

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE

VITOR HUGO XAVIER DA SILVA

IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE FTTH

NATAL-RN
2016

VITOR HUGO XAVIER DA SILVA

IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE FTTH

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Redes de Computadores.

Orientador: Prof. Carlos Gustavo A. da Rocha.

NATAL-RN
2016

IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE FTTH

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Redes de Computadores.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 2016.2, para a seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Msc Prof. Carlos Gustavo A. da Rocha – Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Esp Prof. Alfredo Gama de Carvalho Júnior
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Msc Prof. Galileu Batista de Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Décio Frederico Bueno Feijó
Gerente de Engenharia CABO Serviços de Telecomunicações Ltda

Kligw Fernandes da Silva
Supervisor de projetos e rede CABO Serviços de Telecomunicações Ltda

Dedico todo este trabalho à Maria Leidivan Xavier da Silva e à Manoel Jorge da Silva, meus amados pais, que sempre me apoiaram e me deram forças para seguir, mesmo diante das dificuldades encontradas pelo caminho. Dedico também à minha namorada, Amanda Assis da Silva, por toda a insistência, compreensão e incentivo à sempre seguir em frente, firme e forte, focando somente em meus objetivos. Não poderia deixar de falar do meu irmão Vinicius Xavier da Silva, que sempre me apoiou e me incentivou a nunca desistir e a todos os meus demais familiares e amigos, que direta ou indiretamente participaram desta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois sem ele nada disso seria possível. Foi nele, onde busquei forças nas mais diversas dificuldades e adversidades encontradas durante essa jornada.

Agradeço à meus pais pela educação, formação básica como pessoa e cidadão de bem. Pelos princípios que me foram passados, pelos ensinamentos que nenhuma escola poderia me ensinar e por serem a minha base para todas as horas.

Não poderia deixar de agradecer à minha namorada, Amanda Assis da Silva, por todas as conversas, os conselhos, por sempre estar disposta à ouvir os meus desabafos e por me reerguer nos momentos em que pensei em desistir do curso. Esses empurrões foram essenciais para que eu respirasse fundo e buscasse forças onde não tinha, para que no final, tudo desse certo.

É importante lembrar dos colaboradores e ex-colaboradores da empresa Cabo Serviços de Telecomunicações Ltda, em especial a equipe de fibra óptica (Anderson Agríssio, Felipe Ervesson, Marcelo Augusto e Rafael Silva), como forma de agradecimento pelas companhias diárias, por viverem comigo esta batalha, me amparar, quando fui trabalhar sem sequer dormir no dia anterior, devido à trabalhos e provas difíceis, em que eu trocava o meu horário de descanso, por uma cadeira, uma mesa e um computador para estudar. Não poderia deixar de lembrar e agradecer a Diego César Silva Ferreira, pelos ensinamentos, amizade e companhia diária no início da minha trajetória. Estas pessoas me ajudaram à desenvolver as minhas atividades, mesmo sem ter condições físicas e psicológicas para tal.

Agradeço de coração, à alguns professores do curso de Tecnologia em Redes de Computadores do IFRN, campus Natal-Central, que puderam dividir comigo, toda a experiência acadêmica e de mercado, e por muitas vezes entender o meu esforço, e as dificuldades para chegar até a sala de aula após uma longa e cansativa jornada de trabalho. Agradeço também pelos conselhos de não desistir, e de despertar, ainda mais, o meu interesse pela área.

Agradeço de coração aos integrantes do grupo “*Chegados*”, do *Whatsapp*, pela contribuição primordial para a minha formação.

Fica aqui o meu muito obrigado à todos que direta ou indiretamente, participaram desta conquista.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	
1.1.1	Objetivo geral	15
1.1.2	Objetivos específicos	
1.2	METODOLOGIA	
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	
2.1	HISTÓRICO DAS FIBRAS ÓPTICAS	16
2.2	SISTEMA DE TRANSMISSÃO ÓPTICO	
2.2.1	VANTAGENS DO USO DA FIBRA ÓPTICA	17
2.2.2	DESVANTAGENS DO USO DA FIBRA ÓPTICA	18
2.2.3	PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E PROPAGAÇÃO	
2.2.3.1	PADRÃO DE CORES	19
2.3	NOÇÕES BÁSICAS DE UMA REDE FTTH	20
2.4	CONSTITUIÇÃO DE UMA REDE PON	
2.5	TIPOS DE MULTIPLEXAÇÃO	21
2.6	TOPOLOGIAS DE REPARTIÇÃO	23
2.7	TAXAS DE DIVISÃO DA POTÊNCIA	24
2.8	GPON - <i>Gigabit Passive Optical Network</i>	
2.9	ARQUITETURA DE LANÇAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DA REDE	26
3	CONTEXTUALIZAÇÃO INSTITUCIONAL	28
4	IMPLANTAÇÃO DA REDE FTTH NO BAIRRO DE EMAÚS, PARNAMIRIM-RN	
4.1	LEVANTAMENTO DE CAMPO	
4.2	PROJETO ÓPTICO	31
4.3	COTAÇÃO E COMPRA DE MATERIAL	34
4.4	AUDITORIA DE BOBINAS	35
4.5	SIMULAÇÃO DO CENÁRIO	36
4.6	PREPARAÇÃO DA INFRAESTRUTURA LÓGICA	

4.7	CABEAMENTO DA ÁREA	38
4.8	MONTAGEM DO GABINETE	39
4.9	MONTAGEM DAS CEO DO TRONCAL E DOS SPLITTERS 1:4	46
4.10	MONTAGEM E AUDITORIA DOS TAP's ÓPTICOS	48
4.11	LIBERAÇÃO DA ÁREA PARA COMERCIALIZAÇÃO	51
4.12	INSTALAÇÃO NO CLIENTE FINAL	
	CONCLUSÕES	54
	TRABALHOS FUTUROS	
	REFERÊNCIAS	55

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
APON	<i>Passive Optical Network on Asynchronous</i>
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>
BAP	Braçadeira Ajustável para Poste
BPDU	<i>Bridge Protocol Data Unit</i>
CEO	Caixa de Emenda Óptica
CLI	<i>Command Line Interface</i>
CO	<i>Central Office</i>
DBA	<i>Dynamic Bandwidth Allocation</i>
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>
DSL	<i>Digital Subscriber Line</i>
EAPS	<i>Ethernet Automatic Protection Switching</i>
EPON	<i>Ethernet Passive Optical Network</i>
FO	Fibra Óptica
FTTH	<i>Fiber To The Home</i>
G-EPON	<i>Gigabit Ethernet Passive Optical Network</i>
GPON	<i>Gigabit Passive Optical Network</i>
HeadEnd	Central provedora de serviços de telecomunicações
HFC	<i>Hybrid Fiber Coax</i>
HP	<i>Home Potential</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineer</i>
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RN
IGMP	<i>Internet Group Management Protocol</i>
ITU	<i>International Telecommunications Union</i>
MAC	<i>Media Access Control</i>
MMF	<i>Mult Mode Fiber</i>
NBR	Norma Brasileira, padrão ABNT
ODN	<i>Optical Distribution Network</i>
OLT	<i>Optical Line Terminal</i>

OMCI	<i>ONT Management and Control Interface</i>
ONT	<i>Optical Network Terminal</i>
ONU	<i>Optical Network Unit</i>
OTDR	<i>Optical Time Domain Reflectometer</i>
PON	<i>Passive Optical Network</i>
RN	<i>Rio Grande do Norte</i>
RX	<i>Receptor</i>
LC/APC	<i>Lucent Connector / Angled Physical Contact</i>
SC/PC	<i>Subscriber Connector / Physical Contact</i>
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>
SMF	<i>Single Mode Fiber</i>
TAP	<i>Terminal Access Point</i>
TDM	<i>Time Domain Multiplexing</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple access</i>
TX	<i>Transmitter</i>
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>
VoIP	<i>Voice over Internet Protocol</i>
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing</i>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tipos de Fibra óptica	17
Figura 2 – A Fibra óptica	18
Figura 3 – Espectro da luz	19
Figura 4 – Padrão de cores	
Figura 5 - Arquitetura de uma TDM-PON	22
Figura 6 – Diagrama simplificado de uma rede do tipo WDM-PON	
Figura 7 – Topologias de repartição do sinal óptico	23
Figura 8 – Arquitetura de lançamento e distribuição da rede FTTH	26
Figura 9 – Modelo de engenharia 1:32	27
Figura 10 – Delimitação de área via <i>Google Earth</i>	30
Figura 11 – Delimitação de nodos via <i>Google Earth</i>	
Figura 12 – Trajeto dos cabos ópticos da redundância do Gabinete FTTH	31
Figura 13 – Distribuição dos TAP's ópticos nas ruas	32
Figura 14 – Cabo de saída da CEO de splitter's 1:4, alimentando 4 TAP's 1:8	33
Figura 15 – Alimentação do gabinete às CEO de splitter's 1:4	34
Figura 16 – Padrão de entrada dos cabos ópticos	40
Figura 17 – Caixa de passagem anterior ao gabinete	
Figura 18 – Acomodação e identificação dos cabos ópticos no gabinete	41
Figura 19 – Banco de baterias	
Figura 20 – Circuito Retificador / Inversor	42
Figura 21 – Cabo óptico 64FO pronto para ser acomodado nos <i>slots</i> DIO	43
Figura 22 – Fibras do cabo óptico 64FO já acomodadas nos <i>slots</i> DIO	
Figura 23 – Fibras já fusionadas no <i>slot</i> DIO	44
Figura 24 – Chassi's de OLT's já em funcionamento	
Figura 25 – Cabos ópticos de entrada e saída do gabinete e cordões ópticos de interligação entre dispositivos	45
Figura 26 – Gabinete finalizado	46
Figura 27 – CEO do Tronco óptico de derivação ao gabinete	47

Figura 28 – CEO de <i>splitter's</i> 1:4	
Figura 29 – TAP óptico montado no poste	48
Figura 30 – Interior do TAP óptico com identificação de sequência de acordo com projeto óptico (item 4.2)	49
Figura 31 – Acomodação dos cabos ópticos 08FO, no interior do TAP óptico	
Figura 32 – TAP óptico instalado nas prumadas de edifícios e condomínios	50
Figura 33 – Cabo tipo drop 01FO conectado a primeira porta do TAP óptico	51
Figura 34 – Inserção de dados no sistema de gerenciamento de equipamentos	52
Figura 35 – Parâmetros de funcionamento da ONT, acessados remotamente	53
Tabela 1 – Características Ópticas	26

RESUMO

Este relatório visa descrever o procedimento de construção de uma infraestrutura de rede para a implementação da tecnologia FTTH, que, no momento da sua escrita, é dita como nova, no âmbito das telecomunicações, porém, seus princípios de funcionamento e propagação já são utilizados há um bom tempo em redes híbridas. Todas as etapas aqui relatadas foram executadas e, por mim coordenadas, na expansão da rede da empresa Cabo Serviços de Telecomunicações Ltda, no bairro de Emaús, município de Parnamirim-RN. Por este motivo, algumas informações deverão ser ocultadas para efeito de sigilo empresarial.

Será detalhado, como se dá o processo de escalonamento da área de abrangência da expansão, quantidade de HP's, para efeito de projeto, cálculo quantitativo do material necessário, técnicas de projeto e lançamento do cabeamento na rede, técnicas de ativação, princípios de auditoria e instalação no cliente final.

ABSTRACT

This report aims to describe the construction procedure of a network infrastructure for the implementation of FTTH technology, which, at the time of writing, is said to be new in the field of telecommunications, however, its operating principles and propagation have been used for a good time in hybrid networks. All steps reported here were performed and coordinated by me, in the expansion of the company Cable Telecommunications Services Ltda network in Emmaus district, municipality of Parnamirim-RN. For this reason, some information must be hidden to business secrecy effect.

Will be detailed, how is the scheduling process of the coverage area expansion, amount of HP's for design effect, quantitative estimate of the necessary material, technical design and launch of the cabling network, activation techniques, auditing principles and installation at the end customer.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil e no mundo, o mercado das telecomunicações vem crescendo à passos largos. Segundo publicação da coluna exame, da Editora Abril, no ano de 2013 (Disponível em: <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/mercado-de-telecom-deve-crescer-5-3-ao-ano-ate-2017>), o mercado de telecomunicações deve crescer 5,3% ao ano, até 2017. Por esse motivo, pode ser classificado, no presente cenário econômico, como um mercado “sem crise”, tendo em vista a crescente demanda e o estágio de dependência que as pessoas e o próprio mercado atingiu.

