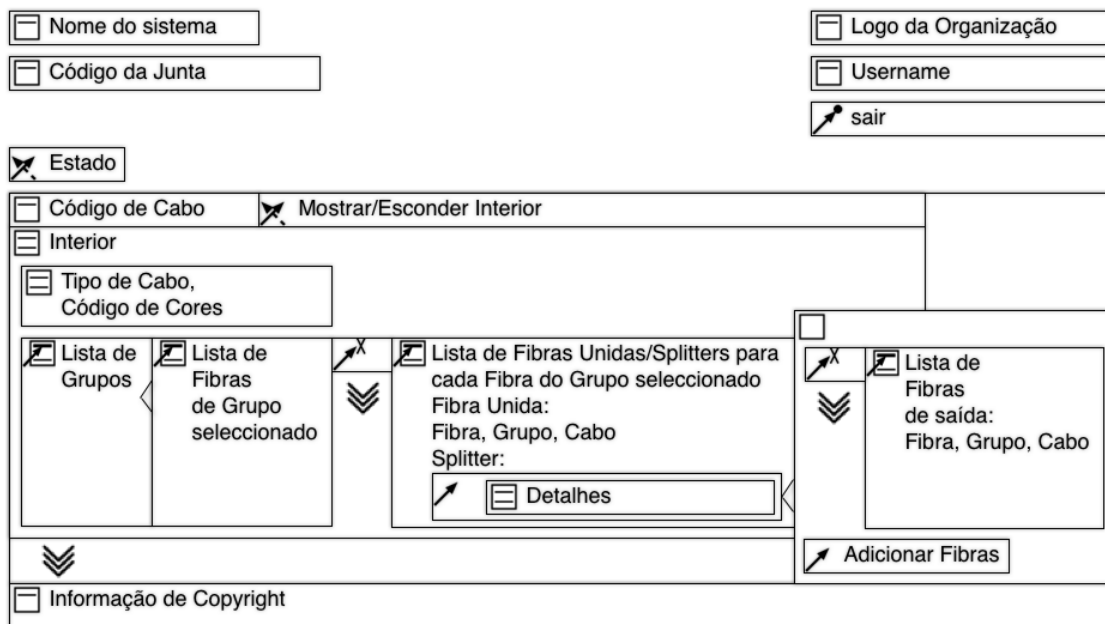


Figura 52 - Protótipo da interface de Edição de Junta

Todos os modelos apresentados reúnem os aspectos mais importantes do sistema e serviram para auxiliar o processo de implementação, uma vez que evidenciam as propriedades gerais que deverão ser implementadas e a sua importância relativa. Para satisfazer as propriedades reflectidas anteriormente, foram assumidas diversas decisões e adoptadas diferentes soluções na fase de implementação, que serão detalhadas no próximo capítulo.

5. Implementação

Ao longo deste capítulo serão apresentadas as decisões mais importantes tomadas para a implementação da ferramenta, assim como os aspectos exigidos pela operadora. Dada a ferramenta ser baseada na Internet como foi exigido no *Product Backlog*, é possível evidenciar três grupos principais de aspectos de implementação: a implementação do servidor, a implementação do cliente e a implementação de aspectos que envolvem o cliente e o servidor. Nestes grupos serão descritas as linguagens e principais práticas de código adoptadas, os principais padrões de desenho implementados, bem como as APIs (*Application Programming Interfaces*) utilizadas na codificação e algumas extensões desenvolvidas sobre as mesmas.

5.1. Implementação do servidor

Para a implementação do servidor foi utilizada a linguagem de programação PHP (*PHP: Hypertext Preprocessor*), uma vez que, numa fase inicial do projecto, foi exigida a utilização da mesma. A implementação de servidor utilizada foi a Apache HTTP Server, visto ser uma implementação robusta que inclui diversos módulos que possibilitam a apresentação de páginas em HTML (*Hypertext Markup Language*). Estas correspondem a páginas que podem ser reconhecidas por um *browser* e convertidas em interfaces, incluindo elementos próprios como botões, caixas de texto, entre outros. Os módulos da implementação Apache também permitem suporte à linguagem PHP e ao sistema de gestão de bases de dados MySQL. O sistema MySQL é também utilizado conforme exigido pelos requisitos e fornece uma solução acessível e segura para garantir persistência de informação. A ferramenta foi desenvolvida sobre o sistema operativo Microsoft Windows, recorrendo ao IDE (ambiente de desenvolvimento integrado) NetBeans, dada a sua facilidade de utilização e de integração com a Zend Framework, exigida nos requisitos.

5.1.1. Zend Framework

A Zend Framework é uma *framework* que inclui um conjunto de abstracções de código orientado a objectos na linguagem PHP que visam simplificar a implementação de aplicações e serviços web. Tais abstracções podem ser utilizadas individualmente, dada a arquitectura de fraca coesão da *framework*. As abstracções oferecem uma implementação robusta do padrão arquitectural Modelo-Vista-Controlador (MVC) e

uma abstracção compreensível para a interacção com bases de dados, que foram utilizadas neste contexto de implementação [28].

Foi adoptada uma arquitectura MVC, de acordo com a implementação recomendada pelos criadores da Zend Framework, uma vez que tal arquitectura implica a separação de código de apresentação, lógica de negócio e código de acesso à informação, o que permite uma melhor organização, compreensão e manutenção do mesmo. Para uma aplicação da arquitectura MVC numa ferramenta baseada na Internet a ser desenvolvida, é então recomendada a criação de **controladores de acção**, **modelos** e **vistas**, a partir das abstracções da *framework*. Os **controladores de acção** corresponderão a componentes da aplicação que incluem o seu fluxo de trabalho dividido em acções (lógica de negócio) e assumem a responsabilidade de mapear pedidos para as respectivas vistas e modelos. Estes componentes são definidos por classes. As **vistas** são escritas utilizando apenas PHP e podem incluir informação de apresentação em HTML. Os **modelos** são novamente componentes definidos por classes e podem permitir o acesso, suporte e manipulação de informações obtidas de bases de dados através de abstracções da *framework* [29]. Na implementação do sistema foram construídos controladores, vistas e modelos adoptando uma estrutura de ficheiros e directorias, gerada automaticamente pela integração entre a Zend Framework e o IDE utilizado. Adicionalmente, a Zend Framework é capaz de efectuar uma criação automática dos ficheiros e directorias de vistas, pela criação de controladores e de acções nos mesmos. Em concreto, para cada controlador criado, a *framework* pode criar uma directoria, e para cada acção criada num controlador, pode ser gerada automaticamente uma vista associada, dentro da directoria do controlador. Tais facilidades permitem uma implementação mais rápida e estruturada da arquitectura MVC.

Para a interacção com uma base de dados a partir da *framework*, é recomendada pelos criadores da mesma uma combinação de dois padrões de desenho: *Data Mapper* e *Table Data Gateway*. No padrão *Table Data Gateway*, um modelo (também designado por *Table Data Gateway*) é capaz de permitir a manipulação de informação existente numa tabela da base de dados. O mesmo componente deve incluir todo o código em SQL (*Structured Query Language*) necessário para interagir com uma única tabela. É então possível uma separação e localização mais fácil do código em SQL para interacção com a base de dados. O padrão *Data Mapper*, por sua vez, define que deve

existir um modelo (também designado por *Data Mapper*) que permita a transferência de informação entre a base de dados e outro modelo, que deverá suportar a informação, separando ambos. As definições dos modelos tornam-se assim independentes da estrutura da base de dados. Essas definições e a própria base de dados poderão então ser alteradas independentemente, dado o acoplamento fraco entre os componentes [30].

Os criadores da *framework* sugerem, em concreto, a criação de uma *Table Data Gateway* e de um *Data Mapper* para cada tabela da base de dados utilizada, sendo que cada *Data Mapper* deverá incluir a respectiva *Table Data Gateway* por composição. Essa estrutura permite uma alteração independente de aspectos de interacção com a base de dados, dos modelos da informação definidos por classes e da própria base de dados, e a flexibilidade de adequação de todos esses aspectos de acordo com as necessidades. Para cada tabela da base de dados construída para o sistema foram então criados os componentes e relações recomendadas, implementando-se uma combinação dos padrões *Data Mapper* e *Table Data Gateway* para toda a componente servidor do sistema.

Para satisfazer a necessidade de integração com o sistema de autenticação existente, foi também necessária e preferível a utilização da Zend Framework. Numa fase inicial, foi analisada a estrutura de serviços adoptada pela operadora local, de modo a identificar soluções de integração. Foi possível concluir, através da análise, que para providenciar os seus serviços, a operadora local adopta uma arquitectura orientada a serviços, que permite interacções entre diferentes serviços, os quais correspondem a componentes que fornecem benefícios de forma independente.

De modo a suportar tais interacções, cada serviço é exposto através de um *Web Service*. Um *Web Service* corresponde a um sistema de *software* que permite suportar a interacção entre sistemas sobre uma rede. Os *Web Services* incluem uma interface descrita utilizando a linguagem WSDL (*Web Service Description Language*) que as máquinas são capazes de processar.

Outros sistemas são capazes de interagir com *Web Services* sobre a forma especificada pelas suas interfaces, através de mensagens enviadas através do protocolo de comunicação SOAP (*Simple Object Access Protocol*), usado para o acesso a *Web Services* [31]. O protocolo SOAP possibilita a comunicação entre sistemas em funcionamento sobre diferentes sistemas operativos, tecnologias e linguagens de programação [32]. O sistema de autenticação da operadora corresponde então a um

serviço e, tal como outros serviços providenciados, é exposto através de um *Web Service* com o qual a ferramenta a ser implementada deve comunicar para determinar acessos e permissões de utilizadores. Para estabelecer essa comunicação, foi adoptada a implementação de um cliente SOAP definido pela Zend Framework, capaz de comunicar com um *Web Service*, tendo acesso à sua interface em WSDL. Esta solução permite uma implementação simples e compreensível da interacção pretendida com o serviço de autenticação, não implicando a integração de outra API, nem uma compreensão detalhada do protocolo SOAP.

Adicionalmente às abordagens adoptadas acima, foram também construídas algumas extensões à *framework* que poderão ser úteis em projectos futuros, sendo as mesmas descritas em seguida.

Para a inserção, alteração e eliminação de registos numa tabela de uma base de dados, a Zend Framework utiliza uma abstracção que permite uma execução atómica das mesmas operações. A execução atómica possível pela abstracção implica estabelecer uma ligação com a base de dados, executar uma operação envolvendo um único registo de uma tabela e terminar a ligação. Caso seja necessário executar várias operações, é possível executar as operações atómicas repetidamente. Contudo, essa abordagem traduz um maior tempo de execução devido à necessidade de criação de uma ligação à base de dados para cada operação. Devido à necessidade de efectuar várias operações sucessivas sobre a base de dados num menor tempo de execução, foi construída uma extensão à abstracção da *framework*, que permite uma execução de múltiplas operações do mesmo tipo, implicando apenas a criação de uma única ligação à base de dados. Contudo, a abstracção segue determinadas convenções no que respeita ao tipo de tabelas de base de dados que a mesma permite manipular.

A Zend Framework apresenta abstracções que auxiliam vistas, fornecendo métodos para construir, de forma iterativa, componentes de interface com a mesma estrutura a partir da referência de uma definição HTML nas vistas. Contudo, em cada novo componente de interface construído não é possível aceder a um contexto global da vista, e ao mesmo tempo a um contexto específico para o componente. Portanto, foi construída uma abstracção que permite aceder ao contexto global de uma vista nas iterações que permitem criar os componentes de interface, bem como especificar informação iterável, sendo que para cada iteração de criação de um componente de

interface pode ser acedida informação do conjunto de informação iterável, cuja posição no conjunto corresponda ao número da iteração (tendo-se um contexto específico para cada componente).

5.1.2. TCPDF

Para satisfazer o requisito de exportação de representações, é necessário o envio das representações apresentadas num *browser* (no cliente) para um servidor que inclua lógica que permita converter e exportar as mesmas representações num documento com o formato desejado, sendo, neste caso, considerado o formato PDF, que foi exigido no *Product Backlog*.

A conversão de representações para documentos PDF requer a utilização de uma abstracção inexistente na Zend Framework, tendo sido escolhida a abstracção TCPDF. Tal abstracção corresponde a uma classe que inclui um conjunto de métodos que permitem a geração de documentos no formato PDF [33]. Foi adoptada devido à sua flexibilidade, compatibilidade com os tipos de representações criadas e facilidade de integração com a Zend Framework.

A classe TCPDF foi integrada no mesmo servidor utilizado nas restantes operações e estendida, de modo a permitir a introdução de um cabeçalho próprio nos documentos gerados que possa ser personalizado. Adicionalmente, a extensão implementa métodos para conversão de unidades de dimensão das representações obtidas do cliente, úteis para o seu posicionamento nos documentos gerados.

5.2. Implementação do cliente

Para a implementação do cliente foi utilizada a linguagem JavaScript, dada a sua facilidade de integração com HTML e PHP. Para a aplicação de estilos de formatação aos elementos construídos a partir de definições em HTML, foi adoptada a utilização e criação de ficheiros CSS (*Cascadeless Style Sheets*). Estes ficheiros incluem estilos de formatação para elementos definidos em HTML, que definem como os elementos são apresentados. A utilização de CSS permite localizar e isolar a alteração de estilos.

5.2.1. Dojo Toolkit

O Dojo Toolkit corresponde a uma biblioteca de desenvolvimento sobre JavaScript que inclui uma série de pacotes, que correspondem a directorias. Os pacotes, por sua vez, incluem diferentes módulos, que correspondem a classes JavaScript, definidas através do próprio *toolkit*. Tais módulos permitem satisfazer um conjunto de necessidades no contexto do cliente numa aplicação baseada na Internet. Este *toolkit* foi escolhido para auxiliar a implementação do cliente, dada a facilidade de integração do mesmo com a Zend Framework e a utilidade das suas abstrações. Seguidamente, serão descritos os principais pacotes e respectivos módulos do *toolkit*, utilizados num contexto de implementação.

5.2.1.1. Dojo

O pacote Dojo é o principal pacote do Dojo Toolkit. Dentro deste pacote foram utilizados principalmente os seguintes módulos:

- `dojo/dojo`, o módulo de arranque do *toolkit*, que serve para carregar todos os restantes pacotes e módulos;
- `dojo/_base/declare`, o módulo utilizado para a definição de classes JavaScript;
- `dojo/on` e `dojo/_base/connect`, os módulos utilizados para o tratamento de eventos da interface, definidos pelo *toolkit*, associados a eventos do DOM (*Document Object Model*);
- `dojo/parser`, o módulo usado para a criação de componentes de interface;
- `dojo/request/xhr`, o módulo usado para o tratamento de pedidos AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*);
- `dojo/json`, o módulo usado para tratamento de JSON (*JavaScript Object Notation*);

Adicionalmente, foram utilizados módulos para manipulação de elementos do DOM que correspondem aos componentes mais atómicos das interfaces construídas. É de destacar o uso do módulo `dojo/query`, que permite encontrar determinados elementos do DOM com base em certos critérios e do módulo `dojo/dom-construct` que permite a construção e posicionamento de elementos do DOM [34].

5.2.1.2. Dijit

O Dijit corresponde ao pacote de interface de utilizador do Dojo Toolkit. Este pacote inclui módulos de *widgets*, que correspondem a elementos de interface de utilizador. Os *widgets* podem ser criados individualmente, a partir de referências a elementos do DOM e dos respectivos módulos do Dijit ou através do módulo *dojo/parser*. O módulo *dojo/parser* é capaz de procurar todo o DOM por elementos que incluam informação sobre módulos de *widgets* associados, e de converter esses elementos para os respectivos *widgets* [35].

Um *widget* criado através do toolkit consistirá num objecto JavaScript associado a um conjunto de elementos do DOM, que integra informação apresentada nesses elementos. Comparativamente a uma arquitectura MVC, é possível definir um *widget* como um controlador que interage com uma vista, neste caso, o conjunto de elementos do DOM e com um modelo, integrado no próprio controlador.

Foram utilizados diversos *widgets* na ferramenta desenvolvida, uma vez que estes permitem minimizar a quantidade de elementos de apresentação definidos em HTML que devem ser enviados pelo servidor, contribuindo para acelerar a sua resposta aos clientes. Tal é possível dado que o Dojo Toolkit confere aos clientes a capacidade de, na criação de *widgets*, criar os elementos do DOM necessários, tendo acesso a apenas alguns elementos do servidor. Contudo, o tempo perdido na criação poderá variar dependendo do contexto de execução do cliente (tipo de *browser*). No entanto, para os *browsers* onde é suportada a ferramenta, o tempo de criação dos *widgets* foi aceitável pelos utilizadores e não apresenta grandes variações. Adicionalmente, a semântica compreensível e a possibilidade de utilização modular dos *widgets* contribuíram para a sua adopção.

Devido à necessidade de construir componentes de interface pouco convencionais, foram também construídos novos módulos de *widgets* no pacote Dijit, sendo de destacar os módulos aplicáveis a contextos de uso mais geral, tais como:

- Um módulo criado para construir um menu na interface que permita convenientemente manter “pop-ups” abertos para itens do menu, quando o utilizador altera o foco para outro elemento do sistema operativo ou para outra página na Internet, existente num separador ou noutra instância de um *browser*,

uma vez que tal não é suportado pelos menus definidos no *toolkit*. Contudo, os “pop-ups” são fechados ao ser efectuado um clique fora dos mesmos, na página onde são apresentados.

- Um módulo que permite a abertura de uma caixa de diálogo modal, que corresponde a um elemento de interface que ao ser apresentado estabelece um modo que impede a interacção com a interface subjacente. Esta caixa difere das caixas de diálogo modais definidas no *toolkit*, dado que pode ser fechada ao efectuar um clique fora da mesma, em vez de obrigar a um clique num botão, permitindo voltar mais rapidamente à interface subjacente.

5.2.1.3. *DojoX.gfx*

No processo de desenho da ferramenta foi evidenciada a necessidade de construção de uma interface de gráficos vectoriais para visualização e gestão dos sinópticos de rede. Para auxiliar a construção de tal interface, foi adoptado o DojoX.gfx, que corresponde a um sub-pacote do pacote DojoX, um dos principais pacotes do Dojo Toolkit. Este sub-pacote consiste numa API para gráficos vectoriais, independente da plataforma. Foi seleccionada esta API essencialmente devido ao facto de permitir isolar as aplicações Web das diferenças entre as implementações de gráficos vectoriais, suportadas pelos diferentes *browsers*, evitando a criação de lógica adicional para suportar cada implementação. O facto de a API apresentar o maior nível de compatibilidade para os *browsers* relevantes, em comparação com as restantes soluções encontradas, também motivou a sua utilização [36].

Adicionalmente, a API foi estendida criando-se uma classe JavaScript que possibilita a alteração das dimensões de um grupo de gráficos vectoriais apresentado na interface, o que pode ser designado comumente como a execução de operações de *zoom in* (aumentar as dimensões) e *zoom out* (diminuir).

5.2.1.4. *Bootstrap*

O Bootstrap corresponde a uma *framework* construída sobre CSS e JavaScript que fornece um conjunto de componentes para a aplicação de estilos de formatação em elementos definidos por HTML e inclui imagens, CSS e código JavaScript [37]. Para a construção das interfaces da ferramenta foram essencialmente utilizadas classes CSS definidas nesta *framework*.

5.3. Implementação cliente-servidor

Para suportar um mecanismo de actualização das representações de rede em tempo real, apresentado na arquitectura do sistema no capítulo anterior, tornou-se necessária a implementação de uma solução aplicada no cliente e no servidor.

5.3.1. Node.js

Para o servidor foi utilizada a plataforma Node.js, que corresponde a uma *framework* assíncrona, baseada em eventos, construída sobre JavaScript. Esta *framework* permite a utilização de código JavaScript no lado servidor (*Server Side JavaScript*), possibilitando a criação e o arranque de servidores escritos em JavaScript. Os servidores inicializados aguardam eventos e podem efectuar tratamento definido na ocorrência dos mesmos [38]. Para a ferramenta construída foi criado um servidor adicional em JavaScript recorrendo a esta *framework* (que corresponde ao servidor de actualizações, reflectido na arquitectura).

5.3.1.1. Forever

A plataforma Node.js permite a inicialização de um servidor numa qualquer porta de um sistema computacional, contudo não permite que o servidor se mantenha em funcionamento indefinidamente. O módulo Forever pode ser adicionado à *framework* Node.js e permite inicializar e manter um servidor em funcionamento de forma indefinida. É adicionalmente possível interromper a execução do servidor e manter um ficheiro onde o servidor pode adicionar informação de execução, entre outras funcionalidades [39].

5.3.1.2. Faye

O Faye é um sistema *publish-subscribe* de mensagens baseado no protocolo Bayeux, um protocolo que permite o transporte de mensagens assíncronas, essencialmente sobre HTTP, possibilitando uma comunicação bidireccional entre clientes e servidores Web [40]. O sistema fornece implementações de servidores de mensagens sobre a *framework* Node.js e de clientes que podem ser utilizados no servidor, bem como nos *browsers* mais comuns [41]. Em termos gerais, o sistema define um conjunto de elementos essenciais para a comunicação:

- Um cliente, que pode comunicar com outros clientes e existir num *browser* ou num servidor.
- Uma mensagem, que corresponde a um objecto JavaScript enviado;
- Um canal, que corresponde a um elemento com um nome, ao qual vários clientes podem inscrever-se e publicar mensagens. Um cliente inscrito a um canal pode receber mensagens publicadas no mesmo.
- Um servidor, que regista os canais existentes e clientes inscritos aos mesmos e é capaz de encaminhar mensagens publicadas por clientes para clientes inscritos em canais.

Este sistema foi adoptado devido à sua semântica simples de implementação e ao facto de ser suportado em todos os *browsers* com os quais a ferramenta desenvolvida deve ser compatível.

Através da utilização do Faye na implementação da ferramenta, foi construído um servidor central, um cliente no servidor central e clientes para cada interface, existentes nos *browsers*. Quando um cliente efectua uma alteração em determinadas informações de rede, o mesmo publica informação sobre tais alterações em canais apropriados, sendo que os clientes inscritos a esses canais recebem essa informação e actualizam as informações apresentadas nas suas interfaces. A adopção de um mecanismo de actualização para toda a informação não foi considerada, dado o seu baixo nível de prioridade no contexto de desenvolvimento, combinado com a necessidade de desenho de diversos aspectos de interface capazes de manter o estado do sistema visível e compreensível, no contexto de actualizações. Foi então aplicada uma abordagem onde, em termos gerais, é evitado que, na interface de sinóptico, para um mesmo sinóptico possa existir mais do que um utilizador com capacidades de edição do mesmo. Essa abordagem é garantida pelo servidor central, que mantém informação da disponibilidade de edição dos sinópticos e pelo cliente no servidor, que envia a informação aos restantes clientes. Quando um cliente acede a um sinóptico, o mesmo informa o servidor que esse sinóptico deverá ficar indisponível para edição para outros clientes. Na altura em que um cliente é eliminado e deixa de ter acesso a um sinóptico, o servidor reconhece que o cliente não está activo e volta a tornar o sinóptico disponível. Em ambos os casos, o cliente no servidor publica as informações de disponibilidade nos canais dos respectivos clientes.

Adicionalmente, alguns clientes subscrevem-se em canais privados, dedicados exclusivamente aos mesmos. Esses canais permitem ao cliente no servidor central publicar o estado da disponibilidade de sinópticos a clientes específicos, uma vez que essa informação é mantida exclusivamente num modelo do servidor. O uso de canais privados minimiza a execução de encaminhamentos por parte do servidor, bem como a sobrecarga na comunicação.

5.4. Funcionalidades implementadas

No que respeita às funcionalidades, apenas as funcionalidades opcionais definidas nos itens do *Product Backlog* não foram implementadas, tendo sido concluídas todas as restantes. Em seguida, serão descritos e apresentados os principais aspectos funcionais da ferramenta, focando-se a forma como os mesmos são suportados. É de salientar que, quanto aos esquemas de interacção, a ferramenta assume as mesmas convenções adoptadas pelo Microsoft Visio, garantindo uma adaptação mais rápida à sua utilização.

5.4.1. Gestão de sinópticos e zonas

O sistema desenvolvido pode então ser acedido através de um *browser* suportado, num computador com um qualquer sistema operativo. Ao ser visitada qualquer página do sistema, o utilizador é redireccionado para uma interface que permite uma autenticação, através da introdução de um nome de utilizador e de uma palavra passe. Após uma autenticação bem-sucedida, é apresentada a interface de rede do sistema, constituída por um segmento central que poderá incluir diversos itens (Figura 53).

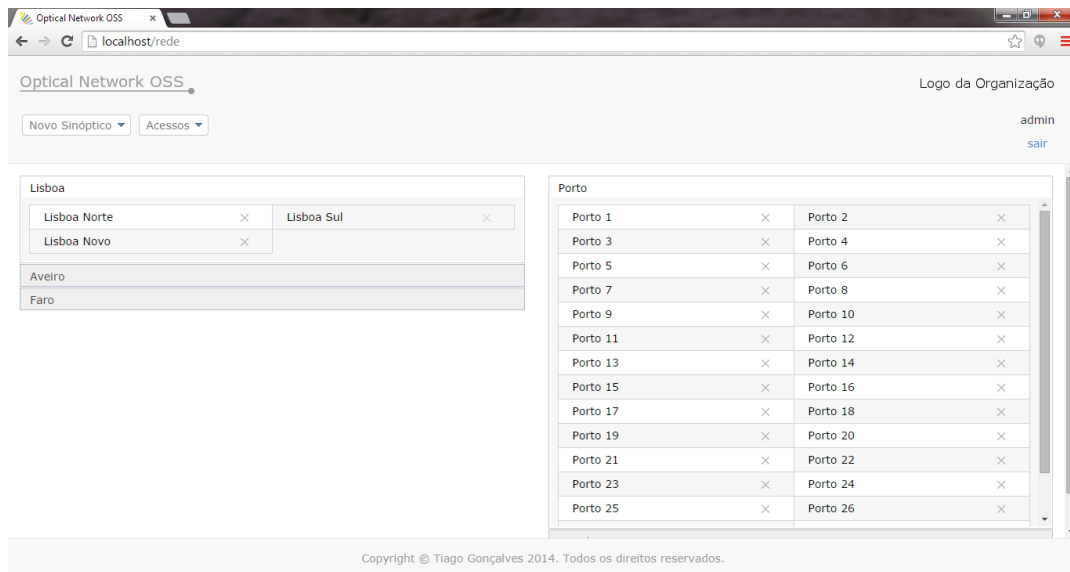


Figura 53 - Interface de rede do sistema

Os itens que incluem outros itens representam zonas de rede e os itens no interior de zonas representam sinópticos de rede. Para visualizar sinópticos existentes numa zona é necessário a selecção do respectivo item da zona. A interface de rede, além de satisfazer funcionalidades relativas à visualização de sinópticos e zonas de rede, também permite a criação, eliminação e edição dos sinópticos, bem como a visualização do seu interior.

Novos sinópticos são criados através do preenchimento do formulário de criação, ilustrado na Figura 54, na secção da esquerda. Após um preenchimento válido do formulário, é criado um novo item de um sinóptico (Figura 54, secção da direita). Se a zona especificada no formulário já existe, o sinóptico é criado dentro da mesma. Caso a zona especificada não exista, é criada uma nova zona, incluindo o sinóptico criado. Quando um sinóptico é criado, o sistema constrói também um nó inicial para o sinóptico e um cabo associado ao nó, (com base num tipo de cabo e num código de cores que devem existir na base de dados e são criados na instalação do sistema).

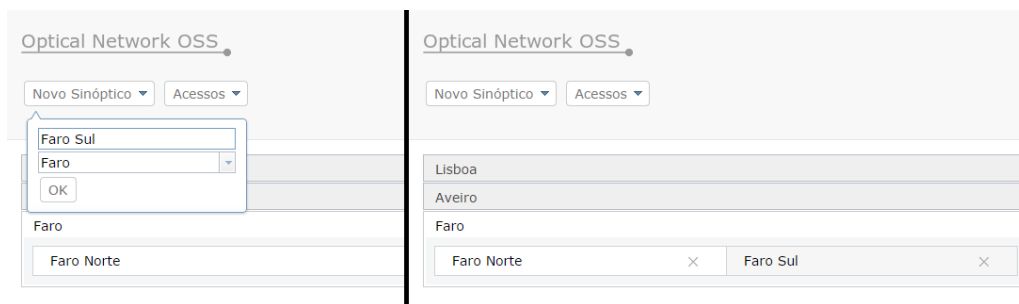


Figura 54 - Fases de criação de um sinóptico no sistema

A selecção de um item de um sinóptico apresenta um menu com as opções de modificação da identificação do mesmo e de visualização do seu interior (Figura 55).

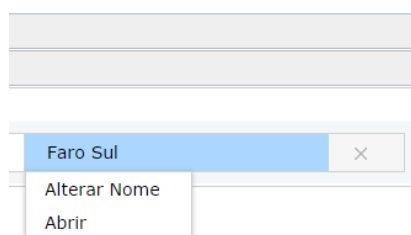


Figura 55 - Opções de sinóptico no sistema

A opção de visualização do interior do sinóptico (Abrir), permite a abertura de um novo separador (ou janela) do *browser*, que apresenta a interface de sinóptico, incluindo a representação gráfica dos elementos do respectivo sinóptico.

5.4.2. Gestão de cabos e pontos em sinópticos

Na interface de sinóptico (Figura 56), podem ser representados os cabos, juntas, terminações e o nó inicial de um sinóptico. As representações reflectem apenas o essencial e não apresentam aspectos detalhados numa fase inicial, o que torna a sua compreensão mais rápida e minimiza falhas de interpretação.

