

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE INFORMÁTICA**  
**CURSO DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS**

**ÉLITON JOSÉ LAROCA**

**GESTÃO DA DOCUMENTAÇÃO LÓGICA DE REDE ÓPTICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2015**

**ÉLITON JOSÉ LAROCA**

**GESTÃO DA DOCUMENTAÇÃO LÓGICA DE REDE ÓPTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, do Departamento Acadêmico de Informática, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone de Almeida

**PONTA GROSSA**

**2015**



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **GESTÃO DA DOCUMENTAÇÃO LÓGICA DE REDE ÓPTICA**

Por

**ÉLITON JOSÉ LAROCA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 11 de novembro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simone de Almeida  
Prof.<sup>a</sup> Orientadora

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Tânia Lúcia Monteiro  
Membro titular

---

Prof. Me. Luiz Rafael Schmitke  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico à minha família e amigos pelo incondicional apoio nesta trajetória, propiciando as condições necessárias para a realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por me proporcionar mais este desafio de vida, por me dar condições físicas e mentais para desenvolver este trabalho.

À minha estimada orientadora, Prof. Dra. Simone de Almeida, pela presteza em me orientar, pela dedicação, paciência, conhecimento e atenção necessários para atingirmos nossa meta.

Aos meus colegas de trabalho da Copel Telecomunicações de Ponta Grossa, que me propuseram este desafio, e com os quais tive o privilégio de aprender várias tecnologias que me auxiliaram neste projeto.

Aos meus amigos e familiares.

Por fim, mas não menos importante, agradeço à UTFPR – Ponta Grossa, em particular ao Departamento Acadêmico de Informática, como instituição de ensino, pelo ótimo acolhimento e condições de aprendizagem prestadas, a todos seus colaboradores pelas valorosas contribuições.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

LAROCA, Éliton José. **Gestão da documentação lógica de rede óptica**. 2015. 52 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

A internet tornou-se indispensável na sociedade globalizada que vivemos, e com isso a necessidade do aumento de largura de banda fornecida aos usuários vem crescendo cada vez mais. Para suprir tal necessidade foram criadas redes de comunicações modernas de alta capacidade baseadas na tecnologia de fibras ópticas. A rede óptica passiva (PON) se caracteriza pela utilização de somente elementos ópticos passivos no caminho de transmissão de rede para orientação do trânsito de sinal entre o terminal de linha óptica até o usuário, não necessitando de elementos que utilizem energia elétrica para seu funcionamento, entre os equipamentos do cliente e do prestador de serviços. O presente trabalho aborda conceitos sobre redes de fibras ópticas e tem como objetivo o desenvolvimento de um software que auxilie na gestão da documentação de rede óptica. O trabalho está dividido em duas partes principais, sendo a primeira a fundamentação teórica que tem como objetivo um embasamento teórico sobre temas abordados no projeto e trata de temas como fibra óptica, cabos e redes de fibra óptica. A segunda parte descreve como foi desenvolvido o sistema contendo a análise de requisitos, diagramas da modelagem e os resultados obtidos pelo sistema. Finalizando o trabalho são apresentados os resultados obtidos assim como as sugestões de trabalhos que podem ser desenvolvidos a partir deste material.

**Palavras-chave:** Fibra óptica. Rede óptica passiva. Documentação da rede. Diagramas.

## ABSTRACT

LAROCA, Eliton José. **Management of logic documentation optic network**. 2015. 52 pages. Work Completion of course Technology Analysis and Systems Development - Federal Technological University - Paraná. Ponta Grossa, 2015.

The Internet has become indispensable in a globalized society we live in, and with it the need for increased bandwidth provided to users is growing increasingly. To meet this need have been created modern communication networks high capacity based on optical fiber technology. Passive optical network (PON) is characterized by the use of only optical passive components in the network transmission path for signal traffic direction between the optical line terminal to the user, requiring no elements that use electricity for its operation, between customer equipment and service. This paper discusses concepts of fiber optic networks and aims to develop a software that helps in managing the optical network documentation. The work is divided into two main parts, the first being the theoretical foundation that aims a theoretical basis on issues addressed in the project that deals with issues such as fiber optic cables and fiber optic networks. The second part describes how the system was developed containing the requirements analysis, modeling diagrams and the results obtained by the system. Finally the work brings the final considerations the conclusion including the achieved goals and suggestions for further work that can be developed from this material.

**Keywords:** Optical fiber. Passive optical network. Network documentation. Diagrams.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dimensões da Fibra Óptica.....	17
Figura 2 – Estrutura da Fibra Óptica .....	18
Figura 3 – Modelos de cabos de fibra óptica.....	20
Figura 4 – FTTx - Rede Passiva.....	21
Figura 5 – Arquiteturas FTTx.....	23
Figura 6 – OTDR YOKOGAWA Modelo: AQ7275 .....	25
Figura 7 – OLT ZHONE X819 .....	26
Figura 8 – Níveis de esplitamento .....	28
Figura 9 – Caixa de emenda Tyco modelo FIST-GCO2.....	29
Figura 10 – Caixa de Emenda FIST TAP-200 .....	30
Figura 11 – Parte de um diagrama Unifilar .....	34
Figura 12 – Use Case Geral.....	36
Figura 13 – Use Case 01 – Manter Caixa de Emenda .....	36
Figura 14 – Use Case 02 – Manter Cabo .....	38
Figura 15 – Use Case 03 – Visualizar Rede .....	39
Figura 16 – Diagrama Modelo Relacional .....	41
Figura 17 – Diagrama de Classes – Caixa de Emenda.....	42
Figura 18 – Tela Gerencia Caixas de Emenda.....	44
Figura 19 – Tela Gerencia Cabos .....	44
Figura 20 – Tela Visualizar Rede .....	46

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Requisitos do sistema .....	35
Quadro 2 – Descrição caso de uso manter caixa de emenda.....	37
Quadro 3 – Descrição caso de uso manter cabo .....	38
Quadro 4 – Descrição caso de uso visualizar rede .....	39
Quadro 5 – Função que monta a rede .....	48
Tabela 1 – Perda de sinal por <i>splitter</i> .....	27

## LISTA DE SIGLAS

ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
CSS	<i>Cascade Style Sheets</i>
dB	Decibéis
DTO	<i>Data Transfer Object</i>
FTTA	<i>Fiber To The Apartment</i>
FTTB	<i>Fiber To The Building</i>
FTTH	<i>Fiber To The Home</i>
FTTN	<i>Fiber To The Node</i>
FTTx	<i>Fiber To The 'x'</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
MVC	<i>Model View Controller</i>
NTT	<i>Nippon Telegraphand Telephone</i>
OLT	<i>Optical Line Terminal</i>
ONT	<i>Optical Network Terminal</i>
ONU	<i>Optical Network Unit</i>
OTDR	<i>Optical Time Domain Reflectometer</i>
PHP	<i>Personal Home Page</i>
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
ZB	Zettabytes
WDM	<i>Wavelegenth Division Multiplexing</i>

## LISTA DE ACRÔNIMOS

BEL	Banda Extra Larga
BPON	<i>Broadband PON</i>
EPON	<i>Ethernet PON</i>
GPON	<i>Gigabit PON</i>
PON	<i>Passive Optical Network</i>
POP	<i>Point Of Presence</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 FIBRA ÓPTICA .....	16
2.1.1 Histórico.....	16
2.1.2 Composição da Fibra Óptica.....	17
2.1.3 Vantagens da Fibra Óptica versus Fios de Cobre .....	18
2.1.4 Cabos de Fibra Óptica .....	19
2.2 REDES ÓPTICAS .....	21
2.2.1 Redes Ópticas Passivas .....	21
2.2.2 Medidas e Monitoramento de Desempenho .....	24
2.2.3 Equipamentos de Medição .....	24
2.2.4 Ativos da Rede GPON .....	25
2.2.5 Passivos da Rede PON .....	27
2.3 ATENUAÇÃO E DISPERSÃO .....	30
2.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPITULO .....	31
<b>3 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>32</b>
3.1 A ORGANIZAÇÃO E SEU FUNCIONAMENTO .....	32
3.2 ANÁLISE DE REQUISITOS.....	35
3.3 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO .....	35
3.3.1 Caso de Uso Geral .....	35
3.3.2 Caso de Uso Manter Caixa de Emenda - UC01 .....	36
3.3.3 Caso de Uso Manter Cabo – UC02 .....	38
3.3.4 Caso de Uso Visualizar Rede .....	39
3.4 MODELAGEM.....	40
3.4.1 Modelagem do Banco de Dados.....	40
3.4.2 Modelagem do Sistema .....	42
3.5 TELAS.....	43
3.5.1 Tela Caixas de Emenda – UC01.....	43
3.5.2 Tela cabos – UC02 .....	44
3.5.3 Tela Visualização da Rede – UC03 .....	45
3.6 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO .....	48
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>50</b>
4.1 CONCLUSÃO .....	50
4.2 TRABALHOS FUTUROS .....	51
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A internet tornou-se indispensável na sociedade globalizada que vivemos, muitos são os motivos que justificam esse uso constante indo desde entretenimento pessoal a funcionalidades de trabalho. Conforme Saito (2014) “O universo digital vive hoje um dilúvio de dados, requerendo cada vez mais vias de transmissão ultra banda larga”.

Segundo Saito (2014), em 2011 era trafegado na rede 300 quatrilhões de arquivos e, em 2012 esse volume atingiu 1,2 Zettabytes (1 ZB =  $10^{21}$  bytes), e a previsão para os próximos 10 anos é que este volume deve chegar a 35 Zettabytes de dados trafegando na rede.

Devido a este crescimento, a necessidade de aumento de largura de banda fornecida aos usuários vem crescendo cada vez mais. As redes de comunicações modernas de alta capacidade baseadas na tecnologia de fibra ópticas, são hoje, tecnologias indispensáveis para suprir tal necessidade.

Luiz Fernando Vianna, presidente da Copel, em entrevista publicada em 15 de março de 2015 pela Gazeta do Povo, fala sobre a intenção de triplicar o número de assinantes do serviço Banda Extra Larga (BEL), dos atuais 22 mil para 67 mil até dezembro de 2015. “O maior desafio da Copel Telecom é reduzir o tempo de espera para instalação da banda larga, pois, a demanda cresceu acima da expectativa” VIANNA (2015). Segundo o presidente da empresa, a área de telecomunicações é muito dinâmica, em que é preciso ter uma gestão à altura dos competidores, moderna e ágil.

Após pesquisas, verificou-se que mesmo com tamanha demanda, ainda não são encontradas muitas ferramentas que atendam ao setor de telecomunicações, mais especificamente na parte de documentação lógica da rede.

Aproveitando os recursos das linguagens de programação atuais, este trabalho propõe uma ferramenta para auxiliar na gestão da documentação da rede óptica. A aplicação tem como proposta o desenvolvimento de uma ferramenta Web para controlar de forma fácil, rápida e dinâmica a documentação lógica da rede óptica.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma aplicação Web para gestão e documentação lógica de rede óptica de uma empresa de telecomunicações.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Formular, a partir de um estudo de revisões bibliográficas e documentais, um referencial teórico sobre linguagens de programação, plataformas de desenvolvimento e banco de dados, proporcionando embasamento para a construção do software;
- Identificar os requisitos necessários para o desenvolvimento da aplicação;
- Pesquisar recursos que permitam a visualização da rede;
- Desenvolver uma solução por meio de uma aplicação de simples utilização prática.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo que o Capítulo 1 traz uma visão geral do trabalho descrevendo o problema, o objetivo geral, objetivos específicos e a organização do trabalho detalhando a composição dos capítulos.

O Capítulo 2 apresenta o embasamento teórico sobre as técnicas e tecnologias utilizadas para solução do problema. O Capítulo 3 refere-se ao desenvolvimento do projeto, desde o levantamento de requisitos até a implementação do projeto. No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos com o trabalho e o desenvolvimento de possíveis trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento do trabalho, no que se refere às tecnologias e técnicas utilizadas para solução do problema, trazendo conceitos de temas abordados no trabalho. O capítulo está dividido em quatro seções, sendo a primeira um relato sobre fibras ópticas, apresentando o histórico das redes de fibras ópticas, sua composição e vantagens sobre os fios de cobre.