Assim como a procura pelos serviços cresce, a oferta neste seguimento se difunde cada vez mais, pelas mais diversas empresas e nas mais diversas áreas habitadas, não se atendo somente aos grandes centros econômicos e de elevado poder aquisitivo.

Além da crescente demanda, podemos observar o surgimento de novos produtos e serviços como, as redes sociais e serviços de *streaming*, que necessitam cada vez mais de conexões eficientes com a Internet, dedicadas ou não, com elevadas taxas de transmissão de dados.

Em meio a este cenário, as tecnologias até então consolidadas no mercado, tais como DSL e HFC, ambas baseadas em cabeamento metálico, passaram a ser questionadas com relação às suas limitações técnicas. A partir daí, as tecnologias baseadas em fibra óptica, passaram a ganhar força. E o que antes era futuro, já passa a ser realidade.

Desde as experiências, ainda sem sucesso, até a consolidação da fibra óptica como principal meio físico das telecomunicações, este trabalho irá demonstrar todo o seu histórico e características, com foco na tecnologia FTTH (nas redes FTTH, a fibra chega até a casa do usuário, garantindo assim a largura de banda necessária para a crescente demanda gerada pelo enorme tráfego de dados e vídeos via internet), objeto de estudo e aplicação do presente trabalho.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo, descrever todo o procedimento realizado para a implementação da rede FTTH, pela empresa Cabo Serviços de Telecomunicações

Ltda. Nele será descrito, como se deu todo o processo, que não é tão recente, desde a utilização de troncos ópticos já existentes, herança da vasta abrangência da rede HFC, ainda em pleno funcionamento, que consolidou a empresa no mercado. E, no geral, será apresentado o presente cenário; com o investimento nesta nova tecnologia.

1.1.1 Objetivo Geral

Demonstrar os princípios, normas, padrões, técnicas e práticas para a implementação, gerência e manutenção de toda a infraestrutura de uma rede FTTH.

1.1.2 Objetivos Específicos

Proporcionar, não só aos alunos do curso de Tecnologia em Redes de Computadores do IFRN, mas também à toda a sociedade, o conhecimento do rumo que as tecnologias das telecomunicações estão tomando, com uma tecnologia que até então não era tão explorada pelo mercado, principalmente local.

1.2 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho, foi utilizada, como norma norteadora, a ABNT NBR 14565, que é a norma brasileira que define padrões de cabeamento estruturado para edifícios comerciais e data centers.

Para tanto, foi necessário realizar uma pesquisa, bastante aprofundada, em livros e artigos de referência, que serão citados no decorrer deste documento.

Após a fundamentação teórica, será descrito como foi realizada toda a implementação deste projeto, o que constituirá o Trabalho de Conclusão de Curso, que é o objetivo geral.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nas seções a seguir serão apresentados os principais conceitos relacionados às tecnologias utilizadas neste trabalho.

2.1 HISTÓRICO DAS FIBRAS ÓPTICAS

Em 1870, o físico inglês Jonh Tyndall, demonstrou o princípio de guiamento da luz através de uma experiência muito simples. Utilizando um recipiente furado com água, um balde e uma fonte de luz, Tyndall observou que o feixe de água que saía através do furo do recipiente, estava iluminado. Assim tivemos o primeiro relato da transmissão de luz.

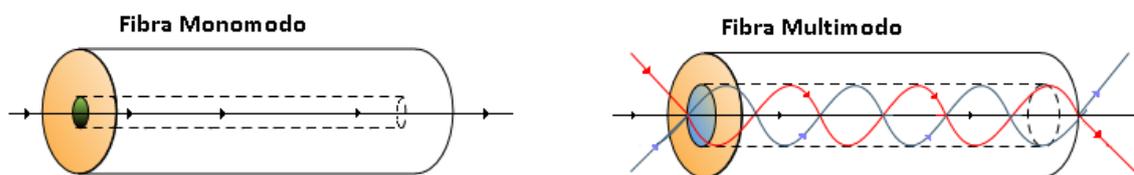
Em 1956, o termo Fibra Óptica foi empregado pela primeira vez, pelo Dr. N. S. Kapany que fazia parte de uma equipe do Laboratório Bell (USA), composta por ele e pelos Doutores, A. L. Schawlow e C. H. Townes, quando apresentaram os planos para a construção do primeiro LASER, a ser usado em Sistemas de Telecomunicações. (MATA, 2015)

2.2 SISTEMA DE TRANSMISSÃO ÓPTICO

As baixas perdas, imunidade à ruídos eletromagnéticos e as grandes larguras de banda suportadas pela fibra óptica, a tornaram o meio ideal para redes de transmissão de *backbone* a grandes distâncias. Neste momento, a comunicação através de fibra óptica tem vindo a assistir um crescimento enorme. O resultado deste desenvolvimento evidenciou-se no custo dos componentes de fibra óptica que diminuiu abruptamente, tornando esta tecnologia comercialmente viável para ser aplicada nas redes de acesso.

As fibras ópticas são guias de onda constituídas de vidro de elevada pureza. O núcleo de uma fibra tem um índice de refração mais alto que o da casca que o reveste. São classificadas como monomodo ou multimodo, representadas na Figura 1 A fibra monomodo (SMF) contém um núcleo de 3 a 8 μm e necessita de uma grande precisão mecânica para acoplamento do sinal. Por outro lado, as fibras multimodo (MMF) contêm núcleos maiores para um melhor alinhamento e acoplamento. Existem dois tipos de fibras multimodo mais utilizadas. Com os diâmetros dos núcleos de 50 μm e 62,5 μm , respectivamente.

Figura 1 – Tipos de fibra óptica



Fonte: GONÇALVES (2009, 132p.)

Nas fibras monomodo, a luz é propagada em apenas um modo, enquanto para a fibra multimodo, são utilizados múltiplos modos para propagar a luz. Devido ao tamanho do núcleo, os modos de propagação viajam a velocidades diferentes resultando na dispersão modal. Esta dispersão causa nos pulsos de sinal um desvanecimento que limita a largura de banda e as distâncias de transmissão. A fibra SMF (monomodo), é utilizada para transmissões de *backbone* a grandes distâncias e a MMF (multimodo), para interligação de edifícios locais.

Podemos destacar, também, dois tipos de cabos ópticos. São eles o tipo *Loose* e do tipo *Tight*. O cabo óptico do tipo *Loose*, possui um gel de proteção. Este gel é inserido no cabo, para lubrificar e evitar o atrito entre as fibras alocadas em seu interior. Só será encontrado em cabos de longas distâncias e recomenda-se que em instalações internas, só deverão conter, no máximo, 20 (vinte) metros deste cabo, pelo fato deste gel ser bastante inflamável. Em cabos de curtas distâncias, não haverá a existência do gel anti-atrito, sendo este denominado de cabo do tipo *Tight*.

(GONÇALVES, 2009)

2.2.1 VANTAGENS DO USO DA FIBRA ÓPTICA

Dentre as vantagens no uso de fibras ópticas, podemos destacar o suporte a longas distâncias; maiores taxas de transmissão; maior largura de banda; imunidade a ruídos (interferências eletromagnéticas); segurança de tráfego; atenuação mínima com relação ao cabeamento metálico; e dimensões reduzidas.

(FURUKAWA, 2009)

2.2.2 DESVANTAGENS DO USO DA FIBRA ÓPTICA

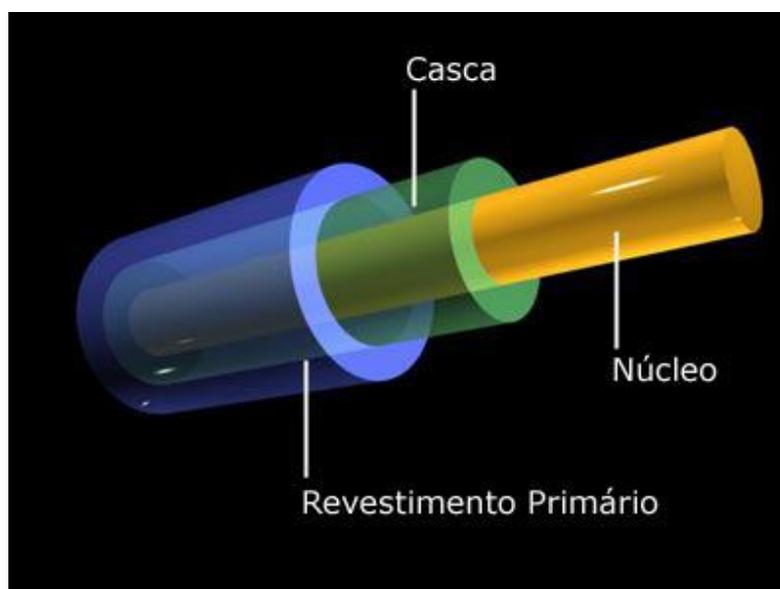
Já como desvantagens, pode-se destacar o custo elevado de ativos e interfaces ópticas; A necessidade de mão de obra qualificada e equipamentos apropriados, bem como o fato das fibras serem mais sensíveis a umidade, tracionamento excessivo (11Kgf) e raio de curvatura.

(FURUKAWA, 2009)

2.2.3 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO E PROPAGAÇÃO

Conforme exemplificado na Figura 2, cada fibra possui um revestimento primário de proteção, que não a identifica com relação as outras. Possui uma casca, que tem a função de refletir o sinal óptico para o interior de seu núcleo, e a função de proteção e identificação da fibra, perante as demais. E, finalmente, o núcleo, que é por onde o sinal trafega.

Figura 2 – A fibra óptica

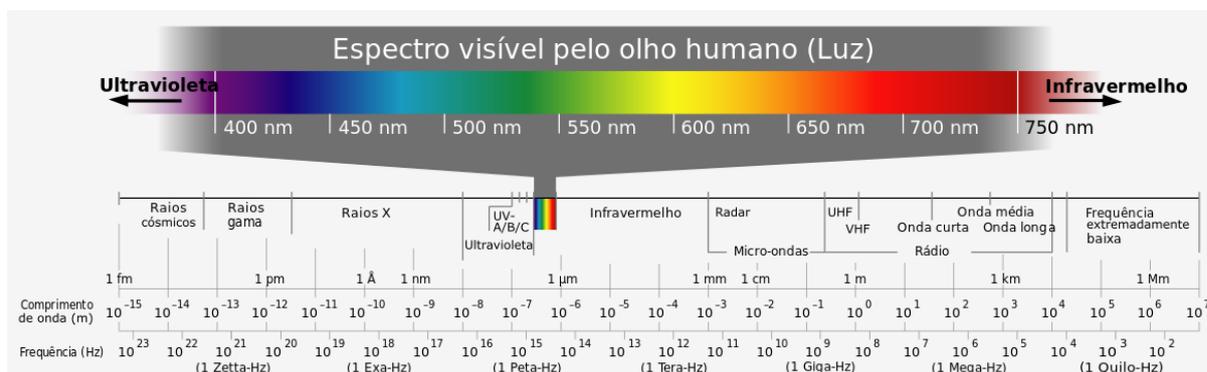


Fonte: FURUKAWA (2009, 132p.)

As transmissões de dados nos sistemas ópticos de telecomunicações, utilizam o espectro infravermelho, Figura 3, ou seja, aquele cujo comprimento de onda encontra-se na faixa a partir de 750nm (nanômetros), sendo portanto, invisível, perigoso e prejudicial ao olho humano, quando em contato direto.

(FURUKAWA, 2009)

Figura 3 – Espectro da luz



Fonte: FURUKAWA (2009, 132p.)

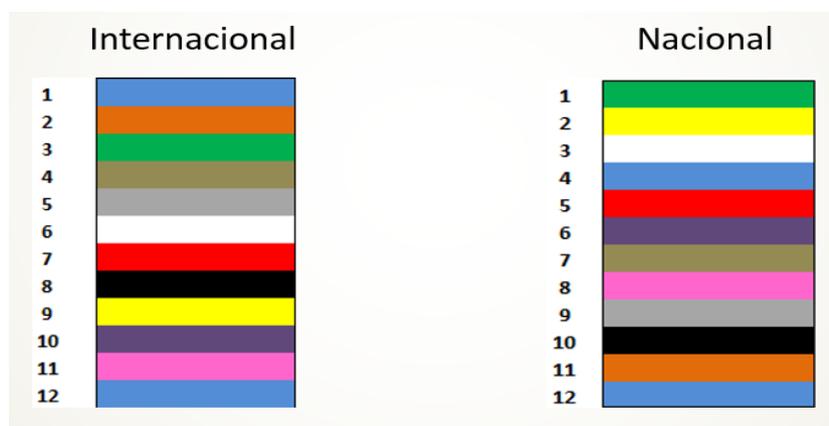
2.2.3.1 PADRÃO DE CORES

Tanto no padrão internacional, quanto no nacional, foram definidas 12 (doze) cores, que diferenciam uma fibra da outra, pela casca, ou um tubo *loose* do outro, pela cor do tubo, conforme mostrado na Figura 4. Com isso, o cabo com maior quantidade de fibras que poderia ser fabricado seria o cabo com 144 fibras ou 144FO (Fibras Ópticas), em que existiriam 12 tubos *loose's*, cada tubo com 12 fibras, da cor azul à cor ciano, tanto nos tubos, quanto nas fibras.