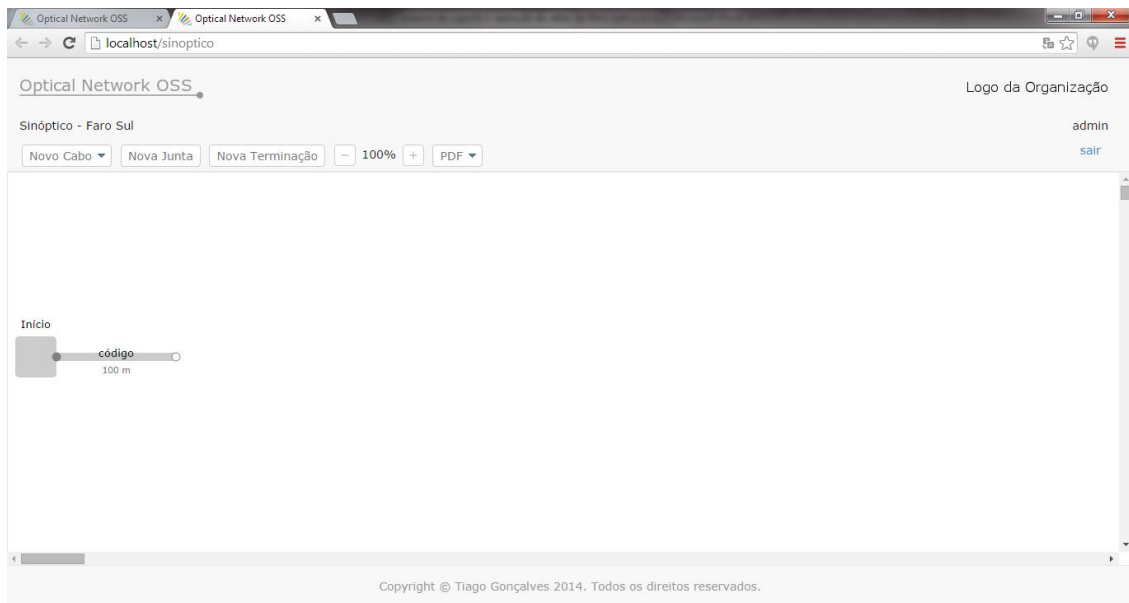


Figura 56 - Interface de sinóptico no sistema

A interface de sinóptico reúne as funcionalidades essenciais de criação, edição e eliminação de cabos, juntas e terminações e de criação e edição de tipos de cabo e de códigos de cores. Para auxiliar a visualização, esta interface permite efectuar operações de *zoom* sobre a totalidade das representações e movimentar as mesmas. No contexto da criação de documentos PDF, a interface oferece as opções de colocar a totalidade da representação de um sinóptico ou apenas a parte visível num documento PDF.

Para a criação de um cabo, o utilizador pode seleccionar a respectiva opção de criação, existente no topo da interface de sinóptico, sendo apresentada uma lista de tipos de cabo existentes, bem como a possibilidade de criação de novos tipos de cabo, como ilustra a Figura abaixo.



Figura 57 - Opções de criação de cabo no sistema

Para a criação de um novo tipo de cabo, pode ser apresentado um formulário, onde devem ser introduzidas informações para o mesmo, como ilustra a Figura 58.

Tipo de Cabo

Clique fora para cancelar

Nome do tipo

Níveis:

Nível 1:
Número de grupos

Novo Nível

Número de fibras

Número total de grupos

Número de fibras por grupo

http:// Link para ficha técnica

Código de cores:
standard Ver Editar

Novo Código de Cores

OK

Figura 58 - Formulário de criação de tipo de cabo no sistema

Nesse formulário é também necessário a escolha de um código de cores, sendo oferecida a possibilidade de criar e editar códigos de cores. As opções de criação e de edição de um código de cores, permitem a apresentação de um formulário para a introdução ou alteração do nome para o código, e para a escolha de cores de uma grelha, para o mesmo (Figura 59). As cores seleccionadas são listadas por ordem de selecção.

Nível 1:

Nome do código de cores

OK

Novo Código de Cores

Figura 59 - Formulário de criação de código de cores no sistema

Ao seleccionar um tipo de cabo da lista, é criado um cabo desse tipo, que irá incluir os números de grupos e de fibras definidos no tipo, com as cores definidas no respectivo código de cores associado ao tipo. A representação gráfica do cabo é incluída na interface após a sua criação. A representação de um cabo criado pode então ser movimentada como um todo, ou apenas um dos seus pontos terminais pode ser movimentado. Ao colocar um ponto terminal do cabo sobre um ponto da rede, o ponto terminal é associado ao ponto da rede. No contexto de tal associação, ao ser movimentado o ponto de rede, o sistema garante uma ligação gráfica do cabo ao mesmo. Um cabo pode também ser desassociado de um ponto de rede, sendo para tal necessário movimentar o ponto terminal do cabo associado e colocar o mesmo fora das proximidades de pontos de rede.

Juntas e terminações podem também ser criadas a partir das respectivas opções na interface de sinóptico. Após a selecção de uma das opções, o respectivo ponto de rede é criado com informações por defeito, sendo apresentada a sua representação gráfica na interface. As identificações e descrições de qualquer elemento da rede criado podem ser alteradas, após ser efectuado um duplo clique sobre as mesmas.

É também possível a criação de cabos a partir de juntas e de pontos de rede a partir de pontos terminais de cabos criados. Para criar uma junta ou uma terminação a partir de um ponto terminal de um cabo criado, basta posicionar o cursor sobre o ponto terminal do cabo ao qual se pretenda associar o ponto de rede, o que permite a apresentação de opções próximas do cabo para a criação dos pontos. Ao seleccionar a opção de criação do ponto desejado, um novo ponto de rede é criado e é associado automaticamente ao ponto terminal do cabo. No caso de ser criada uma junta, a mesma assume uma identificação de acordo com as convenções da operadora local.

Para criar um cabo a partir de uma junta, basta posicionar o cursor sobre a junta à qual se pretende associar o novo cabo. Nesse caso, é apresentada a opção de criação de um cabo, que, ao ser seleccionada, permite a apresentação da lista de tipos de cabo, e da opção de criar novos tipos, tal como na primeira alternativa de criação de cabos, sendo as funcionalidades e os esquemas de interacção idênticos a essa alternativa inicial. Quando é criado um novo cabo, os seus pontos terminais assumem posições por defeito, sendo que um dos pontos é automaticamente associado à junta. O cabo assume também uma identificação de acordo com as convenções da operadora local. Na Figura

seguinte, é possível verificar como o sistema atribui as identificações nesta alternativa de criação, iniciando-se a criação do sinóptico a partir do cabo ligado ao ponto inicial.

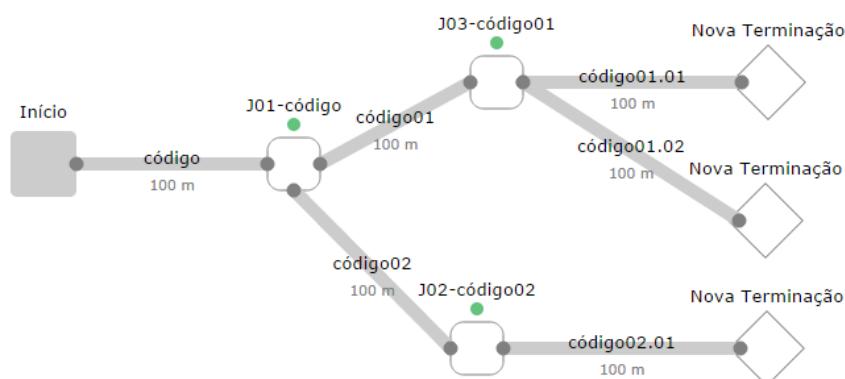


Figura 60 - Atribuição de nomes efectuada pelo sistema

Estas alternativas de execução dos mesmos casos de utilização permitem maior rapidez na criação dos sinópticos, automatizando a atribuição de identificações.

Para um cabo representado, é possível apresentar a sua respectiva interface de cabo, através da abertura de um menu de contexto do mesmo. Nesta interface, são representados os grupos e fibras do cabo, criados com base nos números definidos no tipo de cabo. Estes grupos e fibras apresentam cores, aplicadas de acordo com o código de cores do tipo. Para visualizar as fibras existentes num grupo do cabo, basta seleccionar o respectivo grupo. Quando um cabo se encontra associado a uma terminação, é possível a partir da interface de cabo a selecção de uma ou mais fibras e a associação das mesmas à terminação, como ilustra a Figura 61.

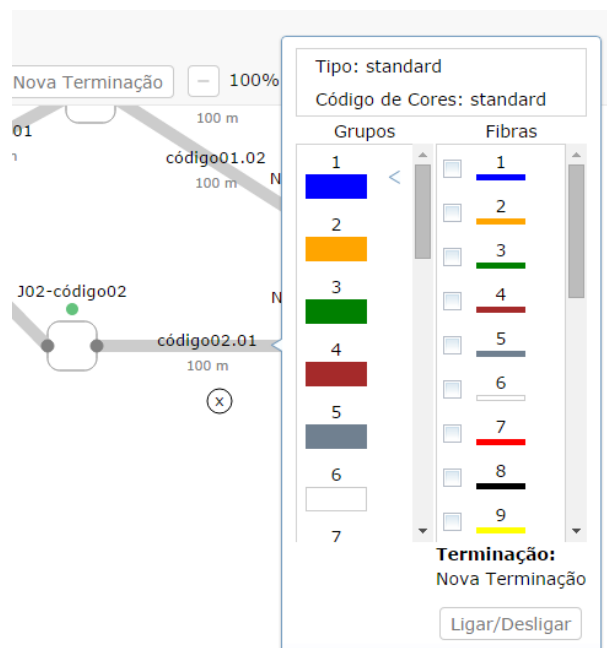


Figura 61 - Interface de cabo e ligação de fibras a terminações no sistema

Para uma junta representada pode também ser aberto um menu de contexto, o que permite a apresentação da respectiva interface de junta, ilustrada na Figura abaixo.

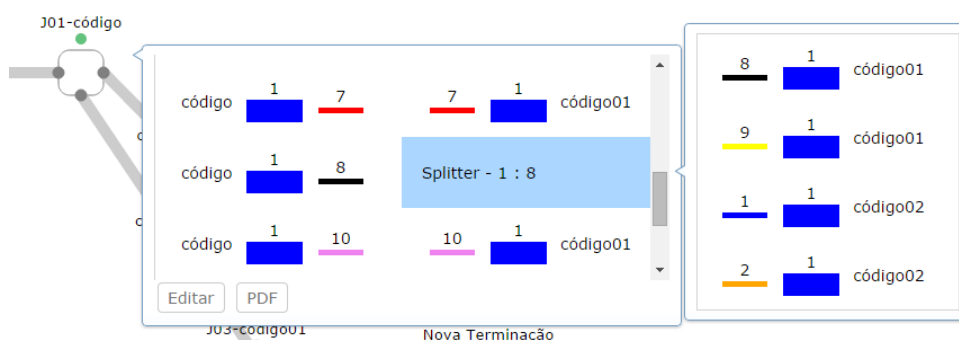


Figura 62 - Interface de junta no sistema

Esta interface reflecte apenas o essencial de uma junta: as uniões de fibras existentes, *splitters* e ligações entre os mesmos. As uniões e *splitters* são representadas como itens de uma lista, de forma a simplificar a compreensão do interior da junta, evitando a sobreposição entre elementos e uma representação muito compacta. A partir desta interface é possível ter acesso à interface de edição de junta, bem como gerar um documento PDF contendo uma representação das uniões e *splitters*, existentes no interior da junta.

5.4.3. Gestão de uniões e *splitters* em juntas

Através da selecção da opção de edição na interface de junta, é então apresentada a interface de edição de junta num novo separador (ou janela) do *browser*, como ilustra a Figura que se segue.

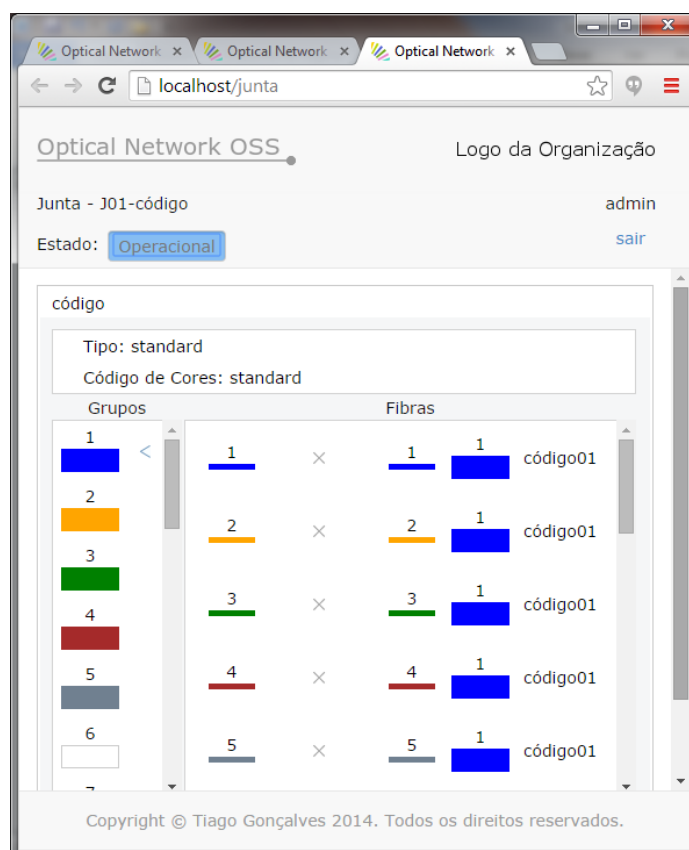


Figura 63 - Interface de edição de junta no sistema

Como é possível verificar, esta interface integra a interface de cabo, permitindo a representação automática do interior dos diversos cabos associados à respectiva junta. Nesta interface, as uniões entre fibras, bem como os *splitters* criados são representados de forma semelhante às representações da interface de junta. Para visualizar o interior de um cabo é necessário seleccionar o item do mesmo, apresentado na interface. A partir da interface de edição de junta, é permitida a alteração do estado da junta, a criação e eliminação de uniões entre fibras e a criação e eliminação de *splitters*.

Para criar uniões entre fibras ou *splitters* na interface de edição de junta, deve ser seleccionada uma fibra, considerada como fibra de entrada, que transmite o sinal óptico proveniente da operadora. Após a sua selecção, é apresentado um formulário que permite a especificação de informação para um *splitter* e a escolha de fibras de saída a

ligar ao mesmo, ou a selecção de uma única fibra para a criação de uma união, como ilustra a Figura 64.

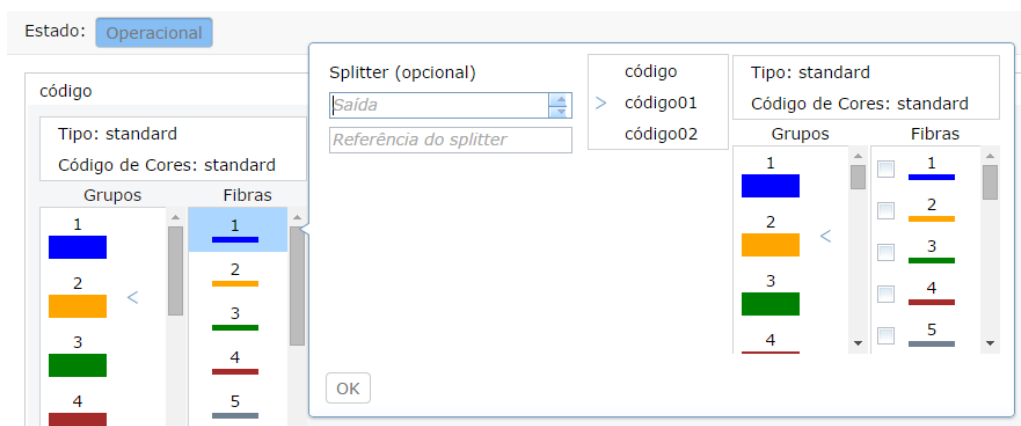


Figura 64 - Formulário de criação de uniões e *splitters* no sistema

Na interface de edição de junta, o contexto de ligação entre fibras (nomeadamente, as informações de cabos e grupos) é mantido evidente durante o processo de união entre fibras e de criação de *splitters*, de modo a minimizar erros de gestão.

Para os *splitters* é possível também a adição e remoção de fibras de saída aos mesmos, através dos componentes da interface, apresentados na Figura 65.

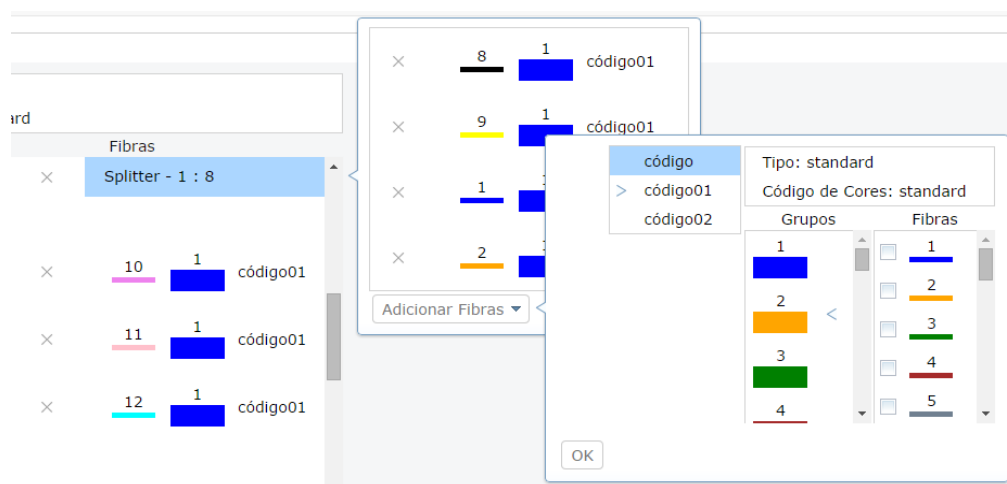


Figura 65 - Adicionar e remover fibras a *splitter* no sistema

Neste sistema, quando todas as fibras de um cabo se encontram ligadas a outras fibras ou a terminações da rede, o cabo é identificado como ocupado. Os cabos ocupados são apresentados de cor diferente na interface de sinóptico. Tal distinção permite uma identificação mais fácil de circuitos para ligar novos clientes.

6. Testes e resultados

Neste capítulo será descrito o processo de execução de testes aos diversos incrementos do produto de *software*, elaborados durante a fase de implementação. O processo de execução de testes adoptado tornou-se essencial para garantir o funcionamento esperado do produto. Concluindo-se os testes finais, o produto resultante foi colocado em funcionamento para a operadora de destino. Ao fim de algum tempo de funcionamento do produto, foram entregues inquéritos para avaliação do mesmo, sendo os resultados obtidos apresentados e analisados ao longo deste capítulo.

6.1. Testes

Durante todo o projecto de desenvolvimento da ferramenta, na finalização de cada *Sprint*, eram executados diversos testes de funcionamento ao produto de *software* construído. Mais concretamente, foram efectuados testes a cada um dos diferentes itens implementados para um incremento do produto de *software*, bem como testes à totalidade das funcionalidades implementadas no produto, de modo a garantir que o novo incremento não afectava o funcionamento esperado do produto nas suas restantes funcionalidades.

Inicialmente, os diferentes testes eram executados pela equipa de desenvolvimento, sendo posteriormente efectuados pelos restantes membros do grupo envolvido no projecto e pelos clientes. Os testes executados pela equipa de desenvolvimento decorriam sobre um servidor de desenvolvimento e sobre um servidor destinado a testes, oferecido pela operadora. Nestes testes, toda a funcionalidade era verificada para as condições de execução da aplicação mais adversas que se poderiam esperar. Essas condições eram criadas no cliente e no servidor, através da limitação dos recursos computacionais disponíveis, sobretudo de memória e processamento, usando estratégias como a utilização de outras aplicações no sistema operativo, o consumo de memória, entre outras. Os testes efectuados pelos clientes e pelo grupo do projecto (exceptuando-se o elemento responsável pelo desenvolvimento) decorriam exclusivamente sobre o servidor de testes.

6.2. Resultados e discussão

Na conclusão do projecto e de todos os testes de utilização necessários, a operadora criou um servidor de produção para colocação do sistema, destinado a garantir a sua operação no contexto real de destino. No final de cerca de dois meses de utilização do sistema, foram distribuídos questionários aos respectivos utilizadores, de modo a recolher informação sobre as melhorias e limitações introduzidas com a implementação do novo sistema na operadora. Apenas 3 utilizadores foram considerados, sendo estes os únicos utilizadores com permissões de edição e de visualização sobre o sistema, capazes de efectuar todas as tarefas de gestão de rede. O questionário incluía várias questões, agrupadas por tarefas de gestão, onde era pedida a introdução de valores para o tempo médio gasto a executar cada tarefa sobre o antigo sistema e sobre o novo sistema. Nas tarefas essenciais mais simples, era pedida uma avaliação da facilidade de execução da tarefa, segundo uma escala de 1 a 10, em que 1 corresponde a extremamente difícil, e 10 a extremamente fácil. O questionário também incluía uma questão destinada à obtenção de informação sobre os erros de operação cometidos usando os dois sistemas. Após a obtenção dos resultados, foram calculadas médias dos mesmos quanto aos gastos de tempo de cada tarefa, à avaliação da facilidade de execução da tarefa e aos erros operacionais, tendo-se obtido os gráficos apresentados nas Figuras 66 e 67.

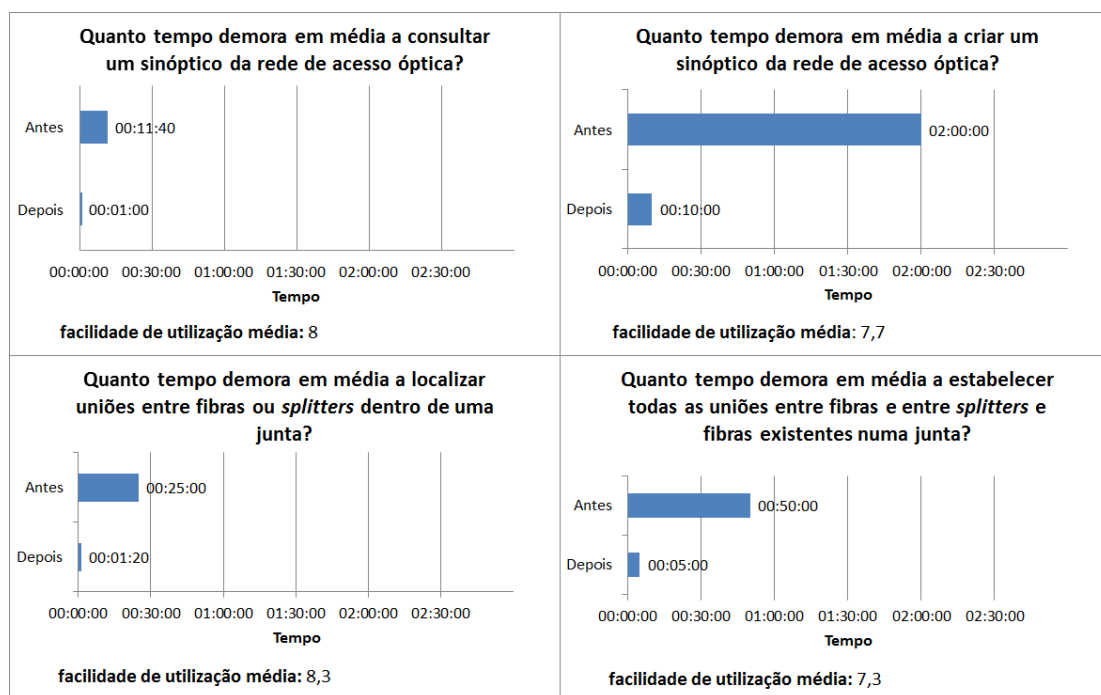


Figura 66 - Gráficos dos resultados do inquérito sobre o sistema (parte 1)

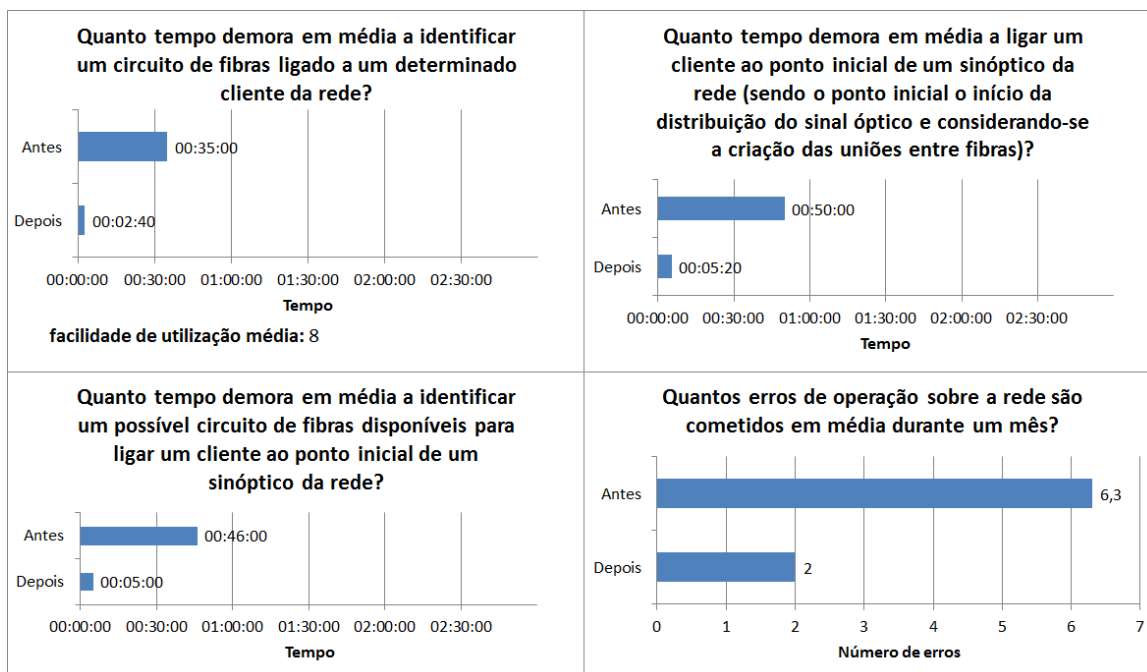


Figura 67 - Gráficos dos resultados do inquérito sobre o sistema (parte 2)

Adicionalmente, no inquérito foram incluídas questões de avaliação de ambos os sistemas, bem como questões adicionais de resposta aberta, para permitir a identificação de limitações. O sistema antigo obteve uma média de avaliações, atribuídas numa escala de 1 a 10, de 1,7 para a facilidade de uso e para o desempenho, no contexto de gestão da rede. O novo sistema obteve uma média de avaliações (atribuídas na mesma escala) de 8 para a facilidade de utilização e para o desempenho.

A partir dos resultados obtidos foi possível determinar que, a utilização do novo sistema para as tarefas essenciais de gestão da rede de acesso, permitiu uma redução de cerca de 91% nos gastos de tempo, bem como uma redução de cerca de 68% nos erros operacionais mensais. Verifica-se também que o suporte de todas as tarefas, bem como o sistema, numa perspectiva geral, requerem algumas melhorias quanto à facilidade de utilização. As tarefas de criação de sinópticos e de estabelecer uniões e ligar *splitters* a fibras em juntas são consideradas as mais difíceis de executar, tendo em conta os gráficos e as observações feitas. Pelas observações, foi também possível verificar que não foram introduzidas novas limitações graves, contudo foi ainda salientado o aspecto da abertura de separadores como limitação do novo sistema.

7. Conclusão

7.1. Objectivos atingidos

Com a finalização do projecto de construção da solução pretendida e a partir de todos os resultados obtidos na implementação da mesma, num contexto real de aplicação, é possível concluir que a solução de *software* construída é capaz de ultrapassar as principais limitações de usabilidade da solução anterior, garantindo uma elevada redução nos gastos de tempo e nas falhas de operação em geral. A ferramenta é ainda capaz de constituir uma alternativa mais rápida e robusta, em comparação com todas as ferramentas analisadas que mais se adequam à gestão e ao suporte à operação de redes ópticas. Tal potencial é evidenciado pelas elevadas avaliações atribuídas para a facilidade de utilização da ferramenta, bem como pela simplicidade da sua interface, em comparação com as ferramentas avaliadas. Contudo, verifica-se ainda que existem alguns aspectos no âmbito da facilidade de utilização e do desempenho que poderão ser aperfeiçoados.

Além disso, foram clarificados e explorados conceitos importantes de redes de acesso ópticas, necessários à compreensão do sistema desenvolvido, e apresentadas diversas decisões e soluções arquitecturais e de implementação, que poderão ser capazes de satisfazer as necessidades de muitos projectos futuros.

7.2. Trabalho futuro

Apesar de terem sido atingidos diversos objectivos na conclusão deste projecto, muito trabalho ainda ficou por desenvolver. No contexto da contribuição do trabalho para a gestão de redes de acesso ópticas, surge a necessidade de introduzir diversos aspectos e funcionalidades no sistema construído, destacando-se:

- O suporte para qualquer tipo de equipamento de rede no interior de juntas e a possibilidade de definir se o mesmo é um componente óptico de ramificação ou de interligação. Para um componente óptico de ramificação, seria também necessária a especificação das fibras, cujo sinal óptico é dividido.
- A capacidade de suportar redes sem fios e redes cabladas em cobre (não suportadas devido à complexidade de identificação dos fios de cobre, através de códigos de cores).

