



Faculdade de Tecnologia de Americana

Faculdade de Tecnologia de Americana
Curso de Segurança da Informação

FTTH

MARCELO HENRIQUE GOULART TAVARES

Americana, SP
2011



Faculdade de Tecnologia de Americana

**Faculdade de Tecnologia de Americana
Curso de Segurança da Informação**

FTTH

MARCELO HENRIQUE GOULART TAVARES

mhgt171@hotmail.com

**Trabalho de conclusão de curso
apresentado no curso Segurança da
Informação como exigência parcial
para obtenção do grau de tecnologia
em Segurança da Informação, sob
orientação da Prof^o. Esp. Benedito
Aparecido Cruz**

Área: Redes de Acesso

**Americana, SP
2011**

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Esp. Benedito Aparecido Cruz
Orientador

Prof.º Esp. Irineu Ambrozato Filho
Presidente da banca

Prof.º Rogério Nunes de Freitas
Convidado

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao engenheiro Cláudio Luis Branco pelas referências biográficas e momentos de conversa sobre esta monografia, ao engenheiro Vanderlei Tavares que de papo em papo nos momentos do café me incentivou a persistir e concluir este trabalho, as meninas da biblioteca da refinaria de Paulínia que me ajudaram nesta empreita.

As crianças que nos finais de semana me lembravam que existia algo mais importante do que me enterrar nos livros, revistas e sites, mas ao mesmo tempo me lembravam qual era o motivo de todo este esforço.

E ao professor Benedito Cruz que apesar de tantos orientados pode aceitar a tarefa de me orientar.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha mãe que sempre me puxou as orelhas me cobrando um pouco mais de estudo e me mostrou que para aprender não existe idade mas sim vontade.

RESUMO

Este trabalho apenas esbarra num vasto campo da tecnologia das telecomunicações e pretende dar uma pequena idéia sobre a tecnologia de acesso que desponta em todo o mundo, o FTTH.

Palavras Chave: Rede de Acesso, Banda Larga e *Triple Play*.

ABSTRACT

This study only touches on a vast field of telecommunications technology and aims to give a better idea about the access technology that is emerging around the world, the FTTH.

Keywords: Network Access, Broadband and Triple Play.

LISTA DE SIGLAS

ATM - Asynchronous Transfer Mode

BPON - Broadband Passive Optical Network

CATV - Community Antenna Television

CGPID - Comitê Gestor do Programa de Inclusão Digital

CPE - Customer Premises Equipment

DWDM - Dense Wavelength-division multiplexing

FTTB - Fiber to the Build

FTTC - Fiber to the Curb

FTTH - Fiber to the Home

GEAPON - Gigabit Ethernet Passive Optical Network

GPON - Gigabit-capable Passive Optical Network

HFC - Hybrid-Fiber Coax

ISDN - Integrated Services Digital Network

ITU-T - International Telecommunication Union - Telecommunication

LMDS - Local Multipoint Distribution System

MMDS - Multichannel Multipoint Distribution Service

MMF - Multi-mode fiber

NGN – Next Generation Network

OLT - Optical Line Terminal

ONT - Optical Network Terminal

OTN - Optical Transport Network

PCM - Pulse Code Modulation

PDH - Plesiochronous Digital Hierarchy

PLC - Power Line Communications

PMMA - Polimetimetacrilato de Metila

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNBL - Plano nacional de Banda Larga

POF - Polymer optical fibre

PON - Passive Optical Network

POP - Point of Presence

POTS - Plain Old Telephone Service

QAM - Quadrature Amplitude Modulation

RDSI - Rede Digital de Serviços Integrados

SDH - Synchronous Digital Hierarchy

SMF - Single-mode fiber

TDM - Time Division Multiplexing

WAN - Wide Area Network

WDM - Wavelength Division Multiplexing

xDSL - x Digital Subscriber Line

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rede de acesso típica.....	15
Figura 2 – Espectro Eletromagnético	29
Figura 3 – Refração, reflexão e ângulo crítico.	30
Figura 4 – Propagação da luz no interior de uma fibra óptica	31
Figura 5 – Mecanismo de propagação de um raio luminoso em uma fibra óptica	31
Figura 6 – Tipos de fibras	33
Figura 7 – Janela de transmissão de IR em fibras ópticas e bandas de transmissão.	33
Figura 8 – Cabo Drop compacto de 2,9 mm.....	37
Figura 9 – Curvaturas possíveis com cabo Drop reforçado de 4,9 mm.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferentes tipos de acesso, velocidade de transmissão e aplicações.	16
Tabela 2 – Diferentes velocidades de acesso.....	24
Tabela 3 - Diferentes redes PON	38

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS.....	XI
INTRODUÇÃO.....	13
1 REDES DE ACESSO.....	14
1.1 LARGURA DE BANDA x TAXA DE TRANSMISSÃO.....	16
2 TECNOLOGIAS DE REDES DE ACESSO.....	19
2.1 COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS x COMUTAÇÃO DE PACOTES.....	19
2.2 PRINCIPAIS DESAFIOS DAS FUTURAS REDES DE ACESSO.....	21
3 A INTERNET E A BANDA LARGA NO BRASIL.....	23
3.1 DIFERENTES REALIDADES.....	25
4 FIBER TO THE HOME (FTTH).....	27
4.1 FIBRAS ÓPTICAS.....	28
4.2 FIBRAS PLÁSTICAS.....	34
4.3 FIBRAS MONOMODO INSENSÍVEIS À CURVATURA.....	35
4.4 PON (PASSIVE OPTICAL NETWORK).....	38
4.5 CASES DE FTTH NO BRASIL.....	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

INTRODUÇÃO

O principal objetivo deste trabalho foi apresentar alguns traços do futuro das redes de acesso.

Primeiro foram conceituadas os métodos e tecnologias envolvidas na transmissão presentes nas redes de acesso, na seqüência a idéia era situar essa tecnologia na atual necessidade de integração pelas telecomunicações da população brasileira e por fim distinguir o principal elemento da tecnologia FFTx a fibra óptica.

No primeiro capítulo é conceituada uma rede de acesso e descrito o que se espera dessas redes capilarizadas que estão tão perto do nosso dia a dia, entram em nossas casas e nem sempre são notadas e entendidas.

No segundo capítulo é feita uma análise mais detida sobre as tecnologias envolvidas nas redes de acesso.

No terceiro capítulo uma visão geral sobre o atual estado da internet no Brasil e algumas pesquisas usadas para este fim. Ainda é mencionado o programa brasileiro de banda larga o PNBL e discutido sobre diferentes realidades do nosso país e a Austrália que passa por um plano de mudança semelhante ao do Brasil. Esse capítulo dá a ligação para o quarto e ultimo capítulo onde o FTTH é apresentado.

1 REDES DE ACESSO.

“Todo sistema de educação é uma maneira política de manter ou de modificar a apropriação dos discursos, com os saberes e os poderes que eles trazem consigo”.

(Michel Foucault).

Existe uma infinidade de redes de acesso elas podem ser redes puramente telefônicas (fixas ou móveis), redes de acesso a conteúdo de TV a cabo (CATV), internet e algumas outras. Neste trabalho iremos discutir em particular sobre acesso à Internet e tecnologias baseadas em banda larga que suportam o *Triple Play*.