A seção 2 discorre sobre redes de fibra ópticas, componentes destas redes e equipamentos utilizados para avaliar o seu desempenho. A seção 3 fornece informações sobre atenuação e dispersão. A última seção disponibiliza as principais considerações do capítulo.

### 2.1 FIBRA ÓPTICA

Nesta seção são apresentados um rápido histórico da fibra óptica, mostrando quando esta começou a ser utilizada como meio de comunicação, e os materiais que compõem estas fibras. Também são abordadas as vantagens de sua utilização em relação aos cabos de cobre, além das características dos cabos de fibras ópticas.

#### 2.1.1 Histórico

A comunicação é uma necessidade natural das pessoas, e um dos primeiros meios de comunicação óptica utilizada pelo homem foi o método de sinais de fogo. Eram acessas fogueiras no alto das montanhas sinalizando alarmes, chamados de socorro ou eventos. “Outra forma de utilização de luz como comunicador foi o uso de faróis costeiros orientando os navegadores” (OLIVEIRA, 2014, p. 2).

No início dos anos 1960 com a invenção do *laser*, experimentos foram iniciados utilizando a fibra óptica como meio de comunicação, porém o resultado dos testes não foi satisfatório, pois a cada quilômetro a perda de sinal era mais de 1.000 *decibéis* (dB) fazendo com que a utilização da fibra óptica como meio de transmissão parecesse inviável. Em 1966 especulações começaram a ser feitas

sobre o que gerava tão grande perda de sinal, e um dos motivos levantados foi à ocorrência de impurezas na fabricação da fibra óptica. Apenas em 1970 ocorreu a fabricação da primeira fibra óptica com baixa perda de sinal.

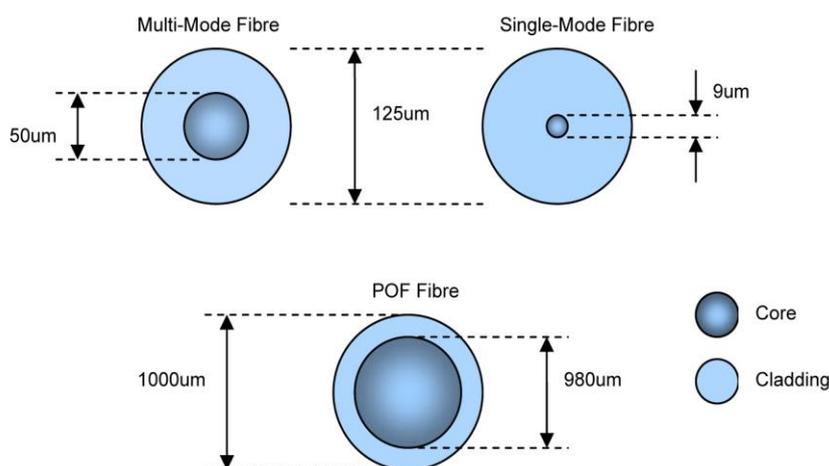
Segundo Keiser (2014, p.2) “em 1978 sistemas de comunicação por luz começaram a ser utilizados em todo mundo, estes sistemas utilizavam fibra óptica como meio de transmissão”.

### 2.1.2 Composição da Fibra Óptica

“Uma fibra óptica é um guia de ondas dielétrico que opera nas chamadas frequências ópticas. Essa guia de ondas de fibra possui normalmente forma cilíndrica” (KEISER, 2014 p.42).

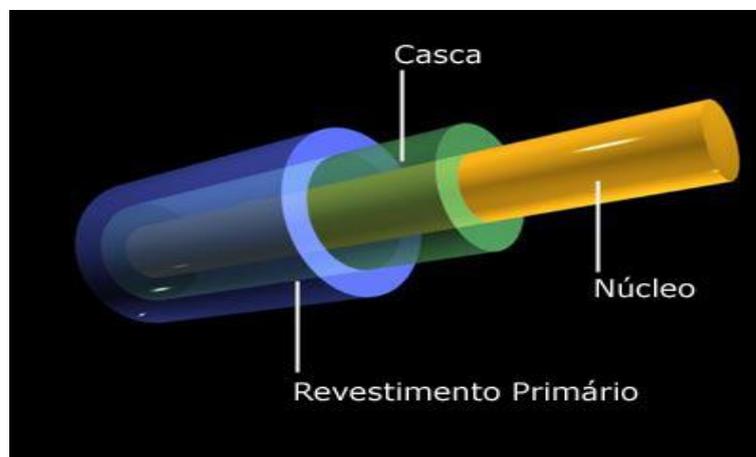
Os materiais utilizados para fabricação das fibras ópticas são o vidro e o plástico. A maioria das fibras é feita de vidro constituído de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) ou de silicato, e são utilizadas em transmissões de curta ou longa distância. As fibras de plástico possuem maior atenuação e são aplicadas em transmissões de curta distância e em locais mais agressivos, onde as fibras de plástico têm maior resistência em relação às de vidro.

Além do local de utilização das fibras, também existem diferenças em suas dimensões. Na Figura 1 podem-se observar algumas diferenças, principalmente a espessura do núcleo da fibra.



**Figura 1 – Dimensões da Fibra Óptica**  
Fonte: JAYME (2012)

Apesar de existirem diferentes tipos de fibra, ela sempre será composta por um cilindro dielétrico sólido de raio  $a$  e índice de refração  $n_1$  chamado de núcleo ou *core*, conforme ilustrado na Figura 2.



**Figura 2 – Estrutura da Fibra Óptica**  
Fonte: MATA (2015)

Como pode ser observado na Figura 2, o núcleo é rodeado por um revestimento ou casca que tem a função de reduzir a dispersão, acrescentar resistência mecânica a fibra e proteção do núcleo em relação a absorção de contaminantes que possam entrar em contato com o núcleo, se esta camada não existisse qualquer movimento brusco que ocorresse com a fibra resultaria em rachaduras ou quebra da mesma. Além disso, a maioria das fibras é revestida por um material plástico que oferece proteção externa, evitando desgaste natural ou situações anômalas do tempo sobre a fibra.

### 2.1.3 Vantagens da Fibra Óptica versus Fios de Cobre

De acordo com Keiser (2014, p.5), a fibra óptica possui vantagens em relação aos fios de cobre, dentre as quais se destacam:

- Transmissão à longa distância: em comparação aos fios de cobre, as fibras ópticas apresentam menos erros de transmissão, conseqüentemente os dados podem ser enviados a longas distâncias sem a necessidade de amplificadores ou repetidores, reduzindo assim, o custo do sistema.
- Melhor capacidade de informação: cabos de fibra óptica tem largura de banda muito maior do que cabos metálicos, ou seja, podem transportar mais dados.

Esta propriedade diminui o número de linhas físicas necessárias para enviar determinada informação.

- Pequeno tamanho e peso: a leveza e as pequenas dimensões têm grande vantagem em relação aos fios de cobre, tanto na passagem por dutos internos ou subterrâneos, como sua instalação em poste.
- Imunidade à interferência elétrica: os cabos de fibra óptica são menos suscetíveis a interferência em relação aos cabos de metal. Como se trata de um material dielétrico, a fibra óptica não conduz eletricidade, tornando-se imune aos efeitos de interferência eletromagnética observados nos fios de cobre.

#### 2.1.4 Cabos de Fibra Óptica

“Em qualquer situação prática de instalação de uma rede de fibra óptica, são utilizados cabos, os quais acomodam as fibras. As estruturas destes cabos variam dependendo do local e ambiente que serão instalados bem como sua finalidade” (KEISER, 2014, p.86). De acordo com a maioria dos fabricantes, um cabo de fibra óptica deve ser instalado com as mesmas técnicas de instalação, equipamentos e precauções de cabos de fios convencionais.

Um fator relevante na instalação de cabos de fibra óptica refere-se as suas propriedades mecânicas. O som de um vidro se quebrando, intuitivamente nos faz imaginar que o vidro não é um material resistente, no entanto, a tensão longitudinal das fibras de vidro puro é comparável à dos fios de metal, a diferença entre o vidro e o metal é que se for aplicada uma tensão, o vidro se estenderá até sua ruptura, enquanto os metais podem ser esticados plasticamente para além de seu intervalo de elasticidade.

A instalação de cabos de fibra óptica pode ser feita de várias maneiras como: subterrâneos, aéreos ou aquáticos. Para cada tipo de instalação são necessários procedimentos especiais de manuseio e precauções, comuns a estas matérias, como evitar dobras acentuadas no cabo e folga adicional ao longo do trajeto de instalação, também chamadas de reservas técnicas, que servem para reparos inesperados e futuras ampliações.

Existem vários modelos de cabos externos disponíveis como se pode observar na Figura 3. A sua utilização dependerá do ambiente físico no qual o cabo será colocado e da aplicação específica. Alguns exemplos de modelos de cabos de fibra óptica:



**Figura 3 – Modelos de cabos de fibra óptica**  
Fonte: CCSI (2015)

- Cabo aéreo: utilizado em projetos externos entre edifícios, em postes ou torres. Os modelos mais utilizados destes cabos são os de fácil sustentação e os autossustentáveis. O que diferencia estes dois modelos é que o cabo autossustentável possui um elemento rígido em seu interior que permite sua instalação entre pontos sem a necessidade de mecanismos adicionais de suporte.
- Cabo blindado: este modelo de cabo é normalmente aplicado em instalações onde existe necessidade de enterramento do cabo ou sua utilização dentro de dutos subterrâneos. Neste modelo existe uma camada de fios de aço abaixo do revestimento de polietileno. Esta camada, além de fornecer uma rigidez maior ao cabo, protege-o contra roedores escavadores.
- Cabo subaquático: é utilizado em instalações debaixo de rios, lagos e oceanos. Também conhecido como cabo submarino, este modelo possui

requisitos superiores em relação aos cabos blindados, como a utilização de mais camadas de blindagem e espessuras diferentes.

Todos os cuidados na criação e instalação dos cabos de fibra óptica tem como finalidade evitar a atenuação ou perda de sinal, tema este abordado na próxima seção.

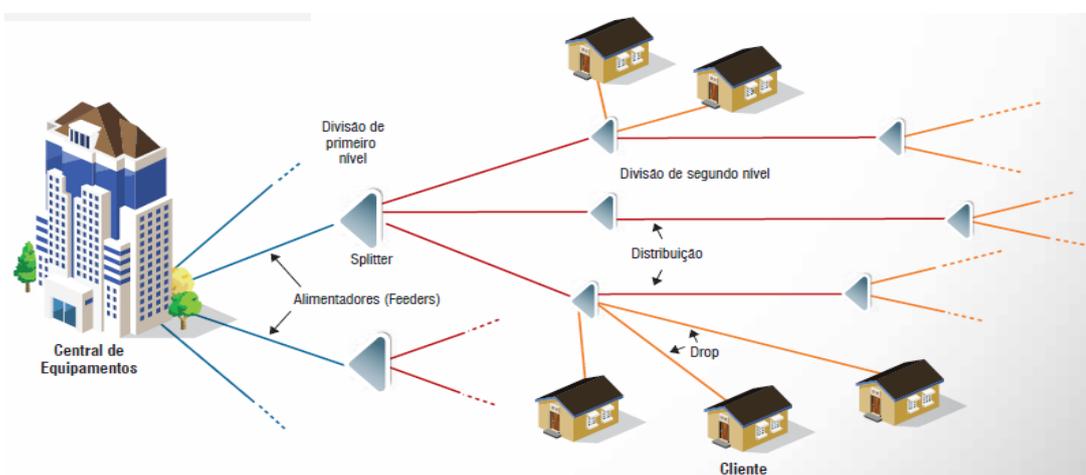
## 2.2 REDES ÓPTICAS

Esta seção apresenta o desempenho e instalação de *links* de fibras ópticas que podem ser utilizados em vários tipos de redes para conectar usuários em diferentes capacidades e velocidades de transmissão.

