

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DE CURITIBA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO MBA EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE
TELECOMUNICAÇÕES**

IRÚ SCOLARI

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FIBRA ÓPTICA EM REDES NGN
BASEADA EM SISTEMA FTTH PON PARA REDES DE ACESSO DE
USUÁRIO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2016**

IRÚ SCOLARI

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FIBRA ÓPTICA EM REDES NGN
BASEADA EM SISTEMA FTTH PON PARA REDES DE ACESSO DE
USUÁRIO**

Monografia de Especialização apresentada ao Curso de Especialização MBA em Gestão de Serviços de Telecomunicações do Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Serviços de Telecomunicações.

Orientador: Valmir Oliveira

CURITIBA

2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

IRU SCOLARI

ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FIBRA ÓPTICA EM REDES NGN BASEADA EM SISTEMA FTTH PON PARA REDES DE ACESSO DE USUÁRIO

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia **26 de outubro de 2016**, como requisito parcial para obtenção do certificado de Especialista em MBA em Gestão de Serviços de Telecomunicações, expedido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O estudante foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo indicados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Msc. Alexandre J. Miziara
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Valmir Oliveira
UTFPR – Orientador

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

A Deus, que é a razão de meu viver e é o único caminho, a única verdade e a única vida. À memória de minha querida e guerreira mãe Maria José (Zezé), mulher de Deus, que me ensinou a viver e a amar. Ao meu pai Jorge, às minhas queridas irmãs Lis e Lara e ao meu irmão Giorgio (Gigo). À minha querida esposa Priscila Wolf Scolari. Nunca me deixaram desistir. Sem eles não seria o que sou nem estaria onde estou.

Irú Scolari

AGRADECIMENTOS

Agradeço a UTFPR que em todos estes longos anos foi e sempre será uma fonte inesgotável de conhecimento. Agradeço grandemente a empresa Furukawa que de forma direta e aberta sempre contribuiu com o fornecimento de informações para a realização deste trabalho. Honro a minha família com este trabalho, pois dispensaram virtudes como a paciência, a vontade e a força em todos os momentos. Agradeço aos meus poucos, mas verdadeiros amigos que de forma compreensiva passaram comigo por este tempo. Acima de tudo, a Deus.

Irú Scolari

O homem não pode impedir o avanço da tecnologia, mas pode decidir usá-la para o bem ou para o mal.
Iré Scolari

RESUMO

SCOLARI, Irú. **ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FIBRA ÓPTICA EM REDES NGN BASEADA EM SISTEMA FTTH PON PARA REDES DE ACESSO DE USUÁRIO.** 2016. 46 p. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização MBA em Gestão de Serviços de Telecomunicações. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba. 2016.

O presente estudo busca identificar as tecnologias existentes para a utilização da fibra óptica até o usuário baseado em tecnologia FTTH PON, fibra óptica até a casa em uma rede passiva, como modernização do oferecimento dos serviços de voz, dados e imagem por protocolo de internet. Define o marco histórico das primeiras formas de se comunicar, passando pela evolução das comunicações e a demonstração do crescimento da largura de banda mundial, perfil global e crescimento das conexões de internet. Aborda os conceitos das redes de acesso e as principais tecnologias utilizadas, uma comparação entre elas, focando nas suas características de velocidade e protocolo de transmissão. Foca na tecnologia FTTH PON, como ela é determinada pela normativa ITU-T e suas vantagens. Estabelece a forma de conexão de um sistema PON através de diagramas e aplicação. Mostra o panorama global do FTTH no mundo e no Brasil com casos concretos de aplicação e da oferta pelas operadoras. Conclui a respeito do estudo realizado focando nas funcionalidades e nas características que o FTTH pode oferecer, traçando uma nova perspectiva das redes ópticas a prova de futuro.

Palavras-chave: GPON, EPON, FTTH, FTTx, Operadoras, Fibra Óptica.

ABSTRACT

SCOLARI, Irú. **STUDY OF FIBER OPTIC NETWORK APPLICATION NGN SYSTEM BASED ON FTTH PON TO USER ACCESS NETWORKS**. 2016. 46 p. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização MBA em Gestão de Serviços de Telecomunicações. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba. 2016.

This study seeks to identify existing technologies for the use of fiber to the user based on PON FTTH, fiber to the home in a passive network, as offering the modernization of voice, data and image for internet protocol. Sets the milestone of the first ways to communicate, through the evolution of communications and demonstration of the growth of the world wide bandwidth, global profile and growth of internet connections. Discusses the concepts of access networks and the main technologies used, a comparison between them, focusing on their speed characteristics and transmission protocol. Focuses on technology FTTH PON, as it is determined by the ITU-T rules and its advantages. It provides a way of connecting a PON system using diagrams and application. It shows the overall picture of FTTH in the world and in Brazil with concrete cases of application and supply by operators. In conclusion regarding the study focusing on the features and characteristics that FTTH can offer, drawing a new perspective of optical networks future-proof.

Keywords: GPON, EPON, FTTH, FTTx, Telcos, Optical Fiber.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Evolução do tráfego IP mundial até 2019 | 19 |
| Figura 2 – Investimentos dos diversos setores da economia peruana acumulados até 2006. ... | 20 |
| Figura 3 – Ranking internacional de assinantes de banda larga fixa | 23 |
| Figura 4 – Velocidade média da internet dos principais países do mundo | 24 |
| Figura 5 – Velocidade média da internet dos principais países da américa, os dez primeiros colocados..... | 24 |
| Figura 6 – Índice de digitalização na América Latina em 2014..... | 25 |
| Figura 7 – Índice de digitalização: Brasil comparado ao OCDE desde 2004 a 2014 | 26 |
| Figura 8 – Principais tecnologias de redes de acesso..... | 28 |
| Figura 9 – Redes de próxima geração | 30 |
| Figura 10 – Comparação rede P2P e PON | 30 |
| Figura 11 – Protocolos IEEE e ITU-T para PON | 31 |
| Figura 12 – Comparativo entre tecnologias GPON e EPON | 32 |
| Figura 13 – Arquitetura de rede de acesso óptico conforme ITU-T | 33 |
| Figura 14 – Arquitetura geral de aplicação FTTX PON metropolitana..... | 33 |
| Figura 15 – Diagrama geral rede PON..... | 34 |
| Figura 16 – Ranking global FTTH até setembro de 2015 | 37 |
| Figura 17 – Quantidade de assinantes FTTH no mundo | 37 |
| Figura 18 – TV por assinatura no Brasil, quantidade de acessos por tecnologia..... | 38 |
| Figura 19 – Opção das operadoras brasileiras entre as várias arquiteturas de FTTX..... | 39 |
| Figura 20 – Rede FTTH por operadora | 39 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|---|
| ANATEL | Agência Nacional de Telecomunicações |
| FTTH | Fibra até a Casa (<i>Fiber To The Home</i>) |
| FTTx | Fibra até o Assinante (<i>Fiber To The x</i>) |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| LAN | Rede Local (<i>Local Area Network</i>) |
| LGT | Lei Geral das Telecomunicações |
| ITU | União Internacional de Telecomunicações (<i>International Telecommunication Union</i>) |
| TCP/IP | Protocolo de Controle de Transmissão / Protocolo de Internet (<i>Transmission Control Protocol / Internet Protocol</i>) |
| PPP | Protocolo Ponto a Ponto (<i>Point-to-Point Protocol</i>) |
| PON | Rede Óptica Passiva (<i>Passive Optical Network</i>) |
| EPON | Rede Óptica Passiva Ethernet (<i>Ethernet Passive Optical Network</i>) |
| GPON | Rede Óptica Passiva Gigabit (<i>Gigabit Passive Optical Network</i>) |
| DSL | Linha Digital de Assinante (<i>Digital Subscriber Line</i>) |
| HFC | Híbrido Fibra - Cabo Coaxial (<i>Hybrid Fiber-Coaxial</i>) |
| IEEE | Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>) |
| DBA | Alocação Dinâmica de Banda (<i>Dynamic Bandwidth Allocation</i>) |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| FOLHA DE APROVAÇÃO | 2 |
| AGRADECIMENTOS | 4 |
| RESUMO..... | 6 |
| ABSTRACT..... | 7 |
| LISTA DE FIGURAS | 8 |
| LISTA DE SIGLAS..... | 9 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 1.1 TEMA..... | 11 |
| 1.1.1 Delimitação do Tema..... | 11 |
| 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS | 11 |
| 1.3 DIAGRAMA EM BLOCOS DO PROBLEMA DA PESQUISA | 12 |
| 1.4 OBJETIVOS..... | 12 |
| 1.4.1 Objetivo Geral..... | 12 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 13 |
| 1.5 JUSTIFICATIVA..... | 13 |
| 1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 14 |
| 2 O AVANÇO DAS COMUNICAÇÕES | 15 |
| 2.1 HISTORICO E CONQUISTAS..... | 15 |
| 2.2 NECESSIDADES E CONTEXTO GLOBAL | 16 |
| 2.3 SITUAÇÃO DO BRASIL E NO MUNDO | 22 |
| 2.4 ANÁLISE DAS REDES DE ACESSO E REDES DE PRÓXIMA GERAÇÃO (NGN)..... | 27 |
| 2.4.1 Comparação entre redes de acesso..... | 27 |
| 2.4.2 Redes de acesso a usuários com tecnologia PON..... | 31 |
| 2.4.3 Destaques das características da solução PON..... | 34 |
| 2.4.4 Aplicações de redes FTTH PON no Brasil e no mundo..... | 36 |
| 3 CONCLUSÃO..... | 41 |
| REFERÊNCIAS..... | 42 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

1.1.1 Delimitação do Tema

O presente trabalho visa demonstrar as características da tecnologia das Redes Ópticas Passivas - PON aplicada a redes com Fibra até a Casa - FTTH como uma alternativa para redes de nova geração - NGN para as operadoras de telecomunicações, provedores de *internet* e TV. Esses novos serviços visam atender a alta demanda de fornecimento de serviços de voz, dados e vídeo para clientes residenciais e comerciais que requerem serviços cada vez mais velozes e com altas taxas de transmissão. Também são tratados os valores agregados que esta solução de fibra óptica de última milha podem trazer aos usuários que dispõem cada vez mais de serviços do tipo *triple play* (voz, dados e vídeo) além de buscar a visão das operadoras destes serviços sob o ponto de vista de um melhor oferecimento de serviços de qualidade aos usuários.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Ainda existe muita discussão sobre a expansão das redes de telecomunicações no Brasil e no mundo e de que forma se estão implementando tais redes, visando atender o abismal aumento do consumo do tráfego de dados global impulsionado pelo fenômeno da *internet* das coisas, sem perder de vista a melhoria no fornecimento destes serviços. Mas qual é o meio físico mais adequado a ser implementado que vai suportar este tráfego atual e futuro?

1.3 DIAGRAMA EM BLOCOS DO PROBLEMA DA PESQUISA

Na Figura 1 apresenta-se um diagrama em blocos representativo do assunto do presente trabalho. Ao centro representa-se o serviço *triple play*, o qual é atendido pelas diferentes operadoras e também está representada a questão da escolha do meio físico de transmissão, entre os quais a fibra óptica é uma razoável opção, já tratando dos novos negócios.

