

ESTUDO DE CASO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM FTTH (*Fiber-To-The-Home*) EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL.

Matheus Henrique Sacramento Martins¹, Frederico Coelho (Orientador)¹.

¹Departamento de Ciência da Computação – Universidade Presidente Antônio Carlos
(UNIPAC)
Campus Magnus – Barbacena – MG – Brasil

matheuscumth@gmail.com¹, fredericocoelho@unipac.br¹

***Resumo.** Este artigo apresenta a utilização do FTTH implantado em um condomínio residencial, com o objetivo de, sinteticamente, mostrar o quão importante é a organização e o investimento tecnológicos, para o futuro das comunicações que, tendem ao crescimento em nome da demanda que aumenta a cada dia.*

Palavras-chave: FTTH, fibra óptica, multiplexação, WDM, PON.

1.INTRODUÇÃO

O principal desafio das comunicações para o futuro é fornecer aos usuários serviços integrados de telecomunicações, de distribuição de vídeo e fluxo de dados em grande velocidade e interatividade. Grande parte da planta de distribuição disponível, que foi desenvolvida inicialmente para suportar serviços básicos de telefonia, onde no quadro atual não possui estrutura suficiente para suprir as evoluções no meio de comunicação. Para suprir estas deficiências e possibilitar o oferecimento de serviços interativos e faixa larga, inúmeras pesquisas vêm sendo realizadas nos últimos anos, no sentido de melhorar a tecnologia do chamado "circuito de assinante". Com relação às melhorias dos "velhos" sistemas cabeados, como os pares trançados, podem-se destacar o desenvolvimento das modernas tecnologias na tentativa de aproveitar o atual sistema, tentativas essas que possibilitaram um aumento significativo da largura de banda disponível. Mesmo com esses serviços oferecidos aos

usuários, a necessidade de comunicação e interatividade vem crescendo cada vez mais e novas alternativas estão sendo implantadas como exemplo de redes (Wi-Fi, Wimax, etc). O FTTH (Fiber-to-the-Home) é uma delas. Ele tem o objetivo de levar aos usuários; até o conforto de suas casas: internet de alta velocidade, serviços de áudio e vídeo. A fibra óptica tem o objetivo de substituir fios de cobre (situados em dutos subterrâneos, auto-sustentados em postes, etc.) permitindo a utilização dos recursos em altíssima velocidade. Os cabos que prometem chegar nas casas de vários usuários são na verdade os sucessores dos cabos par trançado, eles suportam as mais altas taxas de transmissão permitindo comunicação de longa distância usando repetidores. A idéia é justamente mostrar o funcionamento e a comunicação da implantação do FTTH e a sua aceitação no mercado que vão desde o custo até os benefícios oferecidos pelo mesmo.

O FTTH é um termo genérico para nomear redes de alto desempenho, baseada em uma rede de distribuição óptica. Tem como objetivo o favorecimento de comunicações de dados, suportar os serviços de vídeo analógico e digital, serviços interativos e bidirecionais com uso intensivo de imagens e dezenas de canais de alta definição HDTV (High Definition Television), incluindo também internet alta velocidade, telefonia e rádio digital. Esta mesma tecnologia está preparada para atender os serviços futuros, oferecer infra-estrutura, otimização dos custos envolvidos, também ao desejo dos usuários por mais velocidades para utilização dos serviços convergentes.

A utilização das fibras ópticas neste trabalho tem por função levar em um condomínio residencial o que existe de mais moderno em tecnologias de comunicação.

Para que se faça o estudo do FTTH é necessário saber sobre as fibras ópticas, e uma das primeiras aplicações das fibras foram em redes telefônicas, pois a mesma se tornava deficiente pela limitação imposta pelos cabos metálicos, que estavam aumentando cada vez mais de volume e, conseqüentemente, exigiam infra-estruturas mais amplas. Inicialmente, as fibras ópticas foram utilizadas apenas na interligação de linhas-tronco que exigem uma grande capacidade de tráfego. Contudo, a redução de custo dos sistemas ópticos, o uso das fibras foi se estendendo em outras áreas da telefonia, como a interligação de centrais telefônicas interurbanas, internacionais e intercontinentais. Após a introdução das fibras nas redes telefônicas, o ambiente de redes de comunicação é outra área onde as fibras tiveram aceitação. Os sistemas de comunicação caminham no sentido de unificar as mídias, ou seja, o FTTH assim esse deverá ter grande capacidade, além de manter velocidade em tempo real para as mais diversas transmissões, portanto, cabos ópticos apresentam inúmeras vantagens em relação aos meios físicos metálicos (coaxial, par trançado) e comunicação por microondas.

