

Perspectivas de soluções tecno-econômico para projetos de rede em banda larga na educação EAD e presencial¹

Odair dos Santos Mesquita²

Yuzo Iano³

Rangel Arthur⁴

RESUMO

A inclusão digital abre inúmeras possibilidades para integração, promoção do bem estar social (*e-inclusion*), educação complementar (internet voltada para aplicação de *softwares* com grande capacidade para educação) ou à distância (*e-learning*) e desenvolvimento profissional. A velocidade constante e a necessidade de alta capacidade de transmissão multimídia no meio educativo só serão viáveis se existir uma rede internet de banda larga com preços acessíveis. Este trabalho pauta-se em ampla pesquisa de tecnologias inovadoras para internet de banda larga voltada para implantação em municípios brasileiros onde a mesma não esteja disponível. Buscando a redução do valor final para o usuário, tanto residencial quanto comercial. Assim, propomos apresentar, elaborar e selecionar informações atuais relativas às implantações das tecnologias EPON (*Ethernet Passive Optical Networks*) e GPON (*Gigabyte-capable Passive Optical Networks*) nas redes ópticas de acesso. Uma vez que permanecem em aberto na literatura especializada trabalhos analisando a viabilidade técnica e econômica de redes GPON e EPON, as quais continuam concorrendo até hoje, sem uma dominação ou exclusão definida. Após análise em trabalhos anteriores atualizamos e ampliamos informações de implantações recentes destas redes, comparando tendências dessas tecnologias aplicadas em nível nacional e internacional. Como metodologia de modelamento, criamos tabelas com valores hipotéticos baseados nos números do mercado de equipamentos, para termos um panorama do investimento e do custeio total na implantação de projetos, isto visando a comparação técnica-econômica das tecnologias GPON e EPON. Após a análise técnica-econômica da implantação de ambas, concluímos que devido aos investimentos e aos custos na implantação da rede banda larga nos países latino americanos é mais conveniente a utilização dos equipamentos GPON devido aos valores de investimento e custos serem atrativos. Além de que temos que buscar novos meios de baratear os valores cobrados nas mensalidades das empresas fornecedoras do serviço de banda larga, visando especialmente a obtenção do custo zero para as instituições de ensino presencial e no menor custo para o EAD.

Palavras-chave: Banda Larga. Internet. EAD.

¹ Trabalho selecionado a partir do eixo temático Tecnologias assistivas e educação publicado do V Seminário Nacional do EDaPECI: "Educação, Formação de Professores e TIC", Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE), 2 a 4 de dezembro 2013.

² Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Departamento de Comunicações, DECOM, odair.s.mesquita@gmail.com.

³ Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Departamento de Comunicações, DECOM, yuzo@decom.fee.unicamp.br.

⁴ Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Departamento de Comunicações-DECOM, rangel@ft.unicamp.br

ABSTRACT

Digital inclusion opens up numerous possibilities for integration , promotion of social welfare (e-inclusion) , further education (internet facing application software with great capacity for education) or distance learning (e-learning) and professional development . The constant speed and the necessity of a high-capacity multimedia transmission in the educational world will only be possible if there is an accessible price in broadband internet network. This is an extensive research of innovative technologies for broadband internet to implant in Brazilian´s cities where this kind of resource is not available, aiming a reduction in the final value to both users, residential and commercial. So, we intend to present ,to prepare and to select current information regarding deployments of EPON (Ethernet Passive Optical Networks) and GPON technologies (Gigabyt-capable Passive Optical Networks) in optical access networks. Once there is a lack, in technical literature, of other projects analysing the technical and economical feasibility of GPON and EPON networks , which continue running until today , without domination or exclusion set. After analysis in previous papers, we updated and expanded information from recent deployments of these networks by comparing trends of these technologies applied in national and internacional levels. As a methodology for modeling the project, we created tables with hypothetical values based on the numbers of the equipment market , in order to have an overview of the investment and the total cost to implement this project, aiming at technical-economic comparison of EPON and GPON technologies . After the technical - economic analysis of implanting both , we conclude that due to investments and the costs in the deployment of the broadband network in Latin American countries, it is more convenient to use the equipment GPON, because the values and costs are more attractive . Besides, we have to look for new ways to cheapen the monthly payment of suppliers of broadband service, especially aiming zero cost to the institutions of classroom teaching and the lowest cost to the EAD(d-Learning).

Keywords: Broadband. Internet. EAD.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho buscou apresentar, elaborar e selecionar informações atuais relativas às implantações das tecnologias EPON⁵ (Ethernet Passive Optical Networks) e GPON⁶ (Gigabyte-capable Passive Optical Networks) nas redes ópticas de acesso. Uma vez que permanecem em aberto na literatura especializada trabalhos analisando a viabilidade técnica e econômica de redes GPON e EPON, as quais continuam concorrendo até hoje, sem uma dominação ou exclusão definida. Assim surgiu a motivação de desenvolver o presente trabalho, sendo as redes GPON e EPON o alvo da pesquisa. Como metodologia de modelamento construímos tabelas com valores hipotéticos baseados nos números do mercado de

⁵ Ethernet baseada em Rede Óptica Passiva.

⁶ Rede Óptica Passiva capaz de Gigabits.

equipamentos, para termos um panorama do investimento e do custeio total na implantação de projetos. Nas tabelas podemos visualizar e comparar os valores aplicados e o retorno dos investimentos nos projetos de rede GPON e/ou EPON. Após análise em trabalhos anteriores (LOPEZ BONILLA, 2008) atualizamos e ampliamos informações de implantações recentes destas redes, comparando tendências dessas tecnologias aplicadas em nível nacional e internacional (países desenvolvidos) (JAE-MYOUNG, 2007; SHINOHARA, 2005; DAVEY, 2006).

