



**Estudos para implantação de uma Rede GEAPON/Wireless
para atendimento aos municípios circunvizinhos a Curitiba**

Curitiba
2011



CARLOS JOSÉ JUHL KMIECIK
IGOR MAURICIO CAZON

**Estudos para implantação de uma Rede GEPON/Wireless
para atendimento aos municípios circunvizinhos a Curitiba**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós Graduação em MBA em Telecomunicações, Pós-Graduação *lato sensu*, do Instituto IDD como requisito parcial para a obtenção do Grau de Especialista em Telecomunicações.

Orientador: Prof. José Ricardo Benazzi.

Curitiba

2011

AGRADECIMENTOS

Ao engenheiro eletricitista prof. José Ricardo Benazzi pela valiosa colaboração na orientação deste trabalho.

Também devemos nossos agradecimentos a todo corpo docente do curso de MBA em Telecomunicações por tudo que nos proporcionou e deu o respaldo para chegarmos até aqui.

FOLHA DE APROVAÇÃO

**Estudos para implantação de uma Rede GEPON/Wireless
para atendimento aos municípios circunvizinhos a Curitiba**

Por

**CARLOS JOSÉ JUHL KMIECIK
IGOR MAURICIO CAZON**

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM TELECOMUNICAÇÕES,
DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

Curitiba (PR) 10 de dezembro de 2011.

José Ricardo Benazzi

Gianfranco Muncinelli

Marco Aurélio Bonato

RESUMO

O conteúdo deste trabalho tem como objetivo mostrar uma rede metropolitana que atenderia a cidade de Curitiba e alguns municípios vizinhos utilizando a tecnologia GEPON em sua implantação derivando de um ponto central para as localidades ao redor.

Os tópicos desse trabalho irão descrever vantagens e desvantagens entre o GEPON e as demais tecnologias desmembrando quesitos como valores, equipamentos, fornecimento de equipamentos e materiais, prazo de implantação dentre outros que servirão como base para chegarmos a uma conclusão da tecnologia a ser empregada.

Ao final desse conteúdo com base nas informações levantadas se mostrará que se compararmos a tecnologia GEPON utilizada em cima de uma rede mista mesclada com rádio enlace com uma rede óptica convencional, o GEPON é a tecnologia adequada para ser usada nessa implantação.

ABSTRACT

The content of this work aims to show a metropolitan network that would serve the city of Curitiba and some neighboring counties using GEAPON technology in its implementation deriving from a central point to the locations around.

The topics of this paper will describe the advantages and disadvantages of GEAPON technology and other issues such as splitting values, equipment, supply of equipment and materials, among others-term deployment that will serve as the basis for arriving at a conclusion of the technology to be employed. At the end of content based on the information gathered will prove that if we compare GEAPON technology used over a mixed network mixed with a radio link with a conventional optical network, the GEAPON technology is suitable for use for this deployment.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL – Agencia Nacional de Telecomunicações

ATM – Modo de Transferência Assíncrono

BPON – Rede Banda Larga Óptica passiva

EPON – Rede Ethernet Óptica Passiva

FTTH – Fibra Óptica até em Casa

GEM – Método de encapsulação *GPON*

GEPON – Rede Ethernet Óptica Passiva

GPON – Rede Óptica Passiva Gigabit

GTC – Convergência de Trasmisão *GPON*

IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

LC – *Lucent Connector*

IP – Protocolo Internet

ITU – *International Telecommunications Unit*

MMF – Fibra Multimodo

OLT – Terminal de linha óptica

ONU – Unidade Óptica de Rede

P2P – Ponto à Ponto

P2MP – Ponto Multi Ponto

PON – Rede Óptica Passiva

SC – *Standard Connector*

ST – *Straight Tip (Connector)/ Square Top*

TI – Tecnologia da Informação

WDM – Multiplexação por divisão de comprimento de onda

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Topologia GPON.....	14
Figura 2 - Região Metropolitana de Curitiba	16
Figura 3 - Tipos de cabos Ópticos	19
Figura 4 - Monomodo	20
Figura 5 - Multimodo	21
Figura 6 - Componentes da Fibra Óptica.....	23
Figura 7 - Modelo de Caixa Emenda	24
Figura 8 - Modelo de DIO para rack 19”	25
Figura 9 - Terminador Óptico	25
Figura 10 - Conversor de mídia	26
Figura 11 - Cordões Ópticos	27
Figura 12 - Alguns Modelos de conectores ópticos.....	27
Figura 13 - OLT	28
Figura 14 - ONT.....	29
Figura 15 - Splitter Óptico	29
Figura 16 - Mapa de Curitiba e Região Metropolitana	31
Figura 17 - Topologia de divisão entre rede óptica e rádio enlace	32
Figura 18 - Distribuição dos equipamentos GPON e também os rádios que compõem a rede mista metropolitana	33
Figura 19 - Kit Comba	34
Figura 20 - Enlace POP Araucária - POP Portão.....	35
Figura 21 - Enlace POP Bigorrilho – POP Campo Largo	36
Figura 22 - Enlace POP J. Botânico – POP Colombo	36
Figura 23 - Topologia da Rede Óptica.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Velocidade de Transmissão.....	13
Tabela 2 – Padronização.....	17
Tabela 3 - Código de Cores.....	19
Tabela 4 - Fibra Óptica.....	22
Tabela 5 - Distâncias Ópticas.....	33
Tabela 6 - Caixas de Emenda.....	34
Tabela 7 - Distâncias Wireless.....	35
Tabela 8 - Enlaces de Rádios.	36
Tabela 9 - Equipamentos GEAPON.....	37
Tabela 10 - Custos da Mão de Obra.....	37
Tabela 11 - Equipamentos de Borda.....	39
Tabela 12 - Custos Totais.....	40
Tabela 13 - Caixas de Emenda II.....	42
Tabela 14 - Distâncias Ópticas II.....	43
Tabela 15 - Custos Mão de Obra II.....	43
Tabela 16 - Valor dos Cabos.....	44
Tabela 17 - Custo Equipamentos de Borda, Elétricos e Passivos.....	45
Tabela 18 - Custos Finais.....	46

SUMARIO

AGRADECIMENTOS.....	3
FOLHA DE APROVAÇÃO	4
ABSTRACT	6
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	7
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	9
LISTA DE TABELAS	10
SUMARIO.....	11
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivo.....	14
1.2. Rede Metropolitana	15
1.3. Conceito de PON.....	16
1.4. Descrição de GEAPON, GPON e E-PON	17
1.4.1. GEAPON.....	17
1.4.2. GPON	18
1.4.3. E-PON	18
1.5. O Cabo Óptico.....	19
1.5.1. Componentes da Fibra Óptica	22
1.6. Outros Equipamentos Ópticos.....	23
1.7. Equipamentos GPON	28
1.7.1. Plataforma de transmissão OLT	28
1.7.2. ONT	29
1.7.3. Splitters Ópticos	29
1.7.3.1. Splitters Balanceados.....	30
1.7.3.2. Splitters Desbalanceados	30
2. A REDE METROPOLITANA E SUA ABRANGÊNCIA.....	31
3. REDE METROPOLINA MISTA	32
3.1. Enlaces wireless que compõe a rede mista.	34

3.2. Linha de visada para enlaces.....	35
3.3. Custos dos Rádios e Infraestrutura.....	36
3.4. Custos com equipamentos GEPON	37
3.5. Custos referentes a mão de obra.....	37
3.6. Equipamentos de borda.	38
3.7. Custo Total da Rede Mista.....	40
4. REDE ÓPTICA CONVENCIONAL	41
4.1. Distâncias	43
4.2. Custos Referentes a Mão de Obra da Rede Óptica	43
4.3. Valor dos Cabos Ópticos.....	44
4.4. Valor dos Equipamentos de Borda, Elétricos e Passivos.....	45
4.5. Valor Total da Rede de Fibra Óptica	46
5. CONCLUSÕES.....	47
6. REFÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

O GEPON nada mais é que uma evolução da rede PON (rede passiva comum).

Desmembrando um pouco mais o GEPON, é uma tecnologia ponto-multiponto na qual um único cabo óptico deriva conexões para vários cabos ópticos através de um equipamento passivo chamado *splitter*. Apesar desse compartilhamento físico que existe nessa tecnologia a largura de banda oferecida continua sendo muito interessante nos dias atuais. Abaixo encontra-se a Tabela 1 referente as velocidades.