pois os materiais que compõem as fibras ópticas possuem características dielétricas, ou seja imunes a qualquer interferência eletromagnética, logo por mais ruidoso que seja o ambiente em que esteja instalada, o tráfego de sinais será garantido. Com o material que envolve a fibra óptica proporciona isolamento elétrico ao próprio cabo e conseqüentemente evitam problemas como aterramento do cabo. Como não há condução de corrente em um cabo óptico, problemas como curto-circuito, faiscamento, choques elétricos não existem. [1]

Os cabos de fibra além de possuírem dimensões reduzidas tanto em diâmetro quanto em peso e ainda com todos os revestimentos necessários para a sua proteção possui também maior capacidade de transmissão e maiores distâncias alcançadas, contudo a penetração de fibra é um indicador de despesas capital (CAPEX) um maior volume de fibra resulta em um maior número de despesas para reconstrução de áreas já atendidas em contra partida resultará também em redução de despesas operacionais como exemplo de manutenção.

2. VISÃO GERAL DO FTTH

Como as fibras ópticas permitem a transferência de informações em largura de banda praticamente ilimitada, com maior flexibilidade para a oferta de serviços bidirecionais e interativos. [2]

Uma das características das redes FTTH são perfeitamente adequadas para atender ao contínuo crescimento da Internet, que vem aliado ao desejo dos usuários por maiores velocidades. Além disso, a maior competição nos diversos mercados, com novas operadoras que já são pioneiras no mercado e as que estão oferecendo novos serviços através da rede, resulta um maior número de serviços oferecidos pelos provedores de aplicações.

Um outro aspecto para a aceleração da aceitação da estrutura óptica no mercado atual é para que venha ter o uso de a tecnologia para que se tenham redes aptas para estruturas futuras de funcionamento da demanda de uso.



Fonte: NEXANS

Figura 1: Distribuição Óptica

Na figura 1, tem-se a idéia geral dos tipos de fibras utilizadas para a construção do FTTH e todo o caminho que ela percorre da central de equipamentos até a residência do usuário.

Do ponto de onde parte a comunicação entre fibra óptica encontra-se a Central de Equipamentos, nada mais é o local onde ficam instalados os equipamentos ópticos de transmissão OLT's (Optical Line Terminal, equipamento que viabiliza os serviços para os usuários finais e controla a qualidade do serviço (QoS). A OLT é o elemento que realiza a multiplexação dos diferentes usuários na fibra óptica) e o Distribuidor Geral Óptico (DGO responsável pela interface entre os equipamentos de transmissão e os cabos ópticos troncais de transmissão). A Rede Óptica Troncal é composta basicamente por cabos ópticos que levam o sinal da central aos pontos de distribuição. Estes cabos ópticos podem ser de aplicação em dutos subterrâneos ou de instalação aérea estes cabos por sua vez são utilizados de fibras do tipo mono-modo, pois as fibras multimodo possuem vários modos de propagação, ou seja, os raios de luz podem percorrer o interior da fibra óptica por diversos caminhos contudo as distâncias atingidas são menores do que a fibra mono-modo que por sua vez possuem um único modo de propagação, ou seja, os raios de luz percorrem o interior da fibra por um único caminho, possibilitando assim atingir maiores distâncias e a redução de custos se comparados com a fibra multimodo.[6]

Existe também a Rede Óptica Distribuição onde é formada por cabos ópticos, leva o sinal dos pontos de distribuição às áreas específicas de atendimento de maneira a otimizar o aproveitamento das fibras ópticas, as redes PON (Passive Optical Network) geralmente se

apresentam em topologia Estrela-Distribuída, ou seja, todas as estações estão conectadas ao armário de distribuição óptica e todos os usuários comunicam-se com a central que tem o controle supervisor do sistema. Nesta configuração, os pontos de distribuição fazem a divisão do sinal óptico em áreas mais distantes da central, reduzindo o número de fibras ópticas para atendimento a estes acessos. Neste local são instalados pequenos armários ópticos de distribuição associados à splitters ópticos. Neste ponto de distribuição são realizados a divisão, distribuição e gerenciamento do sinal óptico associados a esta área.