REALIZANDO COMPARAÇÕES TÉCNICAS DAS REDES GPON E EPON

Estas tecnologias tem uma divergência bem definida nas características de sua arquitetura. Achar a arquitetura com a solução adequada pode ser um projeto de engenharia muito delicado. É necessário um estudo cuidadoso para que o custo da rede não fique oneroso e inviabilize sua implantação por questões financeiras. Para isso é preciso entendermos algumas características destas tecnologias de redes PON⁷ (*Passive Optical Networks*), no caso a EPON e a GPON. Estes equipamentos já são comercializados em larga escala e com parâmetros definidos. Existem diversos fabricantes e pesquisadores destas tecnologias no Brasil como o CpQD⁸ e a Padtec, mas especificamente iremos citar os equipamentos do fabricante brasileiro CIANET: Chassis OLT⁹ (*Optical Line Termination*) GEAPON CT52700; ONT¹⁰ (*Optical Network Termination*) GEAPON CTS2704-VO; adaptadores ópticos SC Simplex AO2SC e AO2SC-A; caixa de emenda óptica; PLC *Splitter Box Module*; e uma gama de equipamentos que estão disponíveis no mercado. Cada rede tem uma especificidade com sistemas, protocolos e taxas com definições diferentes que passaremos a comparar (DAVEY, 2006; IEEE, 2004; ITU-T, 1993, 1994, 2006, 2008a, 2008b).

Nas redes EPON comparativamente temos:

- 1) Vantagens:
 - a) o transporte nativo de quadros *Ethernet* é simples e conhecida;
 - b) sua gestão é de baixo custo;

⁷ Rede Óptica Passiva.

⁸ Centro de Pesquisa e Desenvolvimento.

⁹ Terminação de Linha Óptica.

¹⁰ Terminação de Rede Óptica.

- c) As facilidades da comutação *Ethernet* são totalmente compatíveis com o protocolo IP¹¹ (*Internet Protocol*), suporta TLS¹² (*Transport Layer Security*), *broadcast, multicast* – IGMP¹³ (*Internet Group Management Protocol*);
- d) tem baixo índice de manutenção;
- e) a rede é de fácil operação e manutenção, no suporte para IGMP, isto significa ter um melhor suporte para IPTV com alta capacidade de transmissão da rede, onde são menores os custos na implantação da fibra óptica devido a parâmetros de custos e tecnologia.

2) Desvantagens:

- a) Podemos citar principalmente os obstáculos quanto a sua continuidade operacional, que não é suportada pelo padrão de interrupção em nível de serviço, não pertencendo ao padrão TDM¹⁴ (*Time Division Multiplexing*) e pela norma de segurança dos sistemas na comutação de proteção. (METRO ETHERNET FORUM , 2012).

Já nas redes GPON comparativamente temos:

1) Vantagens:

- a) São operadas em diferentes taxas de downstream e upstream;
- b) trabalham em sistemas de diversos transceptores; isto leva a ter um custo reduzido, com baixo índice de manutenção e com uma rede de fácil operação e manutenção devido a custos e competitividade nos equipamentos;
- c) A rede pode ser configurada de forma assimétrica e podendo-se tirar vantagem da redução dos custos de laser ONT, por exemplo: 1.2G/622M ou 2.4G/622M;
- d) Garantias de interoperabilidade com ONT de padrão de gestão no nível de serviço.

2) Desvantagens:

¹¹ Protocolo Internet.

¹² Camada segura de transporte.

¹³ Grupo de gerência de protocolo Internet.

¹⁴ Multiplexação por divisão de tempo.

- a) podemos citar a complexidade nas suas camadas de modelo no encapsulamento;
- b) a *Ethernet / GEM / GTC*¹⁵ (*G-PON Transmission Convergence*) tem gestão muito complexa;
- c) é mais caro se comparado em taxas comparáveis com a tecnologia do EPON;
- d) a *BW*¹⁶ ainda é limitada a 622 Mbps. (ITU-T, 2003; BROADBAND, 2006; YANG; GUOPING; QING, 2011; HAJDUCZENIA; DA SILVA, 2009; STEPAN; NEUMANN; PLUCKEBAUM, 2011).

Em alguns parâmetros acima citados já foram superados por trabalhos experimentais acadêmicos, como pode ser visto nos paper's e em sites especializados (LOPEZ BONILLA, 2008; BROADBAND, 2006; PADTEC, 2013; CPQD, 2013).

EVOLUÇÃO DAS REDES GPON E EPON NO MUNDO E NO BRASIL

No quadro tecnológico e de serviços para as tecnologias GPON e EPON, em estudos realizados e publicados pelo FTTH Council, geograficamente temos: Tecnologia implantada no Japão pela operadora NTT¹⁷ (*Nippon Telegraph and Telephone Corporation*); operadora de telecomunicações Korea Telecom, Coreia; e operadora de telecomunicações Verizon, EUA e Europa. No Japão, na Coreia e nos EUA as instalações das Redes Ópticas Passivas são preferencialmente EPON, enquanto na Europa é GPON.

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

Em estudo sobre FTTH¹⁸ (*Fiber to the Home*) realizado e apresentado pelo FTTH Council, em Março de 2011 (Figura1) (FORUM FTTH COUNCIL, 2012), 20 países possuem fração acima de 1% dos lares dispendo de conexão por meio de fibra. Entre esses 20 países, os quatro primeiros encontram-se na Ásia: Coreia do Sul, Hong Kong, Japão e Taiwan.

