

JOÃO SÉRGIO DA SILVA COSTA

OUTROS TRABALHOS EM:
www.projetoderedes.com.br

INTERNET VIA REDE ELÉTRICA

BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

FACULDADES UNIFICADAS DOCTUM DE CATAGUASES
CATAGUASES – MG – BRASIL
2009

JOÃO SÉRGIO DA SILVA COSTA

INTERNET VIA REDE ELÉTRICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora das Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação, sob a orientação do Prof. Leandro Mota Borges

JOÃO SÉRGIO DA SILVA COSTA

INTERNET VIA REDE ELÉTRICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora das Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Leandro da Motta Borges – Orientador
Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases

Prof. Frands de Souza Franco
Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases

Prof. Rúben Gonçalves Rocha
Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases

CATAGUASES – MG – BRASIL
2009

Dedico este trabalho a meu pai Sérgio da Trindade Costa(in memorian) que não poupou esforços para me ajudar nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

A minha mãe Maria de Fátima da Silva Costa e ao meu irmão Ricardo José da Silva Costa, que sempre estiveram ao meu lado durante os anos de curso.

Ao Pe. Ênio Marcos de Oliveira, pela ajuda no momento em que, por problemas burocráticos, tudo parecia perdido.

Ao orientador Leandro da Motta Borges, pela paciência na orientação deste trabalho.

Às Faculdades Doctum, e a todos os seus professores e funcionários, que de uma forma ou de outra, me ajudaram ao longo destes 4 anos.

Aos amigos Alexandre, Cláudio, Danilo, Marcus Vinícius, Ronaldo e Victor que me ajudaram em vários momentos deste caminhada.

“No velho paradigma, a briga era para falar. Na rede, o difícil é ser ouvido”

Sérgio Amadeu da Silveira

RESUMO

O presente trabalho traz um estudo sobre a tecnologia *Power Line Communication*(PLC), que permite a transmissão de dados através da rede elétrica. Discorre sobre a história dessa tecnologia e as mudanças pelas quais ela passou, desde sua criação. Fala sobre as técnicas de modulação utilizadas no PLC e os diferentes tipos de equipamento utilizados, explicado de forma breve a função de cada um. Este trabalho também faz um breve comentário a respeito das resoluções da Anatel e da Aneel que regulamentam o uso da tecnologia PLC no Brasil, que foram editadas ao longo do ano de 2009. Por fim são feitos dois estudos de caso, a respeito de projetos-piloto envolvendo o PLC em dois momentos distintos. Um em 2001, em Belo Horizonte, pela CEMIG, o outro no ano de 2009, no interior paranaense, pela Copel.

Palavras-chave: PLC, BPL, internet pela rede elétrica, inclusão digital

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	16
Figura 2	18
Figura 3	19
Figura 4	20
Figura 5	21
Figura 6	22
Figura 7	26
Figura 8	27
Figura 9	27
Figura 10	28
Figura 11	29
Figura 12	31
Figura 13	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 125

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1.HISTÓRICO	12
2.EQUIPAMENTOS.....	16
2.1 Equipamentos do segmento de média tensão.....	16
2.2 Equipamentos do segmento “ <i>last-Mile</i> ”.....	17
2.3 Equipamentos do segmento de “ <i>last-Inch</i> ”.....	20
3.REGULAMENTAÇÃO.....	23
3.1 Resolução da Anatel	22
3.2Resolução da Aneel	23
4.ESTUDOS DE CASO	25
4.1 CEMIG	25
4.2 Copel	30
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo fazer um breve levantamento sobre a tecnologia PLC (*Power Line Communication*) que permite se prover o acesso à internet por meio da rede elétrica.

Ao longo do texto o leitor vai ter informações sobre a tecnologia PLC e suas possibilidades de aplicação no Brasil.

No capítulo 1, apresentamos uma visão geral da tecnologia PLC, um breve histórico de sua utilização, e um pequeno panorama de sua implantação pelo mundo.

No capítulo 2, explicamos a função de cada um dos diferentes equipamentos utilizados na tecnologia PLC.

No capítulo 3, comentamos a situação as resoluções da Anatel e da ANEEL que regulam a utilização da tecnologia PLC no .

No capítulo 4, foi feito um estudo de caso sobre os projetos-piloto feito com PLC em Belo Horizonte, pela CEMIG, em 2001 e em Santo Antônio da Platina, pela Copel, em 2009. São abordadas as topologias utilizadas nos projetos, os equipamentos empregados e os resultados obtidos.

1. HISTÓRICO

Atualmente é indiscutível a importância da internet enquanto meio para troca de informações, entretenimento e ferramenta de trabalho. Nem todos, porém, estão incluídos na rede. Há um sério problema na chamada “última milha”, ou seja, na conexão final entre a casa do utilizador e a rede central.

Um dos grandes empecilhos que ainda existem para a ampla disseminação do acesso à Internet para o público em geral é, sem dúvida, a falta de um meio de transmissão de dados de baixo custo. (LIMA, 2006)

A transmissão de sinais de comunicação sobre as redes de distribuição de energia elétrica é muito utilizada pelas empresas que atuam nesta área. Isso se observa desde a década de 50, onde informações operacionais, comando e controle dessas empresas são transmitidos através dos circuitos de baixa e de alta tensão, denominada telemetria (SOARES, 2002). A utilização de redes de distribuição de baixa e média tensão para o transporte de sinais evoluiu e deu origem à tecnologia *Power Line Communications* (PLC). (SILVA e PACHECO, 2008).