A Rede Drop é composta por cabos com baixo número de fibras ópticas são conectados as caixas de emenda NAP (Network Access Point) que levam o sinal óptico até o assinante. Podem terminar em pequenos DIOS (Distribuidor Interno Óptico - para transição do cabo para cordão óptico) ou em pequenos bloqueios ópticos FOB(Fisa Optic Block - para transição do cabo para extensão óptica) no interior da casa/prédio. E finalmente forma-se a Rede Interna que a partir do bloqueio óptico (FOB) ou distribuidor interno óptico (DIO), são utilizadas extensões ópticas ou cordões ópticos para realizar a transição do sinal óptico da fibra ao receptor interno do assinante. Pelas mesmas razões de restrição de espaço e utilização de dutos existentes internamente à casa do assinante, as extensões e cordões ópticos, são confeccionados com fibra óptica especial. [3]

O FTTH é completamente livre de cobre na rede externa e tipicamente provê serviços com banda de 30 a 100 Mbps, porém devido às características inerentes das fibras óticas ela poderá prover literalmente banda infinita, dentre os meios de comunicações por fibra utilizados ainda é dividido em outro tipos chamados de FTTx, onde a principal diferença entre os tipos é que dependendo de onde se é implantado a fibra óptica, nem sempre é viável a substituição dos fios trançados de cobre então é feita a soma de dois tipos de tecnologia. Exemplo esse que pode ser mostrado pelo FTTC (Fiber-To-The-Curb) As soluções FTTC levam a fibra até cerca de 150 a 300 metros do assinante levando à perda significativa de potência e grandeza da rede de fibra óptica, em contra partida diminuindo os custos envolvidos para o mesmo. Outro exemplo é o FTTB (Fiber-To-The-Building) onde a fibra óptica é levada até ao térreo dos prédios, de onde daí é convertida para cabos UTP, este método é muito utilizado em prédios antigos e com pouca estrutura para aceitar novas tecnologias.

2.1 DESAFIOS E VANTAGENS DO FTTH

O principal objetivo – e um dos maiores desafios da implantação do FTTH – é conectar residências; pequenas, médias e grandes empresas aos serviços oferecidos pela rede. Obter expectativas de 100% de confiabilidade dos clientes, oferecer aos usuários larga faixa de banda e interatividade em voz, vídeo e dados.

Na estrutura do FTTH ainda existe vantagens de utilização que por ser uma rede de fibra óptica totalmente passiva (PON), ou seja, não é necessário equipamentos utilizados entre as extremidades no que facilita a implementação, a facilidade de manutenção e também a durabilidade, ainda conta com recursos de alta taxa de transmissão de Upload e Download.

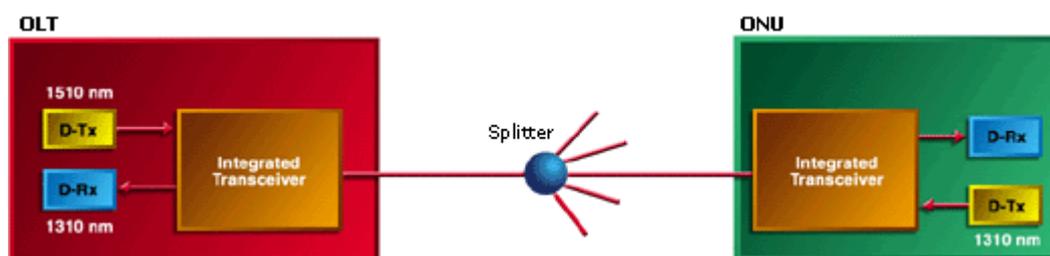
2.2 ELEMENTOS DO FTTH

Na utilização e construção de um sistema complexo de estrutura do FTTH, a utilização e necessária é a de fibras ópticas.

Para a utilização desse “mecanismo”, é necessário diversos tipos de cabos de fibra e vários tipos de classificação do mesmo. Como exemplo, o cabo que sai de provedores de acesso, para as casas são aconselhados cabos de fibra com capa externa resistente e reforçados por fio de aço galvanizado o que dá resistência superior às forças de tração que ele deverá suportar durante sua vida útil, também com sistemas de revestimento não propagante à chama. Outro exemplo de cabo usado é para aplicações no final de uma rede óptica; com construção de pequenas fibras e com baixo peso são bastante indicados para a finalização de um FTTH, ou seja, o cabo que chega até as residências.

O FTTH usa de PON. A PON na verdade é uma rede ponto-multiponto que viabiliza o compartilhamento de uma fibra óptica para diversos pontos (usuários) por isso não existem elementos ativos entre o equipamento e o provedor de acesso e consistem em equipamentos do tipo OLT, onde estão localizados nas pontas das redes ópticas, um de seus extremos vai conectado ao provedor de acesso e pelo outro lado conectado em vários outros equipamentos ONU ([Optical Network Units](#): equipamento simples que converte o sinal óptico das OLT para as portas padrões dos equipamentos de aplicação do usuário final: Ethernet, IP, etc.) ou o ONT ([Optical Network Terminal](#)) localizados no condomínio ou gabinetes nas calçadas, sites e residências. [4]