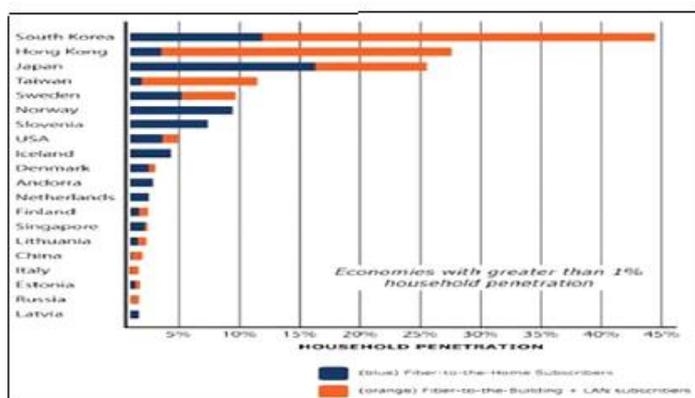
¹⁵ Convergência de transmissão GPON.

¹⁶ Banda passante.

¹⁷ Empresa de telefonia japonesa.

¹⁸ Fibra na casa.

Figura 1- Estudo FTTH. Economias mundiais com mais de 1% penetração residencial.



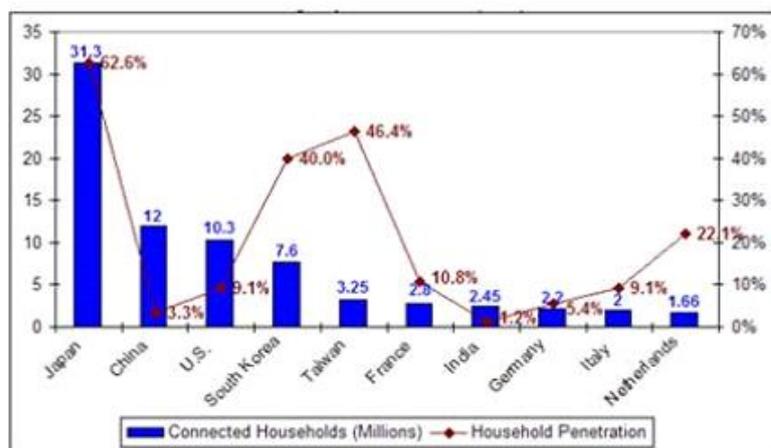
Fonte: FTTH Council, Europa, abril de 2011

O primeiro país, Coreia do Sul, tem 44% dos lares conectados por fibra óptica, Hong Kong com 28 %, Japão com 26% e Suécia com 9%. Os outros 16 países são: Suécia, Noruega, Eslovênia, Estados Unidos, Islândia, Dinamarca, Andorra, Holanda, Finlândia, Singapura, Lituânia, China, Itália, Estônia, Rússia e Latvia, conforme demonstrados na figura 1.

Na América do Norte empresas como AT&T, Verizon, SBC e Bell South detêm juntas mais de dois milhões de casas ligadas, conforme estudo do COUNCIL de março de 2011, apresentado na figura 2. Na Europa, países como Itália conta com mais de 7 mil de FTTH¹⁹ (*Fiber to the X*), Dinamarca com mais de 120 mil assinantes e a Suécia com mais de 600 mil assinantes.

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

Figura 2 – Estudo FTTH. Número de residências conectadas e percentual de penetração

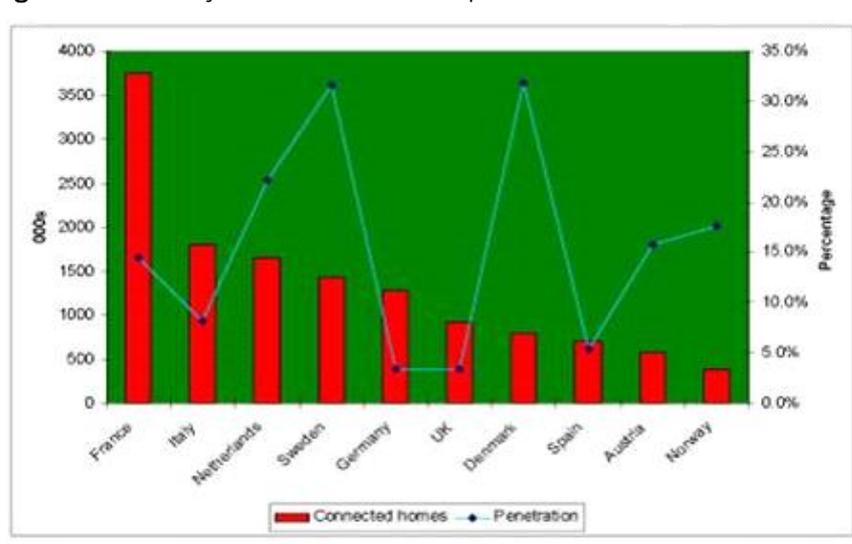


Fonte: FTTH Council, Europa, abril de 2011

¹⁹ Designação genérica para qualquer banda larga.

Na Figura 3 temos a evolução do FTTH na Europa, mostrando o número de residências conectadas e percentual de penetração. A França com a maior porcentagem de usuários, em torno de 33%, e a Noruega com a menor porcentagem de usuários, em torno de 3%.