Sentido de Transmissão	Velocidade da Transmissão
Downstream	1244.16 Mbit/s
	2488.32 Mbit/s
Upstream	155.52 Mbit/s
	622.08 Mbit/s
	1244.16 Mbit/s
	2488.32 Mbit/s

Tabela 1 - Velocidade de Transmissão¹

Atualmente existem várias tipos de rede PON que foram evoluindo no decorrer dos anos, por exemplo, temos a rede EPON que evoluiu para a rede GEPON. Também temos a rede APON (baseada em ATM) que evoluiu para a rede BPON (transporte de células). E por último temos o GPON (transporta células e pacotes).

Abaixo encontra-se a Figura 1 de uma topologia GPON/GEPON

¹ www.teleco.com.br

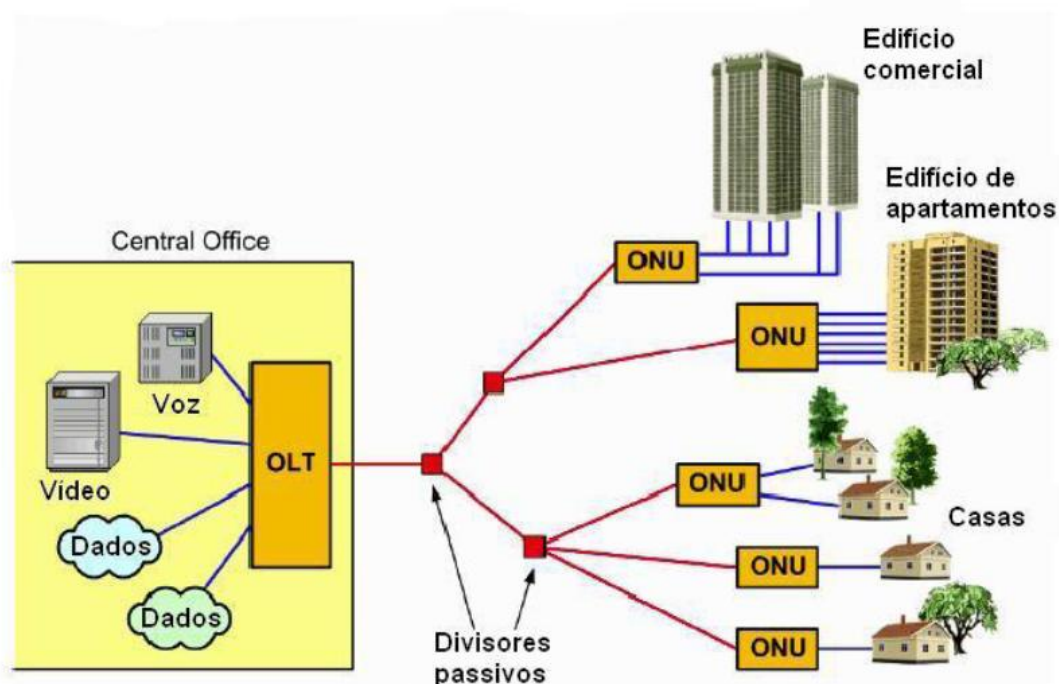


Figura 1- Topologia GPON²

1.1. Objetivo

O objetivo geral deste trabalho apresentará que para a construção de uma rede metropolitana, a tecnologia GPON é a tecnologia mais adequada se compararmos com uma rede óptica convencional. Nesse trabalho iremos abordar as possibilidades de construção de uma rede óptica convencional e uma rede mista que utiliza a tecnologia GPON e também tecnologia via rádio (*wireless*) utilizando faixa de frequência licenciada. Optamos por uma faixa licenciada porque além de ser menos suscetível a interferência também tenhamos um taxa maior de transmissão de dados. Para chegar a tal conclusão serão levantados dados como custos, manutenção de desempenho.

² http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_redes_opticas_alto_desempenho.php

1.2. Rede Metropolitana

Como o próprio nome já nos revela, uma rede metropolitana é uma rede que está compreendida em uma determinada região e sua abrangência cobre diversas regiões de uma cidade.

Aspectos como pequena divisão de comutação aliado ao alto nível de flexibilidade são fundamentos importantes para as redes metropolitanas do futuro.

A tecnologia óptica apresenta inúmeras vantagens ao tratarmos de uma rede metropolitana. O fator mais importante a contar positivamente a favor da fibra óptica é a alta capacidade de transmissão entre os pontos ao explorarmos a técnica WDM, por exemplo, onde é possível transmitir simultaneamente vários comprimentos de ondas nos espaços (janelas ou bandas) onde tem a menor taxa de atenuação.

Na figura 2 apresenta a região metropolitana em que serão aplicados os estudos.



Figura 2 - Região Metropolitana de Curitiba³

1.3. Conceito de PON

Está mais do que claro que a fibra óptica é um meio de transmissão confiável que pode suportar todos os tipos de serviço como triple play por exemplo.

Basicamente existe duas topologias de rede sendo uma ponto a ponto (P2P) onde o cliente e o provedor são diretamente ligados por uma fibra óptica e a outra topologia é a PON onde divisores ópticos compartilham a fibra

³ <http://curitiba.países-america.com/mapas/grande-curitiba.htm>

entre assinantes e o provedor. Os padrões PON mais conhecidos e adotados são o GPON e o CEPON.

Abaixo encontra-se a tabela 2 de padronização dessa tecnologias.

Padronização da PON			
Padrão	Norma	Taxa	Razão de Divisão
BPON - Broadband Passive Optical Network	ITU G.983	622 ou 155 Mbit/s para downstream em 1490 nm	Máximo 32
GPON - Gigabit Passive Optical Network	ITU G.984	2,488 ou 1,244 Gbit/s para downstream e 2488 ou 1244 Gbit/s ou 622 ou 155 Mbit/s para upstream; 60 km de alcance lógico máximo e 20 km de alcance típico.	Máximo 64 Típico 32
GEPON - Gigabit Ethernet Capable Passive Optical Network	IEEE 802.3ah	1,25 Gbit/s para downstream e upstream; 1000Base-PX10 para 10 km e 1000Base-PX20 para 20Km	Permitido 32 Nominal 16
10G-EPON - Gigabit Ethernet Capable Passive Optical Network	IEEE 802.3av	10Gbit/s para downstream e upstream	Máximo 64 Típico 32

Tabela 2 – Padronização⁴

1.4. Descrição de GEPON, GPON e E-PON

1.4.1. GEPON

O GEPON assim como as redes PON de uma forma geral é uma tecnologia cujo seu maior destaque é a largura de banda passante mesmo que por natureza haja o compartilhamento do mesmo meio físico. Podemos definir o GEPON como uma evolução da rede BPON.

⁴ www.ieee.org

Segundo a documentação da fabricante de equipamentos Furukawa, o alcance ideal para o GEPON é de 20 Km⁵ devido a atenuação sofrida pelos passivos nela instalados.

O GEPON é totalmente IP e faz uso de interface de rede Ethernet e de acesso 10/100Ethernet. A tecnologia permite taxas de 10 Gbit/s de downstream e upstream.

Segundo Simone Rodrigues (2010, RTI126, p.19) “Como a maioria dos provedores não tem equipamentos TDM como as grandes operadoras de telecomunicações, a construção de uma rede nova utilizando o GEPON é bastante atrativa”.

1.4.2. GPON

A tecnologia GPON tem compatibilidade tanto com ATM quanto Ethernet e TDM e suas taxas de velocidade chegam à 1,244 até 2,488 Gbit/s de downstream e 155 Mbit/s até 2,488 Gbit/s de upstream.

1.4.3. E-PON

A tecnologia E-PON tem como base o padrão Ethernet diferenciado de outros modelos PON que baseiam-se em ATM. O valor máximo de divisão do E-PON é de até 32 pontos-clientes.

⁵ www.ieee.org

1.5. O Cabo Óptico

Nos dias atuais temos vários modelos e tipos de cabos ópticos disponíveis no mercado e cada um é mais apropriado que outro para um tipo específico de aplicação seja em uma área interna ou externa, subterrânea ou aérea ou até submersa no leito de rios e oceanos.

Encontra-se na figura 3 a ilustração de alguns modelos de cabos ópticos que podemos encontrar no mercado.