### 2.2.1 Redes Ópticas Passivas

De acordo com Keiser (2014, p.560), “na rede óptica passiva ou *Passive Optics Networks (PON)* não há componentes ativos entre o escritório central *Point Of Presence (POP)* e as instalações do cliente”. Apenas componentes ópticos passivos são colocados no caminho de transmissão da rede para orientar o trânsito de sinais contidos em comprimentos de onda ópticos específicos.

A Figura 4 ilustra uma arquitetura PON, na qual a rede de fibra óptica conecta equipamentos de comutação em um POP ou central de equipamentos, com um número de assinantes de serviços.



**Figura 4 – FTTx - Rede Passiva**  
Fonte: Furukawa (2015)

Segundo Takeuti (2005, p.16) “a arquitetura PON compartilha os equipamentos de rede com um dado número de clientes, possibilitando à empresa operadora de rede dividir os custos de instalação e de operação”. Existem diferentes tecnologias baseadas na arquitetura PON, dentre elas destaca-se:

- *BroadbandPON* (BPON): é uma rede que utiliza a técnica do modo de transferência assíncrona (ATM) como protocolo de transporte e sinalização. De acordo Takeuti (2005, p.3) “a história do sistema PON inicia-se no Japão em 1996 pela *Nippon Telegraph and Telephone* (NTT) com um teste de campo de um sistema proprietário BPON. Esse modelo de PON está sendo eliminado devido ao alto custo comparado ao modelo *Ethernet*”.
- *Ethernet PON* (EPON): ou *Gigabyte Ethernet PON* (GE-PON): é uma rede óptica passiva, que possui em seu protocolo uma extensão da IEEE 802.3 e opera em 1 Gb/s com uma distância de até 20 km.
- *Gigabit PON* (GPON): combina as características da ATM com a Ethernet, proporcionando uma utilização da rede mais flexível e eficiente.
- *WDM PON: Wavelegenth Division Multiplexing – PON* ou multiplexagem por divisão de comprimento de onda. Utiliza um comprimento de onda diferente para cada usuário para aumentar a capacidade da rede. Sua flexibilidade de oferta de serviços é a grande diferença comparada as outras PON's, pois como cada cliente tem um comprimento de onda específico que não é compartilhado com os outros, desta maneira um cliente que possui uma necessidade de largura de banda muito elevada não afetará aos outros usuários.

A aplicação da tecnologia PON para fornecer conectividade de banda larga na rede de acesso de conjuntos residências, edifícios e pequenas empresas geralmente é conhecida como *fiber-to-the-x* (FTTx), onde a letra x representa o quão próximo à extremidade da fibra está do usuário real. Na Figura 5 são mostrados alguns modelos e distâncias de FTTx.

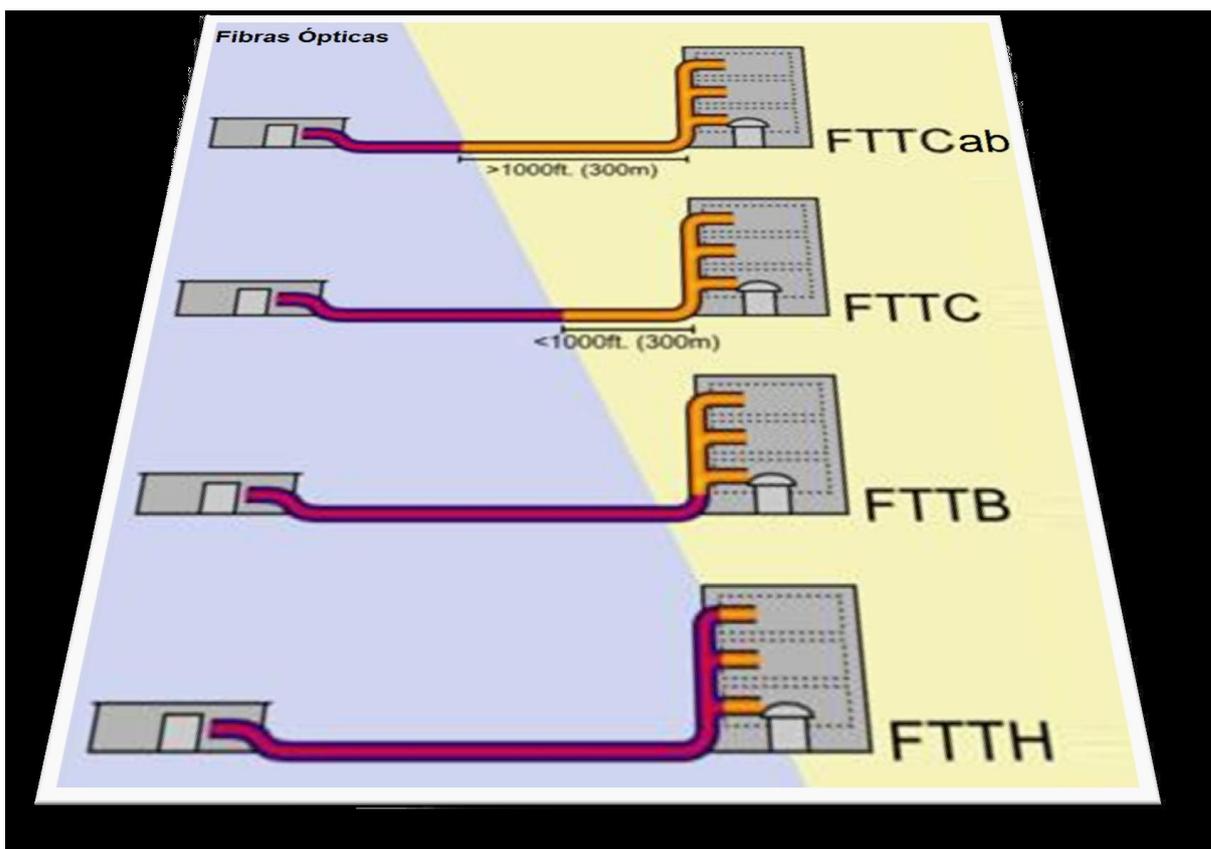


Figura 5 - Arquiteturas FTTx  
Fonte: Gomes (2014)

- FTTB (*Fiber-to-the-Building*): Quando a unidade de rede óptica está instalada dentro do ambiente do usuário, nesta estrutura a rede de acesso é constituída totalmente por cabo de fibra óptica. Normalmente a fibra óptica chega à entrada do edifício e a partir daí o acesso interno dos assinantes é feito através de cabeamento estruturado.
- FTTC (*Fiber-to-the-Curb*): Nesta arquitetura de transmissão óptica, a fibra óptica chega até um armário na rua e a distribuição para os assinantes naquela vizinhança é feita através de cabo coaxial ou par de cobre.
- FTTH (*Fiber-to-the-Home*): Estrutura de rede semelhante ao FTTB, neste modelo o sinal chega ao prédio através de um cabo *drop*.
- FTTN (*Fiber-to-the-Node*): Arquitetura onde a fibra óptica que sai da central é conectada diretamente a um armário de rua, usada nas redes de distribuição das operadoras de serviços, como por exemplo, TV a cabo. A partir do armário o sinal óptico é transformado em sinal elétrico sendo distribuído por cabeamento metálico até o ponto do cliente.

## 2.2.2 Medidas e Monitoramento de Desempenho

Em uma rede de comunicação de fibra óptica, os engenheiros executam de várias formas a medição de desempenho em todas as fases, desde o projeto, instalação e operação. No momento do projeto, deve-se verificar que existem vários modelos de produtos com a mesma finalidade e com características diferentes, cabe ao engenheiro conhecer as especificações definidas pelo fabricante e definir qual o equipamento a ser utilizado.

Na rede de fibra óptica existem parâmetros variáveis dos elementos do sistema de comunicação, como os componentes optoeletrônicos, que podem alterar as condições de funcionamento e devem ser medidos em todo o processo de instalação. Para medição do desempenho da rede são utilizados equipamentos específicos, dos quais alguns modelos serão exemplificados na seção seguinte.

## 2.2.3 Equipamentos de Medição

Como os sinais ópticos passam através de vários equipamentos, eles precisam ser medidos e caracterizados. Os instrumentos básicos para a realização de tais medições em componentes e sistemas de fibra óptica incluem medidores de potência óptica, fontes laser sintonizáveis, analisadores de espectro e refletômetros ópticos no domínio de tempo.

Estes instrumentos variam em tamanho e capacidade, bem como sua utilização, a seguir serão mostrados alguns destes aparelhos e sua utilização:

- Atenuador de potência óptica: Este equipamento reduz o nível de potência para prevenir danos ao instrumento ou evitar distorção de sobrecarga nas medidas.
- Indicador visual de falha: é um aparelho portátil do tamanho de uma caneta que utiliza uma fonte de luz *laser* visível, que auxilia na detecção de quebras de fibras, dobras excessivas ao mau acoplamento de conectores. Estes dispositivos são amplamente utilizados para verificação de falhas em fibras no interior da zona morta do OTDR.
- OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*) ou Refletômetro óptico no domínio do tempo: é um instrumento de campo que mede a atenuação,

comprimento de onda, perdas ocorridas em conexões ou emendas e níveis de refletância, além de auxiliar a localizar rupturas de fibras. Na Figura 6 pode-se observar o OTDR do fabricante YOKOGAWA modelo AQ7275.

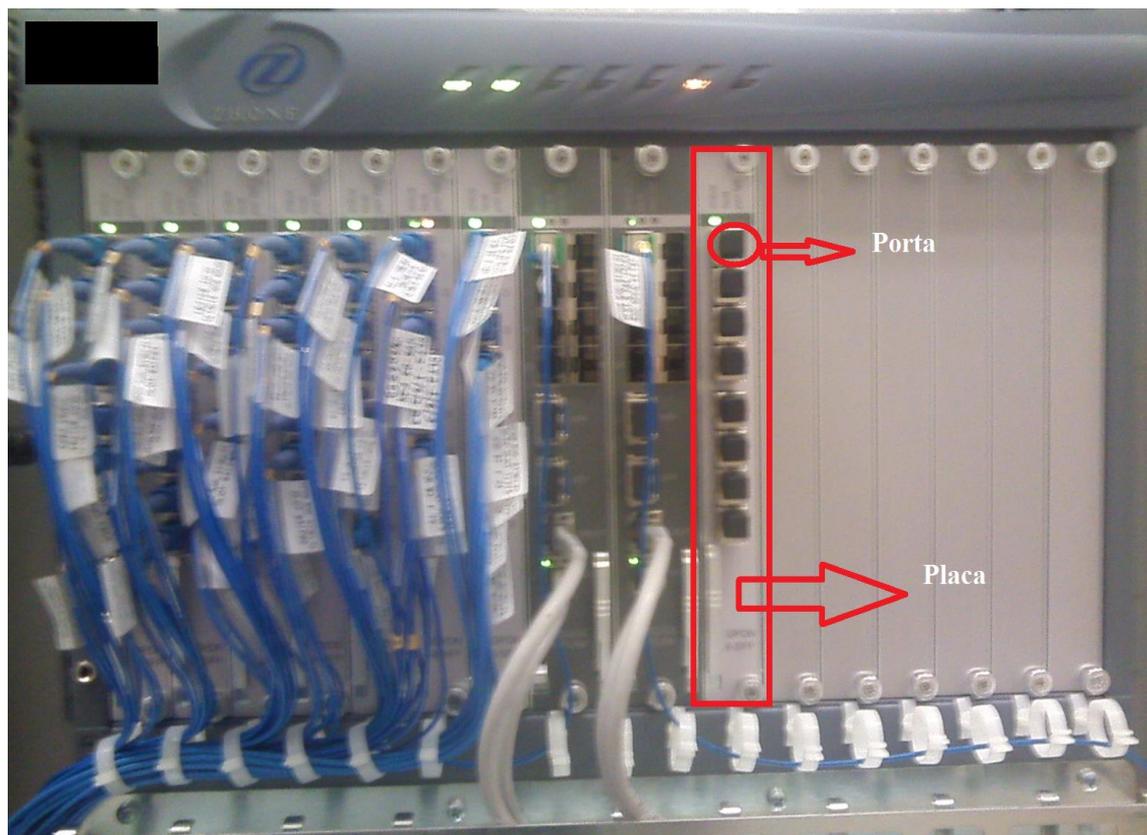


Figura 6 – OTDR YOKOGAWA Modelo: AQ7275  
Fonte: YOKOGAWA (2015)

#### 2.2.4 Ativos da Rede PON

Esta seção descreve as funções básicas e composição dos componentes optoeletrônicos localizados nas centrais de distribuições e nos terminais do usuário ou perto deles.