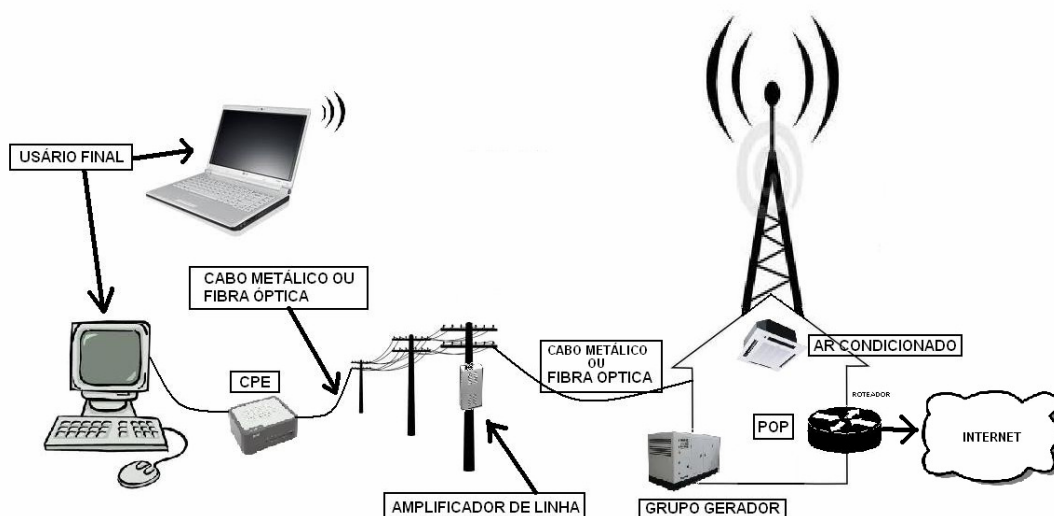
Essencialmente uma rede de acesso é o suporte necessário para que haja uma comunicação entre partes^[15]. Em telecomunicações o termo comunicação sugere o transporte de informações entre pontos distintos, fonte e destino, este transporte pode ocorrer de maneira pontual ou distribuída. De forma geral uma rede de acesso é composta de elementos comutadores, elementos de transmissão, e toda a Infraestrutura envolvida no suporte às comunicações.

Os elementos comutadores, roteadores, são encarregados de interligar as várias redes de computadores que são base da Internet. Suas funções são basicamente conectar redes e prover o roteamento de forma inteligente entre elas. Em termos gerais os roteadores são pontes que servem para além de ligar também segmentar redes.

O elemento de transmissão, o meio pelo qual são trafegadas as comunicações, pode ser guiado fisicamente (cabos) ou ser difundido no espaço livre (sem cabo). Como analogia pode-se comparar as conexões físicas à teia de uma aranha e a cobertura sem cabo assemelha-se ao contorno da sombra de uma guarda sol.

Sobre a Infraestrutura envolvida nas comunicações pode-se dizer que são todas as instalações e equipamentos que dão suporte direto as transmissões, na figura 1 pode-se ter visualizar o perfil básico de uma rede de acesso:

Figura 1 – Rede de acesso típica.



Fonte: (TAVARES, Marcelo 2011)

POP – É o ponto de presença da operadora (*Point of Presence*), é onde se localizam os equipamentos que interligam o usuário com a rede mundial de computadores, nesse ponto existe um IP válido para a rede.

A Infraestrutura está representada na figura pelos equipamentos: grupo gerador, ar condicionado, torre, antena, postes, fibras etc.

Existem dois meios envolvidos na transmissão, o meio físico que envolve os meios guiados de transmissão, cabo metálico / cabo óptico, e não guiado, o ar.

O CPE (*Customer Premises Equipment*) que é o equipamento responsável por interligar o usuário final com a rede de acesso, ele também é responsável pelas devidas conversões entre os sinais elétricos ou ópticos bem como os protocolos responsáveis pela conexão com a Internet.

O Acesso pode ser de diversos tipos e eles variam conforme o meio de transporte. Na tabela 1 pode se visualizar os tipos mais utilizados atualmente:

Tabela 1 – Diferentes tipos de acesso, velocidade de transmissão e aplicações.

TECNOLOGIA	VELOCIDADE	APLICAÇÕES
Cabos metálicos		
POTS – (<i>Plain old telephone service</i>)	58 Kbps	Voz e dados
ISDN – (<i>Integrated Services Digital Network</i>)	64 Kbps	Voz e dados
xDSL – (x Digital Subscriber Line)	1,5 a 52 Mbps (downstream) 128 Kbps a 2,3 Mbps (upstream)	Voz, dados e imagens
Cabos ópticos		
ATM – (<i>Asynchronous Transfer Mode</i>)	622 Mbps	Voz, dados e vídeo HD
Gigabit Ethernet	1Gbps	Voz, dados e vídeo HD
SDH - (<i>Synchronous Digital Hierarchy</i>)	40Gbps	Voz, dados e vídeo HD
OTN – (<i>Optical Transport Network</i>) * acesso em datacenters	112Gbps	Voz, dados e vídeo HD

Fonte: A nova infra-estrutura de redes corporativas e públicas de Telecomunicações. (BERNAL, 2002)

Não foram mencionadas as tecnologias referentes ao meio sem fio e aos meios físicos CATV e PLC.

Sempre existe uma dúvida comum quando se diz sobre largura de banda e velocidade de conexão, muitas vezes os dois conceitos são confundidos então vale uma breve consideração sobre o assunto.

1.1 LARGURA DE BANDA x TAXA DE TRANSMISSÃO

Pense em largura de banda como reflexo do desempenho da velocidade de transmissão de dados pelas características gerais do canal entre origem e destino. Nesta situação são levadas em conta as características físicas dos cabos, conexões

e até mesmo a velocidade de propagação do sinal no ar ou qualquer outro meio de propagação, além de outros aspectos como relação sinal/ruído. Em outros termos a Largura de Banda (*bandwidth*) é quantidade máxima de informação que pode ser transmitida em um determinado canal de comunicação.

O teste para se determinar a Largura de banda consiste em injetar em uma extremidade do canal um sinal com frequência variável e analisa-lo na outra extremidade. Aumentando a frequência até um nível onde a recuperação da informação gerada, neste caso uma senoide, seja prejudicada pela relação sinal – ruído. A partir deste teste pode-se determinar qual é o limite de frequência ou limite de largura de banda que é medido em Hz (*Hertz*).

Cabos coaxiais podem possuir largura de banda da ordem de 1GHz e cabos de fibra óptica pode chegar facilmente aos 100GHz.

A Taxa de Transmissão é definida pela velocidade em que os dados trafegam entre origem e destino, tomados por unidade de tempo, tem muito mais a ver com a velocidade em que os protocolos e todos os softwares envolvidos em todos os nós ativos do canal conseguem fazer o tratamento dos dados e transferi-lo entre as pontas.

A unidade da Taxa de Transmissão é dada em bits por segundo ou bps e seus múltiplos Kbps, Mbps, Gbps.