- A possibilidade de criar várias uniões entre fibras de grupos e de cabos diferentes, dispostas de forma sequencial, a partir de um esquema de interacção mais rápido, como um clique num botão da interface.
- A capacidade de eliminar várias uniões entre fibras, também usando um esquema de interacção mais rápido.
- A possibilidade de alterar o tipo de cabo de um cabo criado para outro tipo com o mesmo código de cores e maior ou igual número de fibras e de grupos, permitindo uma alteração da informação do cabo, sem afectar as uniões das suas fibras no interior de juntas e as ligações das fibras a terminações.
- A possibilidade opcional de criar os sinópticos sobre um mapa do mundo, capaz de oferecer informação útil para tarefas de planeamento.
- A possibilidade opcional de criar vértices nos cabos criados, de modo a apresentar mais detalhe sobre a sua configuração de instalação.
- A possibilidade de reflectir o estado de operação da rede de forma mais detalhada e de garantir uma gestão automática de todos os aspectos essenciais de rede, pela actualização em tempo real das respectivas representações, de acordo com as operações efectuadas. Para tal, seria necessária a integração (ou construção) de um sistema capaz de garantir a monitorização dos aspectos essenciais: os elementos existentes na rede, a sua conectividade e o seu estado de operação.
- A possibilidade de gerir aspectos lógicos da rede.
- A capacidade de guardar versões de recuperação da informação de rede e de substituir informação de rede actual por tais versões, através do sistema.

Considerando um contexto mais geral, foi possível evidenciar que a limitação identificada na descrição do problema que motivou este projecto, relativa ao facto de não ser garantida automaticamente a consistência entre as representações, no contexto de diferentes operações, pode estender-se a muitas outras áreas que envolvam tarefas de modelação. Nesse sentido, surge a necessidade de construção de um sistema de *software* flexível, capaz de garantir tal consistência para a generalidade dos casos possíveis. Uma abordagem idealizada poderia permitir, numa fase inicial de utilização, a definição de um qualquer conjunto de representações usadas como um modelo, bem como de um conjunto de regras de associação entre as mesmas. Por exemplo, para manter um conjunto de representações de uma rede de acesso óptica, seria possível definir uma

representação gráfica para os sinópticos e outra para as juntas, incluindo a especificação dos seus tipos de elementos gráficos e do seu significado (notação). Posteriormente, poderiam ser definidas regras de associação entre as mesmas representações, tais como “Ao criar um elemento que corresponde a uma junta num sinóptico, é criada uma respectiva representação da junta, incluindo os cabos associados à mesma”. Para cada representação definida, seria oferecida aos utilizadores a flexibilidade de definir os tipos de operações possíveis sobre a mesma. Após as especificações iniciais, seria possível uma gestão mais eficiente de várias representações associadas, que sirvam de modelo para algo no mundo real.

Tendo atingido diversos objectivos e também identificado novos problemas, é esperado que o trabalho apresentado na presente dissertação seja capaz de trazer benefícios adicionais a diversas organizações, bem como motivar e auxiliar a criação de novas soluções.

Referências

- [1] A. S. Almeida, “Fibra Óptica na Rede de Acesso – Implicações nas Redes dos Edifícios,” (Tese de Mestrado), Universidade de Aveiro, 2009.
- [2] S. Coelho, “Fibra Óptica na Rede de Acesso: Tecnologias e Soluções,” (Tese de Mestrado), Universidade de Aveiro, 2009.
- [3] J. Pires, “Redes de Telecomunicações,” Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2009.
- [4] S. Lopes, “Fibra Óptica na Rede de Acesso: Cenários de Evolução,” (Tese de Mestrado), Universidade de Aveiro, 2011.
- [5] J. Pires, “Redes de Acesso Ópticas,” 14 Abril 2009. [Online]. Available: http://iscte.pt/~rhcl/material/NGON/NGON_JPires.pdf. [Acedido em 10 Setembro 2014].
- [6] M. Rodrigues, “Fibras Ópticas de Plástico em Redes de Acesso,” Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2013.
- [7] N. M. Ferreira, “Análise tecno-económica de serviços de telecomunicações móveis,” [Online]. Available: <http://gsbl.det.ua.pt/gsbl/Documentos/Relatorios/MVNO-09-02.pdf>. [Acedido em 20 Agosto 2014].
- [8] ITU Telecommunication Standardization Sector, “Optical fibres, cables and systems,” 2009. [Online]. Available: http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/hdb/T-HDB-OUT.10-2009-1-PDF-E.pdf. [Acedido em 4 Agosto 2014].
- [9] *Optical fiber cable color coding*, ANSI/TIA/EIA Standard 598-A, 1995.
- [10] M. F. Goodchild, “Geographic Information System,” em *Encyclopedia of Database Systems*, Springer US, 2009, pp. 1231-1236.
- [11] Advance Fiber Optics, Inc., “OSPInSight Edit,” 2014. [Online]. Available: <http://www.ospinsight.com/content/?page=81>. [Acedido em 16 Agosto 2014].

- [12] Advance Fiber Optics, Inc., “OSPInSight for MapInfo,” 2014. [Online]. Available: <http://www.ospinsight.com/content/?page=83>. [Acedido em 16 Agosto 2014].
- [13] Dynamic Design, “ConnectMaster,” 2014. [Online]. Available: <http://www.dynamic-design.com/?m=connectmaster#>. [Acedido em 16 Agosto 2014].
- [14] Schneider Electric, “ArcFM Solution,” Agosto 2013. [Online]. Available: https://infrastructurecommunity.schneider-electric.com/servlet/JiveServlet/previewBody/2507-102-1-3288/whitepaper_arcfm.pdf. [Acedido em 18 Agosto 2014].
- [15] Schneider Electric, “Conduit Manager,” 2013. [Online]. Available: <http://www.telvent-gis.com/products/cm.shtml>. [Acedido em 18 Agosto 2014].
- [16] Schneider Electric, “Fiber Manager,” 2013. [Online]. Available: http://www.telvent-gis.com/products/fiber_manager.shtml. [Acedido em 18 Agosto 2014].
- [17] General Electric Company, “Telecommunications Solutions,” 2014. [Online]. Available: http://www.gedigitalenergy.com/geospatial/catalog/smallworld_network.htm. [Acedido em 18 Agosto 2014].
- [18] General Electric Company, “Physical Network Inventory,” 2014. [Online]. Available: http://www.gedigitalenergy.com/geospatial/catalog/physical_network_inventory.htm. [Acedido em 18 Agosto 2014].
- [19] General Electric Company, “Smallworld Network Inventory Gateway,” 2014, [Online]. Available: http://www.gedigitalenergy.com/geospatial/catalog/network_inventory_gateway.htm. [Acedido em 18 Agosto 2014].
- [20] General Electric Company, “Smallworld Physical Resource Assignment,”

- [Online]. Available:
http://www.gedigitalenergy.com/products/brochures/Geospatial/Physical_Resource.pdf. [Acedido em 18 Agosto 2014].
- [21] Bentley Systems, Incorporated, “Bentley Fiber V8i,” 2014. [Online]. Available:
<http://www.bentley.com/en-US/Products/Bentley+Fiber/>. [Acedido em 18 Agosto 2014].
- [22] Intergraph, “Designing and Managing Fiber Optic Networks,” 2011.
- [23] Intergraph, “G/Technology Fiber Optic Works,” [Online]. Available:
http://www.intergraph.com/assets/pdf/GTEchnology_ProductSheet.pdf. [Acedido em 18 Agosto 2014].
- [24] K. Schwaber e J. Sutherland, “The Scrum Guide,” Julho 2013. [Online]. Available:
<https://www.scrum.org/Portals/0/Documents/Scrum%20Guides/2013/Scrum-Guide.pdf>. [Acedido em 22 Agosto 2014].
- [25] A. R. Silva, “Tipo Vista Módulo,” [Online]. Available:
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571246568/TipoVistaModulo.pdf>. [Acedido em 10 Setembro 2014].
- [26] A. R. Silva, “Tipo Vista Componente-Conector,” [Online]. Available:
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571246570/Componente-Conector.pdf>. [Acedido em 10 Setembro 2014].
- [27] L. Constantine, “Canonical Abstract Prototypes for Abstract Visual and Interaction Design,” University of Technology, Sydney, (Australia), 2003.
- [28] Zend Technologies Ltd., “About Zend Framework 2,” 2014. [Online]. Available:
<http://framework.zend.com/about/>. [Acedido em 8 Setembro 2014].
- [29] Zend Technologies Ltd., “Create Your Project,” 2014. [Online]. Available:
<http://framework.zend.com/manual/1.12/en/learning.quickstart.create-project.html>. [Acedido em 8 Setembro 2014].

- [30] M. Fowler, "Mapping to Relational Databases," em *Patterns of Enterprise Application Architecture*, 2002, pp. 33-36.
- [31] Microsoft, "Understanding Service-Oriented Architecture," [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa480021.aspx>. [Acedido em 9 Agosto 2014].
- [32] Refsnes Data, "SOAP Introduction," [Online]. Available: http://www.w3schools.com/webservices/ws_soap_intro.asp. [Acedido em 10 Setembro 2014].
- [33] N. Asuni, "TCPDF," 2013. [Online]. Available: <http://www.tcpdf.org/>. [Acedido em 9 Setembro 2014].
- [34] Dojo Foundation, "Dojo," 2012. [Online]. Available: <http://dojotoolkit.org/reference-guide/1.9/dojo/index.html#dojo-index>. [Acedido em 9 Setembro 2014].
- [35] Dojo Foundation, "Dijit Introduction," 2012. [Online]. Available: <http://dojotoolkit.org/reference-guide/1.9/dijit/info.html#dijit-info>. [Acedido em 9 Setembro 2014].
- [36] Dojo Foundation, "dojox.gfx," 2012. [Online]. Available: <http://dojotoolkit.org/reference-guide/1.9/dojox/gfx.html#dojox-gfx>. [Acedido em 9 Setembro 2014].
- [37] M. Otto e Jacob, "Bootstrap," [Online]. Available: <http://getbootstrap.com/>. [Acedido em 9 Setembro 2014].
- [38] Joyent, Inc, "About Node.js," 2014. [Online]. Available: <http://nodejs.org/about/>. [Acedido em 9 Setembro 2014].
- [39] C. Robbins, "forever," [Online]. Available: <https://www.npmjs.org/package/forever>. [Acedido em 9 Setembro 2014].
- [40] Dojo Foundation, "The Bayeux Specification," 2007. [Online]. Available:

<http://svn.cometd.org/trunk/bayeux/bayeux.html>. [Acedido em 9 Setembro 2014].

[41] J. Coglan, "Faye," 2014. [Online]. Available: <http://faye.jcoglan.com/>. [Acedido em 9 Setembro 2014].

Anexos

Anexo A: Utilização de ferramentas analisadas

A.1. Utilização do Microsoft Visio

Quando o sistema é iniciado são apresentadas diversas opções para criar documentos, como ilustra a Figura abaixo.

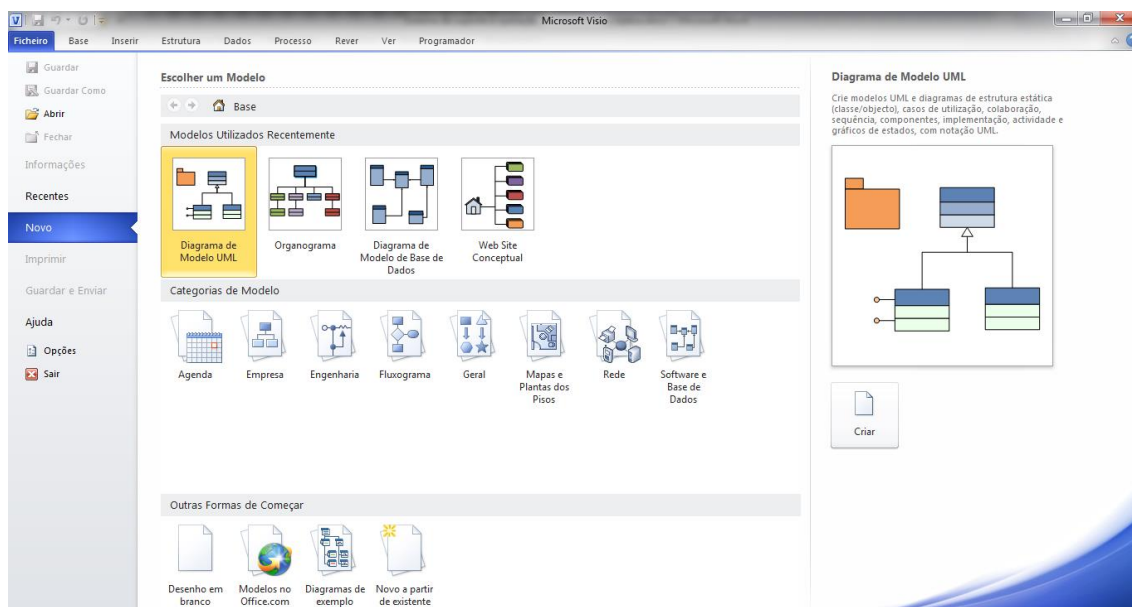


Figura 68 - Interface de criação de um novo documento no Microsoft Visio

Para criação de um novo documento, o *software* apresenta as possibilidades de criar um documento com base num modelo utilizado recentemente e de criar um documento com base em diferentes categorias de modelos. Um modelo é definido pelo sistema e pode incluir algumas funcionalidades distintas e um ou mais *Stencils*, que correspondem a colecções de formas que podem ser utilizadas em diversos documentos. As formas existentes num *Stencil* são designadas por formas mestre, uma vez que a partir das mesmas podem ser criadas várias cópias, sendo possível alterar ou associar determinadas propriedades a cada cópia criada. Na interface de criação de documentos, é também fornecido um conjunto de outras formas de criação de um novo documento.

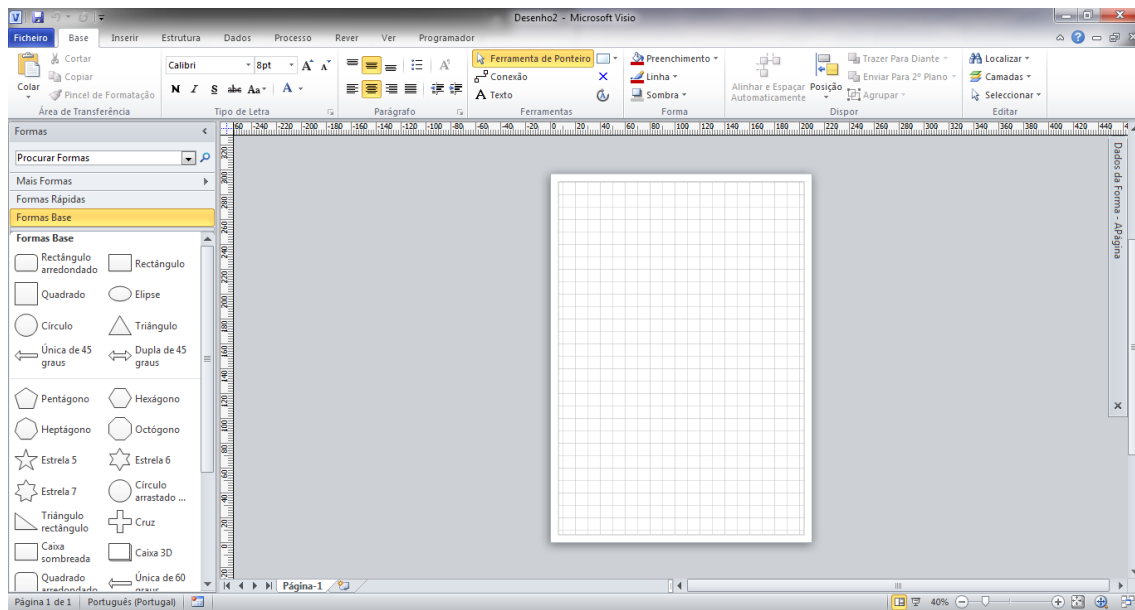


Figura 69 - Interface de documento do Microsoft Visio

A Figura 69 ilustra a interface de um documento no *software*, onde é apresentado o *Stencil* do documento, na parte esquerda da mesma. O *Stencil* apresentado corresponderá ao modelo escolhido como base na criação do documento. A um documento é atribuída uma identificação por defeito que pode ser alterada através de opções fornecidas pelo sistema operativo, após o documento ser guardado. Um documento inclui inicialmente uma única página, identificada na parte inferior da interface como “Página-1”. É possível adicionar mais páginas ao documento ao seleccionar a opção existente à direita da identificação da página. Para escolher uma página basta seleccionar o elemento com a sua identificação. É também possível modificar a identificação de uma página ao efectuar um duplo clique com o botão esquerdo sobre a mesma e introduzir a nova identificação. É possível apresentar um menu de contexto a partir da identificação de uma página, sendo que tal menu apresenta opções para eliminar a página, alterar a sua identificação e alterar a ordem pela qual as identificações das páginas se apresentam na parte inferior da interface do documento.

Numa página de um documento é possível a criação de formas e de conexões. Uma forma corresponde a uma qualquer forma geométrica ou construída pelo utilizador, através do próprio sistema, que pode ser movimentada como um todo. Uma conexão é uma forma com características distintas. Concretamente, esta forma corresponde a uma linha e, como tal, é constituída por dois pontos terminais, que podem ser movimentados de forma independente, sendo que a linha entre os pontos terminais é disposta pelo

sistema, de modo a ligar esses pontos, sempre que um dos pontos é movimentado. Uma conexão pode também ser movimentada como um todo. Para a criação de uma forma ou de uma conexão, o utilizador pode escolher as opções do segmento “Ferramentas” da barra com opções associadas ao separador “Base”, existente na parte superior da interface de documento, ilustrada na Figura 70.

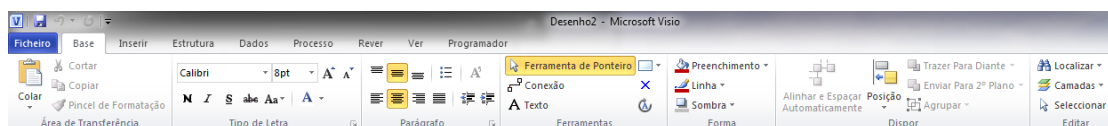


Figura 70 - Barra com o separador contendo opções de criação no Microsoft Visio

No segmento “Ferramentas” é possível seleccionar a opção “Conexão”, sendo que posteriormente o utilizador pode movimentar o cursor para a página, como ilustra a secção esquerda da Figura 71 e, em qualquer posição na mesma, pode iniciar uma operação de arrastar. O sistema irá apresentar uma conexão tracejada desde o ponto em que foi pressionado o botão do rato até ao ponto em que o cursor se encontra, como ilustra a secção direita da Figura 71. Movimentando o cursor sempre com o botão do dispositivo apontador pressionado, faz com que o sistema altere a representação da conexão tracejada, de modo que o seu ponto terminal coincida com a posição do cursor. Ao terminar a operação de arrastar sobre a página, é então efectivamente criada uma conexão, sendo o tracejado substituído por uma linha contínua, como ilustra a Figura 72. As conexões apresentam uma seta por defeito que pode ser removida.

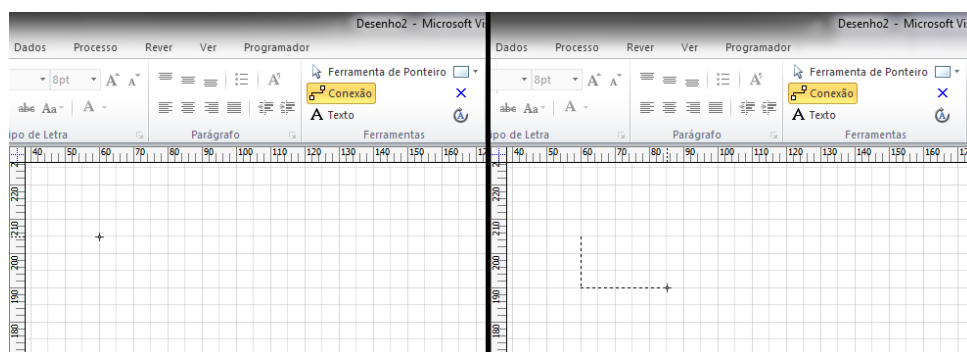


Figura 71 - Fases de criação de uma conexão no Microsoft Visio

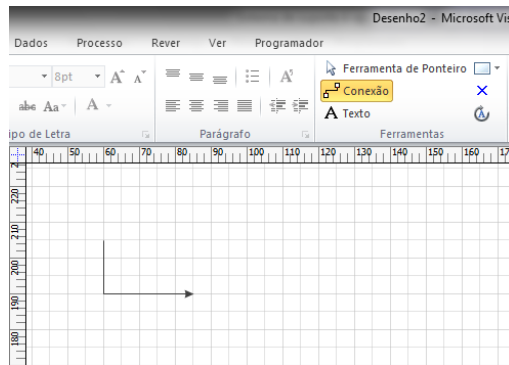


Figura 72 - Fase final de criação de uma conexão no Microsoft Visio

Voltando novamente ao segmento “Ferramentas”, o utilizador pode escolher uma opção com um ícone de um rectângulo, que indica o tipo de forma que pode ser criada, sendo que, inicialmente é possível a criação de quadriláteros. Ao seleccionar a opção com o ícone de uma seta, é apresentado um menu com diversas opções de criação de formas, como ilustra a Figura 73.

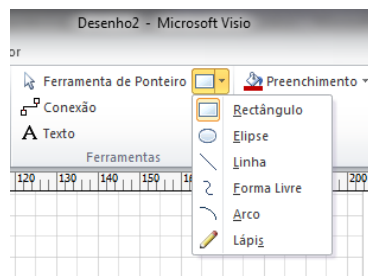


Figura 73 - Opções de formas para criação no Microsoft Visio

Sendo uma opção escolhida, o utilizador pode movimentar o cursor para a página e criar o tipo de forma seleccionada, segundo o mesmo esquema de interacção usado para criar uma conexão. Para quadriláteros e elipses, a posição do cursor mantendo-se pressionado um botão do dispositivo apontador, irá determinar a escala da forma e sua posição em relação à posição do cursor em que é pressionado o botão do rato, sendo apresentado o contorno da forma a tracejado, como ilustra a Figura 74. As opções “Forma Livre” e “Lápis” permitem desenhar, respectivamente, uma forma qualquer e uma forma geométrica através de operações de arrastar.

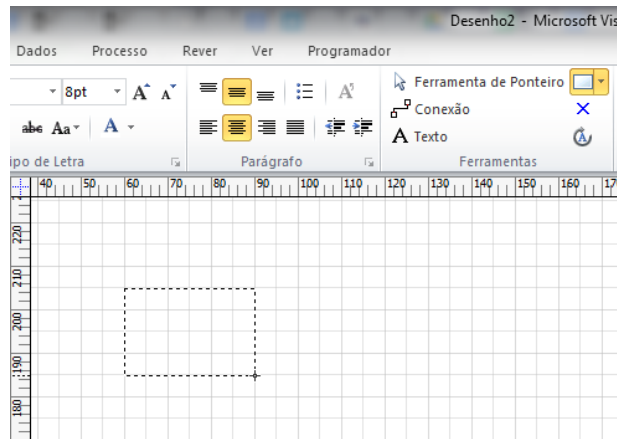


Figura 74 - Fase intermédia de criação de uma forma no Microsoft Visio

Uma forma ou conexão pode ser movimentada como um todo, sendo que para tal basta escolher a opção “Ferramenta de ponteiro” do segmento “Ferramentas”, seleccionar o elemento a mover e utilizar as setas direccionais do teclado ou efectuar uma operação de arrastar iniciada com o cursor sobre o elemento. Pode também ser atribuída uma identificação a uma forma, efectuando um duplo clique com o botão esquerdo, tendo o cursor sobre a mesma e introduzindo uma identificação, sendo possível alterar a identificação seguindo o mesmo esquema de interacção. Um ponto terminal de uma conexão pode ser ligado a uma forma, sendo que ao estabelecer tal ligação, se for movimentada a forma ligada, o sistema irá dispor a conexão de modo a manter a ligação. Para ligar um ponto terminal de uma conexão a uma forma, o utilizador deve efectuar uma operação de arrastar iniciada com o cursor sobre o ponto terminal e terminando a mesma sobre a forma à qual se pretende ligar o ponto quando a interface apresentar um contorno vermelho sobre a forma. Formas e conexões podem ser copiadas, existindo dois esquemas de interacção que permitem tal funcionalidade. Um primeiro esquema corresponde à abertura de um menu de contexto com diversas opções a partir de uma forma ou conexão e à escolha da opção “Copiar”. Para criar uma cópia de (ou colar) um elemento copiado, basta o utilizador abrir um novo menu de contexto a partir de qualquer parte da página e escolher a opção “Colar”. A cópia será criada na posição em que é aberto o menu de opções. O esquema alternativo de copiar um elemento consiste em seleccionar o mesmo e efectuar a combinação de teclas “CTRL+C”. Ao efectuar a combinação de teclas “CTRL+V”, uma cópia do elemento é criada numa posição definida pelo sistema. É também permitido eliminar formas e conexões, o que implica a remoção das mesmas da respectiva página. Tal pode ser

conseguido seleccionando uma forma e pressionando a tecla “DEL”, ou abrindo um menu de contexto a partir da forma e seleccionando a opção “Cortar”.

O sistema também permite associar diversas propriedades a formas e a conexões, sendo que uma propriedade consiste num determinado identificador que assume um certo valor. É também permitida a associação de uma hiperligação a uma forma ou a uma conexão, sendo que uma hiperligação pode corresponder ao endereço de um serviço na Internet ou ao endereço de um documento no sistema local. Formas e conexões com hiperligações permitem um acesso rápido aos recursos que as hiperligações referenciam, através da combinação da tecla “CTRL” com um clique na forma ou conexão. O sistema permite adicionalmente reunir um conjunto de formas e de conexões num grupo. Um grupo pode ser criado por uma operação de arrastar sobre a página (tendo a opção “Ferramenta de Ponteiro” seleccionada), de forma que seja possível a construção de um contorno em torno dos elementos que se pretende incluir no grupo. Um grupo comporta-se como uma única forma, sendo então possível eliminar e movimentar o mesmo, seguindo os mesmos esquemas de interacção que se aplicam à eliminação e movimentação de formas. Ao eliminar um grupo, todas as formas incluídas nele são eliminadas e ao movimentar um grupo, movimentam-se também as formas incluídas no mesmo, mantendo-se as posições relativas entre elas. Um grupo pode ser desfeito ao efectuar um clique sobre a página.

É também possível a construção de novos *Stencils*. Um *Stencil* pode ser construído seleccionando a opção “Mais Formas”, existente na parte esquerda da interface de documento, o que apresentará um menu, onde deve ser escolhida uma opção que comece por “Novo Stencil”. Após a escolha de uma dessas opções, o novo *Stencil* é apresentado na parte esquerda da interface. A esse *Stencil* poderão ser associadas formas ou grupos, efectuando uma operação de arrastar iniciada com o cursor sobre uma forma ou grupo e terminando a operação com o cursor no interior do *Stencil*, sendo o elemento largado no mesmo. É também possível a criação de várias cópias de uma forma mestre de um *Stencil*, efectuando uma operação de arrastar iniciada com o cursor sobre um desses elementos do *Stencil* e terminando-a com o cursor sobre a página, na posição desejada, sendo uma cópia largada nessa posição. A cada uma dessas cópias pode também ser atribuída uma qualquer identificação (seguindo o esquema de interacção já referido para atribuir identificações a formas e conexões).

A.2. Utilização do OSPInSight-Edit

Ao iniciar a ferramenta OSPInSight-Edit é apresentada uma interface onde é permitida a selecção de uma fonte de informação de uma rede existente (base de dados) e o acesso à mesma através da introdução de uma palavra passe, como é possível verificar na Figura abaixo.



Figura 75 - Interface de arranque do sistema OSPInSight

A opção “Network Setup...” na interface inicial permite a apresentação de um formulário, onde é possível editar determinados parâmetros de fontes de informação de redes existentes (Figura 76), destacando-se a especificação do directório onde se encontra a fonte de informação (“Working Directory”), de um directório para manter uma cópia da fonte de informação para recuperação (“Backup Directory”) e de um directório num servidor acessível por diversos utilizadores do sistema em diferentes computadores (“Golden Directory”). É também permitida a especificação de um fundo (ou de um mapa) para a rede, sendo nesse caso possível especificar um ficheiro que inclua o mapa geográfico mundial (tais ficheiros podem ser encontrados nos directórios dos sistemas MapInfo ou ArcGIS). No mesmo formulário é também possível a criação de fontes de informação para novas redes (Figura 77).