Figura 3 – Evolução do FTTH na Europa



Fonte: FTTH Council, Europa, abril de 2011

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

Na América Latina a tecnologia GPON está implantada em pequena escala em cidades como: Bogotá, São Paulo, Buenos Aires e Santiago. Na Colômbia a empresa espanhola Telefônica oferece serviços com taxas de 10 Mbps na tecnologia GPON.

Na Argentina a Motorola implantou solução com tecnologia GPON para os assinantes.

No Brasil as operadoras com serviços *triple-play* (voz, dados e vídeo) por fibra óptica, com taxas de 2,5Gb/s em até 20 km de distância, tem equipamentos desenvolvidos por empresas multinacionais estrangeiras e brasileiras (PADTEC, 2013) que atendem as recomendações ITU-T²⁰ (*International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization*) G.984 (GPON) para soluções dos serviços que estão em desenvolvimento nas operadoras e no CpQD. Em estudo atualizado verificamos que em 2011, 12,5% dos acessos de

²⁰ União Internacional das telecomunicações - Normatização das Telecomunicações.

banda larga fixa no mundo eram FTTH/B²¹ (*fibre-to-the-home/building*). (ITU-T, 1993, 1994, 2006, 2008a, 2008b; FORUM FTTH COUNCIL, 2012).

PROPOSTA DE TESTE DE CAMPO (*TEST BED*)

Em nosso estudo, planejamos uma rede para suportar a demanda de 10 mil usuários com facilidades de acesso a serviços de internet banda larga, VoIP²² (*Voice over Internet Protocol*) e acesso a IPTV²³ (*Internet Protocol Television*) e para o ensino EAD (Educação a Distância) e para as escolas com o ensino presencial.

Para iniciar um projeto desta envergadura primeiramente escolhemos um município que atendesse todas as possibilidades de desenvolvimento socioeconômico e humano, de modo que tenham todas as condições básicas para desenvolvimento financeiro e para absorver a tecnologia a ser implantada, bem como os clientes alvo para o fornecimento dos serviços.

Em nossa análise, levamos em conta todas as condições de contorno na elaboração de um projeto completo, visto que a maior parte de um orçamento é para o lançamento de fibra óptica e equipamentos de transmissão. Este valor é gasto em obras civis, isto é, na abertura de valas e construção de dutos de passagem para os cabos de fibras entre outros.

Nas características técnicas, tendo a primeira fase do projeto já escolhida, definimos a região alvo para receber a tecnologia. Para a região piloto temos como objetivo atingir aproximadamente 7.200 assinantes, ou seja, 70% de *Market share*.

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

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

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

²¹ Fibra na casa e no negócio.

²² Voz sobre Protocolo Internet.

²³ Televisão sobre o protocolo Internet.

REALIZANDO COMPARAÇÃO TECNO-ECONÔMICA DE REDES GPON E EPON

O projeto é baseado em uma infraestrutura de Telecomunicações, que consiste em uma rede mista de fibra óptica e rádio projetada para uma área urbana, que tem uma diferenciação de relevo, ou seja, parte plana e parte elevada, que pode ser integrada pelas tecnologias GPON ou EPON para atendimento de dez pontos. Sendo que 80% da rede será atendida por fibra óptica e 20% com rede de rádio na tecnologia 802.11.n (*wireless* com *links* de 2,4 Ghz) os pontos remotos serão atendidos com taxa de transferência de até 300 Mbps, com objetivo para atender próximo a 100% do projeto. A infraestrutura destas soluções tecnológicas é de última geração para atendimento as instituições de ensino e ao mercado que desejar utilizar tecnologias do tipo: videoconferência, internet banda larga, VoIP, CFTV (Circuito Fechado de TV), IPTV, EAD através de uma solução integrada de alta capacidade baseada em tecnologia inovadora de redes. Neste projeto teremos uma distribuição de rede para atendimento dos clientes do *test bed* escolhido. Do ponto de vista financeiro devemos levar em conta os custos dos equipamentos e das instalações físicas a serem realizadas. Para este investimento utilizamos o conceito CAPEX²⁴ (*capital expenditures*), que reúne as despesas de capital, dito também ativo fixo; e para as operações de instalação, manutenção da rede e mão de obra especializada, utilizamos o conceito de OPEX²⁵ (*operational expenditures*), que reúne despesas variáveis, não fixadas, dita passiva.

Para o Retorno do Investimento (ROI²⁶) utilizaremos também o cálculo de *Payback*²⁷. O investimento total deste projeto é composto pela infraestrutura da rede de fibras ópticas e rádio, inclusos as obras civis, e pela aquisição de todos os equipamentos EPON ou GPON, já que estes equipamentos não são equivalentes em termos de desempenho e custo. Também levamos em conta a necessidade de realização de estoques de equipamentos que deverão ser vendidos aos clientes para recebimento do sinal das tecnologias em estudo. Em todo projeto temos que ter uma preparação de uma proposta de investimento, onde nosso objetivo é buscar inovação de produto para soluções da demanda reprimida de banda larga em todo país. Para análise do método de avaliação de projeto de investimento, tomamos como base o aumento

²⁴ Despesas de capital.

²⁵ Despesa operacional.

²⁶ *Return on Investment* – Retorno sobre o investimento.

²⁷ Retorno de Investimento.

da demanda natural de banda larga existente onde temos que ter um projeto de inovação com lançamento de novos produtos e com valor agregado (LAPPONI, 2000).

