



**XX SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO XV

**GRUPO DE ESTUDO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO E TELECOMUNICAÇÃO
PARA SISTEMAS ELÉTRICOS - GTL**

**FIBER TO THE CURB CONJUGADO COM PLC:
SOLUÇÃO VIÁVEL PARA INCLUSÃO DIGITAL**

**Fumitaka
Nishimura
(1)**

**Liliane Cicarelli
(1)**

**Luiz Obara
(1)**

**Marcio
Coelho
(1)**

**Alex
Martins
(1)**

(1) PROCABLE ENERGIA E TELECOMUNICAÇÕES SA*

RESUMO

Com a implantação do cabo OPGW na maioria das linhas de transmissão do Brasil, tornou-se viável a utilização da fibra óptica até a residência de usuários de serviços de telecomunicações, utilizando-se as tecnologias de redes óticas passivas (PON – Passive Optical Network), baseadas na comunicação entre o equipamento transmissor OLT (Optical Line Terminal) e a ONU / ONT (Optical Network Unit / Optical Network Terminal) localizada na entrada de cada residência. Com essa solução, seria possível prover para cada residência serviços de voz, internet, vídeo sob demanda e demais serviços correlatos; no caso de escolas públicas, serviços de internet para a população de baixa renda e tele-aulas virtuais; para os hospitais públicos, videoconferência, internet e voz para aumentar o intercâmbio entre hospitais e postos de saúde, podendo evoluir até mesmo para tele-consultas; e no caso da segurança pública, o registro de imagens através de câmeras de monitoramento colocadas em pontos estratégicos.

Para o Brasil, por ser um país economicamente emergente, a solução de fibra até a residência (FTTH – Fiber to the Home) ainda se mostra economicamente inviável para implantação na grande maioria das localidades carentes do país distantes dos grandes centros. Esse trabalho mostra uma solução viável economicamente, conjugando a solução em fibra óptica até próximo do ponto de acesso (FTTC - Fiber to the Curb) e compartilhamento de uma ONU com vários usuários através da utilização da tecnologia PLC/BPL (Power Line Communication / Broadband Over Powerline) como solução de acesso aos usuários finais.

Esse trabalho mostra a solução completa do sistema FTTC com os equipamentos, cabos e acessórios; do sistema PLC e os testes que devem ser efetuados para garantir o sucesso da implantação conjunta dessa solução. O trabalho mostra também uma aplicação de FTTC na cidade de Teutônia no Rio Grande do Sul onde cada ONU foi compartilhada entre 3 a 4 residências para atender à demanda por serviços de voz e internet.

PALAVRAS-CHAVE

OPGW, FTTx, FTTC, GEAPON, PLC, BPL, fiber to the curb, power line communication, broadband over power line

1.0 - INTRODUÇÃO

No intuito de responder à grande demanda existente por serviços digitais, além de atender à demanda do Governo Federal por universalização do acesso digital, é necessária a utilização de novas tecnologias que possam tornar

mais eficiente, rápida e de menor custo, a utilização das infra-estruturas por onde trafegam os sinais digitais, buscando principalmente otimizar esse tráfego de dados por rotas já existentes.

O grande desafio desse estudo é mostrar uma solução viável na transmissão de dados em banda larga até o usuário final, de forma econômica no que se refere aos custos de implantação, operação e manutenção. Para atingir esses objetivos, utilizaremos uma rede híbrida formada por fibra óptica até um ponto próximo das residências, conhecida como FTTC, e efetuando-se a conexão final ao ponto de acesso do usuário através da rede elétrica, utilizando-se para isso a tecnologia PLC / BPL (Power Line Communication / Broadband Over Powerline).

A rede FTTC será responsável por transmitir os sinais de voz e Internet até POP's (Pontos de Presença), representados por armários ou caixas de distribuição, fixados nos próprios postes de energia ou próximos a eles, e a partir desses pontos a solução de acesso se dá através da rede elétrica (PLC/BPL), levando esses sinais até o local onde está o usuário (residências e empresas).