*Optical Line Terminal (OLT)* ou terminal da linha óptica: Está localizado no escritório central e controla o fluxo bidirecional de informações através da rede. Um OLT é projetado para controlar mais de uma PON, e suas especificações variam a cada modelo e fabricante. Em seguida a Figura 7 ilustra a OLT da fabricante ZHONE modelo X819.



**Figura 7 - OLT ZHONE X819**  
**Fonte: Autoria própria**

Conforme especificações do fornecedor o modelo mostrado na Figura 7 tem capacidade para 14 placas contendo 8 portas por placa e cada porta pode atender até 64 ONT's. Deste modo este equipamento tem capacidade para gerenciar 7168 *Optical Network Terminal* (ONT's). É importante lembrar que a capacidade de gerência de cada OLT depende do modelo e do fabricante. Por exemplo, o modelo MA8600T da marca Huawei que pode gerenciar 128 ONT's por porta.

*Optical Network Terminal* (ONT) ou terminal de rede óptica: situa-se diretamente nas instalações do cliente. “É responsável pela conversão de sinais ópticos em sinais elétricos” (PINHEIRO, 2010. p.1). Em conjunto com um OLT a ONT permite a alocação dinâmica da largura de banda com base nas diferentes demandas do usuário.

*Optical Network Unit* (ONU) ou unidade de rede óptica: é um equipamento localizado em um armário de distribuição em locais externos ao cliente. “Além de realizar a interface da OLT com o cliente, a ONU também é responsável pela multiplexação e demultiplexação dos serviços cliente/operadora e operadora/cliente” (OLIVEIRA, 2014, p.4). Este equipamento necessita de uma fonte de energia elétrica para operar os equipamentos em conjunto com uma bateria de emergência. Entre a

ONU e as instalações do cliente, a implantação destes sistemas pode ser feita com cabos de cobre ou coaxial. Após conhecer os ativos da rede PON a próxima seção tratará dos passivos desta rede.

### 2.2.5 Passivos da Rede PON

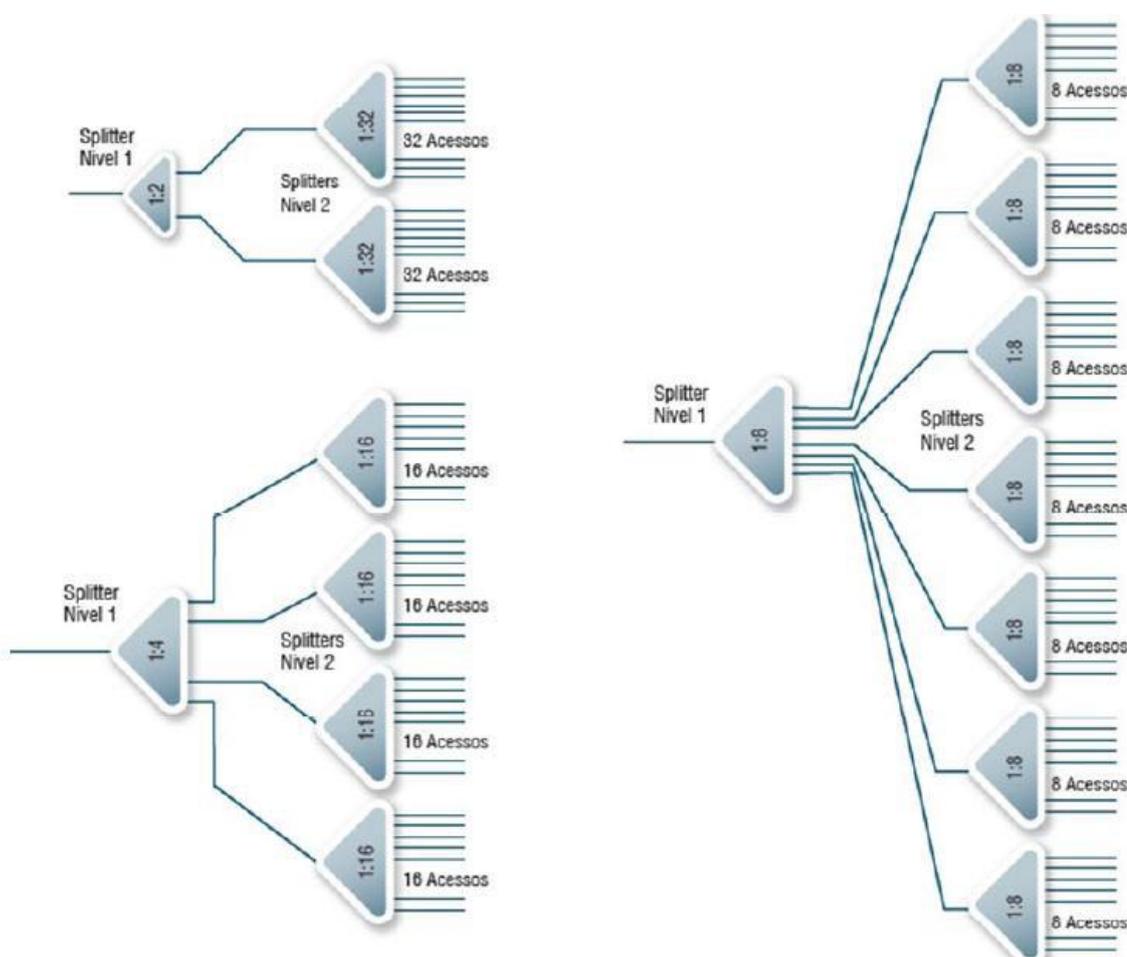
Como mencionado na seção 2.2.1, às redes PON's tem este nome por não necessitarem de elementos ativos entre a conexão de um terminal de linha óptica (central) com um terminal de rede óptica (usuário), neste meio de comunicação encontram-se apenas elementos passivos, ou seja, equipamentos que não necessitam de energia elétrica para seu funcionamento. Como exemplos de passivos da PON têm:

- Cabos de fibra óptica: Para instalação de uma rede PON são necessários cabos de fibra óptica, como comentado na seção 2.1.4, estes cabos são classificados conforme o meio em que eles serão utilizados. Cabe aos engenheiros definir qual cabo melhor se encaixa em cada projeto, se é melhor utilizar um cabo de 24 ou 72 fibras, ou se a caixa de emenda utilizada nesta rede suporta este tipo de cabo.
- Cordões ópticos: são utilizados para conexões entre fibras ópticas e equipamentos como o ONT's e OLT's.
- Divisores ópticos passivos ou *splitters*: são componentes que ramificam a rede óptica. A potência de saída de um OLT é de aproximadamente 5 dB e uma ONT tem sensibilidade de entrada entre -9 dB e -27 dB. A instalação de *splitters* no decorrer da rede faz com que o sinal sofra atenuações, dependendo da quantidade de saídas de um *splitter*, tem-se uma perda como pode ser observado na Tabela 1.

<i>Splitter</i>	Perda por inserção
1:2	3,7 dB
1:4	7,3 dB
1:8	10,5 dB
1:16	13,7 dB
1:32	17,1 dB
1:64	20,5 dB

**Tabela 1 – Perda de sinal por *splitter***  
**Fonte: Furukawa (2015)**

Outro fator a ser lembrado na instalação de *splitters* em uma rede óptica é a capacidade de gerência da OLT. A Figura 8 ilustra como diferentes configurações na instalação de *splitters*. Caso o engenheiro decidir pela utilização de um *splitter* 1:2 (um para dois, uma fibra de entrada e duas fibras de saída) no primeiro nível o aconselhável para o segundo nível de *splitters* o uso de dois *splitters* 1:32 pois, desta maneira será menor o número de fusões necessárias na fibra e ainda mantém o limite de 64 clientes que podem ser gerenciados pela OLT. Já se o engenheiro decidir pelo uso de um *splitter* 1:8 no primeiro nível o mais indicado é a utilização de oito *splitters* 1:8.



**Figura 8 – Níveis de espitamento**  
**Fonte: FURUKAWA – Equipamentos GPON (2015)**

- Caixas de emenda para fibra óptica: As conexões entre os divisores e as fibras ópticas são feitas através de fusões e acomodados em caixas de emenda, assim como podem ser encontrados diferentes tipos de cabos de fibra óptica no mercado são necessárias caixas de emenda que ofereçam

suporte a estes cabos. Nas Figuras 9 e 10 podem ser observados dois modelos de caixa de emenda:

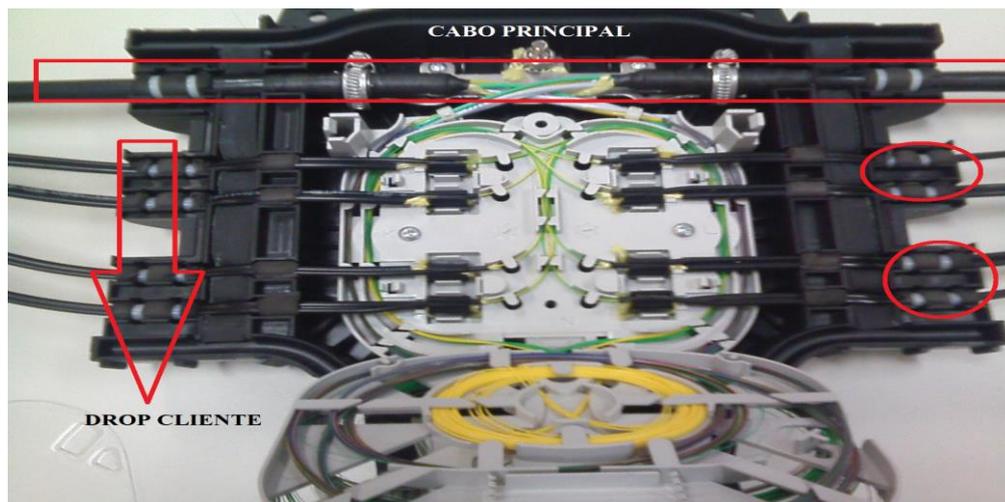


**Figura 9 – Caixa de emenda Tyco modelo FIST-GCO2**  
Fonte: Tyco (2015)

O modelo da Figura 9 é um conjunto FIST-GCO2, da fabricante *Tyco*, é constituído de estojos destinados ao abrigo de emendas de fibras ópticas por fusão ou por emenda mecânica para fibra óptica. Este conjunto tem capacidade de entrada/saída de 6 cabos.

A emenda por fusão consiste no processo de fundir duas fibras com o uso de uma máquina de emenda óptica, após o processo de clivagem das fibras, estas são posicionadas a uma certa distância dentro da máquina que fará a fusão, neste processo a fibra é derretida e soldada pela máquina. Já a emenda mecânica *“consiste em alinhar duas fibras através do uso de um tipo de “luva”, especialmente desenvolvida para tal finalidade, a qual mantém estas fibras posicionadas frente a frente, sem uni-las definitivamente”* (FIBERWAN, 2015).

A Figura 10 mostra o modelo FIST-TAP 200, esta é uma caixa de emenda e terminações ópticas seladas. Possui capacidade para o cabo principal e 8 derivações ou cabos *drop*, 4 em cada extremidade.



**Figura 10 – Caixa de Emenda FIST TAP-200**  
**Fonte: Autoria própria**

### 2.3 ATENUAÇÃO E DISPERSÃO

Segundo Keiser (2014, p.105) “a atenuação de sinal (também conhecida como perda da fibra ou perda de sinal) é uma das propriedades mais importantes de uma fibra óptica”.

A atenuação do sinal determina a distância máxima de transmissão entre o transmissor e receptor de linha ou amplificador. Os principais motivos da atenuação da fibra são: a absorção, a dispersão e radiação.

A absorção óptica está relacionada somente ao material da fibra, enquanto a dispersão está ligada tanto ao material quanto a imperfeições estruturais dos guias de ondas ópticas.

