



ODAIR DOS SANTOS MESQUITA

**PERSPECTIVAS DE SOLUÇÃO TECNO
ECONÔMICO PARA PROJETOS DE REDE EM
BANDA LARGA**

Campinas
2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação

ODAIR DOS SANTOS MESQUITA

PERSPECTIVAS DE SOLUÇÃO TECNO
ECONÔMICO PARA PROJETOS DE REDE EM
BANDA LARGA

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica. Área de concentração: Telecomunicações e Telemática.

Orientador: PROF. DR. YUZO IANO

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação defendida pelo aluno Odair dos Santos Mesquita e orientado pelo Prof. Dr. Yuzo Iano

Campinas
2013

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

M562p Mesquita, Odair dos Santos, 1957-
Perspectivas de solução técnico econômico para projetos de rede em banda larga / Odair dos Santos Mesquita. – Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Yuzo Iano.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Fibras óticas. 2. Fibras óticas - Comunicação. 3. Fibras óticas - Sistemas de comunicação. 4. Sistemas de comunicação em banda larga. I. Iano, Yuzo, 1950-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Perspectives of technical and economical solutions for broadband networking project

Palavras-chave em inglês:

Fiber optics

Optical fibers - Communication

Optical fibers - Communication systems

Communication systems for broadband

Área de concentração: Telecomunicações e Telemática

Titulação: Mestre em Engenharia Elétrica

Banca examinadora:

Yuzo Iano [Orientador]

Adão Boava

Vicente Idalberto Becerra Sablón

Data de defesa: 19-12-2013

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Elétrica

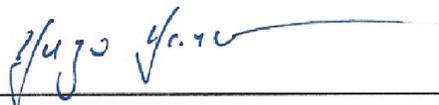
COMISSÃO JULGADORA - TESE DE MESTRADO

Candidato: Odair dos Santos Mesquita

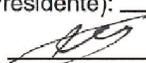
Data da Defesa: 19 de dezembro de 2013

Título da Tese: "Perspectivas de Solução Tecno Economico para Projetos de Rede em Banda Larga"

Prof. Dr. Yuzo Iano (Presidente):



Prof. Dr. Adão Boava:



Prof. Dr. Vicente Idalberto Becerra Sablón:



Resumo

Nos últimos anos houve uma evolução das redes de telecomunicações no Brasil. A implantação de redes de fibra óptica tornou-se uma realidade dos centros urbanos bem como nas áreas rurais. Com a expansão dessas redes observa-se o surgimento e a necessidade de normatização das redes ópticas passivas. Entre essas redes passivas destaca-se a EPON (Ethernet Passive Optical Network) e a GPON (Gigabit-Capable Passive Optical Network). Com a expansão de redes de banda larga e de novos serviços ligados a ela, torna-se necessário a realização de estudos detalhados sobre a viabilidade técnica econômica e de aplicabilidade dessas redes. É por isso que desenvolvemos nesse trabalho um modelamento econômico financeiro sobre essas novas tecnologias. Esse modelamento permite escolher a tecnologia economicamente mais viável na implantação de projetos envolvendo as tecnologias GPON e/ou EPON. Esse projeto é baseado em um estudo de caso para um município do interior de São Paulo, Brasil. Durante o estudo realizamos um planejamento técnico econômico detalhado visando uma eventual implantação de uma dessas redes. Foi feita uma apresentação completa dessas tecnologias baseada no estudo de caso. Foi discutida a possibilidade de implantar esse projeto na cidade escolhida do interior de São Paulo ou em qualquer outra cidade brasileira.

Palavras-chave: Redes GPON e EPON. Redes de fibra óptica. Rede de Banda Larga. Planejamento tecno economico de redes.

Abstract

In recent years there has been an evolution of telecommunications networks in Brazil. The implementation of fiber-optic networks has become a reality of urban centers and rural areas. With the expansion of these networks, we observed the emergence and the need for standardization of these passive optical networks. Among these networks, there are the EPON (Ethernet Passive Optical Network) and GPON (Gigabit-Capable Passive Optical Network). With the expansion of broadband networks and new services linked to them, it becomes necessary to conduct detailed studies of the technical and economic applicability of these networks. We developed in this project a careful financial economic modeling on these new technologies. This modeling technique allows choosing the best of these technologies (GEPON/EPON) and the one that is economically feasible. This project is based on a case study for the city of São Paulo, Brazil. During the study, we performed a detailed techno-economic planning aimed an eventual implementation of any of these networks. A complete presentation of these technologies was done based on this case study. It was also discussed the possibility of implementing this project in the chosen city of São Paulo or any other Brazilian city.

Key-words: GPON and EPON networks. Optical fiber networks. Broadband Networking. Planning techno economic of networks.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Histórico das transmissões ópticas nas telecomunicações	1
1.2	Redes legadas	2
1.3	Evolução do Mercado para as Redes Ópticas de Acesso	3
1.4	Objetivos, Motivação e Metodologia	4
2	Visão integrada das Redes Ópticas de Acesso	7
2.1	Rede PON (Passive optical Network)	7
2.2	Rede PON - Banda Larga	8
2.3	Redes PON Ethernet	9
2.4	Redes FTTH (Fiber to the Home)	9
2.5	Redes WDM PON	9
2.6	Evolução das Redes EPON e GPON no Mundo	10
3	Redes GPON	15
3.1	Sistema PDH	15
3.2	Sistema SDH	17
3.3	O Padrão ITU-T 984 GPON	19
3.4	Arquitetura da Rede GPON	19
3.5	Configurações de rede GPON	20
3.6	Interfaces de Nó de Serviço	20
3.7	Proteções na seção PON	23
3.8	Comutação	23
3.9	Configurações Duplex e suas Características	24
3.9.1	Características	25
3.9.2	Requisitos	27
3.10	Perdas no sistema GPON	29
4	Redes EPON	31
4.1	Definições do IEEE	31
4.2	O Padrão IEEE 802.3z	32
4.3	Canal de Distribuição (<i>Downstream</i>)	35

4.4	Canal de retorno (<i>Upstream</i>)	35
5	Proposta de teste de campo (test bed)	37
5.1	Pesquisa da Região Piloto	37
5.2	Características Técnicas	38
5.3	Arquitetura do Projeto	40
6	Comparação Tecno Económico das Redes EPON e GPON	45
6.1	Premissas do projeto	45
6.2	Aspectos Financeiros	46
6.2.1	PAYBACK	47
6.2.2	VPL (Valor presente líquido)	48
6.3	Análises comparativas das soluções EPON e GPON	49
6.3.1	Investimentos do projeto	49
6.3.2	Demonstrações dos gastos no Projeto do projeto EPON	51
6.3.3	Demonstrações dos gastos no Projeto do projeto GPON	52
6.3.4	Demonstrativos Comparativos GPON/EPON	54
6.3.5	Discussão dos Resultados	63
7	Conclusões e Trabalhos Futuros	67
7.1	Resumo	67
7.2	Trabalhos Futuros	68
	Bibliografia	69
	A Características de EPON e GPON	71
	B Dados do Municipio de Holambra	75

A DEUS, INVISÍVEL, ÚNICO E
VERDADEIRO.

Agradecimentos

Eu agradeço,

Ao Professor orientador Dr. Yuzo Iano que me recebeu de braços abertos e que me apoiou nesta busca incessante e necessária do crescimento intelectual.

Aos meu amigo Ângelo Morreti, não só pela amizade e convívio, mas também pelas inestimáveis críticas que engrandeceram este trabalho.

A minha mãe Nicéas, a minha esposa Karine e aos meus filhos Alex, Kamila e Karolina Mesquita pelo imenso amor, incentivo e compreensão. Vocês são maravilhosos. Amo muito vocês.

A Deus e ao seu único filho Nosso Sr. Jesus Cristo por me dar muita determinação, força física/mental e inteligência e por me cercar de diversas pessoas boas.

A todos os órgãos de fomento à pesquisa:

1. CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - "National Counsel of Technological and Scientific Development".
2. CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.
3. CAPES RH-TVD - Programa de Formação de Recursos Humanos em TV Digital (RH-TVD).
4. CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
5. Faepex/Unicamp - Fundo de Apoio ao Ensino, à Pesquisa e à Extensão/ Unicamp.
6. RNP/CTIC (Rede Nacional de Pesquisa/Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias Digitais para Informação e Comunicação).
7. FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

Bem-aventurado o homem que acha sabedoria, e o
homem que adquire conhecimento;
Porque é melhor a sua mercadoria do que artigos
de prata, e maior o seu lucro que o ouro mais fino.
Mais preciosa é do que os rubis, e tudo o que mais
possas desejar não se pode comparar a ela.
Vida longa de dias está na sua mão direita; e na
esquerda, riquezas e honra.
Os seus caminhos são caminhos de delícias, e todas
as suas veredas de paz.
É árvore de vida para os que dela tomam, e são
bem-aventurados todos os que a retêm.

Provérbios 3:13-18

Lista de Figuras

2.1	Representação de rede FTTH PON.	7
2.2	Representação de uma rede WDM PON FTTH.	10
2.3	Representação de rede WDM PON FTTH.	11
2.4	Estudo FTTH. Economias mundias com mais de 1% penetração residencial. . .	12
2.5	Estudo FTTH. Numero de residências conectadas e percentual de penetração. .	13
2.6	Evolução do FTTH na Europa.	13
2.7	Evolução do FTTH na América do Norte no período 2001–2007.	14
3.1	Hierarquia PDH Europeia.	16
3.2	Hierarquia PDH Americana.	16
3.3	Hierarquia PDH Japonesa.	17
3.4	Composição Níveis de hierarquia PDH.	17
3.5	Arquiteturas de Rede segundo a recomendação ITU-T G.984.1	20
3.6	Arquitetura GPON.	21
3.7	Configuração GPON.	22
3.8	Divisor Óptico.	23
3.9	Modelo de sistema duplex	24
3.10	Sistema duplex GPON - Sistema de duplicação da fibra	25
3.11	Sistema único duplex GPON	26
3.12	Sistema duplex GPON - Sistema de duplicação completo	26
3.13	Sistema duplex GPON - Configuração duplex	27
4.1	Padrão OSI e Padrão das Camadas do Modelo de IEEE 802.3z.	33
4.2	Rede com um OLT conectada a diversas ONU's.	35
4.3	Tráfego do canal de recepção downstream com filtragem de quadros realizada pelas ONU's.	36
4.4	Tráfego do canal de transmissão upstream com filtragem de quadros realizada pelas ONU's.	36
5.1	Mapas da região piloto (test bed).	38
5.2	Representação do quadrante principal do município.	39

5.3	Topologia Física e Topologia Lógica	40
5.4	Topologia física de malha e Topologia logica da rede. a) Topologia física de malha. b) topologia lógica estrela.	40
5.5	Sugestão de topologia do sistema óptico.	41
5.6	Localização de todos os pontos desejados para atendimento do Projeto.	42
5.7	Desenho do modelo de Rede Óptico para o município de Holambra.	43
6.1	Desenho do modelo de Rede Óptico para o município de Holambra.	50
6.2	EPON: Comparativo Receita x Despesas.	55
6.3	GPON - Comparativo Receita x Despesas.	59
6.4	Estimativa de valores para implantação de Projeto.	59
6.5	Evolução do payback EPON.	62
6.6	Evolução do payback GPON.	63
6.7	EPON: Fluxo de caixa x VPL.	63
6.8	GPON: Fluxo de caixa x VPL.	64
B.1	Mapa da região de São Paulo	76
B.2	Localização do Município de Holambra no Estado de São Paulo	77
B.3	Fotografias da cidade de Holambra	78
B.4	Produto Interno Bruto (PIB)	78
B.5	Configuração da frota de Holambra	79

Lista de Tabelas

2.1	Dados do FTTH Council Europa 30/03/2011.	14
3.1	Níveis hierárquicos PDH.	16
3.2	Níveis hierárquicos em SDH.	18
3.3	Transmissão GPON.	22
3.4	Exemplo de serviços e comentários.	29
3.6	G.984.1–Exemplos da UNI e serviços.	30
3.7	G.984.1–Exemplos da UNI e serviços.	30
3.8	Perdas no GPON.	30
6.1	Rede de Fibras Ópticas (Backbone) Principal e Back-up.	51
6.2	Equipamentos da Rede Óptica.	52
6.3	Rede WIFI.	52
6.4	Equipamentos EPON.	53
6.5	Capex e Opex e Despesas Indiretas da rede EPON.	53
6.6	Valores de investimento inicial EPON.	54
6.7	Receita Gerada e Despesas Fixas (ano 1 a 15).	54
6.8	Backbone Fibras Ópticas Principal e back-up.	56
6.9	Equipamentos da Rede Óptica.	57
6.10	Rede WIFI.	57
6.11	Equipamentos GPON.	57
6.12	Capex e Opex e Despesas Indiretas da rede GPON.	57
6.13	Valores de investimento inicial EPON.	58
6.14	Receita Gerada e Despesas Fixas (ano 1 a 15).	58
6.15	Tecnologias (Capex e Opex)	58
6.16	Demonstrativos Global dos valores do projeto EPON e GPON	60
6.18	Demonstrativos dos valores do payback do projeto EPON	61
6.20	Demonstrativos dos valores do payback do projeto GPON	61
6.22	Tabela de cálculo do VPL	64
6.24	Tabela de cálculo do VPL	65

6.26	Indicadores do Projeto: Payback , VPL e ROI	66
A.1	Características das tecnologias EPON e GPON	71
A.2	Recomendações para BPON e GPON	72
B.1	Dez maiores empresas em Valor	79

Lista de Acrônimos e Notação

ADSL	(Asymmetric Digital Subscriber Line) - Linha Assimétrica Digital de Assinante
AE	(Advanced Ethernet) - Ethernet avançada
AES	(Advanced Encryption Standard) - Padrão de Criptografia Avançado
AF	(Adaptation Function) - Função de adaptação
AGC	(Automatic Gain Control) - Controle Automático de Ganho
APON	(Passive Optical Network over Asynchronous Transfer Mode) - Rede Óptica Passiva sobre Modo de Transferência Assíncrona
ATM	(Asynchronous Transfer Model) - Modelo de Transferência Assíncrono
AUI	(Attachment Unit Interface) - Interface da Unidade de Anexação
AVC	(Attribute Value Change) - Variação de valor atribuído
AWG	(Arrayed Waveguide Grating) - Grade de Guia de Onda
BPON	(Broadband Passive Optical Network) - Rede de Banda Larga Óptica Passiva
CAPEX	(Capital Expenditure) - Despesas de capital
CDR	(Clock Data Recovery) - Recuperação de dados de relógio
CES	(Circuit Emulation Service) - Serviço de emulação de circuito
CO	(Central Office) - Central Telefônica
CPU	(Central Processing Unit) - Unidade Central de Processamento
CRC	(Cyclic Redundancy Check) - Verificação de Redundância Cíclica
CSMA/CD	(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) - Acesso Múltiplo com detecção de portadora e detecção de colisão
DHCP	(Dynamic Host Configuration Protocol) - Protocolo de Configuração Dinâmica de Hospedeiro
DSL	(Digital Subscriber Line) - Linha Digital do Assinante
EDFA	(Erbium Doped Fiber Amplifier) - Amplificador de Fibra Dopada com Érbio
EFM	(Ethernet in the First Mile) - Ethernet na Primeira Milha

EFMA	(Ethernet in the First Mile Alliance) – Aliança para Ethernet na Primeira Milha - Consórcio de fornecedores de equipamentos de telecomunicações
EPON	(Ethernet Passive Optical Network) - Ethernet baseada em Rede Óptica Passiva
FIFO	(First In First Out) - Primeiro a entrar primeiro a sair
FSAN	(Full Service Access Network) - Rede de acesso de serviço completo
FTTA	(Fiber to the Antenna) - Fibra até o ar ou área (conexão redes sem fio)
FTTB	(Fiber to the Business) - Fibra no negocio
FTTC	(Fiber to the Curb) – Fibra no meio fio
FTTCab	(Fiber to the Cabinet)- Fibra no gabinete
FTTH	(Fiber to the Home) - Fibra na casa
FTTP	(Fiber To ThePremises) - Fibra nas instalações
FTTX	(Fiber to the X) – Designação genérica para qualquer banda larga
GEM	(GPON Encapsulation Method) - Método de encapsulamento GPON
GEPON	(Gigabit capable Ethernet Passive Optical Networks) - Rede Óptica Passiva baseada em Gigabit Ethernet
GMII	(Gigabit Media Independent Interface)- Interface Gigabit Independente do meio
GPON	(Gigabit capable Passive Optical Networks) - Redes ópticas passivas capazes de Gigabit
GTC	(G Pon Transmission Convergence) - Convergência de transmissão
GPON HDMI	(High Definition Multimedia Interface) - Interface multimídia de alta definição
HEC	(Header Error Control) - Controle de cabeçalho de erro
ICMP	(Internet Control Message Protocol) - Protocolo de controle de mensagem Internet
IDCT	(Inverse Discrete Cosine Transform) - Transformada inversa discreta de cosseno
IEEE	(Institute of Electrical and Electronics Engineers) - Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos
IETF	(Internet Engineering Task Force) - Força Tarefa de engenharia da Internet
IFPON	(PON-Specific Interface) – Interface específica
PON IGMP	(Internet Group Management Protocol) - Grupo de gerência de protocolo Internet
IP	(Internet Protocol) - Protocolo Internet
IPTV	(Internet Protocol Television) - Televisão sobre o protocolo Internet
IPV4	(Internet Protocol Version 4) - Protocolo Internet versão 4
IPV6	(Internet Protocol Version 6) - Protocolo Internet versão 6
ISDN	(Integrated Services Digital Network) – RDSI - Rede Digital de Serviço Integrado

ITU-T	(International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization) - União Internacional das telecomunicações - Normatização das Telecomunicações
GMII	(Gigabit Media Independent Interface) – Interface do meio Gigabit independente
GTC	(G-PON Transmission Convergence) - Convergência de transmissão GPON
GPON	(Gigabit Capable Passive Optical Networks) – Redes Ópticas Passivas capazes de Gigabits
LAN	(Local area network) - Rede de Área Local
LAST MILE	Última Milha
LLID	(Logical Link ID) – Identificação do Link Lógico
MAC	(Media Access Control) - Controle de Acesso ao Meio
MAN	(Metropolitan Area Network) - Rede de área Metropolitana
MAU	(Medium Access Unit) - Unidade de Acesso ao Meio
MCPC	(MultiPoint Control Protocol) - Protocolo de Controle Multiponto
MDI	(Medium Dependent Interface) – Interface do Meio Independente
MDU	(Multi-dwelling Unit) – Unidade de múltiplas moradias
MSE	(Mean Square Error) - Erro médio quadrático
NE	(Network Element) – Elemento de rede
NT	(Network Termination) – Terminação de Rede
NPV	(Net Present Value) – VPL - Valor presente líquido
OAM	(Operation Administration and Maintenance) – Operação, Administração e Manutenção
OAN	(Optical Access Network) – Rede de acesso óptico
OMCI	(ONT Management and Control Interface) - ONT Interface de Controle e Gerência
ODF	(Optical distribution frame) – Quadro de distribuição óptica
ODN	(Optical distribution network) – Rede de distribuição ótica
OLT	(Optical Line Termination) - Terminação de Linha Óptica
ONA	(Optical Network Access) – Rede Óptica de Acesso
ONT	(Optical Network Termination) - Terminação de Rede Óptica
ONU	(Optical Network Unit) - Unidade de Rede Óptica
ONU Colorless	(Optical Network Unit Colorless) – Unidade de Rede Óptica sem comprimento de onda fixa
OPEX	(Operational Expenditure) - Despesa operacional
OSI	(Open Systems Interconnection) - Interconexão de Sistemas Abertos
PDH	(Plesiochronous Digital Hierarchy) - Hierarquia Digital Plesiócrona
PHY	(Physical Layer Device) – Dispositivo de Camada Física
PLOAM	(Physical Layer OAM) - Camada Física OAM
PLS	(Physical Signaling) - Sinalização Física
PMA	(Physical Medium Attachment) – Interface de Adaptação ao meio físico

PON	(Passive Optical Network) - Rede Óptica Passiva
POTS	(Plain Old Telephone Service) – Serviço de telefonia fixa antiga, denominação popular da PSTN
PSTN	(Public Switched Telephone Network) – Rede Publica de telefonia comutada
QAM	(Quadrature Amplitude Modulation) - Modulação de Amplitude em Quadratura
QoS	(Quality of Service) - Qualidade de Serviço RFP (Request for Proposal) - Solicitação de proposta
RFC	(Request for Comments) - Pedido de Comentários
ROI	(Return on Investment) – Retorno sobre o investimento
RTCP	(Real Time Transport Control Protocol) - Protocolo de Controle em Tempo Real
RTP	(Real Time Protocol) - Protocolo em Tempo Real RTT (Round Trip Time) - Tempo de volta completa
RxGEM	(Receive GPON Encapsulation Method) - Método de encapsulamento de recepção GPON
SNI	(Service Node Interface) – interface de nó de serviço
SDH	(Synchronous Digital Hierarchy) - Hierarquia Digital Síncrona
SNR	(Signal Noise Ratio) – Relação Sinal Ruído
SONET	(Synchronous Optical Network) - Rede Óptica Síncrona
STB	(Set Top Box) – Terminal fixo do usuário
STM	(Synchronous Transport Module) - Módulo de Transporte Síncrono
TC	(Transmission Convergence) - Convergência de Transmissão
TDM	(Time Division Multiplexing) - Multiplexação por Divisão de tempo
TDMA	(Time Division Multiple Access) - Múltiplo Acesso por divisão de Tempo
TxGEM	(Transceiver GPON Encapsulation Method) - Método de encapsulamento do Transceiver GPON
UDP	(User Datagram Protocol) - Protocolo de usuário de datagrama
UNI	(User Network Interface) – Interface de usuário de redes
VDSL	(Very high bit rate Digital Subscriber Line) – linha digital do assinante com muito alta taxa de bits
VLAN	(Virtual Local Area Network) - Rede Local Virtual
VLANID	(Virtual Local Area Network Identification) – identificação da Rede local virtual
VoD	(Video on Demand) - Vídeo sob Demanda
VoIP	(Voice over Internet Protocol) - Voz sobre Protocolo Internet
VoTDM	(Voice over Time Division Multiplexing) - Voz sobre Multiplexação por Divisão de Tempo
VPL	Valor Presente Líquido
WAN	(Wide Area Network) - Rede de área ampla
WDM	(Wavelength Division Multiplexing) - Multiplexação por Divisão de Comprimento de Onda

WiMax	(Worldwide Interoperability for Microwave) – Access Acesso de interoperabilidade em Microondas mundial
xDSL	(Variations of Digital Subscriber Line) - Variações de linha de assinante digital

Trabalhos Publicados Pelo Autor

1. Odair dos Santos Mesquita, Yuzo Iano, Rangel Arthur. “PERSPECTIVAS DE SOLUÇÕES TECNO-ECONÔMICO PARA PROJETOS DE REDE EM BANDA LARGA NA EDUCAÇÃO EAD E PRESENCIAL”. *REVISTA EDAPECI- EDIÇÃO ESPECIAL* (2014), Aracaju, Segipe, Brasil.

Introdução

Para realizar o estudo do histórico das transmissões ópticas nas telecomunicações, primeiramente apresentamos um pequeno resumo da passagem deste legado como também das primeiras tecnologias de redes de acesso e das redes PDH¹ e SDH².

1.1 Histórico das transmissões ópticas nas telecomunicações

A humanidade sempre passou por grandes mudanças e transformações de diferentes tipos, tais como a necessidade de comunicação e transmissão de informação para perto, longe e no mundo todo. Várias formas surgiram e vieram evoluindo até os dias de hoje como, a fala, a escrita, o correio, a telegrafia, o telefone, a internet, o rádio, a televisão, celular, etc (Ribeiro 1980).

De uma forma sintética podemos citar pontos históricos na evolução de comunicação do homem:

Em 1850 o físico John Tyndall demonstrou que a luz poderia ser guiada por uma superfície curva;

Em 1880 Alexander Graham Bell inventou o fotofone, dispositivo que reproduzia a voz através de detecção da variação de sinais de luz num receptor;

A fibra para transmissão de imagens precursora das atuais fibras usadas na medicina foi desenvolvida nos anos 50;

Em 1960 surge os primeiros Lasers para telecomunicações;

Em 1966 Charles Kao e Charles Hockham na Inglaterra publicaram um paper propondo as fibras ópticas como meio de transmissão desde que a atenuação passasse de 1000 para 20 dB/km;

Em 1970 a Corning produz as primeiras fibras com atenuação abaixo de 20 dB/km;

Em 1972, a atenuação já cai para valores menores que 4 dB/km; atualmente estão abaixo de 0,2 dB/km;

¹PHD – Hierarquia Digital Plesiócrona

²SDH – Synchronous Digital Hierarchy

Em 1973 surgem os primeiros links ópticos que foram utilizados em regime fechado pelos militares nos EUA;

Em 1982 o Brasil inaugurou seu primeiro link ótico publico no Rio de Janeiro, com componentes e equipamentos brasileiros, num trabalho pioneiro da Telebrás (Telecomunicações Brasileiras S.A);

Surge neste novo cenário a criação de grandes redes de fibras ópticas em todo o Brasil. Com a evolução das telecomunicações e o desenvolvimento dos computadores, os mesmos foram interligados formando grandes redes integradas. As redes utilizam links em fibras ópticas dedicadas, com grande capacidade de tráfego na ordem de muitos Gbits.

Atualmente as redes de computadores são divididas em três grupos. Esta divisão foi proposta devido às características particulares de cada uma delas: WAN³ redes de âmbito global, MAN⁴ redes metropolitanas e as LAN⁵ redes locais. As WAN são redes que devem atingir grandes distâncias, ligações entre cidades vizinhas no país e as redes intercontinentais ligando o Brasil ao mundo.

As redes LAN Padronizadas pelo IEEE⁶ 802.1 determinam banda de 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps e 10 Gbps e inovações para futuro próximo (IEEE 2004). Esta estrutura de rede fornece a infraestrutura de comunicações nos prédios, nas empresas e em residências. Nos últimos anos o padrão IEEE 802.11 (IEEE 2003) conhecido como WiFi⁷, também se tornou um importante padrão propiciando mobilidade para as redes LAN, na versão que atende usuários em até 300 metros com banda máxima de 54 Mbps.

As redes de acesso continuam sendo um grande gargalo nos Sistemas de Telecomunicações Brasileiro, devido ao seu alto custo, tanto na instalação quanto na operação e na manutenção.

A utilização de fibras ópticas nas redes de acesso, FTTX⁸ designação genérica para qualquer banda larga, embora proposta há quase 20 anos, visando atender ao contínuo aumento na demanda por banda pelos usuários das redes de telecomunicações, só nos últimos 5 anos vem se estabelecendo firmemente em nível mundial.

1.2 Redes legadas

A evolução das telecomunicações até os dias atuais foram marcadas pelas grandes descobertas de novas tecnologias que estão sempre em desenvolvimento.

Entre as quais podemos citar algumas das mais relevantes: o telégrafo (1837), o telefone (1876), a transmissão sem fios por ondas rádio (1895) e a transmissão em fibra óptica (1966).