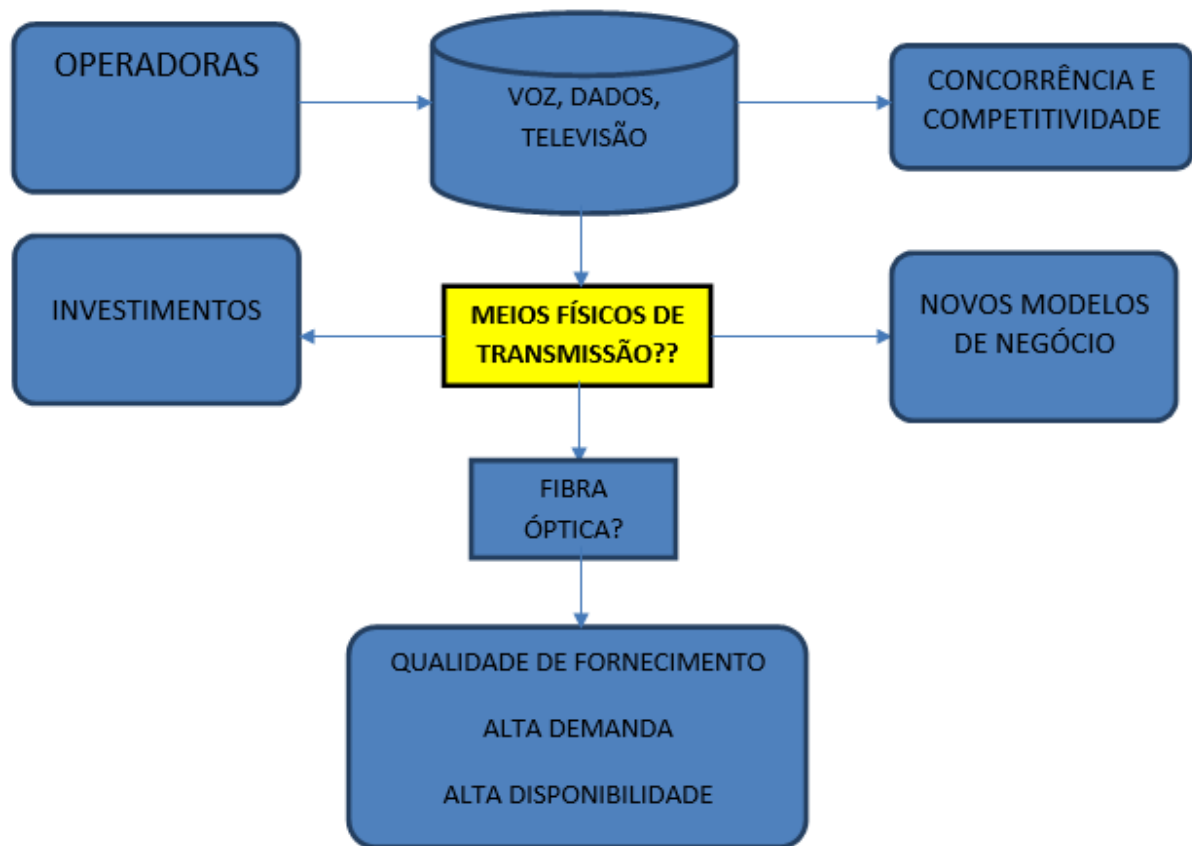


Diagrama em blocos representativo dos problemas da pesquisa

Fonte: Autoria própria (2016)

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um trabalho de pesquisa visando mostrar as características da solução de fibra óptica baseada em tecnologia FTTH - PON como

uma solução tecnológica emergente aplicável e disponível no mercado para suportar a demanda atual e futura no mercado das telecomunicações para serviços de voz, dados e TV, dispondo de alta qualidade de acesso e disponibilidade.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analisar as tendências das telecomunicações e conectividade no Brasil e no mundo;
- Fazer uma pesquisa sobre as tecnologias disponíveis para a rede de acesso das operadoras de telecomunicações com destaque nas redes de fibras ópticas baseadas em FTTH PON;
- Mostrar o panorama da aplicação das redes FTTH no Brasil e no mundo.

1.5 JUSTIFICATIVA

É inegável que cada vez mais a fibra óptica vai chegando mais perto dos usuários e com ela a possibilidade de oferecer serviços de *internet* e TV em uma só fibra com ultra alta qualidade de definição (UHD) e altas velocidades. A operadora de telecomunicações VIVO no Brasil é uma das empresas que atualmente possui tecnologia de fibra óptica ofertada dentro de seus pacotes de assinatura, o Vivo Fibra (Vivo, 2016) em mais de 186 cidades o que representa cerca de 16,7 milhões de lares conectados que podem contratar serviços de ultra banda larga e de TV paga por meio de fibra. No Estado de São Paulo, a rede fixa predominantemente de cobre será parcialmente substituída por fibra óptica que permite oferecer ultra velocidades de banda larga de até 100Mbps. O objetivo é conectar, em 2016, 2,7 milhões de domicílios a este novo modelo de rede (Convergência Digital, 2016).

As tendências do alto tráfego de dados suportados pela fibra óptica é uma realidade. A empresa Copel Telecom no estado do Paraná que também oferece sistema de fibra óptica para *internet* destaca que a banda larga via fibra óptica é mais confiável e estável, uma vez que os dados viajam à velocidade da luz, podendo

transmitir bilhões de *bits* por segundo. As velocidades ofertadas pela Copel podem chegar até 150 Mbps (Copel Fibra, 2016). A *Nippon Telegraph and Telephone Corporation* (NTT), a maior operadora de telecomunicações do Japão, informou que foi demonstrada a capacidade de transmissão ultra larga de 1 petabit (1000 terabit, o equivalente a 5.000 vídeos de ultra alta definição) por segundo ao longo de um comprimento de 52,4 km, através de uma única fibra óptica que possui 12 núcleos em seu interior (NTT, 2012).

A relação de consumo mudou nos últimos anos, cujo o mercado hoje é mais maduro e exigente, buscando serviços mais completos e acessíveis, com opções de conectividade em qualquer lugar desde dispositivos móveis ou em casa. Este conceito é conhecido como Internet da Coisas - IoT (Internet of Things).

Possibilidade de utilizar propriedades técnicas da fibra a favor de valor agregado e qualidade de serviço oferecido pela fibra óptica tais como alto desempenho, baixa atenuação, utilização de apenas 1 fibra óptica através da multiplexação de vários comprimentos de onda, imunidade a interferências eletromagnéticas.

- Sistema em processo de normatização, congressos e associações internacionais que fomentam as redes FTTx, tais como FTTH Council, ITU, entre outros;

- Cidades digitais através de redes inteligentes de comunicação em fibra óptica, que suportam diversas aplicações como por exemplo, para o trânsito: monitoramento de tráfego, câmeras de alta definição; para a segurança pública: monitoramento de incidentes e conexão rápida com entidades de segurança local como polícia e bombeiros (Furukawa, 2010).

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Dentro do universo da classificação das pesquisas de dissertações acadêmicas pode-se citar de forma clássica sob diferentes pontos de vista no qual são classificadas: natureza, abordagem do problema, objetivos e procedimentos técnicos (MENEZES; DA SILVA, 2005 e GIL, 2002). As mesmas são indicadas abaixo com relação direta ao tipo de pesquisa realizado no presente trabalho:

- **Natureza:** optou-se pela pesquisa **aplicada** pois objetiva fornecer conhecimentos para uma aplicação prática a partir de um determinado problema específico.
- **Abordagem do problema:** na pesquisa foi feito, na maior parte, de forma **qualitativa**, uma vez que os dados coletados são de origem natural, traduzindo as necessidades do mercado em possuir um sistema de transmissão para redes de acesso em fibra óptica adequado aos seus requerimentos. A abordagem qualitativa é descritiva, sendo que a análise dos dados são realizados indutivamente, ou seja, os dados coletados e analisados induzem o pesquisador a formar determinado tipo de opinião ou conclusão.

Sobre o objetivo do presente trabalho, o mesmo encaixa-se como uma **pesquisa exploratória** que, segundo Gil (2002), objetiva demonstrar maior familiaridade com o problema proposto, tornando-o mais explícito através de levantamento bibliográfico. Sob o ponto de vista do procedimento técnico adotado para a coleta dos dados, pretende-se fazer uma **pesquisa bibliográfica** com base em material já publicado, composto de publicações periódicas (Gil, 2002), mas também de material disponibilizado na *internet*, sobre o avanço da comunicação e do aumento do consumo da *internet* no mundo e das diversas tecnologias existentes atualmente dos diferentes meios físicos de transmissão utilizados pelas operadoras de telecomunicações para transmitir serviços de voz, dados e televisão a clientes residenciais, com destaque na aplicação do sistema de fibra óptica baseada em FTTH PON, indicando ao final a aplicação desta tecnologia.

2 O AVANÇO DAS COMUNICAÇÕES

2.1 HISTORICO E CONQUISTAS

O homem sempre precisou se comunicar. A forma com que a pessoa se relaciona com o meio ambiente sempre permeou sua sobrevivência. Ao longo dos tempos, o homem buscou incessantemente criar e aperfeiçoar a forma com que se comunica, seja pela fala ou através de gestos ou sinais de fumaça, utilizando animais

como os pombos, tambor e outros. Citando a Bíblia Sagrada, no livro de Gênesis capítulo 8, versículos de 6 ao 14, logo após ao Dilúvio que consumiu a Terra deixando vivos apenas a família de Noé e poucos animais de cada espécie para que a espécie humana e as demais pudessem novamente povoar o planeta, Noé utiliza primeiramente um corvo e depois uma pomba como mensageiros para que pudessem trazer informações se as águas haviam baixado. Este sinal foi trazido pela pomba, em cujo bico havia um ramo de oliveira (BÍBLIA, 2010). Noé muito longe estaria de imaginar que hoje poderia tirar uma “selfie” através de um dispositivo remoto conectado à rede mundial de computadores, vulgo *internet*, e fazer um *upload* da foto da pomba com o ramo no bico avisando aos demais que já havia terra firme e que as águas do dilúvio haviam baixado. Parece uma linha temporal totalmente absurda pensar na evolução dos dispositivos de comunicação e como o homem desenvolveu suas habilidades técnicas ao longo do tempo e com a ajuda de recursos naturais ou artificiais para poder ter acesso à informação e à comunicação numa velocidade surpreendente.

Com o descobrimento das grandes reservas de cobre principalmente na China e no Chile o homem desenvolveu a capacidade de extrair, processar e manufaturar o minério para fins comerciais na fabricação de cabos de cobre para aplicações na geração, transmissão, distribuição de energia elétrica e inclusive na área de telecomunicações com a invenção do telefone, alavancada entre os séculos XVIII e XX.

Por outro lado, podemos citar um dos maiores inventores da humanidade Thomas Alva Edison e sua importante participação na invenção da lâmpada e da corrente contínua e posterior fundação da atual empresa multinacional General Electric, e também de seu contemporâneo Alexander Graham Bell com participação efetiva na invenção do telefone como contribuição na área das telecomunicações e como fundador de uma das principais empresas do setor de telecomunicações do mundo, a AT&T, e também da Lucent Technologies.

2.2 NECESSIDADES E CONTEXTO GLOBAL

O homem conseguiu criar o que hoje conhecemos como redes de telecomunicações, interligadas de um forma tão complexa que permitiu fazer com que as pessoas pudessem evoluir sua forma de se comunicar umas com as outras

de forma extremamente rápida através da telefonia seja ela fixa ou móvel e dispositivos conectados à *internet* como celulares, computadores e *tablets*, estando “conectado” quase que em qualquer parte do planeta, através da tão comentada atualmente “nuvem” ou *cloud*, termos utilizados como tendência do mercado das comunicações. Outro termo que será cada vez mais comentado na atualidade é a “*internet das coisas*”, expressão utilizada pelos especialistas do setor para explicar a tendência de que tudo o que é essencial para a vida prática das pessoas está conectado na internet, e não mais apenas os aparelhos usuais como os telefones celulares ou *tablets*, mas também os carros, eletrodomésticos como geladeiras e até acessórios pequenos como os relógios. Até é possível hoje ligar e desligar o ar condicionado, abrir e fechar janelas, ver a câmera de segurança, tudo remotamente pelo celular. Tudo conectado e “conversando”, trocando informações entre si.

Esta evolução aconteceu e vem acontecendo também de forma rápida graças à aplicação de tecnologias avançadas pelas chamadas operadoras de telecomunicações através das NGN's (*Next Generation Network*), que possuem a principal característica de suportar diversas tecnologias para oferecer serviços de voz, dados e televisão aos usuários com qualidade e alta disponibilidade. A ITU-T define NGN como (ITU-T, 2016):

...uma rede baseada em pacotes capazes de fornecer serviços de telecomunicações para os usuários e capaz de fazer uso de banda larga múltipla, QoS habilitado para tecnologias de transporte e em que as funções relacionadas com o serviço são independentes das tecnologias relacionadas com os transportes subjacentes. Ele permite acesso ilimitado para os usuários de redes e prestadores de serviços e serviços concorrentes da sua escolha. Ela apoia a mobilidade generalizada, que vai permitir a prestação consistente e onipresente de serviços aos usuários.