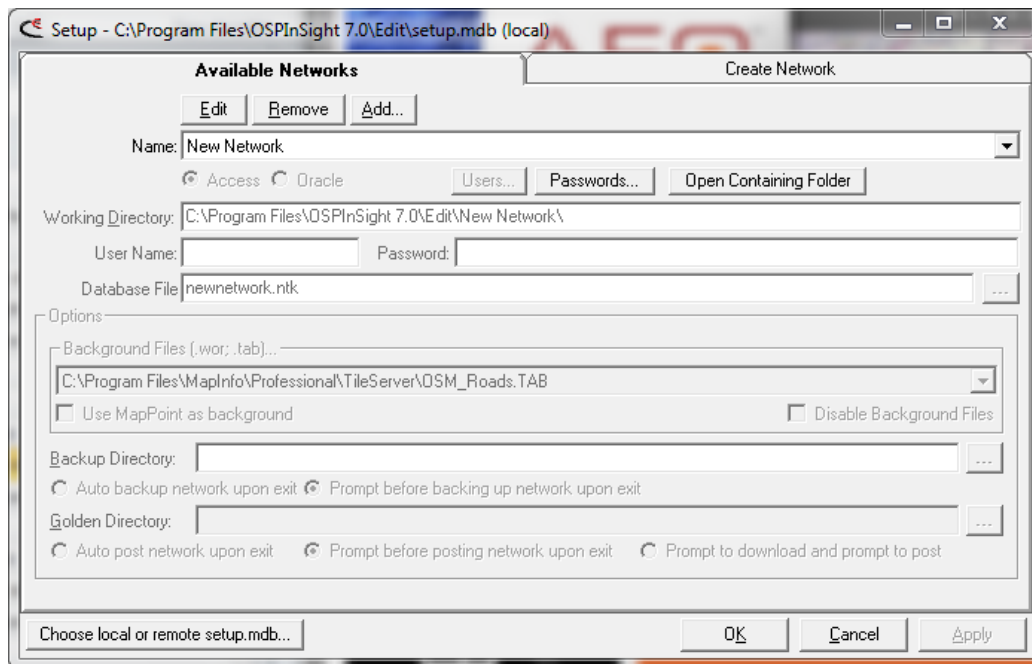


Figura 76 - Interface de edição de redes disponíveis no OSPInSight

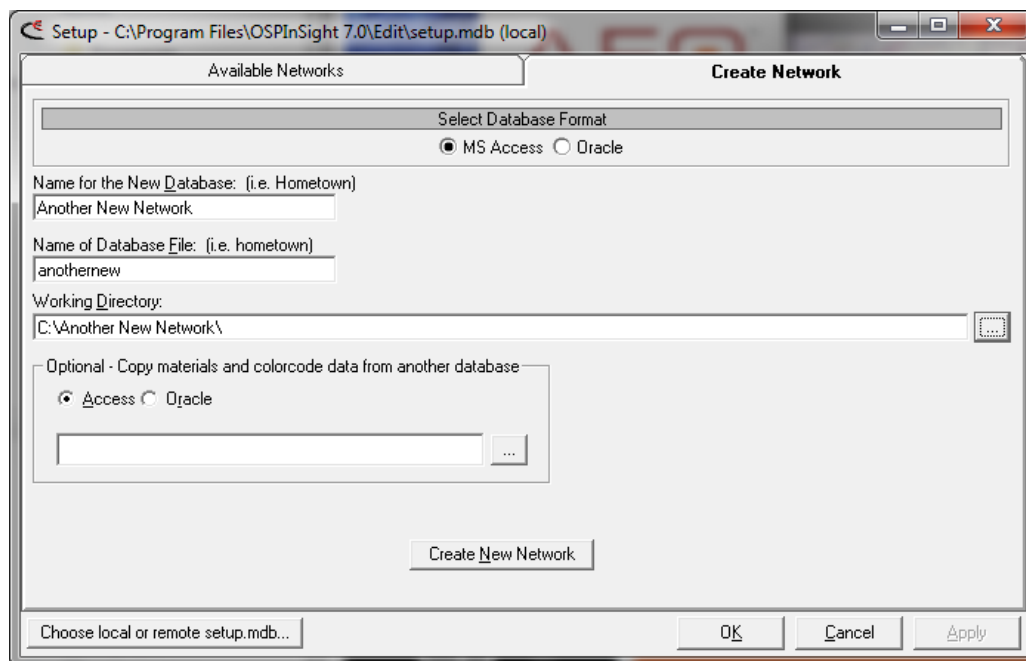


Figura 77 - Interface de criação de nova rede no OSPInSight

Após introduzir a palavra passe e seleccionar a opção “Open Network” na interface de arranque, é apresentada a interface principal do sistema (Figura 78) que pode ser dividida em 3 segmentos principais. Um segmento à direita da interface onde é apresentado o fundo (ou mapa) escolhido para a rede, outro segmento na parte superior da interface, com diversas opções, destacando-se as opções de aumentar e diminuir as

dimensões do mapa, de movimentar o mapa usando operações de arrastar, de criar diferentes elementos de rede no mapa e de obter informação sobre os mesmos.

Na parte esquerda da interface é também possível evidenciar outro segmento que apresenta uma lista dos diversos tipos de elementos de rede, outra lista abaixo com todos os diferentes elementos para um tipo seleccionado, e, na parte inferior, informação para um elemento seleccionado, incluindo informação de associações entre o elemento e outros componentes da rede.

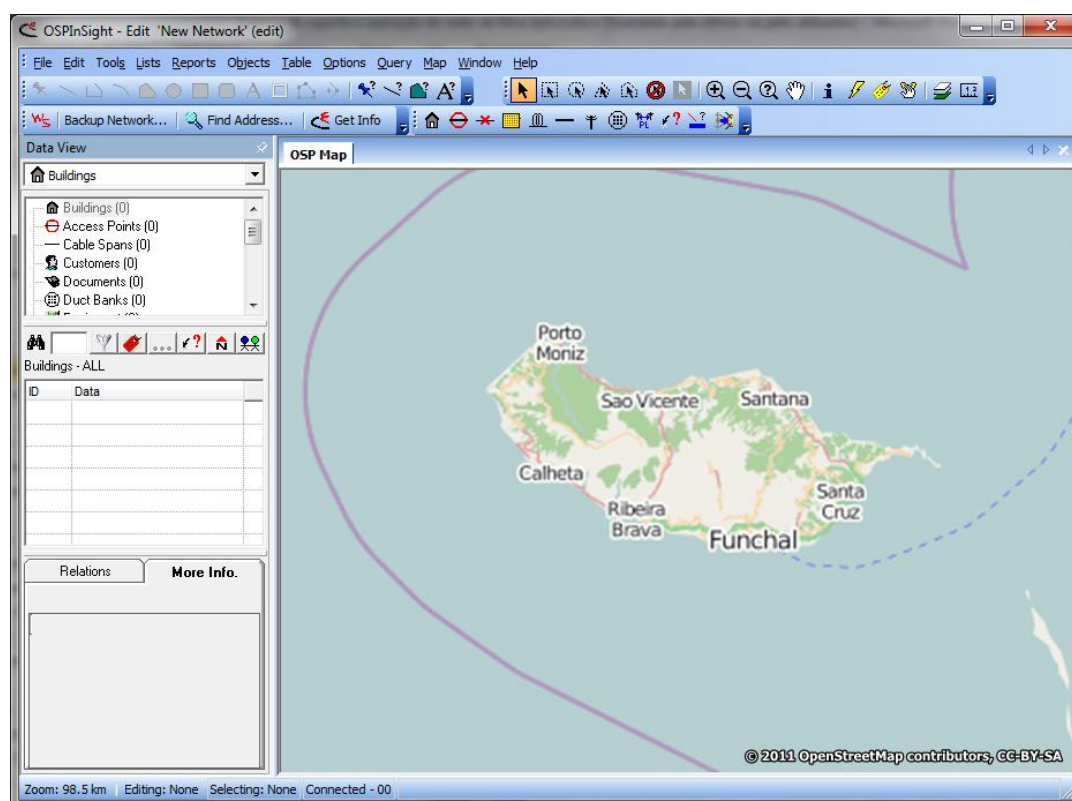


Figura 78 - Interface principal no OSPInSight

Para iniciar a criação de uma rede de acesso óptica no sistema é necessário definir os diversos pontos da rede (pontos terminais ou juntas). Iniciando a criação da rede pela definição de pontos terminais, é possível evidenciar que os mesmos podem também representar pontos onde se inicia a distribuição do sinal óptico. Para a criação de um ponto terminal é necessário seleccionar a opção com o ícone de um rectângulo amarelo, sendo posteriormente possível a criação de um ponto terminal no mapa, ao efectuar um clique sobre a posição do mapa onde se pretende colocar o ponto terminal. Em seguida é criada uma representação do ponto (a rosa) e apresentado um formulário (Figura 79), onde é necessário escolher ou definir o tipo de ponto terminal para o ponto criado (a partir da célula do valor correspondente à propriedade "fibermngrtypeid"). Um

tipo de ponto terminal inclui informação do número de entradas do ponto, sendo que cada entrada permite a ligação de uma fibra (capacidade).

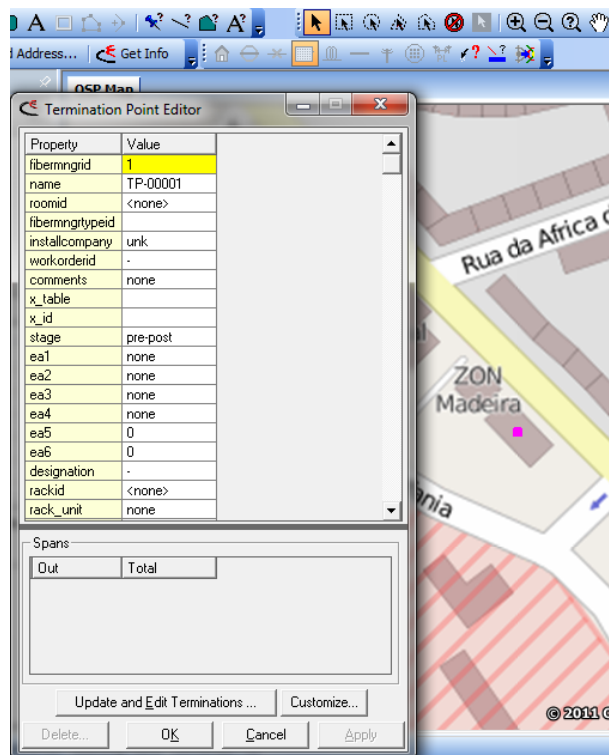


Figura 79 - Criação de ponto terminal no OSPInSight

Uma vez associado um tipo, podem ser geridas associações de fibras de cabos próximos do ponto terminal (que já tenham sido criados) pela selecção da opção “Update and Edit Terminations ...”. É então apresentado um formulário que permite criar e alterar associações de fibras de cabos a entradas do ponto (Figura 80). A partir desse formulário é também possível visualizar detalhes das associações de fibras. Para tal, é necessário seleccionar a opção “View list of terminated ports...”, o que permite a obtenção de um relatório das ligações de fibras ao ponto terminal, apresentado na Figura 81. Após a criação de um ponto terminal, o sistema apresenta o ponto a azul sobre o mapa.

Termination Editor

Term. Point Name: **TP-00001**

View list of terminated ports...

1. Strands attached to rear panel

List only those spliced at the last splice location.

End span: 1

From: 001 To: 012

2. Corresponding ports

From: 1 To: 12

3. Group identifier for these positions (optional)

Group: TP-00001

From: 1 To: 12 Change Groups...

4. Default Values

Connector: ... Status: Used

User: none

Comments: none

Priority: high

Splice Key Editor Apply Close

Figura 80 - Formulário de ligações de fibras a ponto terminal no OSPInSight

Termination Assignments Report - '1: TP-00001'

Saved Query: <all> Print / Export... Show Route Cancel Update Delete

Record: 1 of 12. Selected: 0

| portid | grp | fiberid | spanid | endfiber | name | position_ | termtype | status | usr | patchgroup | patchfiber | comments | prio |
|--------|----------|---------|--------|----------|----------|-----------|----------|--------|------|------------|------------|----------|------|
| 1 | TP-00001 | 1 | 1 | 1 | TP-00001 | 1 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 2 | TP-00001 | 2 | 1 | 2 | TP-00001 | 2 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 3 | TP-00001 | 3 | 1 | 3 | TP-00001 | 3 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 4 | TP-00001 | 4 | 1 | 4 | TP-00001 | 4 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 5 | TP-00001 | 5 | 1 | 5 | TP-00001 | 5 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 6 | TP-00001 | 6 | 1 | 6 | TP-00001 | 6 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 7 | TP-00001 | 7 | 1 | 7 | TP-00001 | 7 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 8 | TP-00001 | 8 | 1 | 8 | TP-00001 | 8 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 9 | TP-00001 | 9 | 1 | 9 | TP-00001 | 9 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 10 | TP-00001 | 10 | 1 | 10 | TP-00001 | 10 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 11 | TP-00001 | 11 | 1 | 11 | TP-00001 | 11 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |
| 12 | TP-00001 | 12 | 1 | 12 | TP-00001 | 12 | ... | Used | none | none | 0 | none | high |

Figura 81 - Relatório de ligações de fibras a ponto terminal no OSPInSight

Após a criação de pontos terminais, é possível também a criação de cabos para ligar os mesmos pontos. Um cabo pode ser criado a partir da selecção da opção com o ícone de uma linha preta horizontal, sendo necessário efectuar um clique sobre o mapa para iniciar a criação do cabo. Ao movimentar o cursor após um primeiro clique, o sistema apresenta uma linha tracejada cujos pontos terminais correspondem à posição do primeiro clique no mapa e à posição actual do cursor, como evidencia a secção esquerda da Figura 82. Ao efectuar um novo clique e movimentar o cursor, é

apresentada uma nova linha tracejada cujos pontos terminais correspondem à posição do novo clique e à actual posição do cursor, como ilustra a secção direita da Figura 82.

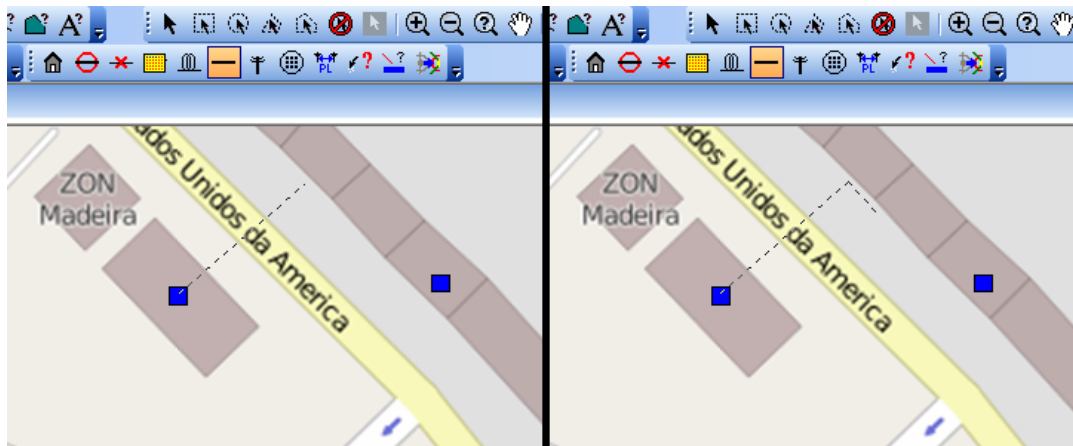


Figura 82 - Criação de cabo no OSPInSight

É possível efectuar vários cliques, criando diferentes segmentos de linhas rectas para o cabo. Ao efectuar um duplo clique é apresentado um formulário, onde é possível definir ou escolher um tipo de cabo, a partir da célula do valor que corresponde à propriedade relativa ao tipo de cabo (“spantypeid”). Um tipo de cabo inclui informação do número de fibras e grupos de fibras de um cabo. Ao seleccionar a opção na célula do tipo de cabo, é apresentada uma lista de tipos de cabo existentes e a possibilidade de editar os mesmos (Figura 83). Ao seleccionar a opção de editar é apresentado um formulário que permite a edição de tipos de cabo ou de outros elementos de rede, bem como a criação de novos tipos, como ilustra a Figura 84.

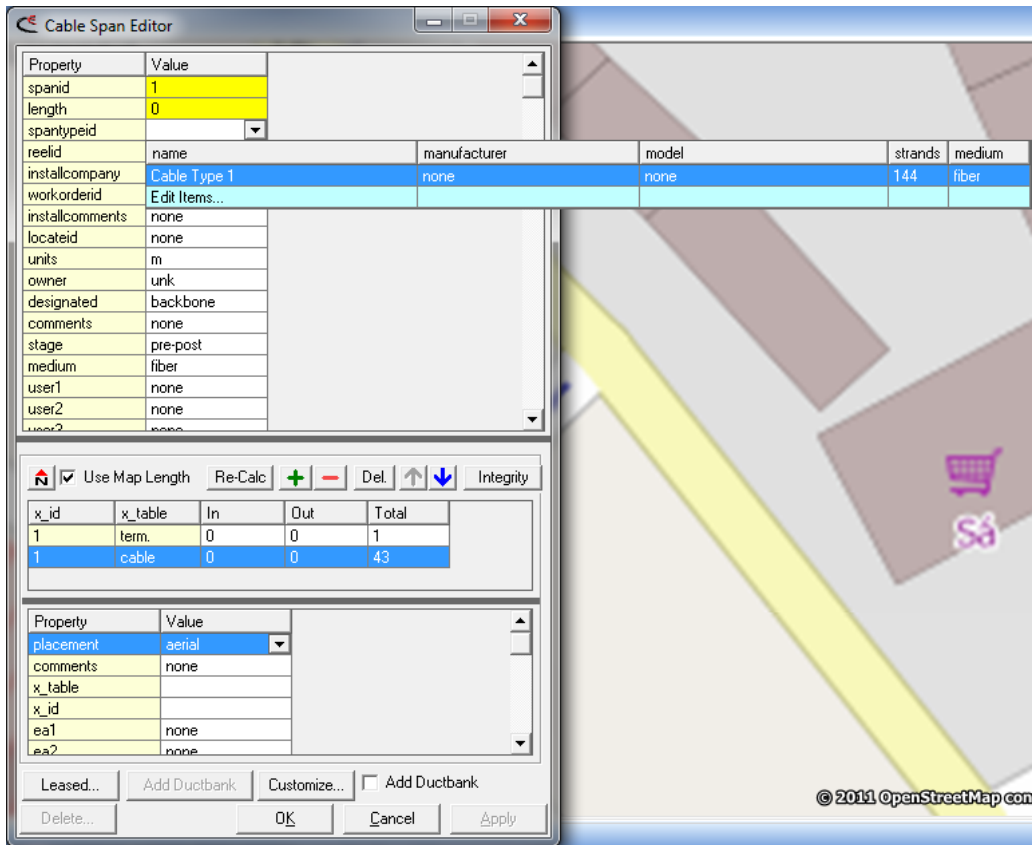


Figura 83 - Formulário de criação de cabo no OSPInSight

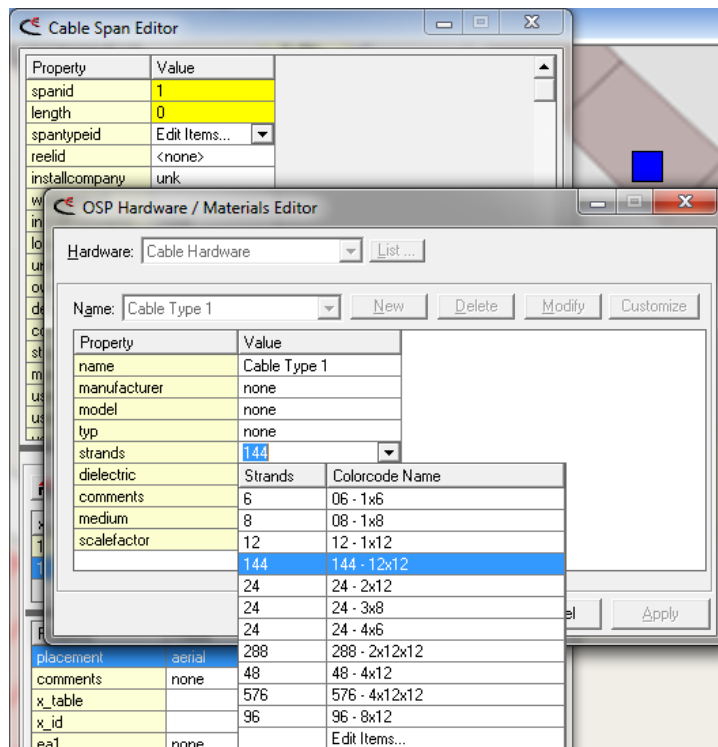


Figura 84 - Formulário de criação de tipo no OSPInSight

Na criação de um novo tipo é necessário a associação de um número de fibras e de um código de cores para o mesmo, através da escolha da opção “Modify”, seguida da selecção do número de fibras na célula do valor correspondente à propriedade “strands”.

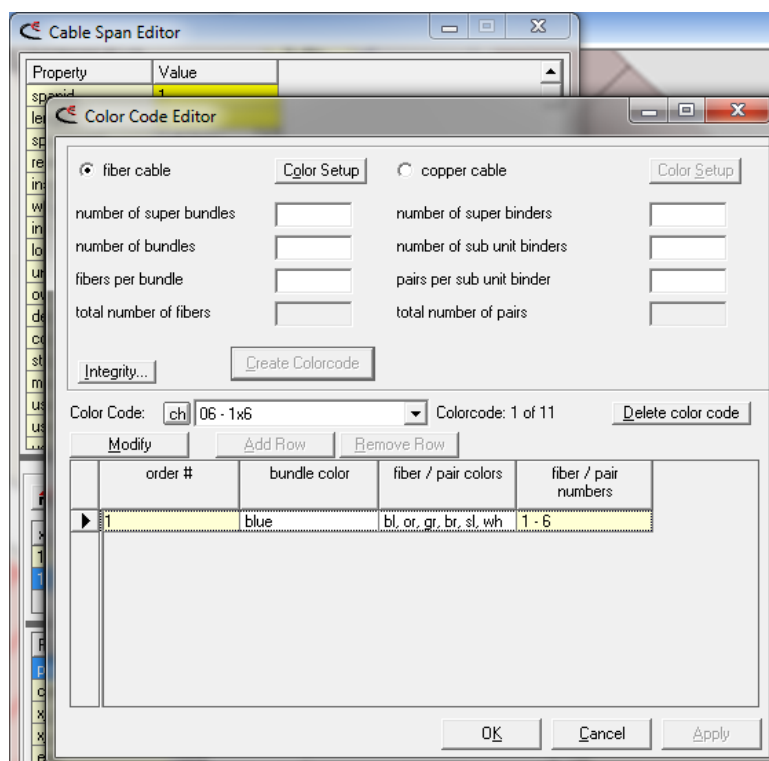


Figura 85 - Formulário de criação de código de cores no OSPInSight

É também possível a edição de códigos de cores bem como a criação de novos códigos de cores através de um formulário (Figura 85) aberto na escolha da opção de edição, existente na lista de números de fibras e códigos de cores, apresentada no formulário do tipo de cabo. A partir desse formulário é possível a edição de sequências de cores para grupos de grupos, grupos e fibras. Para tal, deve ser seleccionada a opção “Color Setup” que permite apresentação de um formulário, onde é possível adicionar e remover identificações de cores nas sequências para cada elemento do cabo, como ilustra a Figura 86.

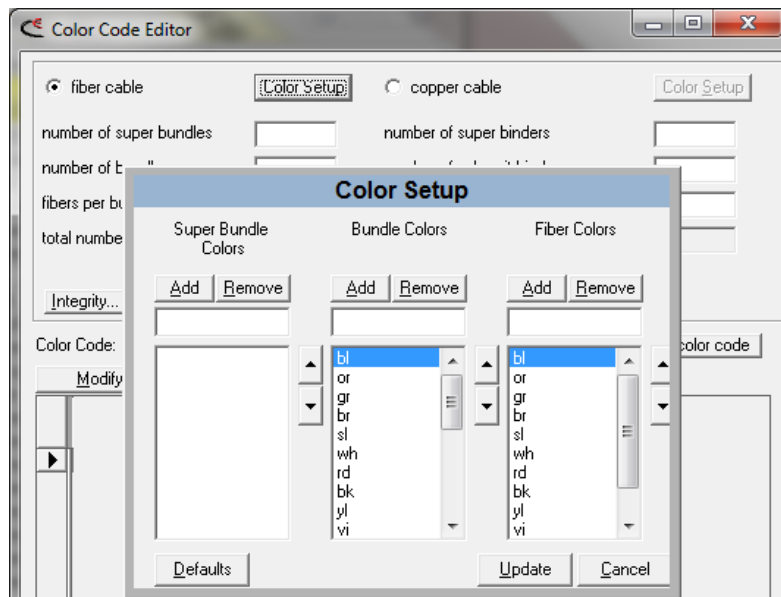


Figura 86 - Formulário de edição de seqüências de cores no OSPInSight

Após a associação de um tipo para o cabo e a criação do mesmo, o sistema representa o cabo criado a verde sobre o mapa (opcionalmente a tracejado, sendo escolhido uma colocação aérea do cabo).

Para a criação de juntas é necessário seleccionar a opção com o ícone de uma linha com uma cruz vermelha no segmento superior da interface principal do sistema. O restante esquema de interacção é igual ao esquema utilizado para a criação de pontos terminais. Neste caso, após a selecção da posição da junta, o sistema requer uma confirmação para associar cabos próximos à junta a ser criada. Após ser confirmada a associação dos cabos é apresentada a junta a rosa e um formulário (Figura 87), onde é necessário seleccionar ou definir o tipo de junta a partir da célula com o valor para a propriedade “enclosuretypeid”. Para a criação e edição de tipos pode ser aberto o formulário apresentado para tipos de pontos terminais e de cabos.

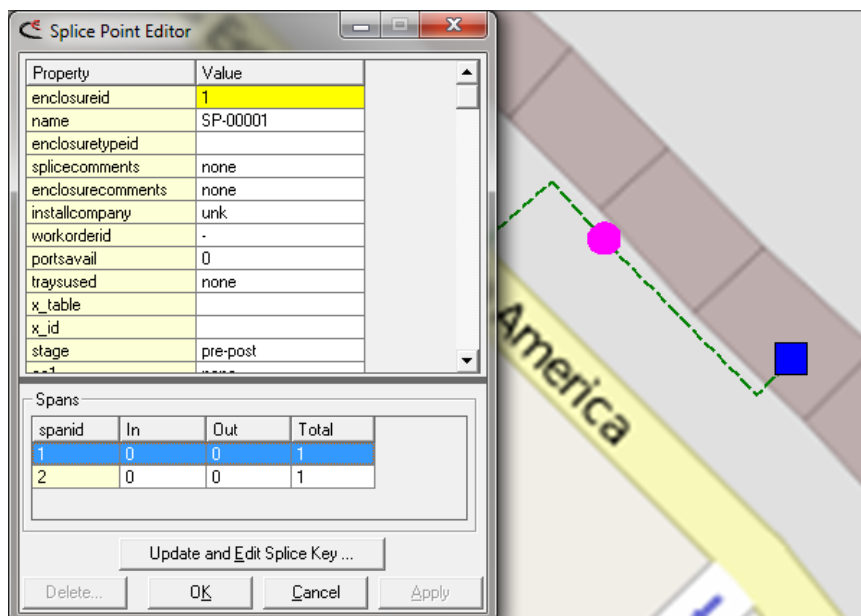


Figura 87 - Formulário de criação de junta no OSPInSight

Uma vez escolhido o tipo de junta, é possível também estabelecer as uniões entre fibras de cabos no seu interior, através da escolha da opção “Update and Edit Splice Key ...”. Nesse caso, é apresentado um formulário onde é possível estabelecer, editar e eliminar e visualizar grupos de uniões entre fibras (Figura 88).

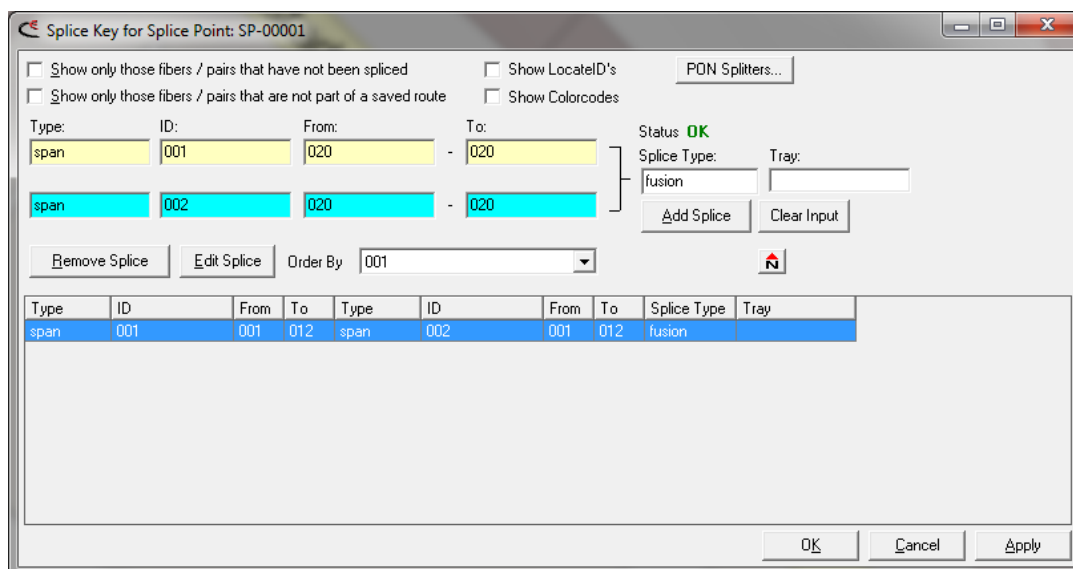


Figura 88 - Formulário de uniões no OSPInSight

Uniões entre fibras criadas para uma junta podem posteriormente ser visualizadas de uma forma gráfica ao abrir um menu de contexto da respectiva junta, na lista de elementos de rede à direita da interface principal. Nesse menu deve ser escolhida a opção “More” e a opção “Splice Schematic” do menu aberto posteriormente

(Figura 89). É então apresentada uma representação gráfica da junta, como é possível verificar na Figura 90.

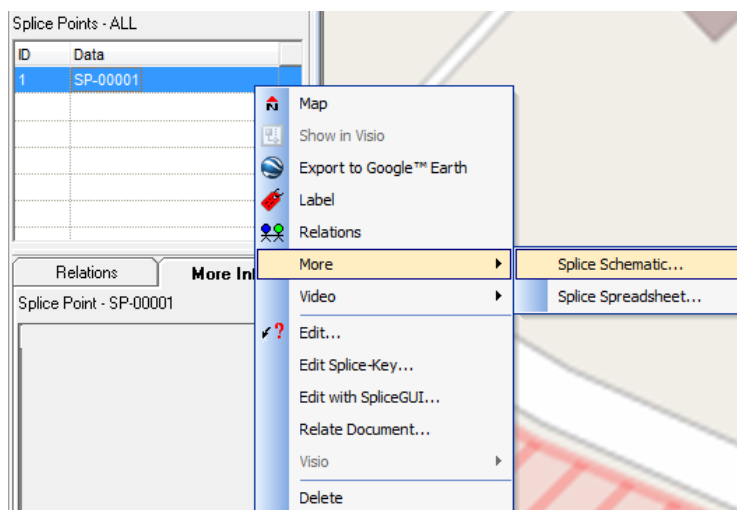


Figura 89 - Visualização de representação de junta no OSPInSight

O menu de contexto de um elemento na lista de elementos para um tipo apresenta opções comuns a qualquer tipo de elemento, destacando-se as opções de editar propriedades do elemento (apresentadas na sua criação), de eliminar o elemento e de associar representações do Microsoft Visio ao mesmo. No caso de juntas, são apresentadas opções para visualizar e editar uniões entre fibras (através do formulário de edição respectivo ou do componente SpliceGUI) e para pontos terminais são apresentadas opções para visualizar associações de fibras aos mesmos e circuitos de fibras associados e para editar associações de fibras.