Para o método de avaliação de projeto de investimento: o valor de uma empresa depende de seu fluxo de caixa futuro. Pensando nesta questão, realizamos tabelas com comparação do investimento inicial das tecnologias em estudo, onde podemos analisar o *Payback*. (STEPAN; NEUMANN; PLUCKEBAUM, 2011; LAPPONI, 2000). Fazendo análises comparativas das soluções EPON e GPON, verificamos que as soluções de rede podem integrar uma arquitetura completa de serviços de banda larga, que podem ser projetados para atender aos requisitos de convergência de redes fixo-móvel, oferecendo assim recursos que podem apoiar o acesso de banda larga e neste item temos os serviços de última geração e conexões, alocando recursos através de OLT²⁸ (*Optical Line Termination*), conversores de rede, postes para recebimento de *switch*, divisor, cabos de rede (fibras, cabo de rede coaxial RG11, cabo de rede cat. 5), divisores e ONU²⁹ (*Optical Network Unit*) realizando função de conversão de multimídia.

Para termos noção de todo o investimentos do projeto criamos tabelas com valores hipotéticos, baseados no valor de mercado brasileiro. Nas tabelas de demonstração apresentadas os dados que compõem os preços são: a rede óptica, os equipamentos EPON ou GPON e o custeio para implantação do projeto. Foi planejado realizar a implantação em 10 PoP's, onde haverá em cada PoP³⁰ equipamentos central e terminal. Os valores utilizados são hipotéticos, porém próximos da realidade. Na composição do projeto também tivemos que tendenciar despesa indireta, na qual há necessidade de contratação de mão de obra (vendedores, operadores, atendentes), marketing de produto, propaganda e mídia.

Estas despesas são necessárias para iniciar a operação da rede quando da implantação no atendimento do serviço. Para uma análise real, há necessidade de se obter os valores de cada equipamento realizando-se uma RFP³¹ (*Request For Proposal*), que é a solicitação de proposta obtida através de um processo realizado pela empresa contratante, para que os potenciais fornecedores possam apresentar proposta de negócios com no mínimo três fornecedores de equipamentos.

²⁸ Terminação de Linha Óptica.

²⁹ Unidade de Rede Óptica.

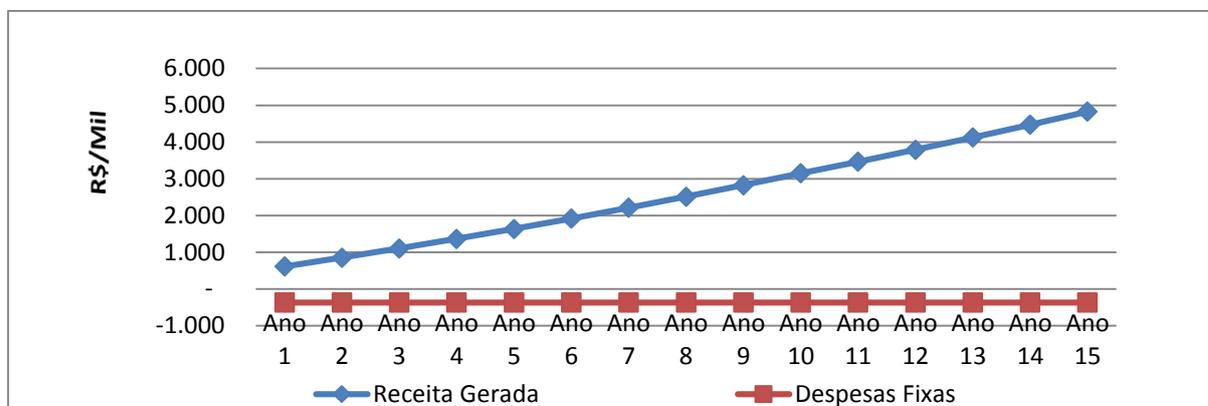
³⁰ Ponto de presença.

³¹ Solicitação de proposta.

Importante ressaltar que para que o desenvolvimento tecnológico do país, tanto a iniciativa privada quanto o governo devem estar alinhados na busca da inclusão digital bem como na inovação do setor. No projeto, realizamos uma tabela do valor total da rede onde o investidor consegue de imediato visualizar o desembolso de CAPEX e OPEX tanto para os sistemas ativo quanto para os sistemas passivos.

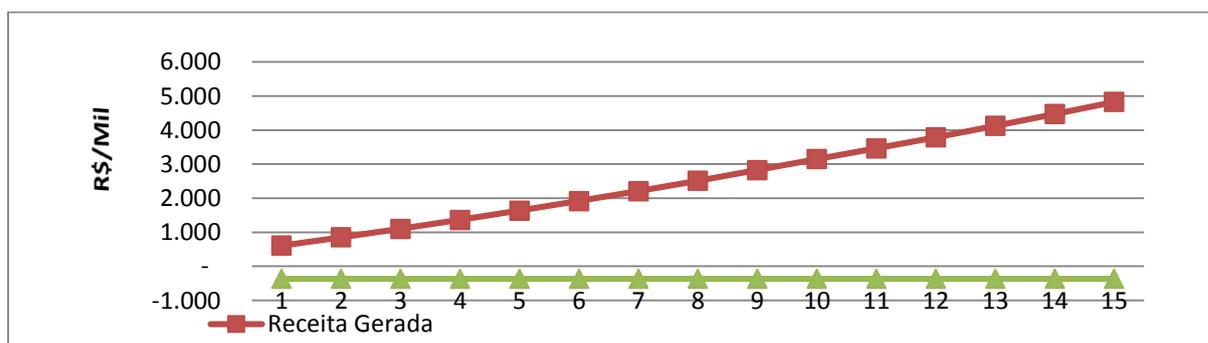
No valor total do investimento apresentado na composição da tabela de investimento inicial utilizamos os seguintes dados para análise: CAPEX para investimento e OPEX para manutenção dos equipamentos, (utilizamos valor de 10% padrão). Com base no crescimento médio dos produtos de tecnologia implantados foi tendenciado o crescimento natural das vendas a uma taxa de crescimento anual dos clientes na ordem de 5% média de mercado, além de garantir que a equipe de vendas realize as vendas de equipamentos (unidades ONU) para todos os clientes foco da região de interesse do negócio. Na figura 4 apresentamos o gráfico com as demonstrações dos gastos (receita x despesa) no projeto EPON e na figura 5 o gráfico com as demonstrações dos gastos (receita x despesa) no projeto GPON (LOPEZ BONILLA, 2008).