(FURUKAWA 2009)

Porém, já existem empresas especializadas na fabricação destes cabos, que já comercializam o cabo óptico de 288 FO. Um cabo com as mesmas características, porém, duplicado em seu interior. Ou seja, existe uma segunda camada de tubolooses acima da já existente no cabo de 144 FO, com as mesmas quantidades de fibras em cada tuboloose.

Figura 4 – Padrão de cores



Fonte: FURUKAWA (2009, 132p.)

2.3 NOÇÕES BÁSICAS DE UMA REDE FTTH

Uma rede FTTH (Fiber To The Home), como a própria sigla sugere, é uma arquitetura de rede, utilizada por provedores de serviços de telecomunicações, composta basicamente, por equipamentos passivos, utilizando como meio físico, em sua totalidade, até a residência do cliente, a fibra óptica. O que justifica a sua denominação.

A rede de acesso FTTH contém uma ou mais OLT's (Optical Line Terminal), que ficam em um chassi, alocado em um gabinete externo, abrigado ou não, ou no próprio *HeadEnd* (Central provedora de serviços de telecomunicações). Ela é gerida através de uma interface, gráfica ou não, instalada em servidores situados na rede de *uplink*. A fibra óptica é o meio de transporte da informação, sendo que a mais utilizada é a do tipo monomodo. A ONU/ONT (Optical Network Unit / Optical Network Terminal), é o elemento óptico que fica situado no cliente final, onde é realizada a divisão dos serviços, pelo próprio dispositivo, pretendidos pelo cliente. Nomeadamente, serviços de dados, de voz e vídeo/interativos.

Entre a OLT e a ONU/ONT, existem elementos passivos que ditam a configuração e a capacidade desta rede, sempre respeitando as limitações de HP (Home Potential) da OLT. Tais elementos são chamados de *Splitter's* ópticos, que utilizam o princípio da multiplexação, em seu funcionamento.

2.4 CONSTITUIÇÃO DE UMA REDE PON

PON (*Passive Optical Network*), é uma rede óptica passiva, com capacidade de transmissão na faixa de Gigabits por segundo. Sua arquitetura é de ponto-multiponto, sendo uma das tecnologias utilizadas para implementar o "*fiber to the home*" (FTTH), ou fibra até a residência do usuário final. (INOVAX. 2015)

No gabinete externo, uma OLT alimenta uma estrutura em árvore de uma ou duas fibras, que é conectada à vários terminais ópticos da rede (ONT), através de divisores (*splitter's*). A transmissão bidirecional, utilizando uma única fibra óptica, é feita através da junção dos comprimentos de onda *downstream* e *upstream*. A transmissão por meio de duas fibras ópticas é feita utilizando uma fibra óptica para cada sentido.

Existem vários tipos de redes passivas ópticas. As redes baseadas em ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) são designadas por APON (*Passive Optical Network on Asynchronous Transfer Mode*), que deram lugar às *Broadband Passive Optical Network* (BPON), que são utilizadas pelos serviços de banda larga das operadoras de TV via cabo, transportando apenas células, e a *Gigabit Passive Optical Network* (GPON), que transporta tanto células como pacotes ou mesmo ambos, padronizadas pelo ITU-T. Nas redes passivas ópticas baseadas na tecnologia Ethernet, designadas por EPON (*Ethernet Passive Optical Network*), utilizam os protocolos Ethernet para acesso. A evolução da EPON para a ordem dos gigabits é conhecida por G-EPON (*Gigabit Ethernet Passive Optical Network*), o que cria alguns conflitos em termos de designação com a GPON.

Algo que se acordou relativamente às várias tecnologias do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) e do ITU-T (*International Telecommunications Union*) para BPONs, GPONs, e EPONs é que os dados binários, voz ou vídeo no sentido *downstream*, utilizam o comprimento de onda de 1490 nm e no sentido *upstream*, utilizam o comprimento de onda de 1310 nm. O vídeo analógico utiliza o comprimento de onda de 1550 nm no sentido *downstream*.

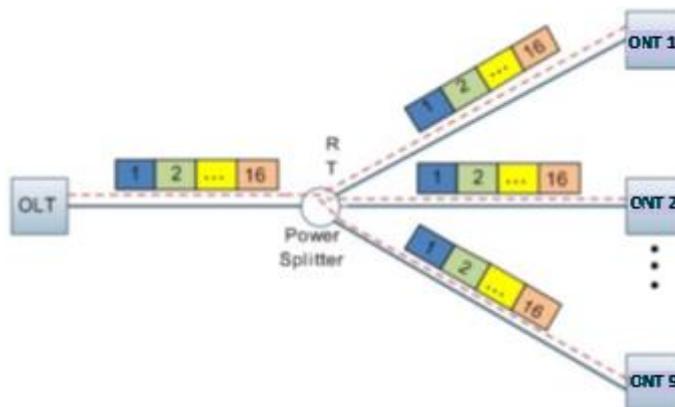
(GONÇALVES, 2009)

2.5 TIPOS DE MULTIPLEXAÇÃO

Atualmente, existem dois tipos e estruturas de arquiteturas de redes passivas, utilizando dois métodos de multiplexação diferentes: a TDM-PON (*Time Domain Multiplexing*), que utiliza a multiplexação por divisão de tempo, na qual se baseia o presente trabalho, e a WDM-PON (*Wavelength Division Multiplexing*) em que é feita a multiplexação por comprimento de onda. Na Figura 5, observa-se uma arquitetura de uma rede passiva óptica com multiplexação por divisão de tempo.

Uma TDM-PON utiliza um divisor de potência do sinal, como um terminal remoto. O sinal enviado pela OLT, é difundido por todas as ONT's, através de um divisor de potência, o *splitter* óptico. O mesmo é multiplexado no domínio do tempo, obtendo-se assim um intervalo de tempo para cada ONT. Cada ONT reconhece a informação que lhe é enviada através de rótulos de endereços embutidos no sinal. As PONs comerciais, nomeadamente, a BPON, GPON e EPON surgem nestas categorias.

Figura 5 – Arquitetura de uma TDM-PON

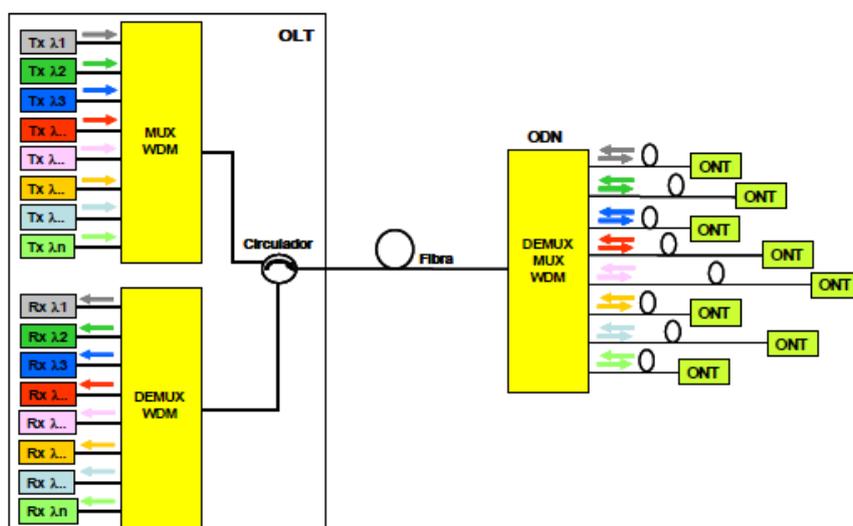


Adaptado de: GONÇALVES (2009, 132p.)

Numa WDM-PON, é utilizado o mesmo princípio, embora neste caso sejam utilizados vários comprimentos de onda, conforme o mostrado na Figura 6. Uma OLT utiliza um comprimento de onda para cada ONT.

A WDM-PON permite mais segurança e melhor escalabilidade. No entanto, os equipamentos WDM são, neste momento, mais caros, o que torna esta tecnologia economicamente menos atrativa. (GONÇALVES, 2009)

Figura 6 – Diagrama simplificado de uma rede do tipo WDM-PON



Fonte: Rosolem, 2010

2.6 TOPOLOGIAS DE REPARTIÇÃO

As razões para a repartição de potência são: a partilha do custo e a largura de banda fornecida pela OLT, entre as várias ONT's, reduzindo a quantidade de fibras ópticas em campo. Além da simples estratégia de repartição de um andar (topologia em estrela), os repartidores ópticos também poderão ser colocados em cascata, e em casos extremos poderá ser utilizada uma topologia em barramento, que é formada pela fibra e pelas ONT's, onde são interligados em locais diferentes, durante o trajeto projetado, através de repartidores 1:2, como se pode visualizar na Figura 7.

(GONÇALVES, 2009)

Figura 7 – Topologias de repartição do sinal óptico



Adaptado de: GONÇALVES (2009, 132p.)

2.7 TAXAS DE DIVISÃO DA POTÊNCIA

A maioria dos sistemas comerciais de PON's, tem uma taxa de divisão de potência, que é a forma com que o sinal oriundo da OLT é difundido sobre a rede FTTH, desde 1:2 até 1:64, embora já se considere 1:128, sendo as mais habituais 1:16 e 1:32. Uma taxa de divisão maior, implica que o custo PON OLT seja, de certa forma, melhor aproveitado entre as ONT's. No entanto, afeta diretamente nas perdas de transmissão, refletindo-se no balanço de potência.

Para garantir um equilíbrio entre estes dois fatores, considera-se que a perda ideal para um divisor 1:N é $10\log(N)$ dB. No caso de um divisor óptico de 1:64, teríamos um valor igual a $10\log(64) = 18,06$ dB. Assim, e neste último caso, para suportar uma taxa elevada de divisão, são necessários transmissores de elevada potência, receptores de elevada sensibilidade e componentes ópticos de baixas perdas.

Estudos indicam que, economicamente, a melhor solução é na ordem da taxa de divisão de 1:40. Uma taxa maior implica que a largura de banda da OLT é partilhada por mais ONT's e isto significa que teremos menor largura de banda por utilizador.

(GONÇALVES, 2009)

2.8 GPON - *Gigabit Passive Optical Network*

O GPON é uma tecnologia de acesso de grande largura de banda partilhada, que é utilizada em todo o mundo, para FTTH, sendo considerada como a sucessora do BPON.

Numa rede de acesso GPON, existem pelo menos três componentes principais. A OLT GPON que é o concentrador da rede, instalada no *HeadEnd* ou nos gabinetes externos, os repartidores ópticos ou *splitter's* ópticos, que permitem que uma única fibra desde a Central seja partilhada por vários utilizadores; e a ONT que converte os sinais ópticos em sinais elétricos.

O (Padrão ITU G.984) permite um alcance máximo de 60 km, e alcance preferencial de 20 km, podendo uma única rede GPON suportar até 128 clientes finais. O alcance máximo de 60 km poderá ser atingido com a nova especificação do padrão, o (ITU G984.6), que fornece um *Mid-Span Extender*.

A implementação de uma rede GPON, com a utilização de dois comprimentos de onda é provavelmente a implementação mais comum. O comprimento de onda *downstream* é o 1490 nm, que transmite informação a uma taxa de transmissão de 2,5 Gbps. O comprimento de onda utilizado para *upstream* é o 1310 nm e transmite a informação a 1,25 Gbps.