Um sinal óptico é compartilhado entre todos os usuários interligados por essa rede, permitindo baixo custo operacional e um número reduzido de eventuais intervenções de manutenção. O elemento que propicia esse compartilhamento da fibra óptica é o divisor óptico passivo que, dependendo da direção da luz incidente, ou divide o sinal óptico em uma dada taxa de fracionamento e distribui os sinais do OLT às ONUs ou encaminha os sinais ópticos provenientes das ONU's ao OLT, através das fibras interligadas aos equipamentos dos usuários. O divisor óptico passivo pode ser localizado em 3 posições distintas: dentro do ambiente da central, na planta externa (devidamente protegido contra as intempéries climáticas), ou no interior de um prédio ou residência.[5].



Fonte: TELECO

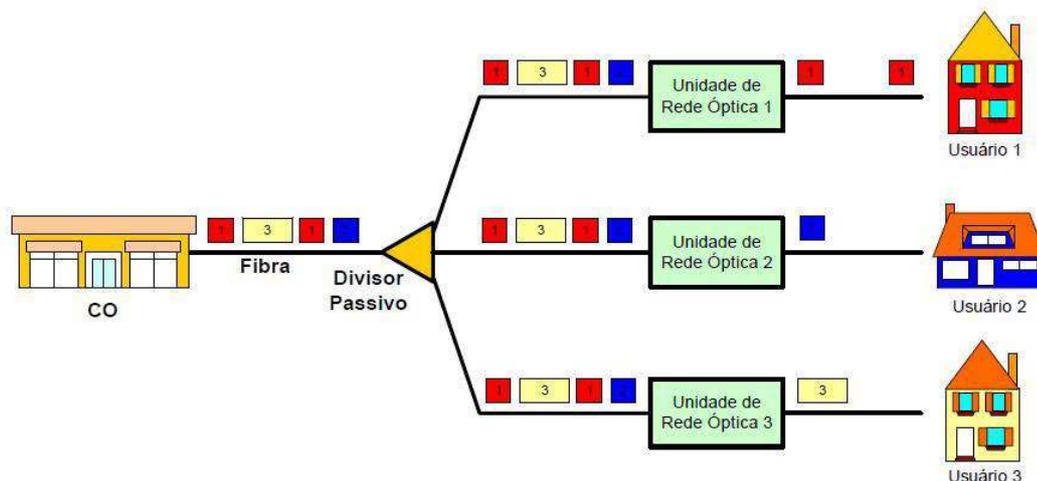
Figura 2: Estrutura de uma PON

A figura 2 sintetiza a arquitetura PON que necessita de equipamento optoeletrônico ativo somente nos terminais de envio (OLT) e recepção (ONU), para a conversão óptico/elétrica/óptico (O/E/O) dos sinais recebidos em diferentes formatos de transmissão, enquanto que os equipamentos de interconexão, a planta externa de fibras ópticas e os divisores ópticos são componentes passivos. Dessa forma, OLT's e ONU's possuem ambos um transmissor e um receptor, pois ambos apresentam os 2 modos de operação.

A fibra óptica tipo monomodo tem como função interligar OLT e ONU's, enquanto os divisores ópticos passivos (Splitters) se caracterizam pela divisão dos sinais ópticos em uma dada taxa de fracionamento. Dividir um sinal óptico 1:4, por exemplo, implica que cada sinal de saída transporta um quarto da potência de entrada. Isto se traduz como uma limitação de distância para a arquitetura PON.

A arquitetura PON compartilha os equipamentos de rede com um dado número de clientes, possibilitando à empresa operadora de rede dividir os custos de instalação e de operação. Como não há elemento ativo localizado na planta externa de fibra óptica, a

manutenção no campo é simplificada e, portanto, o custo operacional é minimizado



Fonte:TELECO

Figura 3: Arquitetura PON

Logo cabos de fibra óptica e sistemas de fibra óptica viabilizam a economia nos custos de operação da manutenção e da implementação. Incluindo das vantagens de uma PON, estaria manter a arquitetura das redes dos usuários internas intactas, deixando que os sinais sejam convertidos para os protocolos já existentes nas redes (IP, Ethernet, SDH, etc.).

2.3 MULTIPLEXAÇÃO

Quando vários canais de comunicação devem ser transmitidos entre terminais e estes estão localizados de forma coincidente, existe uma solução econômica para resolver este problema. Esta solução é a multiplexação que visa compartilhar recursos de um meio de transmissão. Como solução do condomínio utiliza-se a Multiplexação por divisão de onda WDM (, Wavelength Division Multiplexing).[8]

Rede WDM é o conjunto de equipamentos e meios físicos que têm a capacidade de aperfeiçoar o uso de redes de fibra óptica. Este sistema tem o objetivo de fornecer uma infraestrutura de meios ópticos que permite a inserção de mais de um sistema de telecomunicações, seja ele para redes de dados e/ou voz, em uma única fibra óptica.