Com o desenvolvimento da tecnologia *Power Line Communication* (PLC), que permite que transmissões de sinais por onda portadora em redes de distribuição de energia aconteçam, surge mais uma opção de conectividade em banda larga, além dos sistemas *wireless*, de satélite e cabos coaxiais das operadoras de TV por assinatura. (DIAS et al., 2003)

Uma característica que torna o PLC uma alternativa atrativa é a grande capilaridade da rede elétrica, o que reduz de forma significativa os custos do sistema.

Segundo VIDAL (2005):

os sistemas de transmissão e de distribuição de energia elétrica formam atualmente a maior estrutura, em forma de rede, instalada no planeta. Com mais de três bilhões de usuários em todo o mundo, tais estruturas estão presentes em praticamente qualquer localidade. Durante décadas, através do fornecimento de energia elétrica, tais sistemas têm proporcionado às pessoas um nível de conforto sequer imaginado antes de sua existência.

Contudo, a rede elétrica das casas sempre foi visto como um meio pouco adequado para transmissão de dados em alta velocidade, principalmente devido às questões relativas a ruídos e interferências. Os avanços tecnológicos relativos à modulação de sinais, detecção e correção de erro, no entanto, têm gerado soluções eficientes para essa questão, tornando possível as redes *powerline* suportar taxas de transmissão de dados comparáveis às das redes cabeadas.(ENDO e GONÇALVES, 2006)

Questões como ruídos e radiações eletromagnéticas vêm sendo discutidas em congressos e seminários sobre PLC. Um exemplo de problema foi o caso de um sistema desenvolvido pela Nor.Web no Reino Unido ainda no início da tecnologia. Esse sistema emitia um ruído nas ondas de rádio na banda de 1-30MHz, que resultou em interferências nos sinais da agência de rádio do governo britânico. Consequentemente, o Departamento de Indústria e Comércio do Reino Unido proibiu o uso de PLC, o que contribuiu para a que a Nor.Web se retirasse do mercado.(VARGAS et. al.,2004)

Tais problemas, no entanto, têm sido solucionados na segunda geração de PLC, que adota a técnica OFDM (*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*) de modulação de sinal, que reduz drasticamente a interferência gerada sobre as ondas de rádio.

TIBALDI e MOURA JR. (2007) afirmam que:

A OFDM também conhecido como discrete multitone modulation (DTM) , é uma técnica de modulação baseada na idéia de multiplexação por divisão de frequência (FDM) onde múltiplos sinais são enviados em diferentes frequências. Muitos são familiarizados com FDM pelo uso de aparelhos de rádio e televisão, normalmente, cada estação é associada a uma determinada frequência (ou canal) e deve utilizá-la para realizar suas transmissões. OFDM parte deste conceito, mas vai além, pois divide uma única transmissão em múltiplos sinais com menor ocupação espectral (dezenas ou milhares). Isto adicionado com o uso de técnicas avançadas de modulação em cada componente, resulta em um sinal com grande resistência à interferência.

Os benefícios dessa técnica de modulação são: maior número de canais para uma mesma faixa espectral quando comparado com a técnica FDM, resistência à interferência RF e pouca distorção causada por caminhos múltiplos. (DIAS et. al.,2003)

Conforme o AVILA e PEREIRA (2007), os dispositivos para comunicação PLC em baixa tensão, usados principalmente para redes “*in door*”, tem se multiplicado.

A comunicação em redes de baixa tensão está caminhando a passos largos no Brasil. Em contrapartida, esta mesma tecnologia ainda se encontra em estágios iniciais quando se trata de transmissão de dados em banda larga sobre redes de média tensão (AVILA e PEREIRA, 2007).

Países como EUA, Espanha e Alemanha já utilizam acesso a Internet através da PLC, no Brasil empresas de geração e distribuição de energia elétrica (CEMIG em Minas Gerais, ELETROPAULO em São Paulo, Copel no Paraná, LIGHT no Rio de Janeiro e CEEE no Rio Grande do Sul) estudam a viabilidade dessa nova tecnologia para serviços de telemetria e de Internet com acesso banda larga (ANATEL, 2007 apud. Silva & PACHECO, 2008).

SANTOS (2008) ressalta que:

Um dos problemas que, de certo modo, inibe o desenvolvimento e a difusão da tecnologia PLC no país é a falta de padronização dos produtos. Sem se ter uma padronização, o que ocorre é que os produtos de fabricantes distintos não são interoperáveis. Desse modo, um provedor de rede PLC fica dependente de um produto em específico, ficando sempre a mercê da evolução tecnológica e preço da tecnologia escolhida. Isto, de certo modo, inibe o surgimento de concorrentes que acabariam de fazer com que as PLC evoluíssem e diminuíssem de preço mais rápido. De fato, existem grupos de discussão que contribuem com idéias para alguns órgãos de padronização localizados primordialmente nos EUA, Europa e Japão.