Com o desenvolvimento progressivo das novas tecnologias os serviços telegráficos, telefônicos e a televisão e mais recentemente a Internet trouxe para o mundo integração dos povos. Os serviços destas tecnologias são suportados por infraestrutura de redes de telecomunicações, as quais garantem a transferência de informação para os cidadãos e usuários empresariais, ocupando-se da transmissão, transporte da informação à distância e da comutação com encaminhamento da informação e sinalização de voz.

³Wide Area Network

⁴Metropolitan Area Network

⁵Local Area Network

⁶Institute of Electrical and Electronics Engineers

⁷Dispositivos de rede local sem fio

⁸Fiber to the X

Em termos de alcance e abrangência as redes estruturam-se nos seguintes níveis:

1. Redes de acesso (alcance tipicamente inferior a 20 km), responsáveis pela interface com os usuários;
2. Redes metropolitanas de distribuição e acesso: cobrem uma cidade ou região metropolitana, interligando as redes de acesso nessas áreas a uma rede central (alcance típico de 3050 km).
3. Redes metropolitanas tronco: são as que agregam o tráfego e transmitem em altas taxas entre regiões metropolitanas ou entregam para as redes interurbanas de longa distância; (alcance típico de 3050 km).
4. Redes de longa distância interligam cidades, estado, país, ou continentes, através de ligações de muito alta capacidade entre as diversas redes metropolitanas ou regionais (alcance 50100 km, ou mais).

A rede de serviço proporciona uma plataforma otimizada para a transferência de informação. Para garantir de modo eficiente e confiável a transferência de informação à distância, a rede de transporte é responsável pela execução de um conjunto de funcionalidades que incluem: transmissão, multiplexagem, encaminhamento, provisionamento de capacidade, proteção, supervisão e gestão.

Até meados dos anos 90, as operadoras de telecomunicações usavam como plataforma de transporte a hierarquia digital plesiócrons ou PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) destinado para tráfego proveniente das centrais telefônicas (Urbanas, Interurbanas e Internacionais). Esta hierarquia possui vários níveis de multiplexagem (taxas de bit agregadas), mas não apresenta sincronismo exato em função dos relógios de diferentes elementos da rede não estar perfeitamente sincronizado, daí a denominação plesiócrons, devido a esta característica tecnológica. Este sistema legado ofereceu, entretanto condições para o surgimento de serviços como o transporte de áudio e vídeo digitais de relativamente alta velocidade até 100 Mbps nas redes de telecomunicações, abrindo caminho para a transição para o sistema SDH. Esta foi normalizada pelo ITU-T⁹ a partir de 1988 nas normas G.781, G782 e G.784 (Union-Telecom 1993) que controlam a operação dos multiplexadores síncronos da então nova hierarquia SDH (Synchronous Digital Hierarchy), que iremos detalhar no capítulo 3 (Ribeiro 1980).

1.3 Evolução do Mercado para as Redes Ópticas de Acesso

Desde meados da década de 1990, já se vislumbrava a utilização de redes ópticas no acesso, a fim de permitir multiserviços em banda larga. A mais importante iniciativa foi o FSAN¹⁰ que depois se concretizou no ITU-T como norma internacional (Union-Telecom 1993). A

⁹International Telecommunications Union-Telecom

¹⁰Full Service Access Network

primeira versão era a BPON¹¹ e depois evoluiu para GPON¹², e permanece ativa em versões atualizadas não só até hoje, mas apontando para futuro muito próximo.

Por outro lado, e na mesma época, as redes de computadores baseadas em protocolo Ethernet, almejavam também o mercado de acesso, grande demanda de computadores pessoais e serviços Internet aos pequenos e grandes usuários. Estas iniciativas se concretizaram nas normas IEEE, designadas genericamente por EPON¹³.

Nos dias atuais em que tudo se pretende digitalizar, que cada um requer comunicações mais rápidas, as novas tecnologias EPON e GPON vêm facilitar esse processo e apresentar comunicações mais rápidas. Esta tecnologia foi desenvolvida para oferecer serviços residenciais porque é tipicamente usado em modo não protegido e econômico. Neste modelo de redes podemos ter serviços distintos inteligentes que a partir de uma rede EPON ou GPON poderão facilmente oferecer soluções inteligentes a partir da mesma rede. Este tipo de rede trás soluções emergentes para os usuários com os vários serviços, tais como:

- VoIP¹⁴ - Voz sobre IP (Goode 2002).
- VoD¹⁵, Sistema que permite ao usuários selecionar e ver um vídeo a partir da rede como parte de um sistema de televisão interativa e, Internet de Banda Larga que é a conexão da internet acima da velocidade padrão dos modems analógicos (56 Kbps), ISDN¹⁶, DSL¹⁷, ADSL¹⁸ entre outros. Todos os serviços poderão ser interligados a um mesmo equipamento, o que faz com que se torne muito atraente e aliciante para o usuários. Além do mais, a velocidade da Internet de Banda Larga, tanto no EPON quanto no GPON tem para oferecer estas facilidades, atualizando a demanda suprimida nos dias atuais e sempre com a perspectiva de aumentar a Largura de banda. A crescente necessidade do mercado associada às rápidas evoluções tecnológicas no campo das mídias e telecomunicações têm requerido das prestadoras de serviços uma atualização permanente de suas redes. Veremos no capítulo 2 alguns fatos marcantes que caracterizam as ações das prestadoras de serviços, o bum da evolução e modernização tecnológica da rede de serviços.

1.4 Objetivos, Motivação e Metodologia

O presente trabalho tem como objetivo pesquisar, elaborar e selecionar informação atual relativa às implantações das tecnologias GPON/EPON de rede óptica de Acesso. Permanecem em aberto na literatura especializada trabalhos analisando a viabilidade técnica e econômica de redes GPON e EPON, as quais continuam concorrendo até hoje, sem uma dominação ou exclusão definida. Assim surge a motivação de desenvolver o presente trabalho, onde as redes GPON e EPON são o alvo de nossa pesquisa comparativa.

¹¹Broadband Passive Optical Network

¹²Gigabit capable Passive Optical Networks

¹³Ethernet Passive Optical Network

¹⁴Voice over Internet Protocol

¹⁵Video On Demand

¹⁶Integrated Services Digital Network

¹⁷Digital Subscriber Line

¹⁸Asymmetric Digital Subscriber Line

É nosso objetivo prover análise tecno-econômico e desenvolver uma metodologia de modelamento econômico-financeiro, onde se pode visualizar e comparar os valores aplicados e o retorno dos investimentos nos projetos de rede EPON e GPON. Nesse sentido, expande um trabalho anterior do grupo (Bonilla, Barbosa & Moschim 2009) com atualização de informações de implantações recentes da rede GPON e EPON, comparando tendências dessas tecnologias aplicadas em nível nacional (Brasil) e internacional (países desenvolvidos).

A metodologia adotada está descrita a seguir:

- Inicialmente foi realizado estudos detalhados de cada tecnologia;
- Em seguida pesquisou-se uma região para ser o piloto do trabalho;
- Daí foi realizado um estudo de caso hipotético para possível implantação das tecnologias estudadas;
- Comparada as tecnologias tecnicamente e economicamente para tomada de decisão de escolha de instalação e operação;
- No final é indicado alguns dados comparativos relevantes.

Consideremos esse trabalho relevante nos aspectos de Engenharia de Telecomunicações e uma contribuição ao estudo de aspectos tecno-economicos de tecnologias que estão em evidência, e seus custos de implantação e operação em nível nacional e internacional.

Visão integrada das Redes Ópticas de Acesso

Neste capítulo serão abordadas as tecnologias de redes ópticas de acesso: Rede PON¹, Rede PON Banda Larga, Rede PON Ethernet, Rede FTTH², Rede WDM³ PON, visando conhecer uma visão integrada das tecnologias. No final deste capítulo, apresentamos estudo do FTTH Council de 2011 exibindo a evolução das Redes GPON e EPON no mundo e no Brasil.

2.1 Rede PON (Passive optical Network)

As redes PON são estruturadas em estrela ou árvores com diagramas de valores como apresentada na Figura 2.1.

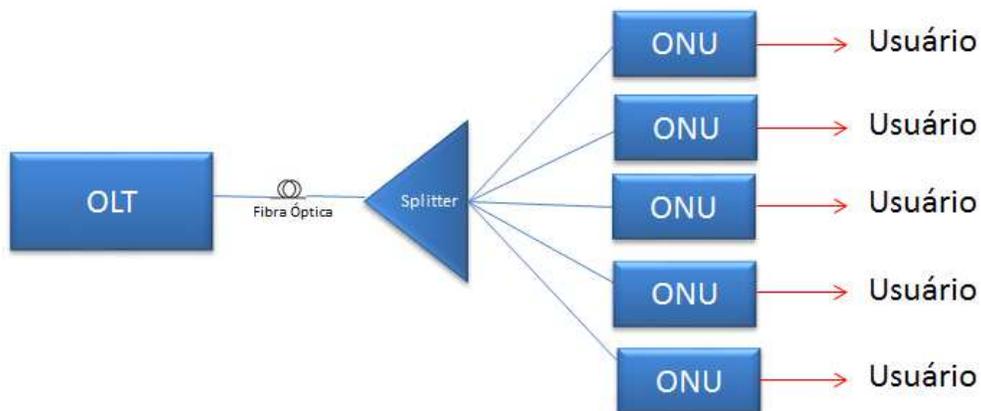


Figura 2.1: Representação de rede FTTH PON.

O OLT⁴ terminal de linha óptico, é o elemento central da rede que é normalmente colocado

¹Passive Optical Network

²Fiber to the Home

³Wavelength Division Multiplexing

⁴Optical Line Termination

no terminal de linha de transmissão óptico para transferência dos sinais da rede local.

A ONU⁵ é uma conexão de interface entre o splitter óptico e OLT, que são colocados no lado dos usuários.

As ONU's estão conectadas na OLT por meio de fibra óptica e nesta ligação não existe elemento ativo. Uma ONU pode servir para o acesso de um FTTH ou a múltiplos FTTC⁶. Os usuários podem ser instalados tanto nas imediações do prédio FTTB como na caixa de visita FTTC. A tecnologia PON é apresentada em topologia de árvore, que é a principal, apresentando pequena variação de potência de sinal em diferentes estações. O elemento principal que distingue a PON de outros tipos de redes é o sinal ser unidirecional até o acoplador.

Na direção downstream o sinal é enviado pela OLT para chegar a entrada do divisor e depois este sinal chega às ONU's através do splitter que está ligado na OLT. Embora o sinal seja atenuado, suas propriedades ficam mantidas.

Na direção inversa a situação é diferente, isto é, das ONU's para a OLT os sinais das diferentes ONU's chegam na entrada do divisor. A medida que estes diversos sinais chegam ao divisor eles irão ser multiplexados entre todos e a sobreposição de todos os sinais será recebido na OLT.

Na direção do upstream é usado TDM⁷ para evitar a interferência dos diferentes sinais das ONU's. Enquanto espera para transmitir um sinal, a ONU faz armazenamento de todos os dados que estão chegando. Os conteúdos da fila de espera são transmitidos num único burst utilizando assim toda a largura de banda disponível no canal.

2.2 Rede PON - Banda Larga

Redes BPON⁸ foram uma das primeiras tecnologias que foram introduzidas no mercado. Divulgado pelo ITU-T como normatização das Telecomunicações em 1999, essa definição foi aceita por fabricantes de equipamentos de redes que auxiliaram o grupo FSAN⁹ a definir a estrutura da rede de acesso de serviço completo. Este grupo propôs o uso de ATM¹⁰ que é um modelo de transferência assíncrono, para o transporte de dados nestas redes, mais tarde as redes baseadas neste tipo de transporte foram chamadas APON¹¹- Rede Óptica Passiva sobre Modo de Transferência Assíncrona. A arquitetura BPON Rede de Banda Larga Óptica Passiva é flexível e adapta-se bem a diferentes cenários. O protocolo ATM dá suporte aos diferentes tipos de serviços por meio de adaptação de camadas. O pequeno tamanho das células ATM e o uso de canais virtuais e enlaces permitem a alocação da largura de banda disponível para o usuário. O desdobramento de ATM no backbone das redes metropolitanas e o mapeamento fácil para SDH/SONET¹² permitem uso de somente um protocolo.

⁵Optical Network Unit

⁶Fiber To The Curb

⁷Time Division Multiplexing

⁸Broadband Passive Optical Network

⁹Full Service Access Network

¹⁰Asynchronous Transfer Model

¹¹Passive Optical Network over Asynchronous Transfer Mode

¹²Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network

2.3 Redes PON Ethernet

As características das redes EPON foram aprovadas pela EFMA¹³. A conclusão final do novo protocolo e a correção dos já existentes está definida na divulgação de setembro de 2004 pelo IEEE 802.3ah. O objetivo central é alcançar uma compatibilidade completa com outras redes baseadas em Ethernet. Este tema será amplamente abordado no capítulo 4 - Redes EPON (IEEE 2012).

2.4 Redes FTTH (Fiber to the Home)

FTTH ou Fiber to the Home é a soma de tecnologias que permitem levar a fibra óptica até a entrada dos usuários residenciais. Tem como vantagem serviços com grande largura de banda, integrando voz, dados e vídeo. O seu funcionamento ocorre diretamente na caixa de junção na entrada dos usuários. Em postes ou enterrados, diversos pares de fios de cobre dentro de cabos transportam sinais analógicos para realização de multiplexação analógica, estes sinais desta tecnologia são menos precisos que a tecnologia digital. Na multiplexagem de sinais digitais, os cabos de fibra óptica são superiores, se comparados aos cabos de fios de cobre, devido a transmissão dos sinais digitais permitirem transferências com maiores velocidades e largura de banda, tendo em vista sua utilização, podemos afirmar que são ilimitadas. Isto permite maiores velocidade de Internet, maior fluxo de vídeo e muitas outras aplicações que exigem largura de banda (Davey, Kani, Bourgart & McCammon 2006).

Os serviços de FTTH oferecem serviços com diferentes velocidades. Na camada mais baixa da escala, o plano de serviços poderá oferecer velocidades da ordem de 10 Mbps. Em serviços que necessitam mais de largura de banda, o FTTH poderá oferecer velocidades de transferência de dados superiores a 100 Mbps, o que é muito superior às velocidades típicas DSL. A instalação de uma rede FTTH pode ficar muito cara e dispendiosa assim como as mensalidades dos serviços de banda larga. Espera-se que ao longo do tempo os serviços do FTTH, assim como sua manutenção possam apresentar valores mais baixos, pois os serviços terão que ser mais comuns e a cobrança do QoS¹⁴ serão um diferencial em que todos podem exigir a qualidade do serviço.

O FTTH difere do FTTC da seguinte maneira: O FTTC não entra diretamente na casa do usuário (residencial ou edifícios). A conexão é realizada em fibra óptica até próximo do usuário, conectados em armários de rua ou em caixas de visita. Em seguida passa por um conversor óptico eletrônico e sua transmissão é realizada por pares de fios de cobre até a central (Lam 2011).

2.5 Redes WDM PON

A tecnologia WDM PON é a próxima geração de tecnologia, quando se fala de desenvolvimento no acesso de redes de acesso. Elas irão oferecer maior largura de banda com

¹³Ethernet in the First Mile Alliance

¹⁴Quality of Service

preços competitivos. Utilizando-se para isso o AWG¹⁵ grade de Guia de Onda. O AWG é um multiplexador/demultiplexador de comprimentos de onda.

A arquitetura do WDM PON é similar à arquitetura PON. A grande diferença é que na rede WDM PON a ONU opera em diferentes comprimentos de onda e consegue atingir taxas de transmissão mais altas como apresentado na Figura 2.2.

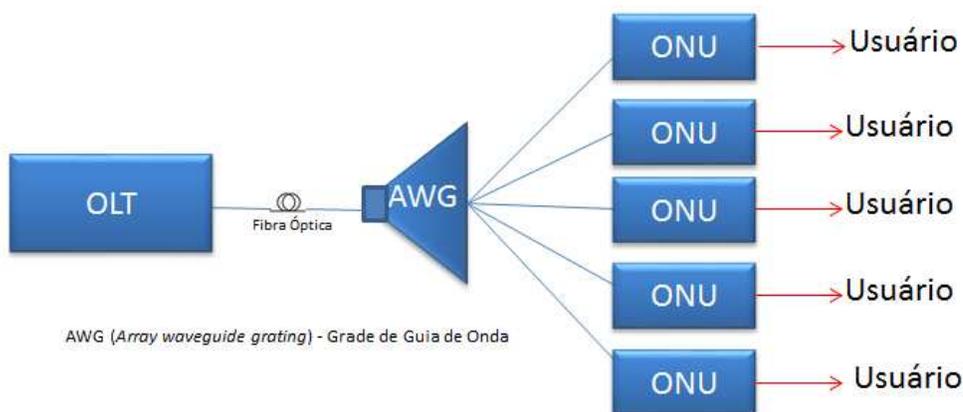


Figura 2.2: Representação de uma rede WDM PON FTTH.

O maior problema com o WDM PON é o comprimento de onda que é atribuído a uma ONU de forma fixa. Isto provoca dificuldade nos upgrades da topologia de rede, o que requer que se faça uma reconfiguração manual do equipamento nas imediações do usuário. Logo, vai ser provocado um aumento do custo de manutenção da rede. A solução é então as chamadas ONU colorless (ONU sem comprimento de onda fixo). Estas ONU's detectam o comprimento de onda que é utilizado na direção downstream e enviam dados neste mesmo comprimento de onda na direção upstream. Na direção upstream a ONU modula o trajeto do comprimento de onda relativo aos dados emitidos pela ONU. A vantagem deste tipo de abordagem é que a ONU não tem que ser equipado com fontes de luz dispendiosas. Isto não só baixa o custo total do equipamento, como também faz a ONU ser transparente ao sinal e a diferentes comprimentos de onda.

A desvantagem do WDM PON é o alto custo do equipamento. A maior parte da pesquisa efetuada em WDM PON pode servir para um grande numero de usuários na tentativa de incrementar ganhos a partir dos recursos investidos e do custo da eficiência. Como resultados, alguma estrutura híbrida tem sido proposta onde o WDMA¹⁶ e o TDMA¹⁷ são usados para aumentar o numero de futuros usuários. Este modelo de rede é apresentado na Figura 2.3.

2.6 Evolução das Redes EPON e GPON no Mundo

Apresentamos a seguir a evolução no mercado mundial destas tecnologias. Ressaltamos que as tecnologias de acesso EPON e GPON serão tratadas com maior profundidade e detalhes

¹⁵Arrayed waveguide grating

¹⁶Wideband Division Multiple Access

¹⁷Time Division Multiple Access

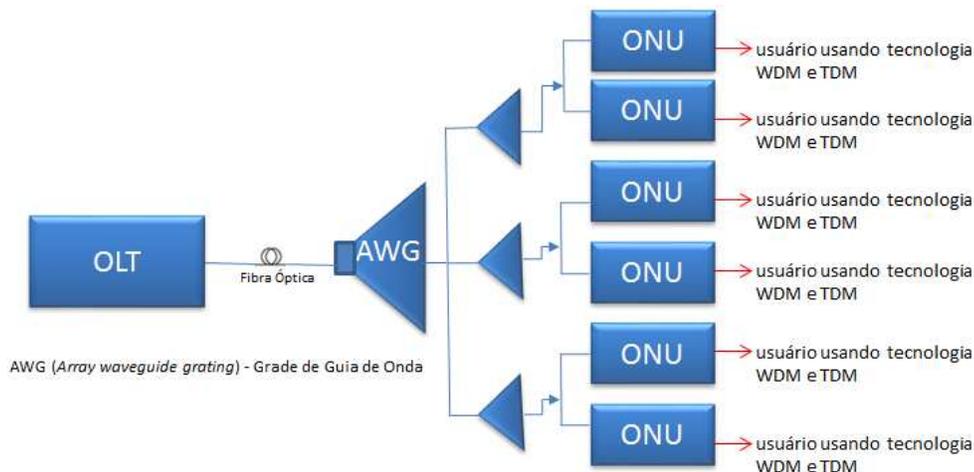


Figura 2.3: Representação de rede WDM PON FTTH.

em capítulos específicos adiante.

No quadro tecnológico e de serviços para as tecnologias EPON e GPON, geograficamente temos: Tecnologia implantada no Japão pela operadora NTT¹⁸, operadora de Telecomunicações Korea Telecom na Coreia e operadora de Telecomunicações Verizon nos Estados Unidos da América e na Europa. No Japão, Coreia e nos Estados Unidos da América as instalações das Redes Ópticas Passivas são preferencialmente EPON, enquanto na Europa é preferencialmente a tecnologia GPON.

Na Ásia e Oceania a tecnologia EPON tem custos de implantação e operação mais competitivos, oferecendo esta tecnologia com preços baixos para seus usuários.

Em estudo sobre FTTH realizado e apresentado pelo FTTH Council em Março de 2011 (Concil 2012). Atualmente 20 países possuem fração acima de 1% dos lares dispostos de conexão por meio de fibra. Entre esses 20 países, os quatro primeiros encontram-se na Ásia: Coreia do Sul, Hong Kong, Japão e Taiwan.

O primeiro país, Coreia do Sul, tem 44% dos lares conectados por fibra óptica, Hong Kong com 28%, Japão com 26% e Suécia com 9%. Os outros 16 países são: Suécia, Noruega, Eslovênia, Estados Unidos, Islândia, Dinamarca, Andorra, Holanda, Finlândia, Singapura, Lituânia, China, Itália, Estônia, Rússia e Latvia, conforme apresentado na Figura 2.4.

Na América do Norte empresas como AT&T¹⁹, Verizon, SBC e Bell South detêm juntas mais de dois milhões de casas ligadas, conforme estudo do Conchil de março de 2011, apresentado na Figura 2.5. Na Europa, países como Itália conta com mais de 600 mil assinantes de FTTH, Dinamarca com mais de 120 mil assinantes e a Suécia com mais de 600 mil assinantes.

A região da Ásia e Oceania conta com um total de 16,6 milhões de usuários com conexão por meio de fibra óptica. A NTT (Nippon Telegraph and Telephone Corporation) tem mais de 30 mil assinantes EPON.

Na Figura 2.6 temos a Evolução do FTTH na Europa, mostrando o número de residências conectadas e percentual de penetração. A França com a maior porcentagem de usuários, em

¹⁸Nippon Telegraph and Telephone Corporation

¹⁹American Telephonic and Telegraphic

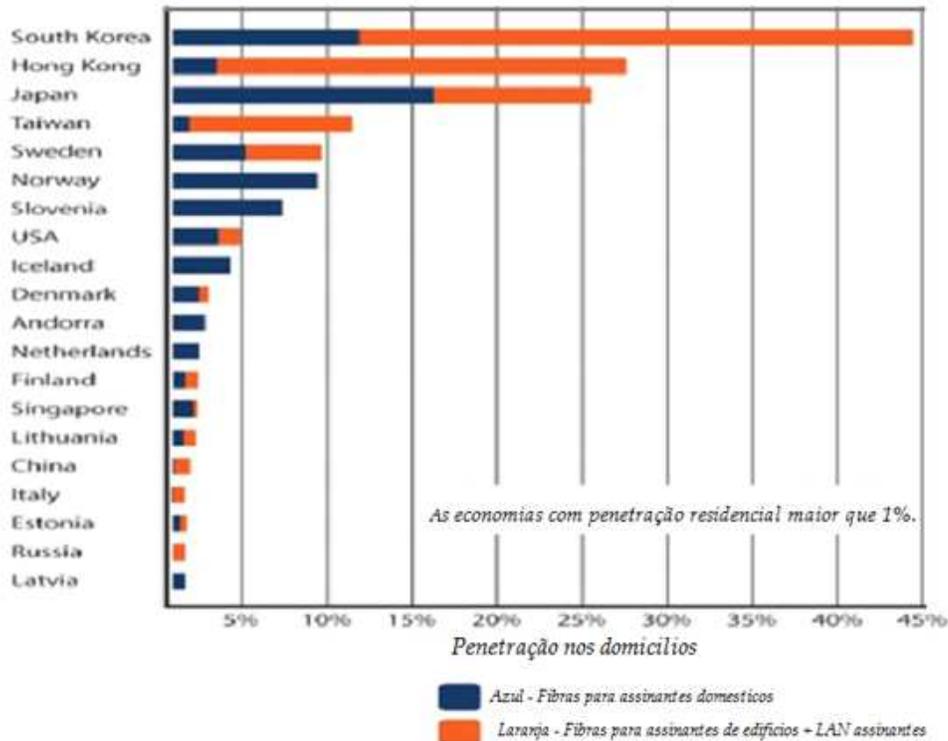


Figura 2.4: Estudo FTTH. Economias mundias com mais de 1% penetração residencial.

torno de 33% e a Noruega com a menor porcentagem de usuários, em torno de 3%.

Ainda na Figura 2.6 temos o número de residências conectadas e o percentual de penetração nas residências.

A França lidera com ampla margem de porcentagem de usuários, em torno de 33%. Na Figura 2.7 observa-se a evolução do FTTH na América do Norte que apresenta uma curva crescente mostrando a evolução crescente com o número de usuários em setembro de 2007 na ordem de 2.142000 usuários.

A NTT no Japão e a Verizon nos EUA são as operadoras líderes na implantação da tecnologia de redes FTTH. A rede FTTH da Verizon em 2011 estava disponível para 16,5 milhões de residências e detém 4,8 milhões de acessos de banda larga e 4,2 milhões de TV conectadas em suas redes. Já no primeiro trimestre de 2012 estava disponível para 17,0 milhões de residências e possuía 5,0 milhões de acessos de banda larga e 4,4 milhões de TV.

Os dados apresentados na Tabela 2.1 são referentes ao ano de 2011 onde o somatório de acessos FTTH no mundo é 74,7 milhões; distribuídos da seguinte forma:

No primeiro trimestre de 2012 a rede FTTH da Verizon estava disponível para 17,0 milhões de residências e possuía 5,0 milhões de acessos de banda larga e 4,4 milhões de TV.

Na América latina a tecnologia GPON está implantada em pequena escala em cidades tais como: Buenos Aires, Bogotá, Santiago e São Paulo. Na Colômbia a empresa Telefônica

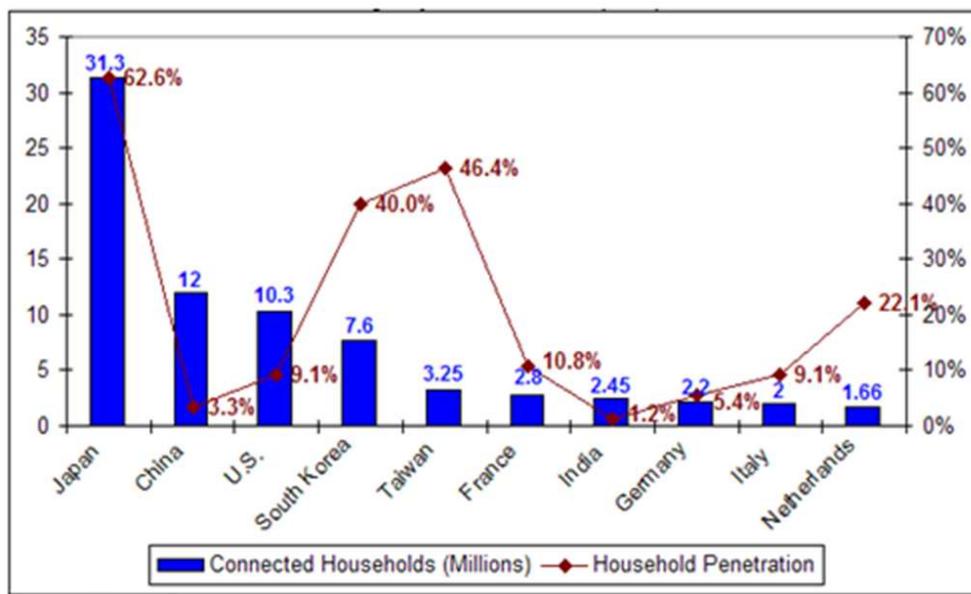


Figura 2.5: Estudo FTTH. Numero de residências conectadas e percentual de penetração.