Figura 4 – EPON Comparativo Receita x Despesas



Fonte: Elaboração própria

Figura 5 – GPON Comparativo Receita x Despesas



Fonte: Elaboração própria

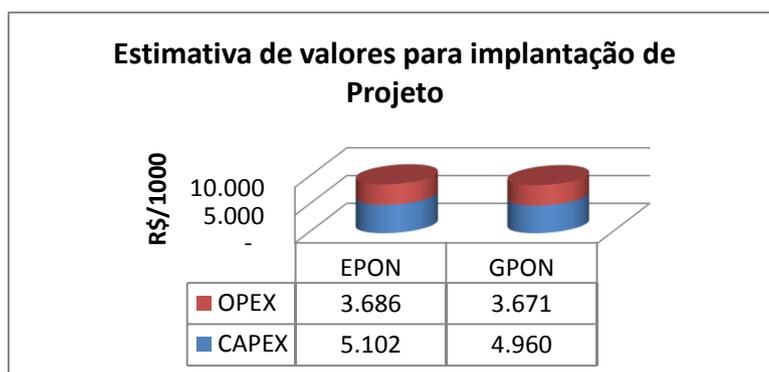
No total de valores demonstrativos da rede GPON e EPON (tabela 1) temos a comparação dos valores hipotéticos de gastos nos projetos, onde apresentamos os investimentos necessários para cada tecnologia aberto em CAPEX e OPEX; o mesmo pode ser visto em sua demonstração gráfica (**Figura 6**).

Tabela 1 – Tecnologias (CAPEX e OPEX)

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

Fonte: Elaboração própria

Figura 6 – Estimativa de valores para implantação de projeto



Fonte: Elaboração própria

Todo projeto é voltado a busca de inovações em um produto que possa atender à crescente demanda reprimida em banda larga de todo o país, sendo assim foi projetado o valor global de investimento de um primeiro site como o modelo. Para análise do método de avaliação de projeto de investimento tomamos como base o aumento da demanda natural de banda larga existente com um projeto de inovação e com lançamento de novos produtos com alto valor agregado (SALIM; DOUAT, 2002).

Na análise de *Payback Simples* (figuras 7 e 8), apresentamos as receitas geradas para EPON e GPON, entre os anos 1 e 15, sendo que deliberamos um crescimento mínimo de 5% ao ano e saldo do investimento em CAPEX, conforme a tabela 2, estas informações são a base para cálculo do *Payback* do projeto.

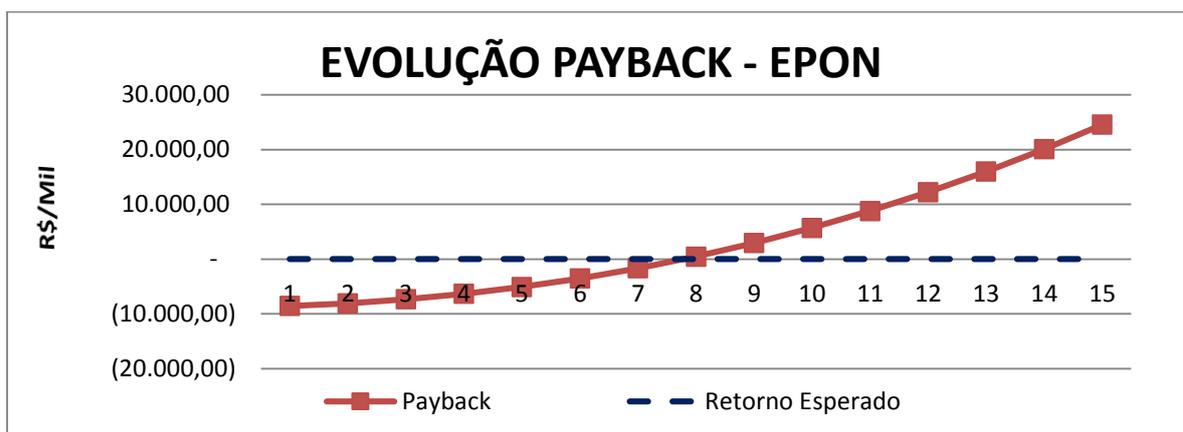
Tabela 2 - Demonstrativos Global dos valores do projeto EPON e GPON