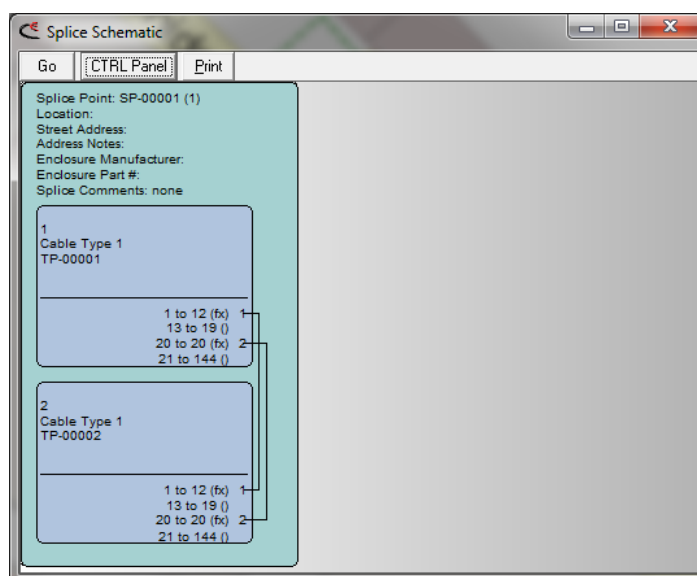


Figura 90 - Representação gráfica de junta no OSPInSight

A.3. Utilização do ConnectMaster

A interface principal do ConnectMaster apresenta-se dividida em vários segmentos, sendo que cada segmento inclui informação de diferentes aspectos da rede, bem como um conjunto de funcionalidades associadas, como ilustra a Figura abaixo.

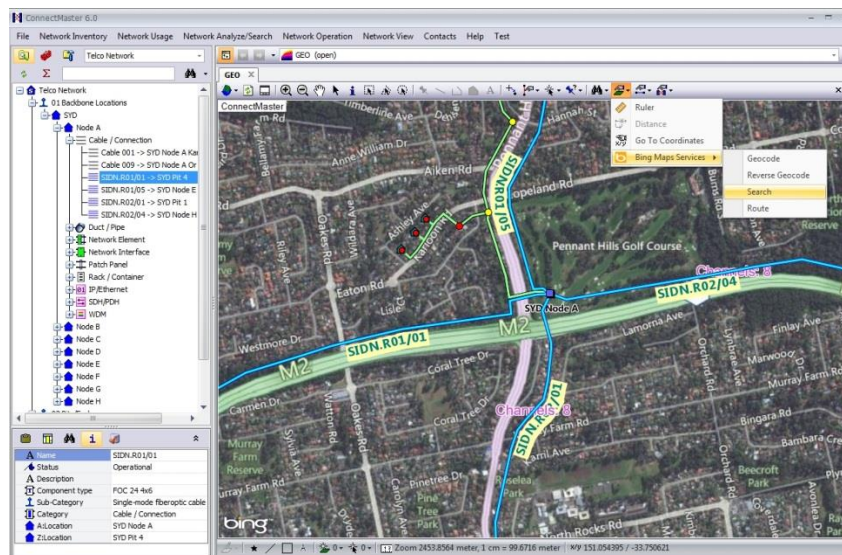


Figura 91 - Interface principal do ConnectMaster

O segmento à direita da interface apresenta um mapa onde estão sobrepostas as representações de rede relativas aos cabos (linhas azuis) e a pontos de rede (pontos a azul escuro). Adicionalmente na parte superior desse segmento são apresentadas diversas opções, destacando-se as opções de aumentar e diminuir as dimensões do mapa, de movimentar o mapa usando operações de arrastar, de seleccionar um elemento de rede no mapa e de seleccionar o tipo de informação apresentada no mapa (dados de estradas, dados de satélite, entre outros).

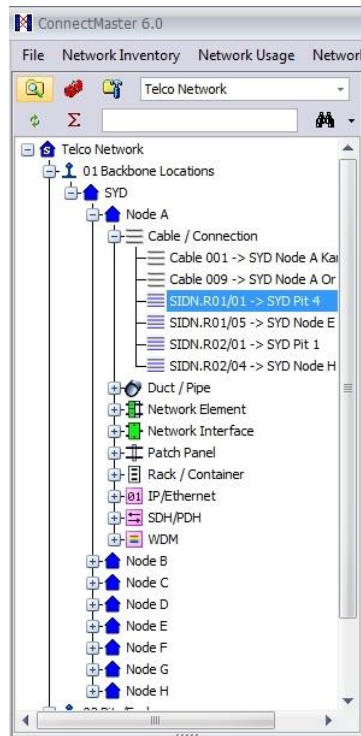


Figura 92 - Representação hierárquica de rede no ConnectMaster

No segmento na parte esquerda superior da interface, visível em detalhe na Figura 92 é possível verificar uma representação mais detalhada da estrutura da rede apresentada no mapa, organizada segundo uma estrutura hierárquica. Além dos componentes mais gerais da rede tais como cabos e pontos de rede são também apresentadas estruturas de suporte, tais como condutas e o equipamento existente dentro dos diversos pontos. Os diversos elementos são organizados por tipos, correspondendo aos “filhos” dos tipos apresentados. Note-se também que os cabos são apresentados no interior de pontos da rede. Elementos “filho” de um elemento podem ser visualizados ao seleccionar o ícone com um sinal de mais, ou escondidos ao seleccionar o ícone com o sinal de menos. Na parte superior do segmento destacam-se as opções para procurar redes armazenadas e actualizar a representação hierárquica e o elemento com um ícone de uma seta que apresenta a identificação da rede a ser visualizada e permite seleccionar uma rede encontrada para ser apresentada de forma hierárquica.

| | |
|----------------|------------------------------|
| Name | SIDN.R01/01 |
| Status | Operational |
| Description | |
| Component type | FOC 24 4x6 |
| Sub-Category | Single-mode fiberoptic cable |
| Category | Cable / Connection |
| A:Location | SYD Node A |
| Z:Location | SYD Pit 4 |

Figura 93 - Apresentação das propriedades de um elemento de rede no ConnectMaster

No segmento na parte esquerda inferior da interface é possível identificar as diversas propriedades de um elemento de rede que são apresentadas quando o mesmo elemento é seleccionado no mapa ou na representação hierárquica. No caso da Figura 93 é possível identificar as diferentes propriedades de um cabo.

Um elemento apresentado na representação hierárquica pode também ser visualizado no mapa, sendo que para tal o utilizador deverá abrir o menu de contexto associado ao elemento e seleccionar a opção “Escolher” e a opção “No mapa actual” existente no menu aberto posteriormente, de acordo com a Figura 94. O sistema centra então a representação do elemento no mapa.

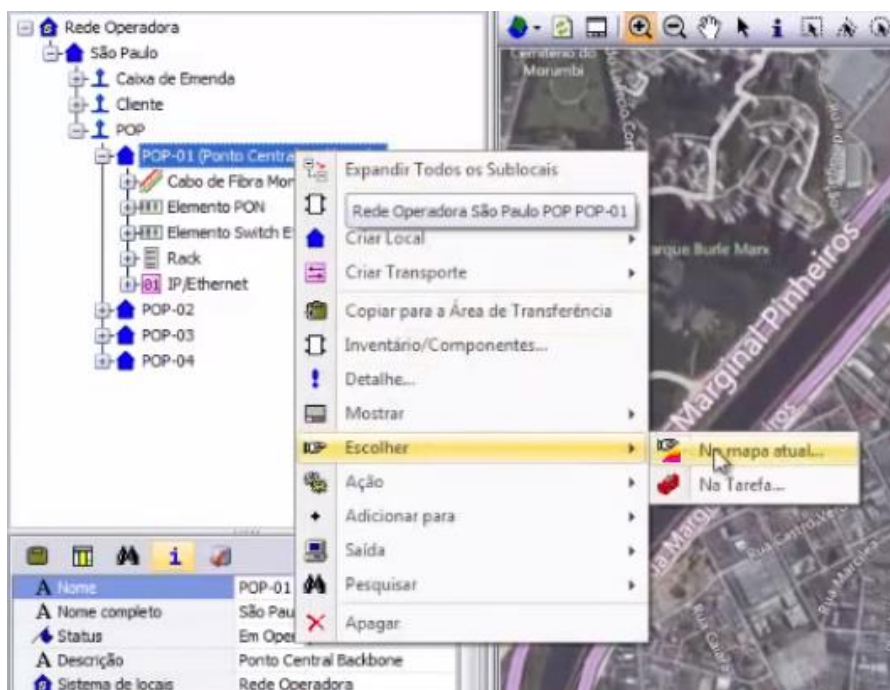


Figura 94 - Opções de Local no ConnectMaster

O menu de contexto de um elemento na representação hierárquica apresenta diversas opções, sendo que as mesmas variam de acordo com o tipo de elemento

representado. Em geral, todos os elementos apresentam um conjunto de principais opções, nomeadamente as opções de copiar o elemento, apagar o elemento e apresentar mais detalhe do mesmo. Para pontos da rede (designados por “Locais” no sistema) é possível adicionalmente apresentar os elementos “filho” de todos os pontos “filho” do ponto e criar outros elementos “filho” para o ponto, como ilustra a Figura anterior. Para cabos são disponibilizadas também outras opções, destacando-se a possibilidade de adicionar a representação do cabo sobre o mapa, de verificar as conexões das suas fibras nos seus pontos terminais e de analisar o impacto de falhas nas fibras do cabo sobre clientes da rede, como apresenta a Figura abaixo.

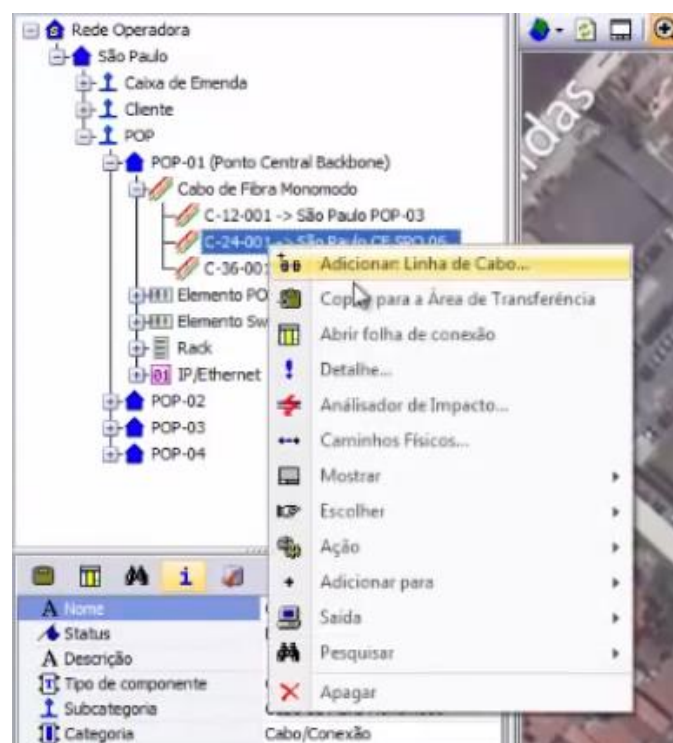


Figura 95 - Opções de cabo na representação hierárquica do ConnectMaster

No segmento que inclui o mapa pode também ser aberto um menu de contexto associado a um elemento de rede seleccionado, sendo que esse menu apresenta outras opções, incluindo opções específicas para o tipo de elemento. Para abrir um menu de contexto de um elemento no mapa é necessário seleccionar a opção de ponteiro (opção com o ícone de um cursor preto) e, posteriormente seleccionar a representação do elemento no mapa. O menu de contexto apresenta um conjunto de opções comuns a qualquer elemento, destacando-se as opções de apresentar o elemento na representação hierárquica da rede, e de duplicar o elemento. Para um cabo, o menu de contexto apresenta as opções de dividir o cabo e inserir uma união entre fibras (designada no

sistema por “Emenda”) ou uma união por *splitter* e de inserir um ponto de rede, como é possível verificar na Figura 96. Quando um cabo é seleccionado, o sistema destaca-o a verde sobre o mapa.

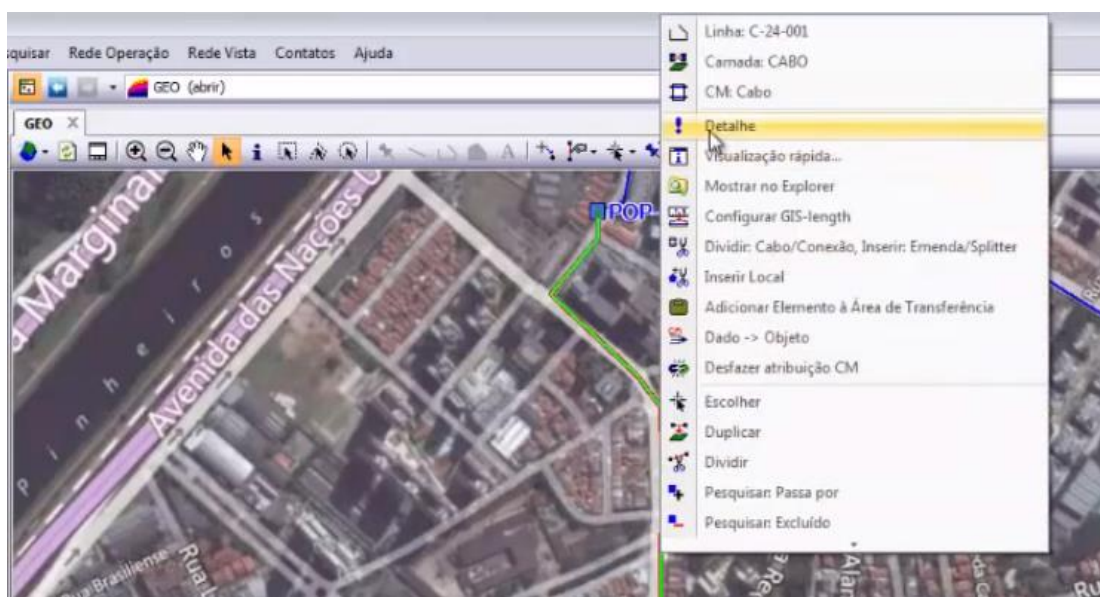


Figura 96 - Opções de cabo na representação sobre o mapa no ConnectMaster

Ao seleccionar a opção de visualizar detalhe para um elemento, é apresentado um formulário com diversas informações sobre o mesmo. Nesse formulário é possível visualizar tipos de dados comuns a todos os elementos, destacando-se uma lista de material que constitui o elemento, incluindo os respectivos custos, uma figura ilustrativa do elemento e documentos associados. Todos os dados tabulares existentes no formulário de informação de cada elemento de rede podem ser exportados para vários formatos de documentos. No caso de um cabo, o formulário inclui também a sua estrutura em termos de fibras e de grupos (Figura 97) e informações de conectividade das fibras em cada ponto terminal (Figura 98).

Nome: C-24-001
 Tipo de componente: Cabo-24F
 Subcategoria: Cabo de Fibra Monomodo
 Status: Em Operação

A: Local: São Paulo POP-01
 A: Componente: Rack POP-01
 Z: Local: São Paulo CE SPO 06
 Z: Componente:

| Sequência | Nome | Cor | Status | Atenuação | Lambda 2 (1310 nm) | Lambda 3 (1470 nm) | Lambda 4 (1550 nm) |
|-----------|---------|--------|--------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | Tubo 01 | Green | - | | | | |
| 1 | 1 | Green | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 2 | 2 | Yellow | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 3 | 3 | White | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 4 | 4 | Blue | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 5 | 5 | Red | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 6 | 6 | Violet | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 7 | 7 | Brown | | 0,22 | 0,35 | 0,22 | 0,25 |
| 8 | 8 | Pink | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 9 | 9 | Black | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 10 | 10 | Slate | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 11 | 11 | Orange | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 12 | 12 | Aqua | | 0,22 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| 2 | Tubo 02 | Yellow | | | | | |

Figura 97 - Detalhes de fibras e tubos de um cabo no ConnectMaster

| P/C:1 | Fibra | Cam. Físico | Registro | P/C:1 |
|--------------------------|-------|-------------|----------|-------------------------------------|
| Rack POP-01>2<DIO-24P/1 | 1 | | GE 001 | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/1 |
| Rack POP-01>2<DIO-24P/2 | 2 | | GE 002 | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/2 |
| | 3 | | | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/3 |
| | 4 | | | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/4 |
| | 5 | | | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/5 |
| | 6 | | | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/6 |
| Rack POP-01>5<DIO-36P/13 | 7 | | | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/7 |
| Rack POP-01>5<DIO-36P/14 | 8 | | | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/8 |
| Rack POP-01>5<DIO-36P/15 | 9 | | | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/9 |
| Rack POP-01>5<DIO-36P/16 | 10 | | | CE SPO 06>3<Splitter-1:2 20/80/OUT2 |
| Rack POP-01>5<DIO-36P/17 | 11 | | | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/11 |
| Rack POP-01>5<DIO-36P/18 | 12 | | | CE SPO 06>1<Bandeja 12P/12 |
| | 13 | | | CE SPO 06>2<Bandeja 12P/1 |

Figura 98 - Detalhes de conexões de fibras de um cabo no ConnectMaster

No caso de estruturas de protecção e organização de equipamento de interligação, existentes nos pontos da rede, o formulário apresenta adicionalmente os equipamentos que as mesmas incluem, sendo permitido criar e eliminar equipamento do interior das estruturas. Para equipamento de interligação, o formulário inclui informação das respectivas interfaces de interligação existentes (Figura 99) e dos serviços

associados, sendo possível a adição e remoção de interfaces. O formulário de equipamento de interligação também permite verificar a configuração em termos lógicos do equipamento respectivo.

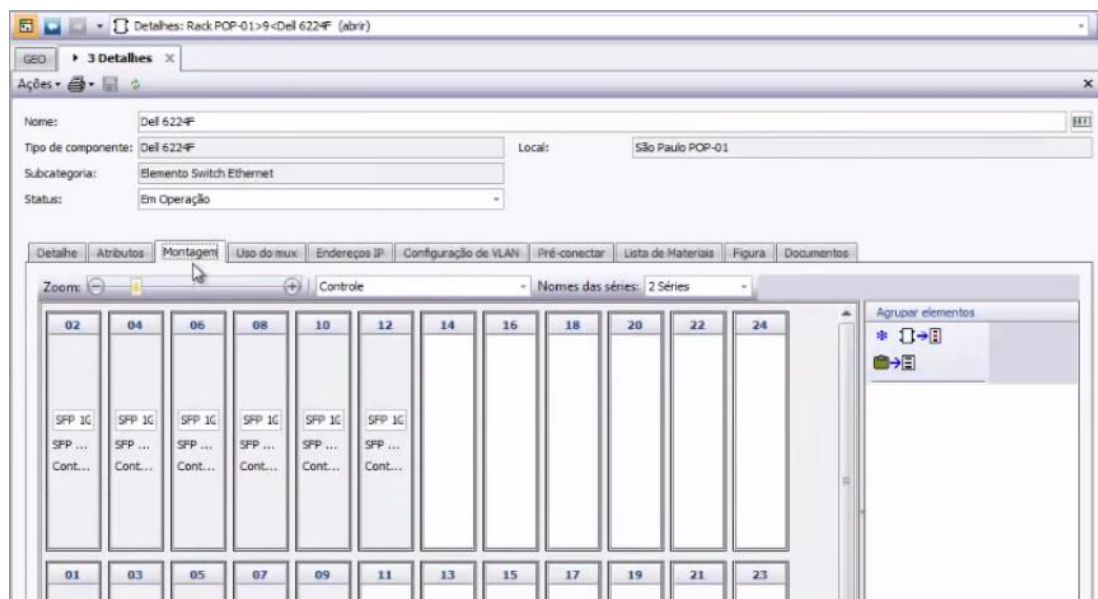


Figura 99 - Detalhes de estrutura de equipamento no ConnectMaster

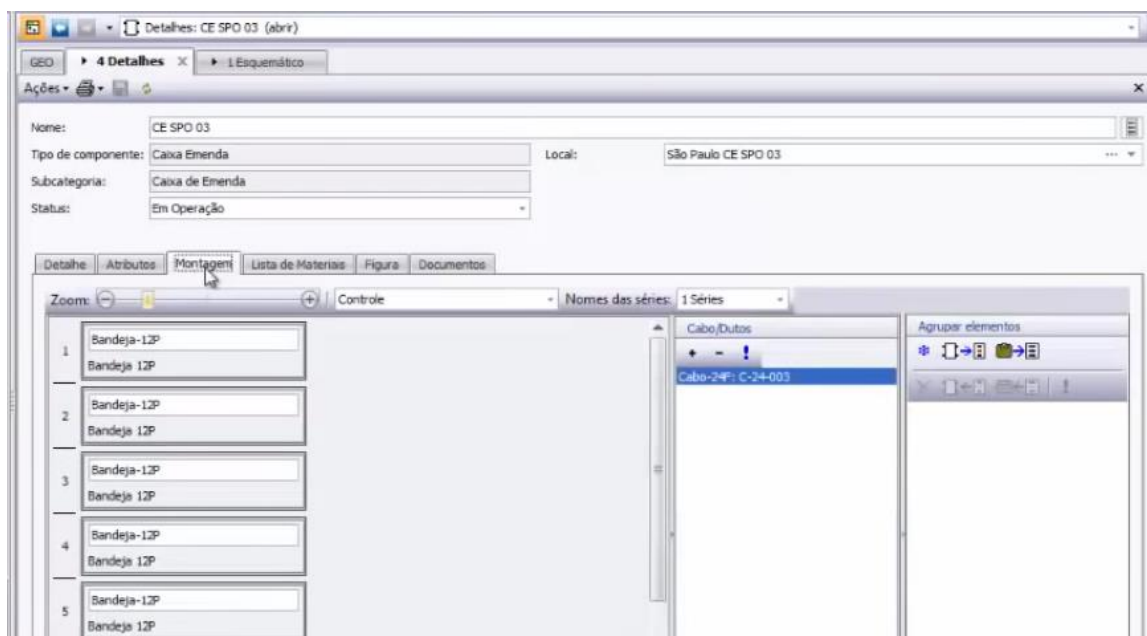


Figura 100 - Detalhes de estrutura de uma caixa de junção no ConnectMaster

Para estruturas de protecção e de organização de uniões entre fibras, nomeadamente, caixas de junção é permitido verificar as bandejas e *splitters* que as

mesmas incluem (Figura 100), através do respectivo formulário. Para uma bandeja é possível identificar detalhes das uniões entre fibras que a mesma contém (Figura 101).

| P/C:1 | Registro | Cam. Físico | Ponto | Ponto | Cam. Físico | Registro | P/C:2 |
|---|----------|-------------|-------|-------|-------------|----------|--------------------------------------|
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 1 | GE 001 | | 1 | ~1 | ~1 | GE 001 | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 1 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 2 | GE 002 | | 2 | ~2 | ~2 | GE 002 | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 2 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 3 | | | 3 | ~3 | ~3 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 3 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 4 | | | 4 | ~4 | ~4 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 4 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 5 | | | 5 | ~5 | ~5 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 5 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 6 | | | 6 | ~6 | ~6 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 6 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 7 | | | 7 | ~7 | ~7 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 7 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 8 | | | 8 | ~8 | ~8 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 8 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 9 | | | 9 | ~9 | ~9 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 9 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 10 | | | 10 | ~10 | ~10 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 10 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 11 | | | 11 | ~11 | ~11 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 11 |
| São Paulo CE SPO 06/C-24-003/Tubo 01 12 | | | 12 | ~12 | ~12 | | São Paulo POP-02/C-24-002/Tubo 01 12 |

Figura 101 - Detalhes de uniões de uma bandeja no ConnectMaster

No caso de um *splitter* é possível evidenciar detalhes de cada fibra ligada e da respectiva interface do *splitter* à qual a fibra se liga.

Para equipamento de um cliente da rede é possível verificar os detalhes da sua ligação até ao nó inicial da rede através de uma tabela no formulário com informação do equipamento ou através do mapa. É também possível gerar uma representação no Visio com informação da ligação do cliente até ao nó inicial da rede.

Anexo B: Product Backlog

B.1. Requisitos Funcionais

Visualização de Elementos de Rede – Obrigatório

RF1: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar zonas da rede de acesso óptica e os sinópticos associados às mesmas.

RF2: Como gestor da rede de acesso óptica, eu pretendo visualizar representações em gráficos vectoriais dos sinópticos, que correspondem às componentes da rede de acesso óptica, que incluem cabos que partem de um ponto inicial de distribuição

do sinal óptico ou de juntas e podem terminar em juntas ou em pontos terminais da rede.

RF2.1: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar o trajecto dos cabos de fibra óptica e o seu respectivo código.

RF2.2: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar as posições das juntas entre os cabos, o seu respectivo código e o seu estado de operação, que identifique se as juntas necessitam de reparação ou se estão operacionais.

RF2.3: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar as posições e a identificação de pontos terminais da rede (terminações).

RF2.4: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar os cabos e fibras que se encontram directamente ligadas a uma terminação.

RF2.5: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar os cabos que estão associados a uma qualquer junta.

RF2.6: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar os tubos que correspondem a um qualquer cabo, a respectiva cor e o número de sequência associado a esses tubos.

RF2.6.1: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar as fibras existentes nos tubos de um qualquer cabo, a respectiva cor e o número de sequência associado a essas fibras.

RF2.7: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar uma identificação do comprimento real dos cabos de fibra óptica representados nos sinópticos.

RF3: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar a identificação dos sinópticos da rede de acesso óptica.

RF4: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo aumentar e diminuir as dimensões de todos os elementos existentes num sinóptico (efectuar operações de zoom).

RF5: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo visualizar os cabos cujas fibras se encontram todas unidas com outras fibras ou todas directamente ligadas a uma

terminação (os cabos podem ser considerados como ocupados nesses casos), de forma distinta dos cabos em que isso não se verifica.

Introdução de Elementos de Rede - Obrigatório

RF6: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo criar um novo sinóptico associado a uma zona, que corresponderá a um grupo ao qual se poderão associar vários sinópticos, criado no momento em que um sinóptico é criado, caso o mesmo não exista.

RF7: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo adicionar juntas, opcionalmente a partir de cabos, sendo-lhes atribuídas identificações, de acordo com as convenções da minha organização, em qualquer sinóptico.

RF8: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo adicionar tipos de cabo, fornecendo a seguinte informação: uma identificação para o tipo, níveis de tubos do tipo e o número de tubos para cada nível, o número total de fibras e o código de cores associado ao tipo. Opcionalmente pode ser providenciada uma ligação para a ficha técnica do tipo criado.

RF9: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo adicionar cabos de um tipo de cabo previamente criado, opcionalmente a partir de juntas, sendo-lhes atribuídas identificações, de acordo com as convenções da minha organização, em qualquer sinóptico.

RF10: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo adicionar terminações, opcionalmente a partir de cabos, em qualquer sinóptico.

RF11: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo adicionar uma identificação de cliente a terminações, no caso de representarem clientes.

RF12: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo ter acesso a informações de um cliente dos sistemas de informação existentes, para uma terminação com a respectiva identificação de cliente.

RF13: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo introduzir um novo código de cores no sistema, que corresponde a um elemento com uma identificação e um conjunto de cores ordenadas segundo uma determinada sequência.

RF14: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo adicionar *splitters* a uma junta, associando os mesmos a uma fibra de entrada e a várias fibras de saída. Um

splitter suporta a divisão de sinal óptico de uma fibra, designada por fibra de entrada, uma vez que transmite o sinal de entrada no *splitter*, para várias outras fibras, designadas por fibras de saída.

RF14.1: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo atribuir uma identificação para os *splitters*.

Alteração de Elementos de Rede - Obrigatório

RF15: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar a identificação de qualquer sinóptico.

RF16: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo incluir um cabo numa qualquer junta.

RF17: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo excluir um cabo de uma qualquer junta.

RF18: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo associar um cabo a uma qualquer terminação.

RF19: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo desassociar um cabo de uma qualquer terminação.

RF20: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar o código e a posição de qualquer junta existente num sinóptico, mantendo-se as suas associações a cabos, se as mesmas existirem.

RF21: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo identificar as juntas que devem ser reparadas.

RF22: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar o código e a posição de qualquer cabo existente num sinóptico, mantendo-se as suas associações a juntas ou terminações, se as mesmas existirem.

RF23: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar o comprimento real de qualquer cabo existente num sinóptico.

RF24: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar a identificação e a posição do ponto inicial de distribuição de sinal óptico, existente num sinóptico, mantendo-se as suas associações a cabos, se as mesmas existirem.

- RF25:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo associar um código de cores a um qualquer tipo de cabo.
- RF26:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar todas as informações de um qualquer tipo de cabo, excepto quando o mesmo está a associado a pelo menos um cabo existente num sinóptico.
- RF27:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo associar uma ou mais fibras de um cabo a uma qualquer terminação, existente num sinóptico.
- RF28:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo desassociar fibras de um cabo de uma qualquer terminação, existente num sinóptico.
- RF29:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar um código de cores existente, excepto quando o mesmo está a associado a pelo menos um cabo existente num sinóptico.
- RF29.1:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo incluir uma cor num código de cores.
- RF29.2:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo excluir uma cor de um código de cores.
- RF29.3:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar a identificação de um código de cores.
- RF30:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar a identificação e a posição de uma qualquer terminação existente num sinóptico, mantendo-se as suas associações a cabos, se as mesmas existirem.
- RF31:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar a identificação de cliente para uma qualquer terminação, existente num sinóptico.
- RF32:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo estabelecer uniões entre duas fibras de quaisquer cabos associados a uma determinada junta.
- RF33:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo remover uniões entre fibras de quaisquer cabos associados a uma determinada junta.
- RF34:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo estabelecer ligações de fibras de saída num *splitter*.

RF35: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo remover ligações de fibras de saída num *splitter*.