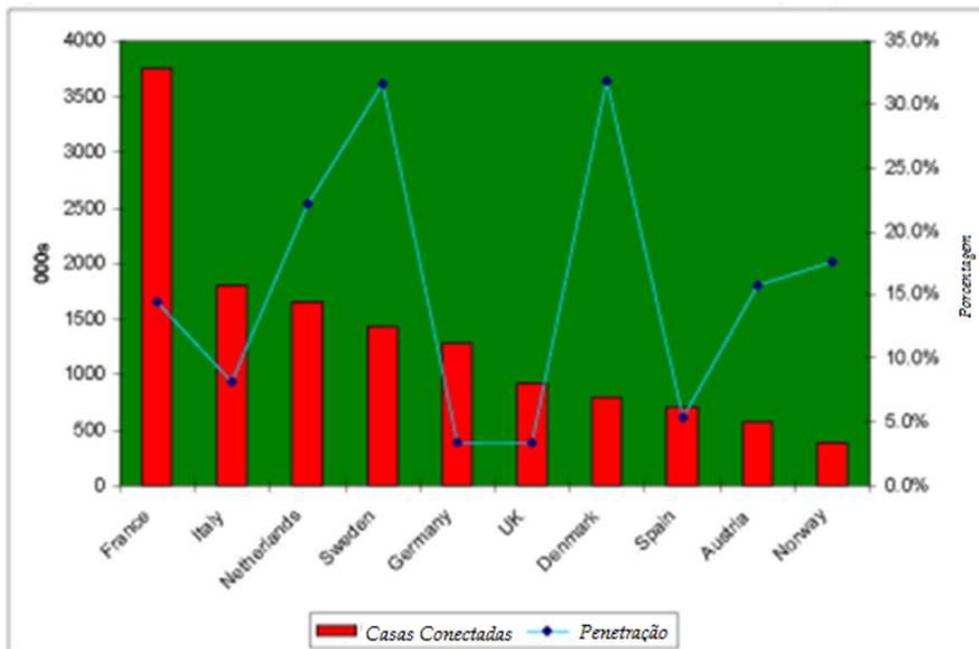


Figura 2.6: Evolução do FTTH na Europa.

oferece serviços com taxas de 10 Mbps na tecnologia GPON. Na Argentina a Motorola possui a tecnologia GPON para os assinantes.

No Brasil as operadoras com serviços triple-play (voz, dados e vídeo) por fibra óptica com

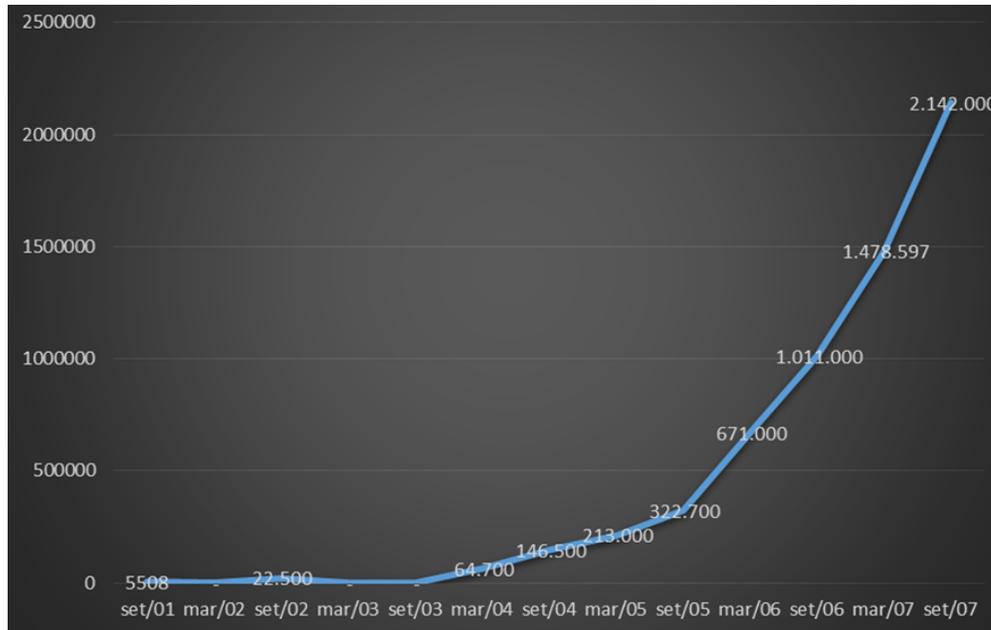


Figura 2.7: Evolução do FTTH na América do Norte no período 2001–2007.

Tabela 2.1: Dados do FTTH Council Europa 30/03/2011.

Milhões de FTTH	2011
Ásia	54,3
EUA/ Canada	9,7
Rússia e Vizinhos	5,7
Europa	4,5
Oriente Médio	0,52
Total	74,7

taxas de 2,5Gb/s em até 20 km de distância tem equipamentos desenvolvidos por empresas multinacionais estrangeiras e brasileiras (Padtec 2013) que atende as recomendações ITU-T G.984 (GPON) para soluções dos serviços que estão em desenvolvimento nas operadoras e no CPqD²⁰. Em estudo atualizado verifica-se que em 2011, 12,5% dos acessos de banda larga fixa no mundo eram FTTH/B.

²⁰Centro de Pesquisa e Desenvolvimento

Redes GPON

Neste capítulo é realizado um estudo da rede GPON, abordando-se detalhadamente o padrão da norma, a arquitetura da rede, configurações da rede, perdas no sistema, transporte de informações na rede.

3.1 Sistema PDH

Em meados dos anos 90 as operadoras de telecomunicações usavam como plataforma de transporte a hierarquia digital plesiócrons ou PDH destinado para tráfego proveniente das centrais telefônicas (Urbanas, Interurbanas e Internacionais). No sistema de transmissão digital era quase síncrono, ou seja, os grupos de bits transmitidos eram recebidos por equipamento final com intervalos de tempos diferentes. Nesta hierarquia que possuem vários níveis intermediários de multiplexagem, não existe sincronismo em função dos relógios de diferentes elementos da rede não estarem perfeitamente sincronizados, daí a denominação plesiócrons. Com o passar do tempo ficou claro que as desvantagens eram mais visíveis para os operadores (Ribeiro 1980, IEEE 2004).

Nesta tecnologia destaca-se algumas vantagens e desvantagens que existiam neste legado. Vantagens:

- Revolução para sua época (anos 80);
- Transporte de elevadas taxas de dados a um baixo custo;
- Alta disponibilidade;

Desvantagens:

- Sincronismo é pobre requerendo bits de enchimento e maior espaçamento de mensagens e quadros;
- Falta de simetria e padronização (possui padrões diferentes, como o americano e o europeu e o japonês), vide Tabela 3.1 e Figuras de 8 a 10.
- Limitação em termos de funções operacionais; não tem monitoração, controle e gestão da rede (gerenciamento).

- Cada nível hierárquico é estanque;
- Baixa flexibilidade para inserir tributários.

Tabela 3.1: Níveis hierárquicos PDH.

Nível	1º (Mb/s)	2º (Mb/s)	3º (Mb/s)	4º (Mb/s)	5º (Mb/s)
Europa/Brasil	2	8	34	140	565
USA	1,5	6	45	274	–
Japão	1,5	6	32	98	387

Na Figura 3.1 apresentamos a hierarquia PDH Europeia; na Figura 3.2 a hierarquia PDH Americana; e na Figura 3.3, a hierarquia PDH Japonesa.

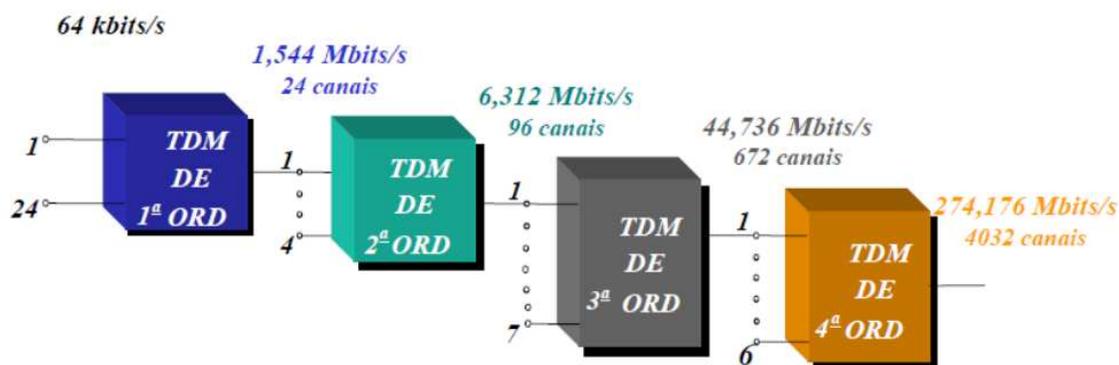


Figura 3.1: Hierarquia PDH Europeia.

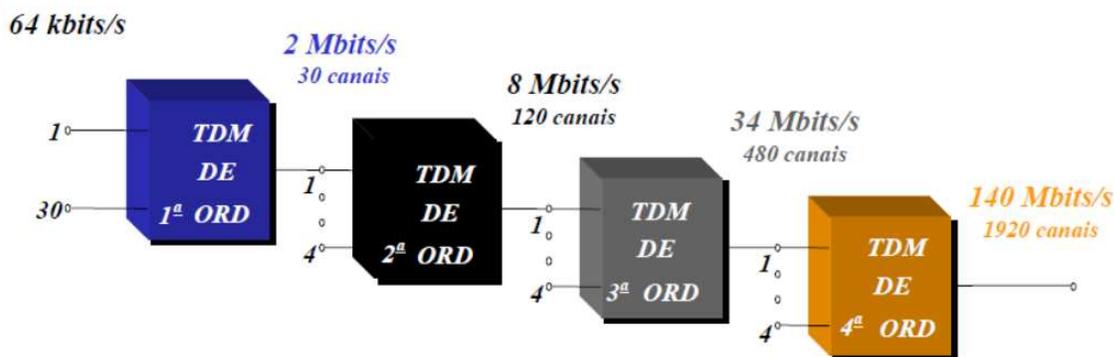


Figura 3.2: Hierarquia PDH Americana.

Destaca-se que este sistema legado (PDH) ofereceu amplas condições para o transporte de áudio e vídeo digitais, tornando uma facilidade para a transição para o sistema SDH.

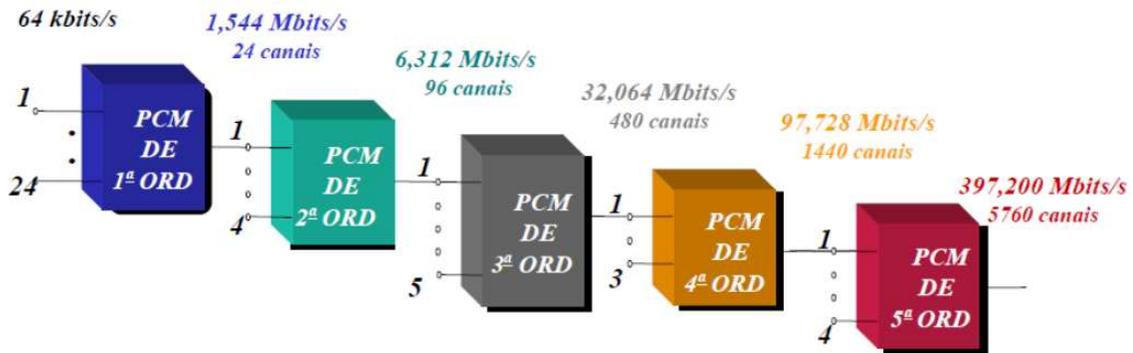


Figura 3.3: Hierarquia PDH Japonesa.

Entretanto, comitês técnicos de fabricantes e operadores, já haviam chegado a soluções padronizadas na hierarquia. Na Figura 11, observa-se detalhes da composição hierárquica dos vários níveis do modelo europeu, que permite a conexão entre as máquinas dos diversos fabricantes do mercado das telecomunicações.

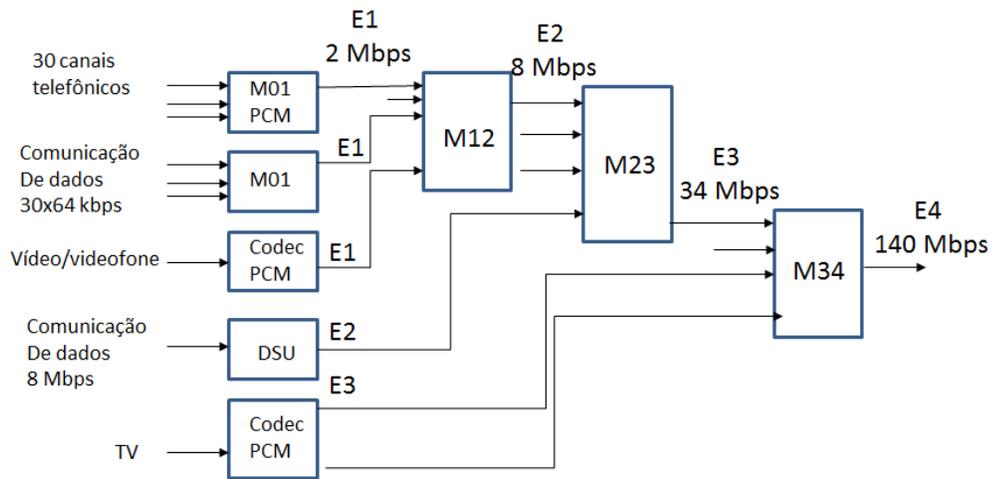


Figura 3.4: Composição Níveis de hierarquia PDH.

3.2 Sistema SDH

Em 1988 foi normalizada pelo ITU-T as normas G.781 a G.784 que controlam a operação dos multiplexadores síncronos onde a nova hierarquia, denominada SDH (Synchronous Digital Hierarchy) hierarquia digital síncrona, apresenta inovações como: sistema de gerência de rede, com alta flexibilidade na interconexão de circuitos, economia na formação de redes, gerência dinâmica e programável dos elementos de rede. Esta hierarquia é a equivalente da americana SONET (e Sophia Chung 2010). Atualmente a norma é regida por três documentos fundamentais:

- G707 – Interface do nó de rede para SDH;
- G783 – Características do SDH utilizando-se blocos funcionais em equipamentos;
- G803 – Arquitetura das redes de transporte baseado na hierarquia SDH.

Na Tabela 3.2 apresenta-se os níveis da hierarquia SDH até o presente. Destaca-se como comparação os níveis da hierarquia Sonet, sua predecessora.

Tabela 3.2: Níveis hierárquicos em SDH.

Nível SDH	Taxa (Mbit/s)	SONET
STM-0(Redes Sonet)	51.840	OC-1(STS-1)
STM-1	155.520	OC-3 (STS-3)
–	466.560	OC-9 (STS-9)
STM-4	622.080	OC-12 (STS-12)
–	933.120	OC-18 (STS-18)
–	1.244.160	OC-24 (STS-24)
STM-16	2.488.320	OC-48 (STS-480)
STM-64	9.953.280	OC-192(STS-1920)
STM256	39.813.12	OC-768

Com a implantação da tecnologia SDH obteve-se muito mais vantagens sobre os equipamentos PDH, tais como:

- Alto grau de padronização, tanto nos níveis elétricos quanto nos ópticos, visando futura compatibilidade entre equipamentos de fabricantes distintos.
- Overhead (cabeçalho agregado à informação a ser transmitida) abundante e padronizado.
- Multiplexação byte a byte e não bit a bit como no PDH.
- Elementos de rede (equipamentos) trabalham também sob uma gerência centralizada e programável, permitindo ao operador ligar e desligar circuitos à distância, além de monitorar a qualidade dos mesmos.
- Facilidade de Inserção e Remoção de Canais
- Facilidade de inserção e remoção de canais de transmissão dentro de uma mesma portadora, sem a necessidade de haver uma nova multiplexação.
- Facilidade de Roteamento
- Devido ao overhead ser maior no quadro SDH, ele propicia uma determinação de rotas mais precisa, com determinação de melhores caminhos para que os pacotes cheguem mais rápida e eficientemente aos seus destinos.
- Sistema de Gerenciamento muito bom

- Sincronismo permitindo adição e remoção de canais sem necessidade de nova multiplexação.

As redes BPON ainda adotavam hierarquias PDH, entretanto as redes GPON passaram a adotar sempre SDH. Ressaltamos que tanto o ITU-T quanto o IEEE tem como regra fundamental manter a compatibilidade entre as tecnologias, tanto quanto possível. Isto significa que apenas quando uma tecnologia se distancia muito de sua versão inicial (primária) é que perde compatibilidade. Isso nunca ocorre com as versões imediatas.

3.3 O Padrão ITU-T 984 GPON

A partir 2000 o grupo de estudo GPON iniciou as recomendações ITU-T G.984.x. Este grupo de recomendações teve como meta principal estabelecer as normas tecnológicas para as indústrias de telecomunicações e o fornecimento de maior largura de banda que a existente nos modelos convencionais. Com isso tem-se maior eficiência de transporte para serviços IP¹ e especificações completas para oferecer todos os tipos de serviços no acesso de redes de banda larga.

Na criação de uma rede GPON tem-se como principais características: Alta capacidade de rede, múltiplos serviços suportados para o mercado multimídia em usuários residências e empresas de pequeno, médio e grande porte.

As primeiras recomendações ocorreram em 2002–2003. Estas recomendações estão em constantes atualizações. A rede GPON está estruturada na camada de transmissão (Union-Telecom 2008e). Sua estrutura de frame é escalável em 622 Mbps até 2,5 Gbps. A velocidade que é utilizada pelos fornecedores de equipamentos GPON é de 2,5 Gbps no sentido downstream e de 1 Gbps no sentido upstream. Para configurações especiais é realizado projeto especial para atendimento até 100 Mbps por usuários (Union-Telecom 2008b).

3.4 Arquitetura da Rede GPON

A seção óptica de um sistema de rede de acesso local pode ser ativa ou passiva e sua arquitetura pode ser ponto a ponto ou ponto multiponto. A Figura 3.5 apresenta arquitetura considerada que pode ser: FTTH, FTTB/C, FTTCab². A rede de acesso óptico OAN³ é comum para todas as arquiteturas apresentada na Figura 12, portanto, a semelhança deste sistema tem potencial para gerar grandes volumes de tráfego.

Na central apenas uma fibra monomodo alimenta um divisor óptico que está próximo das localidades dos usuários conforme apresentado na Figura 3.6.

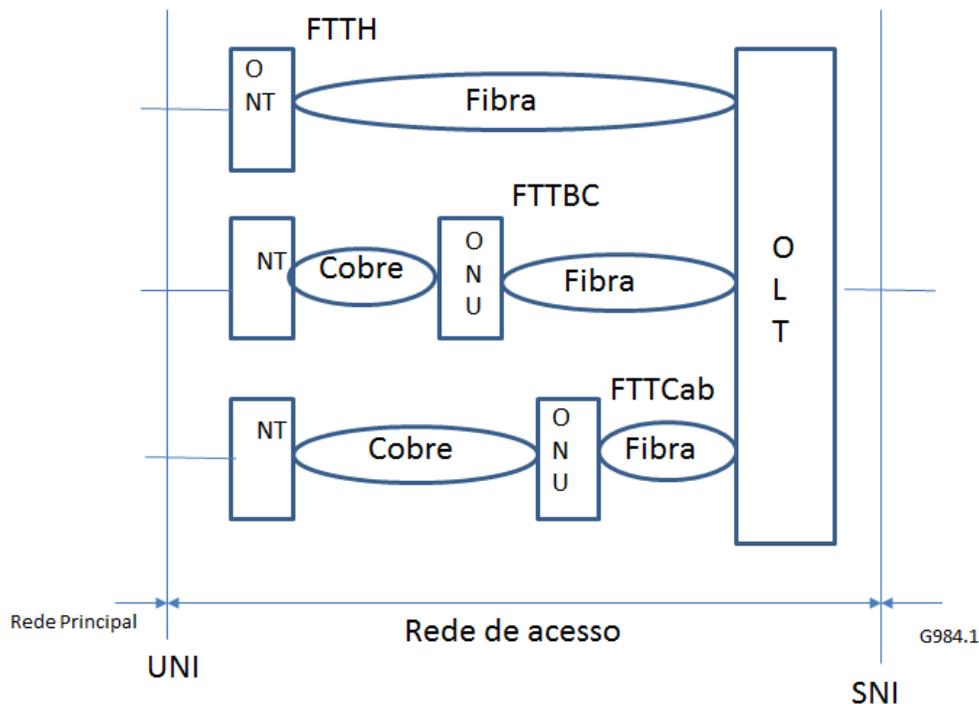
Neste ponto o dispositivo de separação divide a potência ótica em n caminhos para n assinantes. O número da divisão pode variar de 2 e 64 pontos. Com a origem do sinal no divisor óptico as fibras monomodo transmitem para cada usuário.

A distância de transmissão é a partir da central até o usuário final e podem chegar a 20 km (barbosa 2012).

¹Internet Protocol

²Fiber to the Cabinet

³Optical Access Network



ONU (*Optical Network Unit*) - Unidade de Rede Óptica
 ONT (*Optical Network Termination*) - Terminação de Rede Óptica
 OLT (*Optical Line Termination*) - Terminação de Linha Óptica
 NT (*Network Termination*) – Terminação de Rede

Figura 3.5: Arquiteturas de Rede segundo a recomendação ITU-T G.984.1

As transmissões ativas nas redes GPON consistem na OLT e na ONU. As diferenças da FTTH, FTTC, FTTCab e opções de rede FTTH é devido a apresentar diferentes serviços suportados nestas estruturas de arquitetura, sendo que todas são tratadas na mesma recomendação.

3.5 Configurações de rede GPON

A configuração de uma rede GPON é apresentada na Figura 3.7. Na configuração de um sistema GPON que consiste de uma OLT, ONU, splitter e fibras. A fibra óptica é ligada do OLT ao splitter óptico, que é conectada através de 64 fibras interligadas a 64 ONU's (Union-Telecom 2008b).

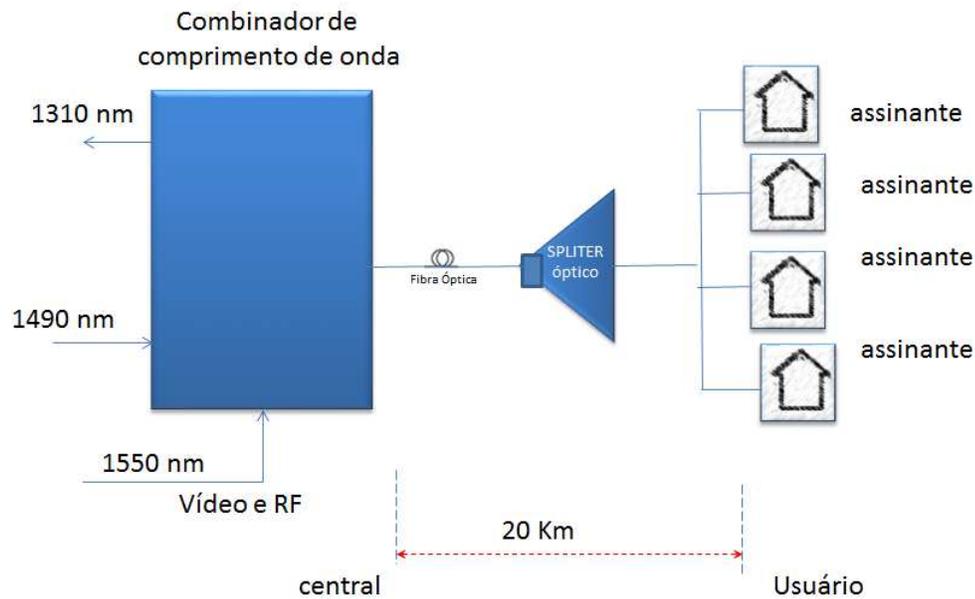


Figura 3.6: Arquitetura GPON.

3.6 Interfaces de Nó de Serviço

Interface de nós com pontos de referência S/R e R/S - A interface em pontos de referência S/R e R/S é definidos como IFPON (PON - specific interface) interface específica PON. Trata-se de uma interface de PON específico que suporta todos os elementos de protocolo necessários para permitir a transmissão entre OLT e ONUs.

Serviços, interface de rede do usuário e a interface de nó de serviço. No desenvolvimento dos serviços GPON é necessário que o mesmo suporte todos os serviços conhecidos e os novos serviços que serão entregues para os assinantes residenciais e empresariais, devido à grande demanda de serviços que necessita aumentar a capacidade de banda larga.

Alguns serviços específicos devem ser fornecidos para os usuários, porém é mais claro para algumas operadoras do que as outras e depende fortemente das condições particulares de regulação de cada um dos mercados de telecomunicações, bem como no desenvolvimento de novos mercados. Como esses serviços são entregues em uma forma rentável é uma função não só de condições legais, mas também de fatores que incluem infraestrutura de telecomunicações, a ativar e a melhorar as existentes.

Interface de usuário de Rede UNI⁴ e Interface de nó de serviço SNI⁵. A ONU/ONT esta agregada na interface da UNI e a OLT esta agregada na interface da SNI como apresentado na Figura 3.7. Nas interfaces de serviços da UNI/SNI, as mesmas dependem de modelos de serviços que irão ser entregues pela empresa operadora de serviço. Taxa de Bits: Basicamente a tecnologia GPON visa a atender velocidades de transmissão maiores ou iguais a 1 Gbits. A Definição dos padrões GPON para transmissão de downstream e de upstream estão

⁴User Network Interface

⁵Service Node Interface

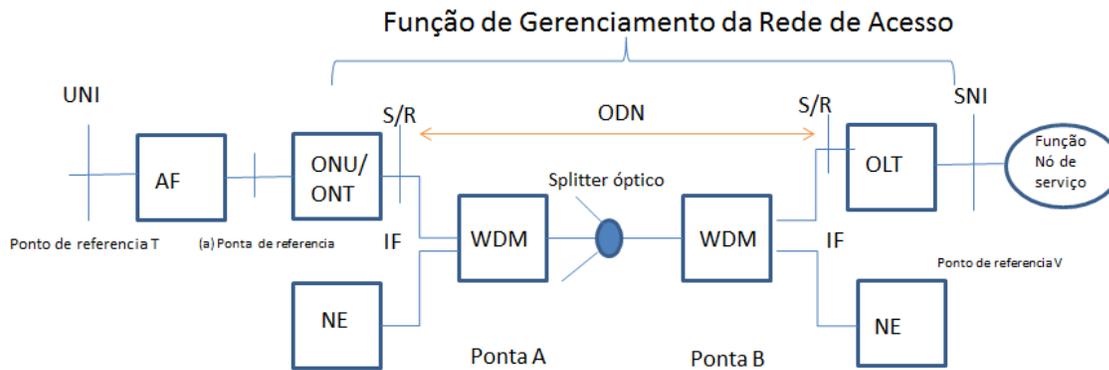


Figura 3.7: Configuração GPON.

apresentada na Tabela 3.3 (Union-Telecom 2008a).