O valor da velocidade contratado da operadora de acesso só tem sentido no curto trecho entre a interface WAN do CPE e o primeiro concentrador. A conexão estabelecida entre os pontos tem a reserva de velocidade contratada, mas só neste trecho.

Outro aspecto sobre a taxa de transmissão ou velocidade ocorre logo após a chegada do *link* na operadora. Não apenas este, mas também outros provenientes de outros assinantes se encontram no concentrador da operadora que por sua vez tem que se conectar a outros concentradores externos e nessa fase a velocidade da conexão pode não ser a soma de todos os assinantes que compartilham o acesso pelo mesmo meio.

A taxa de ocupação dos canais é estatisticamente calculada baseada na probabilidade de ocupação e assistidas pela capacidade de processamento de filas formadas nos concentradores.

Pelo PNBL uma operadora poderá compartilhar uma conexão de 1Mbps com até 10 usuários conectados a 1 Mbps. Fora essa característica outros aspectos também interferem no desempenho de velocidade do link como sincronização, origem e destino das comunicações e a nuvem Internet.

Não raramente se houve dizer que a velocidade real de desempenho seria algo em torno de 10% da velocidade contratada, mas pelo exposto pode-se dizer que o valor pode ficar abaixo ou acima disso, muito normalmente abaixo.

Como podemos notar existem diferentes necessidades e diferentes métodos de proporcionar adequação à realidade do consumidor. De forma geral a tabela 1 mostra esses diversos métodos.

2 TECNOLOGIAS DE REDES DE ACESSO

“Um título universitário não te encurta as orelhas: só as esconde”.

(E. Hubbard).

Normalmente o critério adotado para classificar as várias tecnologias de acesso se baseia no meio de transmissão^[9], as tecnologias mais antigas utilizam os cabos de pares metálicos como a xDSL. Nos casos onde são utilizados um misto entre cabos coaxiais e fibras ópticas é conhecida com HFC (*Hybrid-Fiber Coax*). Ainda existem as tecnologias que se utilizam exclusivamente das fibras ópticas desde as operadoras até a CPE do cliente (FTTH, FTTB, FTTC e PON/APON).

Além destes métodos de transmissão guiados, existe o PLC (*Power Line Communications*) e métodos não guiados baseados em radiofrequências, mas usualmente microondas como MMDS, LMDS, WiFi e WiMax.

Outro aspecto notável se refere ao modo de como os dados concorrem para acessar o meio de transmissão.

2.1 COMUTAÇÃO DE CIRCUITOS x COMUTAÇÃO DE PACOTES

A comutação de circuitos é contemporânea do início da digitalização da rede telefônica na década de 60. O TDM (*Time Division Multiplexing*) se baseia na comutação de circuitos.

A comutação de circuitos é definida pela ocupação de um intervalo de tempo (*time-slot*) fixo e ininterrupto durante todo o tempo da conexão, havendo ou não tráfego de dados. O seu uso é adequado em aplicações onde as variações de tráfego são mínimas como no caso de vídeo sobre demanda.

Existe uma organização dos vários canais de dados que trafegam em um circuito TDM, Basicamente essa organização se refere à hierarquia dos diferentes fluxos de dados e o modo que é feito o sincronismo entre os diferentes canais e entre a transmissão e recepção dos dados.

O PDH (*Plesiochronous Digital Hierarchy*) utiliza um relógio de sincronismo em cada um dos sistemas que estão conectados. O SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) utiliza apenas um relógio que sincroniza todo o sistema.

Tanto o PDH como o SDH organizam canais T1 (americanos) de 1,544 Mbps como canais E1 (europeus) de 2,048 Mbps.

As grandes deficiências dos sistemas PDH estão na limitação de interoperabilidade entre os sistemas, em muitos casos era necessário o emprego de “*gateways*” destinados a integrar os diferentes sistemas, um outro grande problema é o entrelaçamento dos diferentes canais que acontece à partir do segundo nível hierárquico, pois logo após este, os diferentes canais só podem ser extraídos se houver uma regressão até o nível mais inferior, primeiro nível o que dificulta as operações nestes sistemas.

O grande motivador do nascimento do sistema SDH foi a criação da RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados) ou ISDN (*Integrated Service Digital Network*) que agora não estava apenas trafegando sinais de áudio digitalizados em PCM (*Pulse Code Modulation*), mas sim dados que normalmente trabalham com uma grande variação na taxa de transferência.

A grande diferença entre os dois sistemas está na maior interoperabilidade entre os elementos de uma rede, a facilidade de recuperação dos dados em qualquer posição dentro da rede, bastando para isso equipamentos menos complexos e operações mais simples. Outro ganho foi o estabelecimento de um padrão que unificava os padrões: europeu e americano.

Um incremento crucial ganho com o implemento do SDH foi a admissão de topologias em anel.

Como é possível verificar no esquema de comutação por circuitos consome muito dos recursos de uma rede, pois não diferenciam os instantes quando não há

tráfego no canal dos momentos em que ele está sendo utilizado. Sempre quando o canal está reservado, porém não está sendo usado, podemos dizer que o recurso está sendo desperdiçado, pois poderia estar dando acesso a um outro fluxo naquele momento.

As técnicas mais utilizadas nos dias de hoje suportam fortes variações de taxa de transmissão que é a característica de muitos serviços suportados pela rede. Essas técnicas, diferentes das anteriores, levam em conta não mais a distribuição igualitária dos recursos aos diversos concorrentes, mas uma distribuição baseada na necessidade no momento ou mesmo ao valor dado àquele ou outro serviço/usuário.

No início as tecnologias utilizadas eram o X.25 e o *Frame Relay*, mais recentemente o ATM (*Asynchronous Time Multiplexing*) e as redes Ethernet. Como mencionado o maior ganho com o advento destas tecnologias foi o melhor compartilhamento entre os diferentes sistemas finais e a rede que eles compartilham. Esses métodos utilizam a multiplexação estatística.

2.2 PRINCIPAIS DESAFIOS DAS FUTURAS REDES DE ACESSO.

No presente o aumento da demanda por acesso à internet e aos serviços disponíveis em rede aliado a necessidade de maiores taxas de transferência para suportar esses serviços tem empurrado o mercado a desenvolver soluções que abarquem não só o momento, mas será necessário também implantar soluções que permitam um fôlego às próximas gerações de serviços e realidades futuras.

Fisicamente pode-se propor uma melhora nos meios físicos utilizados no acesso como a substituição dos antigos pares telefônicos trançados por cabos coaxiais ou fibra óptica. Melhoria nos esquemas de modulação, hoje já são possíveis 2048 pontos na constelação QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*). E por último a criação de protocolos que utilizem forma mais eficaz a rede de acesso se preocupando com os novos serviços sobre demanda.

O Brasil passa por um momento de mudança, um grande movimento nacional em prol da universalização do acesso à Internet, o PNBL.

3 A INTERNET E A BANDA LARGA NO BRASIL

“A educação é o único caminho para emancipar o homem. Desenvolvimento sem educação é criação de riquezas apenas para alguns privilegiados”.