RF36: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo alterar as posições de vários elementos de um sinóptico em simultâneo, mantendo as posições relativas entre os mesmos.

Eliminação de Elementos de Rede - Obrigatório

RF37: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo eliminar zonas que não incluam quaisquer sinópticos.

RF38: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo eliminar qualquer sinóptico.

RF39: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo eliminar juntas em qualquer sinóptico.

RF40: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo eliminar cabos em qualquer sinóptico.

RF41: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo eliminar terminações em qualquer sinóptico.

RF42: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo eliminar *splitters*.

Gestão de acessos - Obrigatório

RF43: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo ser capaz de visualizar um histórico de acessos no sistema, por ordem temporal.

Exportação de Documentos - Obrigatório

RF44: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo ser capaz de exportar qualquer representação de uma junta ou sinóptico de fibra óptica para um documento com a extensão PDF.

RF45: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo ser capaz de exportar uma área visível de qualquer representação de um sinóptico para um documento com a extensão PDF.

Projectos de Rede - Opcional

- RF46:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo criar projectos, que poderão incluir um conjunto de sinópticos destinados a simulações.
- RF47:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo eliminar projectos.
- RF48:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo criar sinópticos destinados a simulações dentro de um projecto.
- RF49:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo eliminar sinópticos destinados a simulações.
- RF50:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo mover um sinóptico de um projecto para a instalação de rede actual.
- RF51:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo copiar sinópticos da instalação de rede actual para um projecto existente.

B.2. Requisitos Não-Funcionais

Segurança e Permissões - Obrigatório

- RNF1:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo ter acesso ao sistema através da introdução de um nome de utilizador e palavra passe, registados no sistema de autenticação da empresa.
- RNF2:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo ter acesso ao sistema com permissões de visualização e de edição da informação de rede ou apenas com permissões de visualização.

Disponibilidade - Obrigatório

- RNF3:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo ter acesso ao sistema, estando sujeito a um tempo anual de falha de, no máximo, um mês.

Usabilidade - Obrigatório

- RNF4:** Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo realizar qualquer tarefa sobre uma junta ou um sinóptico da rede de fibra óptica no sistema num tempo inferior ou igual a 2/3 do tempo necessário para realizar a mesma tarefa utilizando o *software* Microsoft Visio.

RNF5: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo conseguir utilizar o sistema, estando um máximo de 20 utilizadores a utilizar o sistema simultaneamente.

Compatibilidade - Obrigatório

RNF6: Como gestor da rede de fibra óptica, eu pretendo conseguir utilizar o sistema através do acesso à rede interna da minha organização pelos *browsers* Microsoft Internet Explorer, Google Chrome e Mozilla Firefox.

Implementação - Obrigatório

RNF7: O sistema deverá ser implementado recorrendo ao uso da Zend Framework 1.12.

RNF8: O sistema deverá ser implementado recorrendo ao uso do sistema gestor de bases de dados MySQL.

Anexo C: Modelos do sistema

C.1. Arquitectura e dados

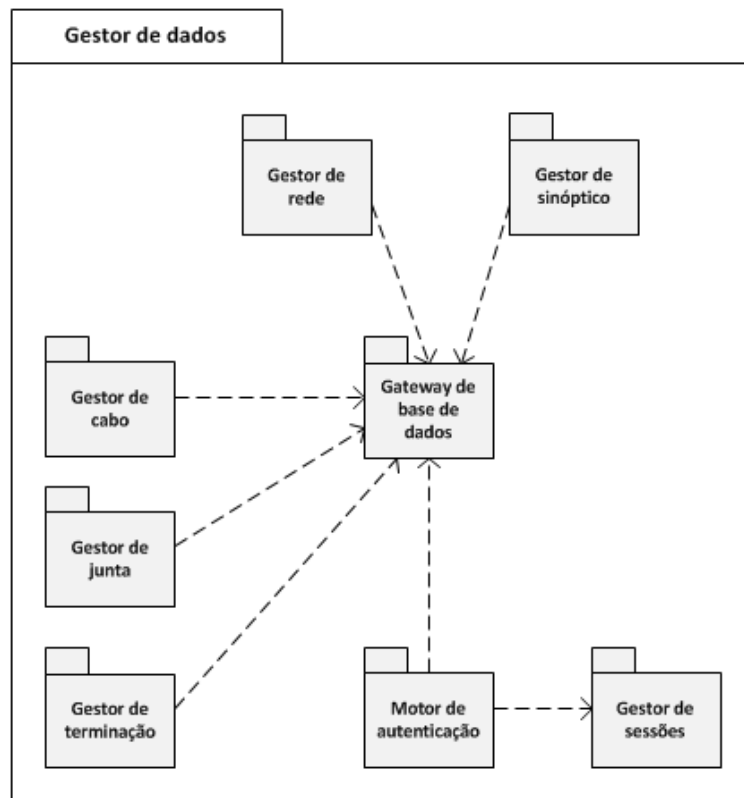


Figura 102 - Vista de decomposição em módulos do módulo Gestor de dados

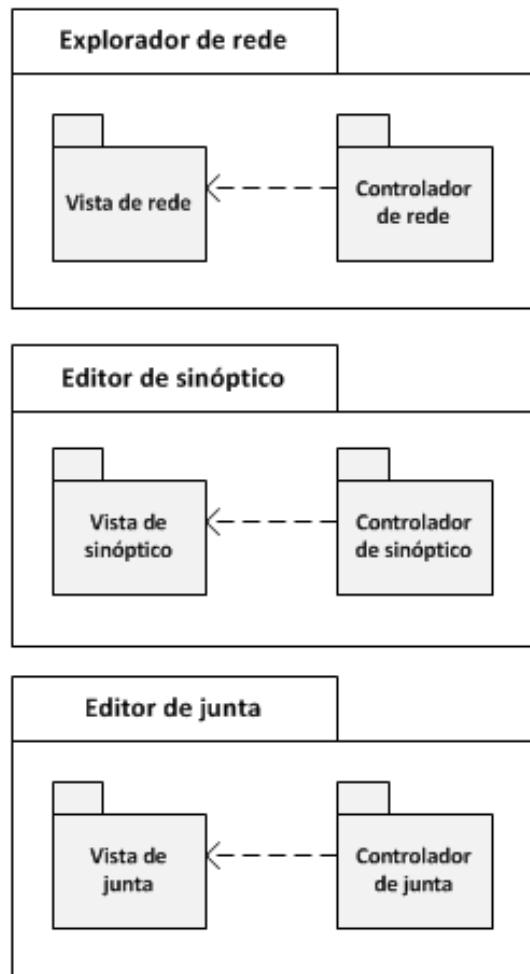


Figura 103 - Vistas de decomposição em módulos para o módulo Explorador e os módulos Editores

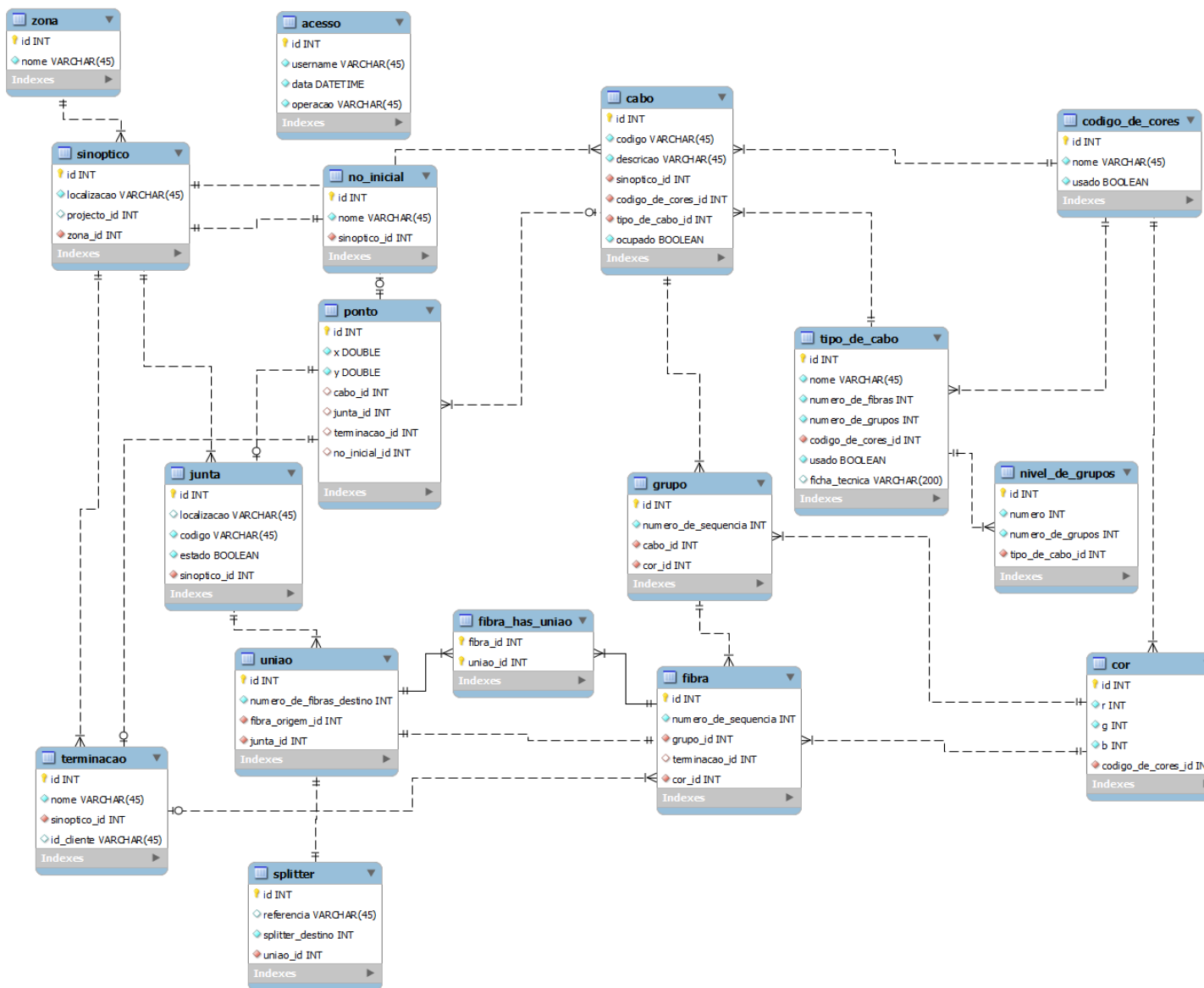


Figura 104 - Modelo relacional

C.2. Comportamento

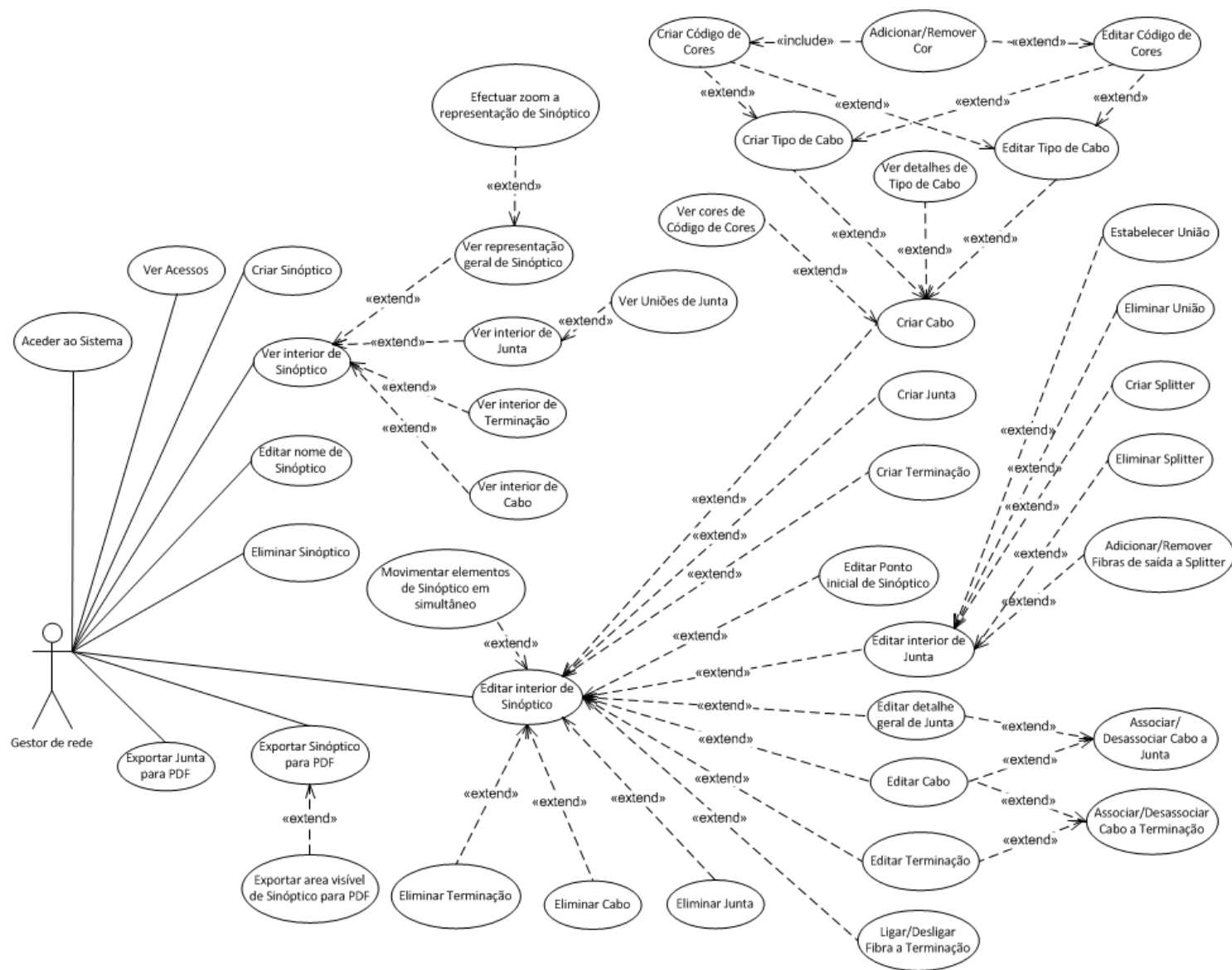


Figura 105 - Mapa de casos de utilização detalhado

Análise de robustez – Diagramas de robustez para os casos de utilização

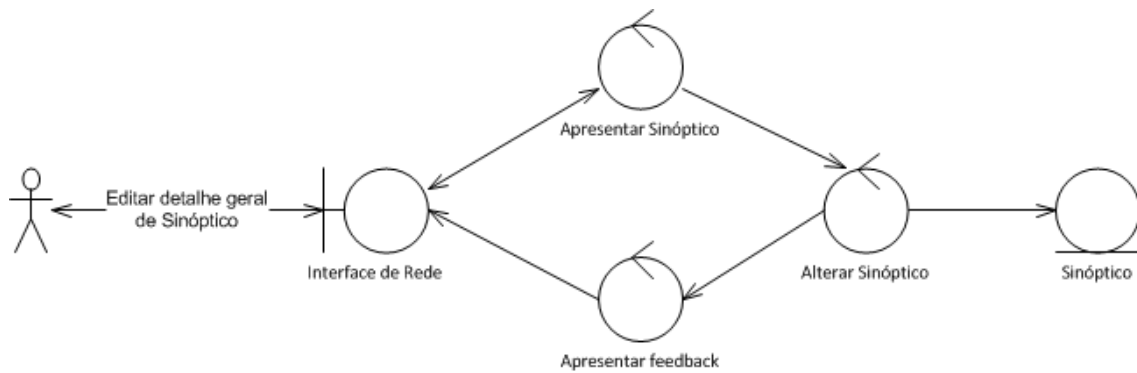


Figura 106 - Diagrama do caso Editar detalhe geral de Sinóptico

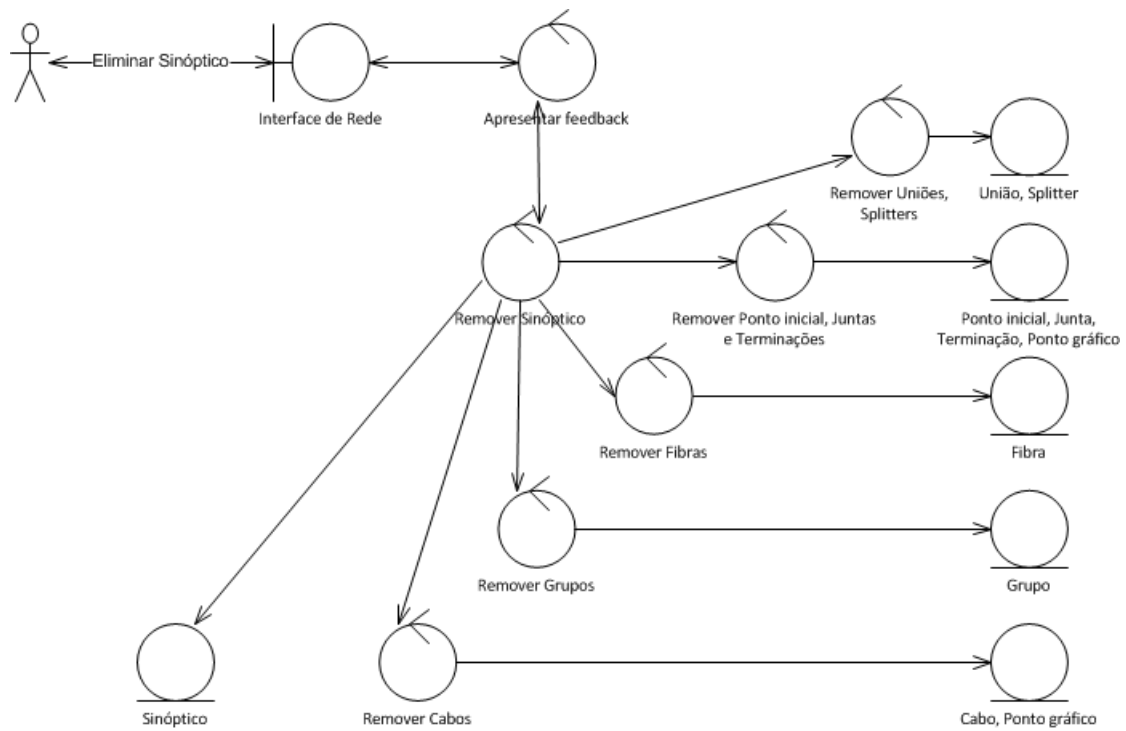


Figura 107 - Diagrama do caso Eliminar Sinóptico

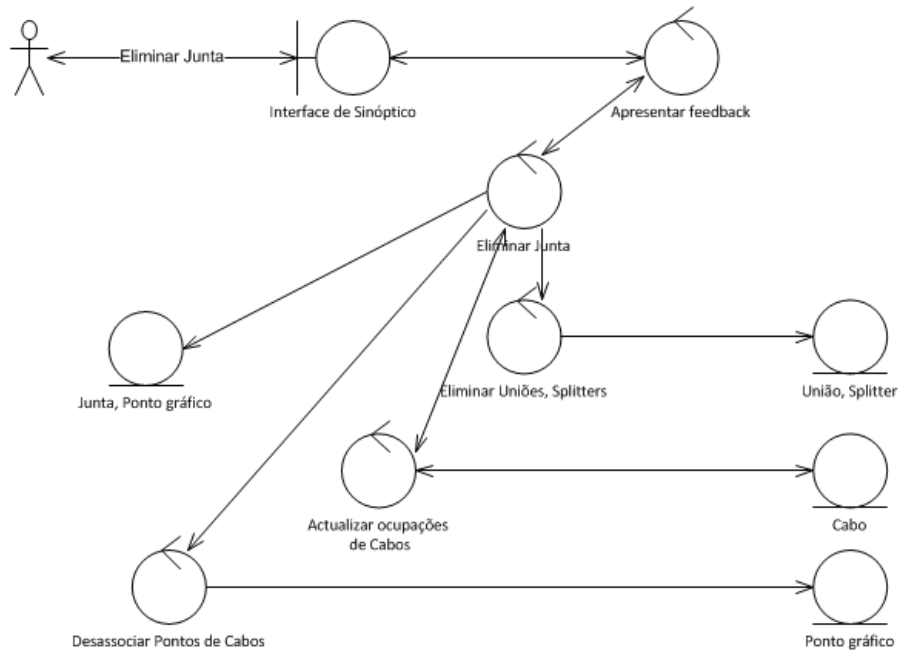
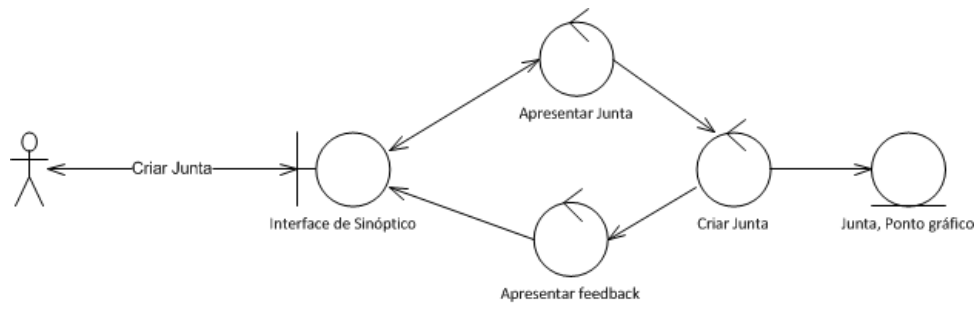


Figura 108 - Diagramas dos casos Criar e Eliminar Junta

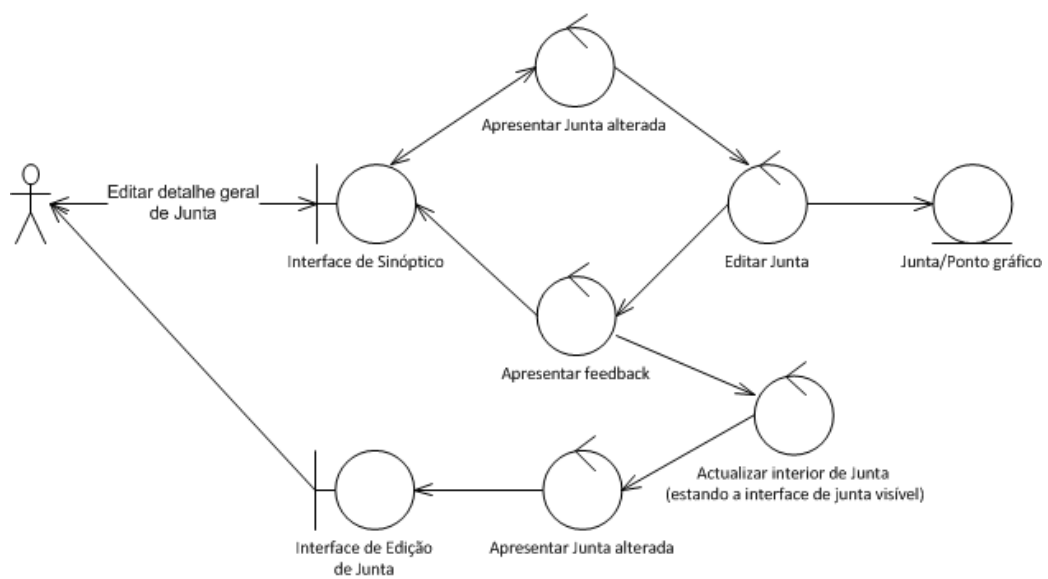


Figura 109 - Diagrama do caso Editar detalhe geral de Junta

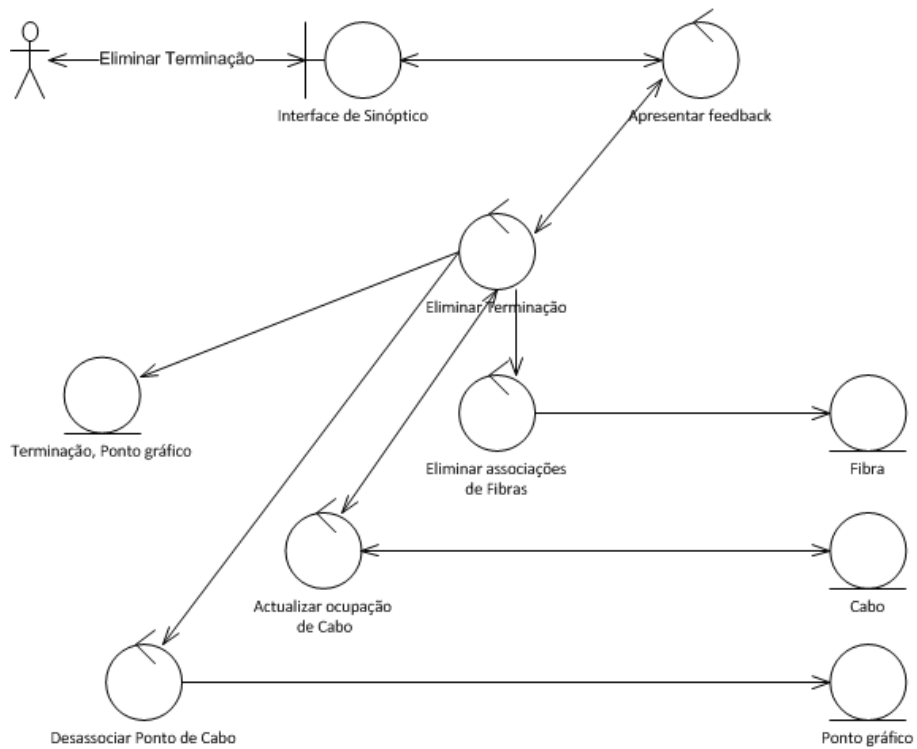
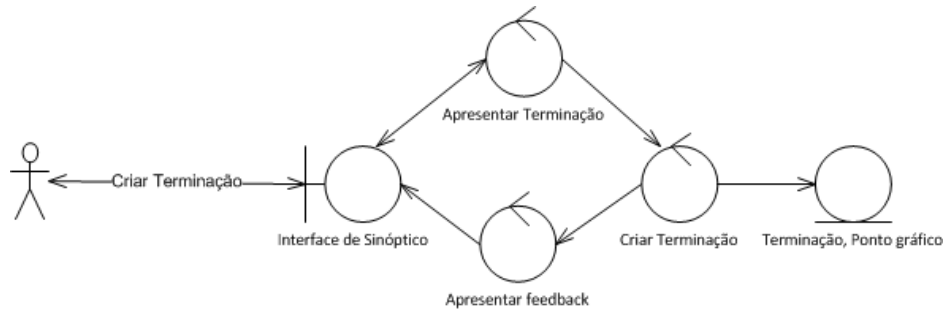


