

TRANSMISSÃO DE DADOS VIA REDE ELÉTRICA

DATA COMMUNICATION THROUGH THE POWER GRID SYSTEM

Aldair Silva, Tecg^o.

E-mail: aldairsilva2005@yahoo.com.br

Juliano Anderson Pacheco, Me.

SENAI/SC – Florianópolis. E-mail: jap@sc.senai.br

Resumo: Para disseminar e socializar a informação, nos mais diversos locais com maior velocidade de transmissão e baixo custo, prolifera as redes de transmissão de sinais de dados, voz e imagem, cada vez mais presentes em nosso cotidiano, especialmente através das novas tecnologias. Dentre elas, destaca-se a transmissão de dados voz e imagem através das Redes de Energia Elétrica (PLC – *Power Line Communications*). O presente artigo tem como principal objetivo apresentar as características principais da tecnologia PLC, e a sua contribuição para o acesso a internet em banda larga promovendo a universalização da Internet. Descreve e identifica os recursos e as técnicas básicas de comunicação utilizando esse meio físico. A tecnologia será mostrada como uma alternativa para o provimento da inclusão digital em regiões menos favorecidas, como a zona rural e locais mais distantes. São abordados temas como: histórico, serviços, tecnologia empregada, aspectos legais (regulamentação), dificuldades encontradas para implantar sistemas PLC, uma visão geral sobre como está a tecnologia.

Palavras-chave: Transmissão de sinais; Power Line Communication (PLC); Comunicação de Dados.

Abstract: With the aim of disseminating and sharing information in many different locations with greater speed of transmission and low cost, it is growing the utilization, on a daily basis, of signal, voice and image transmission networks particularly through the adoption of new technologies. Among them, there is transmission of voice data and image through the power grid network (PLC - Power Line Communications). This article has the main objective of presenting the main features of the PLC technology and its contribution to access the Internet at broadband promoting the worldwide diffusion of the Internet. It describes and identifies the resources and the basic techniques of communication using this physical medium. This technology will be presented as an alternative for the provision of digital inclusion in the least prosperous regions, such as rural and more remote locations. There will be coverage of various issues including: history, services, technology, legal aspects (regulations), difficulties to deploy PLC systems, and an overview on the technology state of the art.

Key words: Signal transmission; Power Line Communication (PLC); Data Communication.

1 INTRODUÇÃO

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).

No Brasil, dados mostram que apenas entre o último trimestre de 2006 e o primeiro de 2007 o total de usuários de banda larga passou de 5,6 milhões para 6 milhões (crescimento de 7,4%) (BRANDÃO JÚNIOR, 2007). Com este crescimento e com o impulso dado pelo governo à inclusão digital, por meio da universalização da Internet, onde o objetivo é levar o acesso à Internet para todos os lares. Surge uma nova discussão sobre a falta de infraestrutura física suficiente para levar esse serviço até o usuário final. Esta discussão atrai o interesse de fabricantes que desejam utilizar as redes de distribuição de baixa e média tensão como suporte para a banda larga. Cada vez mais difundidas, as soluções de PLC surgem como opção na universalização da conectividade fora dos grandes centros (JATOBÁ, 2007).

Apesar do crescimento, a tecnologia PLC ainda não apresenta uma regulamentação, países como EUA, Espanha e Alemanha já possuem algum tipo de regulamentação sobre utilização de banda de frequência e radiação eletromagnética proveniente da comunicação PLC (ANATEL, 2003).

No Brasil a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) promete decidir até novembro deste ano sobre a regulamentação do acesso em banda larga utilizando a rede de energia elétrica. Quem afirma é o gerente Operacional de Planejamento de Espectro da agência, Marco Antônio Tavares. Ele participou do seminário de telecomunicações Aptel 2008, promovido pela Associação Brasileira das Entidades Municipais de Tecnologia da Informação e Comunicação (Abemtic) e realizado no dia 19 de setembro, no Rio de Janeiro (RJ) (GUIA DAS CIDADES DIGITAL, 2008, p. 1).

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).

2 A TECNOLOGIA PLC

2.1 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO

PLC é um sistema de telecomunicações através de rádio frequências (RF) que utiliza como meio de transporte a rede elétrica de distribuição (ANATEL, 2003). O princípio básico de

funcionamento da tecnologia PLC esta na frequência dos sinais gerados, na PLC o sinal opera em MHz (1,7 MHz a 30 MHz), e o sinal de energia elétrica em Hz (50Hz a 60Hz), os dois sinais podem utilizar o mesmo meio sem que um interfira no outro, no mesmo meio de transmissão (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004).