No sentido OLT para a ONT, é feita a difusão por todas as ONT's, onde se retira a informação com o endereço do mesmo. No sentido *upstream*, é utilizado o TDMA (Time Division Multiple Access), em que cada ONT transmite a informação durante um intervalo de tempo. Uma única ONT poderá utilizar mais que um intervalo de tempo, e cada um destes poderá ter comprimentos diferentes. Com a utilização do DBA (*Dynamic Bandwidth Allocation*), dá-se a possibilidade do surgimento de alterações em tempo real, na dimensão dos intervalos de tempo no sentido *upstream*, respondendo assim as variações de tráfego. Uma implementação típica contém um intervalo de tempo para gestão, outro para voz, e um para tráfego de dados em cada ONT. Uma rede GPON com 32 ONT's poderá utilizar cerca de 100 intervalos de tempo. O GPON suporta Ethernet, ATM, e TDM. (GONÇALVES, 2009)

Para GPON/FTTH, faz sentido utilizar fibra óptica SMF, pois tem a capacidade de oferecer taxas de dados na ordem dos gigabits por segundo, a distâncias de vários quilômetros, algo que as atuais instalações de cobre já não permitem. Em qualquer rede passiva o elemento utilizado para fazer a interligação dos equipamentos é a fibra óptica e tem associado uma atenuação de cerca de 0,35 dB/km, que é algo que deve ser levado em conta quando se faz o projeto.

A Rede de Distribuição Óptica (ODN) consiste numa rede óptica, completamente passiva, constituída basicamente pelos seguintes elementos: os *splitter's*; as fibras ópticas monomodo e as caixas de junção, situadas desde a saída da OLT até a entrada da ONT. Esta ligação possui um limite de perdas geral de 28 dB. Cada OLT transmite informação que depois é dividida até 128 utilizadores finais através do *splitter* óptico. Cada utilizador ou cliente é caracterizado através de uma ONT que subscreve aos serviços de *triple-play* contendo Tv, Internet e telefonia.

A Tabela 1, contém as características ópticas de acordo com a classe B+ do padrão do ITU G.984.1:

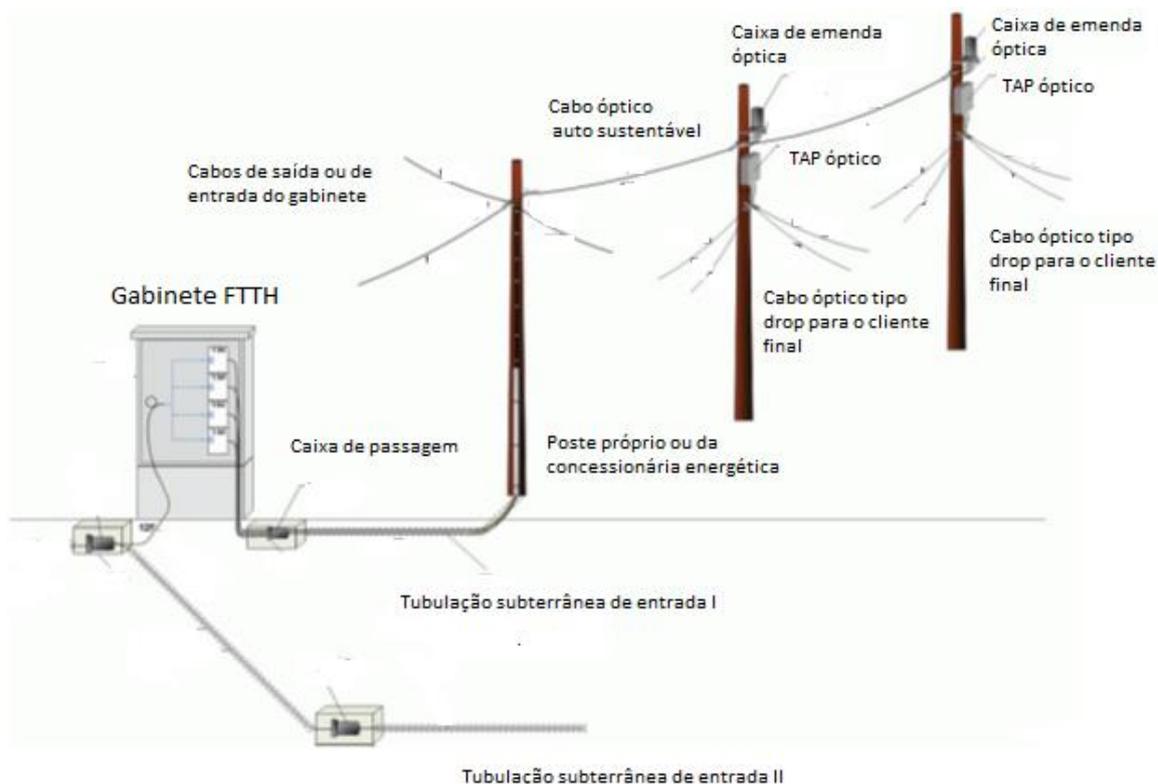
Tabela 1 – Características ópticas

	OLT	ONT
Potência média mínima	+1,5dBm	+0,5 dBm
Potência média máxima	+5dBm	+5 dBm
Sensibilidade mínima	-28dBm	-27 dBm
Sobrecarga mínima	-8dBm	-8 dBm

Fonte: GONÇALVES (2009, 132p.)

2.9 ARQUITETURA DE LANÇAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DA REDE

Figura 8 – Arquitetura de Lançamento e distribuição da rede FTTH



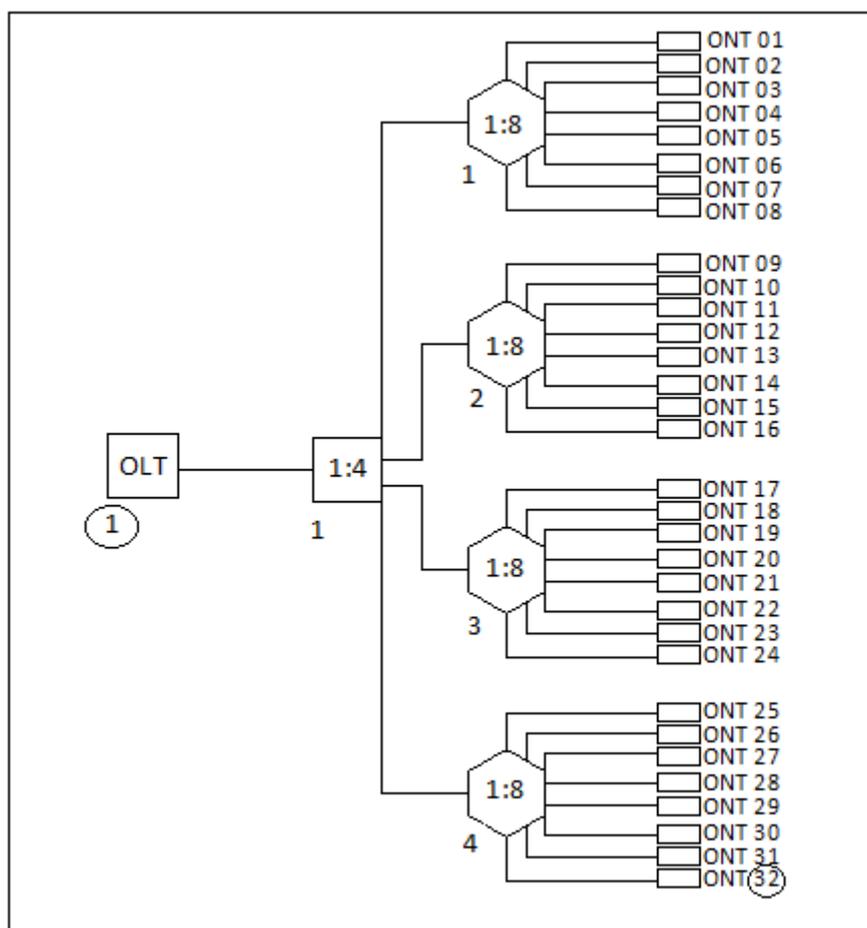
Fonte: GONÇALVES (2009, 132p.)

A Figura 8 demonstra um exemplo de como será efetuada a distribuição da fibra na rede externa, quando utilizados os postes da rede de distribuição de energia elétrica, ou da própria empresa, nos trechos em que for necessária a implantação. Os cabos ópticos são auto sustentáveis (sem a necessidade do uso de cordoalha de sustentação). Contudo, nos trechos em que existam mais de um cabo óptico serão lançados cabos de sustentação (cordoalhas de aço).

Podemos verificar também, na Figura 8, a existência de um gabinete FTTH, único ponto ativo da rede, no qual ficam alocadas as OLT's, banco de baterias, circuitos retificadores para alimentação elétrica, e os cabos troncos de chegada, bem como os troncos de saída para a rede. Observamos também as caixas de emenda óptica, onde estão acomodados os *splitter's* 1:4, para derivação aos *splitter's* 1:8 (TAP óptico– *Terminal access Point*), conforme a Figura 9 a seguir. O cliente se conecta por meio de um cabo óptico do tipo *drop*, que conecta o TAP óptico a ONT.

A topologia utilizada, nesta forma, é de 1:32. Uma OLT alimenta um *splitter* 1:4, que por sua vez alimenta quatro *splitter's* 1:8, podendo conectar até oito clientes finais, totalizando 32 (Trinta e dois) possíveis clientes por OLT.

Figura 9 – Modelo de Engenharia 1:32



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Este trabalho foi realizado no âmbito da empresa Cabo Serviços de Telecomunicações Ltda, com sede localizada na cidade de Natal-RN e rede com abrangência em toda a grande Natal, capital do Rio Grande do Norte.

A empresa oferece serviços de TV, Internet e Telefonia e, no momento da elaboração deste trabalho, conta com um setor de Engenharia, formado pelos setores de projetos de rede, rede HFC, rede FTTH, atendimento técnico ao cliente e uma central operacional, para suporte aos próprios técnicos e aos instaladores das empresas empreiteiras, que realizam a instalação nos assinantes.

Prezando sempre pela qualidade e agilidade no atendimento ao cliente, a empresa conta com equipes técnicas especializadas e cotidianamente treinadas para melhor atender o cliente 24 horas por dia, 7 dias por semana.

4 IMPLANTAÇÃO DA REDE FTTH NO BAIRRO DE EMAÚS, PARNAMIRIM-RN

A seguir, serão relatadas todas as etapas para implementação e comercialização do serviço de TV, Internet e Telefonia da empresa CABO SERVIÇOS DE TELECOMUNICAÇÕES LTDA, via rede FTTH, no bairro de Emaús, Parnamirim-RN.

4.1 LEVANTAMENTO DE CAMPO

De início, foi realizada uma sondagem na região, por meio de imagens de satélite e mapeamento geográfico, disponibilizados pelo *Google*, em busca da quantidade de Potenciais Residências (HP) a serem atendidas após a conclusão da construção da rede. De posse destes dados, foi realizado o levantamento de campo, que consiste na medição (em metros), poste à poste, da área previamente delimitada após a análise via satélite, e, além disso, o levantamento do nome das ruas, CEP, quantidade de ligações residenciais por poste, da concessionária de energia elétrica, a fim de verificar a quantidade exata de reais residentes na área e a quantidade de pontos de acesso que deveriam ser inseridos para os possíveis assinantes. Feito isso, para que fosse formalizado o *Strand* (projeto) da rede, que foi enviado junto ao memorial técnico descritivo (Contendo: Objetivo do memorial, finalidade da obra,

caracterização, empresa executante, meio físico utilizado e previsão de execução total), memorial de cálculo e a ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) para a concessionária de energia elétrica, foi verificada a quantidade de empresas de telecomunicações que já utilizavam a estrutura dos postes dessa empresa. Isto é necessário para que fosse feito o cálculo do esforço que a rede exerce sobre os pontos de ancoragem, e se poderia ser realizada essa ancoragem. Caso não houvesse a existência de poste a ser locado por essa concessionária ou a distância do vão entre dois destes postes fosse superior a 60 (sessenta) metros, seria necessária a implantação de postes próprios, devido ao esforço excessivo que seria exercido pela ancoragem ao cabo, o que poderia causar uma grave atenuação ou até mesmo o rompimento deste cabo.