Figura 110 - Diagramas dos casos Criar e Eliminar Terminação

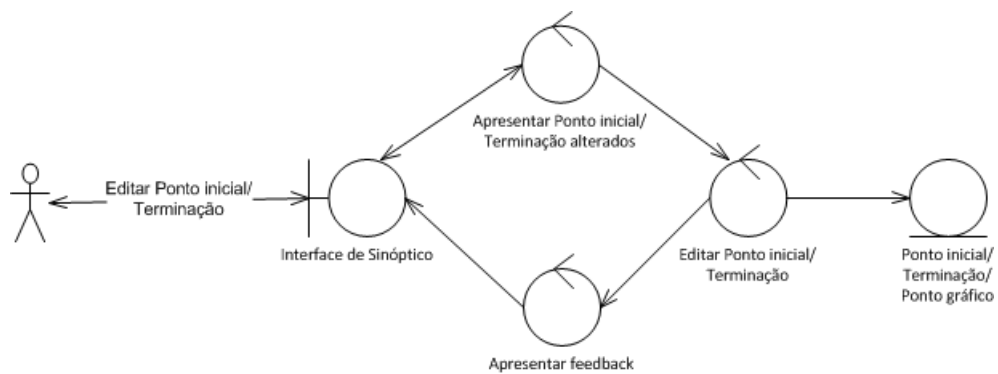


Figura 111 - Diagrama dos casos Editar Ponto inicial e Terminação

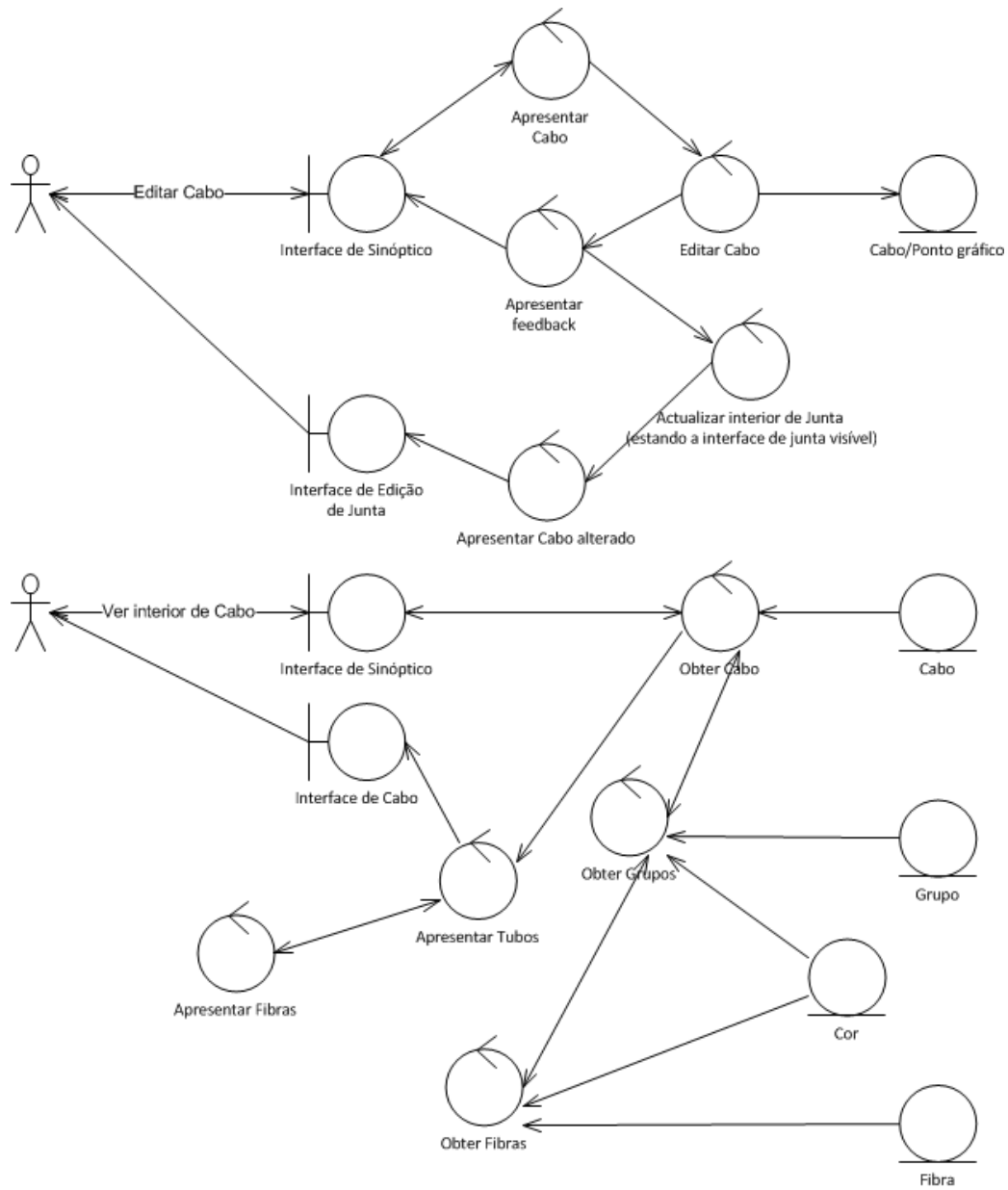


Figura 112 - Diagramas dos casos Editar e Ver interior de Cabo

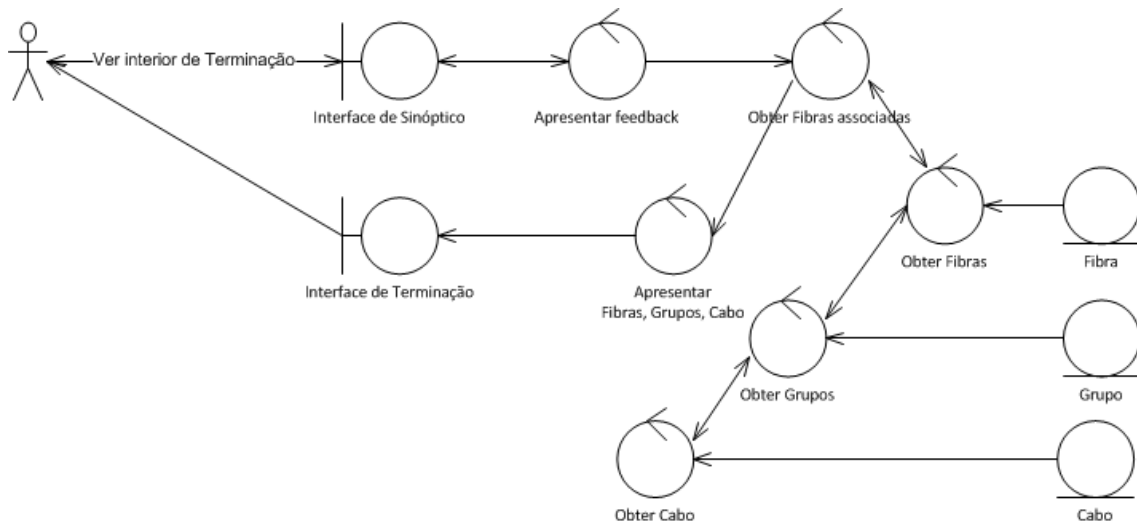


Figura 113 - Diagrama do caso Ver interior de Terminação

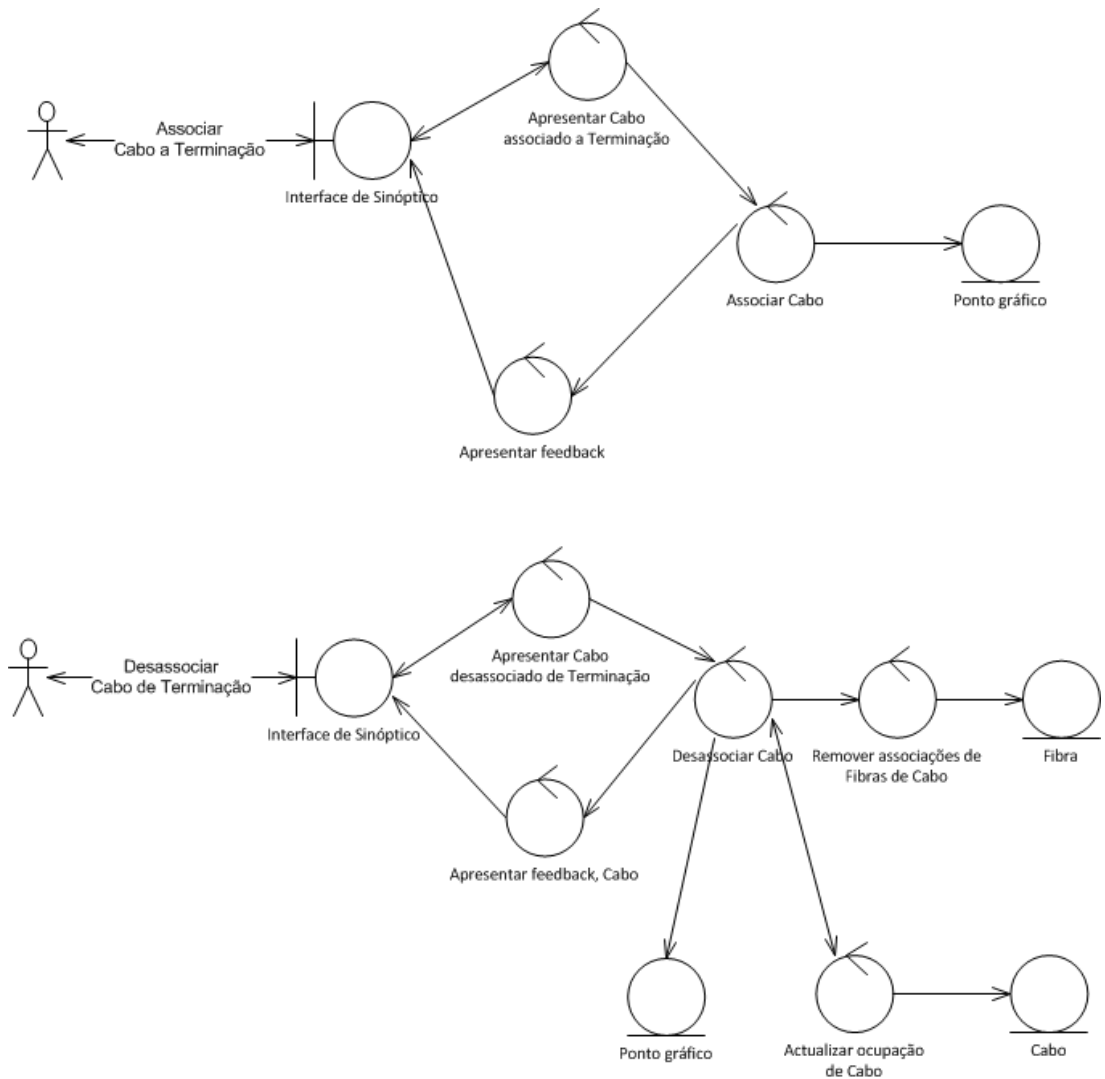


Figura 114 - Diagramas dos casos Associar e Desassociar Cabo a Terminação

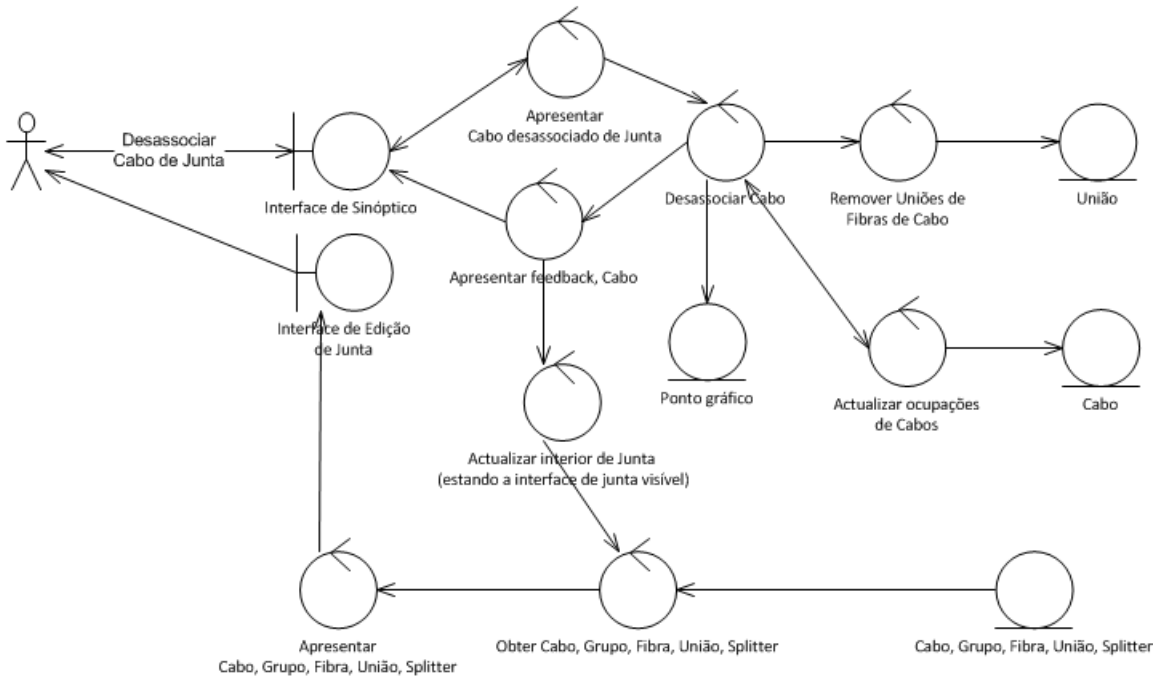
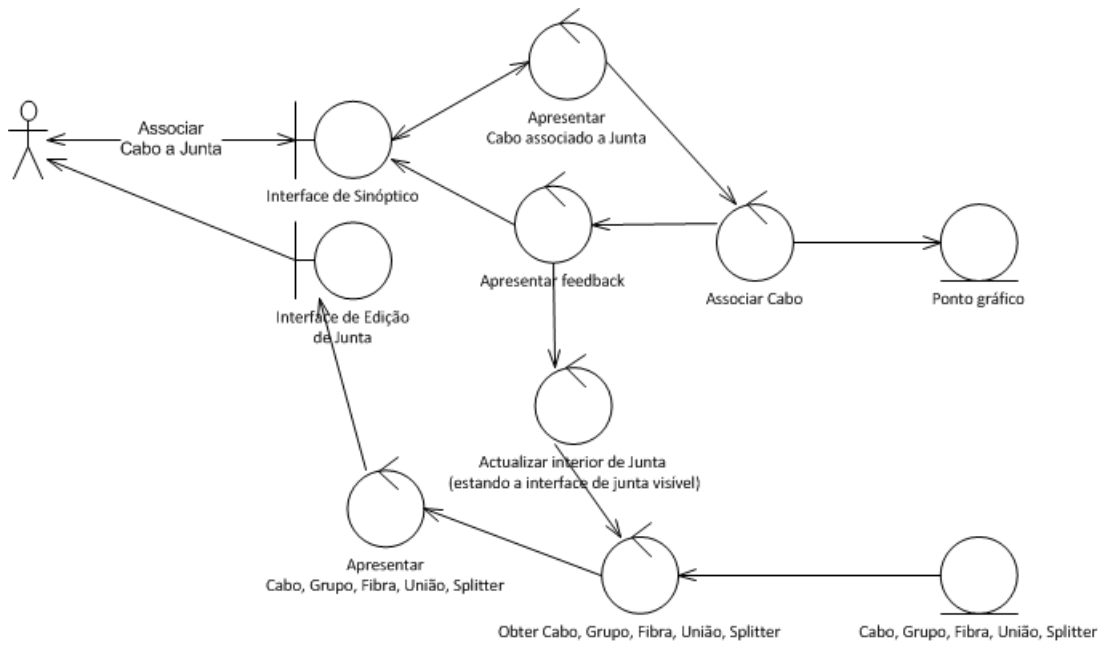


Figura 115 - Diagramas dos casos Associar e Desassociar Cabo a Junta

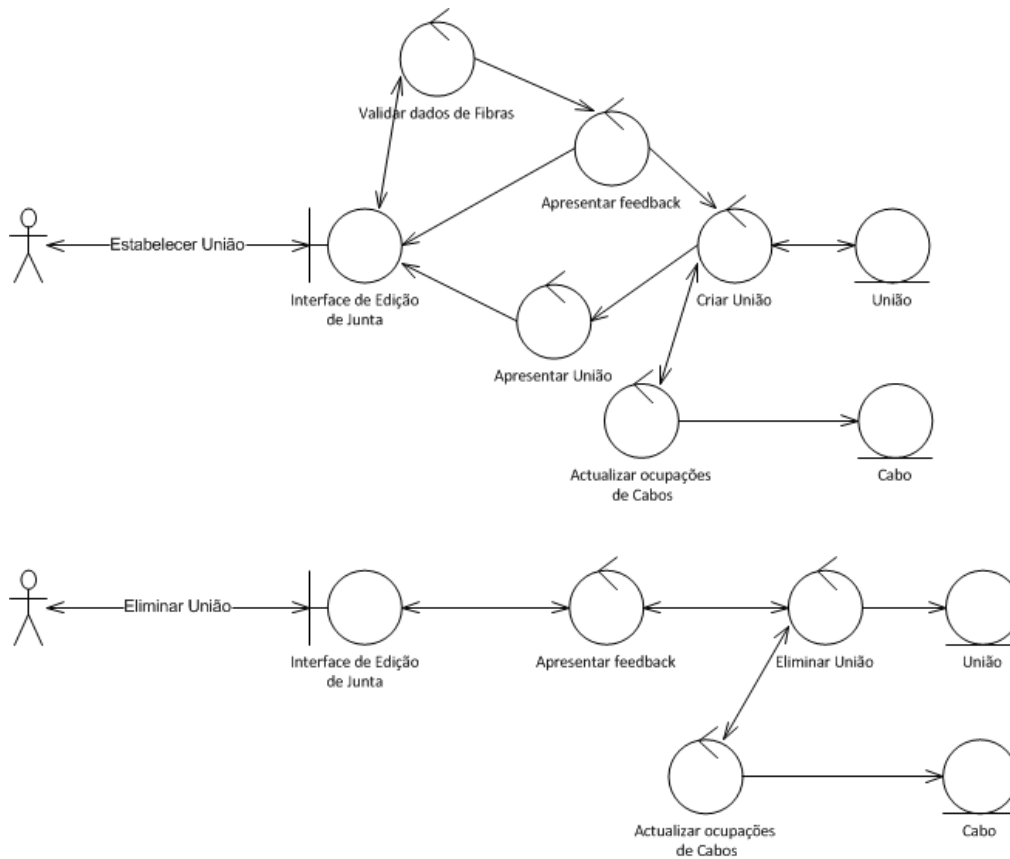


Figura 116 - Diagramas dos casos Estabelecer e Eliminar União

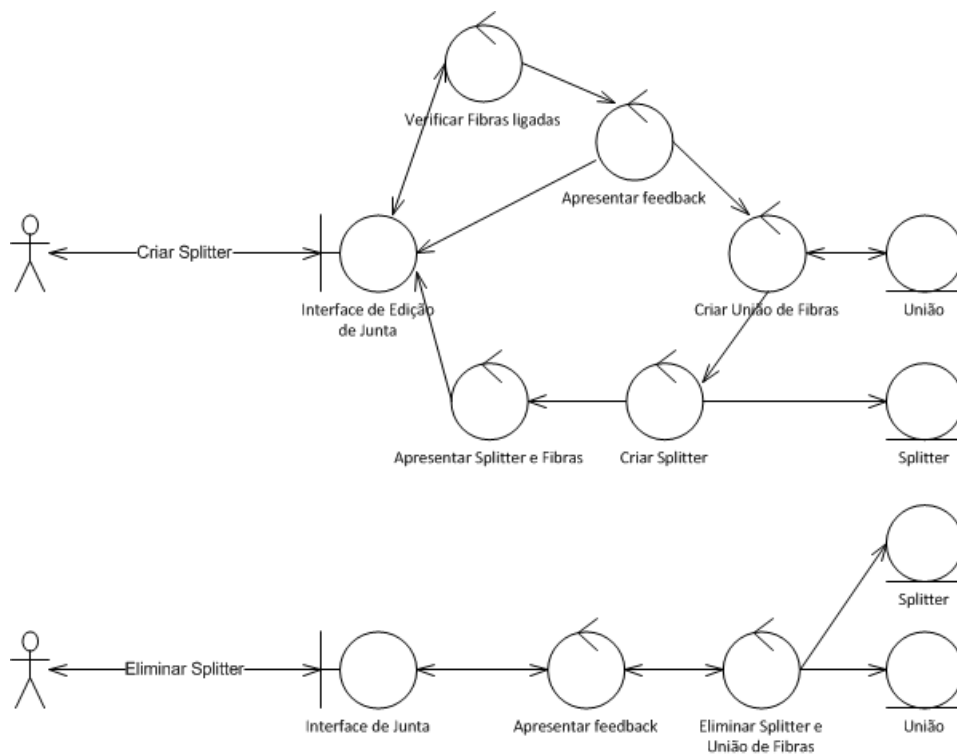


Figura 117 - Diagramas dos casos Criar e Eliminar Splitter

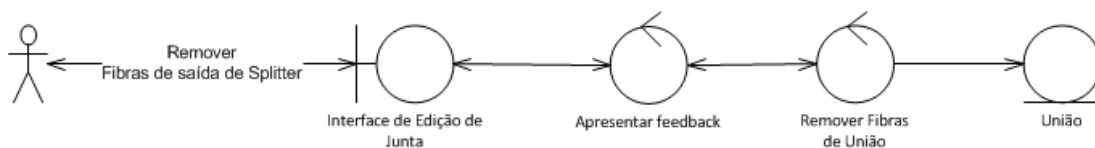
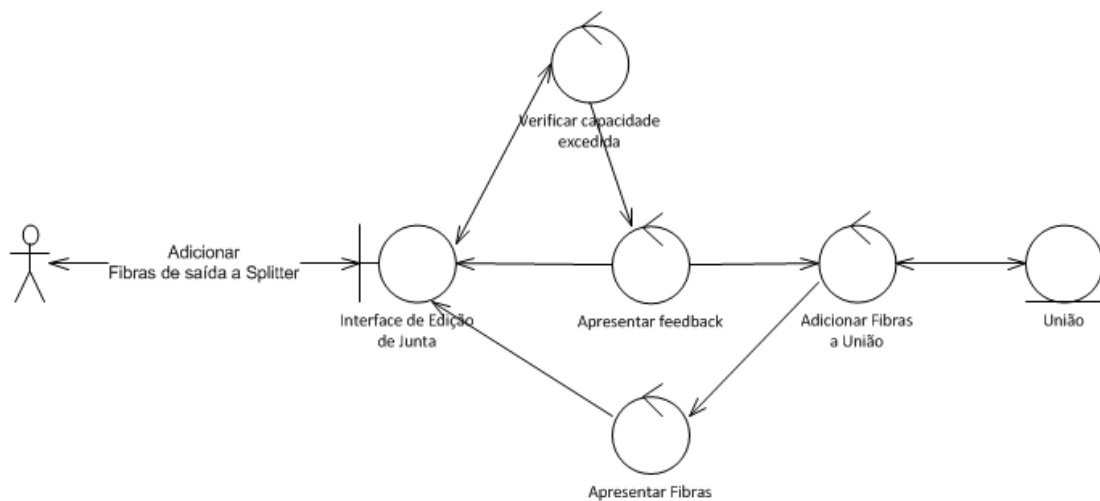


Figura 118 - Diagramas dos casos Adicionar e Remover Fibras de saída a *Splitter*

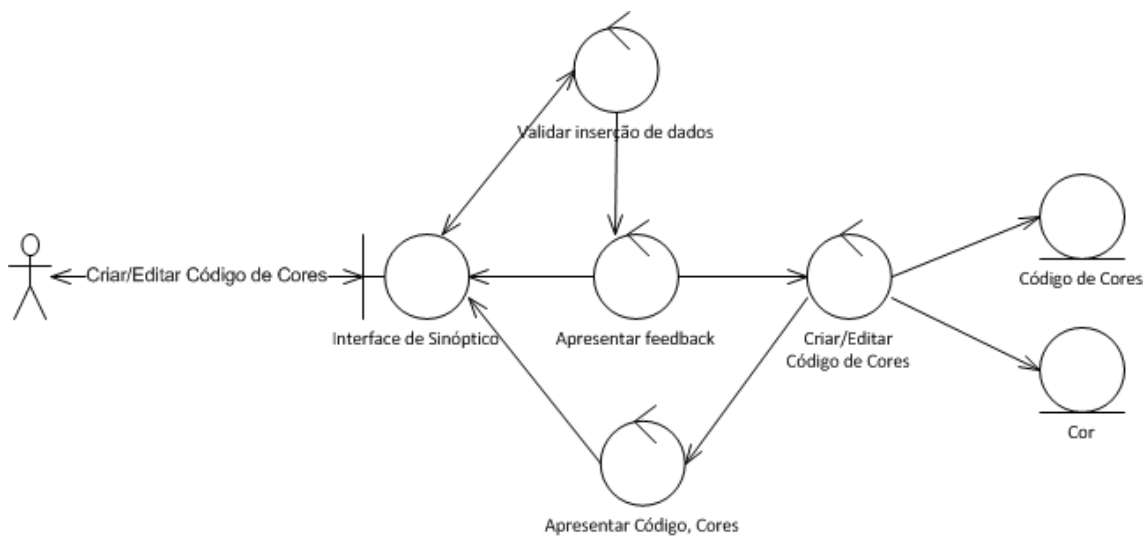


Figura 119 - Diagrama dos casos Criar e Editar Código de cores

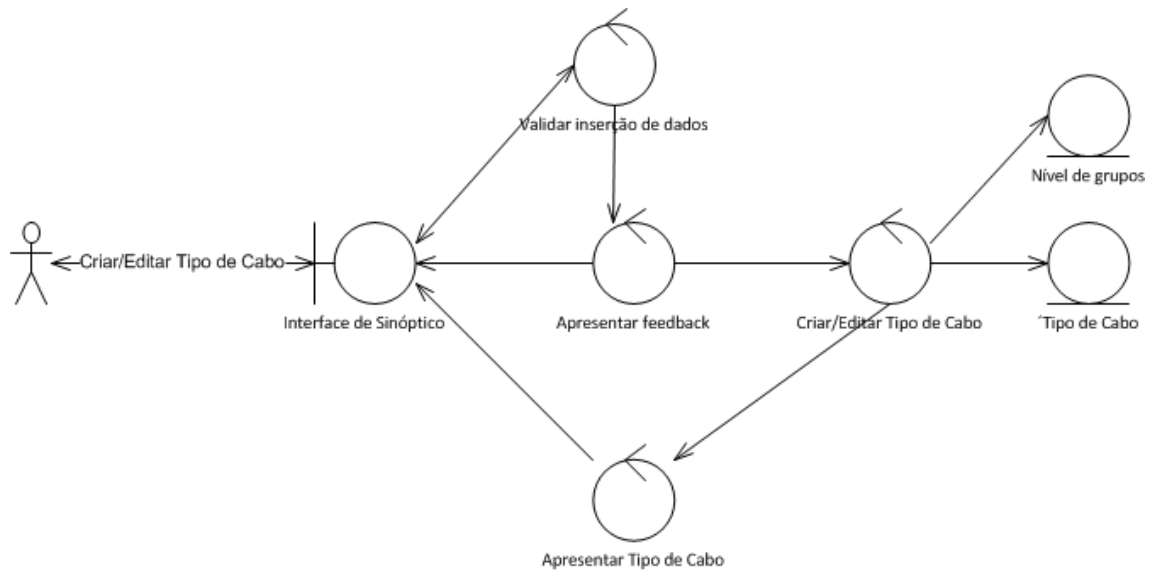


Figura 120 - Diagrama dos casos Criar e Editar Tipo de Cabo

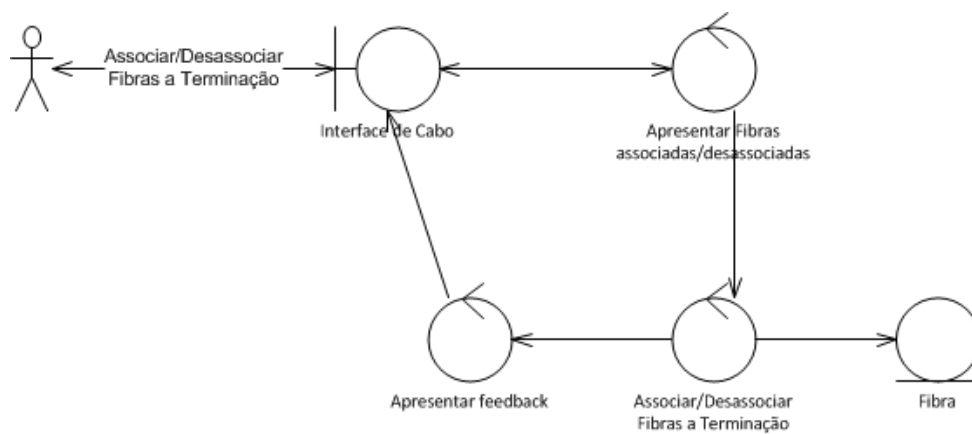


Figura 121 - Diagrama dos casos Associar e Desassociar Fibras a Terminação

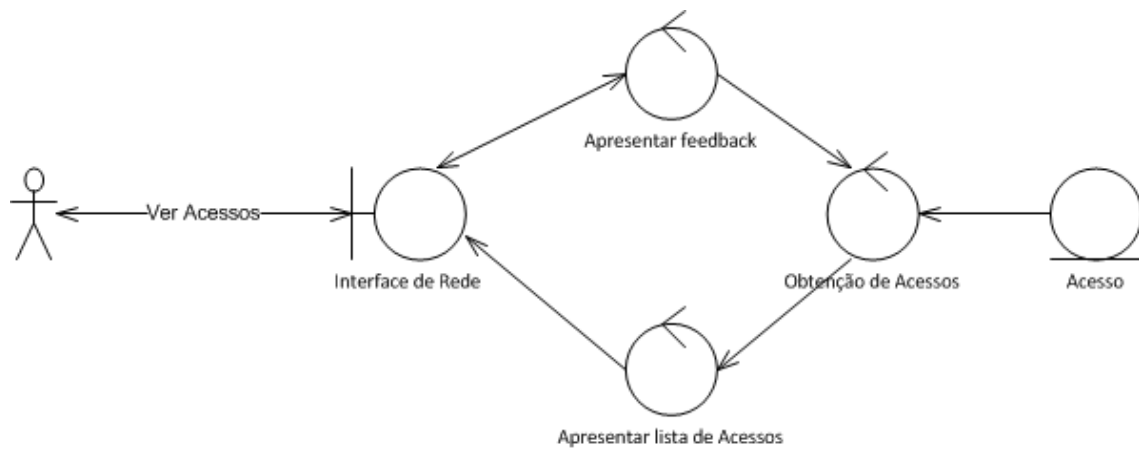


Figura 122 - Diagrama do caso Ver Acessos

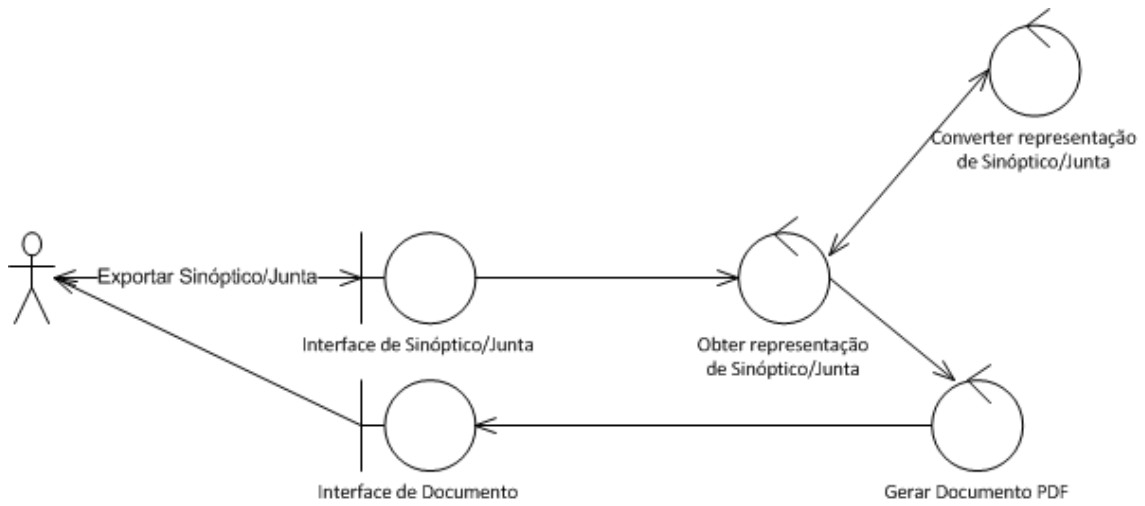


Figura 123 - Diagrama dos casos Exportar Sinóptico e Junta para PDF

C.3. Interface

Protótipos Abstractos Canónicos

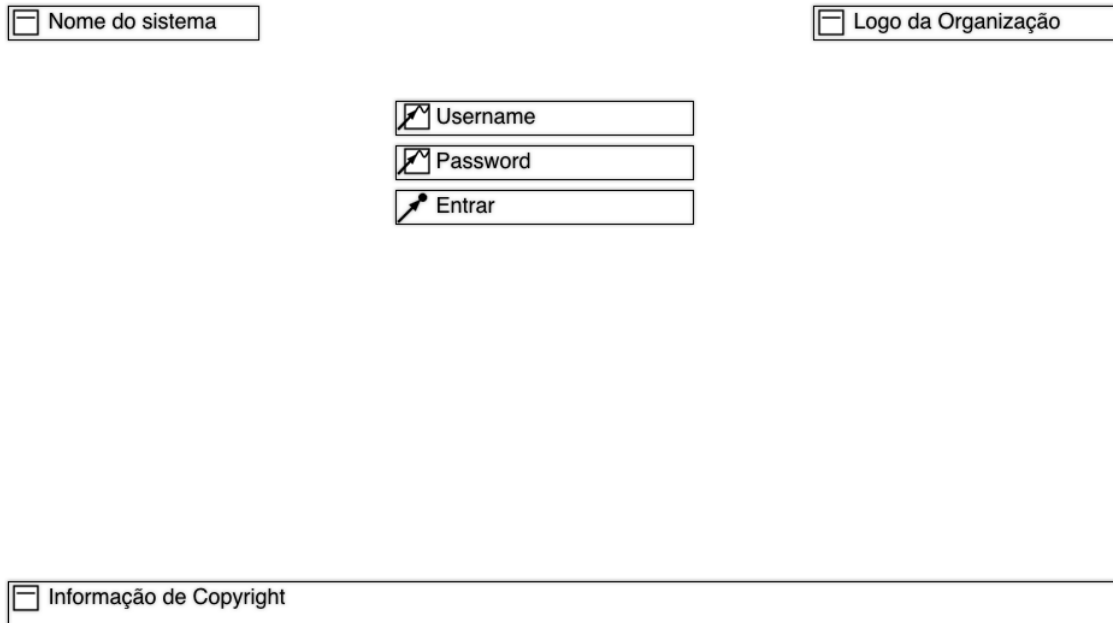


Figura 124 - Interface de Autenticação (para o caso de Aceder ao Sistema)