Atualmente a Rede WDM é utilizada em muitas empresas que prestam serviços de Telecomunicações, públicos e privados, em todo o mundo.[6]

Sua elevada flexibilidade para transportar diferentes tipos de hierarquias digitais permite oferecer interfaces compatíveis com as diversas aplicações existentes

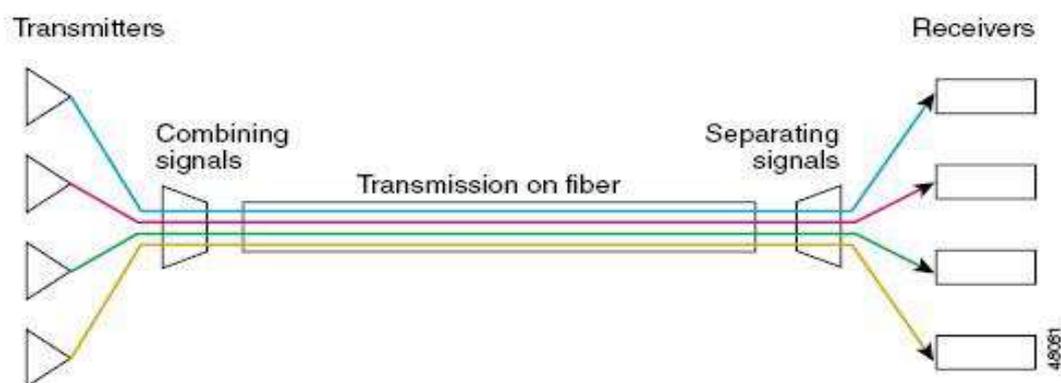
A tecnologia das redes WDM permite ainda implementar mecanismos ópticos de proteção nos equipamentos ou diretamente nas redes da camada de aplicação, oferecendo serviços com alta disponibilidade e efetiva segurança no transporte de informações.

As redes WDM oferecem várias vantagens quando comparadas com outras tecnologias:

- Permite utilizar equipamentos de aplicação para redes de transporte e multiserviços sobre a mesma infra-estrutura de meio físico óptico;
- Permite o tráfego de qualquer tecnologia, independente do fabricante, através do uso de transponders;
- Permite a economia de equipamentos de aplicação ao longo das rotas, mediante a instalação destes apenas nos pontos de troca de tráfego;
- Permite a economia e até mesmo a otimização do uso de fibras ópticas em locais com alta densidade de redes e acessos.

Entretanto, a tecnologia WDM apresenta ainda as seguintes desvantagens:

- O projeto, instalação e operação da rede WDM é complexo e deve ser feito com um planejamento criterioso e detalhado;
- Não existe padronização de equipamentos e da tecnologia WDM, que impede que sejam usados equipamentos de fabricantes distintos um mesmo enlace da rede.



Fonte: UTStarcom

Figura 4: Representação de multiplexação da fibra

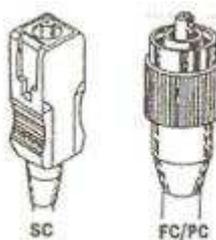
2.4 Conectores Ópticos

Os conectores ópticos são acessórios compostos basicamente de um ferrolho, onde se encontra a terminação da fibra óptica, e de uma parte responsável pela fixação das fibras. Na extremidade do ferrolho, é realizado um polimento para reduzir problemas relacionados com a reflexão e espelhamento da luz. Além disso, assim como nas emendas, os conectores também contribuem para o aumento da atenuação, que se dá de dois tipos: perda de inserção e perda de retorno.

A perda de inserção de inserção, ou mais comumente chamado de atenuação, consiste na perda de potencia luminosa que ocorre na passagem da luz nas conexões. Existem vários fatores que contribuem para essa perda, e as principais causas se relacionam com irregularidades no alinhamento dos conectores. Na prática, essa perda contribui para a soma total da atenuação ou perda de potência óptica de todo o lance de cabos.

A perda de retorno, conhecida também por refletância, consiste na quantidade de potencia óptica refletida na conexão, e a luz refletida retorna até a fonte luminosa

Diferentemente dos sistemas elétricos onde o simples contato faz conduzir elétrons entre fios, as fibras ópticas apresentam algumas peculiaridades para a junção de trechos de fibras ópticas. Para isto são necessários os conectores ópticos, que permitem a transferência adequada de luz de uma fibra para outra.