No entanto, no caso de FTTH ou FTTC com xDSL assimétrico, as taxas de velocidade x de bits para downstream como upstream são definidas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Transmissão GPON.

Sentido de Transmissão	Bit Rate (Mbits)
Downstream	1.244,16
	2.488,32
Upstream	155,52
	622,08
	1.244,16
	2.488,32

Assim, GPON identifica sete combinações de velocidade de transmissão da seguinte forma:

- 155 Mbits para upstream, 1,2 Gbits para downstream;
- 622 Mbits para upstream, 1,2 Gbits para downstream;
- 1.2 Gbits para upstream, 1,2 Gbits para downstream;
- 155 Mbits para upstream, 2,4 Gbits para downstream;
- 622 Mbits para upstream, 2,4 Gbits para downstream;
- 1.2 Gbits para upstream, 2,4 Gbits para downstream;
- 2.4 Gbits para upstream, 2,4 Gbits para downstream.

Alcance Lógico: É a distância máxima entre ONU/ONT e OLT, exceto para a limitação da camada física. Em GPON, o alcance máximo lógico é definido como 60 km.

Alcance Físico: É a distância máxima entre o link físico ONU/ONT e o OLT. Em GPON, duas opções são definidas para o alcance físico: 10 km e 20 km (Union-Telecom 2008c).

Supõe-se que é a 10 km a distância máxima sobre o qual FP-LD (Fabri Perrot – Diodo laser) que pode ser utilizado na ONU para as taxas de bits elevadas, tais como 1,25 Gbits ou acima. A tecnologia GPON deve acomodar os serviços que exigem um atraso máximo significativo de transferência de sinal de 1,5 ms.

Taxa de divisão: É a maior razão de divisão das ONT's que implica em maior separação óptica, criando a necessidade de um aumento no orçamento de potência para apoiar o alcance físico. Placas com capacidade de 1 para 64 assinantes, navegam na estrutura da camada física. No entanto, antecipando a evolução contínua de módulos ópticos, a camada TC deve expandir a capacidade de 1 para 128 módulos.

Serviço de Sobreposição (Overlay Service): É o comprimento de onda de sobreposição que pode ser utilizada para fornecer serviços avançados para o assinante.

3.7 Proteções na seção PON

Do ponto de vista da gestão da rede de acesso, a arquitetura de proteção é GPON, sendo específica para aumentar a confiabilidade das redes de acesso. No entanto, a proteção deve ser considerada como um mecanismo opcional, pois a sua aplicação depende da realização de sistemas econômicos.

Esta seção apresenta configurações duplex e requisitos relacionados a sistemas protegidos GPON. Além disso, a mensagem OAM requerida para a proteção é mencionado.

Na Rede PON é conectada uma única fibra vinda do OLT a múltiplos equipamentos terminais. Na conexão ponto multiponto entre a OLT e as múltiplas ONT's é obtida através de dispositivo que se coloca na única fibra proveniente da OLT. No meio da rede, no ponto de transição existe um divisor óptico, este dispositivo possui única entrada e múltiplas saídas. O numero de saídas são múltiplos de 2 e a potência óptica é dividida por todas as saídas (Union-Telecom 2008a).

A potência óptica de cada saída é reduzida relativamente a entrada por um fator de $n \times 3.5$ dB ($10 \times \log 2n = n \times 10 \times \log 2$; adicionados 0.5 dB para que sejam incluídas as perdas no divisor conforme apresentado na Figura 3.8.

3.8 Comutação

Existem dois tipos de proteção de comutação, ambas são análogas às dos sistemas SDH:

1. comutação automática, e
2. comutação forçada.

A primeira é desencadeada pela detecção de falhas, tais como a perda de sinal, perda de frame e degradação de sinais entre outros.

A segunda é ativada por eventos administrativos, como a substituição de fibras, redistribuição de fibras.

Ambos os tipos devem ser possível no sistema GPON, se for necessário, mesmo que sejam funções opcionais.

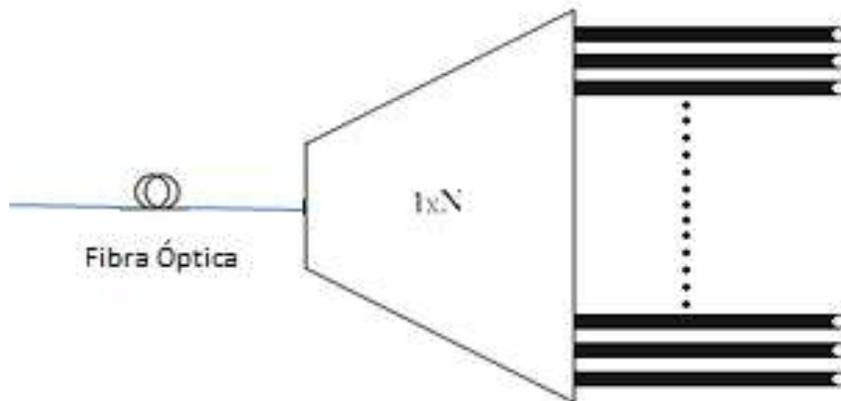


Figura 3.8: Divisor Óptico.

O mecanismo de comutação é geralmente realizado por funções OAM, conseqüentemente a informação requerida do campo OAM deve ser reservada no quadro OAM. A Figura 3.9 apresenta o modelo de sistema duplex para a rede de acesso. A parte relevante da proteção no sistema GPON deve ser uma parte da proteção entre a interface de ODN no OLT e a interface de ODN na ONU através do ODN, com exclusão de redundância do SNI no OLT.

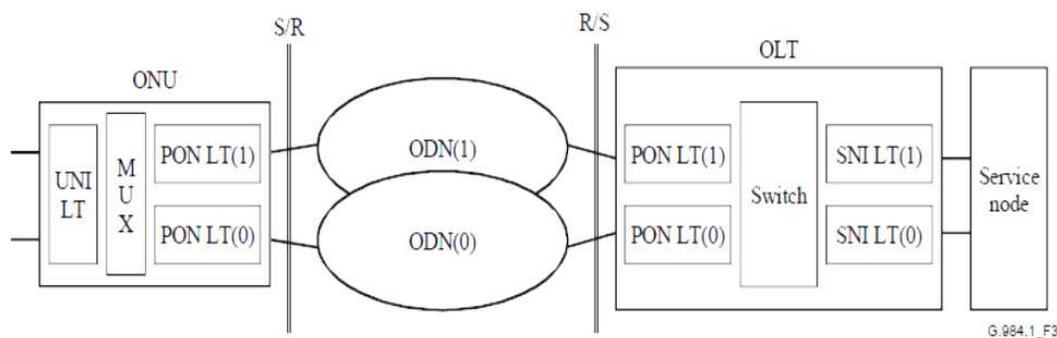


Figura 3.9: Modelo de sistema duplex (Union-Telecom 2008b).

3.9 Configurações Duplex e suas Características

Existe vários tipos de sistemas GPON duplex, como apresentado nas Figuras 17 a 20. O controle de protocolos para cada configuração deve ser especificado independentemente um do outro. É necessário um protocolo de comutação para o OLT/ONU, mostrado na Figura 3.10, uma vez que a comutação só é aplicada para as fibras ópticas. Além disso, na Figura 3.11, é necessário um protocolo de comutação uma vez que a comutação é realizada apenas na OLT.

A primeira configuração duplica apenas a fibra óptica, a ONU e PON LT. A perda de sinal ou perda de frame é inevitável no período de comutação. No entanto, todas as conexões entre o nó de serviço e o nó do terminal do equipamento devem ser mantidas após a comutação:

- Tipo A: A primeira configuração funciona apenas para as fibras ópticas, como apresentado na Figura 3.10.
- Tipo B: A segunda configuração conforme apresentado na Figura 3.11 dobra as OLTs e as fibras ópticas entre a OLTs e o divisor óptico, e o divisor tem duas de entrada/saída do lado do OLT. Esta configuração reduz o custo de duplicação da ONUs, embora apenas o lado OLT possa ser recuperado.
- Tipo C: A terceira configuração conforme apresentado na Figura 3.12 duplica não só o lado do OLT, mas também funciona do lado da ONU. Nesta configuração é possível a recuperação de falhas em qualquer momento executando apenas a comutação. Portanto, o custo de full duplex permite uma conexão segura.
- Tipo D: Se as ONU's forem instaladas em edifícios a fiação pode ser duplicada ou não. Além disso, se cada ONU é de propriedade de usuários diferentes, a exigência de confiabilidade depende de cada usuários e somente um número limitado de ONUs podem ter a configuração de duplex.

Com base nesta análise, a última configuração conforme apresentado na Figura 3.13, se a ONU for instalado dentro do prédio, permite realizar parcialmente duplicação do lado da ONU. Nesta Figura podemos observar que existe um sistema duplex (ONU # 1) e um sistema com única (ONU # N).

3.9.1 Características

1. Tipo A: Todas as conexões entre o nó de serviço e o equipamento terminal devem ser realizadas após a comutação. Neste caso, a perda de sinal, ou mesmo a perda de frame é inevitável no período de comutação.
2. Tipo B: Esta configuração requer espera do circuito de reposição em baixa temperatura no lado OLT. Neste caso a perda de sinal ou mesmo a perda de frame é em geral no período de comutação. No entanto, todas as conexões suportadas entre o nó de serviço e o equipamento terminal deve ser realizada após esta mudança.
3. Tipo C: Neste caso, o modo de espera dos circuitos do receptor de reposição em alta temperatura é possível em ambos os lados da ONU e do OLT. Além disso, a comutação hitless (sem perda de frame) é possível nesta configuração.
4. Tipo D: As características deste tipo são os mesmos como do Tipo B.

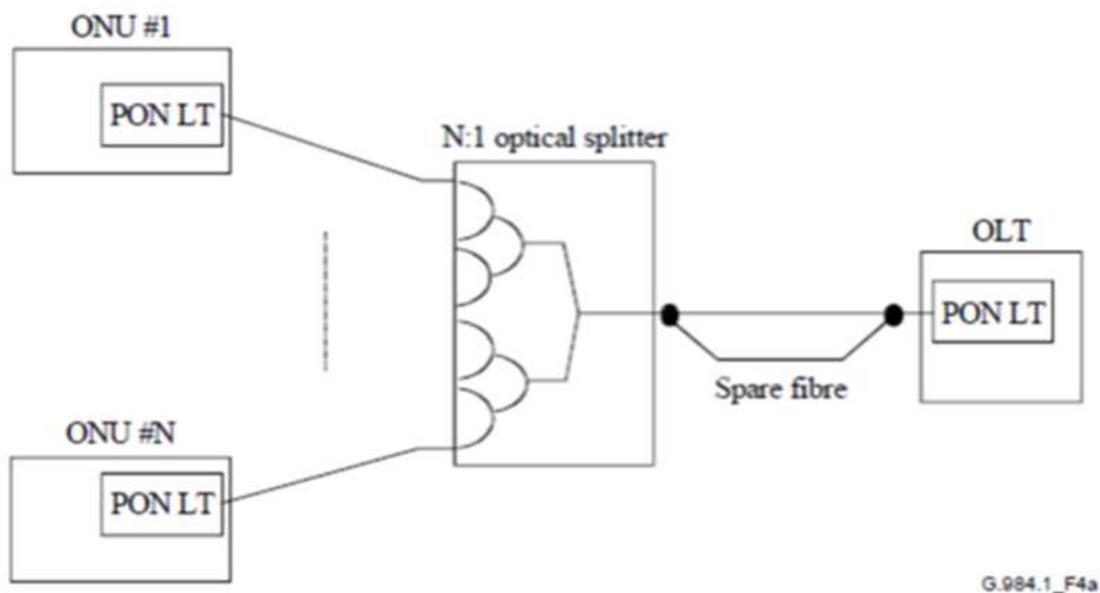


Figura 3.10: Sistema duplex GPON - Sistema de duplicação da fibra
 Sistema duplex GPON - Sistema de duplicação da fibra (Union-Telecom 2008b).

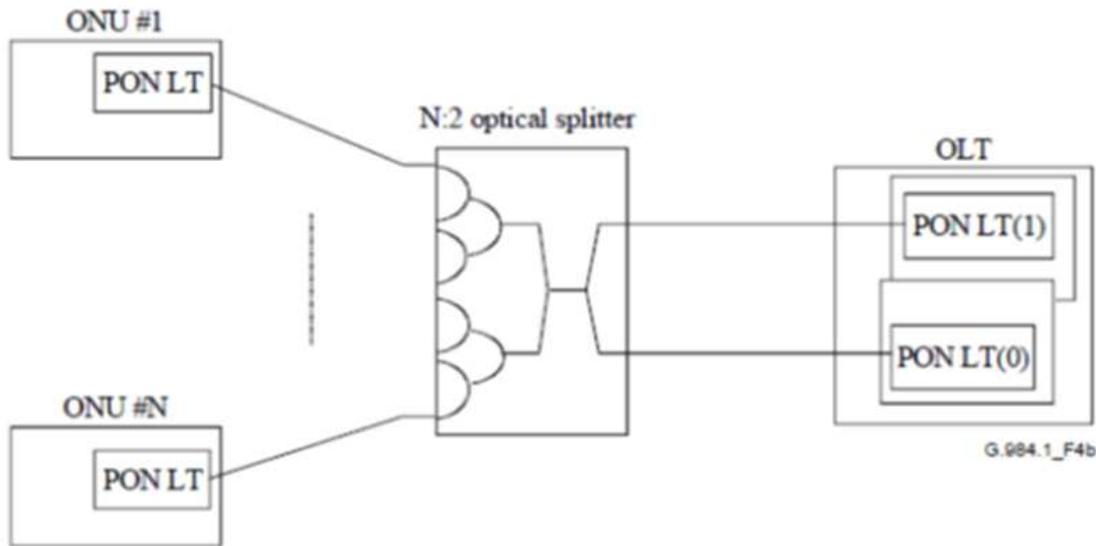


Figura 3.11: Sistema único duplex GPON
 Sistema único duplex GPON (Union-Telecom 2008b).

3.9.2 Requisitos

1. A função de comutação de proteção é opcional.

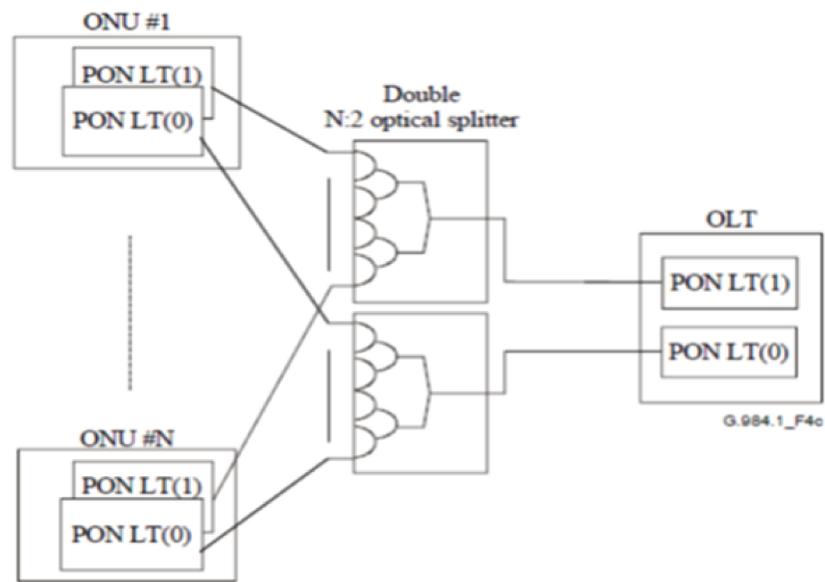


Figura 3.12: Sistema duplex GPON - Sistema de duplicação completo
 Sistema duplex GPON - Sistema de duplicação completo (Union-Telecom 2008b).

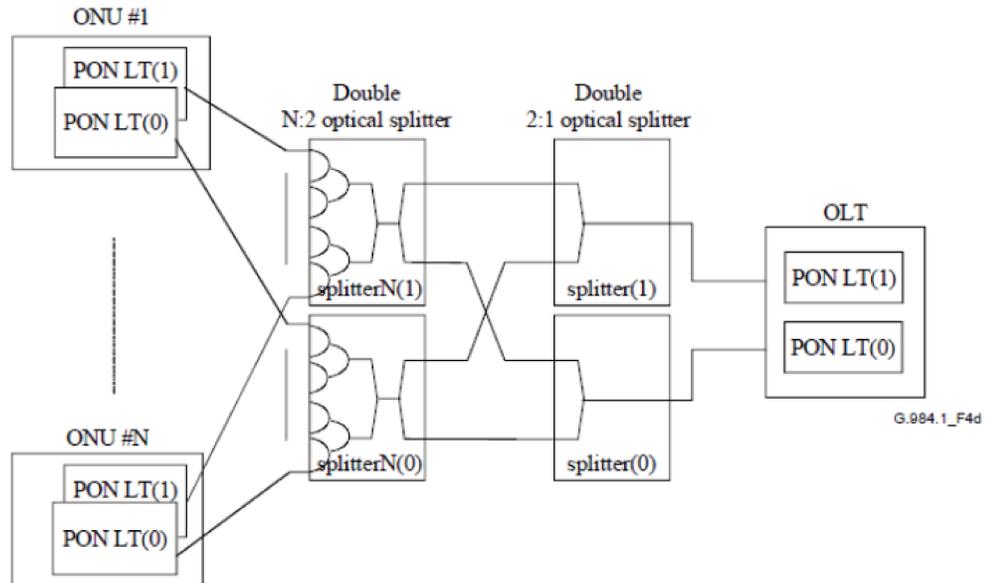


Figura 3.13: Sistema duplex GPON - Configuração duplex
 Sistema duplex GPON - Configuração duplex (Union-Telecom 2008b).

2. No sistema GPON a comutação de proteção automática e a comutação forçada são possíveis, mesmo que sejam funções opcionais.

-
3. Todos os exemplos de configuração do item 3.6 são possíveis, mesmo que eles sejam funções opcionais.
 4. O mecanismo de comutação é geralmente realizado pela função OAM, portanto, o campo de informações necessárias OAM deve ser reservado no quadro OAM.
 5. Todas as ligações de suporte entre o nó de serviço e do equipamento terminal deve ser realizada após a mudança.

Em relação ao último requisito, uma implementação do nó de serviço POTS (troca) requer o período de perda de frame para ser inferior a 120 ms. Se o período de perda de quadro torna-se mais do que isso, o serviço de nó desliga a chamada, e a chamada de setup é necessária novamente após a comutação de proteção.

GPON suporta a emulação de serviços convencionais, como POTS e ISDN, este valor deve ser tomado na seguinte consideração:

1. campos obrigatórios de informações para o quadro OAM:

De acordo com a analogia do sistema SDH, comutação de proteção requer menos de 10 códigos para ser usado para downstream e para upstream, o que será realizado pela moldura da área OAM. O mapeamento de campo do quadro OAM na proteção está definido como obrigatório.

2. segurança:

Devido à natureza do multicast PON, GPON necessita de um mecanismo de segurança, que adapta aos seguintes requisitos:

- Impedir a facilidade que outros usuários decodifiquem os dados do downstream;
- Impedir que outros usuários apareçam como outra ONU/ONT ou mesmo usuário;
- Permitir a implementação competitiva.

Exemplos de serviços UNI e SNI na GPON que são necessários aos operadores são mostradas na Tabela 3.4, juntamente com as observações.

Exemplos da UNI

Neste item a UNI é definida como a interface que inclui as seguintes condições:

- descrita por um padrão conhecido.
- inclui um aspecto da camada física.

Algumas UNIs são fornecidos através de um AF, de modo que não é obrigatório que a ONU/ONT apoiar interfaces. Exemplos de UNI's, interfaces físicas e serviços que eles fornecem são mostrados na Tabela 3.6.

Nota 1: Há muitos outros serviços acomodados em GPON, mas esses serviços não têm.

Nota 2: Cada item da coluna interface física é ilustrada pela entrada correspondente na coluna SNI.

Nota 3: A coluna denominada "Serviço" mostra quais serviços podem ser suportados pela

Tabela 3.4: Exemplo de serviços e comentários.

Categoria de serviço	Serviço	Observações
Serviço de Dados	Ethernet	Padronizado no IEEE 802.3. Conformidade com IEEE 802.1D.
PSTN	POTS	A média de tempo de atraso do sinal de transmissão entre o T-V deve ser inferior a 1,5 ms. Se o cancelamento de eco é usado na rede, a média do tempo de atraso do sinal de transmissão entre o televisor sobre o sistema PON com base pode ser mais longo, desde que sejam o tempo de transferência fim a fim, requisitos cumpridos.
PSTN	ISDN BRI	Taxa de transmissão é 144 kbits. A média de tempo de atraso do sinal de transmissão entre o T-V deve ser inferior a 1,5 ms.
	ISDN PRI	Taxa de transmissão é 1,544 Mbits e 2,048 Mbits. A média de tempo de atraso do sinal de transmissão entre T-V deve ser menor que 1,5 ms. Sincronizar com o relógio da rede de 8 kHz.
Linha privativa	T1	Taxa de transmissão é 1,544 Mbits. A média de tempo de atraso do sinal de transmissão entre T-V deve ser inferior a 1,5 ms. Sincronizar com o relógio da rede de 8 kHz.
	E1	Taxa de transmissão é 2,048 Mbits. A média de tempo de atraso do sinal de transmissão entre T-V deve ser inferior a 1,5 ms. Sincronizar com o relógio da rede de 8 kHz.
	DS3	Taxa de transmissão é 44,736 Mbits. Sincronizar com o relógio da rede de 8 kHz.
	E3	Taxa de transmissão é 34,368 Mbits. Sincronizar com o relógio da rede de 8 kHz.
	ATM	Padronizado em ITU-T Rec. I.361.
Vídeo	Vídeo digital	O sinal de vídeo deve ser entregue com mesma qualidade class. 1 especificado no ITU-T I.356 ou rt-VBR/CBR especificado no ATM Fórum.

interface física.

UNI's especificados: Exemplos de SNI: neste item SNI é definida como a interface que inclui as seguintes condições:

- descrito por uma norma bem conhecida;
- inclui um aspecto da camada física.

Tabela 3.6: G.984.1–Exemplos da UNI e serviços.

UNI (nota 1)	Interface Física (nota 2)	Serviço (nota 3)
10 BASE-T (IEEE 802.3)	–	Ethernet
10 BASE-T (IEEE 802.3)	–	Ethernet
10 BASE-T (IEEE 802.3)	–	Ethernet
ITU-T Rec. 1.430	–	ISDN (BRI)
ITU-T Rec. 1.431	–	ISDN (PRI), T1, ATM
ITU-T Rec. G.703	PDH	DS3, ATM, E1, E3
ITU-T Rec. 1.432.5	25 Mbps interface metálica	ATM
ITU-T G.957	STM- 1, 4	ATM
ANSI T1. 102 ANSI T1.107	PDH	T1, DS3

Exemplos de SNI's, interfaces físicas e serviços que eles fornecem são apresentados na Tabela 3.7.

Tabela 3.7: G.984.1–Exemplos da UNI e serviços.

SNI	Interface Física	Serviço
1000 BASE-X (IEEE 802.3)	–	Ethernet
ITU-T Rec. G 965	V.5.2	POTS, ISDN (BRI), ISDN (PRI)
ITU-T G. 703	PDH	T1, DS3
ITU-T Rec. 957	STM, 1, 4, 16	E1, E3
ANSI T1.107	PDH	T1, DS3
ANSI T1, 105.06	OC3, OC12	T1, DS3, ATM

3.10 Perdas no sistema GPON

O parâmetro chave para redes FTTH é a distância entre o usuário e o equipamento central, tendo como o custo óptico máximo no sistema a distância da rede. O custo deste sistema óptico está relacionado diretamente com a atenuação dos conectores da transmissão da fibra e dos divisores ópticos que é o componente mais exigente em termos de perdas.

Na arquitetura das redes de acesso óptico elas são compostas por uma OLT, ODN e ONU's. A ODN consiste no meio físico de transmissão óptica para a ligação da OLT às ONU's.

As características do ODN tais como as perdas e atenuações são importantes no projeto da rede de acesso óptico. OS valores totais dessas perdas são dados na Tabela 3.8, que cobre todos os componentes ópticos entre o OLT e o ONU (Lin 2006).

A rede GPON consiste nos seguintes elementos passivos: fibra monomodo, conectores ópticos e atenuadores ópticos.

Tabela 3.8: Perdas no GPON.

Perdas na fibra (nM)	Perdas (dB)
1490	13
1310	13
1490	28
1310	28

Redes EPON

Neste capítulo realizamos um estudo sobre o IEEE 802.3ah EPON, abordando-se a topologia ponto multiponto em fibra óptica, protocolo nas redes Epon, distribuição (downstream) e canal de retorno (upstream).

4.1 Definições do IEEE

Com a evolução das redes de computadores e de telecomunicações e suas convergências, em 2004 o IEEE ratificou o trabalho IEEE 802.3ah (Bonilla et al. 2009) do grupo de estudo EFM das redes de acesso baseados em tecnologia EPON Este estudo consiste num trabalho elaborado muito importante no desenvolvimento de uma nova tecnologia para a indústria de telecomunicações. Esta tecnologia óptica visa suprir a demanda nas redes de acesso.

O padrão 802.3ah define os protocolos e detalhes das tecnologias para a Ethernet na Primeira Milha. A infraestrutura das subáreas deste padrão ficou definida como ponto a ponto, ponto multi ponto com Operação, Administração e Manutenção OAM¹.

O local onde geralmente são encontradas as menores velocidades de transferência na Internet são nas conexões dos usuários finais ao provedor de serviço ou provedor de conexão. Esta propriedade dificulta a garantia de QoS ponto a ponto. Esta conexão entre usuário final e provedor é denominada de enlace local, acesso metropolitano, última milha ou primeira milha.

Várias soluções têm sido utilizadas a fim de prover velocidades crescentes à primeira milha, o que se conhece pela denominação comercial de acesso em banda larga. As tecnologias xDSL², cable modems 3G, 4G e rádio são as mais empregadas, que oferecem velocidades de transmissão típicas da ordem de 256 kbps a 10 Mbps para o usuário doméstico(Union-Telecom 2008d).