(Leonel Brizola)

Descobrir com certeza o número de usuários de Internet no Brasil é uma tarefa praticamente impossível de ser alcançada. Existem diferenças dos números apresentados por pesquisas de diferentes fontes: PNAD, Ibope – Net//Ratings e Nielsen – eRatings.

Segundo dados da ComScore existiam 73 milhões de usuários de Internet no Brasil em Maio de 2010. A pesquisa abrange um universo maior que as demais incluindo pessoas a partir de 6 anos de idade. Destes, 40,7 estiveram ativos em maio de 2010, sendo 11,9% com idade entre 6 e 14 anos e 56,1% com idade entre 15 e 34 anos.

Em uma pesquisa não tão recente, de fevereiro de 2009, feita pelo Ibope, é apontado um número de 29 milhões de usuários de banda larga no país. No caso da medição de audiência realizada pelo Ibope Net//Ratings, é utilizado um software, instalado em computadores de colaboradores escolhidos, de maneira a compor um painel representativo do universo de internautas brasileiros. Dessa maneira, são obtidos dados que detalham o comportamento dos usuários do meio digital.

A largura mínima de banda para que se considere ter-se uma conexão de banda larga no Brasil ainda não é regulamentada. Mas existe uma confusão generalizada na parametrização deste serviço, para os norte americanos a velocidade mínima considerada é de 200Kbps, já para os colombianos essa velocidade é ainda maior, 512Kbps. Na tabela 2 pode-se ver a distribuição de usuários x velocidade de conexão no Brasil.

Tabela 2 – Diferentes velocidades de acesso.

Velocidade de usuários ativos	Abr/10
até 128 kbps	13,2%
128 a 512 kbps	28,6%
512 kbps a 2 Mb	43,8%
2 Mb a 8 Mb	10,3%
acima de 8 Mb	3,1%
Não identificado	0,9%

Fonte: Ibope & Nielsen Online.

Em 25 de agosto de 2009, o governo brasileiro institui o Comitê Gestor do Programa de Inclusão Digital – CGPID de onde saem as primeiras discussões que levam o governo formular e lançar o Programa Nacional de Banda Larga (PNBL) em 12 de maio de 2010, instituído pelo Decreto Nº 7.175, que tem como objetivo universalizar a internet rápida no país. A meta do governo é estender esse serviço a mais usuários chegando já em 2014 a 40 milhões de domicílios.

Inicialmente o governo imaginava duas faixas de velocidades, uma iria de 128 até 512Kbps e a outra de 512 até velocidades em torno de 784Mbps. Recentemente a presidenta Dilma Rousseff determinou um aumento na velocidade por julgar que o plano nacional está atrasado em relação ao resto do mundo. A nova velocidade deve ficar em torno de 1Mbps para a segunda faixa de velocidade.

Diferentes dos interesses sociais defendidos pelo governo, participam das intenções de aumento de velocidade de acesso as operadoras de telecomunicações interessadas em fornecer o serviço de TV paga. Tudo depende do Projeto de Lei 116 que, entre tantos pontos, permite a entrada das operadoras neste mercado, porém deixando como regra a impossibilidade destas não produzirem conteúdo audiovisual.

De forma astuciosa o governo negocia com as operadoras que solicitam a aprovação da PL 116 em troca da extensão da infraestrutura de banda larga à pontos ainda não atingidos e melhoria da cobertura. Os maiores entraves nas

discussões ainda são a lógica econômica e isenção de impostos para os novos lançamentos das operadoras.

3.1 DIFERENTES REALIDADES.

Igualmente ao Brasil a Austrália também está enfrentando o mesmo desafio, fornecer a um custo justo banda larga, em padrões mundiais a sua população. Como o Brasil a Austrália também é um país de grande dimensão e de cenários geográficos diversos.

As grandes diferenças entre os dois planos são principalmente orçamento e maturidade das telecomunicações nos dois países, sendo que o Brasil ainda engatinha em ambos os termos comparado com a Austrália.

Enquanto no país os planos do governo chegam a tímidos 1 Mbps os australianos são mais auspiciosos. O governo australiano pretende levar banda larga por fibra com velocidade de até 100Mbps a 90% da população e acessos de 12 Mbps em locais onde as tecnologias sem fio forem a única alternativa praticável.

Enquanto no Brasil, onde o aspecto é mais complementar, a corrida é para estender a infraestrutura de banda larga à classe C nas periferias das grandes cidades e em municípios pequenos e remotos. Já o governo australiano pretende reformar toda sua rede de acesso por reconhecer uma falta de capacidade na rede existente. O grande motivador das mudanças naquele país é a necessidade de se adequar a crescente demanda por banda somada à alta taxa de crescimento de usuários na rede. O plano brasileiro tem no mínimo uma visão estreita de curto prazo enquanto as intenções dos australianos são mais de longo prazo e concedem um fôlego a mais as novas tecnologias e serviços que despontam.

Outro aspecto do plano brasileiro é não incluir os componentes envolvidos na última milha, esse será repassado às operadoras mediante incentivos fiscais e valor

supostamente baixo, na ordem de R\$230,00 por Mbps de link de acesso entre a estatal Telebrás e as operadoras.

Na base o governo brasileiro irá comprar os equipamentos e ativar as fibras apagadas de várias empresas do setor de energia elétrica e das estatais, usando as fibras em sistemas baseadas na tecnologia DWDM.

Não se pode assumir que a intenção brasileira de delegar à iniciativa privada o ônus seja ruim, na prática deixar a iniciativa privada competir pela preferência do usuário evita a formação de um monopólio.

Pegando carona na solução técnica adotada pela Austrália verifica-se o grande ganho em termos de velocidade e integração que redes exclusivamente ópticas podem oferecer no sentido de integração e agregando valor a rede oferecendo facilidade e performance a muitos serviços inclusive aos que ainda estão em fase embrionária.

4 FIBER TO THE HOME (FTTH)

“Educação é aquilo que a maior parte das pessoas recebe, muitos transmitem e poucos possuem”.

(Karl Kraus)

Os novos modelos de aplicações e serviços baseados em redes necessitam de larguras de banda muito elevadas para garantir qualidade e justificar o investimento do cliente^[4]. Os cabamentos existentes de cobre destinados a promover acesso estão ou no seu pico de tecnologia ou, em muitos casos, saturados. Tecnologias xDSLs raramente oferecem taxas entre 25 e 50 .

Como é notório o estrangulamento dessas tecnologias envolvendo a ultima milha, uma solução muito apreciada são as fibras ópticas. Apesar de as tecnologias e materiais relativos serem substancialmente mais caros, as operadoras vêm estendendo suas redes ópticas cada vez mais próximas aos clientes finais contribuindo para uma possível passagem mais “suave” para o FTTH.

Segundo Nelson Saito o chefe do conselho do *Latam Chapter* do FTTH a tecnologia necessária já está bem desenvolvida. “A fibra óptica é um meio de transmissão confiável e pode suportar todos os tipos de serviços”.

Como outros meios de distribuição o FTTH também pode existir em dois tipos básicos de topologia, ponto a ponto e ponto multiponto. A grande diferença entre as duas topologias está em seus elementos de distribuição. Enquanto as redes ponto a ponto utilizam-se de *switches* as redes ponto multiponto, onde a capacidade de uma fibra é compartilhada com vários usuários, são usados divisores ópticos, filtros e acopladores.