Como fatores causadores da absorção pode-se citar: defeitos atômicos na composição do vidro, impurezas no material do vidro e absorção intrínseca nos átomos-base constituintes do material da fibra.

A dispersão segundo Campos (2002, p.1) “é um efeito em que modos geradores de uma frente de onda de luz são separados quando trafegam pela fibra óptica, o que ocasiona a chegada delas à outra extremidade, espalhadas em relação ao tempo”. A atenuação por dispersão está associada às variações microscópicas na densidade do material da composição, e não a defeitos que ocorram na estrutura durante a fabricação das fibras.

Perdas por radiação ocorrem quando uma fibra passa por uma curvatura de raio. Estas perdas podem ocorrer, por exemplo, quando é feita uma convergência do cabo em uma esquina, este tipo de curvatura é chamado de curvatura macroscópica.

Outro fator a ser considerado em relação à atenuação são os elementos ligados à instalação da rede óptica como: fusão das fibras, *splitters* e tipo de fibras.

## 2.4 CONSIDERAÇÕES DO CAPITULO

Neste capítulo foi abordado grande parte dos componentes de uma rede óptica passiva, com o objetivo de criar o embasamento teórico para a solução do problema da gestão da documentação deste modelo de rede.

Depois de descritos os conceitos de redes de fibras ópticas foram mostrados seus componentes. Iniciando-se pela fibra óptica em si, sua estrutura e os cabos que foram criados para acomodar estas fibras. Posteriormente foram descritos os tipos de rede de fibra, logo a seguir foram apresentados os ativos e passivos de uma rede óptica, finalizando com definições de atenuação e dispersão do sinal óptico.

Foi possível observar que são vários os componentes que fazem parte desta rede, cada um com características específicas, e cabe aos engenheiros definir quais produtos serão utilizados na criação dos projetos de redes.

Levando em consideração os temas aqui abordados, no próximo capítulo são tratados tópicos relacionados à análise de requisitos e diagramas necessários para desenvolvimento do trabalho.

### 3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é apresentada a modelagem e o desenvolvimento de um sistema que auxilie na gestão e documentação de rede óptica de uma empresa de telecomunicações. Este capítulo está dividido em seis seções, sendo a primeira um breve relato de como funciona a organização para qual o software será desenvolvido. A seção 3.2 traz a análise de requisitos definidos para a criação da ferramenta, já a seção 3.3 mostra os diagramas de caso de uso criados a partir dos requisitos mostrados. A seção 3.4 ilustra os diagramas utilizados para a modelagem do sistema. Na seção 3.5 podem ser observadas as telas do software criado e finalizando a seção 3.6 traz as considerações do capítulo analisando os resultados obtidos.

Para o desenvolvimento do software foram criados diagramas UML (*Unified Modeling Language* ou Linguagem de Modelagem Unificada), “uma linguagem padrão para descrever/documentar projeto de software” (PRESSMAN, 2011, p.727).

A utilização de diversos diagramas permite que falhas possam ser descobertas nos diagramas anteriores, diminuindo a possibilidade da ocorrência de falhas durante a fase de desenvolvimento do software. Para criação dos diagramas devemos conhecer a organização e como esta desenvolve seu trabalho, tema este abordado na próxima seção.

#### 3.1 A ORGANIZAÇÃO E SEU FUNCIONAMENTO

Trata-se de uma empresa do segmento de telecomunicações no estado do Paraná, disponibilizando ao mercado produtos baseados na tecnologia de rede *Passive Optical Network (PON)*.

Em visita a empresa foi possível observar que a mesma utiliza diferentes tipos de ativos e passivos em sua rede, e a documentação desta é feita com a utilização de diagramas unifilares e softwares. A rede primária, ou seja, a estrutura que parte do POP até as caixas de emenda subterrâneas é registrada em diagramas unifilares, e seu acesso são permitidos somente a usuários com acesso à Intranet da empresa.

Os diagramas unifilares contêm várias informações como: caixas de emenda e sua localização, cabos de fibra óptica, etc. Na Figura 11 é possível observar um exemplo, de parte de um destes diagramas utilizados pela organização. Neste diagrama podemos visualizar que a partir do POP denominado IRT-SE, existe uma ligação até a caixa de emenda “A”, representada no diagrama por um triângulo.

As caixas de emenda são interligadas por cabos de fibra óptica representados por diferentes cores no diagrama, a cada cor de cabo está associado o número de fibras que ele é composto. Também é possível observar que toda caixa de emenda possui apenas um único cabo de entrada e que vários cabos podem partir destas caixas, além de todas as caixas de emenda e cabos estarem identificados. Outra informação contida no diagrama é como estão feitas as fusões das fibras que interligam os cabos de fibra óptica, como exemplo na caixa de emenda “A”, as fibras 73 a 144 que estão entrando nesta caixa estão ligadas as fibras 01 a 72 que vão até a caixa “B”.

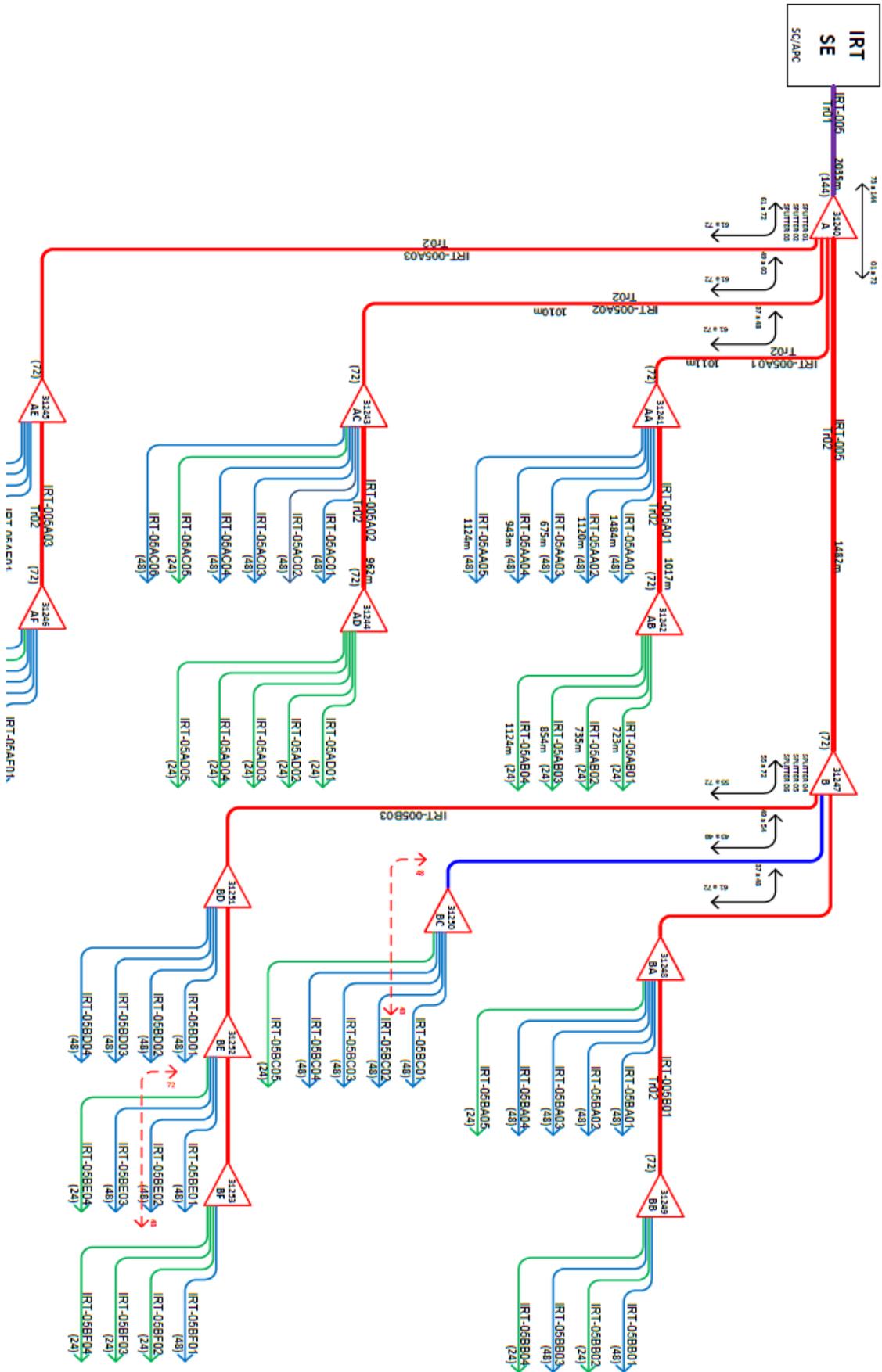


Figura 11 - Parte de um diagrama Unifilar  
Fonte: Copel (2015)

Para a instalação, ampliação ou manutenção da rede, os engenheiros utilizam os diagramas unifilares como uma das ferramentas que os auxiliam na tomada de decisões. Com base nestas informações e entrevista feita junto aos engenheiros foi elaborada a análise de requisitos, assunto tratado na seção seguinte.

### 3.2 ANÁLISE DE REQUISITOS

Para que o sistema atenda às necessidades dos engenheiros e atinja o objetivo deste trabalho foram definidos alguns requisitos:

<b>Requisitos Funcionais</b>	<b>Requisitos Não Funcionais</b>
RF01: O sistema deve permitir cadastrar, alterar e excluir caixas de emenda.	RNF01: O sistema deve ser desenvolvido em plataforma orientada a <i>WEB</i> .
RF02: O sistema deve permitir cadastrar, alterar e excluir cabos.	RNF02: O sistema deve utilizar um Sistema Gerenciador de Banco de Dados, preferencialmente o SGBD <i>MySQL</i> ;
RF03: O sistema deve permitir cadastrar, alterar e excluir fusões nas respectivas caixas de emenda.	RNF03: O sistema deve mostrar uma lista com os registros gravados, referente à tela de cadastro.
RF04: O sistema deve permitir visualizar a organização lógica da rede de fibra óptica.	

**Quadro 1 – Requisitos do sistema**  
Fonte: Autoria própria

### 3.3 DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

O diagrama de caso de uso procura por meio de uma linguagem simples, demonstrar o comportamento externo do sistema, buscando apresentar o sistema por uma perspectiva do usuário, demonstrando as funções e os serviços oferecidos e quais usuários poderão utilizar cada serviço. Segundo Pressman (2011, p.731), "os diagramas de caso de uso ajudam a determinar a funcionalidade e as características do software sob o ponto de vista do usuário". A seguir estão relacionados alguns dos Casos de Uso pertinentes ao sistema.

#### 3.3.1 Caso de Uso Geral

O diagrama de caso de uso mostrado na Figura 12 representa as funções principais as quais o engenheiro terá acesso. Dentre as principais funcionalidades estão: manter caixa de emenda, manter cabo, visualizar rede e manter fusões. Para melhor compreensão, entenda-se manter como ações de inserir, editar, excluir e listar dados referentes ao caso de uso.