Figura 3 - Cabos Ópticos

As fibras ópticas são divididas em grupos de cores, conforme vemos na tabela 3 a seguir:

Códigos de cores de fibra óptica		Código de cores de tubo	
N.º fibras	Cor da FO	N.º de tubos	Cor Tubo
1	Branco	1	Branco
2	Vermelho	2	Vermelho
3	Verde	3	Verde
4	Azul	4	Azul
5	Preto	5	Preto
6	Amarelo	6	Amarelo
7	Laranja	7	Laranja
8	Cinzeno	8	Cinzeno
9	Castanho	9	Castanho
10	Rosa	10	Rosa
11	Violeta	11	Violeta
12	Turquesa	12	Turquesa

Tabela 3 - Códigos de cores

Os cabos ópticos variam conforme fonte de transmissão e a quantidade de dados que podem ser emitidos. Existem dois modelos atualmente:

- Monomodo:

O cabo de fibra óptica monomodo tem a propagação de um único modo. Esse cabo tem um núcleo menor que o cabo óptico multimodo, sendo assim a fabricação é mais complexa e o manuseio é difícil.

As vantagens da monomodo que ter maior capacidade de transmissão de dados, atenuação menor e com isso a distancias entre repetiras é maior, podendo ultrapassar a 50 Km.

Por apresentar a fabricação mais complexa e o manuseio mais difícil, o custo da implantação e manutenção é maior.

Abaixo encontra-se na figura 4 a ilustração do tipo modelo monomodo.

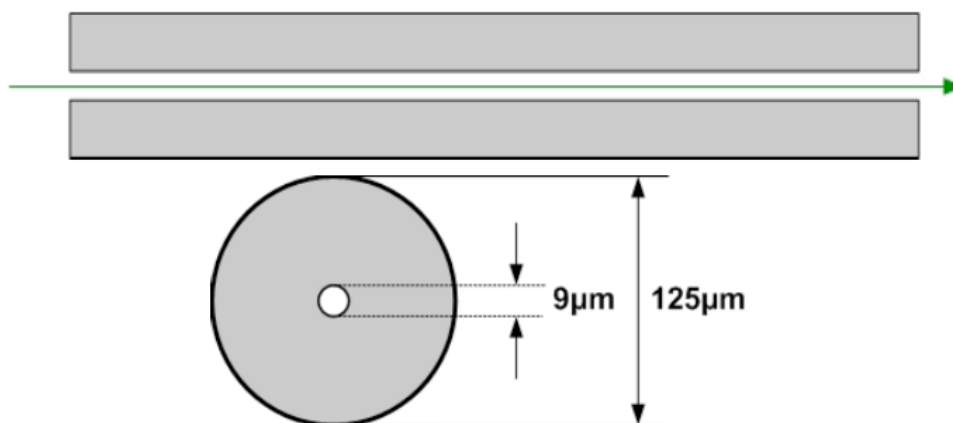


Figura 4 - Monomodo⁶

⁶ www.teleco.com.br

- Multimodo:

São cabos que possuem vários modos de propagação, devido ao núcleo ser maior. Elas são divididas em duas maneiras: índice degrau e índice gradual.

Multimodo por índice degrau possui mais simplicidade em sua fabricação, possui alta atenuação, banda passante muito estreita. Com isso é usado em pequenas distâncias e sua taxa de transmissão menor.

Multimodo por índice gradual tem um índice de refração variável. Com isso faz com que a luz que percorram caminhos diferentes, velocidades diferentes, mas que chego à outra extremidade ao mesmo tempo. Tendo assim maior capacidade de transmissão em relação o cabo de fibra óptica Multimodo por índice degrau.

Devido a essas características para pequenas distancias, em redes locais.

Abaixo encontra-se na figura 5 o tipo de cabo multimodo.

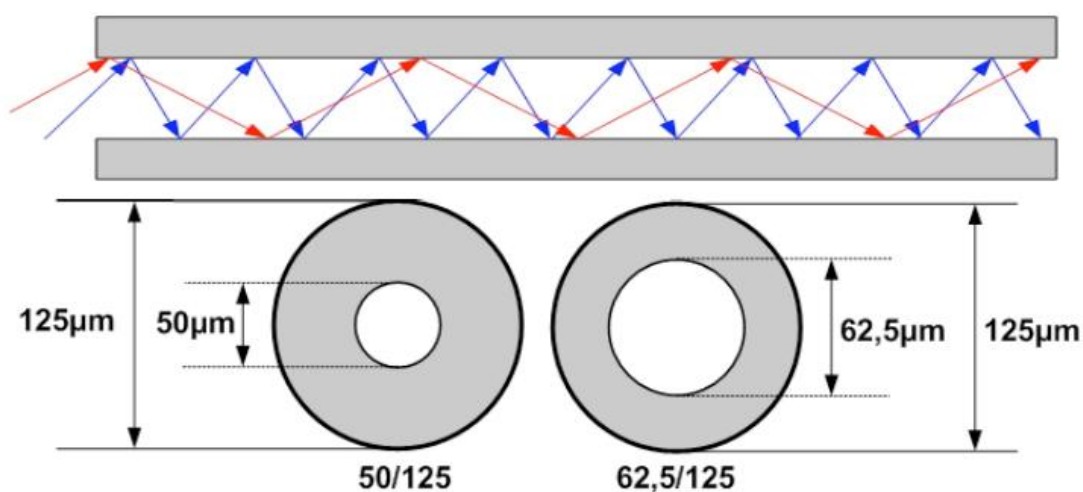


Figura 5 - Multimodo⁷

⁷ www.teleco.com.br

Variando o modelo da fibra e seu núcleo, muda a distância e largura de banda, conforme a tabela 4:

Fibra Óptica Multimodo 62,5/125µm			
Padrão	Janela (nm)	Distância Máxima (m)	Velocidade
10BASE-FL	850	2.000	10Mbps
100BASE-FX	1300	2.000	100Mbps
1000BASE-SX	850	275	1Gbps
1000BASE-LX	1300	550	1Gbps
10GBASE-SR	850	33	10Gbps
10GBASE-LX4	1300	300	10Gbps
Fibra Óptica Multimodo 50/125µm			
Padrão	Janela (nm)	Distância Máxima (m)	Velocidade
1000BASE-SX	850	1.000	1Gbps
10GBASE-SR	850	300	10Gbps
Fibra Óptica Monomodo 9/125µm			
Padrão	Janela (nm)	Distância Máxima (m)	Velocidade
1000BASE-LX	1300	5.000	1Gbps
10GBASE-LR	1310	10.000	10Gbps
10GBASE-ER	1550	40.000	10Gbps

Tabela 4 - Fibra Óptica⁸

1.5.1. Componentes da Fibra Óptica

- **Núcleo:** O núcleo é um fino filamento de vidro ou plástico, medido em micra ($1\mu\text{m} = 0,000001\text{m}$), por onde passa a luz.

⁸ www.teleco.com.br

- **Casca:** Camada que reveste o núcleo. Por possuir índice de refração menor que o núcleo ela impede que a luz seja refratada, permitindo assim que a luz chegue ao dispositivo receptor.
- **Revestimento:** Camada de plástico que envolve o núcleo e a casca, protegendo-os contra choques mecânicos e excesso de curvatura.

Abaixo na figura 6 encontramos o desenho de uma fibra óptica ilustrando todos os seus componentes.

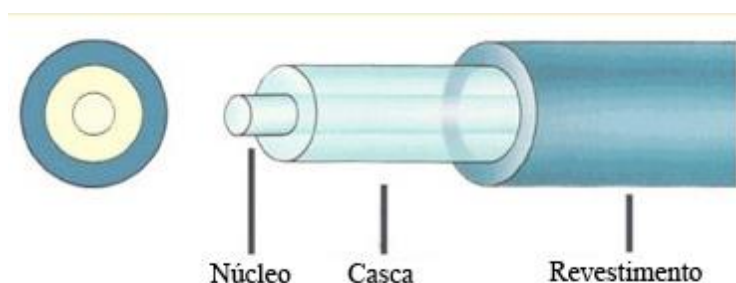


Figura 6 - Componentes da Fibra Óptica⁹

1.6. Outros Equipamentos Ópticos

- Caixas de Emenda: A caixa de Emenda tem como função proteger as fusões além de organizar os cabos de forma que ao fazer manutenção ou uma próxima fusão o técnico possa trabalhar tranquilamente sem se preocupar com os demais cabos que estão nas bandejas.

Abaixo na ilustração da figura 7 encontra-se um modelo de caixa de emenda.