As redes que suportam o FTTH em *broadcast* são chamadas de Redes Ópticas Passivas ou PON (do inglês *Passive Optical Network*), existem diferentes redes passivas como BPONs, GEPONs e as GPONs.

Um dos grandes diferenciais da fibra óptica é a sua independência entre distância e sua taxa de transmissão. Como o FTTH se baseia em distribuição por elementos passivos uma grande economia em fase de operação é conseguida pois não existe a preocupação em amplificar o sinal em trechos mas apenas dividir esse sinal pelos usuários finais.

O grande desafio das fibras está na sua vulnerabilidade à quebras devido ao seu manuseio. Para evitar esse problema estão sendo usadas fibras insensíveis a curvatura. Todo o desenvolvimento destas fibras e os elementos ópticos passivos vão colaborar como o desenvolvimento do mercado do FTTH.

Afinal o que é FTTH? No modelo FTTH, que pertence a uma família de tantas outras tecnologias como o FTTB e o FTTC, a fibra óptica é levada até a residência do usuário final, substituindo todos os cabos metálicos conectando o CPE (ou ONT *Optical Network Terminal*) diretamente ao POP (ou OLT *Optical line Terminal*) da operadora.

As fibras permitem maiores larguras de banda em consequência maiores velocidades e, apesar de serem mais caras no início do investimento se mostram economicamente viáveis no decorrer da sua utilização, pois agregam valor ao acesso e, além disso, são alvos menos prováveis de roubos que são tão comuns no caso de cabos metálicos.

4.1 FIBRAS ÓPTICAS

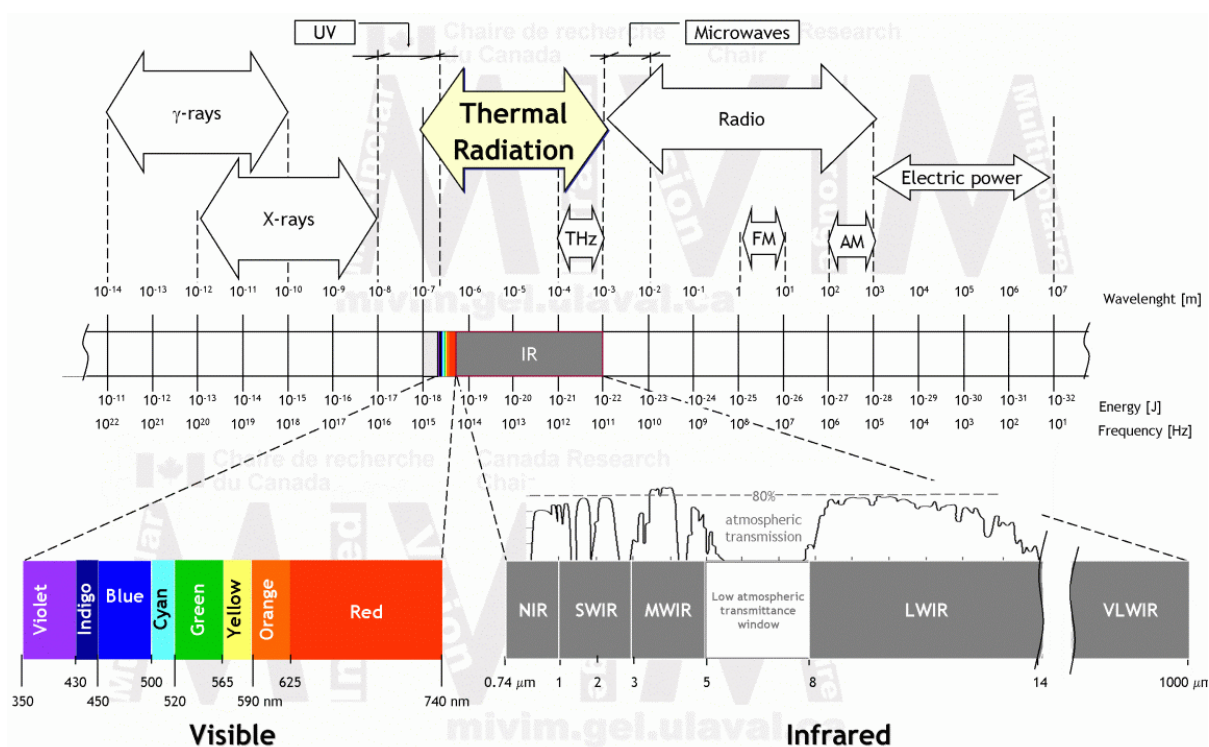
Mas o que as fibras são a final? São meios guiados que conduzem uma determinada faixa do espectro óptico em seu interior. Essa é a faixa de radiação infravermelha, portanto é uma luz invisível ao olho humano e essa luz se situa na faixa que vai de $0,7\mu\text{m}$ a $1,7\mu\text{m}$. Muito normalmente se ouve falar em cores em sistemas WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), isso reflete a grande variação de

comprimentos de onda dentro do espectro Infravermelho e o seu comportamento muito semelhante o da luz visível. A figura 2 demonstra o espectro eletromagnético.

A velocidade de propagação de um feixe em uma fibra óptica está em torno de 99% da velocidade da luz no vácuo o que significa que uma luz demora 3,3ns (nano segundos) para percorrer um metro de fibra.

O princípio básico da propagação da luz nas fibras ópticas é um fenômeno da física conhecido por refração. A refração é a alteração do ângulo de entrada e saída da região de mudança de dois meios com índices de refração diferentes.

Figura 2 – Espectro Eletromagnético



Fonte: http://www.lpi.usra.edu/education/fieldtrips/2005/activities/ir_spectrum/

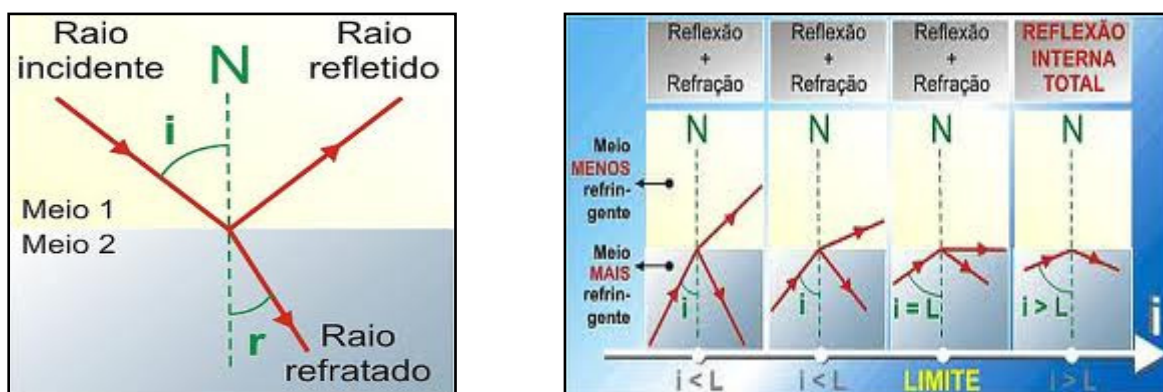
Quando um feixe de luz infravermelha incide em uma superfície polida de uma fibra óptica parte do sinal é refletido obedecendo exatamente o ângulo de entrada e refletindo uma porção desta luz exatamente no mesmo ângulo de incidência na superfície.