ANO	FLUXO DE CAIXA (R\$/MIL)			
	RECEITA LÍQUIDA - EPON	Saldo do Projeto	RECEITA LÍQUIDA - GPON	Saldo do Projeto
1	243	-	245	-
2	484	-	485	-
3	734	-	736	-
4	995	-	997	-
5	1.267	-	1.269	-
6	1.549	-	1.551	-
7	1.842	-	1.843	-
8	2.145	-	2.146	-
9	2.458	-	2.460	-
10	2.782	-	2.784	-
11	3.097	-	3.098	-
12	3.422	-	3.423	-
13	3.757	-	3.758	-
14	4.103	-	4.104	-
15	4.459	-	4.460	-



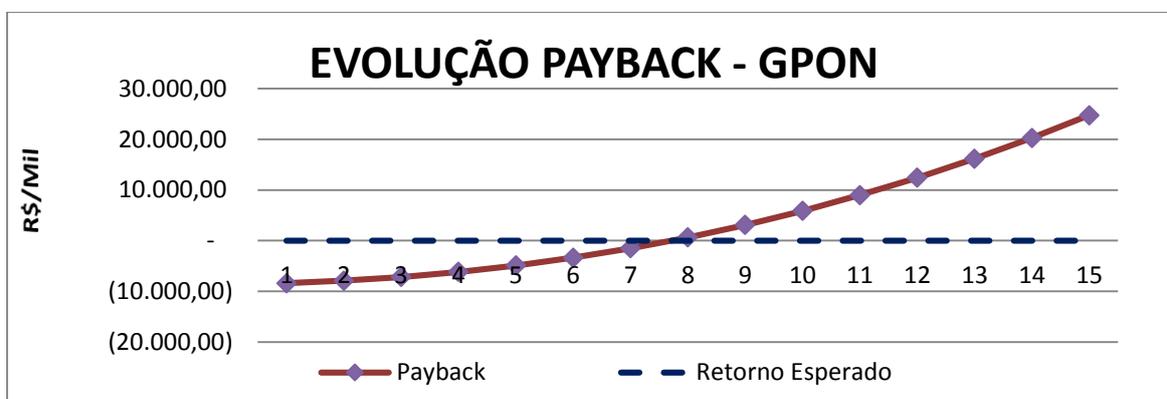
Fonte: Elaboração própria

Figura 7 - Evolução do *payback* EPON



Fonte: Elaboração própria

Figura 8 – Evolução do *payback* GPON



Fonte: Elaboração própria

Conforme observamos na tabela 1 os valores de CAPEX e OPEX apresentados são muito próximos, entretanto isso não se deve apenas aos valores de investimento nos equipamentos das tecnologias GPON e EPON, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Valores de investimento de equipamento EPON

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

Fonte: Elaboração própria com valores extraídos de CIANET, entre junho e agosto de 2013.

Tabela 4 – Valores de investimento de equipamento GPON

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

Fonte: Elaboração própria com valores extraídos de CIANET, entre junho e agosto de 2013.

Nas tabelas 5 e 6 apresentamos os valores Rede de Fibras Ópticas (Backbone) Principal e Back-up com os respectivos componentes da fibra óptica.

Tabela 5 – Rede de Fibras Ópticas (Backbone) Principal e Back-up

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

Fonte: Elaboração própria com valores extraídos de CIANET, entre junho e agosto de 2013.

Tabela 6 – Equipamentos a rede óptica Principal e Back-up

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

Fonte: Elaboração própria com valores extraídos de CIANET, entre junho e agosto de 2013.

Assim, não podemos justificar os números muito semelhantes citados acima como sendo da equivalência de custos e sim como consequência de um retorno do saldo positivo do investimento realizado no projeto, lembrando que este lucro ou saldo depende também do retorno dado pelo pagamento dos usuários ou assinantes da tecnologia. Verifica-se que a escolha para implantação de uma rede deve ser muito bem analisada, considerando o retorno e não somente custos finais.

CONCLUSÃO

Em virtude de todos os dados mencionados, a inclusão digital trás inúmeras possibilidades para a integração e a promoção do bem estar social (*e-inclusion*), educação complementar (internet voltada para aplicação de *softwares* com grande capacidade para educação), para o *e-learning* e para o desenvolvimento profissional dos estudantes. As novas tendências de ensino abrangem a tecnologia digital para oferecer melhor formação e qualificação mais adequada à educação.

As aplicações das tecnologias atuais de banda larga são essenciais e necessárias ao cidadão e principalmente ao ensino EAD e temos que buscar novos meios para baratear os valores cobrados nas mensalidades das empresas fornecedoras do serviço de banda larga e obtenção do custo zero para as instituições de ensino presencial e no menor custo para o EAD (BASU, 2007; AUSTIN, 2013).

Uma vez que o paradigma do professor no quadro negro e o uso exclusivo do livro didático, não atende mais as demandas e expectativas. A nova abordagem de aprendizado para essa geração de estudantes se apresenta com a utilização de multimídia e internet de alta

capacidade de acesso. Com a evolução das redes de telecomunicações e a implantação de redes de fibras nos acessos urbano e rural, podemos em pequeno espaço de tempo reduzir o tempo e melhorar o ensino através das redes de comunicações, particularmente as redes GPON e/ou EPON (CHIA-SHENG, 2006). Entretanto, a efetiva aplicação dessas tecnologias depende de fatores técnico-econômicos onde, muitas vezes, os interesses financeiros extrapolam a demanda real. Dessa forma, através de nossos estudos concluímos que devido aos investimentos e aos custos na implantação da rede banda larga nos países latino americanos é mais conveniente a utilização dos equipamentos GPON, devido aos valores de investimento e custos serem atrativos.