Assim que o IEEE 802.3u ficou pronto iniciaram-se os trabalhos de uma rede em barramento ainda mais rápida, denominada IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet). O objetivo era tornar a rede 10 vezes mais rápida mantendo compatibilidade com os padrões Ethernet existentes. Todas as configurações deste padrão são ponto a ponto. Este modelo admite dois

¹Operation, Administration, and Maintenance

²variation of Digital Subscriber Line

modos de operação diferentes: o modo full-duplex e o modo half-duplex. O modo padrão é o full-duplex, que permite tráfego em ambos os sentidos ao mesmo tempo. Ele é usado quando existe um ou mais switches conectados a computadores ou a outros switches. As linhas são armazenadas em um buffer de forma que cada computador e cada switch é livre para enviar quadros sempre que quiser. Assim o transmissor não precisa escutar o canal para saber se ele está sendo usado por mais alguém. A EPON opera em modo full-duplex, não necessita do protocolo CSMA/CD³ de acesso ao meio e detecção de colisão, inerente ao Ethernet.

As ONU's olham somente o tráfego vindo da OLT, e não podem ver o tráfego transmitido por outras ONU's através da fibra compartilhada. Se houver necessidade de conexão ponto-a-ponto entre duas ONU's, isto só pode ser feito por intermédio da OLT. Cada ONU transmite para a OLT em turnos, usando um protocolo de multiplexação de acesso por divisão de tempo TDMA. O modo de operação half-duplex é usado quando os computadores estão conectados a um hub. Como um hub estabelece conexões internas para todas as linhas simulando o cabo multiponto, são possíveis colisões e é necessário utilizar o protocolo CSMA/CD acesso múltiplo com detecção de portadora e detecção de colisão. O cabeamento utilizado pode ser de cobre ou de fibra. O sinal de luz deve ter intervalo de 1 ns, inviabilizando a utilização de leds.

No 1000Base-T são utilizados pares categoria 5 (cinco). Como não é possível enviar um bit em um intervalo de 1 ns neste tipo de quadro, são utilizados 5 níveis de voltagem por intervalo de sinalização, sendo então possível enviar 2 bits por intervalo de sinalização. Utilizando 4 pares é possível enviar 8 bits por intervalo de sinalização. Como o par trançado categoria 5 (cinco) permite frequências até 125 MHz, utilizando-se os 4 (quatro) pares pode-se enviar dados a 1 Gbps.

4.2 O Padrão IEEE 802.3z

No padrão IEEE 802.3z, Gigabit Ethernet, estão especificados que parte de um sistema de comunicações é definido pelo modelo de referência OSI interconexão de sistemas abertos (Union-Telecom 2008d). Para a tecnologia do nosso estudo, a norma IEEE-802.3z está definida na camada de Enlace e Física do modelo de referencia OSI, conforme desenho da Figura 4.1.

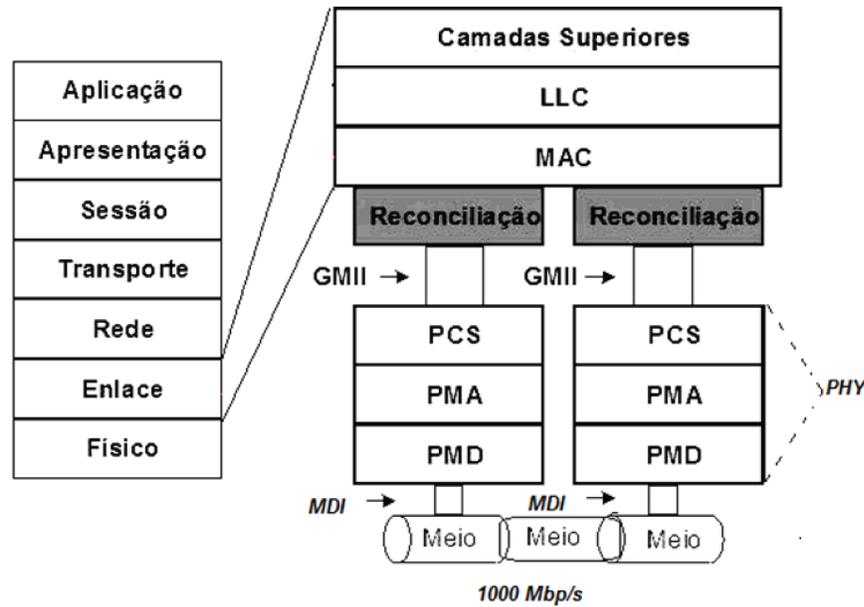
Estas camadas estão divididas em subcamadas e interfaces, que são definidas para dispositivos Ethernet operando a taxas de 1,0 Gbps aproximadamente.

O nível físico da norma 802.3z pode ser de diferentes tipos e está estruturado em três sub-níveis para proporcionar certa independência relativamente ao nível MAC (Media Access Control) - Controle de Acesso ao Meio.

A subcamada PMD⁴ é responsável pela recepção e transmissão, a subcamada PMA (Physical Media Attachment) por serializar e deserializar os dados envolvendo recuperação do relógio e alinhamento de fase e a PCS pela codificação e decodificação dos mesmos. O esquema de codificação adotado pelo Gigabit Ethernet é o 8B/10B, também utilizado pelo canal de fibra (Fibre Channel), com a diferença de que este utiliza uma sinalização de 1,062 Gbaud (1 milhão de símbolos por segundo) enquanto que a sinalização Gigabit Ethernet ocorre a

³Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

⁴Physical Medium Dependent



- PHY (Physical Layer Device) – Dispositivo de Camada Física*
- PCS (Physical Coding Sublayer) - Subcamada de codificação física*
- PMA (Physical Medium Attachment sublayer) - Subcamada de ligação ao meio físico*
- PMD (Physical Medium Dependent) - Dependente ao meio físico*
- GMII (Gigabit Media Independent Interface) – Interface do meio Gigabit independente*
- MDI (Medium Dependent Interface) – Interface do Meio Independente*

Figura 4.1: Padrão OSI e Padrão das Camadas do Modelo de IEEE 802.3z.

1,25 Gbaud (1,25 milhões de símbolos por segundo). A codificação 8B/10B é feita através do mapeamento de símbolos de 8 bits em paralelo para símbolos de 10 bits e na decodificação vice-versa onde o GMII⁵ roda a 125 MHz gerando taxa de transferência de 1000 Mbps.

A subcamada de reconciliação RS⁶ fornece mapeamento para os sinais da interface GMII até as definições de serviços da subcamada de controle de acesso ao meio.

A interface GMII do meio gigabit independente GMII – especifica uma interface entre Gigabit MAC e a camada física de Gigabit PHY (somatório das 3 subcamadas PCS, PMA e PMD): O objetivo da interface é permitir a interconexão de varios terminais de dados DTE⁷ com toda a variedade de implementação Gigabit da camada física.

A interface do meio dependente MDI⁸ especifica os sinais do meio físico e a interface mecânica elétrica entre o meio de transmissão e os dispositivos da camada física.

A subcamada LLC⁹: Controle Logico do enlace, define uma parte do acesso ao meio independente da camada de enlace.

⁵Gigabit Media Independente Interface

⁶Reconciliation sublayer

⁷Data Terminal Equipment

⁸Medium dependent interface

⁹Logical Link Control

A subcamada de enlace controle MAC¹⁰ é uma subcamada opcional que executa controle e manipulação em tempo real da operação da subcamada MAC. A estrutura e especificação da subcamada permitem novas funções para ser adicionadas ao padrão no futuro.

A subcamada de enlace MAC: controle de acesso ao meio, em geral define o encapsulamento de dados (endereçamento, detecção de erros) e o acesso ao meio (detecção de colisões).

A Gigabit Ethernet apresenta uma alternativa viável para o atual estado da tecnologia de acesso.

Os vários tipos de nível físico alternativos para a norma 802.3 são normalmente representados segundo a seguinte convenção: TTbaseD ou TTbroadD. As letras TT são substituídas pela taxa de transmissão nominal em Mbits, a letra D é substituída pelo comprimento máximo de cada segmento, em centenas de metros. Os segmentos podem ser interligados por repetidores, o comprimento máximo que toda a rede pode ter é designado de domínio de colisão.

As abreviaturas base e broadband são utilizadas conforme se trate de banda base (baseband - sinais digitais) ou banda larga (broadband - sinais analógicos).

A rede ótica passiva PON é definida através de única fibra óptica compartilhada, sendo dividida com o uso de divisores óticos. Estes divisores dividem o sinal óptico da fibra em feixes separados, que são por sua vez transportados através de fibras individuais para cada assinante ou usuário final. O uso do termo passivo explica-se porque, entre a conexão na central operacional e os usuários finais não há nenhum equipamento eletrônico ativo dentro da rede (switch), somente uma conversão óptico-elétrica é necessária em cada ponto de terminação da fibra. Nesta rede os usuários finais estão ligados via fibras ópticas dedicadas até os divisores compartilhando única fibra até a central técnica.

Na construção de uma rede EPON tem-se dois tipos de equipamentos que são denominados de OLT terminal de Linha Ótica e ONU. A OLT fica dentro da Central operacional, trata-se de um switch Ethernet. A ONU fica no local do usuário final. A ONU possui uma interface WAN tipo 802.3ah e também uma interface tipo 802.3 para ligação com o assinante.

Na Figura 4.2, tem-se uma rede com um OLT na entrada do sistema com diversas ONU's conectadas a OLT através de um divisor.

Na Figura 4.3 tem-se uma topologia semelhante a da Figura 4.4, porém com os equipamentos terminais OLT terminal de linha óptico e unidade de rede óptica (ONU) identificados na topologia, nesta opera-se no modo full duplex onde num sentido multiplexam os sinais de transmissão da OLT para as ONU's, processo este chamado de downstream e das ONU's para a OLT do qual é chamado de upstream, sendo que no downstream utiliza-se o comprimento de onda da luz em 1490 nm e no upstream 1310 nm, sendo assim viável a comunicação full-duplex.

As redes EPON não necessitam de protocolo CSMA/CD que provêm acesso múltiplo com detecção de portadora e detecção de colisão, que evita perda excessiva de pacotes(Union-Telecom 2008c), inerente ao protocolo Ethernet, pois as ONU's enxergam somente o tráfego entrante da Central técnica (CO) ou OLT, e não podem ver o tráfego transmitido por outras ONU's através da fibra compartilhada (as ONU's filtram o tráfego não direcionado a elas através de protocolo) e se houver necessidade de conexão ponto-a-ponto entre duas ONU's, isto só pode ser feito por intermédio da OLT e ainda as ONU's transmitem a OLT em turnos,

¹⁰Media Access Control

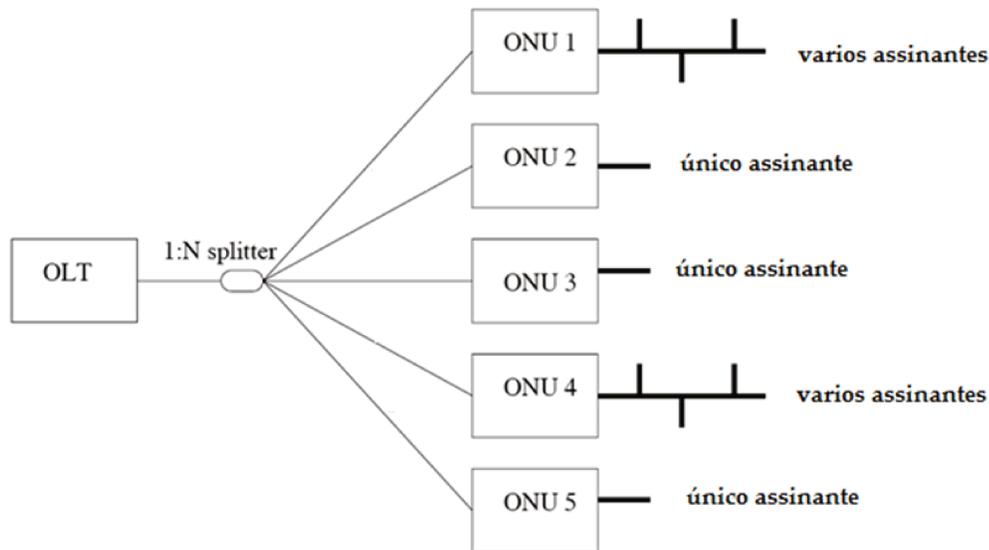


Figura 4.2: Rede com um OLT conectada a diversas ONU's.

usando um protocolo de multiplexação de acesso por divisão de tempo TDMA. Este tempo de transmissão permitido é controlado pela OLT através de protocolos.

4.3 Canal de Distribuição (*Downstream*)

No canal de distribuição downstream os pacotes Ethernet são transmitidos pela OLT e passam através de um divisor que é um divisor óptico passivo com capacidade de 1 x N ou por divisores ópticos em cascata até a ONU. Por natureza a Ethernet envia sinais de broadcasting na direção de downstream, da rede até o usuário, encaixando perfeitamente com a arquitetura Epon, onde os pacotes são transmitidos por broadcast pela OLT e são extraídos seletivamente por sua respectiva ONU de destino, conforme apresentado na Figura 4.3.

4.4 Canal de retorno (*Upstream*)

Na direção de subida upstream, devido as propriedades dos divisores ópticos os pacotes viajam desde a ONU até a OLT exclusivamente, e não permitindo a comunicação entre ONU's. No canal de retorno upstream, o comportamento da EPON é similar a uma arquitetura ponto a ponto. O Epon adota o TDM (multiplexação por divisão de tempo) no sentido upstream. Cada ONU transmite dos usuários quadros ethernet para OLT com intervalos de tempo de transmissão diferentes, que é atribuído pela OLT.

No sentido upstream não há a possibilidade de colisões ou fragmentação. O controle da largura de banda alocada para todas as ONU são realizados pelo tamanho da janela de tempo para transmissão. Na direção do caminho das ONU's para a OLT o protocolo MPCP usa janelas de tempo durante todas as transmissões de quadros pelas ONU's.

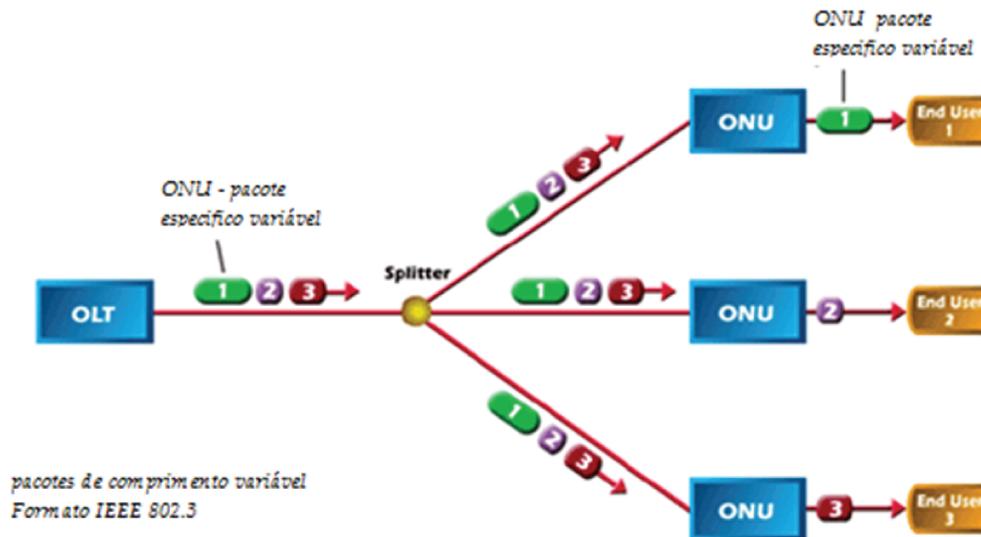


Figura 4.3: Tráfego do canal de recepção downstream com filtragem de quadros realizada pelas ONU's.

No padrão IEEE 802.3ah EPON, a ONU poder transmitir toda a largura de banda upstream da fibra óptica disponível que é de 1 Gbps. Na Figura 4.4 tem-se a operação da EPON no sentido upstream, na janela 1 é apresentado a informação que saiu da ONU 1 para a OLT passando pelo splitter e as demais janelas de tempo é que estão alocadas para todas as ONU, e os quadros coloridos são os quadros de dados gerados pelos usuários.

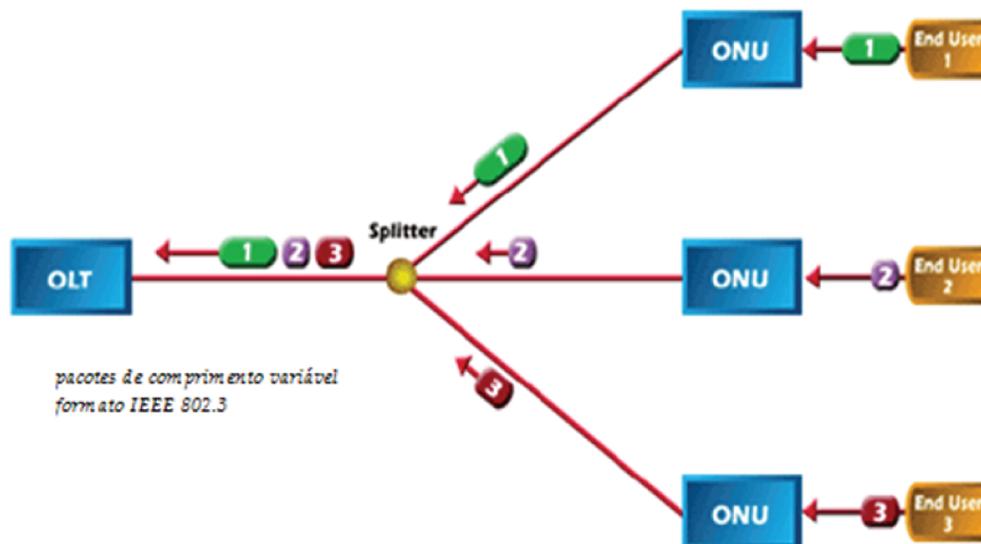


Figura 4.4: Tráfego do canal de transmissão upstream com filtragem de quadros realizada pelas ONU's.

Proposta de teste de campo (test bed)

Neste capítulo realiza-se uma avaliação de viabilidade de implantação de uma rede EPON e/ou GPON num município paulista inserido numa região metropolitana importante. A pesquisa foi realizada em itens da base de dados do IBGE¹ buscando-se a evolução das cidades como o desenvolvimento populacional, o desenvolvimento econômico, os produtos que são comercializados naquele município, o número de indústrias na RMC² enfim, buscou-se conhecer o IDH³ do município escolhido e ir em “loco” para constatação/levantamento das informações pesquisadas. São abordadas as características desde a infraestrutura até detalhes da topologia da região descrito em detalhes no Anexo 2. Para a tomada de decisão da escolha do Município, além das informações prestadas acima, colhemos alguns dados a mais em “loco” que foi o decisório na escolha: Segurança, transporte e a falta de rede multimídia (comunicações necessárias para o desenvolvimento do Município). Segundo informações de alguns moradores e empresários local, há grande solicitação de melhoria dos serviços de comunicações. Só há um pequeno provedor de soluções internet particular e a concessionária de telecomunicações local.

5.1 Pesquisa da Região Piloto

Para iniciar um projeto desta envergadura é necessário que se escolha um Município que atenda todas as possibilidades de desenvolvimento sócio econômico e humano, de modo que tenham as condições básicas para desenvolvimento financeiro e para absorver a tecnologia a ser implantada, bem como os usuários alvo para o fornecimento dos serviços. Assim a região deve estar nas proximidades de grandes centros RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) e RMC (Região Metropolitana de Campinas).

Sendo assim, foi escolhido o Município de Holambra – SP, cujo desenvolvimento é crescente em todos os aspectos, onde os investidores poderão estudar novas oportunidades para implantar novos investimentos na área de Telecomunicações.

A análise levou em conta todas as condições de contorno na elaboração de um projeto

¹Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

²Região Metropolitana de Campinas

³Índice de Desenvolvimento Humano

completo, visto que a maior parte de um orçamento é para o lançamento de fibra óptica e equipamentos de transmissão e este valor é gasto em obras civis, isto é, na abertura de valas e construção de dutos de passagem para os cabos de fibras entre outros, veja no anexo 2.

Foi decidida a região com a qual iremos iniciar o estudo de desenvolvimento de uma possível solução de rede EPON e GPON como se pode verificar na Figura 5.1.

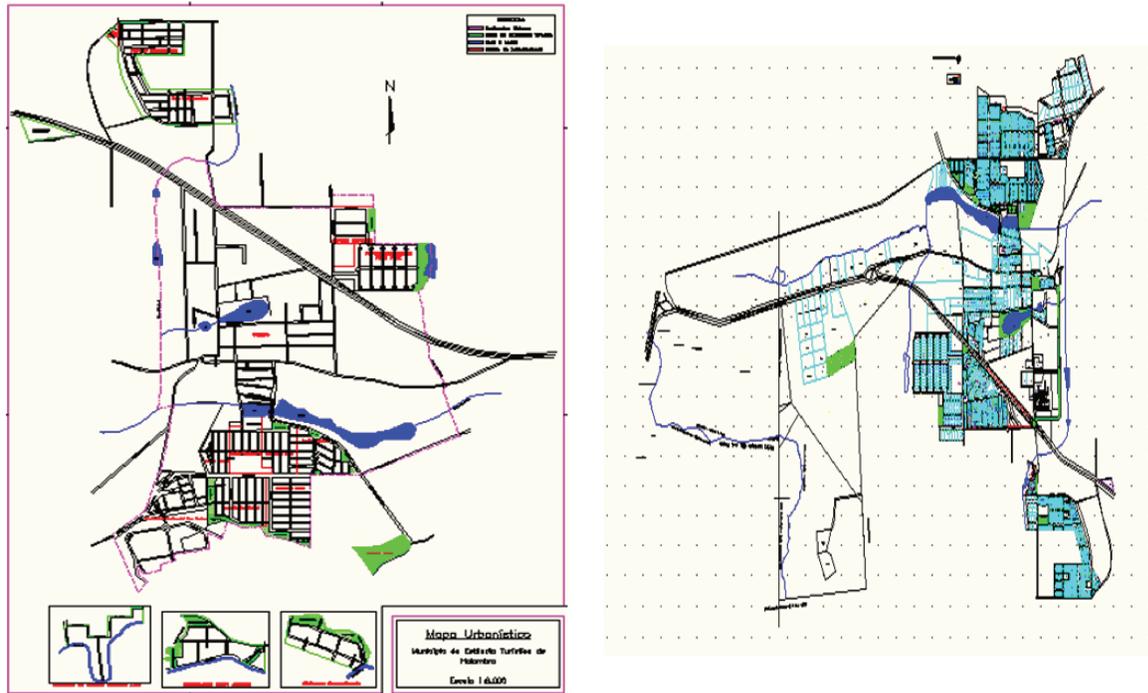


Figura 5.1: Mapas da região piloto (test bed).

Foi obtido o mapa Urbanístico e o mapa Cadastral 2010 da cidade através da prefeitura. A escolha se deu fruto de visitas à cidade e ao contato com a prefeitura e a secretaria de obras. Foi mapeada toda a cidade para que fosse montado o projeto de infraestrutura, onde se desenvolveu um site survey, considerando-se os parâmetros técnicos e financeiros na escolha dos locais onde os equipamentos deverão ficar hospedados.

5.2 Características Técnicas

Tendo a primeira fase do projeto já definida, é necessário ocupar-se da carteira de usuários alvo. A região piloto (detalhes no Anexo 1) tem como objetivo atingir uma carteira de usuários de aproximadamente 7.200 assinantes. O projeto foi dimensionado nas seguintes condições: A OLT ficará dentro de uma Central Técnica (CO) que será ligada ao divisor óptico e a partir deste ponto será distribuídas tantas fibras ópticas, de acordo com a expectativa do número de assinantes existente, interligando-se está fibra até o usuário final contratado.

Utilizando-se das informações colhidas conforme estudos do site survey, definiu-se a estratégia de colocação dos equipamentos necessários para o funcionamento da rede. O município

apresenta pequena concentração populacional, inviabilizando o uso de redes ópticas para atendimentos de todos os pontos definidos.

Dessa forma é proposta a criação de uma rede óptica que irá alimentar os principais pontos pré-estabelecidos, sendo a arquitetura idealizada através das distâncias envolvidas na região central da cidade juntamente com principais pontos definidos para o projeto. A cidade de Holambra é quase na sua totalidade plana. Porém apresenta no seu ponto central pequena depressão devido a desgastes geológicos em sua formação. O quadrante da Figura 5.2 ilustra a área de ocupação demográfica principal da cidade, onde todos os pontos de prováveis assinantes desejados estão contidos nesta área. Com base nessa análise, percebe-se que a maior distância entre a extremidade considerável de todo o município é de 11 km.

Essa relação viabiliza a implementação de uma rede óptica como distribuição de serviços, que é complementada através de redes wireless, oferecendo acesso completo a todos os moradores do município. Obviamente a passagem do cabeamento de fibra óptica não passará por cada ponto desejado, ou seja, não atenderá de imediato todos os pontos declarados. A interconexão dos pontos restantes poderá ser feita utilizando redes wireless. Na rede de fibra óptica estabelecida, é apresentado um traçado que possa conter o maior número de pontos desejados neste projeto. O motivo de se intercalar estes pontos faz com que a potência de transmissão óptica não seja degradada pela distância, já que o sinal óptico é completamente restituído quando chega a um ponto e passa a outro subsequente. O cabo com os pares de fibra passa por todos os pontos da rede óptica, porém esses pontos são apenas interligados entre conjuntos de mesmos pares de fibras (pares de conexão).

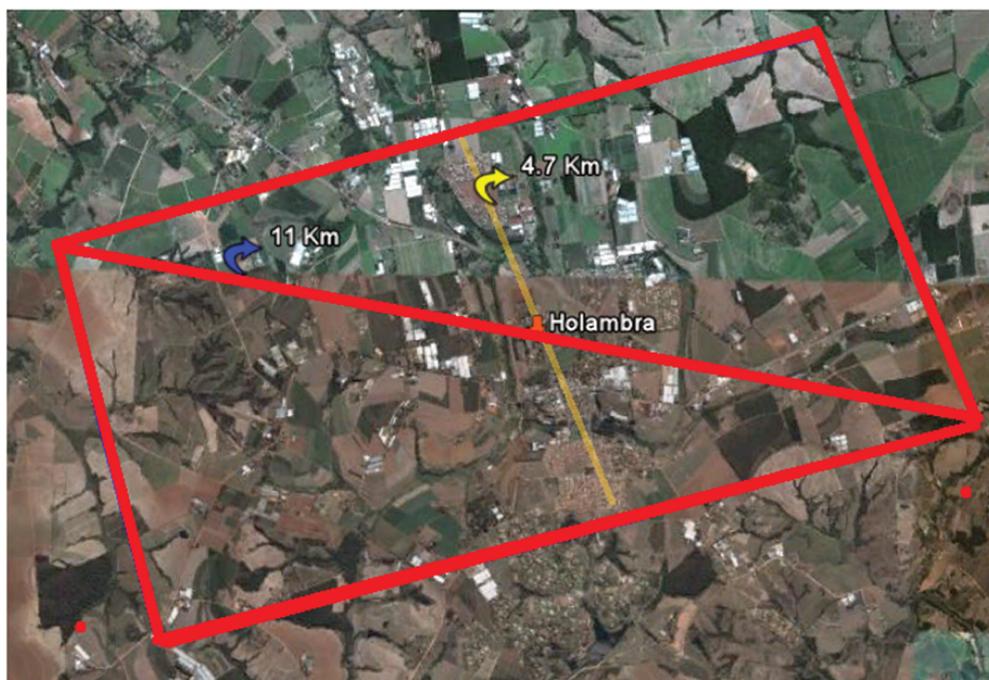


Figura 5.2: Representação do quadrante principal do município.