2.0 - REDE FTTC

2.1 Diagrama do sistema

A figura 1 apresenta o diagrama básico de uma rede FTTC:

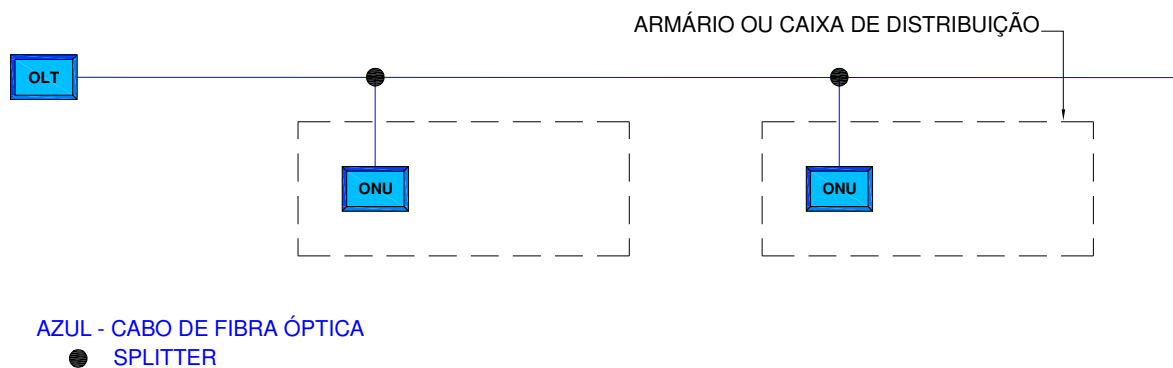


Figura 1 - Diagrama esquemático do sistema FTTC

A tecnologia FTTC possibilita o acesso de várias ONU's / ONT's a uma mesma OLT em configuração ponto-a-multiponto, com isso otimizando a utilização das fibras ópticas mediante o emprego de divisores óticos, os splitters. Em nosso trabalho, empregamos basicamente equipamentos com a tecnologia GPON, onde o elemento final da rede ótica é a ONU, enquanto na variante GPON, o mesmo elemento é denominado ONT. Por essa razão, todas as referências futuras serão feitas apenas a ONU.

2.2 Elementos da Rede FTTC

Os principais elementos de uma rede FTTC são a OLT, os Splitters e a ONU.

OLT: este equipamento viabiliza os serviços para os usuários finais, controlando a qualidade dos serviços agregadas à rede, e aplicando restrições de banda a cada um dos usuários, ou seja, controlando os diversos aspectos de seu acesso à rede. A OLT é, também, o elemento que realiza a multiplexação dos dados destinados ao diferentes usuários conectados na fibra ótica, e a demultiplexação dos dados recebidos dos mesmos.



Figura 2 - Foto ilustrativa da OLT

Splitter: este acessório possibilita a divisão física da fibra ótica, podendo ser de 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 e 1:32, podendo chegar até mesmo à razão 1:64, utilizada na tecnologia GPON. A atenuação inserida pelo splitter aumenta com a quantidade de derivações, sendo de 7dB para o splitter 1:2 e 20dB para o splitter 1:32. O projetista do sistema

define, baseado no budget máximo permitido pelo conjunto OLT+ONU, quais serão os splitters mais adequados para determinada aplicação.

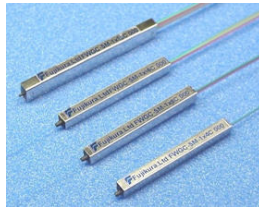


Figura 3 - Foto ilustrativa dos Splitters

ONU: este equipamento converte o sinal óptico proveniente da OLT para as portas padrões dos equipamentos de aplicação (normalmente ethernet). Ou seja, é basicamente um conversor de mídia, com alguma capacidade de gerenciamento remoto, efetuado normalmente pela OLT. A tecnologia GEAPON possibilita que cada OLT trabalhe com até 32 ONU's utilizando apenas uma fibra, enquanto no caso da tecnologia GPON, até 64 ONT's podem dividir a mesma porta ótica.