2. EQUIPAMENTOS

No referente ao segmento, as redes de PLC se dividem em três categorias:

- média tensão

- "last-mile"

- "last-inch"

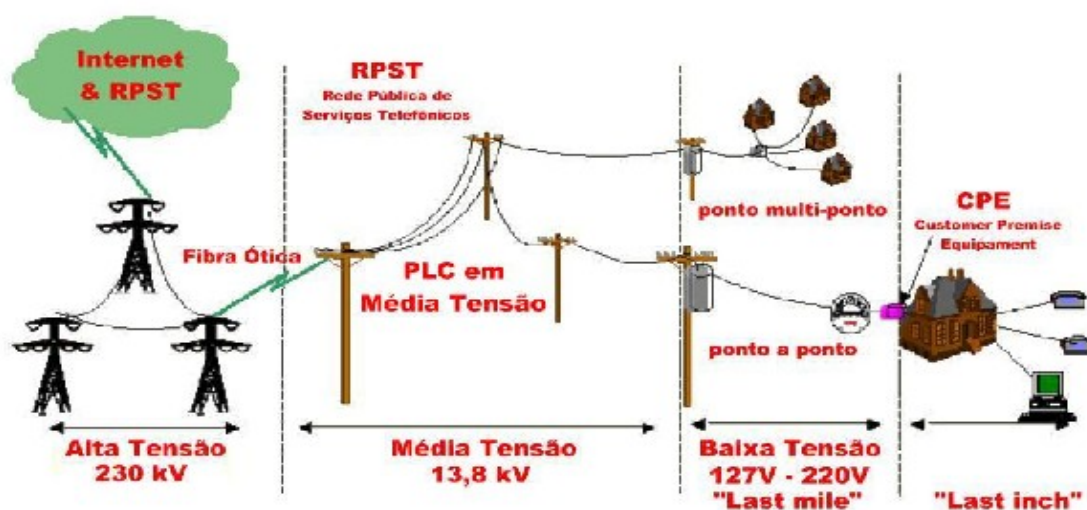


Figura 1- Representação dos diferentes segmentos onde o PLC pode ser aplicado –
Fonte: Avila & Pereira (2007)

2.1 Equipamentos do segmento de média tensão

Segmento de média tensão é o trecho entre a subestação da companhia de energia elétrica e o transformador de baixa tensão da rede que atende os consumidores finais. (AVILA e PEREIRA, 2007)

Nesse segmento os principais equipamentos são o extrator de subestação e o injetor.

De acordo com SANTOS (2008), o extrator de subestação é instalado junto a Subestação de distribuição da rede elétrica. Sua função é permitir a interconexão com provedores de serviços, como o da internet, enquanto que pode servir de Transformador MT.

As funções do equipamento de Subestação podem ser desempenhadas, dependendo da configuração, pelo mesmo Equipamento de Transformador (FRANÇA et al.,2006).

Os injetores por sua vez, são os equipamentos acessórios necessários para injetar e adaptar o sinal de telecomunicações do equipamento PLC para a grade de distribuição (MT e BT) (FRANÇA et al.,2006). De acordo com SANTOS (2008), “podem ser capacitivos, quando injetar os sinais através de capacitores, tendo contato direto com a rede elétrica, ou podem ser indutivos, quando injetam os dados por indução magnética.”

2.2 Equipamentos do segmento “*last-mile*”

“*Last-mile*” é o nome dado ao trecho de rede elétrica compreendida entre o transformador de baixa tensão e a residência do consumidor. (AVILA e PEREIRA, 2007).

Neste segmento o PLC apresenta-se como mais uma possibilidade tecnológica para o acesso a Internet. É nesse segmento que as concessionárias de energia elétrica demonstram interesse, pois a tecnologia PLC utiliza as linhas de transmissão das mesmas, possibilitando a abertura de um novo setor de mercado (SILVA e PACHECO, 2008).

Os principais equipamentos no segmento “*last-mile*” são:

- Caixa de Distribuição (ou equipamento de concentração): determinados condomínios ou prédios podem exigir um equipamento de concentração que otimize a largura de banda para um conjunto de usuários próximos. Em prédios, este equipamento é geralmente instalado junto à sala de medidores. Algumas vezes, pode ser utilizado como um nó

intermediário para expandir a cobertura ou aumentar a largura de banda em segmentos críticos da rede (FRANÇA et al.,2006).



FIGURA 2 - Caixa de Distribuição

FONTE: *Mitsubishi e Hypertrade V SPLC,2004, apud.*
FRANÇA et al., 2006

- Extrator do Transformador MT/BT: é o equipamento responsável por extrair o sinal do canal que dá acesso à internet (seja uma rede de média tensão, fibra óptica, etc.) e o injetar na rede de baixa tensão, que é a rede que chega às residências, de modo a tornar possível o fluxo de dados no segmento entre o transformador e o *modem* ou repetidor, dependendo do caso. (SANTOS, 2008).

Opcionalmente os Equipamentos de Transformador podem incluir:

- Placas *WiFi* que permitem o acesso *wireless* a clientes dentro da área de cobertura do Transformador, sem utilizar a rede de baixa tensão, mas utilizando a rede de média tensão para entrega do sinal;

- Placas de *Fast Ethernet* ou *Gigabit Ethernet* para interconexão destes equipamentos através de interfaces RJ-45 ou GbEthernet, o que permite o uso de fibra óptica ou outras tecnologias para a rede de distribuição (xDSL, LMDS, etc). (FRANÇA et al.).



FIGURA 3- Repetidores BT/MT

FONTE: PLC Utilities Alliance,2004, apud.FRANÇA et al.,2006

- Repetidor: o Repetidor recupera e re-injeta o sinal PLC proveniente dos Equipamentos de Transformador para a rede elétrica de distribuição doméstica. É instalado normalmente junto à sala de medidores de cada prédio ou em algum local intermediário (por exemplo, postes sem transformador) na rede de distribuição de baixa tensão.(FRANÇA et al.) Contudo, ele também pode ser instalado segmentos críticos de uma rede. Isto é, caso a atenuação seja muito grande ele pode ser instalado, por exemplo, entre o transformador e *modem*.(SANTOS, 2008)



FIGURA 4-Repetidor
FONTE:PLC Utilitie, apud. FRANÇA et al., 2006

2.3 Equipamentos do segmento “*last-inch*”

“*Last inch*” é o nome dado ao trecho de rede elétrica de baixa tensão localizado nas dependências do consumidor. (AVILA e PEREIRA, 2007) .