E são caracterizadas por possuírem os seguintes aspectos (ITU-T, 2016):

- Transferência baseadas em pacotes
- A separação das funções de controle entre as capacidades de suporte, chamada / sessão e aplicativo / serviço
- Dissociação da prestação de serviços de transporte e fornecimento de interfaces abertas
- Suporte para uma ampla gama de serviços, aplicações e mecanismos baseados em blocos de construção de serviços (incluindo serviços / tempo não real em tempo real / streaming e multi-media)
- Capacidades de banda larga com QoS end-to-end e transparência
- Interfuncionamento com redes legadas por meio de interfaces abertas

- Mobilidade Generalizadas
- Acesso irrestrito pelos usuários para diferentes prestadores de serviços
- Uma variedade de esquemas de identificação que pode ser resolvido para endereços IP para fins de roteamento em redes IP
- Características do serviço unificados para o mesmo serviço percebida pelo usuário
- Serviços convergentes entre redes fixas e móveis
- Independência das funções relacionadas com o serviço de tecnologias de transporte subjacentes
- Suporte de múltiplas tecnologias de última milha
- Compatível com todos os requisitos regulamentares, por exemplo relativo a comunicações de emergência e segurança / privacidade, e outros.

O desafio em questão é conhecer se as tecnologias de redes de transporte atuais que os fornecedores dos mencionados serviços estão preparando suas redes para suportar as tendências atuais e futuras dos consumidores de telecomunicações de acordo às características elencadas pela ITU.

Um dos pontos-chaves do desenvolvimento deste raciocínio é compreender primeiramente quais são as tendências das comunicações em níveis corporativos e residenciais para a telefonia fixa, móvel, tráfego IP (dados), vídeo ou TV, e explorar qual tecnologia de meio físico é a mais adequada para transmitir estes sinais até os usuários que requerem cada vez mais largura de banda, velocidade e qualidade no fornecimento.

Em termos de mercado, é possível termos uma ideia das tendências da comunicação através de uma ferramenta disponível na *internet* da empresa norte-americana Cisco®, um dos principais fabricantes de equipamentos ativos para redes de telecomunicações (*networking*) tais como *switches* e roteadores. A Figura 2 mostra a evolução e a tendência do tráfego de dados instantâneos a nível mundial:

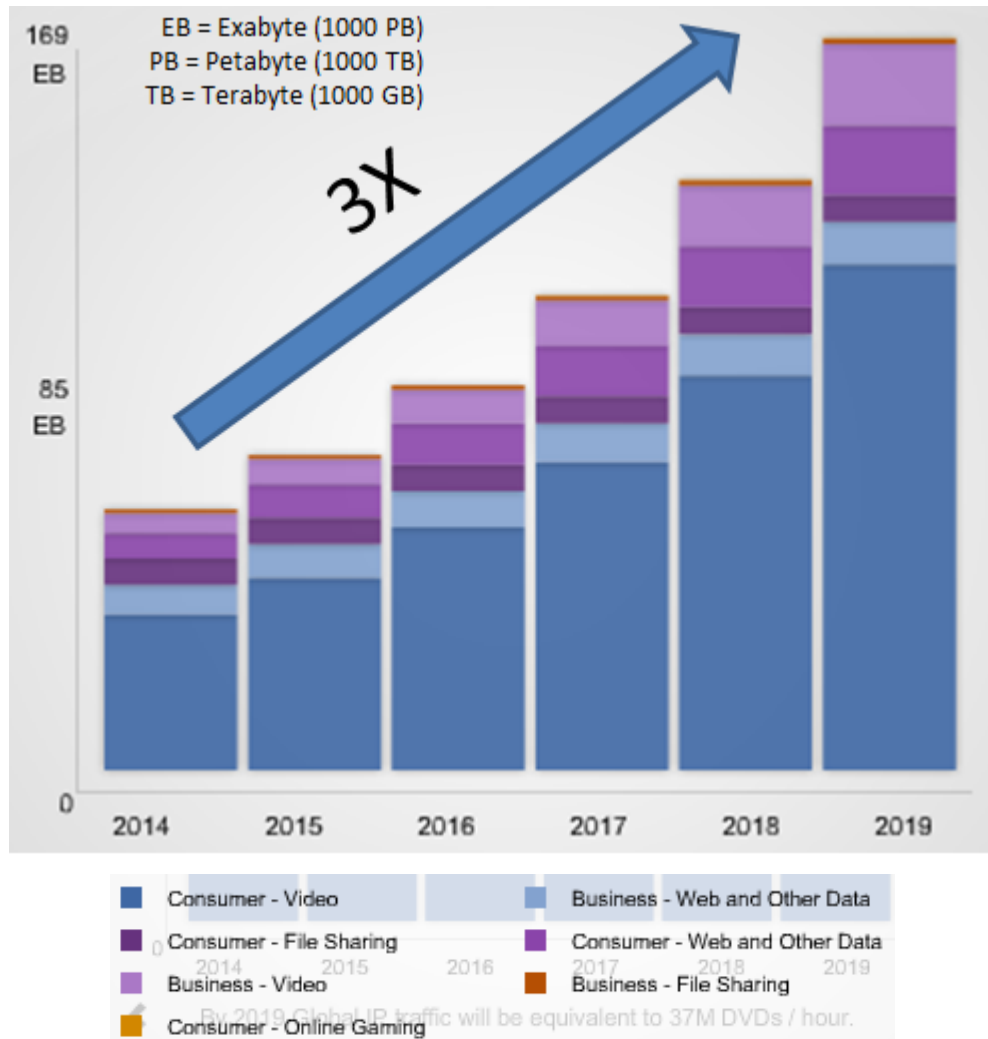


Figura 1 – Evolução do tráfego IP mundial até 2019

Fonte: Adaptado de, Cisco (2016).

Com base neste gráfico podemos tirar algumas conclusões:

- O tráfego de dados em 2019 será 3 vezes superior que 2014;
- O tráfego IP global será o equivalente a 37 milhões de DVD's por hora;
- O tráfego de vídeo IP corporativo será 5 vezes maior que 2014.

Estas conclusões não são absolutas, mas indicam que as redes de telecomunicações das operadoras destes serviços precisam investir em redes de alta qualidade e alta disponibilidade, e que conforme especificações técnicas e de normativa dos principais meios físicos em termos de protocolo de comunicação, largura de banda, qualidade de transmissão, baixas perdas e topologias de rede eficazes, a fibra óptica tornou-se uma forte opção para suportar estas tendências de

mercado, dificilmente alcançada pelas atuais redes em cobre ou sem fio (radio ou satelitais), além de suportar dezenas de quilômetros para interconectar cidades, aproveitando a infraestrutura já existente dos anéis de fibra óptica instalados há mais de 30 anos nos Brasil.

Em um paralelo com a situação das telecomunicações em outros países como Chile e Peru, observa-se por exemplo que no Peru, segundo informações do Ministério de Transporte e Comunicações, mostrado na Figura 3, a área de telecomunicações é tratada como o elemento chave para o desenvolvimento econômico e social do país, sendo que as empresas do setor, no investimento acumulado até o final de 2006, somavam 32,22%. Nos anos 90, os investimentos eram focados em telefonia fixa, e nos últimos 15 anos estão focados em telefonia móvel (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007 Apud PROINVERSIÓN, 2006).

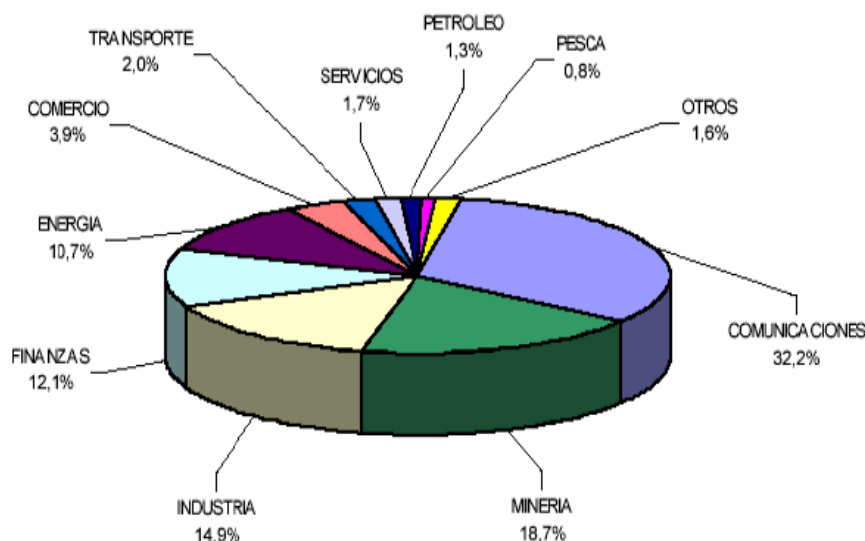


Figura 2 – Investimentos dos diversos setores da economia peruana acumulados até 2006.

Fonte: Casanova, Noriega, Orellana, Perales, Reyes, Villar, Telecomunicaciones en el Perú 2012 Apud PROINVERSIÓN, 2006.

Além disso, o governo peruano possui programas para a expansão da banda larga, telefonia e conectividade em todo o país, principalmente em área rurais (mais de 2 milhões de beneficiados) através de leis que viabilizam a utilização de espectros livres de frequência, isenção de impostos relacionados a investimentos

em telecomunicações e infraestrutura para a instalação de fibra óptica, aumentando com isso também a oferta de serviços de voz, dados, VoIP, IPTV, TV digital.

Já no Chile, dados atualizados da Subsecretaria de Telecomunicações (SUBTEL) apontam um crescimento histórico em 2014 com relação aos acessos à *internet*, alavancados principalmente pelos acessos móveis. De cada 100 chilenos 49,1 possuíam acesso à internet em 2013. Este número subiu para 64,1 pessoas (15 pontos percentuais) a cada 100 em 2014, chegando a cifra de 11,5 milhões de acessos, um crescimento de 32,5% em menos de 1 ano. Segundo o governo, este crescimento se deve à ação de políticas públicas de igualdade de direitos aos cidadãos de acesso à comunicação, desenvolvimento de tecnológicas das redes 3G e 4G, inclusão digital, políticas de mercado neutras e de portabilidade que aumentam a competitividade, massificação dos serviços e menores preços (SUBTEL, 2015). Outro ponto importante a destacar é o crescimento pela TV por assinatura, que chegou aos atuais 52,1% nos lares chilenos através de tecnologia mais da metade por satélite em relação a redes por fio.

A abordagem da fibra óptica e suas aplicações nas redes das operadoras de comunicações e televisão será o foco principal do presente trabalho. Buscaremos responder a pergunta do tema proposto pois se trata de um novo modelo de negócio para as operadoras, sem deixar de analisar a viabilidade econômica da solução de redes em fibra óptica, bem como os investimentos do setor de telecomunicações para cumprir com as metas do governo tais como a inclusão digital, expansão dos serviços em áreas ainda sem cobertura, popularização da televisão digital e o aumento da velocidade de conexão da banda larga – ponto tratado recentemente pela ex-presidente Dilma Roussef no encontro com chefes de estado na Cumbre das Américas realizado no Panamá.

Dentro do termo Tecnologia, podemos definir conforme abordado em sala de aula que esta definição por si só não tem sentido quando aplicada isoladamente. É preciso compreender que a tecnologia caminha em conjunto de uma convergência, ou seja, a tecnologia aponta para uma tendência de inovação nas telecomunicações das NGNs visando a otimização de uma infraestrutura única de última geração para suportar serviços chamados de essenciais à população seja do setor público ou privado, enterprise ou residencial. Dentro dos padrões de comunicação existem vários organismos internacionais que buscam criar protocolos abertos para que a indústria consiga fabricar produtos compatíveis entre si, sem

deixar que operadoras e clientes finais fiquem refém de um só fabricante. Más quais são estes padrões abertos? O que existe de fato no mercado hoje de forma que possamos analisar a viabilidade da aplicação deste protocolos nas tecnologias convergentes do setor?

2.3 SITUAÇÃO DO BRASIL E NO MUNDO

No Brasil já existem investimentos aprovados pelo governo por exemplo para o fomento da fibra óptica como opção de melhoria da qualidade e expansão das redes através da inclusão da fibra óptica no Finame para pequenos e médios provedores de internet, podendo esses investimentos triplicar alavancada pelas linhas de crédito do BNDES (Ministério das Comunicações, 2014). De fato, o governo brasileiro já manifestou que deseja atender com fibra (FTTx) 45% dos domicílios (Revista Exame, 2014). Isto demonstra que as entidades governamentais reconhecem o crescimento das altas demandas por qualidade de serviço em telefonia, voz, dados e TV pelos usuários, e que isto não acontecerá sem uma infraestrutura tecnologicamente viável e preparada para o futuro. Este trabalho visa expor o avanço das redes de telecomunicações, os dados de mercado com relação a conectividade do Brasil comparada a outros países, mostrando que as redes FTTx baseadas em tecnologia GPON pode ser uma alternativa de infraestrutura que pode suprir a necessidade de implementação de uma rede confiável e que suporte o crescimento em largura de banda e da qualidade de conexão. Um trabalho de conclusão de curso desenvolvido com este foco, irá contribuir na disseminação dos conceitos e conhecimentos para o ambiente acadêmico.