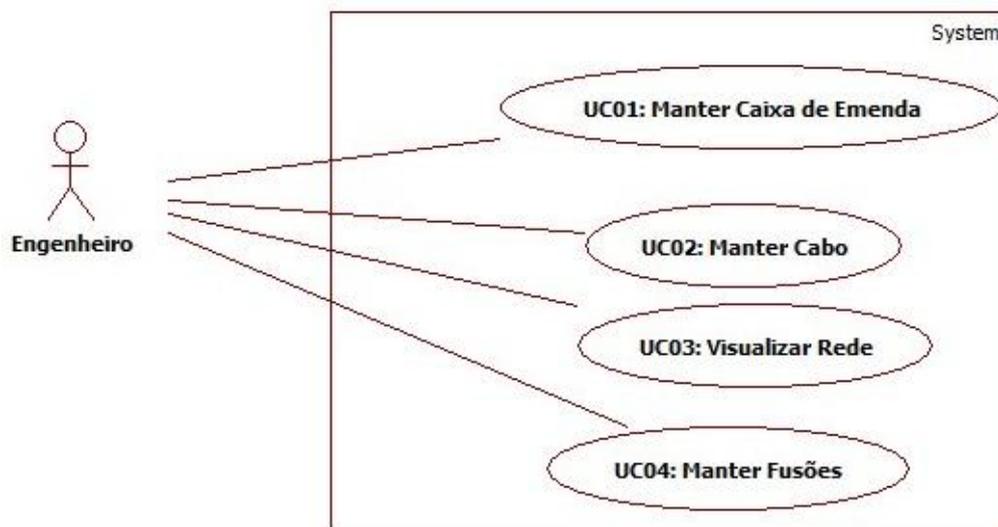


Figura 12 – Use Case Geral  
Fonte: Autoria própria

### 3.3.2 Caso de Uso Manter Caixa de Emenda - UC01

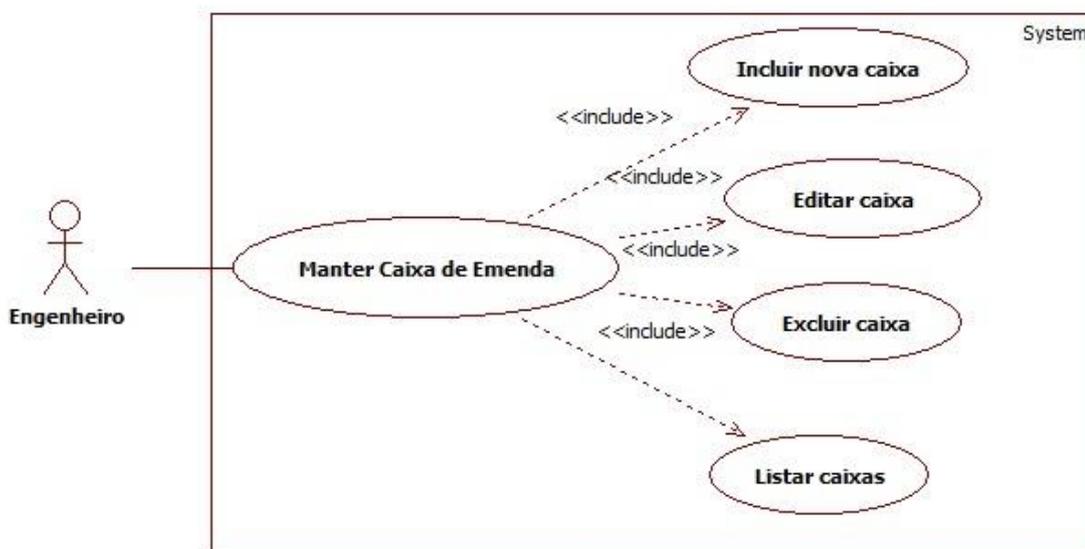


Figura 13 – Use Case 01 – Manter Caixa de Emenda  
Fonte: Autoria própria

<b>Use case:</b>	<b>Manter caixa de emenda.</b>
<b>Descrição:</b>	O engenheiro define a caixa de emenda.
<b>Pré-condições</b>	Não há.
<b>Curso de Eventos Básicos</b>	
<b>Ação do Ator</b>	<b>Resposta do Sistema</b>
1. Este use case inicia quando o engenheiro altera ou cadastra uma nova caixa de emenda.	2. O sistema deixa o engenheiro preencher a descrição e o número de fusões suportadas pela caixa, e disponibiliza opções de localização da caixa.
3. O engenheiro informa a descrição, o número de fusões suportado pela caixa e sua localização.	4. O Sistema valida os dados de entrada.
5. O engenheiro grava a caixa.	
<b>Cursos Alternativos (exceções)</b>	
O Sistema emitirá um aviso caso algum campo esteja em branco ou informado de forma incorreta, devendo o engenheiro preencher os campos definidos.	
<b>Cursos Erros</b>	
O SGBD não está disponível, o Sistema emitirá um aviso e retornará à opção inicial.	
<b>Pós-condições</b>	Caixa gravada.

**Quadro 2 – Descrição caso de uso manter caixa de emenda**  
**Fonte: Autoria própria**

## 3.3.3 Caso de Uso Manter Cabo – UC02

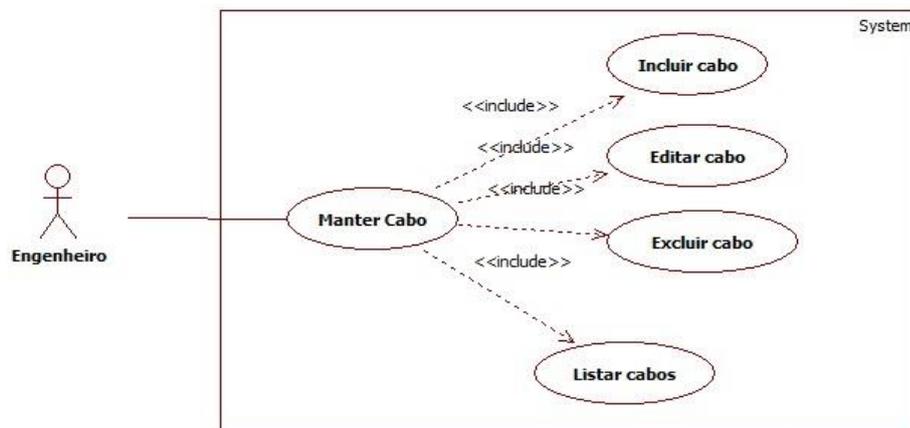


Figura 14 - Use Case 02 – Manter Cabo  
Fonte: Autoria própria

<b>Use case:</b>	<b>Manter cabo</b>
<b>Descrição:</b>	O engenheiro define o cabo.
<b>Pré-condições</b>	Não há.
<b>Curso de Eventos Básicos</b>	
<b>Ação do Ator</b>	<b>Resposta do Sistema</b>
1. Este use case inicia quando o engenheiro altera ou cadastra um novo cabo.	2. O sistema deixa o engenheiro preencher o nome do cabo, comprimento, número de fibras e selecionar o tipo de cabo.
3. O engenheiro informa o nome do cabo, comprimento, número de fibras e seleciona o tipo de cabo.	4. O Sistema valida os dados de entrada.
5. O engenheiro grava o cabo.	
<b>Cursos Alternativos (exceções)</b>	
O Sistema emitirá um aviso caso algum campo esteja em branco ou informado de forma incorreta, devendo o engenheiro preencher os campos definidos.	
<b>Cursos Erros</b>	
O SGBD não está disponível, o Sistema emitirá um aviso e retornará à opção inicial.	
<b>Pós-condições</b>	Cabo gravado.

Quadro 3 – Descrição caso de uso manter cabo  
Fonte: Autoria própria

## 3.3.4 Caso de Uso Visualizar Rede

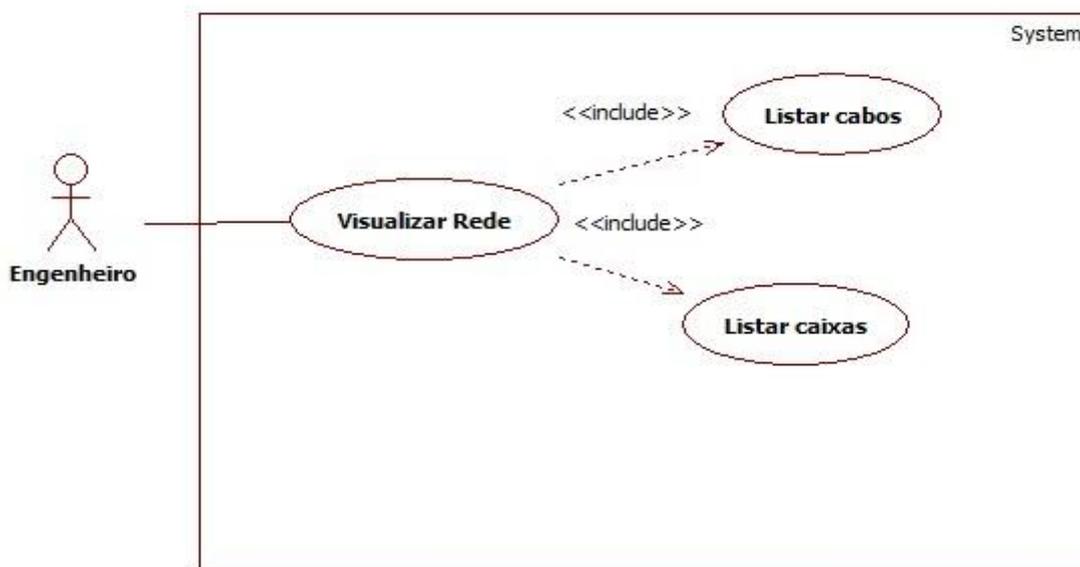


Figura 15 - Use Case 03 – Visualizar Rede  
Fonte: Autoria própria

<b>Use case:</b>	<b>Visualizar rede.</b>
<b>Descrição:</b>	O engenheiro visualiza a rede.
<b>Pré-condições</b>	Existir caixas de emenda e cabos cadastrados.
<b>Curso de Eventos Básicos</b>	
<b>Ação do Ator</b>	<b>Resposta do Sistema</b>
1. Este use case inicia quando o engenheiro solicita a visualização da rede.	2. O sistema exibe a rede cadastrada.
3. O engenheiro solicita informações sobre a caixa de emenda selecionada.	4. O Sistema exibe informações sobre a caixa de rede.
<b>Cursos Alternativos (exceções)</b>	
O Sistema emitirá um aviso caso a consulta não retorne nenhum dado.	
<b>Cursos Erros</b>	
O SGBD não está disponível, o Sistema emitirá um aviso e retornará a opção inicial.	
<b>Pós-condições</b>	Não há.

Quadro 4 – Descrição caso de uso visualizar rede  
Fonte: Autoria própria

### 3.4 MODELAGEM

Após definição das funcionalidades que o sistema deve prover ao usuário, partiu-se para a modelagem do banco de dados e a modelagem do sistema.

#### 3.4.1 Modelagem do Banco de Dados

Levando em consideração as informações repassadas pela organização e analisando o diagrama unifilar mostrado na Figura 11, deu-se início a modelagem do banco de dados, o qual resultou no diagrama modelo relacional mostrado na Figura 16. O diagrama modelo relacional, é um modelo lógico constituído de tabelas, colunas e restrições de integridade.