É a rede dentro das edificações (residenciais, comerciais e industriais). Este segmento possibilita ampliar gradativamente o espectro das redes prediais, pois transforma todas as tomadas elétricas em pontos de acesso de sinais de dados para computadores pessoais, telefones e impressoras, bem como para outros dispositivos eletro-eletrônicos com este tipo de facilidade (MAJUMDER; CAFFREY, 2004 apud. SILVA & PACHECO, 2008).

Principais dispositivos do segmento “*last-inch*”:

- Modem PLC: o Modem PLC é um equipamento que realiza a interface entre os equipamentos dos usuários e a rede elétrica de distribuição, transformando o sinal do

equipamento terminal de telecomunicações em sinal modulado e transportado sobre a rede elétrica.

O *Modem* recebe alimentação e os sinais de telecomunicações pela rede elétrica de distribuição doméstica (*in-house*). O *Modem* permite também separar as aplicações de voz e dados, para os respectivos telefones ou computadores pessoais.

Há diversos tipos de *modems*, como *modems* para acesso a Internet (*Ethernet* e/ou USB), *modem* para Internet e Telefonia (*Ethernet* e/ou USB + RJ-11) e *modems* só para voz (RJ-11). (FRANÇA et al.).



FIGURA 5- Modem PLC
FONTE: Monqueiro (2007)

- Isolador de ruídos: utilizado para diminuir a quantidade de ruído em uma rede, o que aumenta o desempenho geral da mesma. Ele é utilizado quando o *modem* PLC está conectado a um circuito onde se conectam outros aparelhos. (SANTOS, 2008)



FIGURA 6- Isolador de ruídos

FONTE:Mitsubishi e Hypertrade2004, apud. FRANÇA et al., 2006

3. REGULAMENTAÇÃO

No decorrer do ano de 2009, a Anatel e a Aneel, agências reguladoras responsáveis, respectivamente, pelas telecomunicações e pelo setor de energia elétrica, emitiram resoluções a fim de definir as regras para a exploração da tecnologia PLC no Brasil.

3.1 Resolução da Anatel

No dia 6 de abril de 2009, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) expediu a Resolução 527/09, regulamentando o Uso de Radiofrequências por Sistemas de Banda Larga por meio de Redes de Energia Elétrica. Segundo o texto da resolução, o serviço deve operar em caráter secundário, na faixa entre 1.705 kHz e 50MHz, devendo haver um mecanismo externo que possibilite o desligamento de qualquer unidade que provoque interferência em outros serviços. Ainda segundo a resolução da Anatel, qualquer equipamento que venha a ser utilizado em redes PLC deve ser homologado pela entidade, e os equipamentos que estiverem em operação em desconformidade com o que foi estabelecido, deverão sair de operação até a data limite de 30 de junho de 2010.

3.2 Resolução da Aneel

Em 18 de agosto de 2009, a ANEEL emitiu a Resolução 537/09 a respeito da tecnologia PLC. Por essa portaria, fica definido que as distribuidoras de energia ficam proibidas de explorar comercialmente esse serviço de maneira direta, devendo constituir subsidiárias na área de telecomunicações para prestar o serviço, ou alugar a estrutura para exploração por terceiros. Pelas regras da portaria, as distribuidoras interessadas em usar sua rede para o PLC ficam obrigadas a fazer uma espécie de oferta pública para

compartilhamento da rede. A portaria também determina que o serviço de PLC não poderá prejudicar o fornecimento de energia para os usuários da distribuidora.

A resolução da agência também determina que as receitas obtidas pelas distribuidoras de energia com o aluguel da rede para as empresas de internet, deverão ser revertidas para a redução da tarifa de energia elétrica e que eventuais investimentos necessários para tornar a rede elétrica adequada ao PLC deverão ser feitos pela operadora de telecomunicações e não pela distribuidora de energia.

4. ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo, serão feitos dois estudos de caso, analisando duas das principais experiências realizadas no Brasil com a tecnologia PLC. A primeira delas foi realizada pela CEMIG no ano de 2002. a outra está sendo realizada pela Copel, no interior do Paraná, desde o primeiro semestre de 2009 e ainda se encontra em andamento.

4.1-CEMIG

Ao longo do ano de 2002, a CEMIG realizou uma experiência com a tecnologia PLC em dois bairros de Belo Horizonte (Belvedere e Nova Paris).

Na tabela abaixo, o histórico dos principais eventos dessa experiência

Março de 1998	Apresentação do Consultor David Healey sobre aplicações PLT na Inglaterra
Novembro de 1998	Início dos trabalhos de pesquisa no TI/TC, envolvendo consultas via internet e intercâmbio de informações com especialistas estrangeiros e entidades acadêmicas
Julho de 1999	Emissão do Relatório de Pesquisa Técnica 02.112- TI/TC - 0353, referente à transmissão de dados em redes de distribuição de energia elétrica
Setembro de 1999	Participação no seminário “Power Line Telecommunications”, promovido pela APTEL no Rio de Janeiro, com a participação de especialistas estrangeiros e empresas nacionais
Fevereiro de 2000	Viagem à Alemanha, com participação na feira de Hanover e visita ao piloto da RWE instalado na cidade de Essen;
Novembro de 2000	Testes de campo no bairro Belvedere com ASCOM e MAINNET;
Março de 2001	Viagem à Alemanha, com participação na feira de Hanover e contatos para definir ações de implementação de piloto
Mai de 2001	Definição do local do piloto PLC da CEMIG (Visitação de “PLC players”) e envio de cartas convidando clientes a participar da experiência
Junho de 2001	Participação no seminário Powerline da APTEL em Curitiba
Julho de 2001	Envio de R.F.P para 03 empresas de PLC
Outubro de 2001	Contratação da Empresa ASCOM - PLC para implementação do piloto na malha de distribuição da CEMIG
Novembro de 2001	Montagem do piloto PLC nos bairros Belvedere e Vila Paris;
Dezembro de 2001	Ativação oficial do piloto em 2Mbps com 40 pontos de acesso
Janeiro de 2002	Início de monitoração remota e levantamento geral de dados por período de 01 ano