Segundo destacado pelo governo recentemente, a Lei Geral das Telecomunicações (LGT) de 1997 será revisada e terá o foco em banda larga. A revisão desta lei ocorre em meio a uma época muito diferente e sem precedentes no campo das telecomunicações no Brasil. A atual crise político-econômica enfrentada pelo país é refletida diretamente nas principais operadoras de telecomunicações que se veem obrigadas a cortar gastos de pessoal, e os cortes na infraestrutura são inevitáveis. O paradoxo deste contexto se encontra em que existe um crescimento global imparável no consumo de dados, e para que não exista um “apagão” da

internet similar ao que ocorreu há alguns anos atrás no setor elétrico, é preciso colocar os holofotes em dois principais aspectos:

- investimentos em infraestrutura para atender o crescimento da demanda de banda larga
- escolha correta das tecnologias para a transmissão de dados

No Brasil, a LGT há mais de 20 anos promoveu a expansão da telefonia fixa no país, mas que atualmente se encontra estagnada perdendo lugar para a banda larga. A *internet* de alta velocidade disparou 680% e a telefonia móvel cresceu 198% em dez anos fechados em 2015. O telefone fixo ganhou apenas 9% de clientes. Em comparação com outros países, o Brasil saltou da 14ª posição em 2008 para a 8ª posição em 2014 no ranking do número de assinantes de banda larga com mais de 23 milhões de assinantes, de acordo com dados do G1. Na Figura 4 apresenta-se o *ranking* internacional de assinantes de banda larga.

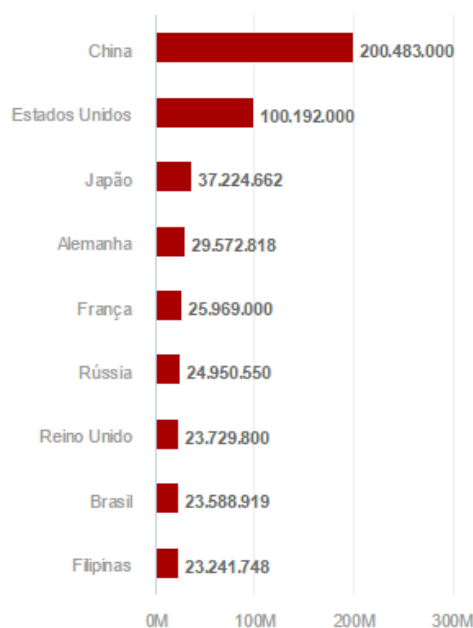


Figura 3 – Ranking internacional de assinantes de banda larga fixa

Fonte: G1 (2016).

Este crescimento vem acompanhado de um fator muito importante e não menos preocupante, que é a qualidade da conexão e a velocidade. A Figura 5 nos indica que a Coreia do Sul é o país atualmente com a *internet* mais rápida do mundo (na média) com quase 30 Mbps. No Brasil a velocidade fica um pouco mais que 4 Mbps, ocupando o último lugar se comparado aos 10 principais países da

américa, ficando atrás de países como México, Uruguai, Argentina, Peru e Equador, de acordo com a Figura 6.

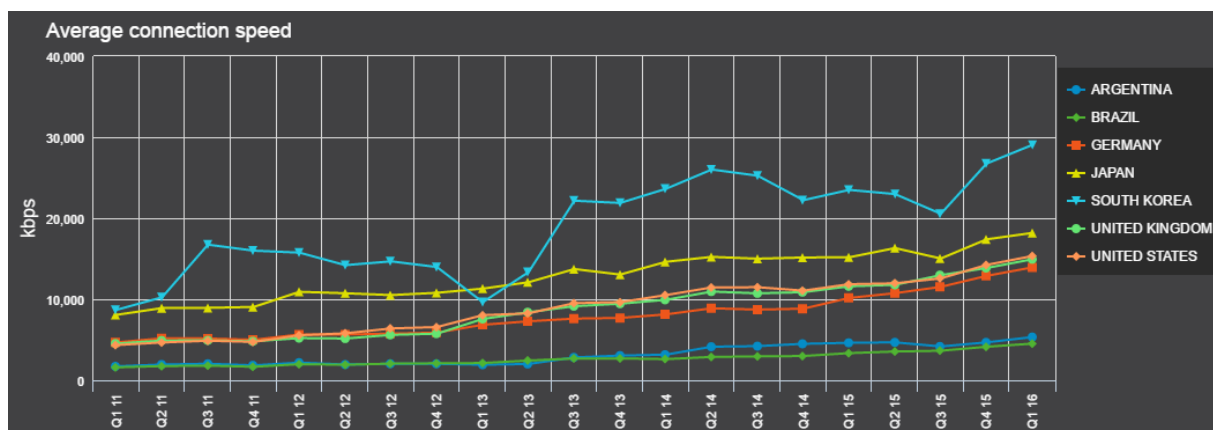


Figura 4 – Velocidade média da internet dos principais países do mundo

Fonte: Akamai (2016).

| Country | Q4 2015 Avg. Mbps | % Above 4 Mbps | % Above 10 Mbps | % Above 15 Mbps |
|---------------|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| United States | 14.2 | 82.8% | 52.9% | 31.6% |
| Canada | 13.1 | 88.2% | 48.8% | 27% |
| Uruguay | 6.2 | 71.7% | 8.8% | 2% |
| Chile | 6.1 | 67.3% | 10.1% | 2.8% |
| Mexico | 5.9 | 67.9% | 8.2% | 2.2% |
| Argentina | 4.7 | 46.2% | 4.4% | 0.7% |
| Peru | 4.5 | 47.1% | 2.9% | 0.9% |
| Colombia | 4.5 | 50.6% | 2.2% | 0.5% |
| Ecuador | 4.4 | 41.8% | 3.3% | 0.8% |
| Brazil | 4.1 | 39% | 2.9% | 0.8% |

Figura 5 – Velocidade média da internet dos principais países da América, os dez primeiros colocados

Fonte: Fastmetrics (2016).

Com estes dados trazidos à realidade brasileira, é preciso indagar as operadoras de telecomunicações, provedores de internet e TV de que forma estão preparando suas redes de telecomunicações para atender a alta demanda de fornecimento de serviços de voz, dados e vídeo para clientes residenciais e comerciais que requerem serviços cada vez mais velozes e com altas taxas de transmissão. As operadoras não podem responder a este problema se não tiverem o conceito de digitalização de um país bem sedimentado. O Portal VOIT (2015) indica que o índice de digitalização de um país, segundo a consultoria *Accenture*, é

determinado por vários fatores, e entre os mais importantes são volume de transações *on-line*, uso de tecnologias para agilizar processos, difusão de conhecimentos tecnológicos em uma empresa, e a aceitação de novos modelos de negócios digitalmente conduzidos. O mais interessante e importante destaque deste conceito é que para que o Brasil possa crescer o seu nível de digitalização, entre outros aspectos, deve melhorar a infraestrutura de telecomunicações, cujo investimento per capita atual no Brasil é de 60 dólares por pessoa economicamente ativa, sendo que nos Estados Unidos é 330 dólares.

Segundo dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico da sigla, em inglês OECD, organização esta que fazem parte países considerados desenvolvidos, mostra que ainda existe uma brecha muito grande no índice de digitalização no Brasil se comparada aos países membros da OECD como Estados Unidos, Canadá, quase todos os países da Europa, China e Japão. Os dados da *Telecom Advisory Services* indicam esta comparação na América Latina feita através de 3 níveis de digitalização: avançados, transicionais e emergentes, onde o Brasil se encontra no nível transicional (Figura 7) e fora do grupo dos 5 países latino-americanos considerados avançados digitalmente como Chile, Uruguai, Argentina e Colômbia (Katz, 2016).

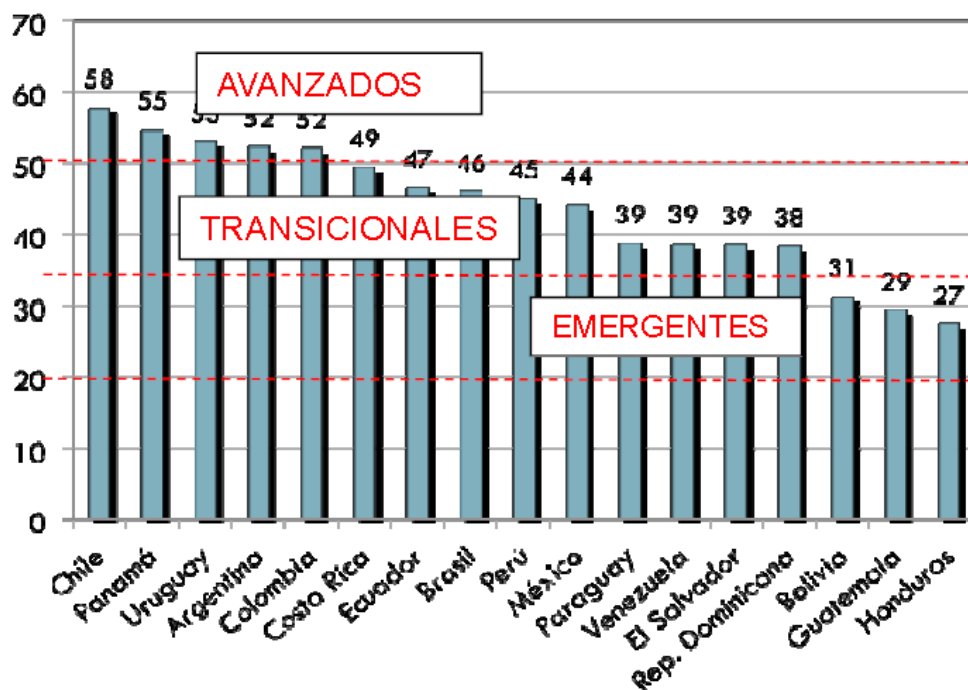


Figura 6 – Índice de digitalização na América Latina em 2014

Fonte: Katz (2016).

Já na Figura 8, se destaca a comparação da digitalização do Brasil com os países membros da OCDE nos últimos 10 anos, onde se conclui que neste período a digitalização no Brasil cresceu 8,25% ao ano, diminuindo a diferença entre o Brasil e os países da OCDE em 20% no mesmo período (Katz, 2016).

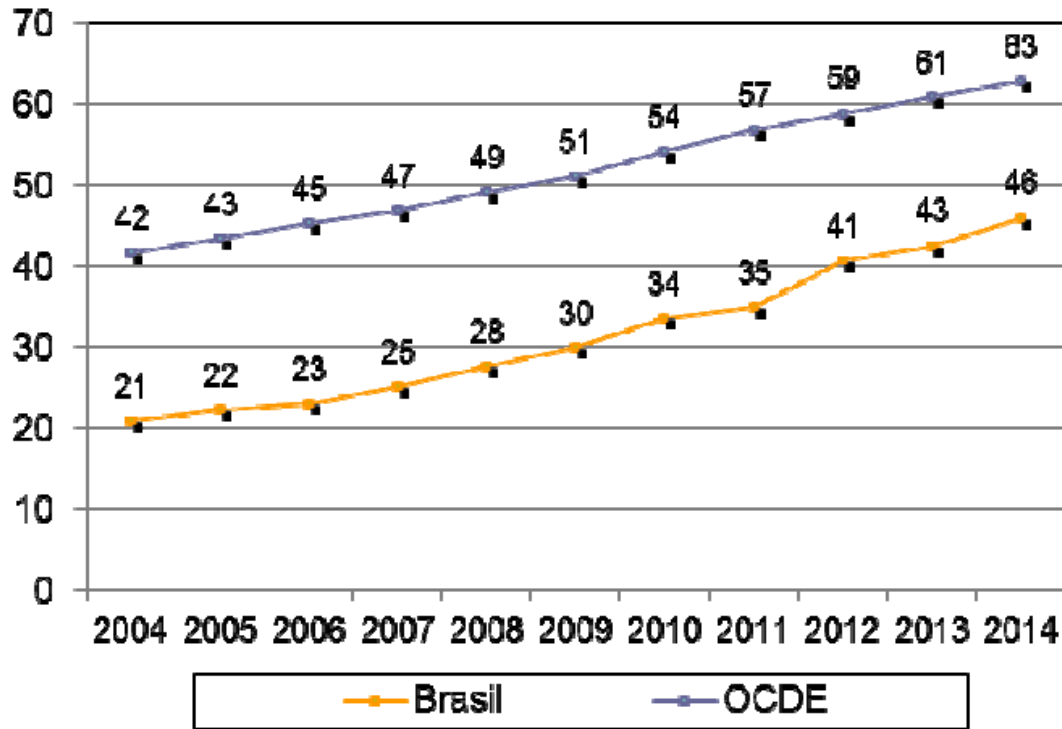


Figura 7 – Índice de digitalização: Brasil comparado ao OCDE desde 2004 a 2014
Fonte: Katz (2016).