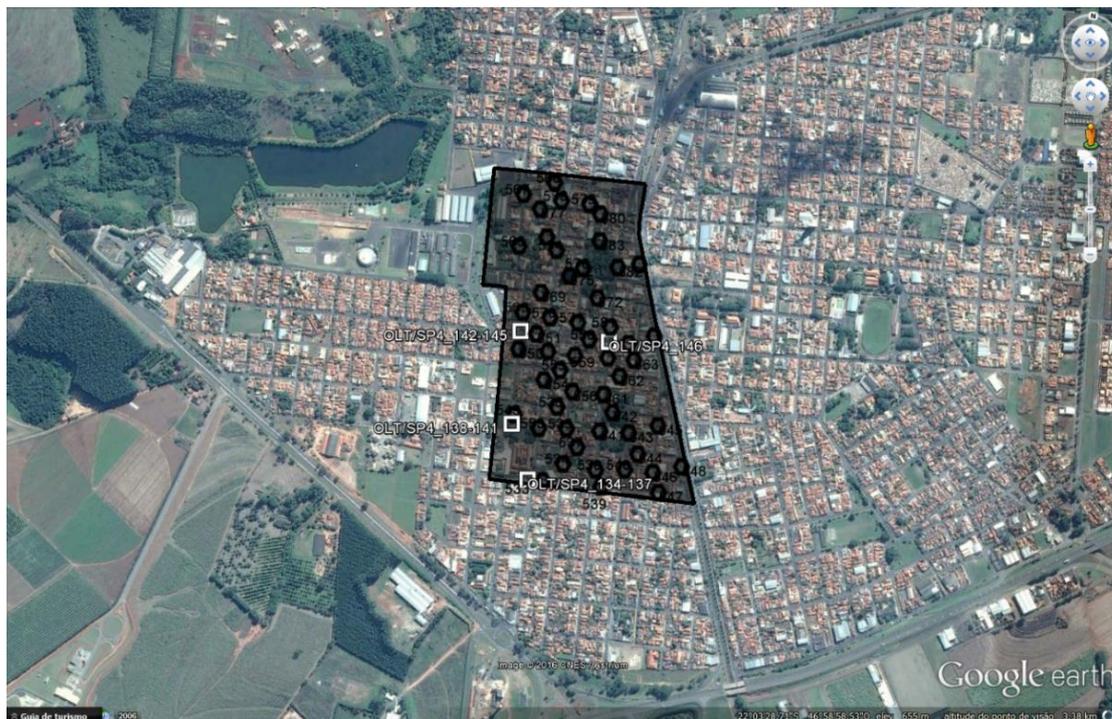
Para o cálculo do esforço, nos pontos onde a rede era linear, além das métricas de peso do cabo, fornecidas pelo fabricante, utilizou-se as distâncias entre os vãos que são encabeçados, ou seja, entre os vãos de cabo que seriam ancorados nos postes, e foi realizada a soma vetorial entre esses pontos. O vetor resultante, foi inserido no projeto.

Nos pontos onde a rede faz uma curva entre essas ancoragens, ao entrar em uma rua, por exemplo, foi considerada a seguinte fórmula para cálculo do esforço:

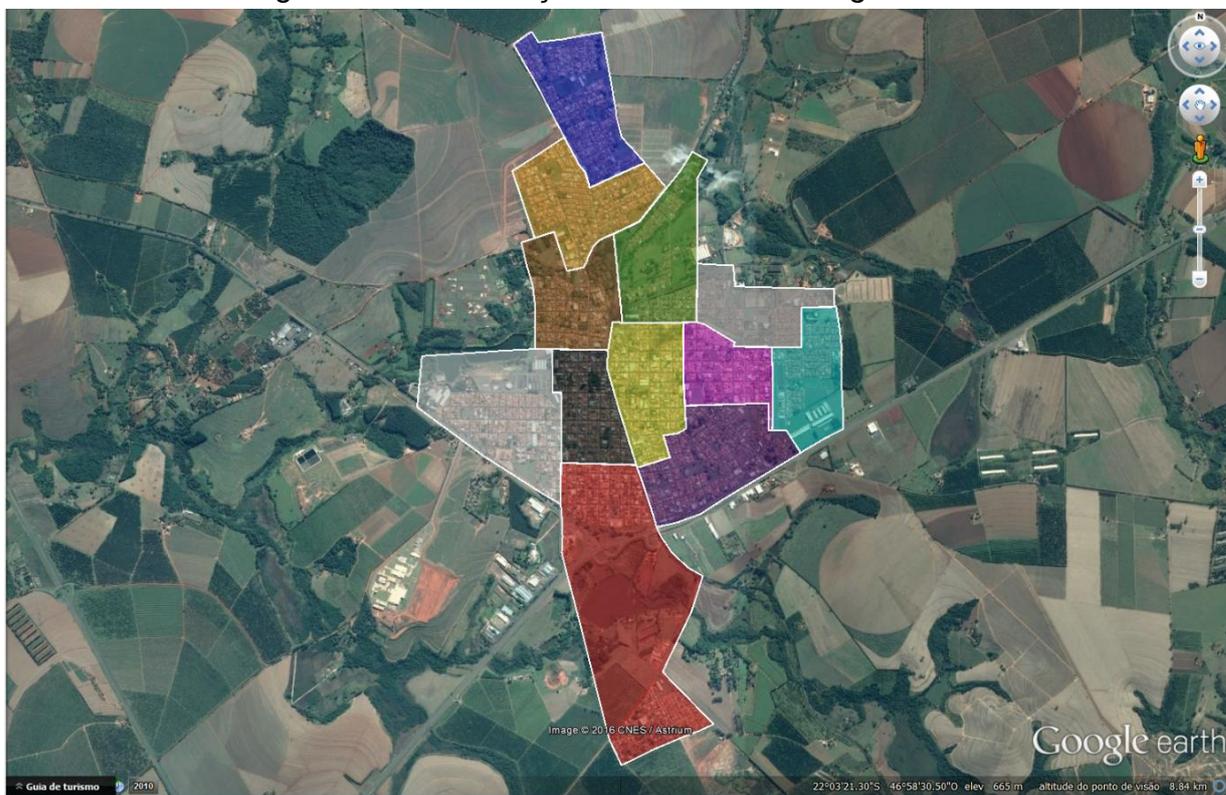
$E^2 = (d1^2 + d2^2) \times \cos \theta$: Onde “E” é o esforço que se deseja calcular, d1 é a

distância de um lado, até a próxima ancoragem e d2 é a distância do outro lado ao seu ponto de ancoragem mais próximo, e θ , é o ângulo que os vetores formados por d1 e d2, fazem um em relação ao outro. Dessa forma, obtivemos o vetor resultante, que é o esforço que essa rede faz sobre o poste onde foi ancorado. Para a disposição da rede, foi estimado que entre dois postes ancorados, seriam equipados três postes com apoiadores passantes. Tendo em vista o peso da rede e a sensibilidade do cabo óptico.

De posse destes dados, foi solicitado à Prefeitura local, um mapa da área, de preferência em formato .DWG (AutoCAD), para que fosse iniciado o projeto óptico. Caso a prefeitura não dispusesse deste mapa, seria utilizado o *Google Earth*, para transpor o mapa gerado via satélite (conforme Figuras 9 e 10), para um arquivo em formato .DWG, permitindo, dessa forma, o início do desenho do projeto óptico.

Figura 10 – Delimitação de área via *Google Earth*

Fonte: Setor de projetos, Cabo Telecom 2016

Figura 11 – Delimitação de nodos via *Google Earth*

Fonte: Setor de projetos, Cabo Telecom 2016

4.2 PROJETO ÓPTICO

De posse da quantidade de potenciais residências que serão atendidas e do mapeamento da área já desenhado em formato .DWG, foi iniciada a etapa do projeto óptico. Para tanto, padronizou-se um valor estimado de 60% (sessenta por cento) da quantidade de HP's para ser implantado de imediato, com possibilidade de expansão dos outros 40%. Ou seja, estimou-se que haveria no máximo 60% de adesões, porém, a rede deve permitir e suportar, caso haja a necessidade de atender os 100%.

Inicialmente, foi verificado um ponto de comunicação entre a área a ser atendida e o HeadEnd. Um tronco óptico já existente, que pudesse atender o projeto. Caso não houvesse, o tronco deveria ser construído. No caso do projeto de Emaús, já haviam dois troncos redundantes, em anel, com uma quantidade de fibras livres suficientes para atender de forma ideal.

Então, foram desenhados, no projeto, os percursos dos cabos que alimentam o gabinete. Sempre com percursos distintos, derivando também de pontos distintos dos troncos em anel, para que exista, de fato, uma redundância para o caso de sinistros com um dos dois cabos ou um dos dois troncos, conforme a figura 11.

Figura 12 – Trajeto dos cabos ópticos da redundância do Gabinete FTTH



Fonte: Setor de projetos, Cabo Telecom 2016

Os cabos utilizados foram de 08FO (Oito Fibras Ópticas), sendo que apenas duas dessas fibras, em cada cabo, são necessárias para alimentar os chassi's de OLT's, instalados dentro do gabinete abrigado. Uma fibra para TX (Transmissor óptico) e outra para RX (Receptor óptico).

Finalizada esta etapa, tendo projetados os percursos das fibras de alimentação do gabinete, foram distribuídos os TAP's (Terminal Access Point) ópticos nas ruas, que nada mais são do que *splitter's* ópticos 1:8, aos quais são conectados os assinantes, obedecendo a topologia de rede 1:32, que foi adotada, como forma de precaução para a não saturação da banda por OLT. Logo, a topologia da rede foi padronizada da seguinte forma: OLT -> *SPLITTER* 1:4 -> *SPLITTER* 1:8 (TAP óptico). Estes TAP's são distribuídos nas ruas, de acordo com o levantamento de campo (item 4.1), obedecendo a estimativa de 60% (sessenta por cento) de HP's, conforme a figura 12.

Figura 13 – Distribuição dos TAP's ópticos nas ruas



Após a inserção dos TAP's, foram verificados pontos estratégicos para a inserção das CEO (Caixas de Emenda Óptica), que abrigam os *splitter's* 1:4.

Neste projeto de Emaús, foi padronizada a quantidade máxima de 8 (oito) *splitter's* 1:4, por CEO, ou seja, cada CEO tem a capacidade de alimentar 32 (trinta e dois) TAP's 1:8, os quais podem atender até 256 (Duzentos e Cinquenta e Seis) assinantes, com possibilidade de futuras expansões, elevando a quantidade de *splitter's* 1:4 e inserindo ou duplicando os TAP's 1:8 nas ruas.

A próxima etapa realizada foi projetar o percurso dos cabos de saída das CEO de *splitter's* 1:4, que alimentam os TAP's 1:8. Para isso foram estimados cabos de 08FO, normalmente atendendo 4 (Quatro) TAP's cada um. Logo, em uma CEO com 8 (Oito) *splitter's* 1:4, foram projetados 8 (Oito) cabos ópticos 08FO de saída, cada um alimentando 4 (Quatro) TAP's 1:8, restando 4 (Quatro) fibras livres, de *backup*, para futuras expansões, conforme a figura 13.

Figura 14 – Cabo de saída da CEO de *splitter's* 1:4, alimentando 4 TAP's 1:8



Fonte: Setor de projetos, Cabo Telecom 2016

Também foram projetados os cabos que saem do gabinete, até as CEO. Utilizando sempre um percurso lógico, com cabos de elevadas quantidades de fibras, derivando-os utilizando o conceito de *by-pass* (metade das fibras permanecem na CEO a ser atendida e a outra metade passa para a próxima CEO com cabo equivalente, conforme a Figura 14), nas CEO, para reduzir a quantidade de cabos acomodados no interior do gabinete. Sempre foi observada a quantidade de *splitter's* 1:4 que foram projetados, com possibilidade de expansões da rede, utilizando fibras de *backup* destes cabos.

Figura 15 – Alimentação do gabinete às CEO de splitter's 1:4



Fonte: Setor de projetos, Cabo Telecom 2016

4.3 COTAÇÃO E COMPRA DE MATERIAL

Após o levantamento de campo, onde foi realizada a medição poste à poste das ruas e a contagem dos *House Count* (possíveis residências / apartamentos / escritórios a serem atendidos), obtivemos uma estimativa da quantidade de material necessário.

Para os cabos ópticos, foi realizada a compra com base nas medições, poste à poste, uma medida super dimensionada, tendo em vista que em algumas ruas, o cabo não percorre toda a rua. Por exemplo, o cabo chega até o TAP 1:8 a ser atendido e o mesmo encontra-se na metade da rua. Porém, nesse levantamento, estimou-se toda a extensão da rua.

Para o lançamento dos cabos, foram adquiridos elementos de sustentação, conforme o levantamento de campo (item 4.1), observando os postes que foram ancorados e os postes com apoiadores passantes, bem como abraçadeiras do tipo BAP, com parafusos de sustentação.

Para a aquisição de gabinetes, chassi's e placas de OLT's, *splitter's* 1:4 e TAP's 1:8, realizou-se o seguinte cálculo:

TAP's 1:8 = *house count* / 8 (Quantidades de saídas do TAP);

Splitter's 1:4 = TAP's 1:8 / 4 (Quantidades de saídas do *splitter* 1:4);

OLT's = *Splitter's* 1:4 (segue a topologia da rede);

Placas de OLT's = OLT's / 8 (Quantidade de OLT's por placa do fabricante adotado);

Chassi's de OLT's = Placas de OLT's / 7 (Quantidade de placas por chassi do fabricante adotado);

Gabinetes = Chassi's de OLT's / 3 (Quantidade de chassi's por gabinete do fabricante adotado).