Março de 2002	Recalibração do sistema após término do racionamento de energia;
Abril - Agosto de 2002	Análise de dados de campo, calibração fina e estudos para implementação de novos serviços
Setembro de 2002	Estudos de emissão eletromagnética dos cabos que conduzem sinais PLC, em parceria com a PUC – MG
Novembro de 2002	Retirada dos equipamentos e encerramento oficial do piloto
Janeiro de 2003	Emissão do relatório final

Tabela 1-Cronograma do projeto piloto da CEMIG

FONTE: Andrade e Souza(2004)(Adaptado para outro formato)

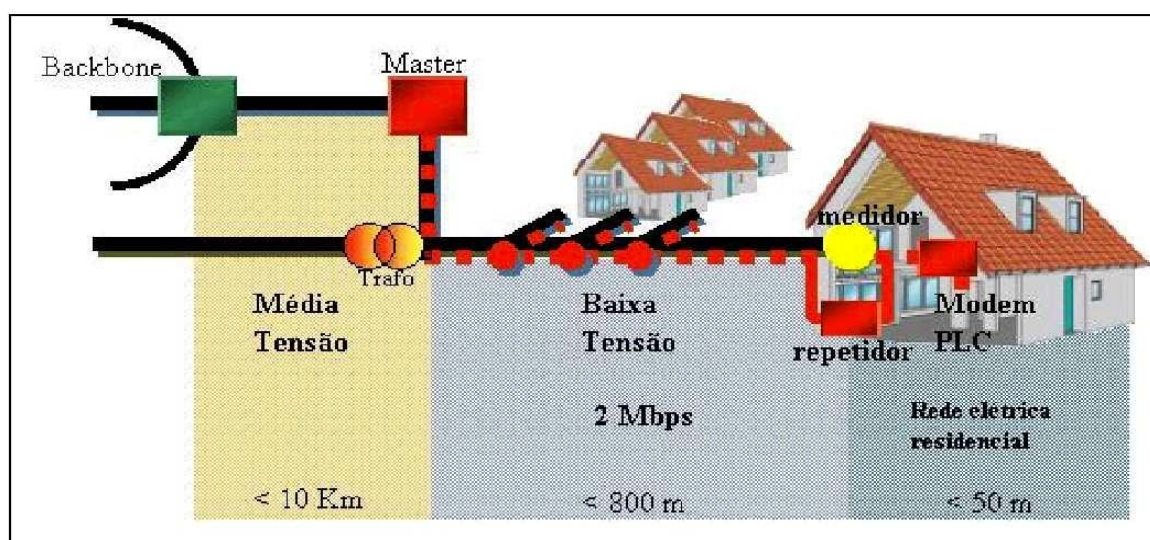


FIGURA 7- Configuração geral do projeto de PLC da CEMIG –
FONTE: CEMIG (2003)

A configuração adotada no projeto piloto da CEMIG consistia em se colocar em cada rua um *master* PLC, que pegava o sinal de um *cable-modem* (instalado por uma operadora de telecomunicações) e injetá-lo nas fases e no neutro da rede, secundária, de modo que a velocidade máxima do *link* (2Mbps) era dividida entre todos os que estivessem conectados no momento. Dentro da residência de cada usuário, havia um *modem* PLC, que extraía o sinal da rede e o enviava para as máquinas dos usuários através de uma interfade

Ethernet ou USB. Em alguns casos, foi necessário instalar um repetidor à altura do transformador. (VARGAS, 2006).

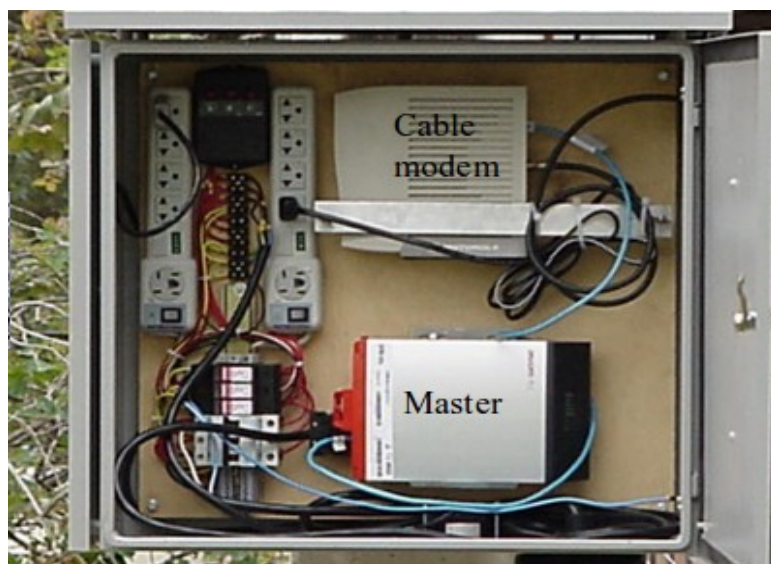


FIGURA 8- Ligação entre cable-modem e PLC Master –
FONTE: CEMIG (2003)



FIGURA 9: Ligação entre cable-modem e Master PLC-
FONTE: CEMIG (2003)



FIGURA 10- Modem PLC ligado a um PC
FONTE: CEMIG (2003)

LAGES (2006), lembra que “qualquer outra estrutura de telecomunicações poderia ter sido usada: fibra óptica, rádio e etc, desde que possuíssem em suas terminações as interfaces padronizadas compatíveis com PLC”.