Quando uma porção da luz incidida não é refletida ela passa para o novo meio com um ângulo diferente ao de incidência, esse efeito é chamado de refração. O que determina o ângulo do feixe de luz, que pode ser chamado de feixe refratado também, é o índice de refração que é dado pela fórmula:

$$n = C / V \quad \text{onde:} \quad \begin{array}{l} n = \text{índice de refração} \\ C = \text{velocidade da luz no vácuo } (2,99792458 \times 10^8 \text{m/s}) \\ V = \text{velocidade da luz no respectivo meio} \end{array}$$

Partindo de uma observação mais detida podemos definir a velocidade da luz em um meio qualquer como $V = F\lambda$ onde F é a frequência da luz e λ é o comprimento de onda da luz sendo assim pode-se dizer que o índice de refração depende da frequência da luz incidente. A figura 3 demonstra os efeitos de refração e reflexão e o ângulo crítico que determina a continuidade da condução da luz no interior da fibra óptica.

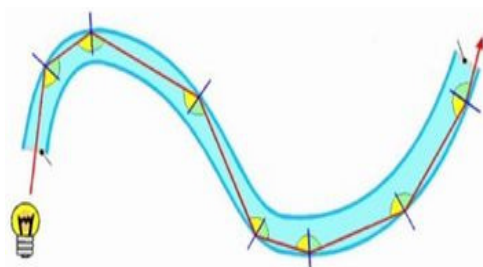
Figura 3 – Refração, reflexão e ângulo crítico.



Fonte: <http://educacao.uol.com.br/fisica/ult1700u38.jhtm>

Na figura 4 pode-se observar as várias reflexões da luz no seu caminho pelo núcleo de uma fibra.

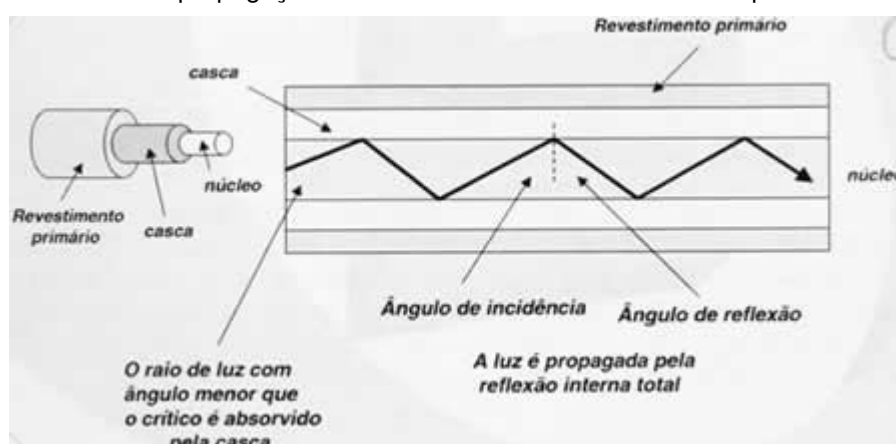
Figura 4 – Propagação da luz no interior de uma fibra óptica



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br>

Na verdade existem 3 meios distintos com seus próprios índices de refração. O primeiro meio é o lado externo da fibra que na figura 5 é representado pelo meio encontrado nas duas extremidades da fibra óptica, o segundo meio é o núcleo da fibra óptica que é o local onde a transmissão de luz se dá; o terceiro é a capa que envolve o núcleo da fibra. Neste caso deve se entender que a capa não é a camada mais externa ou o revestimento da fibra e sim uma camada imediatamente encostada no núcleo que também pode ser chamada de *cladding* ou também casca.

Figura 5 – Mecanismo de propagação de um raio luminoso em uma fibra óptica



Fonte: www.gta.ufrj.br

Na prática a interface feita entre a entrada do cabo e o seu núcleo determina um cone de aceitação, esse cone, medido em ângulo, serve para adequar o tipo de acoplamento entre a fonte de luz e a face. Já a interface entre o núcleo e a casca determina o máximo de curvatura possível de se fazer com a fibra.

Quanto ao tipo das fibras ópticas elas podem ser classificadas em fibras tipo multimodo ou MMF (*multi-mode fiber*) ou fibras tipo monomodo ou SMF (*single-mode fiber*). Essa divisão é definida de acordo com a tecnologia de fabricação do núcleo da fibra que pode variar em diâmetro entre 5 e 200 μ m (micrometro).

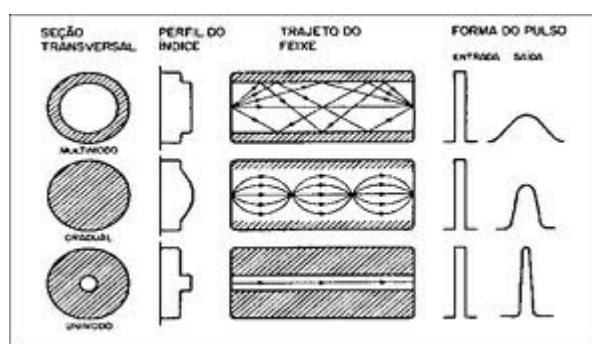
Fibras multimodo ainda podem ser subdivididas em fibras com índice degrau e com índice gradual. As primeiras fibras de índice degrau são as mais simples. São constituídas basicamente de um único tipo de vidro para compor o núcleo, ou seja, com índice de refração constante. O núcleo pode ser feito de vários materiais como plástico, vidro, etc. e com dimensões que variam de 50 a 400 μ m, conforme o tipo de aplicação. A casca, cuja função básica é garantir a condição de guiamento da luz, pode ser feita de vidro, plástico e até mesmo de ar. Essas fibras são limitadas quanto à capacidade de transmissão, possuem atenuação elevada (maior que 5 dB/km) e pequena largura de banda e são utilizadas em transmissão de dados em curtas distâncias.

As fibras com índice gradual têm seu núcleo composto por vidros especiais com diferentes índices de refração que têm o objetivo de diminuir as diferenças de tempos de propagação da luz devido aos vários caminhos possíveis que a luz pode tomar no interior da fibra, diminuindo a dispersão do impulso e aumentando a largura de banda passante. Os materiais tipicamente empregados na fabricação dessas fibras são a sílica pura para a casca e a sílica dopada para o núcleo com dimensões típicas entre 125 e 50 μ m respectivamente. Essas fibras apresentam baixas atenuações (3 dB/km em 850 nm) e capacidade de transmissão elevadas. São empregadas em telecomunicações.