⁹ www.teleco.com.br



Figura 7 - Modelo de Caixa Emenda¹⁰

- DIO: O DIO é um equipamento passivo cujo a sua função é acomodar e proteger as emendas entre os cabos ópticos e suas extensões. Ele pode ser instalado em racks 19”, racks ETSI e existe também modelos compactos para localidades com pouco espaço disponível para alojar o equipamento. Abaixo na figura 8 encontra-se um modelo de DIO disponível no mercado.

¹⁰ www.furukawa.com.br



Figura 8 - Modelo de DIO para rack 19”¹¹

- Terminador Óptico: assim como o DIO sua função é fazer a transição entre o cabo de fibra óptica e a extensão óptica servindo também para acomodar as emendas entre o cabo e a extensão. Utilizam uma bandeja para a acomodação das emendas e dependendo do modelo, podem acomodar de 4 a 12 fibras ópticas. Abaixo na figura 9 encontra-se um modelo de terminador óptico.



Figura 9 - Terminador Óptico¹²

¹¹ www.furukawa.com.br

¹² www.tudodeti.com.br

- Conversor de Mídia: é um elemento ativo que possui dispositivos ópticos internos e realizam uma conversão de mídia elétrica para a mídia óptica e vice-versa. Os conversores para fibras multimodo são de LED com janelas de transmissão de 850nm e 1300nm. Para fibras monomodo, são utilizados conversores de LASER com janelas de transmissão de 1310nm e 1550nm. Abaixo na figura 10 um modelo de converso do fabricante PLANET



Figura 10 - Conversor de mídia

- Cordões e Extensões Ópticas: são cabos de fibra óptica tipo *tight* com comprimentos variados dotados de conectores. Os **cordões** possuem conectores em ambas as extremidades podendo estes conectores ser do mesmo tipo ou de tipos diferentes. São utilizados para a interligação entre equipamentos ou interligação entre equipamentos e acessórios ópticos (ex. DIO). As extensões ópticas possuem conectores em somente uma das extremidades e são utilizados como interface entre os cabos de fibra óptica e os equipamentos ópticos.



Figura 11 - Cordões Ópticos

- Conectores Ópticos: são os elementos utilizados como interface entre o cordão ou extensão óptica e o equipamento ativo. Existem diversos tipos de conectores disponíveis no mercado, cada um está voltado para um tipo de aplicação, alguns desses modelos estão ilustrados na figura 12.



Figura 12 - Alguns Modelos de conectores ópticos

1.7. Equipamentos GPON

Para utilizar a tecnologia GPON são necessários equipamentos diferenciados, não apenas conversores. Os equipamentos que necessários são: OLT, ONT/ONU e splitters ópticos.

1.7.1. Plataforma de transmissão OLT

A OLT (Optical Line Terminal) ou Terminal de Linha Óptica normalmente é instalada dentro da Central da Operadora e controla o fluxo de informações bidirecional para a ONT/ONU. Normalmente à distância da OLT à ONT/ONU é de 20 km e a mesma controla mais de uma ONT.



Figura 13 - OLT

1.7.2. ONT

A ONT é um equipamento que será instalado no usuário final. A ligação da ONT até o equipamento do usuário pode ser realizada através de cabo par metálico (xDSL). Além de realizar a interface da OLT com o cliente, a ONU também é responsável pela multiplexação e demultiplexação dos serviços usuário/operadora e operadora/usuário e mais o fornecimento de energia.



Figura 14 - ONT

1.7.3. Splitters Ópticos

Os splitters ópticos são equipamentos passivos cuja sua função é receber o sinal proveniente de uma determinada direção e dividi-lo em duas ou mais saídas na outra extremidade.



Figura 15 - Splitter Óptico

1.7.3.1. Splitters Balanceados

Splitter balanceado é aquele que distribui o sinal igualmente entre todas as suas saídas.

1.7.3.2. Splitters Desbalanceados

Splitter desbalanceados são aqueles que distribuem o sinal diferentemente entre suas saídas. Geralmente esses splitters são encontrados no formato 1 para 2, ou seja, uma entrada para duas saídas. Uma divisão comum entre esses modelos é o formato 10/90, isso quer dizer que em uma saída o sinal sairá 90% e na outra apenas 10%.

2. A REDE METROPOLITANA E SUA ABRANGÊNCIA

A área de cobertura que compreende a rede metropolitana demonstrada nesse trabalho abrange a cidade de Curitiba e regiões ao seu redor também chamadas de áreas metropolitanas que vão de Campo Largo à São José dos Pinhais, Araucária até Colombo.

Abaixo encontra-se na figura 16 a ilustração tirada do site Google Maps onde pode-se reparar Curitiba e os municípios vizinhos.

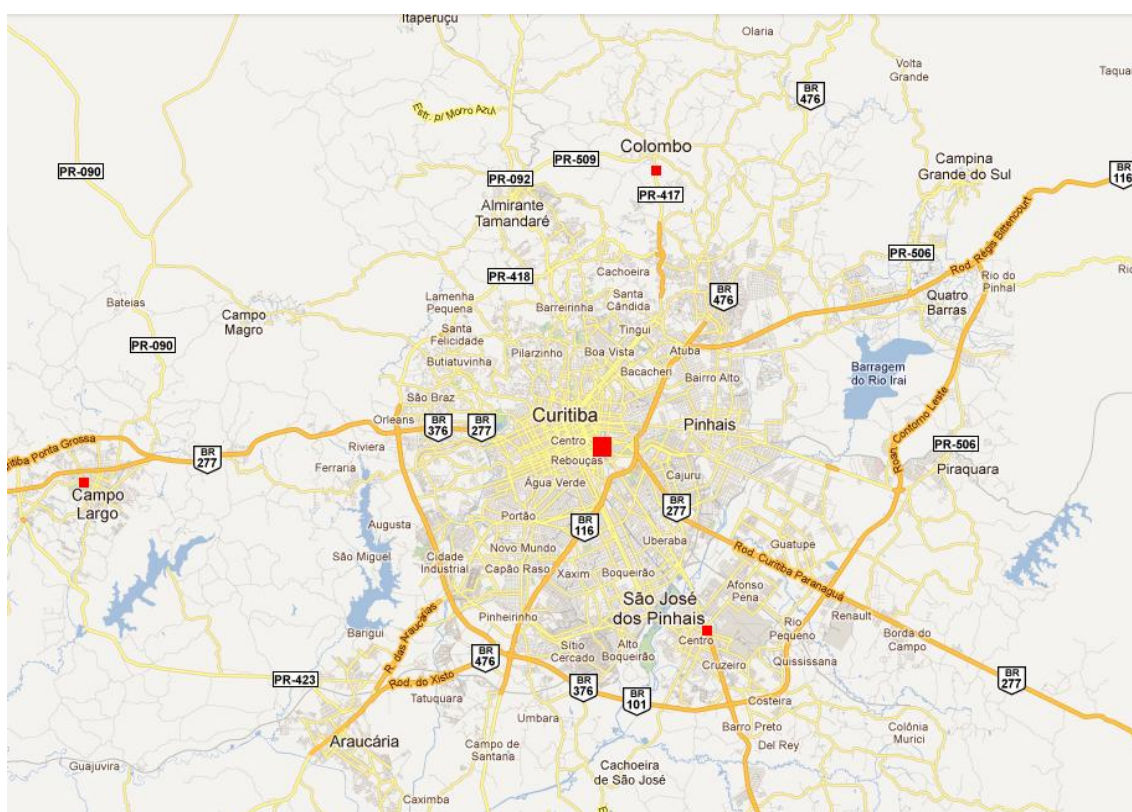


Figura 16 - Mapa de Curitiba e Região Metropolitana¹³

Partindo do princípio de definição do local e abrangência da mesma, faremos uma análise de sua construção utilizando a tecnologia GPON e vamos comparar com uma rede óptica convencional e outra rede mista (óptica e wireless).

¹³ <http://maps.google.com.br/>

3. REDE METROPOLINA MISTA

O modelo de rede mista abordada nesse tópico constitui a implantação de uma rede metropolitana utilizando como meio físico a fibra óptica trabalhando em cima da tecnologia GPON e também utilizará rádios wireless trabalhando nas frequências de 6GHz à 8GHz (sendo que o equipamento pode operar em 6GHz, 7GHz, 8GHz, 11 GHz, 13GHz, 15GHz, 18GHz e 23 GHz).

Através da figura 17 abaixo demonstramos como será feita a divisão entre fibra óptica e os rádios enlaces que formam a rede mista.