2.4 ANÁLISE DAS REDES DE ACESSO E REDES DE PRÓXIMA GERAÇÃO (NGN)

Hoje existem vários organismos de padronização, por exemplo no Brasil a ABNT, que é praticamente uma tropicalização de outro organismo internacional chamado ISO. Outros importantes como a TIA, ANSI, IEEE e ITU-T também buscam o consenso de uma padronização de protocolos de redes convergentes.

Segundo Martins, Marques, Heinisch e Alberti (2005), no estudo dos fatores que estão guiando o trabalho do organismo ITU-T para redes NGN, é fato a convergência dos pacotes baseados em IP de todos os serviços que a rede possa suportar. Dentro desta realidade a ITU-T iniciou um estudo em 1995 chamado Global Information Infrastructure (GII) para caminhar no sentido de definir os requisitos mínimos para que uma rede NGN suporte qualquer tipo de mídia e todos os tipos de codificação. A novidade é que existirão APIs de plataforma aberta (Interfaces de programação de aplicações) que irão disponibilizar rotinas, protocolos e ferramentas para servidores, *softswitches* e terminais, visando disponibilizar serviços com flexibilidade e baixo custo, e que possam crescer de forma modular na rede com o tempo.

A reflexão consiste em compreender como as NGNs propostas pela ITU-T para redes PON serão desacopladas da arquitetura tradicional que conhecemos hoje, visando uma separação clara entre as funções que provêm os serviços e as funções de transporte.

2.4.1 Comparação entre redes de acesso

Uma rede de acesso é caracterizada por conectar clientes ou assinantes às centrais telefônicas (Teleco, 2016). As redes de acesso mais comuns utilizadas pela operadoras podemos destacar na Figura 9:

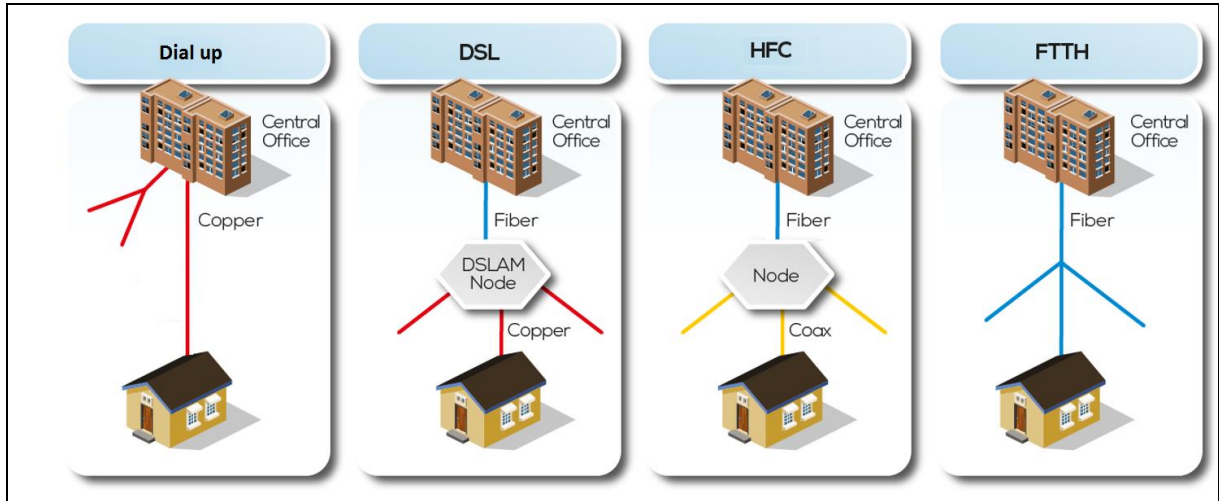


Figura 8 – Principais tecnologias de redes de acesso

Fonte: Furukawa, 2016.

Uma rede Dial-up é uma conexão ponto a ponto (P2P) por linha discada totalmente metálica (cobre) entre a central da operadora até o assinante, sendo um tipo de acesso à Internet no qual uma pessoa usa um modem e uma linha telefônica para se ligar a um nó de uma rede de computadores de um provedor de internet, geralmente usando protocolos ponto a ponto (PPP) e TCP/IP (TIM, 2016).

Na tecnologia DSL (Digital Subscriber Line), tem seus inícios em 2006 e perdura até hoje. Se observa que desde a central da operadora saem conexões por fibra óptica até um nó DSLAM (Multiplexador de Acesso à Linha Digital do Assinante) que transforma o sinal óptico em linhas telefônicas de cobre (ambos lados ponto a ponto), possibilitando aos assinantes acesso a internet com mais velocidade. É uma tecnologia substituta ao dial-up, baseada em modem que usa linhas de telefone existentes para transportar dados de largura de banda elevada, como multimídia e vídeo, para assinantes de serviços. O DSL fornece acesso à rede pública dedicada ponto a ponto (Cisco, 2010). Suas principais características são:

- Tipo: ponto a ponto (P2P)
- Velocidade: utiliza protocolos VDSL2 (atualmente) e G.Fast (evolução)
- Conclusão: a evolução da rede depende de levar os equipamentos ativos cada vez mais perto dos assinantes.

Na tecnologia HFC, existe conexão por fibra óptica até um nó ativo que converte para rede coaxial. Esta rede é baseada na utilização para transmissão de televisão e utilizada por operadoras chamadas de MSO (Multiple system operators –

operadoras de sistemas múltiplos), são operadores de vários sistemas de televisão por cabo (BROUSE JR., 2004).

Suas principais características são:

- Tipo: ponto a ponto (P2P)
- Velocidade: utiliza protocolos DOCSIS 3.0 (atualmente) e DOCSIS 3.1 (evolução)
- Conclusão: Por se desenvolver no universo de TV a cabo, pode transportar dados e vídeo RF. Foi a primeira opção de pacotes do tipo *triple-play* (voz, dados e imagem).

Nas redes FTTH (*Fiber To The Home*), que são uma ramificação das redes FTTx (*Fiber To The X*, ou seja, a fibra até algum ponto específico), as redes FTTH levam uma única fibra óptica até o assinante. As redes FTTH possuem topologia mista ou seja, podem ser tipo ponto a ponto ou tipo ponto-multiponto baseada em tecnologia PON (*Passive Optical Network*). Uma infraestrutura de telecomunicações ponto multiponto PON é caracterizada por elementos ópticos que não utilizam circuitos elétricos, eletrônicos ou conexão à rede elétrica para seu funcionamento. Está composta geralmente por equipamentos ativos em ambas pontas, um transmissor óptico na central de equipamentos da operadora chamado de OLT (*Optical Line Terminal*), e de um receptor no assinante, ONU (*Optical Network Unit*) ou ONT (*Optical Network Terminal*). O principal elemento da rede é o divisor óptico (*splitter*), responsável pela divisão do sinal óptico. Exemplos dos demais componentes ópticos passivos podemos citar: cabos de fibra óptica, caixas de emenda, divisores ópticos, acopladores ópticos e cordões ópticos (SCOLARI, 2016).

Suas principais características são:

- Tipo: ponto a ponto (P2P - *active Ethernet*) e ponto multiponto (PON)
- Velocidade: utiliza protocolos EPON e GPON, e atualmente 10G EPON, XG-PON e NG-PON2.
- Conclusão: tecnologia preparada para as futuras demandas de serviços *triple-play* com IPTV.

Na Figura 10, podemos verificar um resumo das principais características das redes DSL, HFC e FTTH, onde as maiores velocidades de transmissão e distâncias podem ser verificadas na tecnologia FTTH (PON).

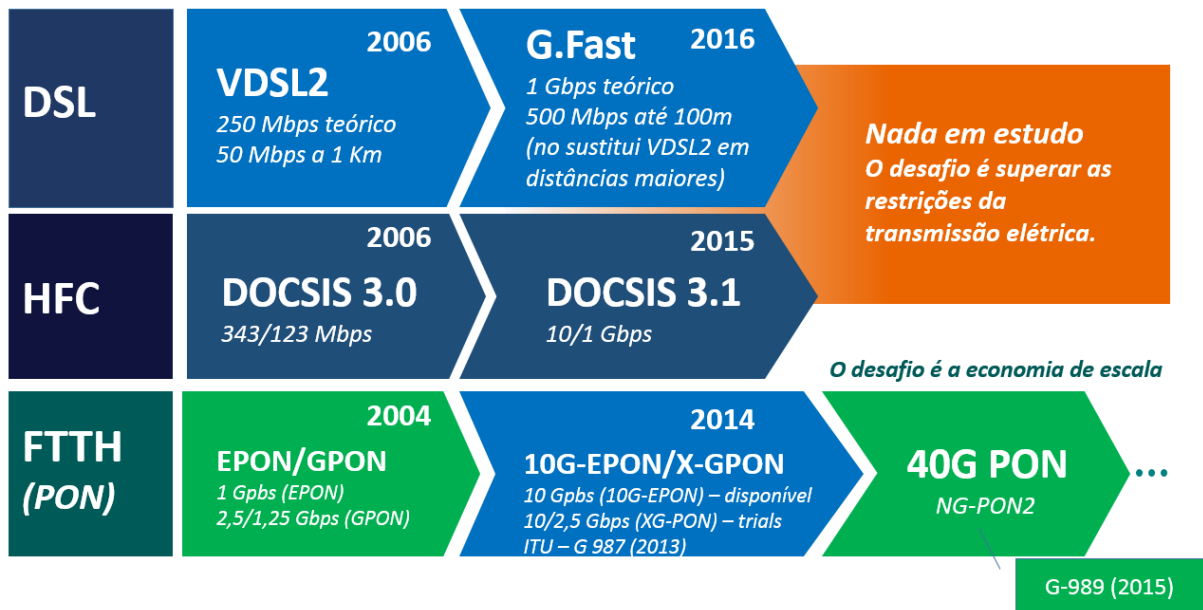


Figura 9 – Redes de próxima geração

Fonte: Furukawa, 2015.

Podemos concluir então que em comparação a uma rede ponto a ponto (P2P), as redes PON multiponto possuem vantagens significativas como mostra a Figura 11:

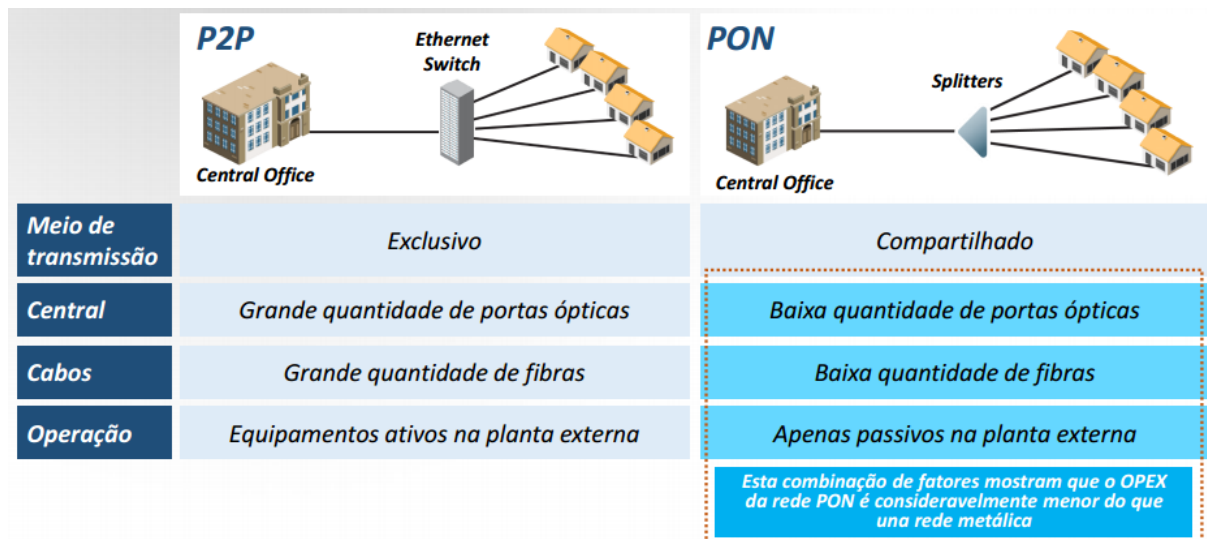


Figura 10 – Comparação rede P2P e PON

Fonte: Furukawa, 2014.