A fibra monomodo é construída de tal forma que apenas o modo fundamental de distribuição eletromagnética (raio axial) é guiado, evitando assim os vários caminhos de propagação da luz dentro do núcleo, conseqüentemente diminuindo a dispersão do impulso luminoso. Para isso ocorrer é necessário que o diâmetro do

núcleo seja poucas vezes maior que o comprimento de onda da luz utilizado para a transmissão. As dimensões típicas são 2 a 10 μm para o núcleo e 80 a 125 μm para a casca. Os materiais utilizados para a sua fabricação são sílica e sílica dopada que possuem baixa atenuação (0,7 dB/km em 1300 nm e 0,2 dB/km em 1550 nm) e grande largura de banda.

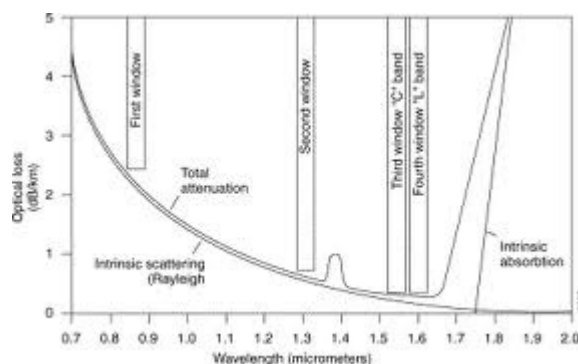
Figura 6 – Tipos de fibras



Fonte: <http://www2.dc.uel.br>

A largura de banda do infravermelho é em torno de 250 THz considerando –se todo o espectro infravermelho 175 THz a 425THz (0,7 – 1,7 μm). Mas toda essa largura de banda não pode ser utilizada pelos sistemas de transmissão óptica pois por limitações de ordem técnica como a pureza da sílica, eficiência do processo de dopagem da sílica e características mecânicas da construção. Na figura 7 pode se observar os intervalos, divididos em bandas, de transmissão.

Figura 7 – Janela de transmissão de IR em fibras ópticas e bandas de transmissão.



Fonte: www.teleco.com.br

As Principais distorções encontradas em fibras ópticas são:

- Atenuação: Ao se propagar pela fibra óptica, parte da potência é perdida pela absorção de luz na casca, bem como imperfeições da sílica por um processo que chamamos de atenuação do sinal. Essa atenuação é medida em dB/km. A absorção da luz por materiais dentro da fibra, a difusão da luz dentro da fibra e o vazamento de luz do núcleo, também estão envolvidos nesta perda. O grau de Atenuação depende do comprimento de onda da luz transmitida.
- Dispersão: É a principal responsável pela limitação da largura de banda do sinal transmitido. O que acontece é um alargamento temporal do sinal óptico, o que resulta na superposição de diversos pulsos do sinal. A dispersão é um efeito em que os modos geradores de uma frente de onda de luz são separados quando trafegam pela fibra óptica, o que ocasiona a chegada delas à outra extremidade espalhadas em relação ao tempo.
- Efeitos não lineares: São devidos à interação da luz com a Sílica.

Os principais desafios da tecnologia de fibra óptica são baseados nestes três tipos de distorções, além disto, o emprego de fibras nas soluções FTTH necessita da criação de fibras mais baratas e também fibras insensíveis à curvatura.

4.2 FIBRAS PLÁSTICAS

As fibras ópticas de plástico POF (Polymer Optical Fibre) são desenvolvidas para atender as necessidades das aplicações FTTH, onde são necessárias fibras mais baratas e de fácil manuseio as fibras plásticas representam uma ótima solução.

Apesar das POFs serem construídas de plástico essas também permitem atingir elevadas taxas de transmissão.

As fibras POF são construídas do material PMMA (Polimetimetacrilato de Metila) e possuem o núcleo com diâmetro aproximado de 1 mm e possuem uma taxa de transmissão típica da ordem de 100 Mbps podendo atingir 1000 Mbps por meio de técnicas de especiais de modulação ou fontes de luz mais fortes e consistentes como o Laser.

As técnicas de emenda entre fibras plásticas são basicamente mecânicas e degradam o nível de sinal em uma escala muito maior que nas fusões de fibras de vidro. Pesquisas na Universidade de Harz na Alemanha vêm oferecendo substanciais avanços em técnicas de injeção de polímeros plásticos, aumentando a robustez das emendas e diminuindo o efeito atenuante das emendas.

O mercado já está apto a oferecer elementos ativos e passivos dedicados à implantação de redes que utilizam as fibras plásticas. São conversores, *splitters*, *switchs* e outros. Hoje em dia pode-se contar com placas de rede com portas de fibra óptica o que possibilita conectar-se a fibra diretamente ao computador.

Apesar de as fibras plásticas serem uma excelente opção, existem restrições quanto ao comprimento e curvatura sendo que novos tipos de fibras são desenvolvidos para contornar esses problemas.

4.3 FIBRAS MONOMODO INSENSÍVEIS À CURVATURA

O termo insensível pode confundir a realidade sobre este tipo de fibra. Na verdade as fibras ópticas monomodo insensíveis à curvatura apenas são centenas de vezes menos sensíveis que as fibras ópticas monomodo comuns, e são ótimas para aplicações em redes FTTH^[10].

Quando se iniciaram as primeiras experiências com o FTTH no início de 1990, após a implantação de redes de fibra óptica que atendiam grandes redes metropolitanas, o desafio era estender as fibras até o usuário final. Sua superioridade aos cabos de cobre é notória, porém fisicamente as fibras têm restrições em comparação ao cobre.

Dentro de uma construção a principal preocupação na instalação das fibras, sempre foi o seu encaminhamento pela chamada “estrutura seca”. Como foi discutido anteriormente o grau de incidência de um raio de luz em uma superfície de fronteira, determina qual deverá ser o resultado da propagação daquele raio podendo simplesmente continuar avançando ou simplesmente se extinguindo.

O padrão ITU-T G.652a recomenda e define a geometria, mecânica e atributos de transmissão de fibras monomodo. Já as recomendações da família ITU-T 657 relacionam os requisitos de desempenho das fibras sobre macro curvatura para atender o FTTx.

Dessa família podem ser destacadas as recomendações G.657a *bend improved* que determina como melhorar o desempenho em relação as fibras monomodo tradicionais e especifica raios de curvatura não inferiores a 5 mm entre outros.

A recomendação G.657b *bend tolerant* define como diminuir o raio de curvatura para no máximo 3,75 mm e abre a possibilidade para o desenvolvimento de fibras não convencionais e estimula as inovações.

Um exemplo dessas inovações pode ser visto na figura 8 o cabo Drop compacto que aceita um raio de curvatura de 2,9 mm

Abaixo na figura 9 podem-se observar algumas possibilidades de manobras com fibras monomodo insensíveis à curvatura.

Figura 8 – Cabo Drop compacto de 2,9 mm



Fonte: http://www.cpqd.com.br/file.upload/p-10_corning_serjio-teixeira_14-05-08.pdf

Figura 9 – Curvaturas possíveis com cabo Drop reforçado de 4,9 mm



Fonte: http://www.cpqd.com.br/file.upload/p-14_corning_serjio-teixeira_14-05-08.pdf

Como foi dito anteriormente as tecnologias FTTx pegaram carona na expansão das redes de acesso que procuravam se atualizar e se preparar para as novas tecnologias e serviços que viriam a consumir cada vez mais as redes de telecomunicação. No momento é possível identificar novos esforços para revitalizar as redes de acesso as chamadas PONs.