Dessa forma, a quantidade máxima de clientes atendidos por gabinete é de 5.376 assinantes.

As CEO, onde foram alocados os *splitter's* 1:4 e acomodadas as fusões dos cabos mais longos, já continham no estoque por serem as mesmas utilizadas na rede HFC da empresa.

Todo o material adquirido, foi comprado de modo sobressalente, para possíveis manutenções corretivas e/ou expansões imediatas.

4.4 AUDITORIA DE BOBINAS

Após a chegada do material, enviado pelo fornecedor, foi realizada uma auditoria das bobinas de fibra óptica, fibra a fibra, com o OTDR (*Optical Time Domain Reflectometer*), que é um equipamento de teste, que envia um sinal óptico na fibra, o qual reflete na outra extremidade e retorna ao transmissor do equipamento. Com base no tempo dessa transição e de posse da velocidade da luz nesse meio, é calculada,

pelo equipamento, a distância do cabo, utilizando a lei do Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), oriunda da Física mecânica. Onde $V = \Delta S / \Delta t$, em que V , é a velocidade da luz, neste caso, ΔS é a variação da distância e Δt é a variação do tempo. Também é verificada a perda total do meio físico, com base no nível de sinal óptico transmitido e no nível de sinal óptico recebido após a reflexão. Foi observada, também, a quantidade de sinal que retorna ao transmissor, devido à reflexões indevidas do meio, que é denominada de Reflectomia.

Todo este procedimento foi realizado, a fim de respaldar a empresa de qualquer defeito de fabricação ou transporte das bobinas e até mesmo do manuseio indevido durante os lançamentos em campo.

4.5 SIMULAÇÃO DO CENÁRIO

Antes mesmo de qualquer implementação em campo, foi realizada uma simulação do cenário que seria executado na rua, dentro do HeadEnd. A fim de realizar testes de como essa rede se comportaria e de solucionar possíveis problemas operacionais, antes da implantação da rede.

4.6 PREPARAÇÃO DA INFRAESTRUTURA LÓGICA

Após a chegada dos equipamentos ativos operacionais, foi realizada toda a configuração, bem como a criação de ferramentas de integração com o sistema de gerenciamento de equipamentos já existente.

Tendo em vista a utilização dos serviços de IPTV (Serviço de TV via internet, utilizando protocolo TCP/IP), telefonia VoIP (Voz sobre IP) e da própria internet, foram configuradas três VLAN's (*Virtual Local Area Network*), uma para cada serviço, uma quarta VLAN para gerência dos chassi's de OLT's e uma quinta VLAN para o EAPS (*Ethernet Automatic Protection Switching*), tendo em vista os troncos ópticos redundantes, de alimentação do gabinete.

O EAPS, é um protocolo de proteção contra loop em topologias no formato de anel, onde um switch, chamado de master, será o controlador da rede. Este switch possui as mesmas configurações de EAPS dos demais equipamentos do anel,

diferenciando-se apenas pela designação de master, e que possui a função de enviar BPDUs (*Bridge Protocol Data Unit*), que são quadros que contêm informações sobre o protocolo de árvore, de controle a cada segundo ou milissegundo, chamado de *hellotime*. Esta BPDU é enviada através de uma das interfaces do master, designada como "porta primária". Estes pacotes de controle serão recebidos por cada equipamento que compõem o anel, em sequência, até chegarem na porta de recepção do master, designada porta secundária. Se por algum motivo os pacotes de controle não chegarem nesta interface secundária em um período de tempo máximo chamado *failtime*, esta porta secundária será desbloqueada. Quando o anel está completo e funcional, esta porta permanece com link UP, porém, em estado bloqueado, não aprendendo endereços MAC (*Media Access Control*) nem enviando tráfego por ela.

(DATACOM, 2010)

A comunicação com os chassi's de OLT's é realizado através da VLAN de gerenciamento do equipamento, com acesso remoto, via IP fixo, com interface gráfica ou via *telnet* (protocolo de rede utilizado na Internet ou redes locais para proporcionar uma facilidade de comunicação baseada em texto interativo bidirecional usando uma conexão de terminal virtual), na interface CLI (*Command Line Interface*) do equipamento.

O protocolo de comunicação entre a OLT e a ONT, é o protocolo OMCI (*ONT Management and Control Interface*), recomendado pela (ITU-T G.984.2), que permite estabelecer ou liberar conexões na ONT, gerir as suas portas físicas, coletar informações de configuração, pedido e estatísticas de desempenho e informar, automaticamente, o operador do sistema, de eventos, tais como rompimentos de fibra. Desta forma, a OLT é o chamado *master* da rede e a ONT é o *slave*.

Ao ser conectada na rede de acesso, a ONT envia para a OLT o seu identificador na rede, semelhante ao endereço MAC. Quando identificada, a ONT recebe, via DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), um endereço IP da rede e mais três endereços IP's, novamente via DHCP, um de cada VLAN de serviços. A VLAN de TV, a de Internet e a de Telefonia. Para que não haja inversão na entrega dos pacotes de dados e para evitar pedidos de cliente DHCP de fontes não confiáveis, é utilizado o *DHCP Relay*, que identifica os cabeçalhos dos pacotes, por meio de *tags* do serviço solicitado. Além disso, são baixadas as configurações de *GPON Traffic Profile*, com as regras de configurações de Upload e Download desejadas, de acordo com o plano de serviços solicitado pelo cliente. Essas regras são definidas nas OLT's,

previamente, e são escolhidas automaticamente, de acordo com a inserção das informações de serviço contratado pelo assinante, no sistema de gerenciamento de equipamentos, já integrado. Essa inserção no sistema, é realizada pelo setor comercial da Cabo Telecom e gera um código de assinante e ordem de serviço, que é utilizado no momento da instalação do serviço no cliente.

Para a configuração de telefonia, é inserido um novo ramal SIP (*Session Initiation Protocol*) do cliente, no servidor Asterisk (Sistema de telefonia VoIP).

O sistema de IPTV, utiliza um servidor chamado de *Minerva*. É com ele que o decodificador IPTV instalado na residência do assinante, se comunica. Neste servidor *Multicast* (Servidor de entrega de informações à múltiplos destinatários simultaneamente), foram designados um endereço IP para cada canal transmitido, da seguinte forma:

Como prefixo da VLAN de TV utilizado 230.0.X.X. Para cada canal, é designado um sufixo. Por exemplo, para o canal 804, o IP designado foi o 230.0.8.4.

Assim, o decodificador IPTV, faz um *join* (solicitação de canal) ao servidor *multicast*. Essa comunicação, é controlada por meio dos protocolos IGMP *proxy* (*Internet Group Management Protocol*), que realiza o mascaramento do IP do canal para ser enviado à rede de acesso e faz a interação com o servidor *multicast*, e o IGMP *snoop*, que realiza o bloqueio de tráfego não solicitado.

4.7 CABEAMENTO DA ÁREA

Realizadas a auditoria das bobinas de fibra óptica, a simulação do cenário e a preparação da infraestrutura lógica (itens 4.4, 4.5 e 4.6), as bobinas de fibra óptica e as ferragens de sustentação nos postes, foram liberadas para a empresa Construcable Telecomunicações Ltda, responsável pelo lançamento dos cabos.

O lançamento foi realizado com base no projeto óptico (item 4.2), seguindo a seguinte sequência: Primeiramente os cabos de 08FO oriundos dos troncais redundantes (Figura 11), na sequência os cabos que alimentam as CEO de *splitter's* 1:4, que saem do gabinete (Figura 14) e em seguida, os cabos de 08FO, que saem das CEO 1:4 e alimentam os TAP's 1:8 (Figura 13).

Ao lançar, tomou-se um cuidado quanto à identificação dos cabos ópticos, nos postes, nas duas extremidades, para que a equipe técnica de fibra óptica da Cabo Telecom, que realiza a ativação da rede, soubesse qual o destino de cada cabo. Além disso, foi observada a altura da rede nos postes. Obedecendo sempre a altura de 5 (cinco) metros sobre ruas e avenidas e 4,5 (Quatro e meio) metros sobre locais com tráfego normal de pedestres e passagem particular de veículos. Por solicitação da concessionária de energia elétrica, proprietária dos postes locados, nos pontos em que passaram mais de um cabo óptico no mesmo percurso, foi lançada cordoalha de aço para sustentação da rede, com auxílio de arame de espinação. Nos pontos onde passou somente um cabo, foi utilizado cabo óptico auto sustentável.

4.8 MONTAGEM DO GABINETE

Em paralelo ao lançamento dos cabos, foi iniciada a etapa de montagem dos gabinetes que acomodam os Chassi's de OLT's. Este gabinete, único elemento ativo da rede FTTH, é composto por uma estrutura de entrada de alimentação de energia elétrica, circuitos disjuntores de proteção, circuito inversor e retificador de corrente elétrica, banco de baterias composto por quatro baterias Heliar gel 12V 93Ah, *Slots* DIO (Distribuidor Interno Óptico), para acomodação e conectorização das fibras de entrada e saída, Chassi's com placas de OLT's e cordões ópticos com conexões SC/PC – LC/APC, de interligação entre as placas de gerência e OLT's dos Chassi's com os *slots* DIO.

O processo de montagem do gabinete se iniciou com a entrada do cabo de alimentação de energia elétrica. Foi utilizada alimentação monofásica e realizado o aterramento do gabinete. Feito isso, foram acomodados os cabos ópticos de chegada ao armário e de saída para as CEO de *splitter's* 1:4, obedecendo a norma (ANSI/TIA/EIA 526-14A: Cabeamento de Fibra Óptica), respeitando o raio de curvatura dos cabos ópticos e seguindo o padrão de identificação conforme a norma (EIA/TIA – 606), mostrados nas Figuras 15, 16 e 17.

Figura 16 – Padrão de entrada dos cabos ópticos



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016.

Figura 17 – Caixa de passagem anterior ao gabinete



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016.

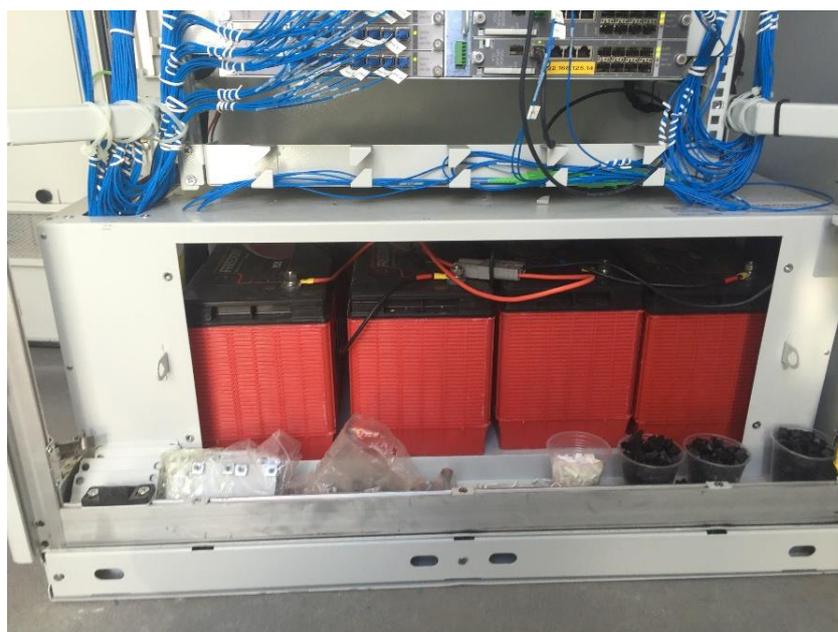
Figura 18 – Acomodação e identificação dos cabos ópticos no gabinete



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016.

O banco com quatro baterias (Figura 18) foi montado com ligação em série e é acionado pelo circuito inversor (figura 19), caso haja a falta de energia elétrica da concessionária.

Figura 19 – Banco de baterias



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Figura 20 – Circuito Retificador / Inversor



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Como é visto na Figura 19, o circuito inversor, é equipado com chave seletora de três posições. Na posição 1, o circuito recebe alimentação de energia elétrica da concessionária e do banco de baterias. Caso haja a falta de energia por parte da concessionária, o circuito automaticamente inverte a sua alimentação para o banco de baterias. Na posição 0, o gabinete é alimentado somente pelo banco de baterias, para o caso de possíveis manutenções no ramal de entrada de energia elétrica. Já na posição 2, o circuito poderá receber alimentação por meio de um gerador de energia elétrica, em casos extremos de falta de energia.