Ao longo da experiência, os usuários respondiam a questionários *on-line*, relatando à CEMIG sobre a qualidade do serviço. Neles os usuários relatavam sobre a qualidade da conexão, estabilidade e afins. Podiam também escrever comentários, que eram analisados pelos técnicos da empresa a fim de encontrar maneiras de melhorar o serviço. Seguem exemplos de comentários enviados pelos usuários (CEMIG, 2009): “Depois de algumas falhas, na semana passada, o resultado tem sido muito bom, em alguns momentos excelentes. Não consegui cronometrar o tempo dos *downloads*, entretanto a rapidez é incrível.”

Ainda: “O acesso era muito bom antes do mês de março, depois ficou inconstante.”

“Dia 7/01/2002 problemas c/e-mail.

Dia 8/01/2002 hoje esta sendo uma beleza!”

“O Sistema cai às vezes, mas retorna após o *reset*...”

“A velocidade é altíssima!”

“A conexão oscila variando muito a taxa de transferência, no geral, está bom.”

“A qualidade do acesso é ótima em qualquer hora do dia e nunca perdi a conexão!”

“Na parte da manhã o acesso tem sido péssimo, a tarde regular e à noite após as 23:00hs o acesso melhora.”

“O horário da tarde costuma ser melhor do que o horário da manhã, sendo que durante um certo tempo, chega a ser excelente.”

“O sistema é muito rápido e confiável, a CEMIG está de parabéns pelo projeto”.

Baseados nos dados coletados, os técnicos puderam melhorar o serviço e corrigir falhas, o que se refletiu em maior aprovação por parte dos usuários conforme nos mostra o gráfico abaixo, que compara a avaliação dos usuários com relação ao serviço nos períodos 1(1/12/2001 a 1/4/2002) e 2(1/5/2002 a 1/11/2002)

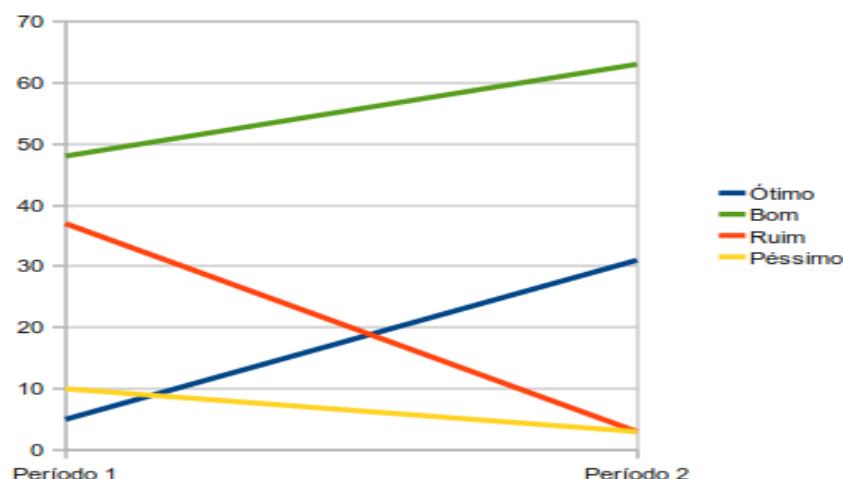


FIGURA 11: Evolução da opinião dos consumidores em relação ao serviço
FONTE: CEMIG (2003)(adaptado)

Observando-se o gráfico, percebe-se que os índices de “bom” e ótimo têm um aumento substancial (de 48% para 63% e de 5% para 31%, respectivamente), enquanto os de “ruim” e “péssimo” caem de forma drástica (de 37% para 3% e de 10% para 3%, respectivamente). Tal processo se explica devido ao aprendizado por parte da empresa ao longo do processo.

Segundo a CEMIG (2003), o maior desafio encontrado foi a influência da carga do sistema sobre a rede, ou seja, houve dificuldades para se conseguir atingir uma velocidade razoável nos momentos de pico de consumo de energia.

Ao fim do teste, a CEMIG (2003, apud. PINTO, 2004), conclui:

Segundo a Gerência de Suporte em Infra-Estrutura de Telecomunicações e Informática - TI/SI – Cia, de forma geral, ficou patente a influência da carga no desempenho do sistema. A conexão de novos usuários à rede acarreta degradação dos acessos. Esta situação evidentemente estará sempre fora de controle e terá uma variação totalmente aleatória, estando diretamente relacionada com o perfil dos consumidores. Caberá aos projetistas de equipamentos PLC, desenvolver módulos de correção dinâmica para compensar de forma eficiente as constantes alterações do perfil de carga atrelado ao sistema, tanto em ambiente *indoor* (dentro das residências) quanto *outdoor* (vias aéreas). No caso do Brasil, em face do clima tropical, nossos cabos elétricos em comparação aos Europeus possuem características construtivas mais desfavoráveis ao tráfego de sinais PLC. Além do que, possuímos um perfil de cargas domésticas mais agressivo em termos de consumo e tipo. Sendo assim, conclui-se que o acesso comercial via PLC/BPL será viável se as alterações necessárias forem implementadas.