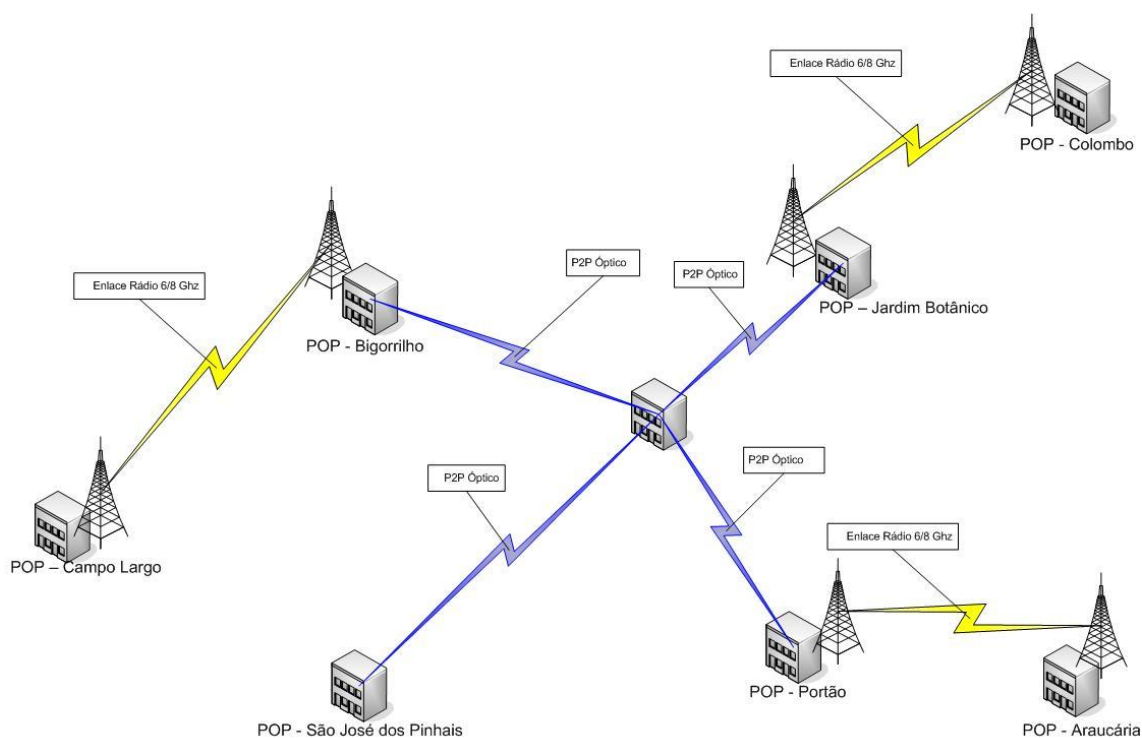


Figura 17 - Topologia de divisão entre rede óptica e rádio enlace

Abaixo está detalhado na ilustração todos os equipamentos que compõe tecnologia GPON e também os rádios que farão parte dessa rede mista.

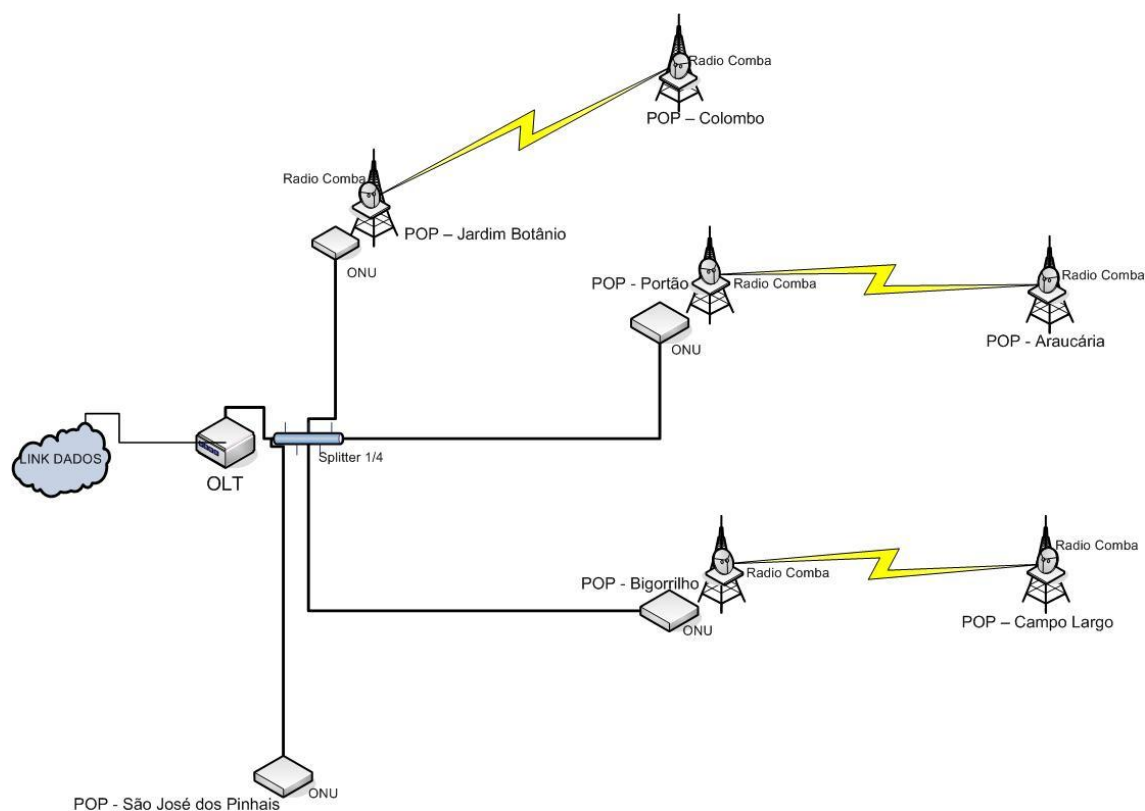


Figura 18 - Distribuição dos equipamentos GPON e também os rádios que compõem a rede mista metropolitana

Nas próximas duas tabelas a seguir estão demonstradas as distâncias que serão feitas através de cabos ópticos e as caixas de emenda de cada caminho.

Tabela de distâncias Ópticas	
Rota	Distancia
Matriz > Portão	4 KM
Matriz > Bigorrião	4,5 KM
Matriz > J. Botânico	5,8 KM
Matriz > S.J.D.P	15,3 KM

Tabela 5 - Distâncias Ópticas

Caixas de Emenda		
Rota	Caixa	Unidade
Matriz > Portão		3
Matriz > Bigorrilho		3
Matriz > J. Botânico		3
Matriz > S.J.D.P		11

Tabela 6 - Caixas de Emenda

3.1. Enlaces wireless que compõe a rede mista.

Boa parte da rede mista é feita através de enlaces via rádio entre os pops mais afastados. Ao todo são 59 Km interligando três POPs.

Os rádios que utilizaremos são equipamentos da marca Comba que operam em várias frequências tais como descritas anteriormente.

A velocidade dos rádios é de 300 mbit/s em cada ponto a ponto.

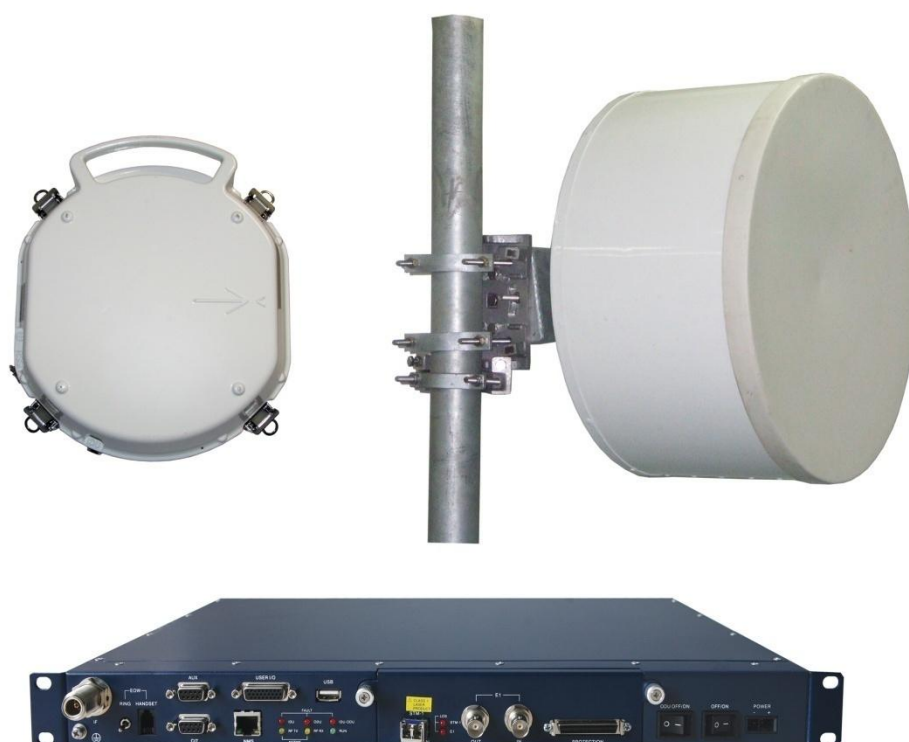


Figura 19 - Kit Comba

Abaixo encontra-se a tabela de distâncias dos enlaces feitos através dos rádios Comba.