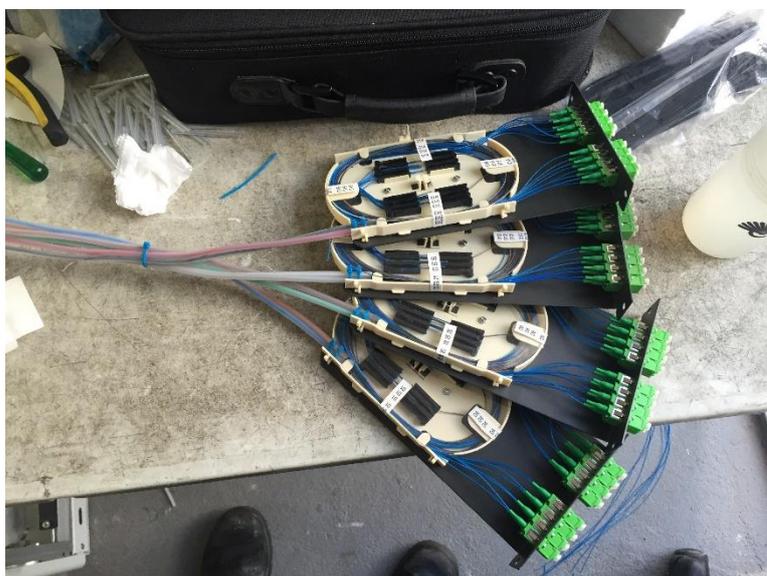
Na sequência, foram realizadas as acomodações e fusões dos cabos ópticos, nos *slots* DIO, conforme Figuras 20, 21 e 22.

Figura 21 – Cabo óptico 64FO pronto para ser acomodado nos *slots* DIO



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

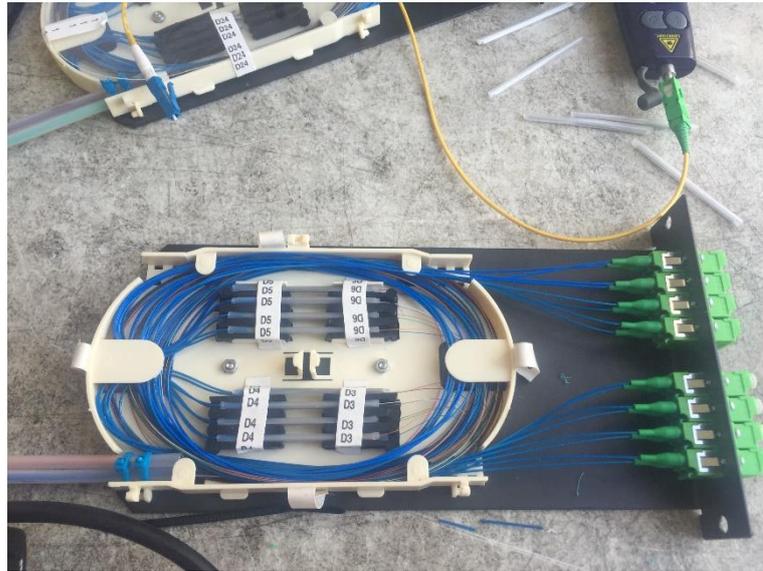
Figura 22 – Fibras do cabo óptico 64FO já acomodadas nos *slots* DIO



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Em cada *slot* DIO, podem ser acomodadas até 16 fibras ópticas. Neste cabo de 64FO, foram necessários quatro *slots* para acomodação.

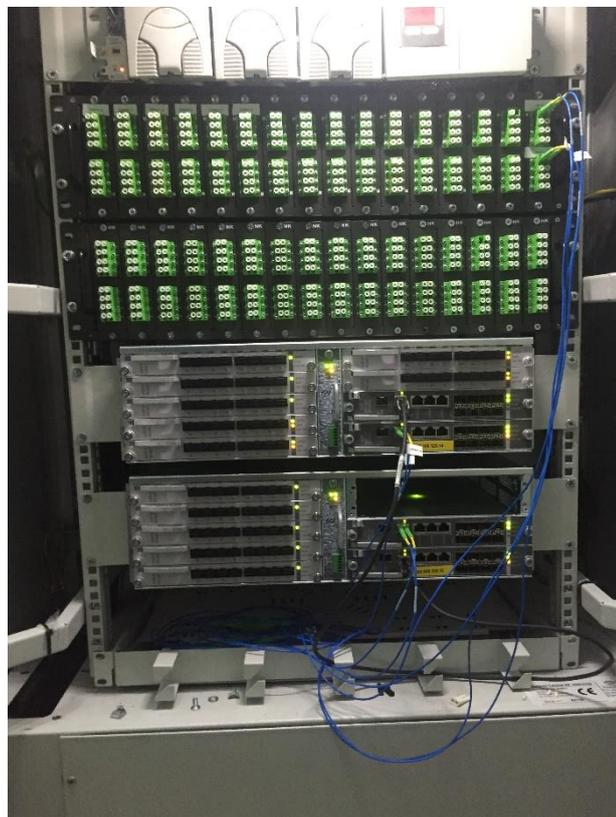
Figura 23 – Fibras já fusionadas no slot DIO



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Após realizar a acomodação de todos os cabos ópticos, foi realizada a montagem e alimentação dos Chassi's de OLT's no gabinete, conforme Figura 23.

Figura 24 – Chassi's de OLT's já em funcionamento



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Após a montagem dos cabos nos *slots* DIO e da montagem e instalação dos Chassi's de OLT's, foram realizadas as conexões entre os Chassi's e os *slots* DIO. De forma a receber as fibras de comunicação com o HeadEnd nas placas de gerência e enviar o sinal óptico das OLT's para as CEO de *splitter's* 1:4 instaladas em campo.

Para a organização do gabinete, foi padronizado que nos *slots* DIO, da direita para a esquerda, seriam acomodadas as fibras de comunicação com o *HeadEnd* e da esquerda para a direita, as fibras de saída para as CEO de *splitter's* 1:4. Tudo devidamente identificado e documentado, conforme a norma (EIA/TIA – 606).

Toda a interligação foi realizada com cordões ópticos de 1,5 (hum e meio) metros, com conectores SC/PC (nas OLT's) – LC/APC (nos *slots* DIO). As Figuras 24 e 25, mostram o gabinete após a conclusão da montagem.

Figura 25 – Cabos ópticos de entrada e saída do gabinete e cordões ópticos de interligação entre dispositivos



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Figura 26 – Gabinete finalizado

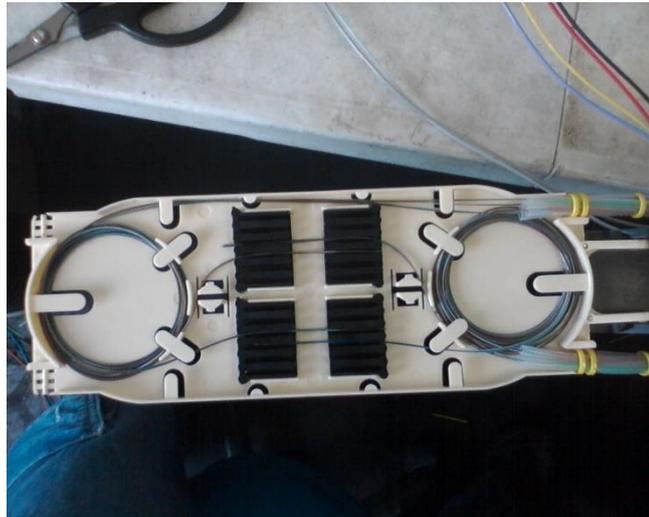


Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

4.9 MONTAGEM DAS CEO DO TRONCAL E DOS SPLITTERS 1:4

Para a chegada do sinal óptico do HeadEnd ao gabinete, por meio dos troncos redundantes, foi necessária a fusão das fibras dos cabos ópticos 08FO com as fibras livres dos troncos, já destinadas à essa finalidade. Conforme a Figura 26.

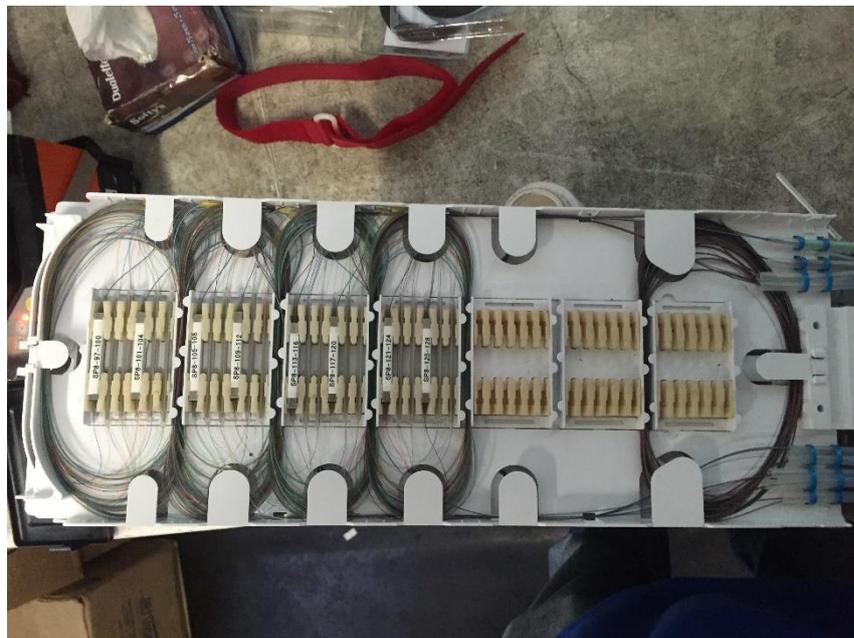
Figura 27 – CEO do Tronco óptico de derivação ao gabinete



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Para as CEO de *splitter's* 1:4, foi necessário o uso de caixas de emenda do tipo Fosc-400, com maior capacidade de acomodação de cabos, tendo em vista que em cada uma delas, foram acomodados, em média, 10 (dez) cabos ópticos e 8 (oito) *splitter's* 1:4. Conforme a Figura 27

Figura 28 – CEO de *Splitter's* 1:4



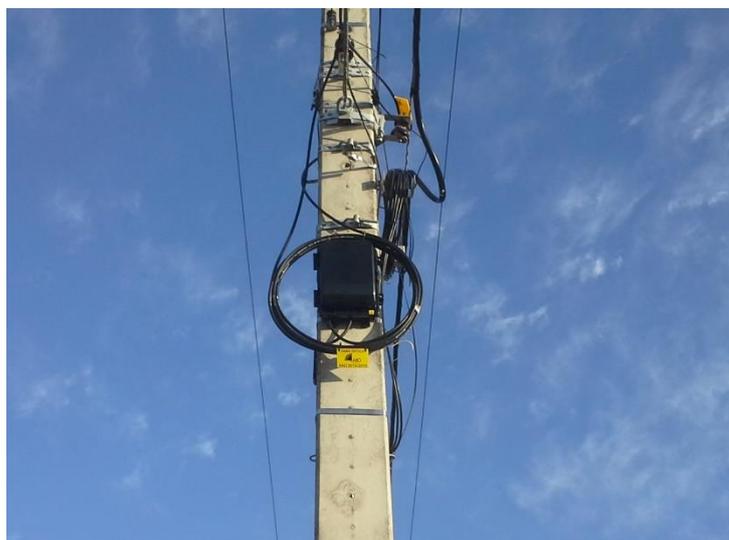
Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

4.10 MONTAGEM E AUDITORIA DOS TAP's ÓPTICOS

Os TAP's ópticos de rede externa foram montados da seguinte forma: Cada Cabo de 08FO que sai da CEO de *splitter's* 1:4, alimenta 4 (quatro) TAP's 1:8, conforme o projeto óptico (item 4.2). O cabo que sai da CEO principal, alimenta com a primeira fibra da sequência de cores, padrão internacional (Figura 4), fusionada na saída 01 do *splitter* 1:4 01, o primeiro TAP da sequência. O restante das fibras são fusionadas, com exceção da fibra azul (primeira da sequência fusionada na entrada do *splitter* 1:8 do TAP), com um cabo, também de 08FO, que alimenta o próximo TAP da sequência. No TAP seguinte, a segunda fibra da sequência (Laranja), fusionada com a saída 02, do *splitter* 1:4 01, alimenta o *splitter* 1:8 do TAP. O restante das fibras, inclusive a fibra azul e com exceção da fibra laranja (utilizada na entrada desse TAP) são fusionadas com outro cabo de 08FO que alimenta o próximo TAP da sequência, e assim sucessivamente, até completar a alimentação de todos os TAP's derivados do *splitter* 1:4 01. Com essa configuração, além termos disponíveis 4 (quatro) fibras livres no cabo de 08FO, para possíveis expansões, temos a possibilidade de lançar um cabo óptico 08FO, da CEO de *splitter's* 1:4, até o último TAP da sequência. A fim de duplicar os TAP's 1:8, inserindo mais um *splitter* 1:8 e o alimentando com a fibra de mesma cor, pelo sentido inverso.