Figura 4 - Foto ilustrativa da ONU

3.0 - REDE PLC

3.1 Diagrama do sistema

A figura a seguir mostra o diagrama básico de uma rede de acesso PLC/BPL.

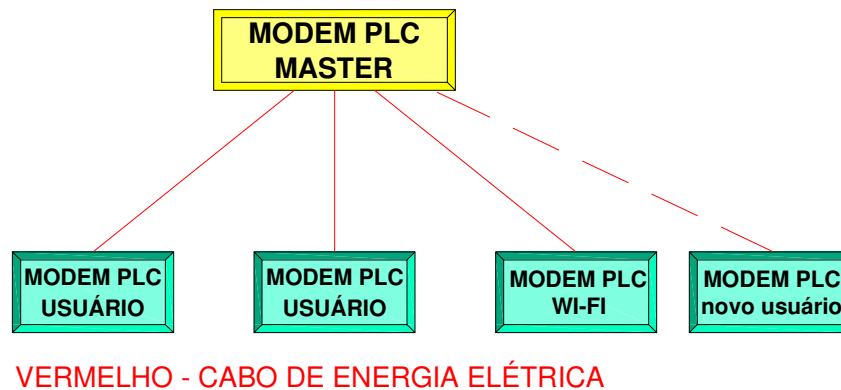


Figura 5 - Diagrama esquemático do sistema PLC/BPL

A tecnologia PLC/BPL permite o acesso do usuário à rede externa em fibra ótica utilizando a infra-estrutura da rede elétrica existente. Apresenta-se como uma solução viável economicamente se comparada ao acesso exclusivamente por fibra ótica, pois nem sempre é possível ou viável a passagem dos cabos de fibra ótica até o ponto onde se localiza o usuário. Adicionalmente, a utilização da rede elétrica existente gera uma flexibilidade operacional considerável em se tratando da inclusão de novos pontos de consumo, conforme pode ser visto na figura 5.

A tecnologia PLC/BPL abre um canal de comunicação sobre os fios metálicos da rede elétrica na frequência de aproximadamente 2 a 30MHz, transformando os cabos elétricos em barramentos de comunicação sem afetar o seu objetivo principal que é o fornecimento de energia. Esse canal de comunicação possui largura de banda tal que possibilita a utilização de internet e VoIP.

3.2 Equipamentos utilizados na rede PLC/BPL

Modem PLC master

O modem PLC master é equipamento concentrador da rede PLC/BPL e será posicionado no ponto de conexão com a rede de fibras ópticas. Sua função é atuar como “gateway” entre o equipamento terminal de fibra óptica e a rede de acesso sobre a rede de energia elétrica. O modem PLC master gerencia os modem PLC de usuários e possui a função de direcionar o tráfego a cada usuário conforme definido pelo administrador da rede. Usualmente o modem PLC master pode ser fornecido com opção de encapsulamento com proteção para instalação ao tempo, sujeito a intempéries.

Modem PLC de usuário

Podendo também ser conhecido como slave ou terminal, o modem PLC de usuário tem a função de fazer a interface entre o usuário e a rede de dados construída. Ele será instalado no interior do local onde será fornecido acesso à rede (empresa ou residência do usuário), recebendo e transmitindo os sinais de dados pela rede elétrica de distribuição interna. Existem no mercado modems que já possuem portas específicas que permitem separar os sinais de voz e dados para os telefones ou computadores a que se destinam.

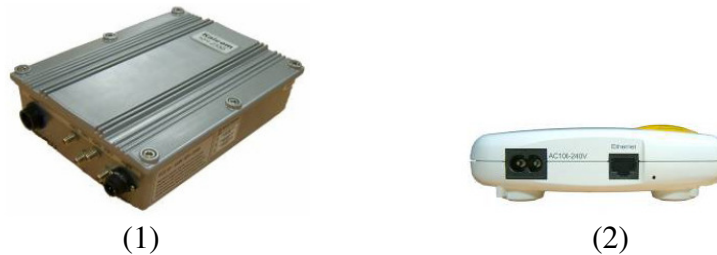


Figura 6 - Foto dos modems PLC Master (1) e de Usuário (2)