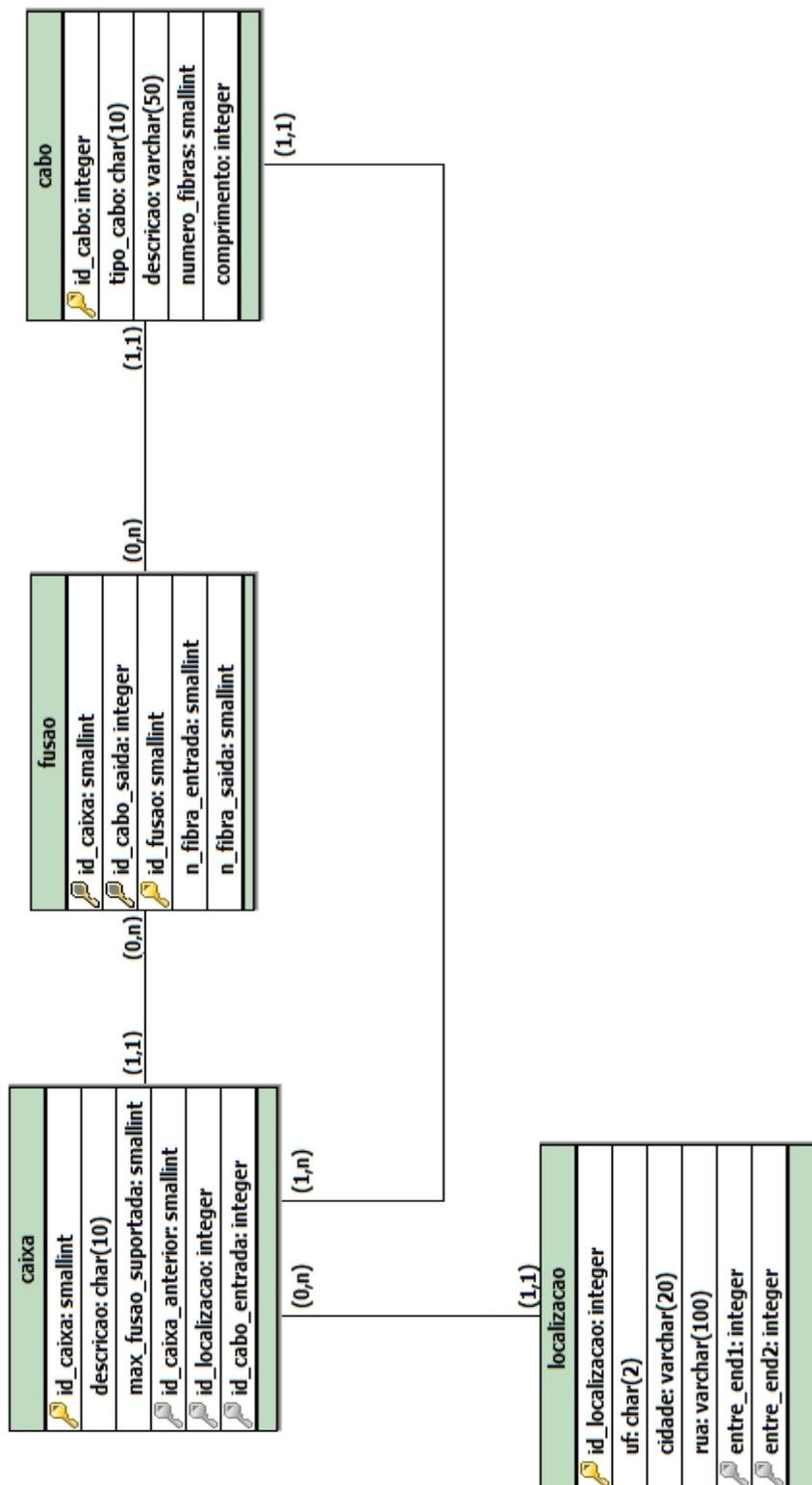


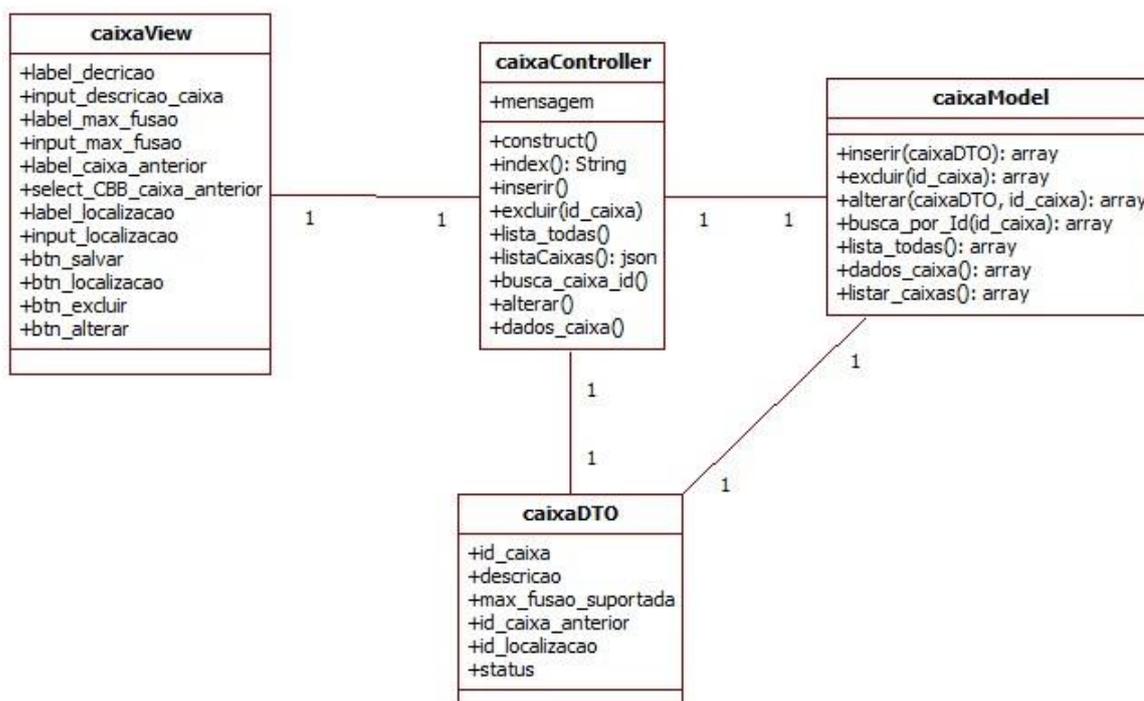
Figura 16 – Diagrama Modelo Relacional  
Fonte: Autoria própria

O diagrama da Figura 16 ilustra quais tabelas foram criadas na base de dados, quais atributos compõem estas tabelas além dos seus relacionamentos. Neste diagrama pode-se observar que toda caixa de emenda possui uma única

localização e um único cabo de entrada, também se pode observar as fusões efetuadas nestas caixas. Este diagrama foi elaborado com o auxílio da ferramenta brModelo, o qual gera automaticamente a partir deste diagrama o *script* para criação da base de dados.

### 3.4.2 Modelagem do Sistema

Para modelagem do sistema foram criados diagramas de classe. O principal enfoque do diagrama de classes está em permitir a visualização das classes que irão compor o sistema com seus respectivos atributos e métodos, bem como em demonstrar em como as classes do diagrama se relacionam, complementam e transmitem informações entre si. Na Figura 17 é demonstrado o exemplo de um dos diagramas de classe utilizados para o desenvolvimento do sistema.



**Figura 17 – Diagrama de Classes – Caixa de Emenda**  
Fonte: Autoria própria

Para o desenvolvimento deste projeto foi utilizado o padrão Modelo – Visão – Controle (MVC *Model - View - Controller*). O MVC é um padrão de arquitetura que tem como objetivo isolar as diversas camadas de uma aplicação de forma a melhorar a manutenção da mesma. Seguindo este padrão a Figura 17 mostra um

exemplo de diagrama de classe em camadas, onde a classe caixaModel encapsula os dados e as funcionalidades da aplicação. Já a classe caixaView representa a visão ou tela com a qual o usuário irá interagir, esta classe é responsável pela exibição das informações, cujos dados são obtidos no modelo. A classe caixaController recebe as requisições do usuário e aciona o modelo e/ou visão.

Para facilitar o desenvolvimento no padrão MVC foi utilizado o *framework* Codeigniter, esta ferramenta foi criada pela EllisLab<sup>1</sup>. A partir do uso do Codeigniter a conexão com o banco de dados é feita automaticamente, bastando configurar o arquivo correspondente à conexão da base de dados.

A classe caixaDTO é uma classe de objeto simples utilizado para transferir dados de uma classe à outra na aplicação, o termo DTO vem do inglês *Data Transfer Object*.

### 3.5 TELAS

Após a definição dos requisitos, a modelagem do sistema e a criação da base de dados, deu-se início a implementação da parte visual do sistema utilizando-se Java Script, HTML e o *framework* de estilos CSS (*Cascade Style Sheets*) *bootstrap*. A partir dos diagramas de caso de foram criadas as seguintes telas.

#### 3.5.1 Tela Caixas de Emenda – UC01

A Tela de Caixa de Emenda é apresentada na Figura 18. A partir desta tela o usuário pode efetuar operações de inserção, edição e exclusão de uma caixa de emenda. Para o cadastro de uma nova caixa será necessário à identificação da caixa anterior a que está sendo cadastrada. Caso o usuário não informe nenhuma caixa será considerado que esta é a primeira caixa após o POP, ou seja, o cabo de entrada desta caixa está ligado diretamente a OLT. Também nesta tela são exibidas todas as caixas já cadastradas.

---

<sup>1</sup> Sua documentação pode ser obtida em [HTTP://www.codeigniter.com/user\\_guide/](http://www.codeigniter.com/user_guide/)

Rede Cabos **Caixas de Emenda** Fusões

Descrição:

Caixa Anterior:

Max. de fusões que suporta:

Localização:

ID	Caixa	Max. Fusões		
1	A	100	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>
3	B	120	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>
13	AA	4	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>
14	AB	1	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>
15	AC	1	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>

**Figura 18 – Tela Gerencia Caixas de Emenda**  
 Fonte: Autoria própria

### 3.5.2 Tela cabos – UC02

A Figura 19 mostra a tela de cadastro de cabo, nesta opção o usuário tem funcionalidades idênticas aos de cadastro de caixas de emenda. Todos os campos devem ser preenchidos para um novo cadastro, sendo que o campo número de fibras já está pré-definido no software, restando ao usuário apenas a opção de escolha de um dos valores possíveis.

Rede **Cabos** Caixas de Emenda Fusões

Nome do cabo:

Tipo:  Primário  Secundário

Comprimento:

Número de Fibras:

ID	Cabo	Tipo	Numero de Fibras	Comprimento		
1	IRT-005	PRIMARIO	144	2035	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>
2	IRT-005A01	SECUNDARIO	72	2035	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>
3	IRT-005A02	SECUNDARIO	72	1900	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>
5	IRT-005A03	SECUNDARIO	72	1	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>
7	IRT-005B02	SECUNDARIO	48	1	<a href="#">Excluir</a>	<a href="#">Alterar</a>

**Figura 19 – Tela Gerencia Cabos**  
 Fonte: Autoria própria

### 3.5.3 Tela Visualização da Rede – UC03

Na Figura 20 pode-se observar a página inicial do software. Nesta tela o usuário poderá visualizar como a rede está disposta de forma lógica, de acordo com as informações gravadas na base de dados. Ao utilizar um *click* normal em algum dos nós (círculos) da rede com o interior azul [  ] serão mostradas as caixas de emenda que estão cadastradas a partir desta, caso o interior do círculo esteja em branco [  ], indica que não existem mais caixas de emenda a serem exibidas a partir desta caixa.

Nesta mesma tela, quando o usuário der um duplo *click* em alguma dos nós (caixa de emenda) serão mostradas informações cadastradas referentes a esta caixa de emenda. Caso não exista nenhuma caixa cadastrada ou não seja possível à leitura a base de dados esta tela aparecerá em branco.