3.2 Copel

No início de 2009, a Companhia Paranaense de energia iniciou seu projeto-piloto com a tecnologia PLC. Para isso foi escolhida a cidade de Santo Antônio da Platina, cidade

com cerca de 40 mil habitantes, localizada a 370 km de Curitiba. Segundo a empresa, a cidade foi escolhida para o teste por não ser um grande centro, ter uma rede elétrica com capacidade de suportar várias ligações em único circuito, estar no anel principal da rede de fibra ótica da empresa e ter disponibilidade de técnicos da Copel, tanto na área de energia, quanto na de telecomunicações. O projeto conta com a parceria da empresa BPL Global, que funcionará como integradora das soluções da sueca *Ilevo*.

Para o projeto da Copel, foram escolhidos cerca de 300 usuários, tanto residenciais quanto comerciais, e de diferentes classes sociais, de maneira a representar os diferentes tipos de usuários do serviço de internet. Segundo o superintendente de Telecomunicações da Copel, Carlos Eduardo MOSCALEWSKY. apud. BITTENCOURT, 2009: “O público foi escolhido pela agência da Copel Distribuição, buscando circuitos onde houvesse diversidade de clientes que já utilizassem serviços de telecomunicação e tivessem os meios de acessar e avaliar criticamente a nova solução”.

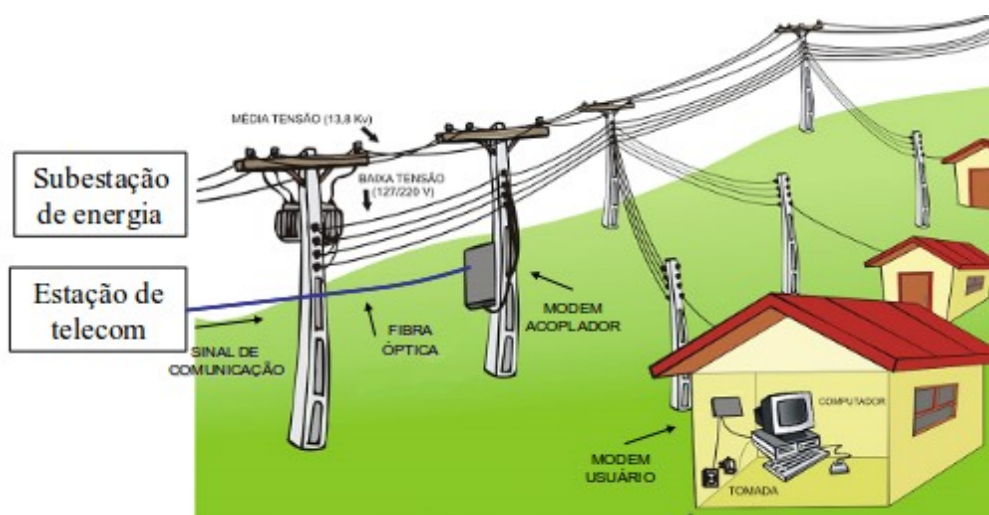


Figura 12- Configuração geral do projeto de PLC da Copel
Fonte: Copel, 2009, apud. FARIA, 2009

A configuração adotada no projeto da Copel consiste em se utilizar a rede de fibras óticas da empresa, levando-a até *modems* acoladores instalados no alto de postes instalados nas ruas. Esses *modems* extraem o sinal da rede de fibra ótica e o injetam na rede elétrica de baixa tensão. Na casa dos usuários que envia o sinal ao computador do usuário.)



FIGURA 13 - Modem utilizado no projeto piloto da Copel
FONTE: ABUSAR (2009)

O sistema possibilita aos usuários o acesso com velocidade de até 20Mbps. Os planos da Copel são para que o sistema contemple não apenas o serviço de internet, mas também possa ser utilizado para telefonia e TV a cabo.

O projeto piloto ainda está em andamento e os resultados obtidos, até o momento, são considerados satisfatórios pela empresa.

CONCLUSÃO

Os projetos-piloto realizados no Brasil têm demonstrado que a tecnologia PLC é perfeitamente viável do ponto de vista técnico, sendo podendo ser de grande valia para a universalização dos serviços de acesso à internet em alta velocidade.

Nota-se também que a maior chance de sucesso do PLC é nos segmentos *last-inch* e *last-mile*, sendo extremamente complexa a adoção do sistema nos segmentos de média tensão e alta tensão, tanto por questões de equipamentos quanto pelo fato de o uso do PLC nesses segmentos levar muitos usuários a compartilhar o mesmo *link*.

Porém, percebe-se um temor por parte de algumas distribuidoras de energia de que as regras definidas pela Aneel favoreçam o controle do serviço de PLC pelas companhias telefônicas, o que causaria um poder ainda maior para essas companhias, que já dominam os serviços de banda larga e 3G.

Outra questão que será decisiva para o sucesso da tecnologia PLC no Brasil é a produção de equipamentos de custo mais baixo, de modo a possibilitar a aquisição por parte de pessoas de poder aquisitivo mais baixo.

Por fim, conclui-se que a principal questão para saber se o PLC vai ou não prosperar no Brasil não se encontra no aspecto técnico, e sim em qual modelo de negócios vai ser adotado pelas companhias elétricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUSAR - Associação Brasileira dos Usuários de Acesso Rápido, 2009. **Redes PLC - Internet via Rede Elétrica**. Disponível em: <http://www.abusar.org/plc.html> [Acessado Novembro 13, 2009].