Fonte: Furukawa **Figura 5:** conectores ópticos tipo SC e FC (respectivamente)

Na figura 5 os tipos de conectores mais comuns: o conector FC e o SC. O FC é mais utilizado para experimentos e medições, já que apresenta um elemento de fixação com rosca. Contudo, em aplicações práticas é mais comum a utilização de conectores SC que são de encaixe.

3. O CONDOMÍNIO

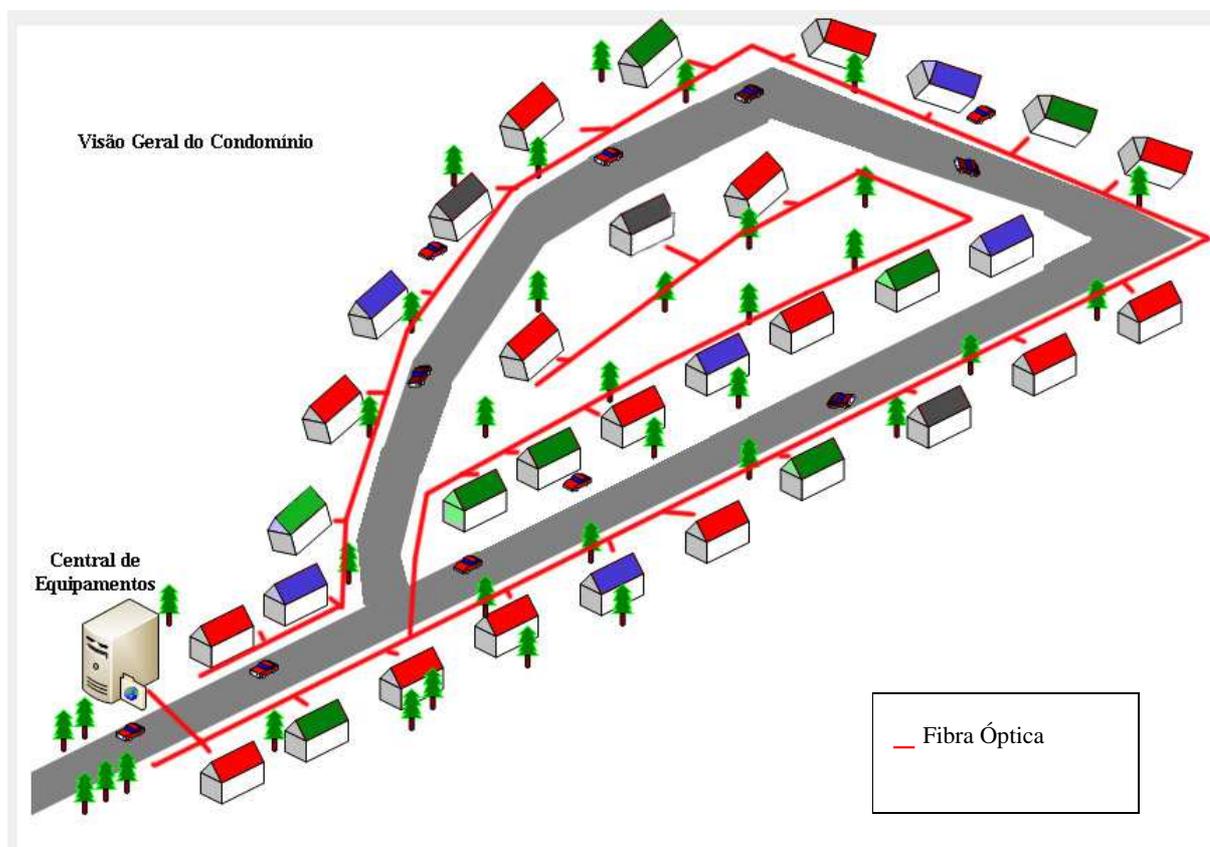


Figura 6: Imagem ilustrativa do condomínio

O Condomínio Jardins Coloniais em São João Del Rei, situado na colônia do Marçal na Avenida Luiz Giarola. Loteamento com área total cerca de 55 mil metros quadrados. A idéia básica e inovadora do condomínio é fornecer ao público do mesmo uma chamada “área verde”, essa área fica localizada de frente às residências, por debaixo dos passeios. Essa área verde tem como idéia principal acomodar todos os tipos de instalações sejam elas elétricas, hidráulicas e até mesmo fibra óptica, evitando assim que futuras manutenções e\ou ampliações sejam feitas logo não havendo a necessidade de impedimento da pista e consecutivamente evitando com que atrapalhe o trânsito e remendos no asfalto.