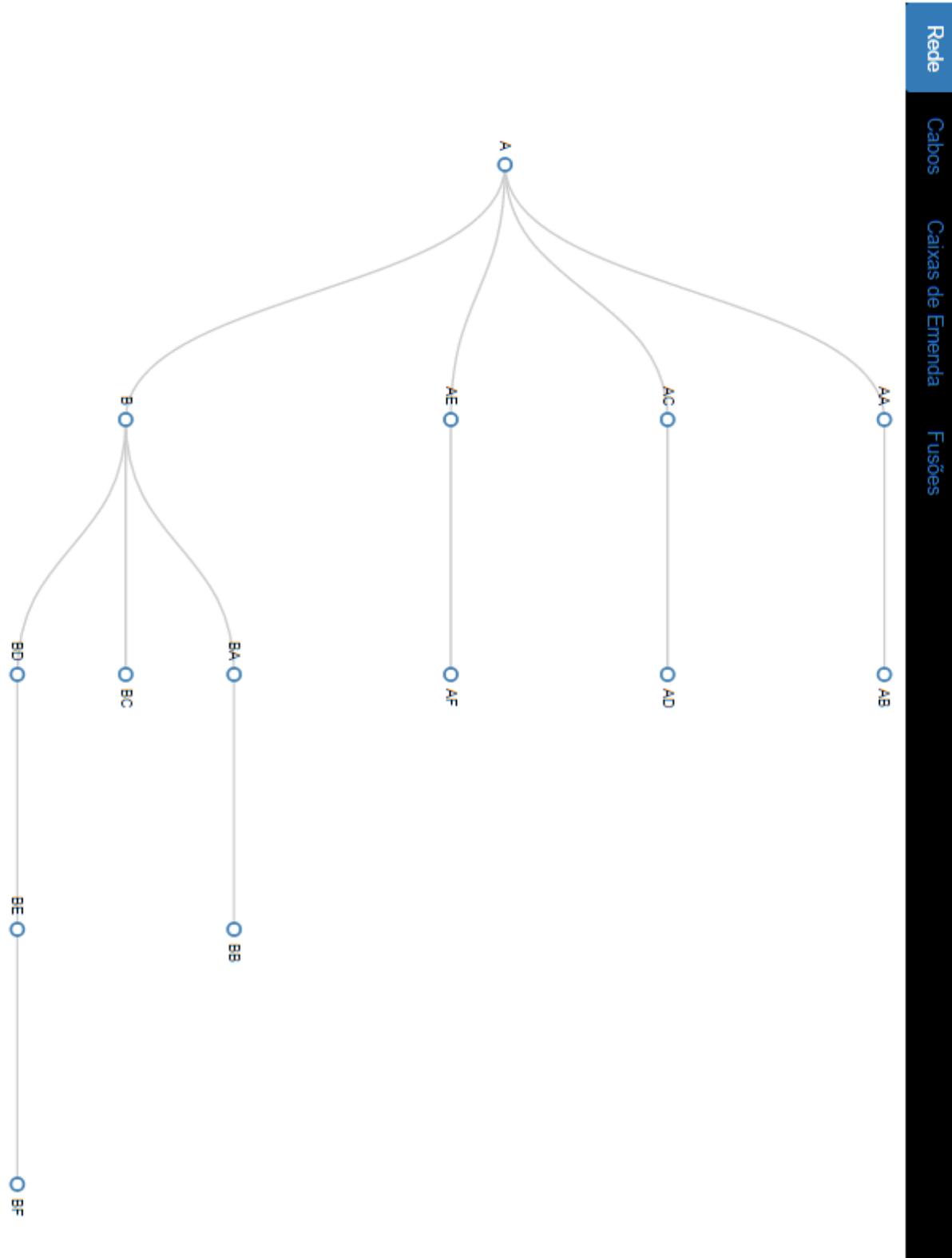


Figura 20– Tela Visualizar Rede  
Fonte: Autoria própria

Logo abaixo no quadro 5, está a função da classe caixa\_controller que solicita a classe caixa\_model as informações armazenadas na base de dados e retorna um objeto do tipo *JavaScript Object Notation* (JSON).

A primeira busca solicitada retornará todas as caixas com o atributo `id_caixa_anterior` igual à `null`, ou seja, a primeira caixa da rede. Caso exista um retorno desta busca, será feita uma nova chamada a classe caixa\_model, passando como parâmetro o identificador da caixa que foi retornado. Com os dados resultantes desta busca será criado um novo *array* com as caixas “filhas” da primeira caixa.

Na leitura de cada posição deste *array*, será feita uma nova busca a base de dados. Após a busca de todas as informações, estas serão armazenadas em um objeto do tipo JSON, que será retornado para a view responsável pela exibição da rede.

```

public function listaCaixas() {
    $cd = new stdClass();
    $arrayObj = new ArrayObject();

    lista caixa com id_caixa_anterior NULL A
    $consulta = $this->cmodel->listarCaixas();
    if (count($consulta) > 0) {
        foreach ($consulta as $c) {
            $array = array();

            lista primeiro nivel de caixa AA,AC,AE, B
            $consulta2 = $this->cmodel->buscaCaixaIdAnterior($c->id_caixa);
            if (count($consulta2) > 0) {
                foreach ($consulta2 as $c2) {
                    $array2 = array();

                    lista segundo nível de caixa AB, BA
                    $consulta3 = $this->cmodel->buscaCaixaIdAnterior($c2->id_caixa);
                    if (count($consulta3) > 0) {
                        foreach ($consulta3 as $c3) {
                            $array3 = array();

                            $consulta4 = $this->cmodel->buscaCaixaIdAnterior($c3->id_caixa); //BB
                            if (count($consulta4) > 0) {
                                foreach ($consulta4 as $c4) {

                                    $consulta5 = $this->cmodel->buscaCaixaIdAnterior($c4->id_caixa); //BF
                                    if (count($consulta5) > 0) {
                                        foreach ($consulta5 as $c5) {

                                            $cd4 = new stdClass();
                                            $cd4->id_caixa = $c4->id_caixa;
                                            $cd4->name = $c4->name;
                                            $cd4->children = $consulta5;
                                            array_push($array3, $cd4);
                                        }
                                    } else {

```



- Uso intensivo de redes: como foi desenvolvida para o ambiente Web, esta ferramenta possibilita o acesso e interação de um usuário através da internet em qualquer local do mundo, e não somente para os usuários da rede interna da organização.
- Simultaneidade: várias pessoas podem acessar um mesmo diagrama ao mesmo tempo.
- Diminuição de custos e tempo: os diagramas são gerados de forma automática, não haverá mais a necessidade de outro software para esta função, além do tempo que os engenheiros economizam utilizando esta ferramenta.
- Maior facilidade em visualizar as informações.

Apesar de todos os pontos positivos elencados anteriormente a ferramenta possui algumas limitações:

- Como comentado na seção 3.5 deste trabalho, foi utilizado o *framework bootstrap* para a criação das telas. Dependendo do navegador que será utilizado para acesso, a ferramenta poderá ter algumas de suas funcionalidades comprometidas, sendo assim recomenda-se a utilização do navegador Google Chrome, pois todos os testes foram feitos a partir deste navegador.
- Por restrição de implementação, a busca a base de dados para criação da parte visual da rede (Figura 20), os elementos mostrados, limitam-se até o quinto nível, ou seja, se existisse alguma caixa cadastrada a partir da caixa BF, esta não seria mostrada. Uma maneira para superar este problema, seria fazer a busca a partir de uma caixa específica e mostrar somente as caixas correspondente a esta caixa, e não mostrar a rede toda com uma única busca como está sendo feito até o momento.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo foi subdividido em duas seções, onde a seção 4.1 realiza as conclusões referentes ao trabalho e a seção 4.2 aborda os possíveis trabalhos futuros que poderão ser desenvolvidos complementando os resultados obtidos.

### 4.1 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma aplicação para gestão da documentação de uma rede óptica. Contudo, antes de desenvolver o sistema, foram definidos alguns requisitos necessários para explicação teórica sobre alguns quesitos antes de se chegar ao desenvolvimento da aplicação como descrição e características das comunicações por fibra óptica, funcionamento das redes de fibras ópticas e seus componentes.

Após conhecimento da organização para qual o sistema foi desenvolvido elaborou-se a análise de requisitos para desenvolvimento da aplicação, aplicando os conhecimentos sobre a UML e Modelo de Banco de Dados Relacional.

Decidiu-se pela não exposição da revisão bibliográfica sobre a linguagem de programação utilizada para desenvolvimento da aplicação, o PHP, bem com o Sistema Gerenciador de Banco de Dados Mysql, por considerar que tais informações já são suficientemente divulgadas, além da facilidade de obtenção de materiais e documentação de tais ferramentas.

E por fim, a disponibilização de uma aplicação de simples utilização na qual o usuário pode gerenciar os componentes de uma rede de fibra óptica. Esta ferramenta pode ser acessada fora da intranet da empresa, ficando disponível aos engenheiros em qualquer lugar do mundo onde se tenha acesso a internet.

Neste software os diagramas serão gerados automaticamente a partir dos dados cadastrados sem a necessidade de outro programa de diagramação, obtendo-se desta forma uma diminuição de tempo e custo na documentação da rede. E ainda, o acesso simultâneo aos dados cadastrados torna mais dinâmico os processos de criação e ampliação da rede óptica, mostrando que a ferramenta desenvolvida cumpre o objetivo do trabalho em desenvolver uma ferramenta ágil e dinâmica para auxiliar na gestão da documentação lógica de uma rede óptica.

## 4.2 TRABALHOS FUTUROS

Considerando os resultados obtidos, apresentam-se as atividades que podem complementar este trabalho:

- A rede de fibra óptica é hoje, uma das tecnologias que mais se adapta ao nosso cotidiano no quesito custo benefício. Assim, sugere-se a implementação de uma rede composta de dezenas ou até centenas de itens, configurando-a para melhor visualização no sistema;
- Outra sugestão é a implementação para que o cadastro e visualização dos *splitters* que são instalados em uma PON, bem como a união dos dados da rede primária com os dados de todos os clientes que pertencem a esta rede.

## REFERÊNCIAS

CAMPOS, A. L. G. **Fibras ópticas – uma realidade reconhecida e aprovada.** Disponível em <[https://memoria.rnp.br/newsgen/0203/fibras\\_opticas.html](https://memoria.rnp.br/newsgen/0203/fibras_opticas.html) > Acesso em: 26 Abr. 2015.

CCIS. **Products features.** Disponível em < <http://ccsi.co.id/> > Acesso em: 19 Out. 2015.

COPEL TELECOMUNICAÇÕES. **Diagramas Unifilares.** Ponta Grossa, 2015.

FIBERWAN **Como é o processo de emenda de uma fibra óptica e por que ele é complexo, às vezes demorado.** Disponível em: < <http://www.fiberwan.com.br/como-e-o-processo-de-emenda-de-uma-fibra-otica-e-por-que-ele-e-complexo-as-vezes-demorado/> > Acesso em: 15 Nov. 2015.

FURUKAWA. **FTTx Equipamentos GEPON.** Disponível em: < [http://portal.furukawa.com.br/arquivos/F/FTT/FTTxEquipamentosGEPON/2160\\_FTTxEquipamentosGEPONrev052012.pdf](http://portal.furukawa.com.br/arquivos/F/FTT/FTTxEquipamentosGEPON/2160_FTTxEquipamentosGEPONrev052012.pdf) > Acesso em: 18 Abr. 2015.

GOMES, D. C **FTTx – Entenda o que é FTTX** Disponível em: < <http://www.redesecia.com.br/fibra-optica/fttx-entenda-o-que-e-fttx/> > Acesso em: 20 Abr. 2015.

JAYME, H. T. P **Análise tecno-econômica de redes de telecomunicações aplicada ao acesso e a escala doméstica.** 38f. Monografia (Graduação em Engenharia de Computação), Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

KEISER, G. **Comunicações por fibras ópticas.** Tradução Márcio Peron Franco de Godoy. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

MATA A. **O que é Fibra Óptica e como funciona?** Disponível em: <<http://www.oficinadanet.com.br/artigo/redes/o-que-e-fibra-otica-e-como-funciona>> Acesso em: 18 Abr. 2015.

PINHEIRO, J. M. S **Redes Ópticas de Alto Desempenho** Disponível em: <[http://www.projetoederedes.com.br/artigos/artigo\\_redes\\_opticas\\_alto\\_desempenho.p](http://www.projetoederedes.com.br/artigos/artigo_redes_opticas_alto_desempenho.p)

hp> Acesso em 23 Abr. 2015.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software**: uma abordagem profissional. Tradução Ariovaldo Griesi. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

OLIVEIRA, P. B de **Soluções de Atendimento em Fibra Óptica**. Disponível em:<[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsolfo1/pagina\\_1.asp](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsolfo1/pagina_1.asp)>Acesso em: 17 Abr. 2015.

SAITO, N. **Em 10 anos, tráfego de dados digitais atingirá um volume de 35 Zetabytes**. Disponível em:< <http://www.furukawa.com.br/pt/rede-furukawa/noticias/em-10-anos-trafego-de-dados-digitais-atingira-um-volume-de-35-zetabytes-1131.html>>Acesso em: 17 Mar. 2015.

TAKEUTI, P. **Projeto e dimensionamento de redes ópticas passivas (PON's)**. Dissertação de mestrado. São Carlos, 2005.

TYCO. **Product Guide**. Disponível em:< [www.tycoelectronics.com/products](http://www.tycoelectronics.com/products)>Acesso: 28 Abr. 2015.

VIANNA, L. F. **Copel quer triplicar acesso à banda larga**. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/copel-quer-triplicar-acesso-a-banda-larga-3fvyoc950il5jbtlop3f3q6t>>Acesso em: 18 Mar. 2015.

YOKOGAWA. **Products: optical time domain reflectometer AQ7275**. Disponível em < <http://tmi.yokogawa.com/discontinued-products/optical-measuring-instruments/optical-time-domain-reflectometer/aq7275-optical-time-domain-reflectometer/> >. Acesso: 27 Abr. 2015.