Os TAP's são montados conforme as figuras 28, 29, 30 e 31.

Figura 29 – TAP óptico montado no poste



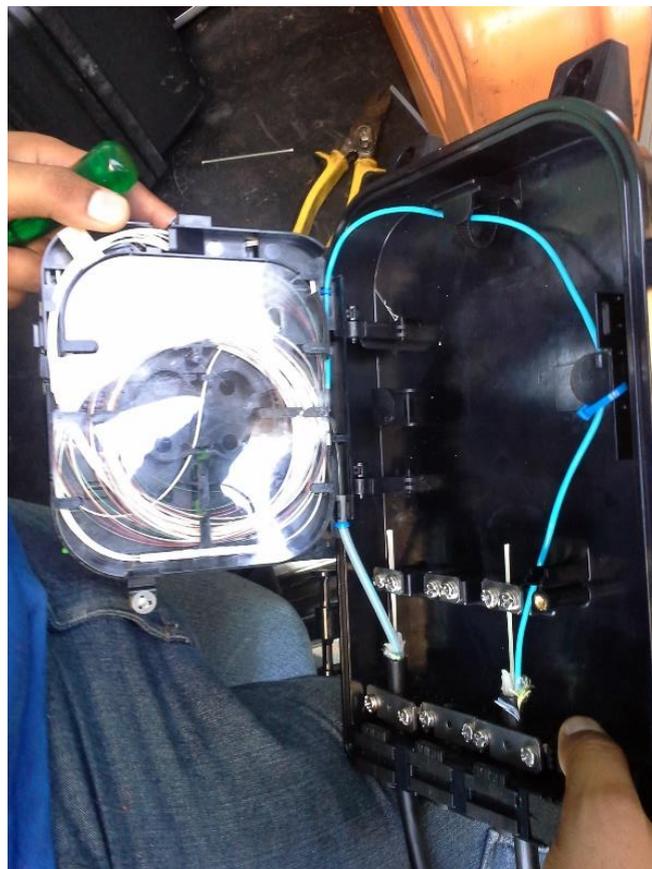
Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Figura 30 – Interior do TAP óptico com identificação de sequência de acordo com projeto óptico (item 4.2)



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Figura 31 – Acomodação dos cabos óticos 08FO, no interior do TAP óptico



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Figura 32 – TAP óptico instalado nas prumadas de edifícios e condomínios



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Após a montagem, os TAP's são auditados, porta por porta, levando em consideração os seguintes parâmetros:

- Nível de sinal óptico na saída da OLT: +3.5dBm/1490nm
- Perda de sinal óptico em conexões mecânicas: -0.3dB Loss
- Perda de sinal óptico nos *splitter's* 1:4: -7,5dB Loss
- Perda de sinal óptico nos *splitter's* 1:8: -11.5dB Loss
- Perda de sinal óptico na fibra óptica: 0.35dB/Km

Fazendo uma projeção do que seria ideal com relação ao nível de sinal óptico na auditoria das saídas dos TAP's ópticos, podemos considerar o valor de -16.45dBm/1490nm.

4.11 LIBERAÇÃO DA ÁREA PARA COMERCIALIZAÇÃO

Após a conclusão total dos itens 4.1 ao 4.7, a área foi liberada para a comercialização.

4.12 INSTALAÇÃO NO CLIENTE FINAL

Para a instalação no cliente final, após o fechamento do contrato, são inseridos no sistema de gerenciamento de equipamentos, as informações de pacotes de serviço aderidos e a área a ser realizada a instalação. Feito isso, é gerado um código de assinante e aberta uma ordem de serviço, a qual será utilizada para cumprimento da instalação do equipamento no sistema. Essa ordem de serviço vai para a casa do cliente, junto aos equipamentos (ONT e decoder IPTV).

O técnico de instalações da empreiteira, lança o cabo óptico tipo drop 01FO, do TAP óptico mais próximo até a ONT do assinante conforme a Figura 32. E, realizados o lançamento e as conectorizações mecânicas no TAP óptico e na ONT, o equipamento é ligado e conectado à rede.

Para a instalação do decoder, são utilizados cabos UTP, Cat 5e, lançados da ONT ao decodificador IPTV.

Figura 33 – Cabo tipo drop 01FO conectado a primeira porta do TAP óptico



Fonte: Setor de Fibra Óptica, Cabo Telecom, 2016

Realizados estes procedimentos, o técnico da empreiteira entra em contato com a Central Operacional da Cabo Telecom, para o cumprimento da ordem de serviço e a liberação do equipamento para operação. O operador solicita informações de número de TAP Óptico onde o cliente foi instalado, número da porta de saída do TAP, onde foi conectado, ID (identificador) do poste da concessionária, horário de início da instalação e horário de conclusão, local da residência onde foi instalado, quem acompanhou a instalação e qualquer outra eventualidade ocorrida. Confere se os endereços MAC dos equipamentos, estão de acordo com os cadastrados em sistema, e na ordem de serviço e questiona o nível de sinal, coletado com o *power meter* (medidor de potência óptica) na saída do TAP óptico e na extremidade do cabo que se conecta à ONT. De posse destes dados, o operador faz a análise se a instalação foi satisfatória, tendo em vista a perda nas conexões e a distância do TAP óptico à ONT (item 4.7).

Após essa análise, o operador insere os dados no sistema de gerenciamento de equipamentos, conforme a Figura 33.

Figura 34 – Inserção de dados no sistema de gerenciamento de equipamentos

Indicar Splitter Optico

Nodo: PA32

Poste: T50718

Splitter: SP8_356

Informacao

Informacao a completar

	ONU	Splitter	Poste	Boca
1	001C1504B434	SP8_356	T50718	25

	Bocas	ONU	Assinante
1	25		
2	26		
3	27		
4	28		
5	29		
6	30		
7	31		
8	32		

Escolher Boca

Aceitar Cancelar

Fonte: Central Operacional, Cabo Telecom, 2016

Nesta tela, podem ser verificados o nodo (área) a qual pertence o TAP, quais os assinantes instalados nele, além disso, a qual saída do TAP estão conectados. O

ID poste da concessionária de energia elétrica a qual o TAP está instalado e o endereço MAC dos equipamentos de todos os assinantes.

Ao inserir os dados no sistema, a ordem de serviço é cumprida e o equipamento é configurado automaticamente (item 4.6).

Ao se encerrar a configuração, a ONT pode ser acessada remotamente e algumas informações, como nível de sinal óptico de *down* e nível de sinal óptico de *up* da ONT chegando à OLT, podem ser visualizados conforme a Figura 34.

Figura 35 – Parâmetros de funcionamento da ONT, acessados remotamente

Transacao de Pedido de Informacao

Id 14760020 Cablemodem 001C1504C10C

Estado

Dados CPE_List Outros Dados **Completo**

```

4294967295 Impaired Blocks
GEM Port Protocol Monitoring History Data - IPTV Port 4095
7 Interval Time
4294967295 Lost packets
4294967295 Misinserted packets
1099511627775 Rx Packets
1099511627775 Rx Blocks
1099511627775 Tx Blocks
4294967295 Impaired Blocks
GB03-CH02-PInd_02> onu showall 2/8/17
  
```

ONU	Name	Enabled	Model #	Serial Number	OMCI files and profiles	
17	1-2-8-17	Yes	7310	ZNTS 00511C67	ME	IPHO_7281G_R GEN IPHO_7281G_R

Note : NULL Model String indicates not able to get model ID
GB03-CH02-PInd_02> onu status 2/8/17

ID	Onu	OperStatus	ConfigState	Download State	OLT Rx Power	ONT Rx Power	Distance (KM)	Gpon OnuSt
17	1-2-8-17	Up	Active	NoUpgrade	-14.3 dBm	-15.0 dBm	2.3956	Active

GB03-CH02-PInd_02>

FIM: :: ExecTimeNanoSeg: 9969754826

Cancelar

Fonte: Central Operacional, Cabo Telecom, 2016

CONCLUSÕES

Após a conclusão de todo o projeto do bairro de Emaús, Parnamirim-RN, o qual contemplou todos os domicílios da região, bem como os serviços de TV, Internet e Telefonia, via rede FTTH, pela empresa Cabo Serviços de Telecomunicações Ltda, podemos destacar pontos importantes no que se refere à sequência de procedimentos realizados, para não haver perda de tempo e, conseqüentemente, atrasos na entrega e comercialização do serviço. Cuidados e precauções, quanto à saturação da banda por OLT, utilizando a configuração 1:32. Utilização de equipamentos de excelente qualidade, adquiridos pela engenharia da empresa, com configurações inteligentes realizadas pelo setor de TI. Cuidados no transporte e instalação dos equipamentos ativos, no gabinete, devido a extrema sensibilidade. Cautela na identificação dos cabos no momento do lançamento realizado pela empreiteira. Atenção por parte da equipe técnica de fibra óptica da Cabo Telecom no momento da ativação da rede, para não haver inversões e, conseqüentemente, problemas de conectividade. Profissionalismo no serviço prestado pelas empreiteiras que realizam as instalações no cliente final, as quais receberam treinamento teórico e prático realizado pela equipe de fibra óptica da Cabo Telecom. E, por fim, agilidade no atendimento realizado pelos operadores da Central Operacional, para que a demanda seja atendida de modo satisfatório.

Em três meses de operação, a rede construída se mostrou constante e estável, com baixo índice de problemas, quando comparados a rede HFC. Além disso, obteve Índices de penetração satisfatórios, ao que era esperado pela diretoria.

Portanto, o projeto pode ser avaliado como excelente, em sua totalidade.

TRABALHOS FUTUROS

Como forma de agregar conhecimento e para que seja dado continuidade ao trabalho executado, deixo como ideia de aprofundamento e indicações para trabalhos futuros a área da tecnologia baseada em WDM-PON, citada no item 2.5 do presente trabalho e demonstrada na Figura 6, deste mesmo item.

REFERÊNCIAS

EXAME.com. Mercado de telecom deve crescer 5,3% ao ano até 2017. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/mercado-de-telecom-deve-crescer-5-3-ao-ano-ate-2017>>. Acesso em 13 de fevereiro de 2016.

MARIN, Paulo Sergio. **Data Centers: Desvendando cada passo: conceitos, projeto, infraestrutura física e eficiência energética.** São Paulo: Erica, 2011.

TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION. **Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers: TIA 942.** Arlington, EUA, 2005. 148 p.

Uptime Institute Brasil. Uptime Institute. Disponível em: <<http://uptimeinstitute.com/uptime-institute-brasil>>. Acesso em: 13 de Fevereiro de 2016.

MATA, Amanda. **O que é fibra óptica e como funciona.** Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/artigo/redes/o-que-e-fibra-otica-e-como-funciona>>. Acesso em: 22 de Março de 2016.

GONÇALVES, Cláudio Marcelo Livramento. **Gpon/FTTH_(Fiber To The Home).** Madeira-Portugal: Universidade da Madeira, no Centro de Competências Exatas e de Engenharia, 2009. 132 p.

MARTIN, Thomas. **CISCO Fiber To The Home.** CISCO, 2011. 56 p.

MARIN, Paulo Sérgio. **Cabeamento Estruturado. Desvendando cada passo: do projeto à instalação.** São Paulo: Editora Érica, 2010. 132 p.

ROSOLEM, João Batista, PENZE, Rivaél Strobel, BEZERRA, Edson Wilson, PEREIRA, Fernando Rocha, ANGELI, Bruno César de Camargo, MOBILON, Eduardo, SAID, Júlio César, CORAL, Antônio Donizete. **Arquiteturas baseadas em WDM para as próximas redes PON.** São Paulo: 2010. 12 p.

INOVAX. **O que é a tecnologia GPON**. Disponível em: <
<http://www.inovax.com.br/portuguese/novidades/o-que-e-a-tecnologia-gpon.html>>.
Acesso em: 22 de Março de 2016.

FURUKAWA, FCP - 2ª edição. **Fibras ópticas e suas aplicações**. Curitiba-PR.,
2009. 132 p.

DATAKOM, *Application Notes: EAPS. Ethernet Automatic Protection Switching*.
Revisão 1.2: 2010. 11 p.