4.0 - SOLUÇÃO INTEGRADA FTTC COM PLC/BPL

4.1 Diagrama do sistema

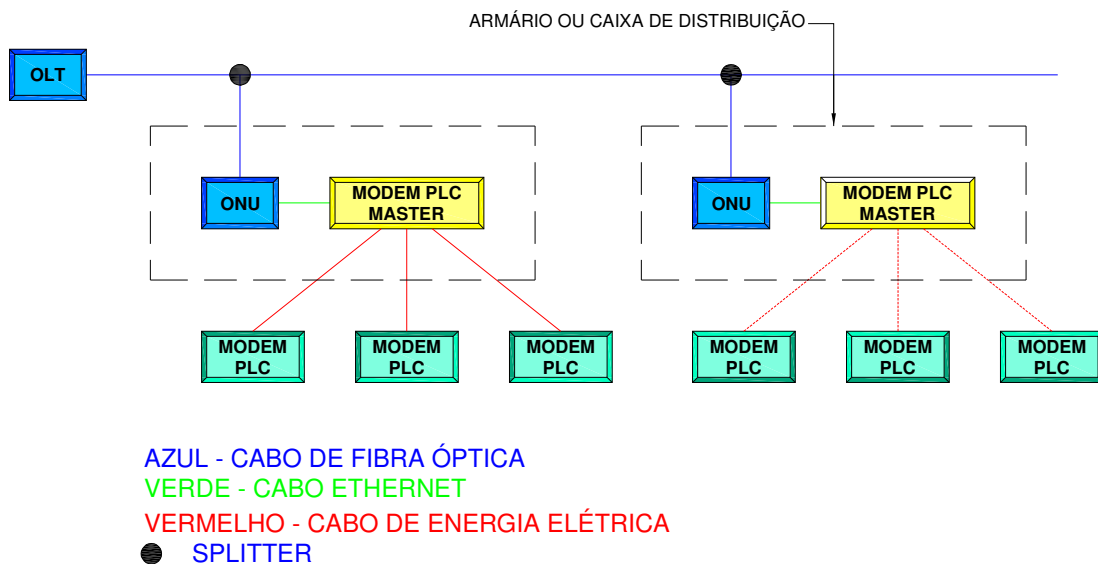


Figura 7 - Diagrama esquemático da solução integrada FTTC e PLC/BPL

Na solução integrada é utilizada uma rede passiva a partir da OLT conectada ao backbone do provedor de acesso, alimentando as diversas ONU's localizadas próximas aos usuários finais. Cada ONU é então conectada a um modem PLC master, que gerencia uma rede menor de usuários que possuem o modem PLC de usuário instalado em sua residência.

Aos modems PLC de usuário poderão estar ligados também diversas instituições públicas municipais, estaduais e federais, tais como hospitais, escolas e repartições, possibilitando o uso de serviços como tele-aulas, videoconferências, VoIP, vídeo-consultas médicas, segurança e monitoramento, informação e prestação de serviços aos contribuintes, etc.

A ampliação do sistema pode ser feita gradativamente com a inclusão de mais ONU's e modems PLC master. Nos circuitos onde a infra-estrutura já esteja instalada, a ampliação é feita simplesmente conectando-se um modem PLC de usuário ao sistema elétrico da nova residência/empresa a ser atendida, e configurando o reconhecimento pelo modem PLC master.

Uma aplicação interessante e que representa a universalização do acesso digital é a conexão do modem PLC de usuário a um sistema de roteamento Wi-Fi que permitirá o acesso à internet, voz e dados a praças, ruas, escolas e repartições públicas governamentais.

4.2 Instalação e Testes

Devido às suas características, o sistema sugerido possui algumas peculiaridades que necessitam ser devidamente abordadas que seu funcionamento ocorra de forma adequada.

Inicialmente, deve-se verificar se o conjunto de atenuações impostas pelo sistema de elementos óticos passivos está dentro do budget tolerável pelo conjunto composto por OLT e ONU, e se o comprimento do cabo ótico está dentro dos limites do equipamento utilizado.