Distâncias dos Enlaces Wireless	
Enlace	Distância
J. Botânico > Colombo	16 KM
Bigorrilho > Campo Largo	24,5 KM
Portão > Araucária	18,5 KM

Tabela 7 - Distâncias Wireless

3.2. Linha de visada para enlaces.

Os rádios utilizados na rede mista trabalham com linha de visada LOS (*line of Sight*), isto é, sem obstrução entre as pontas.

Fizemos o estudo dos três casos e todos deram visadas positivas para nossos Pops. Abaixo encontram-se os gráficos relacionados a cada um dos estudos.

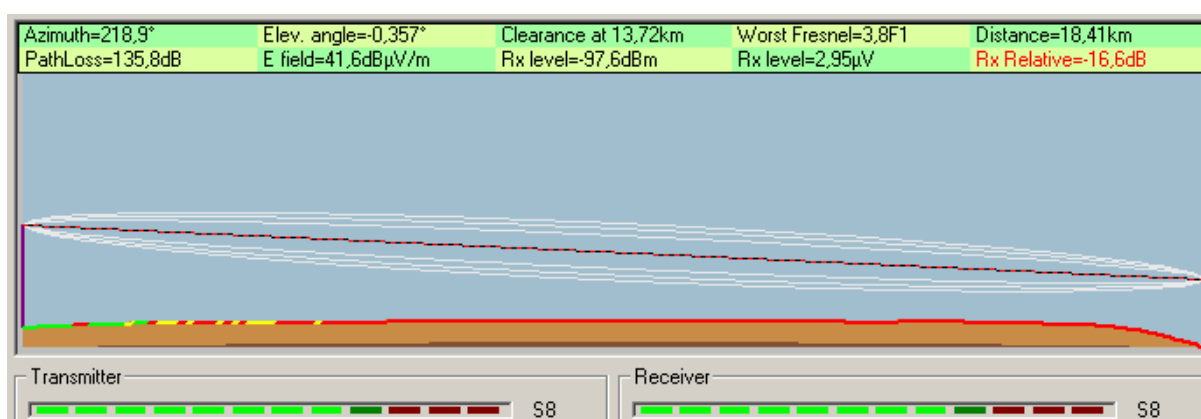


Figura 20 - Enlace POP Araucária - POP Portão

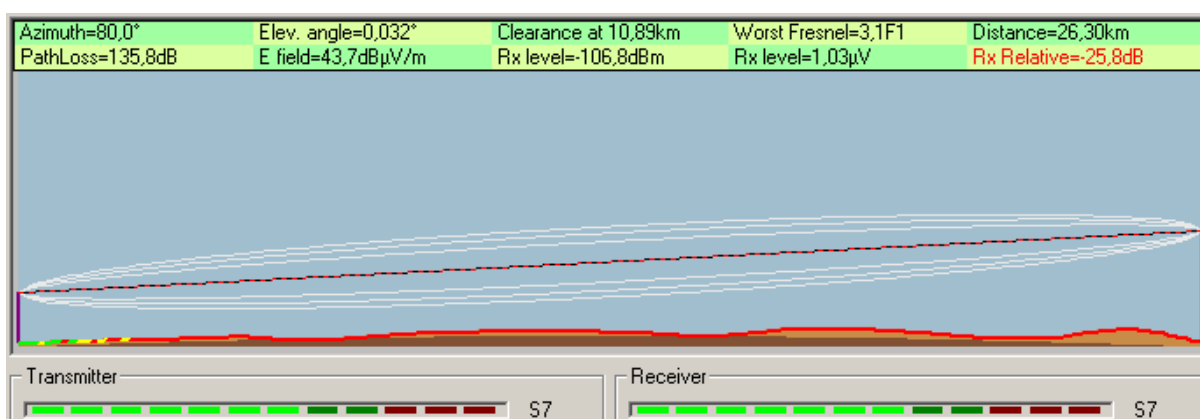


Figura 21 - Enlace POP Bigorrrilho – POP Campo Largo

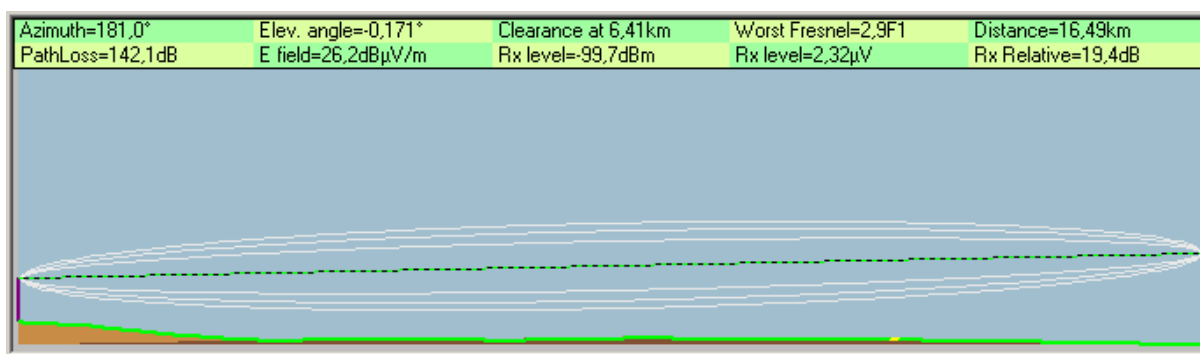


Figura 22 - Enlace POP J. Botânico – POP Colombo

3.3. Custos dos Rádios e Infraestrutura.

Na tabela 8 encontra-se os custos para montar toda a parte de rádios e suas respectivas infraestruturas da rede mista.

Valores Referentes aos Enlaces de Radios			
Equipamento	Quantidade	Valor Unidade	Valor Total
Radio Comba 300 Mbps	6	R\$26.000 (par de rádios PTP)	R\$78.000,00
Antenas 1.20	6	R\$2.000	R\$12.000,00
Infraestrutura	3 localidades	R\$11.000,00	R\$ 33.000,00
Total			R\$123.000,00

Tabela 8 - Enlaces de Rádios

3.4. Custos com equipamentos GEPON

Encontra-se a tabela 9 com os custos referentes aos equipamentos GEPON que serão utilizados na rede mista:

Custo dos Equipamentos GEPON			
Equipamento	Valor Unitário	Quantidade	Total
Chassis Gpon 16 Slots	R\$3.908,00	1	R\$3.908,00
Cartão Interface OLT	R\$2.755,60	1	R\$2.755,60
ONU GEPON	R\$332,25	4	R\$1329,00
Splitter Óptico 1x4 2m/2m	R\$131,64	1	R\$131,64
Patch Cord U/UTP CAT.6 GIGALAN	R\$5,80	5	R\$29,00
Cabo Óptico Auto-sustentado 12 fibras	R\$1,78 / metro	59.000 metros	R\$105.020,00
PTO (ponto de terminação óptica)	R\$12,34	4	R\$49,36
Caixa de Emenda	R\$274,00	20	R\$5.480,00
Total			R\$118.702,60

Tabela 9 - Equipamentos GEPON

3.5. Custos referentes a mão de obra.

Abaixo na tabela 10 estão os custos referente a mão de obra que será gasto com a rede mista.