REFERÊNCIAS

AUSTIN, Ron. et. al. Situated Computing and Virtual Learning Environments e-Learning and the Benefits to the Students Learning. In: International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS), 7., 2013, Taichung. **Anais...** Taichung, 2013, p.523-528. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1109/CISIS.2013.95>>. Acesso em: jun. 2012.

BASU, Patcharee; et. al. Internet Technologies and Infrastructure for Asia-wide Distance Education. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON APPLICATIONS AND THE INTERNET, Hiroshima, 2007. **Anais...** Hiroshima, 2007, p. 3. Disponível em:< <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4090039>>. Acesso em: jun. 2012.

BROADBAND optical access networks and fiber-to-the-home: systems technologies and deployment strategies. Chichester, England; Hoboken, NJ: Wiley, c2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/047009480X>>. Acesso em: jun. 2012.

CHIA-SHENG, Tsai. Bandwidth Allocation Schemes for FTTH Networks. In: IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE WIRELESS AND OPTICAL COMMUNICATIONS NETWORKS, Bangalore, 2006. **Anais...** Bangalore, 2006, 4pp.-4. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=1666650>>. Acesso em: jun. 2012.

CIANET. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.cianet.ind.br>>. Acesso em: jan. 2013.

CPQD. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento. Disponível em: <<http://www.cpqd.com.br/>>. Acesso em: jan. de 2013.

DAVEY, Russell. et al. Options for future optical access networks. **Communications Magazine IEEE**, vol. 44, p. 50-56, Out. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2006.1710412>>. Acesso em: jun. 2012. DOI:

FORUM FTTH COUNCIL. **Resource Library**. Disponível em: <<http://www.ftthcouncil.org>>. Acesso em: jun. 2012.

HAJUCZENIA, Marek; DA SILVA, H.J.A. Next Generation PON Systems-Current Status. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRANSPARENT OPTICAL NETWORKS, 11., 2009, Azores. **Anais...** Azores, 2009, p. 1-8. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5185097>>. Acesso em: jun. 2012.

IEEE. **Standard 802.1**: Telecommunications and Information exchange between systems. Local and Metropolitan Area Networks. Access method and Physical Layer Specification. edição 2004.

IEEE. **Standard 802.11**. Wireless Local Area Networks (WLAN). edição 2003.

ITU-T. **Recommendation G701**: Vocabulary of digital transmission and multiplexing, and pulse code modulation (PCM) terms. (03/1993). Disponível em: <<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=892&lang=en>>. Acesso em: jun. 2012.

ITU-T. **Recommendation G781**: Synchronization layer functions. (09/2008a). Disponível em: <<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=9414&lang=en>>. Acesso em: jun. 2012.

ITU-T. **Recommendation G782**: Types and general characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment. (01/1994). Disponível em: <<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=978&lang=en>>. Acesso em: jun. 2012.

ITU-T. **Recommendation G783**: Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks. (03/2006). Disponível em: <<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=8759&lang=en>>. Acesso em: jun. 2012.

ITU-T. **Recommendation G784**: Management aspects of synchronous digital hierarchy (SDH) transport network elements. (03/2008b). Disponível em: <<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=9372&lang=en>>. Acesso em: jun. 2012.

ITU-T. **Recommendation G984.2**: Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification. (03:2003). Disponível em: <<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=6273&lang=en>>. Acesso em: jun. 2012.

JAE-MYOUNG, Hyun. et. al. Economic Evolution from EPON to WDM-Overlaid PON Employing a Wavelength Conversion Node. In: Optical Fiber Communication and the National Fiber Optic Engineers Conference, p. 1-3, 2007. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4348903>>. Acesso em: jun. 2012.

LAPPONI, Juan Carlos. Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa : modelos em Excel. São Paulo, SP: Lapponi Treinamento e Editora, 2000.

LOPEZ BONILLA, Mauricio. **Análise crítica de plataformas GPON e EPON, para aplicação em redes ópticas de acesso de alta capacidade**. 2008. 99 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Campinas, SP.

METRO ETHERNET FORUM. **Ethernet Academy**. Disponível em:
<<http://metroethernetforum.org/>>. Acesso em: jul. 2012.

PADTEC. **Utilites**. Disponível em:
<http://www.padtec.com/solucoes/utilities.php?zoom_highlight=GPON>. Acesso em: jan. 2013.

SALIM, Jean Jacques; DOUAT, João Carlos. **Princípios de administração financeira**. 7. ed., São Paulo: Harbra, 2002.

SHINOHARA, H. Broadband access in Japan: rapidly growing FTTH market. **Communications Magazine IEEE**, vol. 43, p. 72-78, 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=1509970>>. Acesso em: jun. 2012.

STEPAN, Jay; NEUMANN, Karl-Heinz; PLUCKEBAUM, Thomas. Comparing FTTH Access Networks based on P2P and PMP Fibre Topologies. In: CONFERENCE OF TELECOMMUNICATION, MEDIA AND INTERNET TECHNO-ECONOMICS (CTTE), 10., 2011, Berlin, Germany. **Anais...** Berlin, Germany, 2011, p. 1-9. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5897963&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5897963>. Acesso em: jun. 2012.

YANG, Liu; GUOPING, Zhang; QING, Li. WDM/TDM Hybrid GPON Technology. In: SYMPOSIUM ON PHOTONICS AND OPTOELECTRONICS (SOPO), 2011, Wuhan. **Anais...** Wuhan, 2011, p. 1-3. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5780488>>. Acesso em: jun. 2012.

Recebido em 21 de outubro de 2013
Selecionado em 11 de novembro de 2013
Aprovado em 30 de dezembro de 2013