5.3 Arquitetura do Projeto

Pensando na arquitetura completa do sistema projetado têm-se que os pontos atendidos contribuem para a implementação de toda a rede no município.

A estratégia de interligação entre os nós designa-se por topologia da rede ou de um modo mais preciso por topologia física. Este refinamento na definição ajuda a distinguir o aspecto físico do modo como a informação é distribuída na rede.

Importante ressaltar que na arquitetura de rede temos que definir tanto a topologia lógica quanto a topologia física, que podem ser ou não a mesma (por exemplo: uma topologia física anel pode ter uma topologia lógica estrela).

O nó 1 irá funcionar como nó distribuidor e que toda a comunicação é feita diretamente entre os diferentes nós conforme apresentado na Figura 5.3. Como consequência a topologia física e a topologia lógica são diferentes como se evidencia na Figura 5.4.

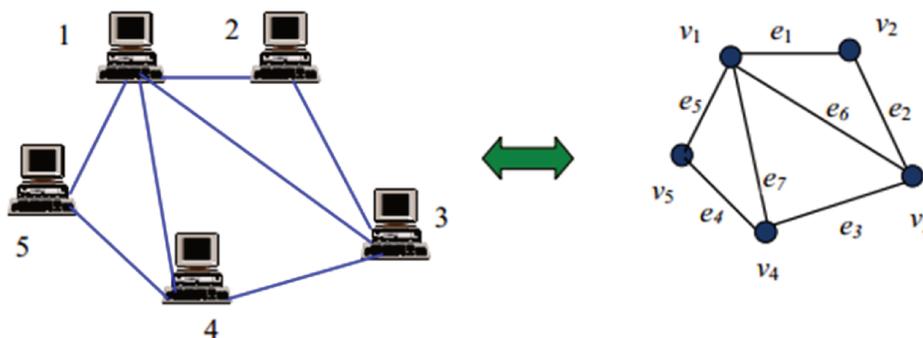


Figura 5.3: Topologia Física e Topologia Lógica .

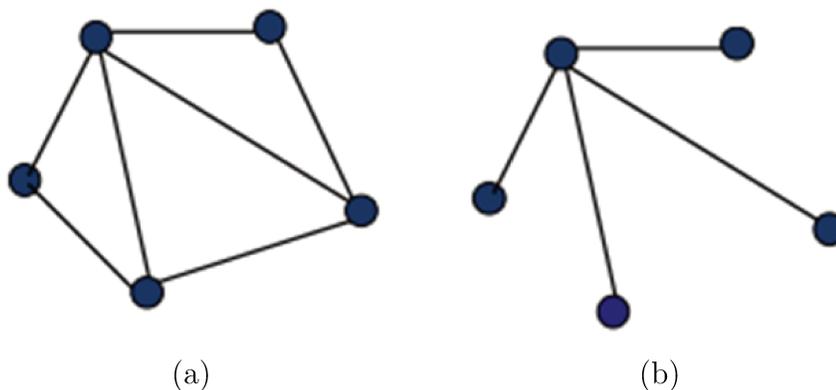


Figura 5.4: Topologia física de malha e Topologia lógica da rede. a) Topologia física de malha. b) topologia lógica estrela.

Considerando que o enlace de fibra óptica é através de cabos com feixe de diversas fibras ópticas e que as mesmas não poderão beneficiar todos os pontos desejados, este enlace de

fibra é projetado para atendimento da demanda populacional que irá se beneficiar de uma qualidade de serviço prestada pela qualidade da fibra óptica. Todos os pontos que não foram interligados a fibra, podem ser atendidos pela rede através de redes sem fio (WLANs) conforme apresentado na Figura 5.5. Essa é a proposta como solução para o atendimento de todos os pontos, ou seja, de 100% nos pontos determinados do município de Holambra.

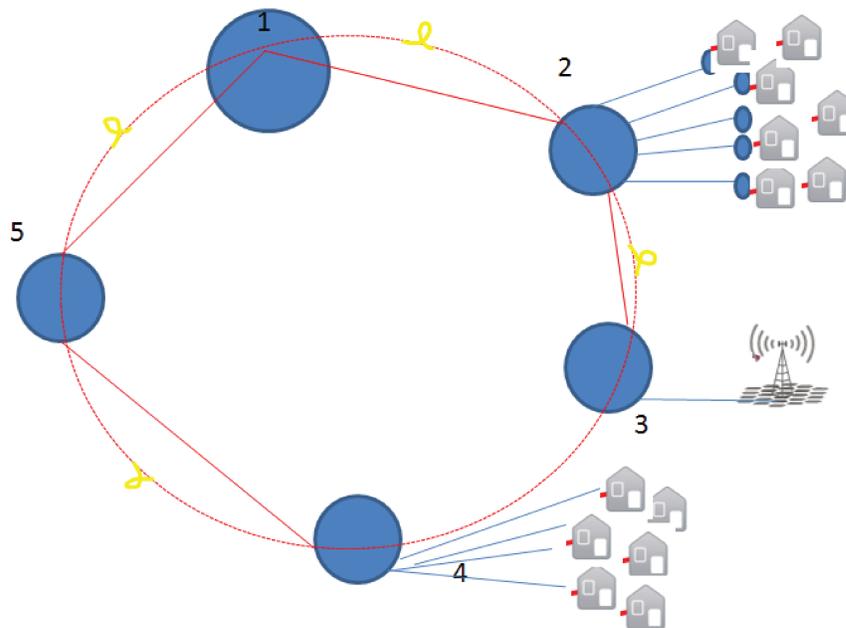


Figura 5.5: Sugestão de topologia do sistema óptico.

A distribuição geográfica dos pontos desejados é inviável para um atendimento exclusivamente por fibra-óptica, sendo a utilização de redes sem fio IEEE 802.n que é um meio barato e abrangente, já que este possibilita a abertura de células de distribuição de sinal, conforme Figura 5.6.

Pontos remotos são atendidos através de antenas direcionais com tecnologia redes sem fio IEEE 802.11n (300 Mbps), que também são conhecidas como redes Wi-Fi ou Wireless. Já as regiões com maior concentração populacional estão geralmente mais próximas do enlace óptico. Ou seja, podemos conectar antenas com serviço wireless no enlace, criando assim, um serviço com mais qualidade e segurança, conforme a Figura 5.7.

Realizamos um estudo hipotético com levantamento definindo o traçado desejado apresentado na Figura 5.7, onde será colocado equipamentos da rede EPON ou GPON e outros que serão necessários para o projeto. Após esta fase de definição do desenho da rede podemos calcular o traçado do caminho da fibra óptica.



Figura 5.7: Desenho do modelo de Rede Óptica para o município de Holambra.

Comparação Tecno Económico das Redes EPON e GPON

Neste capítulo realizamos uma avaliação tecno económico visando a possibilidade de implantação de uma rede EPON ou GPON. Apresentamos uma análise comparativa das características destas tecnologias, objetivando informar os valores hipotéticos de investimento e de custeio de uma rede destas tecnologias, chegando-se ao valor mais próximo da realidade.

6.1 Premissas do projeto

Este projeto é baseado em uma infraestrutura de Telecomunicações, que consiste em uma rede mista de fibra óptica e rádio projetada na área urbana do município de Holambra - SP, que pode ser integrada pelas tecnologias EPON ou GPON para atendimento de até 10 (dez) pontos.

Com uma rede de rádio na tecnologia 802.11.n (wireless com links de 2,4 Ghz) será atendido os pontos remotos com taxa de transferência de até 300 Mbps, com objetivo para atender próximo a 100% do projeto.

A infraestrutura destas soluções tecnológicas é de última geração para atendimento a usuários que utilizam tecnologias do tipo: videoconferência, internet banda larga, VoIP, CFTV¹ e IPTV², através de uma solução integrada de alta capacidade baseada em tecnologia inovadora de redes que é o foco deste trabalho. Neste projeto teremos uma distribuição de rede para atendimento da população do município escolhido, onde toda demanda da rede desenhada está dívida da seguinte forma:

1. 10 Pontos de presença (POP³): locais onde são disponibilizados os diversos serviços para conexão dos equipamentos de fibra óptica e da rede EPON ou GPON;
2. Rede concebida com redundância somente em fibras óptica para às conexões dos POP no backbone municipal prevenindo assim possíveis paradas na rede por rompimento

¹Circuito Fechado de TV

²Internet Protocol Television

³Point of Presence

de algum meio físico. Os POP's deverão ser integrados as operadoras de telefonia e provedores de internet.

6.2 Aspectos Financeiros

Do ponto de vista financeiro tem-se que levar em conta os custos dos equipamentos e das instalações físicas a serem realizadas, para este investimento utilizaremos o conceito CAPEX⁴, que reúne as despesas de capital, dito também ativo fixo; e para as operações de instalação, manutenção da rede e mão de obra especializada, utilizaremos o conceito OPEX⁵, que reúne despesas variáveis, não fixadas, ditas passivo. Capex sempre pode ser melhor determinado e garantido; Opex não.

Foi determinada como moeda padrão para este estudo a moeda oficial brasileira (Real), sendo que nas projeções não foi incluído o custo dos impostos. No entanto, o tipo de cambio Real/Dólar Americano a data do trabalho foi de 2,38 Reais por um Dólar (do Brasil 2013).

Para o Retorno do Investimento (ROI) utilizaremos também o cálculo de Payback.

O investimento total deste projeto é composto pela infraestrutura da rede de fibras ópticas e rádio, incluindo as obras civis e aquisição de todos os equipamentos EPON ou GPON.

Também levamos em conta a necessidade de realização de estoques de equipamentos que deverão ser vendidos aos usuários para recebimento do sinal das tecnologias em estudo.

Como em todo projeto é necessário a preparação de uma proposta de investimento onde nosso objetivo é buscar inovação de produto para soluções da demanda reprimida de banda larga em todo país e devido à falta desta tecnologia para atendimento aos usuários, decidimos utilizar o conceito de projeto de investimento para agregar valor ao negócio.

Para análise do método de avaliação de projeto de investimento tomamos como base o aumento da demanda natural de banda larga existente onde tem-se que ter um projeto de inovação com lançamento de novos produtos e com valor agregado (IEEE 2002).

Inicialmente há necessidade de se entender os métodos de avaliação de projeto de investimento, onde para o mercado o valor de uma empresa depende da geração de fluxo de caixa futuro. Pensando nesta situação, projetamos Tabelas com colunas identificando os campos item, nome, quantidade total, preço unitário e preço total na busca do valor total da projeção, sendo estas informações necessárias para realização da análise e comparação financeira das tecnologias em estudo, com estes dados é possível avaliar e analisar o Payback, VPL⁶ e a TIR⁷ explicados adiante (Laponi 2000, Jean Jaques Salim 2002).

Fluxo de Caixa estimado

Para projeção dos fluxos de caixa, base de todas as análises financeiras, foi utilizado os gastos estimados e explicados nos itens 6.5 (projeto EPON) e 6.6 (projeto GPON).

Sendo que:

- Receita gerada: para os dois projetos foi estimada considerando a venda anual de 350 assinaturas, com crescimento orgânico previsto de 5% ao ano. Sendo que, no primeiro

⁴Capital Expenditures

⁵Operational Expenditures

⁶Valor Presente Líquido

⁷Taxa Interna de Retorno

mês o assinante precisa adquirir o equipamento ONU no valor de R\$ 1.149,90 e pagar a assinatura mensal no valor de R\$ 49,90. Nesta base considera-se conquistar em até 15 anos aproximadamente 70% do mercado alvo. No item 6.3.2 demonstramos esta projeção para o projeto EPON (Tabelas 6.6 e 6.7) e no item 6.3.3 para o projeto GPON (Tabelas 6.13 e Tabelas 6.14).

- Despesas Fixas: foi considerado a amortização anual de 10% de todo o valor previsto para OPEX, visto que o mesmo não ser desembolsado em um único evento.

Seguem as definições de cada item que compõem a análise do projeto demonstrada no item 6.3.2 e 6.3.3:

ROI—Retorno sobre o investimento:

O retorno sobre o investimento demonstra a eficiência global na geração de lucro em relação aos ativos disponibilizados para este fim.

A mesma é calculada como segue na equação 6.1 (Laponi 2000):

$$ROI = \frac{\text{LucroLiquidoDepoisdeIR}}{\text{AtivoTotal}} \quad (6.1)$$

Para esta análise, quanto maior for a taxa, melhor será o lucro, sendo a mesma normalmente expressa em % (porcentagem).

6.2.1 PAYBACK

É o período de tempo exato necessário para que a empresa recupere seu investimento inicial em um projeto, considerando os fluxos das entradas de caixa projetada (Laponi 2000, Jean Jaques Salim 2002).

Do ponto de vista técnico, este método é considerado como uma técnica não-sofisticada de orçamento de capital, devido a não observância do valor do dinheiro no tempo pois o fluxo de caixa não é descontado para se obter o valor presente do dinheiro.

Quando o mesmo for utilizado para decisão de aceitar <> rejeitar um projeto, temos a seguinte linha de decisão:

Payback < período de payback máximo aceitável: projeto deve ser aceito

Payback > período de payback máximo aceitável: projeto não deve ser aceito

Para o cálculo do Payback, base para as análises deste projeto, utilizamos a equação 6.2 (Laponi 2000):

$$PB = T_q \sum_{t=0}^T (FC)_t = 0 \quad (6.2)$$

Onde:

PB = Payback [anos]

t = tempo [anos]

FC (Fluxo de caixa) = representa o retorno da data t . [R\$]

T_q = Lê-se T quando

T = representa o tempo [anos]

Esta expressão matemática demonstra a soma de fluxos de caixa do projeto na data zero até que o Payback seja igual a zero, ou seja, quantos períodos serão necessários para que o projeto apresente o retorno básico.

Matematicamente, salientamos que a equação 6.2 é verdadeira somente se: $(FC)_{t=0}$ seja o fluxo de caixa acumulado no tempo 0 (zero) ou seja o investimento inicial seguido do sinal negativo;

Como também nos restantes de períodos t com exceção do 0 (zero) seja o fluxo de caixa não acumulado, porém estes com sinal positivo.

O fluxo de caixa acumulado e não acumulado é também conhecido respectivamente como “saldo do projeto” e “receita líquida” definido na Tabela 6.15.

Para exemplificação do uso da equação 6.2 mostraremos abaixo aplicação e verificação da igualdade no projeto Epon.

Os valores utilizados abaixo para cálculo foram retirados das Tabelas 6.15 e 6.16.

$$\sum_{t=0}^{t=PB=7,78} (FC)_t = 0 \quad (6.3)$$

Verificação de igualdade da equação 6.3:

$$\begin{aligned} \sum_{t=0}^{t=PB=7,78} (FC)_t &= (FC)_{t=0} \text{accum.} + (FC)_{t=1} \text{naccum.} + (FC)_{t=2} \text{naccum.} + (FC)_{t=3} \text{naccum.} + \dots \\ &\dots + (FC)_{t=4} \text{naccum.} + (FC)_{t=5} \text{naccum.} + (FC)_{t=6} \text{naccum.} + \dots \\ &\dots + (FC)_{t=7} \text{naccum.} + (FC)_{t=7.78} \text{naccum.} \\ &= -8787,19 + 243 + 484 + 734 + 995 + 1267 + 1549 + 1842 + 1672,23 = 0 \end{aligned}$$

Onde:

accum. = Lê-se acumulado

naccum. = Lê-se não acumulado

Demonstraremos nas Tabelas de 6.1 a 6.6 e 6.18 o comportamento do Projeto Epon e nas Tabelas 6.8 a 6.14 e 6.20 para o Projeto GPON, bem como os gráficos correspondentes com a evolução apresentada.

Nas duas análises, observamos o comportamento dos mesmos em um período de 15 anos.

6.2.2 VPL (Valor presente líquido)

Método de avaliação que mostra a contribuição do projeto de investimento no aumento do valor da empresa. Se a empresa for de capital aberto com ações ordinárias negociadas na bolsa de valores, o método do VPL mostra a contribuição do projeto de investimento na maximização de retorno aos acionistas.

O VPL (Valor Presente Líquido) desenvolvido refere-se à diferença entre o valor presente do capital positivo e o capital negativo do fluxo de caixa do projeto de investimento (Laponi 2000, Jean Jaques Salim 2002).

Para cálculo do VPL utilizamos a equação 6.4:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{(FC)_t}{(1 + K)^t} \quad (6.4)$$

Onde:

VPL: Valor Presente Líquido [R\$]

I: Investimento de capital na data zero [R\$]

FC_t: Fluxo de caixa [R\$]

K: taxa mínima requerida [%]

Concluimos assim que para $VPL > 0$ o investimento será recuperado, remunerado a uma taxa mínima requerida (k) e com geração de lucro extra na data zero igual ao VPL .

6.3 Análises comparativas das soluções EPON e GPON

As soluções de rede EPON ou GPON podem integrar uma arquitetura completa de serviços de banda larga, que podem ser projetados para atender aos requisitos de convergência de redes fixo-móvel, oferecendo assim recursos que podem apoiar o acesso de banda larga e neste item temos os serviços de última geração e conexões, alocando recursos através de OLT, conversores de rede, postes para recebimento de switch, divisor, cabos de rede (fibras, cabo de rede coaxial RG11, cabo de rede cat. 5), divisores e ONU realizando função de conversão de multimídia, podendo chegar a velocidade de conexão até 2,5 Gbps.

A alocação de recursos EPON ou GPON será composta nos 10 POP's onde cada central técnica (CO) irá atender até 700 assinantes.

Em todos os POP's tem-se uma conexão de fibra óptica que ligará o sistema através de provedores de serviços multimídia. Os equipamentos em todo os POP's terão a mesma configuração, que são OLT, Splitter óptico, ONU's, Switch's, postes para recebimento de switch, divisores, cabos de rede (fibras, cabo de rede coaxial RG11, cabo de rede cat. 5), divisores e ONU's realizando função de conversão de multimídia, conforme apresentado na Figura 6.1.

6.3.1 Investimentos do projeto

Nas Tabelas de demonstração apresentadas os dados que compõe o preço são: a rede óptica, os equipamentos EPON ou GPON e o custeio para implantação do projeto. Planeja-se realizar a implantação em 10 POP's, onde haverá em cada POP equipamentos central e terminal. Os valores utilizados são hipotéticos, próximos da realidade. Na composição do projeto também tem-se que tendenciar as despesas indireta onde há necessidade de contratação de mão de obra (vendedores, operadores, atendentes), marketing de produto, propaganda e mídia. Estas despesas são necessárias para iniciar a operação da rede quando da implantação no atendimento do serviço.

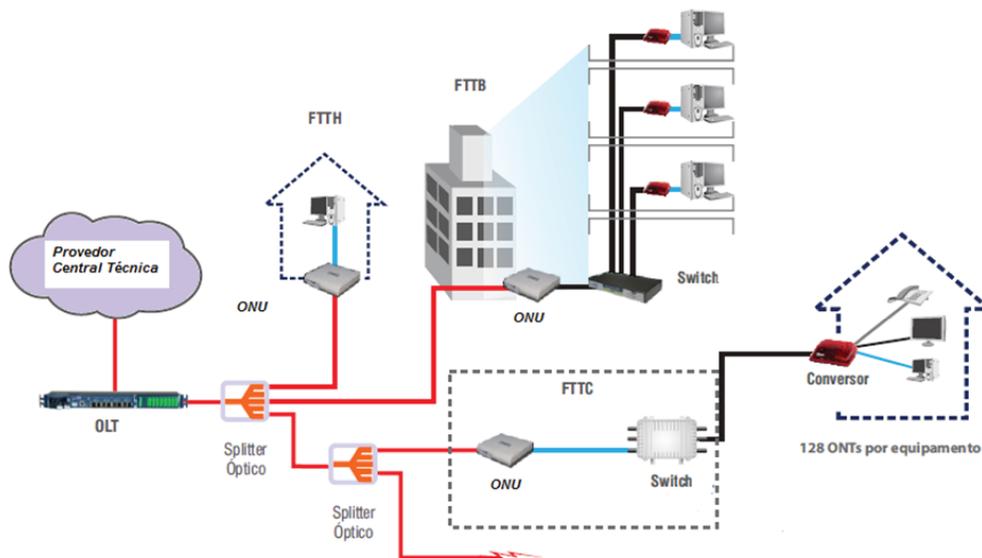


Figura 6.1: Desenho do modelo de Rede Óptica para o município de Holambra.

Para uma análise real, teríamos que obter os valores de cada equipamento realizando-se uma RFP (Request For Proposal) solicitação de proposta, que é a solicitação feita através de um processo pela empresa interessada (contratante) para que potenciais fornecedores possam apresentar proposta de negócios com no mínimo 3 (três) fornecedores de equipamentos. Importante ressaltar que, o desenvolvimento tecnológico do país depende da iniciativa privada e do governo, ambos devem estar alinhados na busca da inclusão digital bem como na inovação do setor.

No projeto foi realizada Tabela com o valor total da rede onde o investidor consegue de imediato visualizar o desembolso de capex e opex tanto para os sistemas ativo quanto para os sistemas passivo.

O valor total do investimento apresentado na composição da Tabela de investimento inicial utilizamos os seguintes dados para análise: Capex para investimento e Opex para manutenção dos equipamentos, (utilizamos valor de 10% padrão).

Com base no crescimento médio dos produtos de tecnologia implantados, foi tendenciado o crescimento natural das vendas que é uma taxa de crescimento anual dos usuários da ordem de 5% (cinco por cento) média de mercado, além de garantir que a equipe de vendas realize as vendas de equipamentos (unidades ONU) para todos os usuários foco daquela região, interesse do negócio.

Tipo de investimento

Uma das decisões das estratégias que definem o futuro desejado da empresa é a decisão de investir em inovação tecnológica, em geral, a necessidade de investimento em primeiro momento imobiliza o capital da empresa durante um longo prazo, gerando expectativas de manutenção do capital de forma diferenciada e incompatíveis no custo do dinheiro no mercado.

Sendo assim o investidor poderá buscar recursos no mercado ou gastar recursos próprios. Para essa análise realizamos Tabelas para os 2 (dois) projetos EPON e GPON com período

compreendido de 15 anos onde apresentamos a receita gerada e as despesas fixas com gráfico comparativos de receita e despesa que foi nossa análise do negócio (Laponi 2000, Jean Jaques Salim 2002).

6.3.2 Demonstrações dos gastos no Projeto do projeto EPON

Nas Tabelas 3.8 a 6.7 apresentamos os valores projetados de gastos no projeto EPON. Estes gastos são necessários para aquisição dos equipamentos para instalação da rede no município, onde a fibra óptica irá atender parte dos caminhos definidos no projeto bem como os valores da Rede WiFi para montagem do backbone municipal.

Na Tabela 6.1 e 6.2 apresenta-se o Capex para aquisição de cabos de fibra óptica e equipamentos da rede óptica municipal.

Tabela 6.1: Rede de Fibras Ópticas (Backbone) Principal e Back-up.

VALORES ESTIMADOS EPON			
Rede de Fibras Ópticas (Backbone) Principal e Back-up			
Nome	Quantidade	Preço(R\$)	Total(R\$)
Fibra Óptica	23.200	20,00	464.000,00
Portas Ópticas SFP	230	400,00	92.000,00
comutador automatico de redundancia de fibra	10	1.500,00	15.000,00
Patch-Cord	20	25,00	500,00
DIO	20	430,00	8.600,00
Pigtail	20	25,00	500,00
Rack (6U)	10	250,00	2.500,00
Rack (40U)	10	1.500,00	15.000,00
No-Break 3KVa	10	3.000,00	30.000,00
No-Break 1.5KVa	10	600,00	6.000,00
Instalação Wireless	12	500,00	6.000,00
Acessorios	10	150,00	1.500,00
Serviços Software	20	35.354,00	707.080,00
Obras civis e construção de 10 PoP	20	150.000,00	3.000.000,00
TOTAL IMPLANTAÇÃO FIBRA ÓPTICA (BACKBONE) Principal e Back-up			4.348.680,00

Na tabela 6.3 apresentamos o Capex para aquisição dos equipamentos rádio para montagem da rede WiFi no município.

Na tabela 6.4 apresenta-se o Capex para aquisição do equipamento EPON (OLT 4 portas, Splitter óptico, equipamento modulo 20 Km FO, Switch).

Na tabela 6.5 apresenta-se o Capex e o Opex total do projeto da rede EPON bem como as despesas indiretas necessárias para contratação de mão de obra (ano 1) incluindo despesas para divulgação, marketing, contratação de profissionais de vendas e propaganda com mídia desta tecnologia.

Na tabela 6.6 apresenta-se os valores de investimento total do capex dos equipamentos e do desembolso de opex (OAM) que fazem parte do fluxo do investimento inicial necessário para início do negócio. Também foi considerado o crescimento do município na ordem de

Tabela 6.2: Equipamentos da Rede Óptica.

Equipamentos da Rede Óptica Principal e Back-up			
Nome	Quantidade	Unidade	Total(R\$)
DIVISOR ÓPTICO 1X8	8	pç	3.000,00
CABO ÓPTICO DROPP SM 02 FO	2840	m	4.004,40
CABO ÓPTICO CFO AS 04 FO	7200	m	28.521,98
CABO ÓPTICO CFO AS SM 06 FO	3440	m	13.347,20
CABO ÓPTICO CFO AS SM 12 FO	1500	m	7.260,00
CAIXA DE EMENDA	40	pç	3.900,00
KIT PARA FERRAGEM DE FO	200	CJ	1.660,00
CABO DE REDE CAT 5	200	m	2,00
CABO COAXIAL RG 11	200	m	8,00
CABO RGC 6	200	m	2,00
CONECTORES	2000	pc	20,00
POSTES	100	pç	3.500,00
TOTAL EQUIPAMENTOS DA REDE ÓPTICA			65.225,58

Tabela 6.3: Rede WIFI.

Item	Nome	Quantidade	Preço(R\$)	Total(R\$)
1	Kit 2.4 GHz (Pontos de TX)	6	2.500,00	15.000,00
2	Serviços Software	6	100,00	600,00
3	No-Break 1.5KVa	6	400,00	2.400,00
4	Instalação Wireless	6	500,00	3.000,00
TOTAL IMPLATAÇÃO DE REDE WIFI				21.000,00

5% ao ano. Considerando que estes parâmetros foram projetados para prestação de serviços (taxa mensal) de Reais 49,90 perfazendo o valor anual total de Reais 598,80 e com vendas de equipamentos (ONU) que serão cobrados no início do contrato dos usuários para acesso a esta tecnologia.