4. SOLUÇÃO FTTH NO CONDOMÍNIO

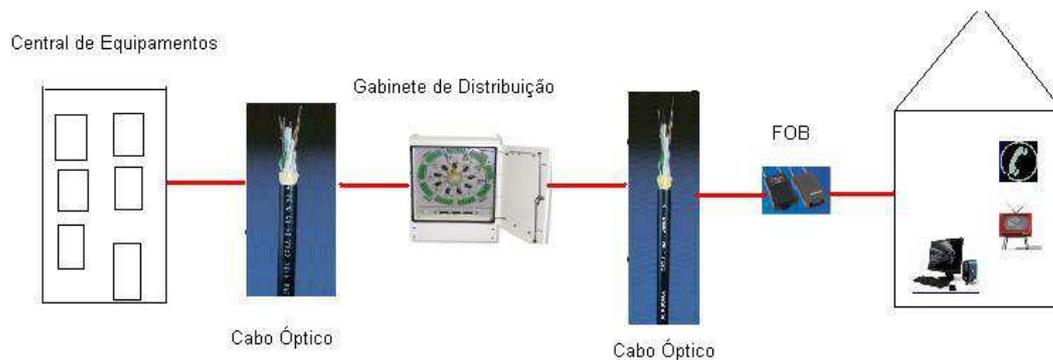


Figura 7: Visão Geral da estrutura FTTH

A figura acima ilustra de forma geral a comunicação detalhada da tecnologia. Onde na central que recebe os recursos como serviços de voz (VOip), serviços de dados (Internet de banda larga) e serviços de vídeo (HDTV) a principal função é a de transmitir através da fibra óptica sem o uso de qualquer outro equipamento ativos entre as extremidades (PON) até a casa do assinante, A Rede Troncal por sua vez sendo composta basicamente por cabos ópticos que vão levar o sinal da central aos pontos de distribuição. Estes cabos ópticos terão aplicação em dutos subterrâneos. Em seguida é passado para o centro de distribuição (Splitters) que dividirão uma única fibra em até 32 pontos levando até a caixa de emenda terminal (NAP), que vai levar o sinal óptico até o assinante. As ligações podem terminar em pequenos DIO's (Distribuidor Interno Óptico) ou em pequenos bloqueios ópticos (FOB) no interior da casa. E finalmente forma-se a Rede Interna que a partir do bloqueio óptico (FOB) ou distribuidor interno óptico (DIO).

Para que se faça a implementação da fibra óptica no condomínio, tem-se que aplicar de modo subterrâneo, pois é um dos pré requisitos a utilização da “área verde” (área em frente às residências de no mínimo 2 m dedicadas exclusivamente às instalações subterrâneas).

Dos padrões de implantação da fibra óptica tem também o seu uso em ambientes externos que leva em conta a profundidade da vala, tipo de solo, distância entre os pontos de distribuição, etc. todos esses fatores influem diretamente no custo da implementação.

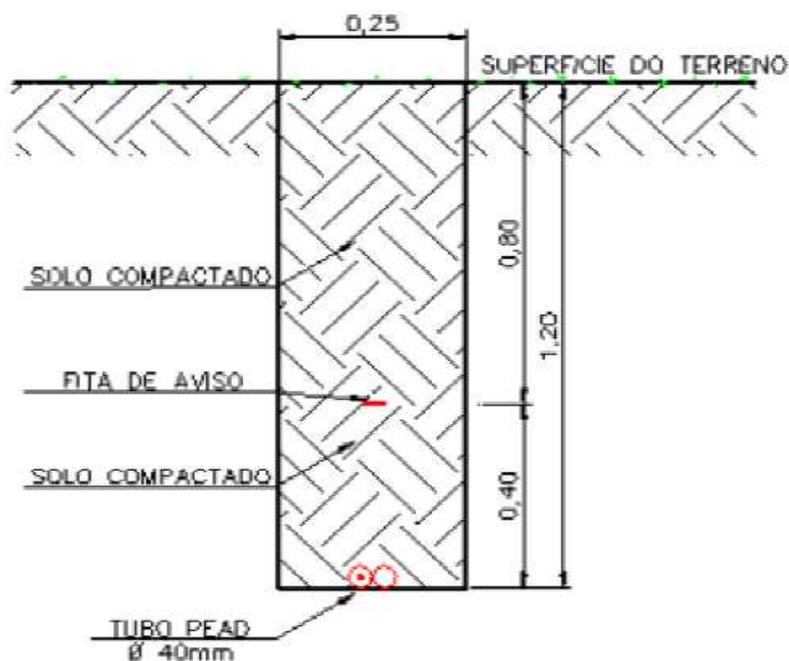
Desta forma a figura a seguir demonstra qual o padrão de instalação, assim referenciada, a fibra deverá estar acomodada a uma profundidade de 1,20 metros, com uma fita de indicação da fibra em cerca de 1,00 metro sob um solo compactado. Ainda para sua implantação é necessário a instalação de Dutos (tubulação em PVC, corrugado ou liso com diâmetro de 100 mm) e de um Sub-Duto Duplo (Dado ao fato de o cabo óptico não necessitar