Deve-se também assegurar que todos os usuários de uma determinada caixa de distribuição que contenha o modem PLC master estejam localizados até uma distância limite desta caixa, sendo esta distância especificada pelo fabricante do modem PLC. Normalmente, o limite está situado na faixa de 100 a 500m.

Garantido isso, é necessário também que todas as tomadas candidatas a receber o sinal PLC, dentro da residência do usuário estejam conectadas a mesma fase onde está ligado o modem PLC da caixa de distribuição, já que o cabeamento elétrico é o meio físico de transmissão de dados na rede proposta. Caso isso não ocorra, é possível contornar essa situação mediante o uso de acopladores de sinal, capacitivos ou indutivos, na ligação do modem PLC da caixa de distribuição à rede elétrica, permitindo que o mesmo sinal trafegue por todas as fases da rede que forem necessárias.

Passadas essas etapas, é necessário identificar e mitigar as potenciais fontes de interferência, dentro da residência do usuário, que possam comprometer significativamente a qualidade do sinal distribuído.

A primeira dessas fontes é o medidor de energia, que pode bloquear total ou parcialmente o sinal PLC transmitido para o interior da residência. Devem ser realizados testes de atenuação para cada um dos modelos de medidores encontrados nas residências-clientes da rede, e caso sua influência no sinal seja significativa, podem ser empregados acopladores para o bypass do sinal.

Outras fontes conhecidas de ruído no interior da residência são motores e reatores, como os presentes em eletrodomésticos, como liquidificadores, batedeiras, centrífugas, etc, e em lâmpadas fluorescentes. Neste caso, existem duas abordagens possíveis de atenuação: uso de filtros de linha nos dispositivos geradores de ruído, ou bloqueio das frequências críticas nos modems PLC, através de filtros tipo "notch". Para este último caso, é necessário um levantamento a priori das frequências que deverão ser bloqueadas, o que pode ser obtido mediante a utilização de analisadores de espectro.

É também extremamente importante um levantamento de todos os serviços que serão agregados a rede que se pretende implementar, bem como suas necessidades de banda de transmissão e limites aceitáveis de latência para os mesmos.

A tabela a seguir apresenta as características de banda e latência para alguns serviços típicos:

Tabela1: Características de banda e latência para serviços digitais típicos

Serviço	Banda	Latência
Internet	baixa - alta	baixa - alta
VOIP (Voz sobre IP)	baixa	baixa
IPTV	média	muito baixa
Vídeo por demanda	alta	muito baixa

Conhecendo-se as características dos serviços, é necessária uma avaliação das taxas de transferências atingidas pela rede de dados, para cada usuário, de modo a verificar a adequação a prestação dos serviços ofertados. Esses testes devem ser realizados em um horário de maior carregamento da rede elétrica, que é o momento mais crítico,

em virtude das maiores flutuações de sinal observadas devido às interferências somadas de maior quantidade de dispositivos eletro/eletrônicos energizados na residência do usuário.

Tendo sido concluídos todos os testes descritos de maneira satisfatória, e tomadas as medidas de contorno que forem necessárias, a rede estará pronta para entrar em operação.

5.0 - DESCRIÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO EM TEUTÔNIA / RS

Em meados de 2005, a Procable Energia e Telecomunicações SA sugeriu a implantação de um projeto inovador que usava a filosofia FTTC em substituição a uma rede de telecomunicações via rádio, então utilizada pela Cooperativa de Energia Elétrica Certel no município de Teutônia no Rio Grande do Sul.

O objetivo era fornecer um produto com tecnologia avançada, que pudesse melhorar o desempenho do sistema de telecomunicações do Certelnet e possibilitar que mais serviços fossem agregados à rede que outrora funcionava apenas como acesso à internet com extremas limitações de banda.

Para atendimento de todos os pontos levantados, inicialmente 102 assinantes no total, foi proposta a utilização de uma OLT e 34 ONU's, formando duas redes PON distintas.