Na tabela 6.7 apresentamos a receita gerada e as despesas fixas do primeiro ao décimo quinto ano, levando em conta o investimento realizado em 15 anos.

A Receita gerada foi estimada considerando venda anual de 350 assinaturas, com crescimento orgânico previsto de 5% ao ano. Sendo que, no primeiro mês o assinante precisa adquirir o equipamento (ONU) no valor de Reais 1.149,90 e pagar a assinatura mensal no valor de Reais 49,90. Para as despesas fixas, foi considerado a amortização anual de 10% de todo o valor previsto para OPEX, visto o mesmo não ser desembolsado em um único evento.

No gráfico da figura 6.2 podemos observar o crescimento exponencial da receita EPON – receita x despesa, onde as despesas se mantêm linear, o que demonstra o potencial do projeto. Nesta base consideramos conquistar em até 15 anos aproximadamente 70% do mercado alvo.

Tabela 6.4: Equipamentos EPON.

Item	Nome	Quantidade	Preço(R\$)	Total(R\$)
1	OLT 4 PORTAS	30	20.000,00	600.000,00
2	SPLITTER OPTICO (64 fibras)	10	1.000,00	10.000,00
3	EQUIPAMENTO MODULO 20 KM FO	10	485,00	4.850,00
4	SWICTH	20	2.528,23	50.564,60
5	Modulo fibra multimodo e Ethernet	10	122,00	1.220,00
TOTAL EQUIPAMENTOS DA REDE EPON				666.634,60

Tabela 6.5: Capex e Opex e Despesas Indiretas da rede EPON.

CAPEX e OPEX TOTAL - IMPLANTAÇÃO EPON	CAPEX	OPEX (10%)
VALORES (Reais)	5.101.540,18	510.154,02

DESPESAS INDIRETAS	CAPEX	OPEX
Marketing de produto, contratação de vendedores, propanda, midia, etc.		3.175.492,17
OPEX TOTAL		3.685.646,19

6.3.3 Demonstrações dos gastos no Projeto do projeto GPON

Nas tabela 6.8 a tabela 6.14 apresentamos os valores projetados de gastos no projeto GPON. Estes gastos são necessários para aquisição dos equipamentos para instalação da rede no município, onde a fibra óptica irá atender parte dos caminhos definidos no projeto bem como os valores da Rede WiFi para montagem do backbone municipal.

Na tabela 6.8 e tabela 6.9 apresentamos o Capex para aquisição de cabos de fibra óptica e equipamentos da rede óptica municipal.

Na tabela 6.10 apresentamos o Capex para aquisição dos equipamentos rádio para montagem da rede WiFi no município.

Na tabela 6.11 apresentamos o Capex para aquisição do equipamento GPON (OLT 4 portas – atende 1024 ONU’s, Splitter óptico, Switch principal e divisor óptico).

Na tabela 6.12 apresentamos o Capex e o Opex total do projeto da rede GPON bem como as despesas indiretas necessárias para contratação de mão de obra (ano 1) incluindo despesas para divulgação, marketing, contratação de profissionais de vendas e propaganda com mídia desta tecnologia.

Na tabela 6.13 apresentamos os valores de investimento total do Capex dos equipamentos e do desembolso de Opex (OAM) necessário para realizar a composição do fluxo do investimento inicial necessário para começar o negócio. Nesta Tabela também levamos em conta que o município terá um crescimento da ordem de 5% ao ano. Nesta expectativa teremos que realizar negociações do serviço com vendas de equipamentos e um preço de serviço mensal que será cobrado do usuários para adquirir o serviço desta tecnologia.

Na Tabela6.14 apresentamos a receita gerada e as despesas fixas do primeiro ao décimo quinto ano, levando em conta o investimento realizado em 15 anos.

A Receita gerada foi estimada considerando venda anual de 350 assinaturas, com crescimento orgânico previsto de 5% ao ano. Sendo que, no primeiro mês o assinante precisa adquirir o equipamento ONU no valor de R\$ 1.149,90 e pagar a assinatura mensal no valor

Tabela 6.6: Valores de investimento inicial EPON.

VALORES DE INVESTIMENTO INICIAL	ANO 1
CAPEX EQUIPAMENTO	5.101.540,18
OPEX (OAM)	3.685.646,19
TAXA DE CRESCIMENTO ANUAL DE CLIENTES	5%
VENDAS EQUIPAMENTO (CUSTO EM Reais)	1.149,90
PREÇO DO SERVIÇO MENSAL (CUSTO EM Reais)	598,80
Clientes inicial	573

Tabela 6.7: Receita Gerada e Despesas Fixas (ano 1 a 15).

Projeto EPON		
Item	Receita Gerada	Despesas Fixas
Ano 1	612.045	-368.565
Ano 2	852.227	-368.565
Ano 3	1.102.889	-368.565
Ano 4	1.364.029	-368.565
Ano 5	1.635.648	-368.565
Ano 6	1.917.746	-368.565
Ano 7	2.210.324	-368.565
Ano 8	2.513.380	-368.565
Ano 9	2.826.915	-368.565
Ano 10	3.150.929	-368.565
Ano 11	3.465.299	-368.565
Ano 12	3.790.148	-368.565
Ano 13	4.125.476	-368.565
Ano 14	4.471.283	-368.565
Ano 15	4.827.569	-368.565

de R\$ 49,90. Nesta base consideramos conquistar em até 15 anos aproximadamente 70% do mercado alvo (*Market share*). Outro ponto importante para considerarmos um tempo mais longo e relevante foi a vida útil dos equipamentos, tornando assim, a relação investimento mais direta. Para as despesas fixas, foi considerado a amortização anual de 10% de todo o valor previsto para OPEX, visto que o mesmo não ser desembolsado em um único evento. No gráfico da Figura 6.3 pode-se observar o crescimento exponencial da receita GPON – receita x despesa, onde as despesas se mantêm linear, o que demonstra o potencial do projeto.

6.3.4 Demonstrativos Comparativos GPON/EPON

Na Tabela 6.15 apresentamos os valores comparados de gastos nos projetos, onde apresentamos os investimentos necessários para cada tecnologia, aberto em CAPEX e OPEX, bem como sua demonstração gráfica comparada na Figura 6.4. Podemos identificar que não temos valores de investimento necessário para implantação de cada plataforma com variação relevante.

Entre as duas tecnologias tem-se uma variação de aproximadamente 2,8% de investimento

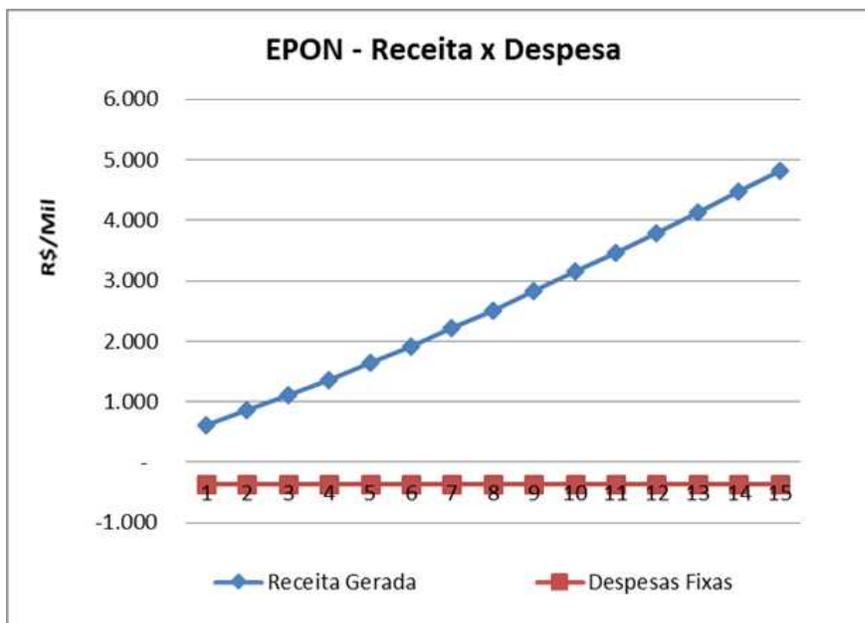


Figura 6.2: EPON: Comparativo Receita x Despesas.

em CAPEX, sendo o projeto GPON com melhor custo total. Considerando OPEX, esta diferença cai para aproximadamente 0,5%, sendo novamente o projeto GPON o que apresenta melhor custo.

Todo projeto é voltado a buscar inovações em um produto que possa atender à crescente demanda reprimida em banda larga de todo o país, sendo assim foi projetado todo o valor de investimento de um primeiro site como o modelo.

Para análise do método de avaliação de projeto de investimento tomamos como base o aumento da demanda natural de banda larga existente com um projeto de inovação com lançamento de novos produtos com alto valor agregado (Laponi 2000). Para investimento inicial a empresa responsável pela implantação precisará captar recursos junto aos sócios para financiar o início do projeto.

Definimos 3 metodologias de avaliação financeira de projeto para completar a análise financeira do projeto, foi escolhido: ROI, Payback Simples e VPL. Estes três métodos já foram discutimos no item 6.2 de forma mais didática.

Na análise de Payback Simples, demonstramos na Tabela 6.14 as receitas geradas e despesas fixas entre o ano 1 e o ano 15, sendo arbitrado crescimento mínimo de 5% ao ano, (EPON: Tabela 6.6 e GPON: Tabela 6.13), e o saldo do investimento em CAPEX denominado na Tabela como “Saldo do Projeto”, estas informações são a base para cálculo do Payback do projeto. Através da Tabela 6.16 podemos calcular o payback da rede EPON como descrito a seguir: Como o fluxo de caixa acumulado ou saldo do projeto define o valor de retorno do investimento considerando o valor de investimento inicial, observa-se que a partir do momento em que o fluxo de caixa acumulado muda de sinal, ou seja, se torna 0 (zero), definindo assim o tempo que levaria para que o investimento retornasse o valor inicial investido, teríamos assim o valor do payback. Esta mudança de sinal ocorre na Tabela 6.16

Tabela 6.8: Backbone Fibras Ópticas Principal e back-up.

VALORES ESTIMADOS GPON			
Rede de Fibras Ópticas (Backbone) Principal e Back-up			
Nome	Quantidade	Preço(R\$)	Total(R\$)
Fibra Óptica	23.200	20,00	464.000,00
Portas Ópticas SFP	230	400,00	92.000,00
Comutador automatico de redundancia de fibra	10	1.500,00	15.000,00
Patch-Cord	20	25,00	500,00
DIO	20	430,00	8.600,00
Pigtail	20	25,00	500,00
Rack (6U)	10	250,00	2.500,00
Rack (40U)	10	1.500,00	15.000,00
No-Break 3KVa	10	3,000.00	30.000,00
No-Break 1.5KVa	10	600,00	6.000,00
Instalação Wireless	12	500,00	6.000,00
Acessorios	10	150,00	1.500,00
Serviços Software	20	35.354,00	707.080,00
Obras civis e construção de 10 PoP	20	150.000,00	3,000.000,00
Total do Projeto			4.348.680,00

no ano entre $t=7$ e $t=8$. No sétimo ano ($t=7$) o saldo do projeto EPON é de $-1.672,23$ (falta mais $1.672,23$ de receita líquida para igualarmos o retorno investido inicialmente), para calcularmos o tempo em que isto acontece basta dividirmos $1.672,23$ pelo valor de receita líquida do ano seguinte ($t=8$) que é de 2.145 , obtendo assim a fração de $0,78$ do ano que corresponde ao payback, isto somado aos outros sete anos anteriores de retorno ($t=1$ a $t=7$) nos dá o valor de payback que é de $7,78$ anos. Este mesmo procedimento será adotado no projeto da rede GPON definido na Tabela 6.16.

Tabela 6.9: Equipamentos da Rede Óptica.

Equipamentos da Rede Óptica Principal e Back-up			
Nome	Quantidade	Preço(R\$)	Total(R\$)
DIVISOR ÓPTICO 1X8	8	pç	3.000,00
CABO ÓPTICO DROPP SM 02 FO	2840	m	4.004,40
CABO ÓPTICO CFO AS 04 FO	7200	m	28.521,98
CABO ÓPTICO CFO AS SM 06 FO	3440	m	13.347,20
CABO ÓPTICO CFO AS SM 12 FO	1500	m	7.260,00
CAIXA DE EMENDA	40	pç	3.900,00
KIT PARA FERRAGEM DE FO	200	CJ	1.660,00
CABO DE REDE CAT 5	200	m	2,00
CABO COAXIAL RG 11	200	m	8,00
CABO RGC 6	200	m	2,00
CONECTORES	2000	pc	20,00
POSTES	100	pç	3.500,00
TOTAL EQUIPAMENTOS DA REDE ÓPTICA			65.225,58

Tabela 6.10: Rede WIFI.

Item	Nome	Quantidade	Preço(R\$)	Total(R\$)
1	Kit 2.4 GHz (Pontos de TX)	6	2.500,00	15.000,00
2	Serviços Software	6	100,00	600,00
3	No-Break 1.5KVa	6	400,00	2.400,00
4	Instalação Wireless	6	500,00	3.000,00
TOTAL IMPLANTAÇÃO DE REDE WIFI				21.000,00

Tabela 6.11: Equipamentos GPON.

Item	Nome	Quantidade	Preço(R\$)	Total(R\$)
1	OLT 4 POTAS (ATENDE 1024 ONU'S)	10	40.000,00	400.000,00
2	SPLITTER OPTICO	10	1.000,00	10.000,00
3	SPLITER	10	2.370,90	23.709,00
4	SWICTH PRINCIPAL	20	941,00	18.820,00
5	DIVISOR OPTICO	20	3.620,77	72.415,40
TOTAL EQUIPAMENTOS DA REDE GPON				524.944,40

Tabela 6.12: Capex e Opex e Despesas Indiretas da rede GPON.

CAPEX e OPEX TOTAL - IMPLANTAÇÃO GPON		CAPEX	OPEX (10%)
VALORES (Reais)		4.959.849,98	495.985,00
DESPESAS INDIRETAS		CAPEX	OPEX
Marketing de produto, contratação de vendedores, propaganda, midia, etc.			3.174.799,25
OPEX TOTAL			3.670.784,25

Tabela 6.13: Valores de investimento inicial EPON.

VALORES DE INVESTIMENTO INICIAL	ANO 1
CAPEX EQUIPAMENTO	4.959.849,98
OPEX (OAM)	3.670.784,25
TAXA DE CRESCIMENTO ANUAL DE CLIENTES	5%
VENDAS EQUIPAMENTO (CUSTO EM Reais)	1.149,90
PREÇO DO SERVIÇO MENSAL (CUSTO EM Reais)	598,80
Clientes inicial	573

Tabela 6.14: Receita Gerada e Despesas Fixas (ano 1 a 15).

Projeto EPON		
Item	Receita Gerada	Despesas Fixas
Ano 1	612.045	-367.078
Ano 2	852.227	-367.078
Ano 3	1.102.889	-367.078
Ano 4	1.364.029	-367.078
Ano 5	1.635.648	-367.078
Ano 6	1.917.746	-367.078
Ano 7	2.210.324	-367.078
Ano 8	2.513.380	-367.078
Ano 9	2.826.915	-367.078
Ano 10	3.150.929	-367.078
Ano 11	3.465.299	-367.078
Ano 12	3.790.148	-367.078
Ano 13	4.125.476	-367.078
Ano 14	4.471.283	-367.078
Ano 15	4.827.569	-367.078

Tabela 6.15: Tecnologias (Capex e Opex)

TECNOLOGIAS	CAPEX	OPEX	TOTAL
EPON	5.102	3.686	8.787
GPON	4.960	3.671	8.631

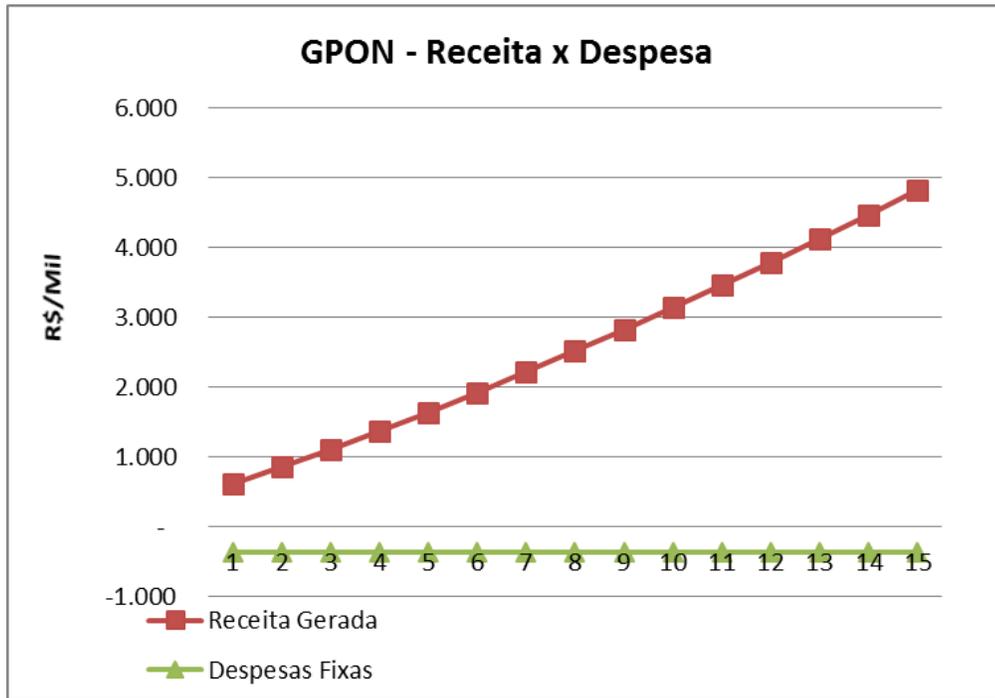


Figura 6.3: GPON - Comparativo Receita x Despesas.

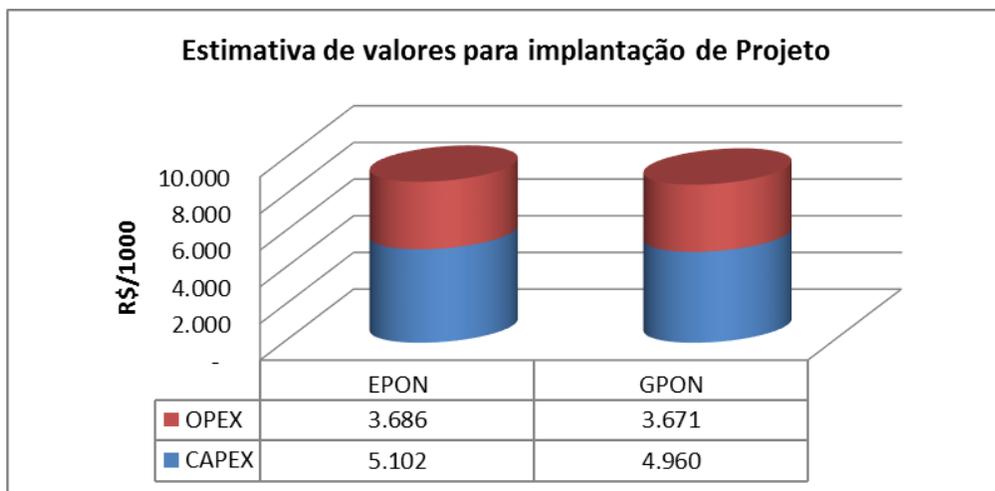


Figura 6.4: Estimativa de valores para implantação de Projeto.

Tabela 6.16: Demonstrativos Global dos valores do projeto EPON e GPON

ANO	Fluxo de Caixa (R\$/MIL)			
t	Receita Líquida - EPON	Saldo do Projeto	Receita Líquida - GPON	Saldo do Projeto
Ano 1	243	-8.543,71	245	-8.385,67
Ano 2	484	-8.060,04	485	-7.900,52
Ano 3	734	-7.325,72	736	-7.164,71
Ano 4	995	-6.330,26	997	-6.167,76
Ano 5	1.267	-5.063,17	1.269	-4.899,19
Ano 6	1.549	-3.513,99	1.551	-3.348,52
Ano 7	1.842	-1.672,23	1.843	-1.505,28
Ano 8	2.145	472,58	2.146	641,03
Ano 9	2.458	2.930,93	2.460	3.100,86
Ano 10	2.782	5.713,30	2.784	5.884,71
Ano 11	3.097	8.810,03	3.098	8.982,93
Ano 12	3.422	12.231,62	3.423	12.406,00
Ano 13	3.757	15.988,53	3.758	16.164,40
Ano 14	4.103	20.091,25	4.104	20.268,61
Ano 15	4.459	24.550,25	4.460	24.729,10

Projeto EPON		Projeto GPON	
Payback	7,78	Payback	7,70
VPL	-1.342	VPL	-1.195

Tabela 6.18: Demonstrativos dos valores do payback do projeto EPON

ANO	Fluxo de Caixa (R\$/MIL)	
	Receita Líquida - EPON (FC) $t = 0 \rightarrow$ Fluxo do Caixa Não Acumulado	Receita Líquida - EPON (FC) $t = 0 \rightarrow$ Fluxo do Caixa Acumulado
0	0,00	-8.787,19
Payback $t=7,78$	1.672,23	0,00

Tabela 6.20: Demonstrativos dos valores do payback do projeto GPON

ANO	Fluxo de Caixa (R\$/MIL)	
	Receita Líquida - GPON (FC) $t = 0 \rightarrow$ Fluxo do Caixa Não Acumulado	Receita Líquida - GPON (FC) $t = 0 \rightarrow$ Fluxo do Caixa Acumulado
0	0,00	-8.630,63
Payback $t=7,70$	1.505,28	0,00

Utilizando os conceitos explorados no item 6.2b, os dois projetos são aceitáveis se considerarmos um payback esperado de 7 anos, sendo que, novamente o projeto GPON se destaca com o menor payback da base comparada.

Nas figuras 6.5 e 6.6 podemos observar o momento onde os projetos se equilibram, onde a receita gerada já não é comprometida pelo saldo do desembolso de CAPEX.

A partir do 8º ano, os dois projetos alcançam o retorno esperado e já podemos visualizar o lucro do projeto, nesta análise temos uma variação de aproximadamente 2,7% na performance dos projetos, sendo destaque a tecnologia GPON.

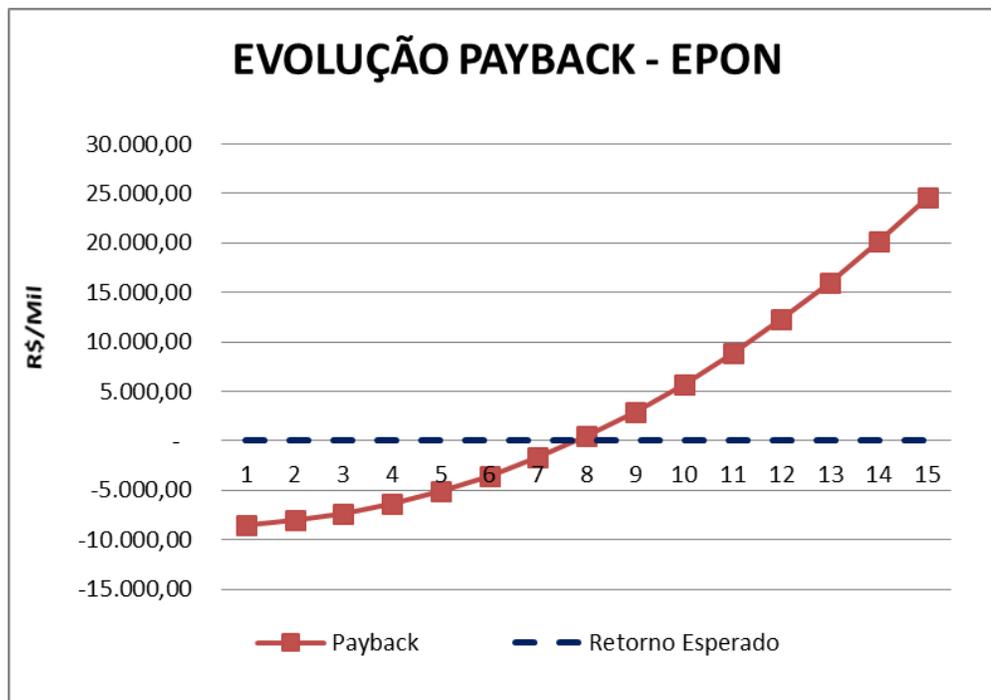


Figura 6.5: Evolução do payback EPON.

Para analisar a contribuição dos projetos de investimento no aumento do valor da empresa, utiliza-se o Valor Presente Líquido (VPL) conforme método apresentado no item 6.2c. Para esta análise, arbitramos retorno mínimo de 12% ao ano (conforme equação 3, valor de K – taxa mínima requerida) e o mesmo fluxo de caixa já apresentado anteriormente.

Pode-se observar a evolução dos dois projetos na Tabela 6.22, utilizamos também amostra calculada de 15 anos para os dois projetos.

Conforme demonstrado os dois projetos apresentam VPL superior a zero o que já recomenda a aceitação dos projetos, sendo a variação percentual entre as duas tecnologias muito discreta (inferior a 1%).

Analisando de forma gráfica, podemos observar nas figuras 6.7 e 6.8 o momento exato onde os dois projetos passaram a ter VPL superior a zero e assim apresentar resultados relevantes que levem a recomendação de implantação.

Finalizando a análise financeira, fizemos o cálculo do Retorno sobre o Investimento (ROI) e podemos observar na Tabela 6.24, que na análise comparada o projeto GPON teve retorno

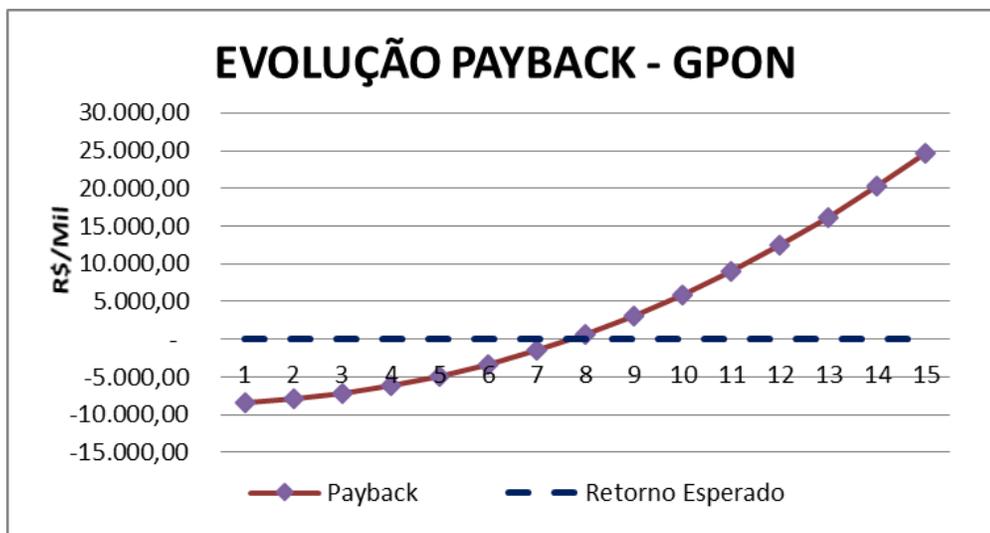


Figura 6.6: Evolução do payback GPON.