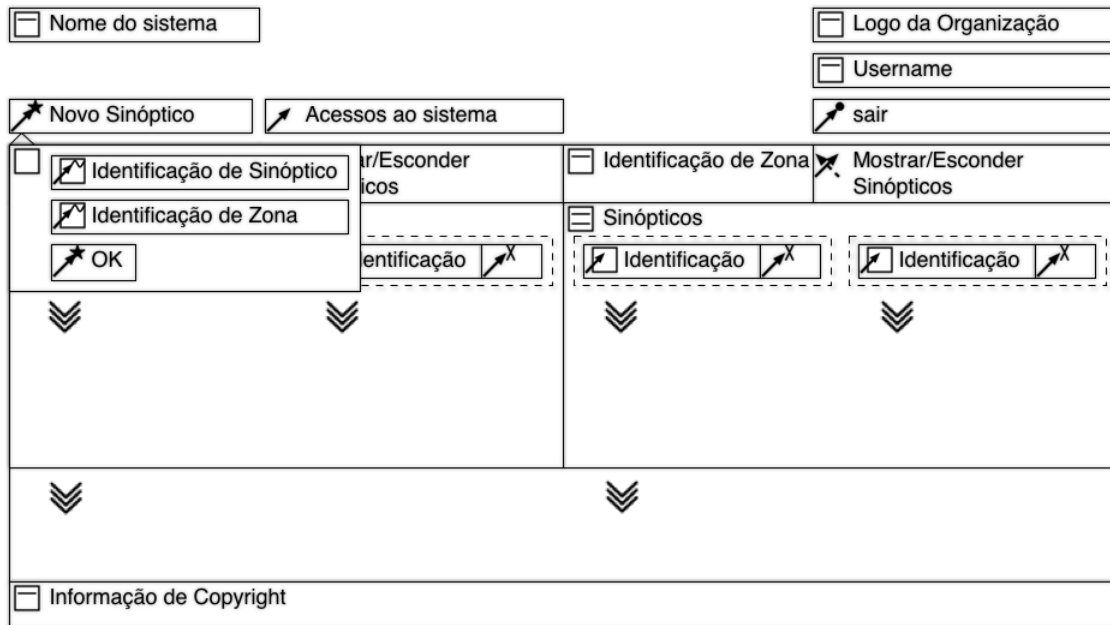


Figura 125 - Interface de Rede para o caso de Criar Sinóptico



Figura 126 - Interface de Rede para os casos de Editar detalhe geral e Ver interior de Sinóptico

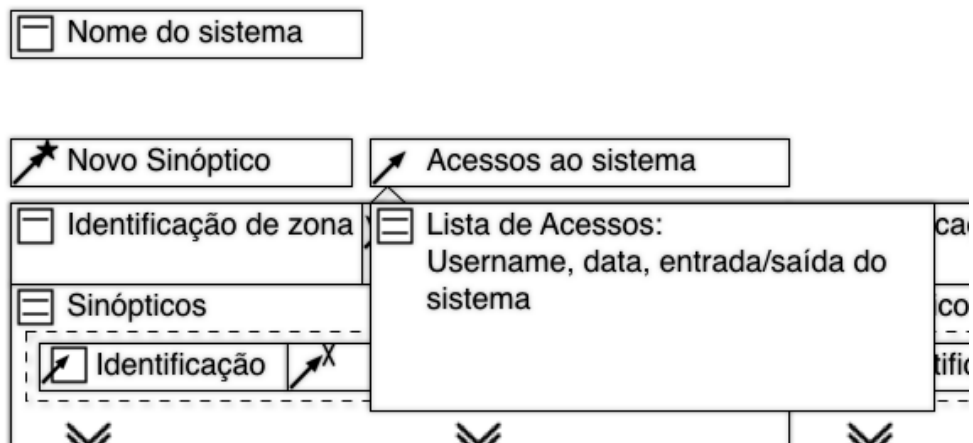


Figura 127 - Interface de Rede para o caso de Ver Acessos

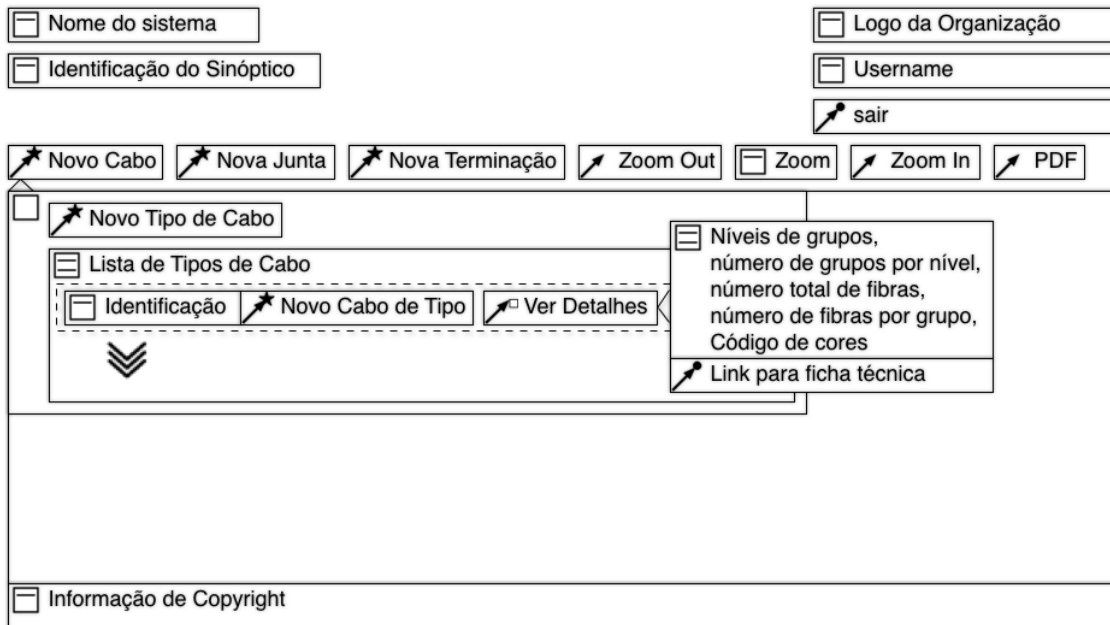


Figura 128 - Interface de Sinóptico para o caso de Ver Tipo de Cabo

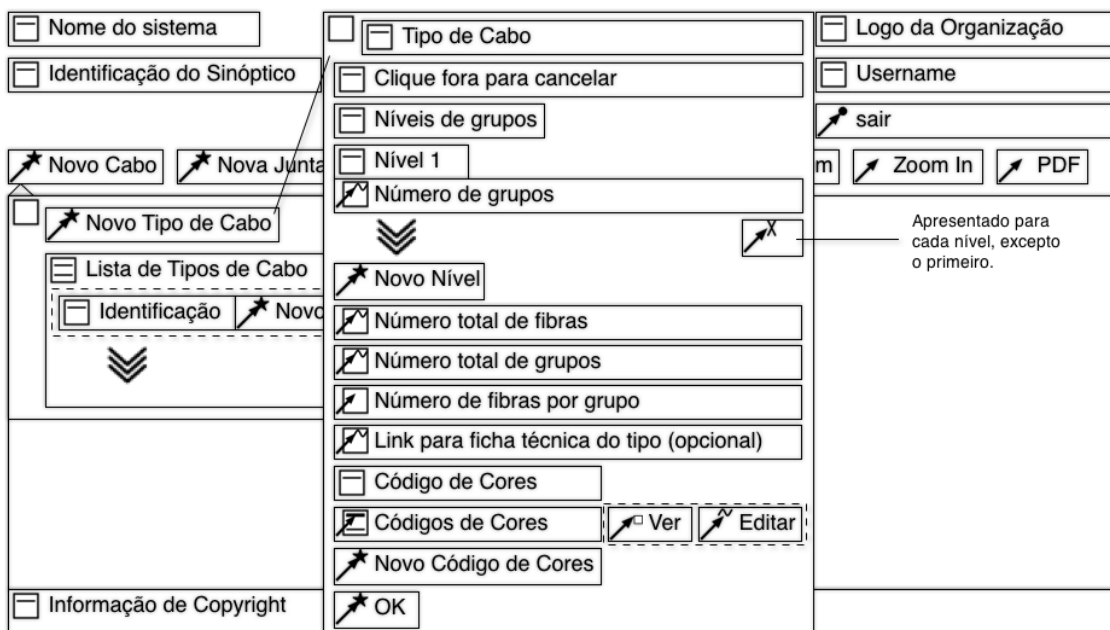


Figura 129 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Tipo de Cabo

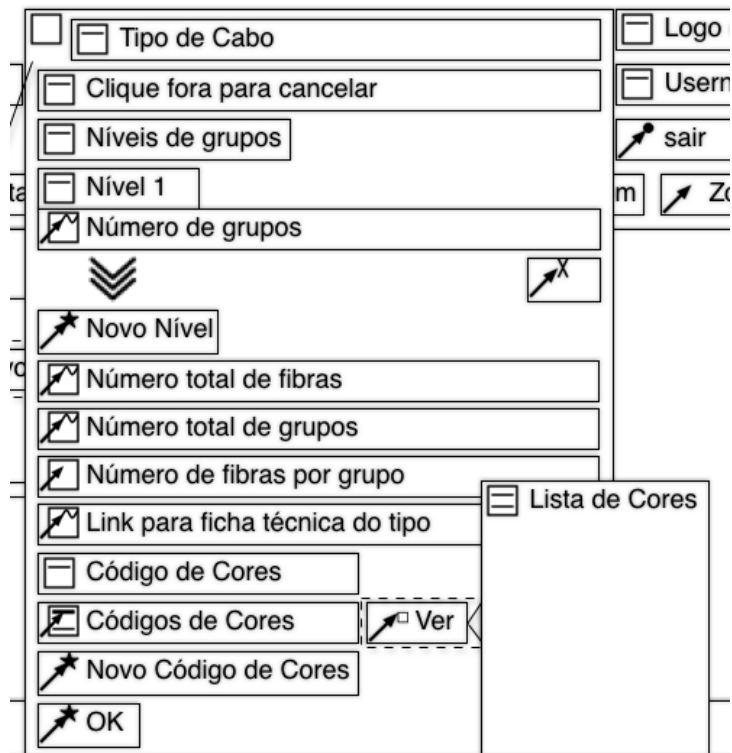


Figura 130 - Interface de Sinóptico para o caso de Ver Cores de Código de Cores

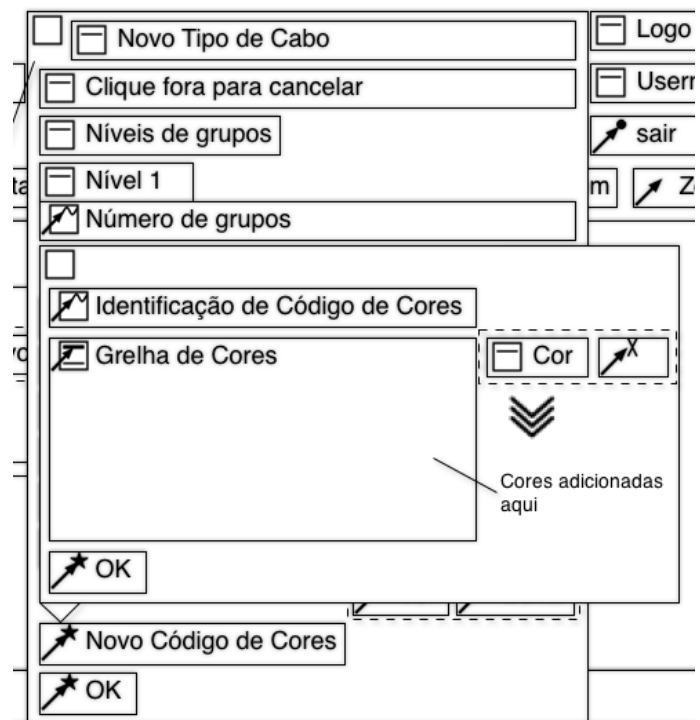


Figura 131 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Código de Cores

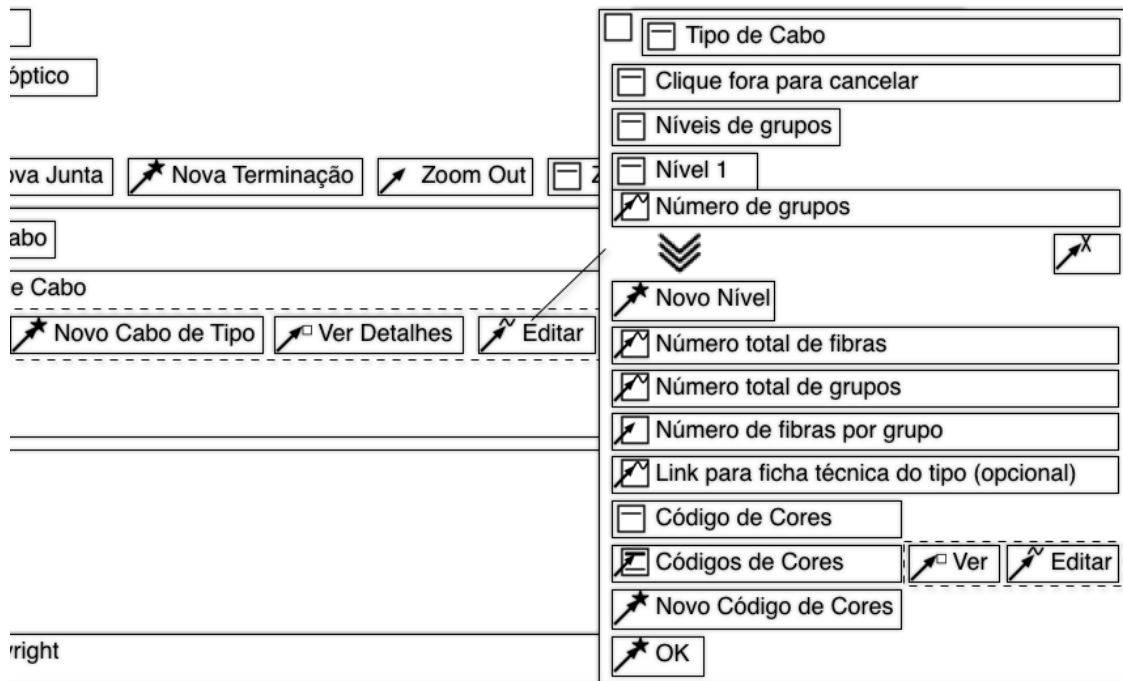


Figura 132 - Interface de Sinóptico para o caso de Editar Tipo de Cabo

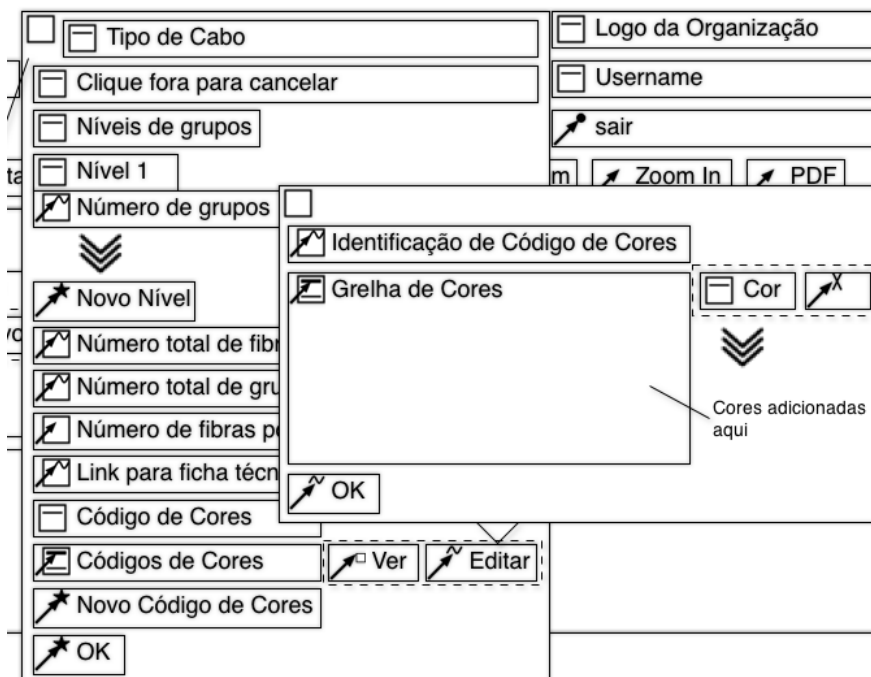


Figura 133 - Interface de Sinóptico para o caso de Editar Código de Cores

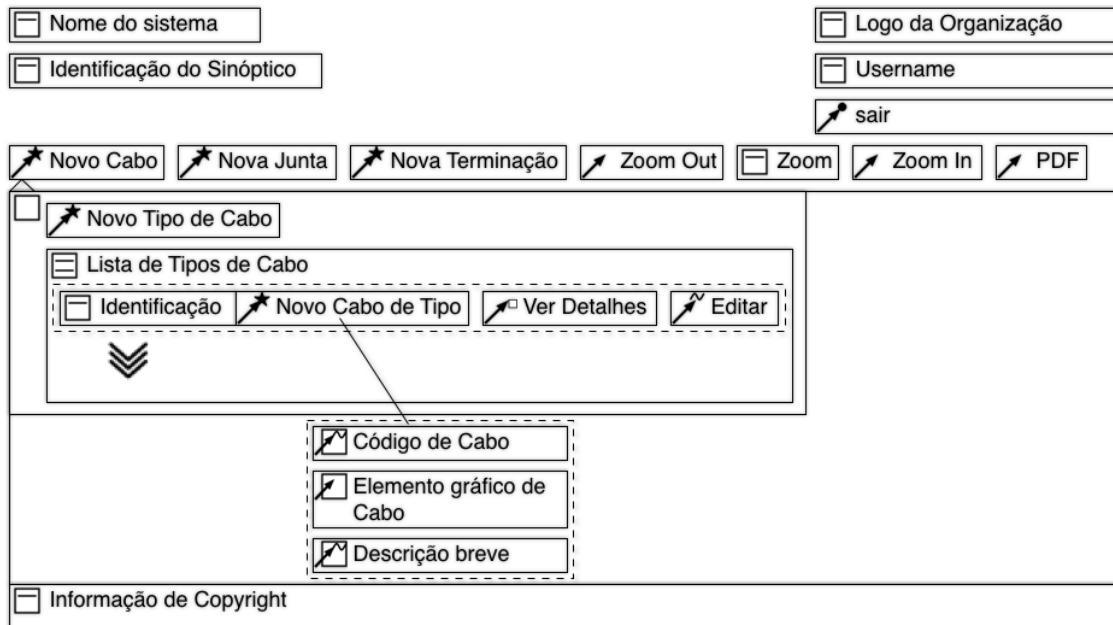


Figura 134 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Cabo

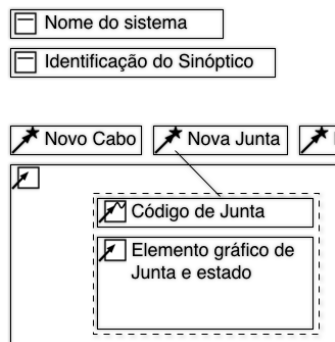


Figura 135 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Junta

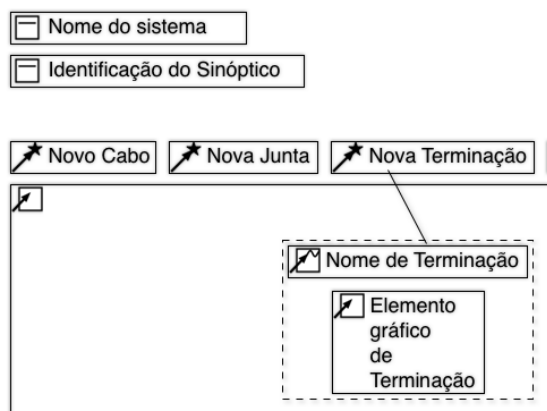


Figura 136 - Interface de Sinóptico para o caso de Criar Terminação

Nome do sistema
 Logo da Organização

Identificação do Sinóptico
 Username

Tipo de Cabo, Código de Cores

Lista de Grupos
 Lista de Fibras de Grupo seleccionado

Nome da Terminação ligada

Informação de Copyright

Nome de Ponto inicial
 Código de Cabo

Elemento gráfico de Ponto inicial
 Elemento gráfico de Cabo

Descrição breve

Figura 137 - Interface de Cabo para o caso de Adicionar/Remove Fibras a Terminação

Nome do sistema
 Logo da Organização

Código da Junta
 Username

Estado

Código de Cabo
 Mostrar/Esconder Interior

Interior
 Formulário de Uniões/Splitters

Tipo de Cabo, Código de Cores
 Splitter (opcional): referência, número de saídas
 Lista de Cabos
 Tipo de Cabo, Código de Cores

Lista de Grupos
 Lista de Fibras de Grupo seleccionado
 Lista de Grupos de Cabo seleccionado
 Lista de Fibras de Grupo seleccionado

Informação de Copyright

Figura 138 - Interface de Edição de Junta para os casos de Criar União entre Fibras ou Splitters

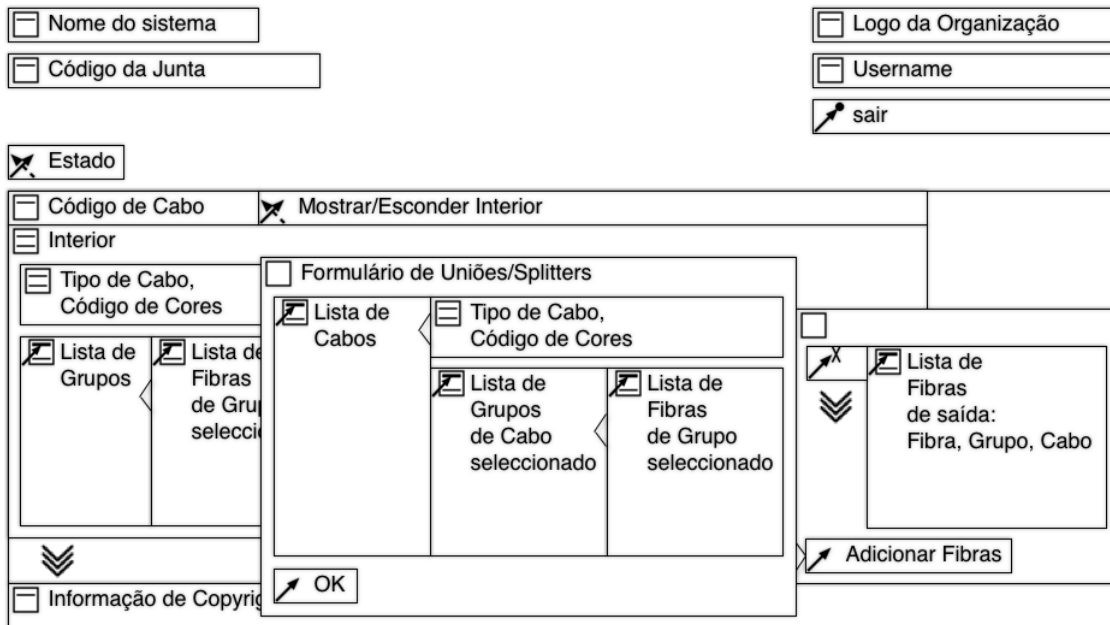


Figura 139 - Interface de Edição de Junta para os casos de Adicionar e Remover Fibras a *Splitter*

Anexo D: Documentos gerados pelo sistema

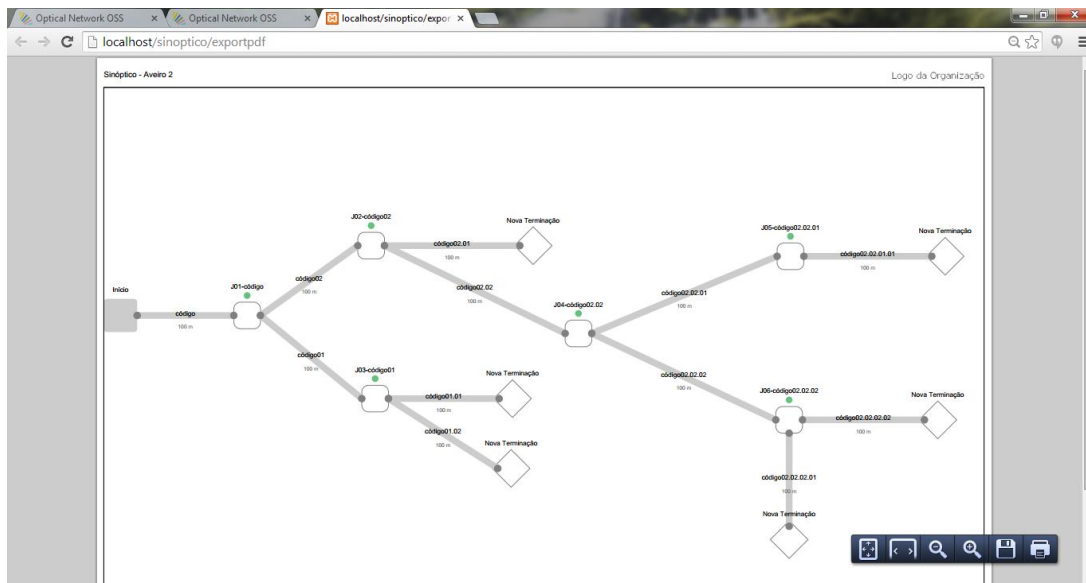


Figura 140 - Documento gerado com a representação de um sinóptico

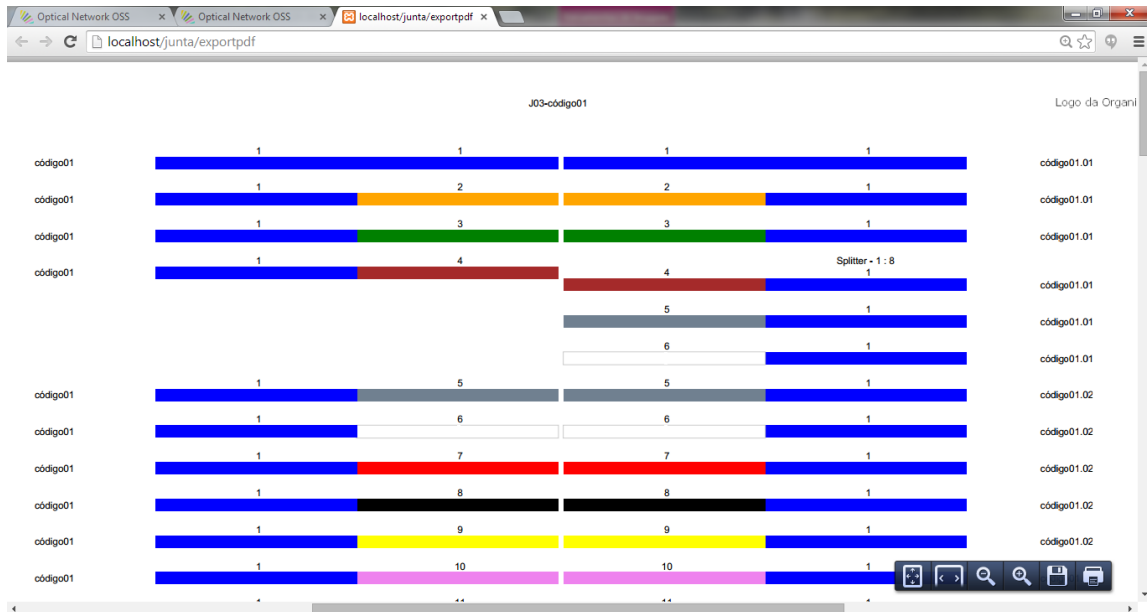


Figura 141 - Documento gerado com a representação do interior de uma junta