A OLT foi instalada em rack apropriado dentro do CPD da CertelNet. Com o intuito de prover maior confiabilidade ao sistema, essa OLT foi alimentada por duas fontes que trabalham de forma redundante, além de possibilitar a substituição de uma delas "a quente" (sem necessidade de desligar o equipamento) quando necessário. Foram lançados dois cabos com uma fibra óptica cada, saindo do CertelNet e indo através dos postes até os splitters, dividindo o sinal da porta PON em quantidade suficiente para atender a todos os assinantes. Os splitters e as ONU's foram montadas dentro das caixas herméticas previamente instaladas em locais estratégicos. Os chamados pontos estratégicos foram especificados atendendo aos requisitos de alcançar o maior número possível de assinantes através de uma mesma ONU.

Nestas caixas foram instaladas as ONU's, e feita a fusão da fibra óptica com um pigtail com conector SC para conexão com a ONU.

A ONU utilizada possui uma porta ethernet, padrão RJ-45 com velocidade de transmissão de 10/100Mbps que foi compartilhada, em média, entre 3 ou 4 usuários finais via cabo UTP que, de acordo com a proposta desse trabalho poderá ser substituído pelos sistemas PLC/BPL, provendo uma maneira muito mais rápida e confiável de fornecer o acesso ao usuário por meio da rede elétrica, além de facilitar em muito o processo a expansão da rede.

A seguir é apresentado o diagrama esquemático da instalação realizada em Teutônia, no Rio Grande do Sul:

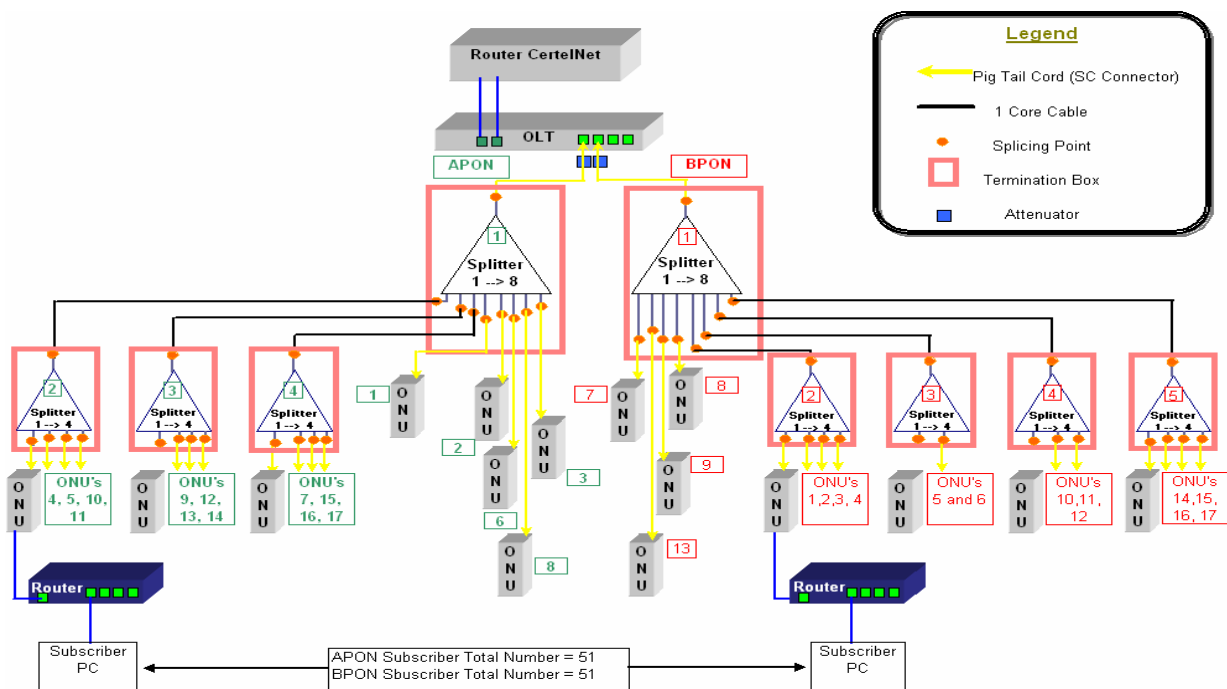


Figura 8 - Diagrama esquemático da instalação de FTTC em Teutônia/RS

O projeto, em regime turn-key, foi realizado integralmente pela Procable Energia e Telecomunicações SA, e foi orçado em cerca de R\$ 300.000,00 (2006), possuindo uma capacidade para atender até 250 usuários. As pesquisas de satisfação dos clientes realizados pelo Certelnet após a instalação do sistema mostraram que o projeto foi bem sucedido e pode ser usado de modelo em pequenas cidades, considerando o seu baixo custo por ponto de acesso, se comparado técnica e economicamente com outras tecnologias.

6.0 - CONCLUSÃO

O trabalho apresentou a solução de acesso digital integrando as tecnologias FTTC e PLC/BPL como uma alternativa viável para pequenas comunidades carentes o interior do país, abrindo a perspectiva de inclusão de diversos serviços digitais para escolas, hospitais, repartições públicas, etc., também suprindo, para comunidades de baixa renda, o acesso à informação e serviços de primeiro mundo.

Foram abordados os equipamentos e acessórios necessários para a instalação dos dois tipos de rede empregados em nossa abordagem híbrida: rede ótica e PLC/BPL, sendo discutido também o tema relacionado aos testes que devem ser realizados após a concepção da rede para garantir que essa venha a operar conforme projetado.

Finalmente, apresentamos um caso de sucesso de implantação de um projeto FTTC na cidade de Teutônia no Rio Grande do Sul, onde o pioneirismo de seus executores levou à realização de um projeto que agregou valor à comunidade e trouxe diversos benefícios aos usuários do sistema de telecomunicações instalado.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Sistemas e Redes de Telecomunicações, Rui Sá, 2007.
- (2) A tecnologia PLC: Oportunidade para os setores de telecomunicações e energia elétrica, disponível em: <<http://www.teleco.com.br/tutoriais.asp>>. Acesso em 13/03/2009.
- (3) Fiber to the X, disponível em <<http://en.wikipedia.org/wiki/FTTH>>. Acesso em 13/03/2009.
- (4) Infra-estrutura de redes, anuário Telecom disponível em: <<http://www.anuariotelecom.com.br/anutel/2007/produtos.shtml>>. Acesso em 13/03/2009.
- (5) Redes PLC (através da rede elétrica), disponível em: <http://www.projetederedes.com.br/tutoriais/tutorial_redes_plc_01.php>. Acesso em 13/03/2009.
- (6) IBGE, disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 13/03/2009.
- (7) Data Folha, disponível em: <<http://datafolha.folha.uol.com.br/>>. Acesso em 13/03/2009.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Fumitaka Nishimura é membro do IEEE. Bacharelado em 1973 e Mestrado em 1981 em Engenharia Elétrica e Doutorado em Sistemas de Potência em 1988 pela USP – Universidade de São Paulo. Atualmente é o CEO da Procable Energia e Telecomunicações SA.

Liliane D. Cicarelli é membro do IEEE. Bacharelado em 1986 e Mestrado em 1992 em Sistemas Elétricos de Potência pela USP – Universidade de São Paulo. Atualmente é Gerente Geral da Procable Energia e Telecomunicações SA.

Luiz Shiguenobu Obara é Bacharelado em 1982 pela USP – Universidade de São Paulo. Atualmente é Gerente de Engenharia na Procable Energia e Telecomunicações SA.

Marcio Coelho é membro do IEEE. Bacharelado em 1993 pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e Mestrando em Sistemas de Potência pela USP – Universidade de São Paulo. Atualmente é Engenheiro Eletricista na Procable Energia e Telecomunicações SA.

Alex Volpato Martins é Bacharelado em 2003 pela Universidade Federal de Santa Catarina em Engenharia de

Controle e Automação Industrial. Atualmente é Engenheiro de Telecomunicações na Procable Energia e Telecomunicações SA.