4.4 PON (PASSIVE OPTICAL NETWORK)

As redes passivas ópticas vêm em resposta as necessidades de expansão das redes existentes e sua principal característica é distribuir o sinal sem a necessidade de elementos ativos e grandes infraestruturas^[12]. Elementos superdimensionados e gastos com energia elétrica sempre foram elementos que encareciam as redes de acesso.

O principal elemento de distribuição são os divisores ópticos que subdividem o sinal em várias fibras de forma puramente passiva e a discriminação do sinal é feito em cada consumidor. O principal problema está no *upstream*, pois os fluxos individuais de cada consumidor devem ser acoplados na fibra de uso comum e os diversos sinais luminosos não podem se prejudicar mutuamente.

Na tabela 3 estão listadas algumas das redes e suas tecnologias de transmissão.

Tabela 3 - Diferentes redes PON

APON e BPON	Baseada em redes ATM
EPON	Baseada em redes Ethernet
GPON	Baseada em redes Gigabit Ethernet
WDM-PON	Baseada em transmissão de diferentes comprimentos de onda ópticos

Fonte: www.teleco.com.br/imagens/tutoriais/tutorialsolfo1_figura8.jpg&imgrefur

A combinação do FTTH com redes GPON está começando a oferecer novos serviços de alta qualidade e confiabilidade, como serviços de videotelefonia IP e *broadcast* baseado em IP, a tendência do momento é a migração das redes GPON para redes 10GPON essa tendência está dentro do escopo das novas tecnologias e avanços denominados por NGN (*Next Generation Network*)^[9].

4.5 CASES DE FTTH NO BRASIL

No Brasil o FTTH ainda está engatinhando, a grande maioria dos usuários de banda larga utilizam tecnologias xDSL. Como exposto anteriormente a tecnologia FTTH tenderá a se intensificar em função da intensa política que envolve o meio das telecomunicações como o PNBL e novas possibilidades para os diferentes *players*.

A Telefônica ^[13] oferece serviços baseados em GPON a 26 bairros da capital paulista e a cidades como Barueri, Cotia, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Santos e Campinas. São cerca de 1000 usuários e a velocidade padrão é de 30Mbps.

A Oi experimenta a infraestrutura GPON na cidade do Rio de Janeiro em cerca de 90 casas com velocidade de 100Mbps, e oferece velocidades menores para as cidades de Brasília, Florianópolis, Curitiba, Porto Alegre, Recife e Fortaleza.

A GVT optou por uma topologia ponto a ponto e garante velocidades de 100Mbps de *download* e 10Mbps de *upload* para um pequeno grupo de cerca de 500 clientes, e já está fazendo suas primeiras experiências na cidade de Curitiba usando também a tecnologia GPON.

Esse mercado em expansão não é exclusivos das grandes operadoras, alguns exemplos podem ser obtidos de provedores como Micropic, CertelNet, CopelNet e VisãoNet.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como se pode acompanhar a tecnologia FTTH é baseado na crescente expansão da necessidade de consumo de banda e claro no aumento de usuários de internet que irão ser acrescentados com o PNBL.

A Telebrás já definiu por onde ela irá começar o plano nacional, suas primeiras incursões serão no trecho coberto pelas fibras do Osbra (Oleoduto São Paulo – Brasília) de propriedade da Transpetro.

Apesar de ser mais um exemplo de política eleitoreira o anuncio de um plano em uma fase tão incipiente, muito há de se aprender com as novas tecnologias que envolvem esse plano.

O mais importante é acompanhar o momento e se preparar para desenvolver, operar e manter toda uma rede nova, e não só isso mas se adaptar a uma realidade que até hoje estava tão distante dos técnicos acostumados com o mundo do cabo de cobre.

Como somos dependentes de tecnologia e, além disso, consumimos os nossos recursos atuais com voracidade é muito importante que tracemos novas metas e não fiquemos apenas à mercê do governo. Com certeza o FTTH não é a única estratégia que podemos assumir, mas para o momento ela é a mais cabível, porém um universo de possibilidades desponta, tecnologias como o PLC e o Wi Max não são sonhos estão aí para competir.

Pertencemos a um grupo muito especial desenvolvemos e nos utilizamos essas tecnologias e quem pode ser mais perfeito para traçar o futuro das telecomunicações?

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Citação: NBR-10520/ago - 2002. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- [2]_____. Referências: NBR-6023/ago. 2002. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- [3]BERNAL, S. M. B.; FALBRIARD, C. Redes Banda Larga: “Roteamento IP, ATM e Interworking em banda larga. A nova infra-estrutura de redes corporativas e públicas de Telecomunicações.”. São Paulo: Érica, 2002. 291 p.
- [4]BRUNZEL, J. Fibra até o local (FTTP). RTI – Redes Telecom e Instalações. São Paulo: a. XI, n. 118 p. 74-77, mar. 2010.
- [5]CARISSIMI, A. da S.; ROCHOL, J.; GRANVILLE, L. Z. Redes de Computadores. Redes de computadores. Porto Alegre: Bookman, 2009. 391 p.
- [6]CHANCLOU, P. et al. Evolução de acesso óptico. RTI – Redes Telecom e Instalações. São Paulo: a. X, n. 110 p. 106-113, jul. 2009.
- [7]CORRÊA, J. M. Arquitetura HFC TV/HPNA3. RTI – Redes Telecom e Instalações. São Paulo: a. X, n. 116 p. 24-33, jan. 2010.
- [8]D’AMBROSIA, J.; LAW, D.; NOWELL, M. Ethernet de 40 e 100 Gbit/s. RTI – Redes Telecom e Instalações. São Paulo: a. XI, n. 119 p. 62-71, abr. 2010.
- [9]KANI, J.; YOSHIMOTO, N. PONs de próxima geração. RTI – Redes Telecom e Instalações. São Paulo: a. XI, n. 123 p. 48-53, ago. 2010.
- [10]KUYT, G. et al. Novas fibras ópticas monomodo insensíveis a curvaturas. RTI – Redes Telecom e Instalações. São Paulo: a. XI, n. 119 p. 46-57, abr. 2010.
- [11]LIMA JUNIOR, A. W. Formação e Aperfeiçoamento Profissional em Telecomunicações e redes de computadores. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2003. 528 p.
- [12]RETTENBERGER, S. Redes ópticas passivas (PONs) – Redes Telecom e Instalações. São Paulo: a. X, n. 116 p. 74-79, jan. 2010
- [13]RODRIGUES, S. Projetos em FTTH no Brasil. RTI – Redes Telecom e Instalações. São Paulo: a. XI, n. 126 p. 18-27, nov. 2010.
- [14]ROHDE, H. et al. Redes ópticas passivas (PONs). RTI – Redes Telecom e Instalações. São Paulo: a. XI, n. 129 p. 72-77, fev. 2011.
- [15]TOLEDO, A. P. de. Redes de Acesso em Telecomunicações: metálicas, ópticas, HFC, estruturadas, wireless, XDSL, WAP, IP satelites. São Paulo: Makron Books, 2001. 167 p.