2.4.2 Redes de acesso a usuários com tecnologia PON

Em se tratando de protocolo de transporte e velocidades de transmissão até o usuário, existem há varios anos recomendações da IEEE e da ITU-T para a aplicação e desenvolvimento de NGNs com redes ópticas passivas utilizando a fibra óptica (Figura 12). As recomendações da IEEE são para sistemas EPON (Ethernet Passive Optical Network) conforme a IEEE 802.3ah para velocidades de 1,25Gbps, mas podendo chegar até 10 Gbps conforme a IEEE 802.3av, conhecida como 10G-EPON. Já a ITU-T foi desenvolvida para sistemas GPON (Gigabit Passive Optical Network) conforme a ITU G.984 para até 2,5 Gbps, e até 10 Gbps conforme a ITU G.987 conhecido como XG-PON.



Figura 11 – Procolos IEEE e ITU-T para PON

Fonte: Furukawa, 2013.

A Figura 13 mostra um quadro comparativo das principais características entre os dois tipos de protocolos EPON versus GPON:

| IEEE | | | |
|---|--------------|--|--|
| EPON Ethernet Capable Passive Optical Network | IEEE 802.3ah | 1,25 Gbps Downstream 1,25 Gbps Upstream Até 20 Km | Taxa de Divisão Máxima 64 |
| 10G-EPON 10 Gigabit Ethernet Capable Passive Optical Network | IEEE 802.3av | 10 Gbps Downstream e Upstream Até 20 Km | Taxa de Divisão Máxima 128 |
| ITU-T | | | |
| G-PON Gigabit Capable Passive Optical Network | ITU G.984 | 2,5Gbps para Downstream 1,25Gbps para Upstream 20 Km (pode chegar a 60 Km) | Taxa de Divisão 64 (pode chegar a 128) |
| XG-PON 10 Gigabit Capable Passive Optical Network | ITU G.987 | 10 Gbps Downstream 2,5Gbps Upstream 40 Km (pode chegar a 60 Km) | Taxa de Divisão Máxima 256 |

Figura 12 – Comparativo entre tecnologias GPON e EPON

Fonte: Furukawa, 2013.

Analisando as definições da ITU-T G.984.1 para aplicação PON em redes de acesso a usuários, a seção óptica de um sistema de rede de acesso local pode ser ativa ou passiva e sua arquitetura pode ser tanto ponto-a-ponto ou ponto-a-multiponto. A Figura 14 mostra as arquiteturas considerado, o que variam de fibra óptica até casa (FTTH), através de fibra até um edifício ou construção (FTTB / C), de fibra até um armário ou gabinete (FTTCab). A rede de acesso óptico (OAN – Optical Access Network) é comum a todas as arquiteturas, portanto, a semelhança de este sistema tem o potencial de gerar grandes volumes em todo o mundo (ITU-T, 2008). Como anteriormente mencionado podemos encontrar neste diagrama os elementos que compõe uma rede de acesso optico em uma rede FTTx PON como OLT, ONU, ONT. Importante ressaltar que na parte FTTH a conexão operadora (OLT)-assinante (ONT) é totalmente óptica e passiva.

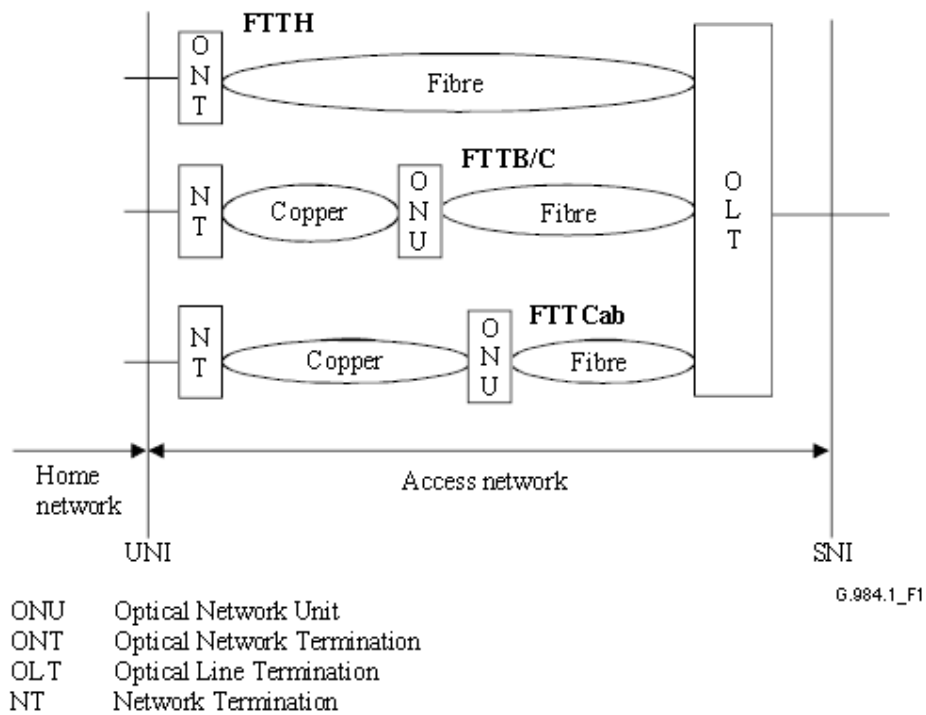


Figura 13 – Arquitetura de rede de acesso óptico conforme ITU-T

Fonte: ITU-T, 2008.

De forma mais didática podemos exemplificar na Figura 15 a aplicação em redes FTTx baseada em PON e seus elementos:

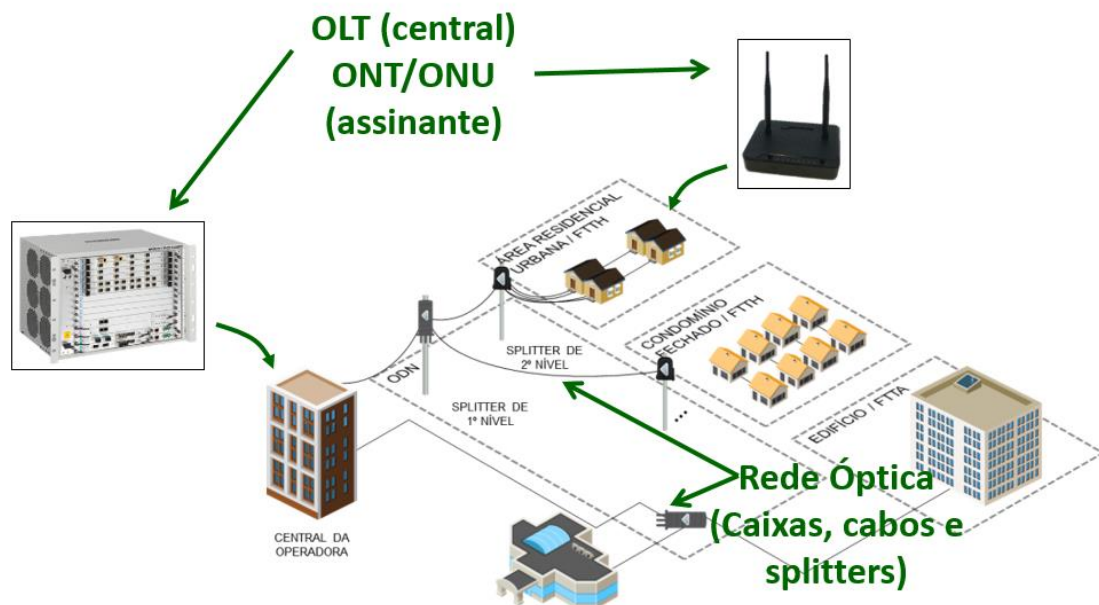


Figura 14 – Arquitetura geral de aplicação FTTX PON metropolitana

Fonte: Furukawa, 2013.

No diagrama da Figura 16, podemos verificar que a dinâmica do fluxo de transmissão do sinal óptico até o assinante conforme recomendação normativa ITU-T G.98x, a rede PON utiliza a janela óptica de 1490 nm para descida do sinal (*download*) e a janela óptica de 1310 nm para subida do sinal (*upload*). Este fluxo ocorre entre OLT e ONT/ONU através de uma rede 100% passiva, ou seja, não se necessita de nenhum switch ou repetir de sinal no meio do caminho. O *splitter* funciona como divisor óptico, ou seja, apenas divide o sinal óptico permitindo a característica de ponto-multiponto.

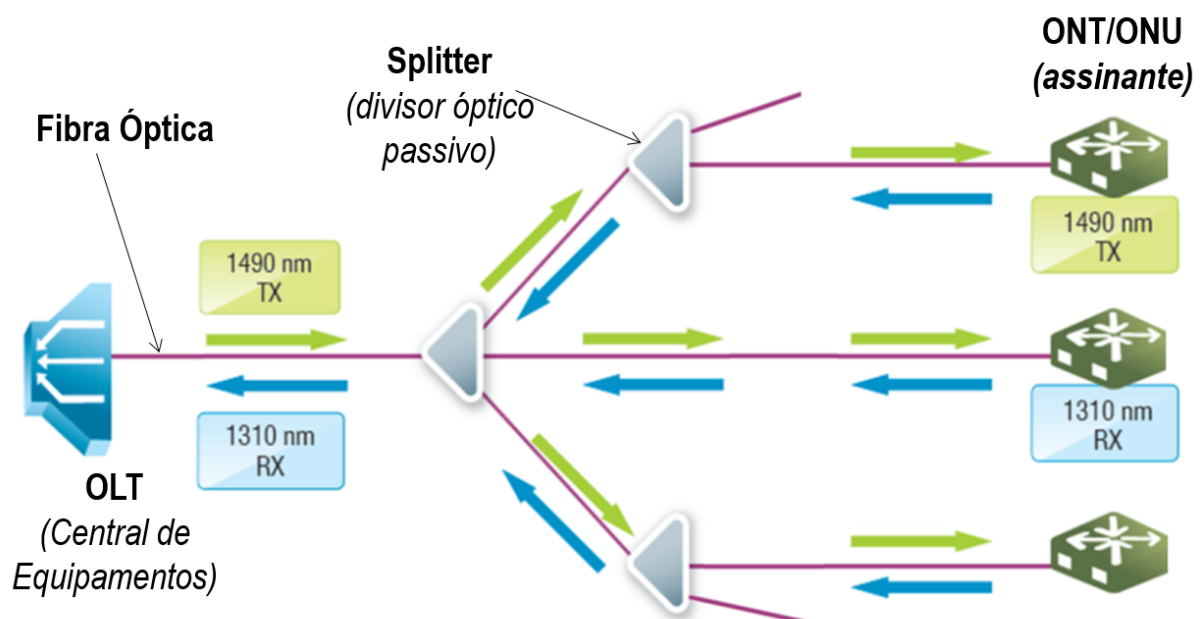


Figura 15 – Diagrama geral rede PON

Fonte: Furukawa, 2013.

2.4.3 Destaques das características da solução PON

Podemos destacar as principais características que colocam o sistema PON dentro de vantagens tecnológicas a seguir (Furukawa, 2015):

- **Controle de banda:** DBA (*Dynamic Bandwidth Allocation*) é a asinação dinâmica de largura de banda, permitindo configurar a banda mínima e máxima entre os assinantes.

- **Distancia máxima entre operadora e assinante:** a norma ITU-T G.981.1 define que a distancia lógica (teórica) máxima entre OLT (operadora) e assinante (ONT) é de 60 quilômetros, sem repetição de sinal. De forma prática, esta distância física varia entre 10 e 20 quilômetros.