da área total do duto, criou-se então outro duto de menor diâmetro (40 mm externo) em Polietileno, recebendo este o nome de sub-duto pois inicialmente era instalado, nas redes urbanas, dentro do duto, aumentando assim a capacidade da rede de dutos existente).[7]

Ainda se faz necessário a utilização de outros componentes:

Caixas de Passagem: São receptáculos implantados abaixo do nível do solo, com a função de armazenar as sobras técnicas dos cabos.

Sobra Técnica ou Reserva: Como o próprio nome diz, é uma folga ou reserva de cabo, que será utilizada caso haja um acidente no cabo (ruptura) ou para atender um acesso futuro, exigindo assim cabo para emenda ou para deslocamento do trajeto original.



Fonte: Furukawa

Figura 8: Solução Implementação da fibra no solo

5.CONCLUSÃO

No mundo contemporâneo, as pessoas querem/precisam, ter acesso a dados em alta velocidade, serviço de voz confiável e vídeo de qualidade superior. Se esses serviços são entregues via linha de assinante digital (XDSL), conexões por cabo, ou ainda arquiteturas wireless; as necessidades dessas pessoas não são, por todo, preenchidas. (Trata-se, em conclusão, de consumidores cada vez mais exigentes e de um mercado cada vez mais competitivo e exasperado!)

Fiber To The Home é a arquitetura de fibra óptica ideal. Redes baseadas em fibra óptica se desenvolveram, no geral, em resposta à necessidade dos clientes por vastos serviços e aplicações multimídia. É uma arquitetura de relativa facilidade de implementação e manutenção, se analisado o ponto de vista custo/benefício (afinal, o FTTH oferece recursos integrados de TV e telefonia digitais e internet em alta velocidade).

Em uma análise simplista, contudo factual, essa nova arquitetura de fibra óptica não se trata apenas de mais uma tecnologia no mercado – ainda que suas características, inicial e superficialmente, nos remetam a isso. Trata-se de um horizonte abrangente e inovador no campo das comunicações e, o que é melhor, com grande viabilidade mercadológica.

6. TRABALHOS FUTUROS

Para a implementação do FTTH no condomínio residencial ainda se faz necessário o estudo dos equipamentos utilizados em todo o percurso do condomínio assim como as formas de implementação em todo o percurso. Assim como os custos envolvidos. Os custos de forma geral são um dos fatores que dificultam o estudo da implementação, pois para todas as etapas são necessários testes que utilizem equipamentos de última geração influenciando diretamente no aumento da implementação.

Se faz necessário ainda observar todos os equipamentos opto - eletrônicos desde a central até a casa dos usuários, assim como a configuração das redes para interligação dos equipamento domésticos.

7. BIBLIOGRAFIA

[1] GIOZZA, W. F. ; CONFORTI, E. ; WALDMAN, H. . **Fibras Ópticas: Tecnologia e Projeto** de Sistemas. Sao Paulo, SP: Makron Books, 1991. 1. 734 p.

[2] SHAIKHZADEH, F.. **FTTH não é uma aventura**. Disponível em: <http://www.telesintese.ig.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=2639&Itemid=43> . acesso em: 01 de novembro de 2008.

[3] WIELAN, K., **The FTTx Mini-Guide** <<http://www.nexans.com/eservice/navigation/NavigationPublication.nx?publicationId=-7831&navigationId=142482>> acesso em: 09 de novembro de 2008

[4] **PON: CARACTERÍSTICAS**. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialpon/pagina_2.asp> acesso em: 06 de outubro de

2008.

[5] **PON: TOPOLOGIA DE REDE.** Disponível em: http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialpon/pagina_3.asp acesso em: 06 de novembro de 2008

[6] FERNANDES, Luiz F. C. **Conceitos Básicos de Fibra Óptica.** Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais.asp>. Acesso em: 29 de outubro de 2008.

[7] RAMASWAMI, Rajiv; SIVARAJAN, Kumar N. **Optical networks: a practical perspective.** 1a ed. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1998. 650 p.

[8] FILHO, Huber Bernal. **Padrões de Canalização em Sistemas de Transmissão Digitais.** Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais.asp>. Acesso em: 08 de novembro de 2008.