Custos Referentes a Mão de Obra da Rede Óptica			
Quantidade	Descrição	Valor Unitário	Total
59000 metros	Lançamento de cabo óptico auto-sustentável	R\$2,60	R\$153.400,00
600 metros	Lançamento de cabo óptico em dutos ou prédios	R\$3,00	R\$1800,00
1200 metros	Lançamento de cabo com cordoalha	R\$3,10	R\$3720,00
8 unidades	Instalação de DIO	R\$40,00	R\$240,00
20 unidades	Instalação de caixa de emenda óptica c/ derivações	R\$50,00	R\$1000,00
480 unidades	Fusão / Teste e elaboração de relatórios	R\$40,00	R\$19000,00
Total			R\$ 179.160,00

Tabela 10 - Custos da Mão de Obra

3.6. Equipamentos de borda.

A seguir encontra-se a tabela 11 nos quais estão detalhados os modelos de equipamentos utilizados na central e nos POPs tais como roteadores, switchs, racks, nobreaks, etc. Nessa planilha também encontraremos o valor de cada equipamento e a quantidade que será preciso para a ativação da rede metropolitana mista.

Equipamentos de Borda (Dados e Alimentação)				
Equipamentos	Destino Instalação	Valor Unitário	Quantidade	valor Total
3com Switch 5500g-ei 24-port	Central			
	POP Bigorriho			
	POP Jardim Botânico	R\$4.200,00	6	R\$25.200,00
	Backup			
	POP Portão			
	POP São José dos Pinhais			
Switch 3com 4210 3cr17334-91	POP Colombo			
	Backup			
	POP Araucária	R\$3.000,00	4	R\$12.000,00
	POP Campo Largo			
	POP Bigorriho			
	POP Jardim Botânico			
	POP Portão			
Nobreak SINUS DUBLE II BLACK 10KVA TI 115	POP São José dos Pinhais	R\$14.350,00	7	R\$100.450,00
	POP Colombo			
	POP Araucária			
	POP Campo Largo			
No Break Apc 15,0 Kva	Central	R\$25.250,00	2	R\$50.500,00
Gerador DTA Automático Silenciado 63 Kva	Central	R\$35.000,00	1	R\$35.000,00
Router RB1100 MKT	Central			
	POP Bigorriho			
	POP Jardim Botânico			
	POP Portão			
	POP São José dos Pinhais	R\$1.589,00	8	R\$12.712,00
	POP Colombo			
	POP Araucária			
	POP Campo Largo			
Rack Monobloco 44Us x 800	Central	R\$1.440,00	1	R\$1.440,00
Rack Monobloco 28Us x 600	POP Bigorriho			
	POP Jardim Botânico			
	POP Portão			
	POP São José dos Pinhais			
	POP Colombo	R\$749,00	7	R\$5.243,00
	POP Araucária			
	POP Campo Largo			
Rack Furukawa 44 Us	Central	R\$1700,00	1	R\$1700,00
DIO 24 posições	POP Bigorriho			
	POP Jardim Botânico			
	POP Portão			
	POP São José dos Pinhais	R\$300,00	7	R\$2.100,00
	POP Colombo			
	POP Araucária			
	POP Campo Largo			
DIO 72 posições	Central	R\$518,00	1	R\$518,00
Total				R\$245.423,00

Tabela 3 - Equipamentos de Borda

3.7. Custo Total da Rede Mista

O valor total para a implantação da rede metropolitana mista é de R\$ 666.286,60. O valor desmembrado está na tabela 12:

Descrição dos Valores Totais da rede Mista	
Descrição do Custo	Valor
Rádio e Infraestrutura	R\$ 123.000,00
Equipamentos GEPOM	R\$ 118.702,60
Mão de Obra da Rede Óptica	R\$ 179.160,00
Equipamentos de Borda, Elétricos e Passivos	R\$ 245.423,00
Total	R\$ 666.285,60

Tabela 12 - Custos Totais

4. REDE ÓPTICA CONVENCIONAL

No modelo de rede metropolitana 100% fibra óptica a idéia foi utilizar cabos ópticos com 72 fibras no lugar de 12 como foi o caso da rede mista pelo simples fato que no outro modelo poderíamos ter um melhor aproveitamento de cada fibra devido a tecnologia empregada (PON). Nesse caso de rede convencional, cada futura expansão consumirá uma unidade de fibra óptica.

Abaixo encontra-se a figura 23 contendo o desenho da topologia da rede contendo equipamentos utilizados em cada POP sendo que deixamos de fora as caixas de emenda no decorrer do trecho para não poluir a imagem. Mais abaixo está uma tabela com a quantidade de caixas de emenda em cada caminho.

Mais abaixo encontra-se a tabela 13 demonstrando a quantidade de caixas de emenda distribuídas em cada enlace.

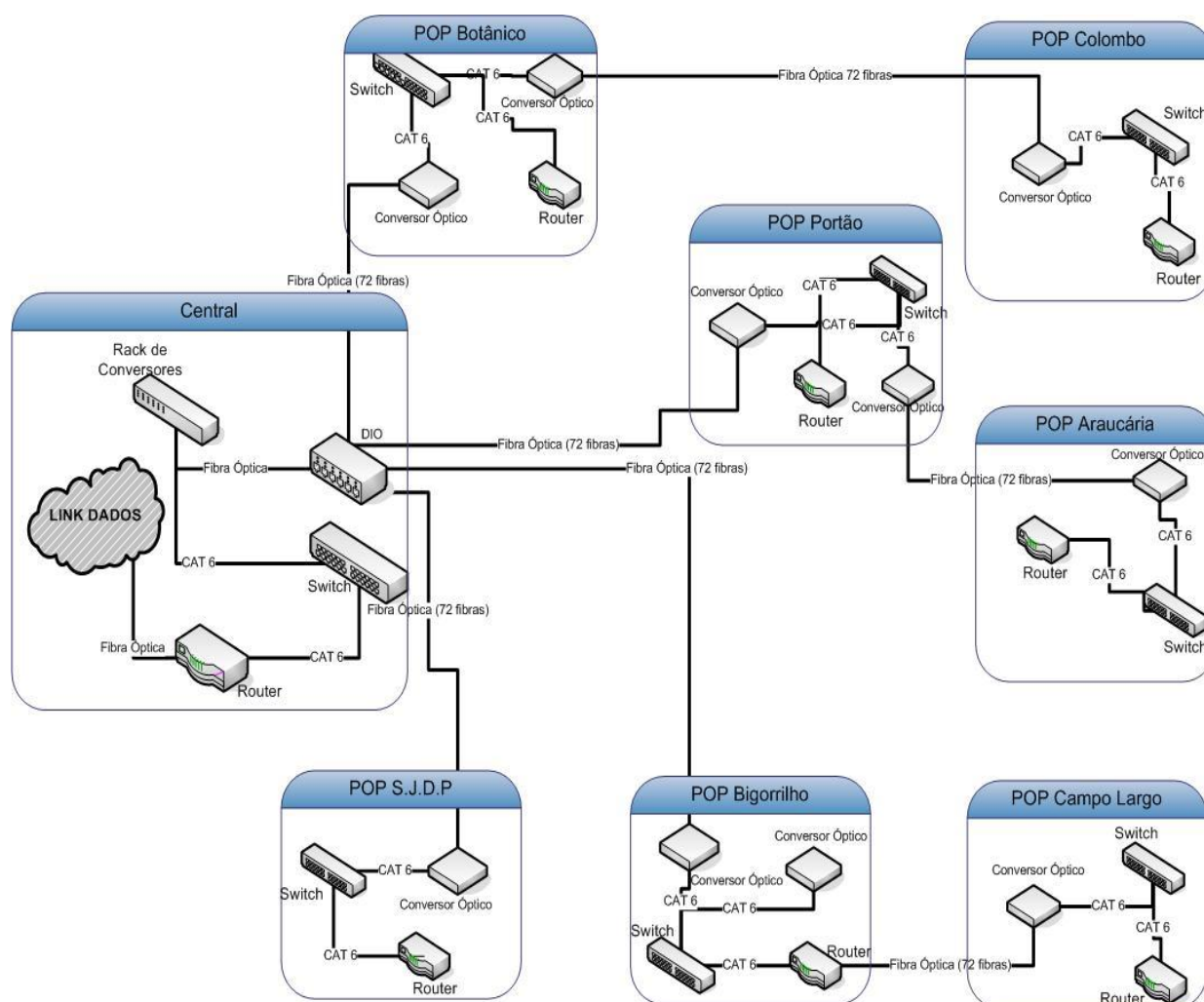


Figura 23 - Topologia da Rede Óptica

Caixas de Emenda	
Rota	Caixa Unidade
Matriz > Portão	3
Matriz > Bigorriho	4
Matriz > J. Botânico	5
Matriz > S.J.D.P	15
Portão > Araucária	28
Bigorriho > Campo Largo	35
J. Botânico > Colombo	26

Tabela 13 - Caixas de Emenda II

4.1. Distâncias

A distância total em cabos para a rede 100% fibra óptica tem um total de 119,7 Km sendo que 81,7 Km são cabos aéreos auto-sustentáveis e 38 Km de cabos enterrados ou em dutos de prédios.