- **Redundancia:** existe redundancia a nivel de equipamento ativo na OLT com portas duplas de transceiver na saída do equipamento até os *splitters*, onde uma das saídas é ativa e a outra fica em *stand-by* e caso uma das fibras da planta externa até o *splitter* se rompa, a outra porta reconhece a falta e assume imediatamente. Logo, para esta função é necessário aplicar *splitters* do tipo 2xN, ou seja, com duas entradas e N saídas/assinantes (até 128 saídas dependendo se é EPON ou GPON).

- **Gestão In Band:** esta função permite gerencia a OLT através de alguma das redes usadas pelas portas de *uplink* da OLT.

- **Portas Trunk (troncais):** significa transportar mais de 1 Vlan através do mesmo *link*.

- **SNMP (Simple Network Management Protocol):** utiliza protocolo de internet para a gestão dos equipamentos nas redes IP.

- **IPv6:** protocolo criado para substituir o IPv4, para entre outras coisas, aumentar a disponibilidade de endereços IP. As OLTs e ONTs dos sistemas PON atuais suportam IPv6.

- **Layer 3:** a OLT possui funcionalidades *layer 3*, ou seja, roteamento de tráfego.

- **Aprovisionamento:** Remoto: permite que toda a configuração para a ativação de um assinante seja realizado de forma remota. Automático: configuração da ONT automatico através de arquivo .XML.

- **Spanning Tree:** protocolo utilizado para resolver problemas loop na red.

- **Link Aggregation:** permite a combinação de multiplos uplinks na OLT para aumentar o *throughput*, tornando tambem os *link* redundantes.

2.4.4 Aplicações de redes FTTH PON no Brasil e no mundo

É importante observar que já existe há vários anos a aplicação de NGNs em vários países com sistemas óticos passivos, no Brasil a Vivo e a Copel já utilizam esta tecnologia em suas redes para oferecer serviços triple play (voz, dados e TV). Também a CEMIG Telecom (uma divisão da distribuidora de energia elétrica de Minas Gerais), já possui desde o ano de 2010, redes NGN com fibra ótica conforme podemos observar no texto abaixo, conforme a FTTH Council (Adaptado de Fiber To The Home Council Americas):

"CEMIGTelecom começou a instalação de sua rede FTTH GPON em 2010, para servir aproximadamente uns 31 condomínios no Vetor Sul da área metropolitana de Belo Horizonte. Hoje em dia a rede de acesso possui 250 km de cabo de fibra ótica e 4.200 HP (home passed, ou casas passadas). Em Novembro de 2012 superou o objetivo pré estabelecido de mais de 1.000 HC (home connected, ou casas conectadas) confirmando uma participação de mercado de 25%.

Como membro fundador do FTTH Council Latam, CEMIGTelecom opera na modalidade de "carrier de carriers", onde seus serviços são oferecidos em sociedade com outra operadora de telecomunicações que oferece ultra banda larga, telefonia e TV por assinatura.

Ao conectar e dar serviço o cliente número 1.000 foi simbólico e uma conquista maior para o projeto, confirmando o sucesso em um empreendimento pioneiro para o Estado de Minas Gerais. Conquistamos muitos desafios ao longo do caminho, e o trabalho feito junto al FTTH Council, a lealdade positiva dos clientes servidos, e também a experiência adquirida, foram todos fatores que contribuíram para estabelecer novos objetivos e desafios junto aos processos de melhoria contínua nas novas etapas do projeto e instalação."

Segundo dados da FTTH Council, até setembro de 2015, no ranking dos países com maiores taxas de penetração de usuários de fibra ótica a Coreia do Sul é a primeiro lugar com 75% de penetração por fibra ótica (quase 30% somente de assinantes residenciais). O Uruguai aparece em sétimo lugar no ranking geral com 48% de penetração, destes quase 42% são usuários residenciais (FTTH). O Brasil ocupa a posição 49 não chegando a 2% de penetração, ficando atrás ainda do Chile e Equador (Figura 17).

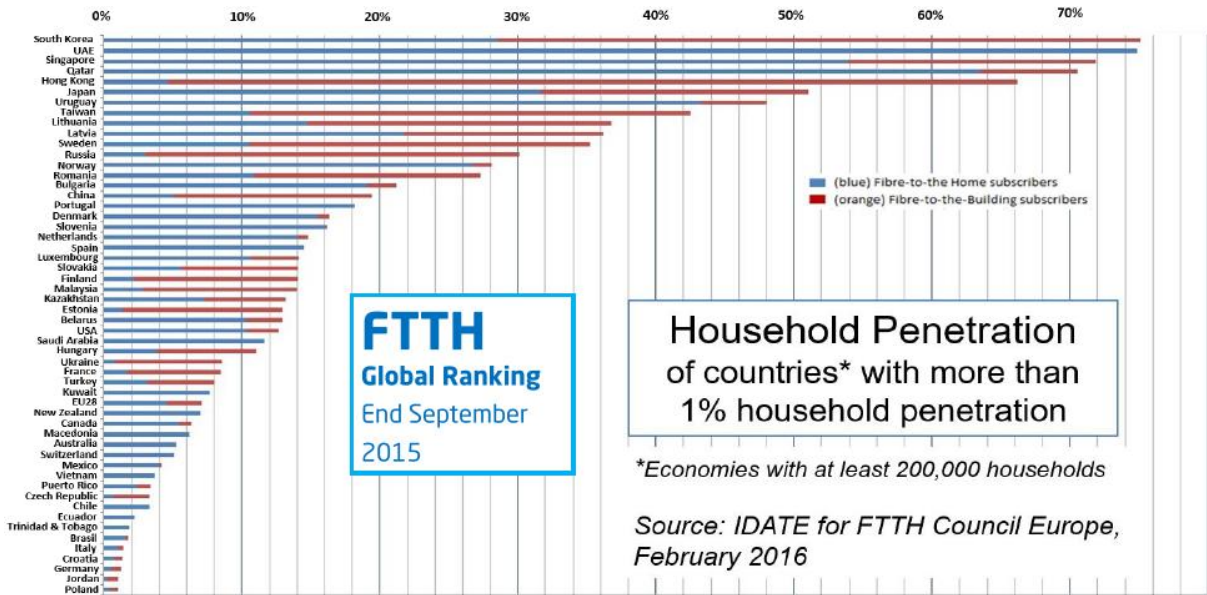


Figura 16 – Ranking global FTTH até setembro de 2015

Fonte: FTTH Council, 2016.

Até 2014, existiam aproximadamente 164 milhões de assinantes conectados por fibra óptica com tecnologia FTTH, onde só na América Latina com 2,7 milhões de assinantes FTTH (Figura 18).



Figura 17 – Quantidade de assinantes FTTH no mundo

Fonte: Furukawa, 2015, Adaptado de FTTH Council.

O Brasil ainda possui um potencial extremamente grande para o crescimento de redes FTTH. Os serviços utilizados por meio de fibra óptica ainda são pouco explorados. Segundo dados da ANATEL, até fevereiro de 2016, no mercado de TV por assinatura de quase 20 milhões de assinantes (aproximadamente 10% da população brasileira), os acessos via FTTH não chegam a 1% (Figura 19).

| Participação percentual de cada tecnologia | | | | | | | |
|--|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|
| Tecnologia | Agosto (2015) | Setembro (2015) | Outubro (2015) | Novembro (2015) | Dezembro (2015) | Janeiro (2016) | Fevereiro (2016) |
| DTH | 59,74% | 59,39% | 58,94% | 58,47% | 58,14% | 57,97% | 57,82% |
| FTTH | 0,74% | 0,79% | 0,83% | 0,87% | 0,89% | 0,91% | 0,93% |
| MMDS | 0,06% | 0,06% | 0,06% | 0,05% | 0,05% | 0,05% | 0,05% |
| TVA | 0,02% | 0,02% | 0,02% | 0,02% | 0,02% | 0,02% | 0,02% |
| TVC | 39,45% | 39,75% | 40,16% | 40,60% | 40,90% | 41,06% | 41,19% |
| Total | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

Figura 18 – TV por assinatura no Brasil, quantidade de acessos por tecnologia
Fonte: ANATEL, 2016.

Um dos principais provedores de internet no Brasil, a TIM Live, desde 2011 promove e aplica FTTx em sua infraestrutura, que até 2015 leva fibra até o gabinete externo na rua (FTTCabinet), mas em 2016 indica a expansão para FTTH, pois a considera economicamente viável e a prova de futuro, onde o custo da fibra é parecida ao do cobre. Com FTTC, a TIM Live oferta 35 Mbps, 50 Mbps, 70 Mbps e 90 Mbps. A empresa ainda conta com um produto premium de 1 Gbps, mas já com arquitetura FTTH (Teletime, 2015).

Atualmente, as operadoras no Brasil tem adotado diferentes arquiteturas de fibra óptica (FTTx) aos seus assinantes, levando fibra até uma rede acesso (cabine ou armario) e a partir daí cabo telefônico (Tim e GVT) ou cabo coaxial (NET), ou diretamente chegando com fibra até o assinante (FTTH) como a Oi e Telefónica (Figura 20).

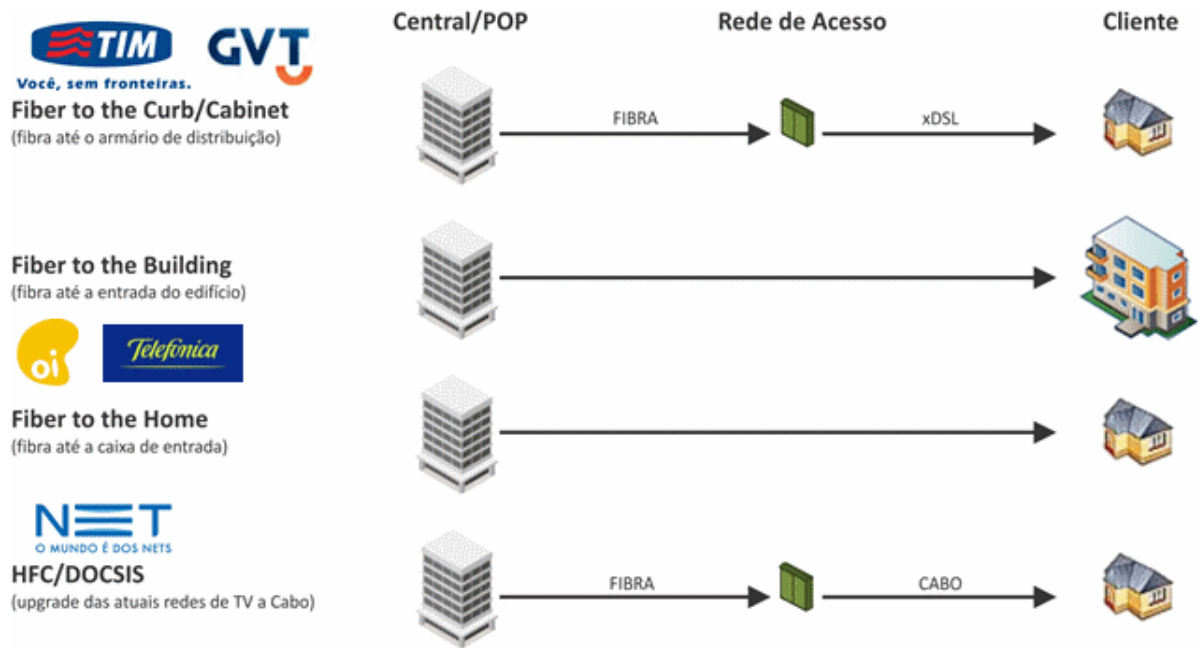


Figura 19 – Opção das operadoras brasileiras entre as várias arquiteturas de FTTX
Fonte: Teleco, 2016.

Até maio de 2016, muitas outras operadoras no Brasil vem adotando FTTH, representando atualmente quase 1,5 milhões de assinantes (Figura 21).

| Milhares | 2013 | 2014 | 2015 | Mai/16 |
|--------------|------------|------------|--------------|--------------|
| Vivo | 205 | 376 | 581 | 668 |
| Oi | 309 | 334 | 358 | 362 |
| Claro | 62 | 75 | 85 | 87 |
| Sercomtel | 18 | 29 | 48 | 50 |
| TIM | 19 | 14 | 13 | 13 |
| Algar | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Outras | 60 | 117 | 203 | 263 |
| Total | 674 | 948 | 1.290 | 1.445 |

Figura 20 – Rede FTTH por operadora
Fonte: Teleco, 2016.