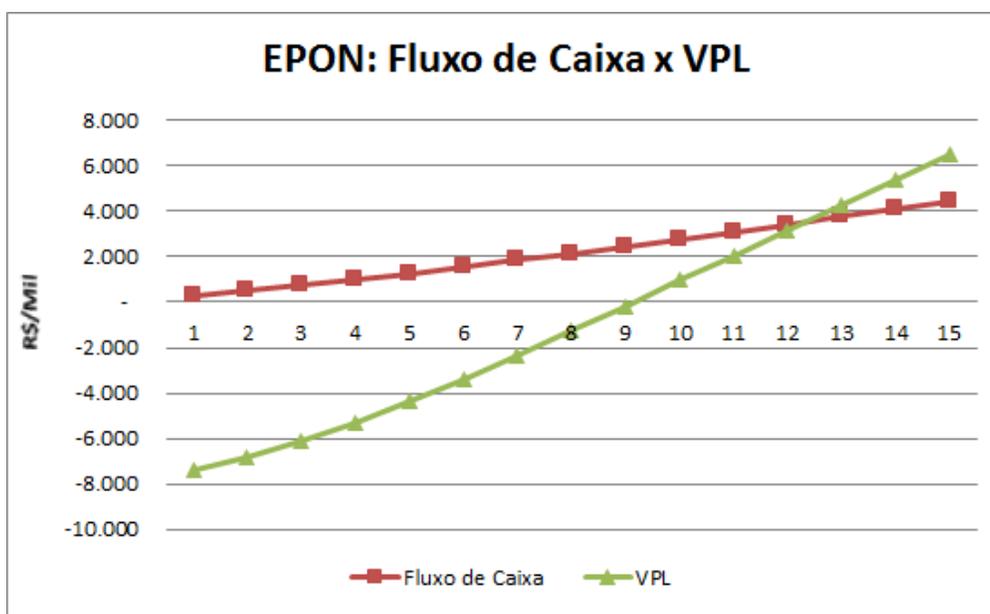


Figura 6.7: EPON: Fluxo de caixa x VPL.

superior em 7,14% em relação ao projeto EPON.

6.3.5 Discussão dos Resultados

Com avanço tecnológico os preços dos equipamentos ONT's destas tecnologias tendem a ficarem mais competitivos e ambos compartilham essencialmente mesmos equipamentos, observamos que o preço das ONT's no GPON que agrega serviços TDM (POTS, E1/T1) e

Tabela 6.22: Tabela de cálculo do VPL

ANO	EPON	VPL	GPON	VPL
1	243	-7.652	245	-7.511
2	484	-7.307	485	-7.165
3	734	-6.841	736	-6.698
4	995	-6.276	997	-6.132
5	1.267	-5.634	1.269	-5.489
6	1.549	-4.933	1.551	-4.788
7	1.842	-4.189	1.843	-4.043
8	2.145	-3.416	2.146	-3.269
9	2.458	-2.624	2.460	-2.477
10	2.782	-1.824	2.784	-1.677
11	3.097	-1.030	3.098	-882
12	3.422	-245	3.423	-97
13	3.757	523	3.758	672
14	4.103	1.273	4.104	1.421
15	4.459	2.000	4.460	2.149
VPL EPON	-1.342	VPL GPON	-1.195	

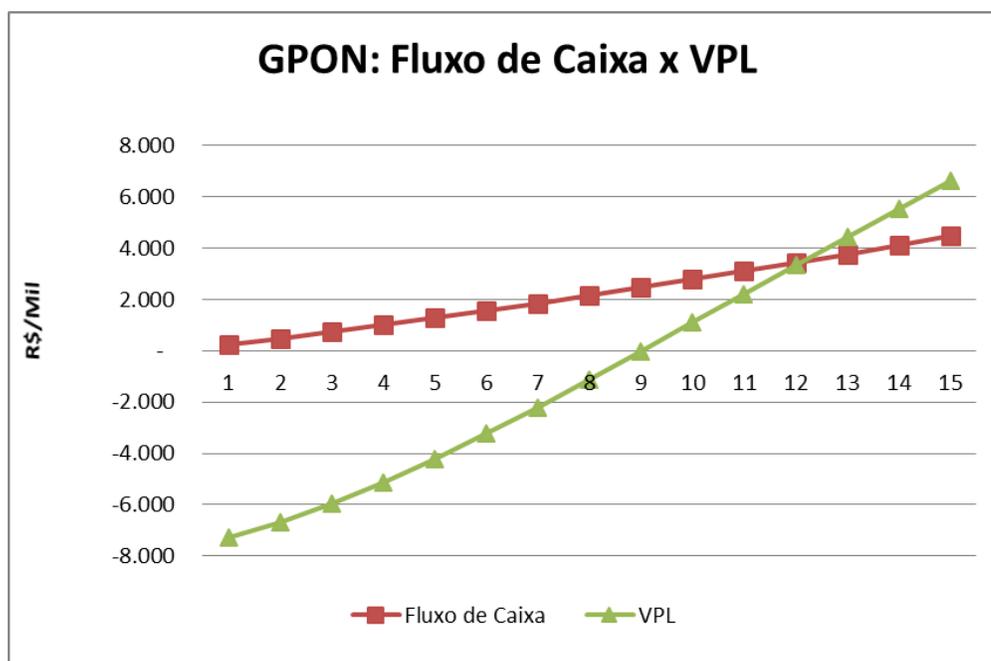


Figura 6.8: GPON: Fluxo de caixa x VPL.

no EPON que agrega TDMA oferecem desempenho e ótimos benefícios descritos, tais como:

No que se refere a taxa de downstream na tecnologia GPON é bem maior que na EPON, no custo do equipamento isto não deveria ter muita importância considerando que o sinal

Tabela 6.24: Tabela de cálculo do VPL

	RECEITA LÍQUIDA - EPON	RECEITA LÍQUIDA - GPON
ANO 01	243	245
ANO 02	484	485
ANO 03	734	736
ANO 04	995	997
ANO 05	1.267	1.269
ANO 06	1.549	1.551
ANO 07	1.842	1.843
ANO 08	2.145	2.146
ANO 09	2.458	2.460
ANO 10	2.782	2.784
ANO 11	3.097	3.098
ANO 12	3.422	3.423
ANO 13	3.757	3.758
ANO 14	4.103	4.104
ANO 15	4.459	4.460
Total Receita (R\$/Mil)	33.337,44	33.359,73
Investimento Total (R\$/Mil)	8.787,19	8.630,63
ROI	3,79	3,87

emitido pelo Laser para o tráfego de upstream tem a mesma taxa de transferência que no GPON.

Na Tabela 6.15 onde é apresentado os valores comparativos de Capex e Opex das redes, podemos observar que a rede GPON apresenta valores um pouco mais baixo (2,8%), esta comparação pode influenciar na decisão de implantação de uma GPON ou EPON.

Na recomendação ITU-T G.984 GPON fornece transporte de dados tanto Ethernet como TDM, proporcionando uma boa relação custo benefício na tecnologia PON que pode ser utilizada tanto para serviços residenciais como empresariais.

Além do mais, fica evidente que a tecnologia que tem maior flexibilidade é a GPON, fato evidenciado pela taxa de transmissão da GPON que é maior do que na EPON, além da sua eficiência na largura de banda.

Como descrito na recomendação UIT-T G.983 BPON, GPON promete interoperabilidade nos equipamentos através da rede FSAN (Full Service Access Network) - Rede de acesso de serviço completo. Isso permite a implantações de redes PON, onde OLT/ ONT podem ser misturados e combinados em uma rede como é feito com a rede BPON.

O engenheiro projetista de redes tem que analisar uma série de fatores no seu estudo para decisão de implantação de uma rede, a levar em conta que:

Nas redes PON pode-se utilizar menos conexões devido à inovação da tecnologia GPON,

que tem a função de reduzir este impacto na rede, reduzindo valores de custeio nas despesas operacionais e em investimentos de implantação em novas redes. A tecnologia GPON trás flexibilidade no alcance óptico, podendo atender uma demanda de novos negócios e melhorar a qualidade dos serviços prestados, proporcionando vantagens que podem simplificar a rede sem a necessidade de colocar novos equipamentos na rede. Apoiado no cenário anterior é possível alcançar uma melhoria na implantação de cada PON, utilizando tecnologia GPON em lugar de usar EPON (Ramaswani 2002, keiser 1991).

Concluindo, do ponto de vista financeiro, não temos variações relevantes que inviabilize uma das duas tecnologias, pois as variações de resultados avaliados não se apresentaram conclusivas, conforme os dados da Tabela B.1.

Tabela 6.26: Indicadores do Projeto: Payback , VPL e ROI

PROJETO EPON		PROJETO GPON	
Payback	7,78	Payback	7,70
VPL	-1.342	VPL	-1.195
ROI	3,79	ROI	3,87

Sendo assim, temos duas abordagens básicas às decisões de investimento de capital:

- **Abordagem aceitar-rejeitar:** avaliar se as propostas estão de acordo com os critérios mínimos aceitáveis, pode ser considerada como uma etapa preliminar à decisão.
- **Abordagem de classificação:** deve ser considerado como premissa o atendimentos aos critérios da abordagem aceitar – rejeitar. Para esta fase deve ser determinado qual o indicador mais relevante e classificar os dois projetos conforme este critério.

Considerando que os dois projetos são excludentes, determinamos o indicador ROI como o mais relevante na tomada de decisão, sendo assim, na classificação financeira final, a recomendação é a implantação da tecnologia GPON.

Se tendermos implantar este projeto em outra cidade brasileira, primeiramente devemos levar em conta os custos de todas as premissas apresentadas e levantar o histórico da cidade e suas necessidades de implantação de uma rede de banda Larga ou multimídia. A carência em inovação tecnológica na maioria dos municípios brasileiros é latente e depende muitas vezes de decisão política, onde o governo e a iniciativa privada tem que unir força para implantar projetos de desenvolvimento tecnológico, onde o desenvolvimento das cidades no Brasil está relacionado a apresentação deste trabalho que é hipotético, porém próximo da realidade.

Conclusões e Trabalhos Futuros

7.1 Resumo

O presente trabalho ofereceu todos os detalhes teóricos e práticos para uma completa análise sobre tomada de decisão técnico econômico para implantação das tecnologias de rede em banda larga Gpon ou EPON através de rede óptica de acesso. O estudo revela claramente que através da análise técnico econômico é possível desenvolver um modelo econômico financeiro, onde podemos visualizar e comparar os valores aplicados e o retorno do investimento nos projetos de redes em banda larga.

Comparativamente na Tabela Indicadores de Projeto Payback, VPL, e ROI, do ponto de vista financeiro não temos variações relevantes que inviabilize uma das duas tecnologias, pois as variações de resultados apontam para tomada de decisão na tecnologia Gpon, sendo esta de menor valor e com expectativa de retorno do investimento esperado.

Para a tomada de decisão levamos em conta os valores comparativos de Capex e Opex das redes.

Na Tabela: Tecnologias Capex e Opex, Gpon apresenta valores $< 2,8\%$;

Na Tabela: Calculo do ROI – Analise comparada, o projeto Gpon teve retorno superior em $7,14\%$ em relação ao projeto EPON.

Esta comparação influenciou na decisão da tecnologia a ser implantada;

As aplicações das tecnologias atuais de banda larga são essenciais e necessárias aos usuários, sendo assim, necessitamos ter novos meios de baratear os valores cobrados ao cidadão.

Nos investimentos apresentados para implantação de banda larga utilizando as tecnologias EPON ou Gpon os valores de Capex são da ordem de R\$ 5 milhões.

O usuários necessita adquirir o equipamento de conexão com a rede (ONU) no valor de R\$ 1.149,50 e pagar mensalmente a quantia de R\$ 49,90, com banda de 2,5 Gbps.

Entretanto, a efetiva aplicação dessas tecnologias depende de fatores tecno-economicos que muitas vezes interesses financeiros extrapolam a demanda real.

7.2 Trabalhos Futuros

Dando continuidade a este trabalho, será pesquisado o comportamento da rede através de testes e simulações nas tecnologias EPON e GPON. Também serão estudadas técnicas para prever estudos de comportamento dos assinantes com a utilização de novas tecnologias que foi oferecida e com inovações de novos produtos que beneficiem o assinante com o emprego destas inovações, buscando sempre a redução do custeio e do investimento empregado nestas redes bem como estudo para viabilizar a redução de tarifa dos serviços oferecidos que norteia o mercado.

Bibliografia

- barbosa, F. R. (2012). Redes Ópticas: componentes, sistemas e redes - notas de aula, curso pós-graduação feec-unicamp.
URL: <http://www.dsif.fee.unicamp.br/~rudge/>
- Bonilla, M., Barbosa, F. & Moschim, E. (2009). Techno-economical comparison between gpon and epon networks, *Innovations for Digital Inclusions, 2009. K-IDI 2009. ITU-T Kaleidoscope*., pp. 1–5.
- Concil, F. F. (2012). Evolução mundial das tencolofias ftth.
URL: <http://www.ftthcouncil.org/>
- Davey, R., Kani, J., Bourgart, F. & McCammon, K. (2006). Options for future optical access networks, *Communications Magazine, IEEE* **44**(10): 50–56.
- do Brasil, B. C. (2013). Cotação de moeda - cambio.
URL: <http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>
- e Sophia Chung, B. F. (2010). *Comunicações de dados e Redes de Computadores*, McGrawHill, 4ed – São Paulo.
- Goode, B. (2002). Voice over Internet protocol (VoIP).
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1041060>
- IEEE (2002). Padrão IEEE 802.3-telecommunications and information exchange between systems—local and metropolitan area networks—specific requirements.—part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (csma/cd) access method and physical layer specification, ansi/ieee std. 802.3). Acessado em Janeiro 2014.
URL: http://www.ieee802.org/minutes/2011-March/opening_reports/802d3_0311_open_report.pdf
- IEEE (2003). Wireless local area networks–wlan. [Acessado em Janeiro 2014].
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=4040925>
- IEEE (2004). Telecommunications and information exchange between systems: Local and metropolitan area networks-access method and physical layer specification.

-
- IEEE (2012). Telecommunications and information - grupo de estudos efm ethernet pon (epon).
URL: <http://www.ieee802.org/3/efm/>
- Jean Jaques Salim, J. C. D. (2002). *Principios de Administração Financeira*, editora Harbra Ltda; São Paulo.
- keiser, G. (1991). *Optical Fiber Communications*, Ed McGraw-Hill Intl, London.
- Lam, C. (2011). *Passive Optical Networks: Principles and Practice*, Elsevier Science.
URL: <http://books.google.com.br/books?id=DS05CVBuhKEC>
- Laponi, J. C. (2000). *Projetos de Investimento: Construção e Avaliação do fluxo de caixa*, Laponi treinamento e Editora ltda, Livraria Cultura.
- Lin, C. (2006). *Broadband - Optical Access network and Fiber-to-the-Home*, England: JohnWiley & Sons, Chinese University of Hong Kong.
- Padtec (2013). Gpon.
URL: http://www.padtec.com/solucoes/utilities.php?zoom_highlight=gpon
- Ramaswani, K. S. R. (2002). *Optical networks - a practical perspective*, Ed., Morgan Kaufman, San Francisco, USA.
- Ribeiro, Marcelo Peixoto e Barradas, O. C. (1980). *Telecomunicações: sistemas analogicos-digitais*, Livros Tecnicos e Cientificos, Embratel, Rio de Janeiro.
- Union-Telecom, I. T. (1993). Recommendation g.781 – g. 784. [Acessado em Janeiro 2014].
URL: <http://www.itu.int/pub/T-REC>
- Union-Telecom, I. T. (2008a). Gigabit-capable passive optical networks “ gpon: General characteristics.
URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4/en>
- Union-Telecom, I. T. (2008b). Gigabit-capable passive optical networks (gpon): General characteristics.
URL: www.itu.int/rec/T-REC-G.984.3
- Union-Telecom, I. T. (2008c). Gigabit-capable passive optical networks (gpon): General characteristics e mef metro ethernet forum.
URL: www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/esehttp://metroethernetforum.org/
- Union-Telecom, I. T. (2008d). Gigabit-capable passive optical networks. gpon: Ont management and control interface specification.
URL: <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.4-200406-S/en>
- Union-Telecom, I. T. (2008e). Gigabit-capable passive optical networks (gpon): Transmission convergence layer specification.
URL: www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es

Características de EPON e GPON

Tabela A.1: Características das tecnologias EPON e GPON

TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
EPON	Transporte nativo de quadros Ethernet simples e familiar, gestão de baixo custo. Facilidades da comutação Ethernet. Totalmente compatível com IP. Suporta TLS. Broadcast, Multicast – IGMP. Baixo índice de manutenção. Rede de fácil operação. Rede de fácil manutenção. Suporte para IGMP, isto significa um melhor suporte para IPTV com alta escalabilidade.	Menores custos de óptica devido a parâmetros de tempo relaxado. Principalmente os obstáculos à interoperabilidade. Não suportado pelo padrão de interoperabilidade em nível de serviço. Não suportado no padrão TDM. Não suportado pelo padrão de criptografia. Não suportado pelo padrão de comutação de proteção.

Continua na próxima página

Tabela A.1 – *Continua da página anterior*

TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
GPON	Podem ser operados em diferentes taxas w / diferentes transceptores. Custo Reduzido. Baixo índice de manutenção. Rede de fácil operação. Rede de fácil manutenção. Pode ser configurado de forma assimétrica e tirar vantagem da redução dos custos de laser ONT, por exemplo: 1.2G/622M ou 2.4G/622M. Garantias de interoperabilidade ONT padrão de gestão de nível de serviço.	Complexidade nas suas camadas de modelo no encapsulamento. Ethernet / GEM / GTC, gestão complexa. Mais caro se comparado em taxas comparáveis com a tecnologia do EPON. A BW ainda é limitada a 622 Mbps.

Tabela A.2: Recomendações para BPON e GPON

Recomendações	Título	Comentários EPON	Comentários GPON
BPON			
G.983.1	Sistemas ópticos de banda larga com acesso baseado em redes ópticas passivas (PON)	Baseado neste quadro de apresentação	Baseado neste quadro de apresentação
G.983.2	A ONT é especificada na interface de gerenciamento e controle para B-PON	É equivalente ao IETF	Incluso
G.983.3	É um sistema de acesso de banda larga óptica que pode ser aumentada no atendimento pela alocação de comprimento de onda	Baseado neste quadro de apresentação	Baseado neste quadro de apresentação

Continua na próxima página

Tabela A.2 – *Continua da página anterior*

Recomendações	Título	Comentários EPON	Comentários GPON
G.983.4	É um sistema de acesso de banda larga óptica com capacidade de serviço no maior uso de atribuição de largura de banda dinâmica (DBA)	Fora do âmbito IEEE	Baseado neste quadro de apresentação
G.983.5	É um sistema de acesso de banda larga com a capacidade óptica de vida útil prolongada	Fora do âmbito IEEE	Incluso
G.983.6	Especificações de gestão e controle da interface ONT de B-PON em sistemas com recursos de proteção	Fora do âmbito IEEE	Incluso
G.983.7	Especificações de gestão e controle da interface ONT para atribuição de largura de banda dinâmica (DBA) em sistemas B-PO	Fora de escopo do IEEE.	Suporte de controles de sistemas baseado neste quadro de apresentação
G.983.8	Especificações de interfaces OMCI B-PON para IP, ISDN, vídeo, marcação de VLAN, VC ligações cruzadas e outras funções;	É equivalente ao IETF	Incluso
G.983.9	Gestão e Controle de Interface B-PON ONT (OMCI) para suporte em redes wireless de área local	É equivalente ao IETF	Incluso

Continua na próxima página

Tabela A.2 – *Continua da página anterior*

Recomendações	Título	Comentários EPON	Comentários GPON
G.983.10	Gestão e Controle de Interface B-PON ONT (OMCI) para interfaces linha de assinante digital	É equivalente ao IETF	Incluso
GPON			
G.984.1	Rede óptica com capacidade em Gbps (GPON): Características gerais	Veja Tabela 2.1	GPON
G.984.2	Rede óptica com capacidade em Gbps (GPON): Especificação da camada física média (PMD)	Parâmetros de classe A e B.	GPON
G.984.3	Rede óptica com capacidade em Gbps (G-PON): Especificação da camada de convergência na transmissão.	Pura Ethernet baseado	GPON
G.984.4	Rede óptica com capacidade em Gbps (G-PON): Especificação da interface de Gerenciamento e controle da ONT	É equivalente ao IETF	GPON

Dados do Município de Holambra

Dados da região do Município de Holambra – SP. Apresentamos na Figura B.1 o mapa da região de São Paulo com mostrando em detalhes a cidade de Holambra.

A cidade de Holambra está localizada na Região Metropolitana de Campinas, no estado de São Paulo. Caracterizada por indicadores sociais e econômicos de primeiro mundo, Holambra enquadra-se entre os municípios que possuem os melhores índices de qualidade de vida do país e é um dos principais roteiros turísticos do estado.

Conhecida como a Cidade das Flores, Holambra ostenta o título de maior produtor e centro de comercialização de flores e plantas ornamentais do país e é sede da Expoflora, considerada a maior festa de flores da América Latina.

Além do turismo - o município foi intitulado Estância Turística - e da floricultura, Holambra têm outras atividades econômicas como derivados de suínos, granjeiros, empresas e indústrias não poluentes que suplementam os segmentos presentes na cidade, conforme definido nos eixos na Figura B.2.

Holambra dista 125 km da capital São Paulo e 35 km da cidade de Campinas e está situada na região leste do estado, a 600 metros de altura em relação ao nível do mar. Com uma vegetação típica de cerrado e clima quente, o município é cortado pelos rios Camanducaia, Jaguari e Piratingui, e faz divisa com as cidades de Artur Nogueira e Mogi Mirim ao norte, Cosmópolis à oeste, Santo Antônio de Posse à leste e Jaguariúna ao sul, conforme apresentado na Figura B.3.

A cidade, que foi emancipada politicamente em 1991 através de um plebiscito, até então Holambra era distrito do município de Jaguariúna. Tem uma área de 64,28 km² e população estimada de 10.224 mil habitantes, distribuída aproximadamente em de 59% na região rural e 41% na zona urbana, segundo dados do IBGE 2009. O município teve o terceiro maior crescimento populacional no período de 2008 a 2009 e também elevou sua população acima de 25% nos últimos nove anos. A cidade também figura entre a elite dos municípios paulistas nos quesitos riqueza, longevidade e escolaridade, segundo análise socioeconômica apontada pelo Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS).

Outras características pertinentes à Holambra são apresentadas:

Produto Interno Bruto (PIB)

Com forte influência no setor de serviços, seguidos pela agropecuária e depois pelo setor industrial, o PIB de Holambra é de aproximadamente 464.465 mil reais, e o PIB per capita



Figura B.1: Mapa da região de São Paulo

é de aproximadamente 50 mil reais, segundo dados do IBGE 2007, conforme apresentado no gráfico de pizza da Figura B.4.

Infraestrutura

Holambra está servida por completos serviços de Telecomunicações, Água, Esgoto e Ener-



Figura B.2: Localização do Município de Holambra no Estado de São Paulo

gia Elétrica. Esta se destaca pelo aumento do consumo anual, que subiu de 10,2 MW para 13,7 MW entre os anos de 2000 a 2002, para prover ligação entre os setores de comércio, agricultura e serviços, segundo dados do IPRS. Além disso, a manutenção do consumo de energia elétrica residencial aproximou-se da média estadual. Saneamento Básico

- 100% da população recebe água tratada;
- 99% dos domicílios possuem rede de esgoto;
- 100% do esgoto coletado é tratado.

Educação

O município de Holambra destaca-se pelo nível de escolaridade, que está acima do nível do Estado segundo dados do IPRS, sendo que sua última edição indicou que a cidade teve melhorias em todas as componentes da dimensão escolaridade. A infraestrutura escolar de Holambra é composta por 16 escolas, sendo doze públicas e quatro particulares. Especificamente são cinco creches, uma EMEI (Escola Municipal de Educação Infantil), quatro EMEBs (Escola Municipal de Educação Básica), uma EM (Escola Municipal), uma escola complementar pública e quatro particulares. Possui também uma biblioteca municipal.

Saúde

Holambra conta com uma policlínica municipal e dois postos de saúde para atendimento de toda população, além de um estabelecimento de saúde particular.

Segurança



Figura B.3: Fotografias da cidade de Holambra



Figura B.4: Produto Interno Bruto (PIB)

O Município conta com uma Guarda Municipal que trabalha de forma integrada com a Polícia Militar de Mogi Mirim e conta ainda com uma delegacia de Polícia Civil.

Transportes

Segundo dados do IBGE 2008, Holambra tem uma frota de aproximadamente 5.200 veículos, assim distribuídos, conforme demonstrado na Figura B.5:

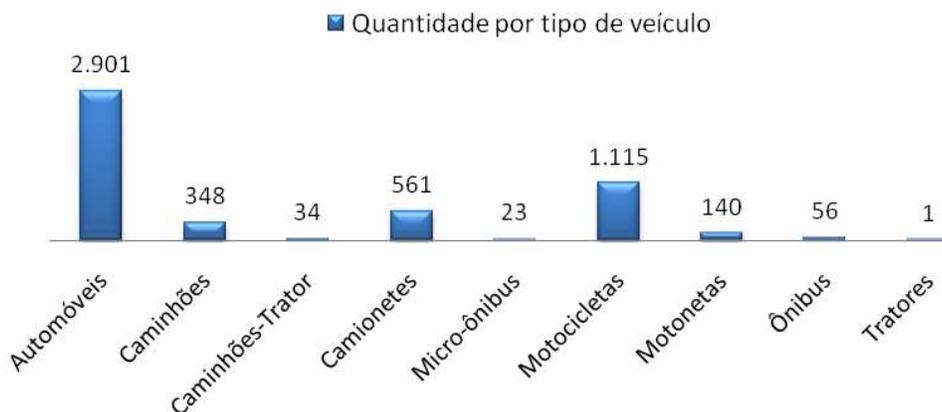


Figura B.5: Configuração da frota de Holambra

A cidade conta com uma linha de ônibus intermunicipal.

Empresas

As 10 maiores empresas em Valor Adicionado (Base 2004) é apresentado na Tabela B.1: Posição Empresa.

Tabela B.1: Dez maiores empresas em Valor

Posição da empresa	Nome da empresa
1	Cooperativa Agropecuária de Holambra
2	Imavi Indústria e comercio Ltda.
3	Floranet Serviços Administrativos
4	Promoções e Eventos RBB S/C Ltda.
5	CGO assessoria em Comercio exterior
6	Palha grande S/C Ltda.
7	Colégio participação S/C Ltda.
8	Alexander litjens – ERP
9	Alexander litjens – ERP
10	Colégio Van Gogh S/C Ltda.

Serviços

- 3 Agências Bancárias: Bradesco, Itaú e Banco do Brasil;
- 1 Centro Comercial;

-
- 1 Centro de Exposição: Expoflora;
 - 6 Hotéis.