Abaixo encontra-se a tabela 14 que demonstra a metragem discriminada.

Tabela Distâncias Ópticas	
Rota	Distância
Matriz > Portão	4,0 Km
Matriz > Bigorrilho	4,5 Km
Matriz > J. Botânico	5,8 Km
Matriz > S.J.D.P	15,3 Km
Portão > Araucária	28,3 Km
Bigorrilho > Campo Largo	35,4 Km
J. Botânico > Colombo	26,4 Km

Tabela 14 - Distâncias Ópticas II

4.2. Custos Referentes a Mão de Obra da Rede Óptica

Custos Referentes a Mão de Obra da Rede Óptica			
Quantidade	Descrição	Valor Unitário	Total
81,7 Km	Lançamento de cabo óptico auto-sustentável	R\$ 2,60	R\$ 212.420,00
38 Km	Lançamento de cabo óptico em dutos e prédios	R\$3,00	R\$ 114.000,00
3,2 Km	Lançamento de cabo com cordoalha	R\$3,10	R\$ 9.920,00
8 unidades	Instalação de DIO	R\$40,00	R\$ 320,00
116 unidades	Instalação de caixa de emenda óptica c/ derivações	R\$ 50,00	R\$ 5.800,00
5 Km	Reserva Técnica	R\$ 2,80	R\$ 14.000,00
592 unidades	fusão /teste e elaboração de relatorios	R\$40,00	R\$23.680,00
Total			R\$ 380.140, 00

Tabela 4 - Custos Mão de Obra II

4.3. Valor dos Cabos Ópticos

Valor dos Cabos Ópticos			
Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Cabo Óptico Auto Sustentável CFOA-AS80-72F	81.700 metros	R\$ 8,95	R\$ 731.215,00
Cabo Óptico para dutos CFOA-X-ARD-W	38.000 metros	R\$ 13,65	R\$ 518.700,00
TOTAL			R\$ 1.249.915,00

Tabela 16 - Valor dos Cabos

4.4. Valor dos Equipamentos de Borda, Elétricos e Passivos

Equipamentos de Borda (Dados e Alimentação)				
Equipamentos	Destino Instalação	Valor Unitário	Quantidade	valor Total
3com Switch 5500g-ei 24-port	Central	R\$4.200,00	9	R\$ 37.800,00
	POP Bigorriho			
	POP Jardim Botânico			
	Backup			
	POP Portão			
	POP São José dos Pinhais			
	POP Colombo			
Nobreak SINUS DUBLE II BLACK 10KVA TI 115	POP Araucária	R\$14.350,00	7	R\$100.450,00
	POP Campo Largo			
	POP Bigorriho			
	POP Jardim Botânico			
	POP Portão			
No Break Apc 15,0 Kva	Central	R\$25.250,00	2	R\$50.500,00
Gerador DTA Automático Silenciado 63 Kva	Central	R\$35.000,00	1	R\$35.000,00
Router RB1100 MKT	Central	R\$1.589,00	8	R\$12.712,00
	POP Bigorriho			
	POP Jardim Botânico			
	POP Portão			
	POP São José dos Pinhais			
	POP Colombo			
	POP Araucária			
Rack Monobloco 44Us x 800	Central	R\$1.440,00	1	R\$1.440,00
Rack Monobloco 28Us x 600	POP Bigorriho	R\$749,00	7	R\$5.243,00
	POP Jardim Botânico			
	POP Portão			
	POP São José dos Pinhais			
	POP Colombo			
	POP Araucária			
	POP Campo Largo			
Rack Furukawa 44 Us	Central	R\$1700,00	1	R\$1700,00
DIO 72 posições	POP Bigorriho	R\$518,00	8	R\$2.100,00
	POP Jardim Botânico			
	POP Portão			
	POP São José dos Pinhais			
	POP Colombo			
	POP Araucária			
Chassi para 16 conversores	Central	R\$650,00	5	R\$3.250,00
Conversores Óticos	POP Bigorriho	R\$350,00	8	R\$2.800,00
	POP Jardim Botânico			
	POP Portão			
	POP São José dos Pinhais			
	POP Colombo			
	POP Araucária			
	POP Campo Largo			
TOTAL	Central			R\$ 252.995,00

Tabela 17 - Custo Equipamentos de Borda, Elétricos e Passivos

4.5. Valor Total da Rede de Fibra Óptica

Valor Total Rede 100% Óptica	
Descrição do Custo	Valor
Cabos Ópticos	R\$ 1.249.915,00
Mão de Obra	R\$ 380.140,00
Equipamentos de borda, elétricos e passivos	R\$ 252.995,00
Total	R\$ 1.883.050,00

Tabela 18 - Custos Finais

5. CONCLUSÕES

O estudo desse trabalho foi baseado nas necessidades dos dias atuais, mas não se esquecendo das futuras expansões, concluir-se uma enorme diferença de valores entre as duas topologias. Essa enorme diferença foi devido ao elevado valor da fibra óptica em relação aos equipamentos de rádios frequências e também o custo de seu lançamento.

A rede mista teve o custo 1/3 do valor da rede 100% óptica. A qualidade dos equipamentos e tecnologias wireless torna essa rede viável e atendendo todas as necessidades do nosso mercado. Além da maior facilidade e maior rapidez de implantação.

Buscando informações com profissionais da área referente a manutenção da rede acreditamos que o tempo para resolver determinado problema como por exemplo rompimento de fibra seja igual para ambas as redes. Na teoria o GEPON seria mais fácil para manutenção se tivéssemos tratando de uma rede já com clientes ativos pelo fato que o cabo do cliente seria de menor comprimento ao compararmos com uma rede óptica comum. Na GPON o cabo do cliente seria derivado de um *splitter* que encontra-se em uma caixa de emenda próxima, sendo que dessa forma, o tempo para manutenção e até para identificação do problema seria menor. Porém como nos estamos tratando a rede somente como um todo (*backbone*) o tempo para manutenção seria idêntico entre as duas topologias salvo se compararmos com a parte wireless da rede que tem procedimentos e técnicas diferentes das redes ópticas.

Para uma rede de médio porte (velocidade de transmissão) a rede mista torna-se ideal pelo valor de implantação dela ser menor que uma rede totalmente constituída por fibra. Nos POPs mais distantes teremos uma limitação de 300 Mbit/s que se antes do crescimento houver um estudo que a demanda total

não passaria 150 Mbit/s ela torna-se praticável pois existe a possibilidade de crescimento sem trocas de equipamentos.

Por outro lado, se a demanda inicial for uma média de 250 Mbit/s nesses POPs finais, devido a crescente velocidade que vem ocorrendo em um curto espaço de tempo existe o risco da rede mista torna-se impraticável em um período muito curto, ocasionando dessa forma prejuízos com depreciação dos equipamentos sem fio (rádios Comba) e também uma corrida contra o tempo para buscar novas soluções afim de atender a demanda de velocidade atual. Provavelmente a solução seria através de fibra óptica devido a dificuldade de encontrar em outros meios nessas distâncias descritas no trabalho uma forma de atender os POPs com velocidades acima de 300Mbit/s.

6. REFÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

FURUKAWA, Soluções. Disponível em:

www.furukawa.com.br Acesso em 25 Nov. 2011

MIYOSHI, Edson Mitsugo, SANCHES, Carlos Alberto. Projetos de Sistema de Rádio. São Paulo: Érica, 2008.

RTI, Redes, Telecom e Instalações. Redes Convergentes, nº133: Jun. 2011

COMBA, Produtos e Soluções. Disponível em:

http://www.comba-Telecom.com/Channel_11_0.aspx?ClassID=39 .

Acesso em 21 Nov. 2011

GIOZZA, William, CONFORTI, Evandro, WALDMAN, Hélio. Fibras Ópticas. São Paulo: Makron Books. 1991.

SOARES, Neto, BOSCATO, Mário, SILVA, Adelson. Redes de Alta Velocidade. São Paulo: Érica 2009.