Dentro de um cenário competitivo de setores corporativos, uma das premissas básicas de uma tecnologia convergente é o protocolo de rede ser a mesma para todas as redes, sendo esta um caminho transparente e com capacidade de cada vez suportar mais serviços - IP multi serviços (SCARPA, 2013).

A fibra óptica em FTTH é uma NGN que vem se mostrando tecnologicamente convergente em serviços e economicamente viável, pois consegue oferecer na mesma infraestrutura, qualquer tipo de serviço que futuramente se espera que os usuários necessitem.

3 CONCLUSÃO

O estudo das soluções tecnológicas disponíveis no mercado para melhorar a qualidade dos serviços essenciais de telecomunicações aos usuários nos permite compreender que as operadoras precisam estar à frente no que se refere a ter uma rede tecnologicamente preparada para as demandas atuais e futuras, visando um padrão de qualidade mínimo de suas redes e alta disponibilidade de conexão e pacotes de serviços, inclusive participar da ampliação de suas redes a lugares que ainda não dispõe de serviços básicos como telefonia ou *internet*, a chamada “inclusão digital” a lugares carentes ou de difícil acesso ainda hoje sem cobertura.

O estudo ainda conclui sobre as diferentes tecnologias aplicáveis para disponibilizar estes serviços e sua factibilidade econômica, suas vantagens e desvantagens, a situação em países correlatos com o Brasil e tendências que marcam as demandas de telefonia, tráfego IP e TV. Podemos concluir que é extremamente necessário a utilização de fibra óptica em redes de banda larga de rede fixa pois elas exigem velocidades significativamente mais elevadas em ambas as direções (TX e RX), aumentando assim o *backhaul* de alta velocidade para as estações de radio base. Atender as demandas cada vez maiores de alta velocidade de transmissão somente pode ser satisfeita com o acesso cada vez mais crescente à fibra óptica.

Por último esse trabalho apresentou uma razoável contribuição ao apresentar parte do cenário global dos serviços de banda larga e também da tecnologia FTTX aplicada em redes NGN.

Como sugestão para trabalhos futuros, uma vez que o presente trabalho possui uma ampla abrangência, sugere-se um estudo de viabilidade econômica com detalhe exaustivo das indicações dos custos desde a preparação da infraestrutura, custos da mão-de-obra, homem-hora, serviços e equipamentos envolvidos para a aplicação de fibra óptica e seus acessórios até o assinante, até a conclusão da taxa e o tempo de retorno do investimento, além de compará-lo economicamente com os diferentes sistemas concorrentes como o cobre (coaxial, par trançado) e rádio, como opção de melhoria às tecnologias existentes na camada de transporte das NGN, servindo como base às empresas operadoras de telecomunicações na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

AKAMAI. CONNECTIVITY VISUALIZATIONS. Disponível em: <https://www.akamai.com/us/en/our-thinking/state-of-the-internet-report/state-of-the-internet-connectivity-visualization.jsp>>. Acesso em: 16 set. 2016.

Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL. **TV por Assinatura. TV paga fecha fevereiro de 2016 com 18,96 milhões de assinantes**. 2016. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/institucional/index.php/noticias/1055-tv-paga-fecha-fevereiro-de-2016-com-18-96-milhoes-de-assinantes>>. Acesso em: 08 out. 2016.

BÍBLIA. A. T. Gênesis. In: BÍBLIA. Português. **Bíblia de Referência Thompson: com versículos em cadeia temática**; Antigo e Novo Testamentos. Compilado e redigido por Frank Charles Thompson. Tradução João Ferreira de Almeida. São Paulo: Editora Vida, 2010. p.18.

BROUSE JR., John A. **Fiber Access Network - A Cable Operator's Perspective**. In: ITU-T Workshop "All Star Network Access". 2004. Disponível em: <https://www.itu.int/ITU-T/worksem/asna/presentations/Session_2/asna_0604_whitepaper_browse.doc>. Acesso em: 08 out. 2016.

CASANOVA Viera, Marco; NORIEGA Ambulodegui, Ada; ORELLANA Hurtado, Pablo; PERALES Morales, MARÍA Del Pilar; REYES Guerrero, Catalina Flora; VILLAR Límaco, Angel Raúl. **Telecomunicaciones en el Perú 2012**. 172 p. Curso de Actualización Profesional 2012 – ii. Tópicos Avanzados en Ingeniería. 2012. Universidad de San Martín de Porres. Disponível em: <<https://gesist.wikispaces.com/file/view/TELECOMUNICACIONES+EN+PERU+2012.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2016.

CISCO. DSL. Disponível em: <http://www.cisco.com/web/BR/solucoes/pt_br/dsl/index.html>. Acesso em: 08 out. 2016.

CISCO. VNI Forecast Widget. Disponível em: <http://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-widget/forecast-widget/wizard.html>. Acesso em: 4 out. 2016.

CONVERGENCIA DIGITAL. **GVT está oficialmente extinta e Vivo prevê investir R\$ 600 milhões em TI até 2018**. 2016. Disponível em: <<http://convergenciadigital.uol.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site%2Csite&inoid=42152&sid=8>>. Acesso em: 24 Set. 2016.

COPEL FIBRA. Disponível em: < <http://www.copelfibra.com/>>. Acesso em: 24 Set. 2016.

DA SILVA, Edna Lúcia; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005. Disponível em: <https://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes_4ed.pdf>. Acesso em: 30 out. 2016.

FASTMETRICS. INTERNET SPEEDS BY COUNTRY (MBPS). Disponível em: < <https://www.fastmetrics.com/internet-connection-speed-by-country.php#top-10-worldwide>>. Acesso em: 24 set. 2016.

FIBER TO THE HOME COUNCIL AMERICAS. LATAM CHAPTER. LATAM Testimonials. Por Edmilson Araujo Duraes. Disponível em: <<http://www.ftthcouncil.org/p/cm/ld/fid=173>>. Acesso em: 8 out. 2016.

FTTH Council. **FTTH Global Ranking – end-September 2015**. In: FTTH Conference 2016. Disponível em: <http://www.ftthconference.eu/images/Banners/Conference2016/Media%20downloads/20160217PressConference_presentation.pdf>. Acesso em: 08 out. 2016.

FURUKAWA. **Cidades Digitais. Conectividade municipal para um grande futuro**. 2010. Disponível em: <http://portal.furukawa.com.br/arquivos/F/Fol/Folder/1673_FOLDERCIDADESDIGITAISWEB.pdf>. Acesso em: 2 out. 2016.

FURUKAWA. **Consideraciones acerca del futuro del Broadband**. 2013.

FURUKAWA. **FTTX & LASERWAY EQUIPAMIENTOS ACTIVOS**. By Alexandre Schappo. 2015.

FURUKAWA. **Gpon ou Epon, o que é melhor para o seu negócio?** In: Broadband Conference Trade Show Furukawa. 2015. By Alexandre Schappo. Disponível em: <<http://portal.furukawa.com.br/arquivos/0/gpon-ou-epon-.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2016.

FURUKAWA. **Panorama Atual e Futuro das Redes Broadband**. In: Broadband Conference Trade Show Furukawa. 2014. By Nelson Saito. Disponível em:

<http://portal.furukawa.com.br/arquivos/B/Bro/BroadbandConference2014PanoramaAtualFuturodasRedesBroadband/2679_BroadbandConference2014PanoramaAtualFuturodasRedesBroadband.pdf>. Acesso em: 23 out. 2016.

FURUKAWA. **Tendencias, los Futuros Servicios en Redes PON**. In: Broadband Conference Trade Show Furukawa. 2015. By Nelson Saito. Disponível em: <<http://portal.furukawa.com.br/arquivos/0/servicios-en-redes-pon.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2016.

G1. **Banda larga deve ser novo foco das telecomunicações no Brasil**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2016/04/banda-larga-deve-ser-novo-foco-das-telecomunicacoes-no-brasil.html>>. Acesso em: 18 set. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Quarta Edição. 176 p. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **PNAD TIC: em 2014, pela primeira vez, celulares superaram microcomputadores no acesso domiciliar à Internet**. Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias.html?view=noticia&id=1&idnoticia=3133&busca=1&t=pnad-tic-2014-pela-primeira-vez-celulares-superaram-microcomputadores-acesso-domiciliar-internet>>. Acesso em: 18 set. 2016.

ITU-T. **G.984.1 : Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics**. 43p. 2008. Disponível em: <<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1>>. Acesso em: 8 out. 2016.

ITU. ITU-T's Definition of NGN. Disponível em: <<http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/definition.aspx>>. Acesso em: 4 out. 2016.

KATZ, Raúl. **El ecosistema digital y la carrera para las redes de banda ancha de alta capacidad en América Latina**. In: FURUKAWA SUMMIT. 2016. Disponível em: <<http://portal.furukawa.com.br/arquivos/ecosistema/el-ecosistema-digital-y-la-carrera-para-las-redes-de-banda-ancha-de-alta-velocidad-en-latinoamerica.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2016.

MARTINS, Andre Stel; MARQUES, Henrique De Andrade; HEINISCH, Astrid M. C.; ALBERTI, Antonio M. 6 p. 2005. **Estudo dos fatores que estão guiando os trabalhos do ITU-T em NGN**. Disponível em: <<http://www.inatel.br/biblioteca/artigos-cientificos/2005/3656-estudo-dos-fatores-que-estao-guiando-o-trabalho-do-itu-t-em-ngn/file>>. Acesso em: 4 abr. 2015.

MINISTERIO DAS COMUNICAÇÕES. **Linha do BNDES pode triplicar investimento em fibra óptica**. 2014. Disponível em: <<http://www.mc.gov.br/sala-de-imprensa/todas-as-noticias/telecomunicacoes/30260-investimento-em-fibra-optica-pode-triplicar-com-nova-linha-de-credito>>. Acesso em: 2 out. 2016.

NTT. **World Record One Petabit per Second Fiber Transmission over 50-km: Equivalent to Sending 5,000 HDTV Videos per Second over a Single Fiber**. Set 2012. Disponível em: <<http://www.ntt.co.jp/news2012/1209e/120920a.html>>. Acesso em: 24 Set. 2016.

PORTAL VOIT. **Digitalização impacta no crescimento econômico brasileiro**. Disponível em: <<http://www.voit.com.br/digitalizacao-impacta-no-crescimento-economico-brasileiro-registra-accenture/>>. Acesso em: 24 set. 2016.

REVISTA EXAME. **Levar fibra a 45% de domicílios custa R\$ 40 bi, diz ministro**. 2014. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/levar-fibra-a-45-de-domicilios-custa-r-40-bi-diz-ministro>>. Acesso em: 2 out. 2016.

SCARPA, ALEXANDRE. **Rede Corporativa: O Caminho da Gestão, Segurança e Integração em um Mundo Convergente**. In: Sociedade de Usuários de Informática e Telecomunicações de São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/3662729/>>. Acesso em: 04 abr. 2015.

SCOLARI, IRU. **Redes ópticas pasivas: un nuevo horizonte para el cableado estructurado**. In: I Congreso BICSI CALA PERU 2016. 2016. Disponível em: <<http://www.inictel-uni.edu.pe/sites/default/files/archivos/2016/publicaciones/03/03-redes-opticas-iru-scolari.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2016.

SUBTEL. **Acceso a Internet en Chile registran crecimiento histórico en 2014**. Disponível em: <<http://www.subtel.gob.cl/accesos-a-internet-registran-crecimiento-historico-en-2014/>>. Acesso em: 11 abril. 2015.

TELECO. **Rede de acesso**. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialstfc/pagina_1.asp>. Acesso em: 08 out. 2016.

TELECO. **Seção: FTTX (Fibra)**. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/ftth_br.asp>. Acesso em: 8 out. 2016.

TELETIME. **Banda Larga. Live TIM passará a ser FTTH em 2016.** Disponível em: <<http://convergecom.com.br/teletime/15/09/2015/live-tim-passara-a-ser-ftth-em-2016/>>. Acesso em: 8 out. 2016.

TIM. Tim Live. **O que é dial-up?** Disponível em: <http://www.livetim.tim.com.br/guru/faca-voce-mesmo/93-termos_amp_siglas/63-o_que_e_dial_up>. Acesso em: 08 out. 2016.

VIVO. **Promo Vivo Fibra.** 2016. Disponível em: <<http://www.promo.vivofibra.com.br/oferta100mega/>>. Acesso em: 24 Set. 2016.