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 375/2009**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009375.pdf>> [Acesso em: Novembro 15, 2009].

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, 2009. **Resolução 527/2009**. Disponível em: <http://www.ptt-radio.qsl.br/Documentos/Res%20527%202009.pdf> [Acessado Abril 22, 2009].

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Usuários de Acesso Rápido, **Soluções para a Última Milha**. Disponível em: <http://www.abusar.org/solucoes1.htm> [Acessado Abril 27, 2009].

AVILA, F.R.D.; PEREIRA, C.E., **TECNOLOGIA PLC - A nova era da comunicação de dados em banda larga**. *III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil*. Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/norie/tic2007/artigos/A1126.pdf> [Acessado Abril 22, 2009].

BITTENCOURT, G., 2009. **Copel faz projeto piloto com PLC**. Disponível em: <http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/Copel-faz-projeto-piloto-com-plc> [Acessado Novembro 13, 2009].

CAMPISTA, M.E.M. et al. **Uma Análise da Capacidade de Transmissão na Rede de Energia Elétrica Domiciliar**. *XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES-SBT'04*. Disponível em: www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/CVCD04.pdf [Acessado Abril 25, 2009].

DIAS, A., Ouriques, K. & CANCELIER, R., 2003. **Power Line Communication - PLC: Comunicação de dados através da rede elétrica**. *Faculdade SENAC Florianópolis*. Disponível em: <http://site.megaomni.com/img/489/PLC%20Power%20Line%20Communication.pdf> [Acessado Abril 27, 2009].

ENDO, P.T.; GONÇALVES, P.A.D.S., 2006. **Tecnologias de Comunicação para Redes Domiciliares**. *Universidade Federal de Pernambuco*. Disponível em: <http://www.unibratec.com.br/jornadacientifica/diretorio/UFPEPTE.pdf> [Acessado Abril 22, 2009].

FARIA, T. **Re: Pedido de informações - PLC**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <João Sérgio da Silva Costa>. em: setembro, 21, 2009

FRANÇA, A.M. et al., 2006 **A Tecnologia PLC: Oportunidade para os setores de Telecomunicações e Energia Elétrica**. Disponível em: [\[http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialkbns\]](http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialkbns). Acessado Abril, 25, 2009]

LIMA, M.X.D., **Tutorial Redes PLC**. Disponível em: http://www.projetoderedes.com.br/tutoriais/tutorial_redes_plc_01.php [Acessado Abril 25, 2009].

MENDES, E.V., 2006. **Redes PLC**, Disponível em: <http://www.vivaolinux.com.br/artigo/Redes-PLC/> [Acessado Abril 22, 2009].

MONQUEIRO, J.C.B., 2007. **Entendendo a Internet sob rede elétrica**. Disponível em: <http://www.guiadohardware.net/artigos/internet-rede-eletrica/> [Acessado Abril 22, 2009].

PESSOA, M.D.L., **Projeto BEL: a Copel Telecomunicações pensada estrategicamente, em equipe**, Disponível em: [http://www.Copel.com/hpCopel/telecom/sitearquivos2.nsf/arquivos/livro_bel_telecom/\\$FILE/livro_bel_telecom.pdf](http://www.Copel.com/hpCopel/telecom/sitearquivos2.nsf/arquivos/livro_bel_telecom/$FILE/livro_bel_telecom.pdf) [Acessado Abril 25, 2009].

PINTO, E.M.D.L., 2004. **Uma análise de utilização da tecnologia plc/bpl para inclusão digital no estado de Santa Catarina**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Disponível em: www.tede.ufsc.br/teses/PGCC0633.pdf [Acessado Abril 25, 2009].

PINTO, E.L.; ALBUQUERQUE, C.P.D., **A Técnica de Transmissão OFDM**. Disponível em: <http://revista.inatel.br/revista/edicoes-em-pdf/v.5.01-junho-2002/tecnica-de-transmissao-ofdm/view.html> [Acessado Abril 27, 2009].

SANTOS, T.L., **PLC - Power Line Communication**. Disponível em: http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/tulio/index.htm [Acessado Abril 27, 2009].

SILVA, A.; PACHECO, J.A., 2008. **Transmissão de dados via rede elétrica. e-tech: tecnologias para competitividade industrial**, 1(2). Disponível em: <http://revista.ctai.senai.br/index.php/edicao01/article/download/38/35>. TeleSintese, 2009. TeleSintese - Copel testa a tecnologia PLC com 300 usuários. Disponível em: http://www.telesintese.ig.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=11586&Itemid=105 [Acessado Novembro 13, 2009].

TIBALDI, C.M.G.; JÚNIOR, C.E.M., **PLC – Power Line Communications**. Disponível em: http://www.getec.cefetmt.br/~ruy/2007/pos/wireless/trabalhos_alunos/PLC_art.pdf [Acessado Abril 22, 2009].

VARGAS, A.A., 2004. **Estudo sobre Comunicação de Dados via Rede Elétrica para Aplicações de Automação Residencial/Predial**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/plt/TrabalhoConclusaoAlessandra.pdf> [Acessado Abril 22, 2009].

VARGAS, A.A. et al., **Comunicação de dados através da rede elétrica**, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <http://www.ece.ufrgs.br/~fetter/plt/rel1q1.pdf> [Acessado Abril 22, 2009].

VIDAL, A.D.M., 2005. **Estudo do estado da arte e análise de desempenho de sistemas de comunicação PLC de banda larga**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Disponível em: <http://www.tede.ufsc.br/teses/PEEL1075.pdf> [Acessado Abril 25, 2009].