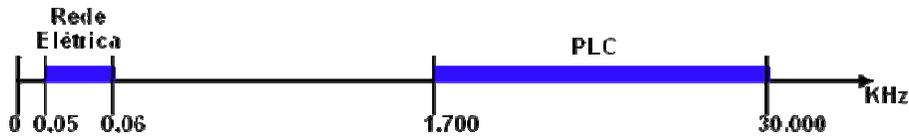


Figura 1: Espectro de frequência PLC

2.2 TIPOS DE SEGUIMENTOS DE REDES PLC

Os dois segmentos de tecnologia PLC, são *Last Mile Access* e *Last Inch Access* conforme é descrito a seguir.

a) Last Mile Access (outdoor)

É a rede de acesso à residência conecta os usuários com os provedores de acesso. Neste seguimento o PLC apresenta-se como mais uma possibilidade tecnológica para o acesso a Internet. É nesse seguimento 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.

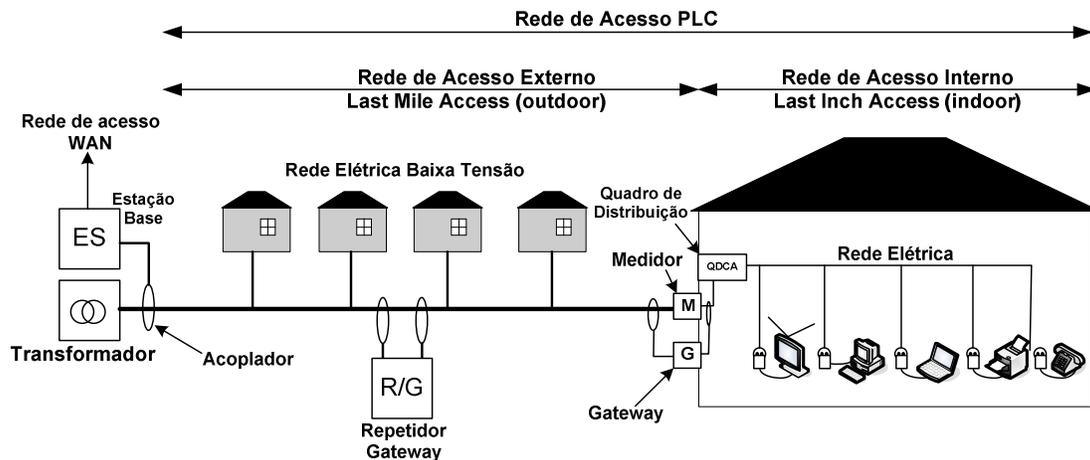


Figura 2: Estrutura de uma rede de acesso PLC

Fonte: Adaptado de Hrasnica; Haidine; Lehnert (2004)

b) Last Inch Access (indoor)

É a rede dentro das edificações (residenciais, comerciais e industriais). Este seguimento possibilita ampliar gradativamente o espectro das redes prediais, pois transforma todas as tomadas elétricas em ponto 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).

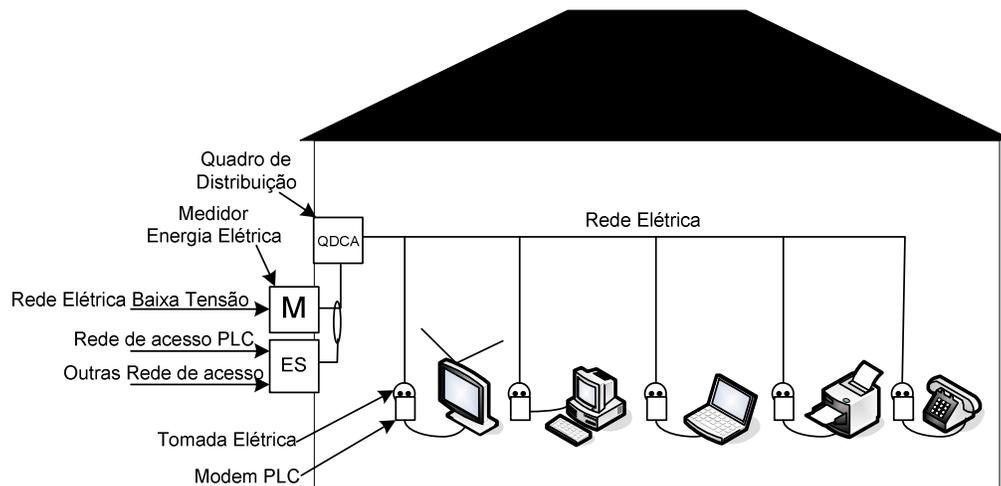


Figura 3: Estrutura de uma rede de PLC indoor

Fonte: Adaptado de Hrasnica; Haidine; Lehnert (2004)

2.3 FAIXAS DE FREQUÊNCIAS PARA SEGUIMENTOS PLC

A atual regulamentação em estudo pela ETSI/CENELEC indica as seguintes faixas de frequências (ANATEL, 2003):

- De 1 MHz a 10/13 MHz para o segmento Last Mile Access (outdoor);
- De 10/13 MHz a 30 MHz para o segmento Last Inch Access (indoor).

2.3.1 Elementos da rede PLC

Como mencionado acima, PLC utiliza a rede elétrica para transmitir informações para realizar diversas aplicações como comunicações e serviços de automatização. Porém, o sinal de comunicações tem que ser convertido em uma forma que permita a transmissão através da rede elétrica. Para este propósito as redes de PLC incluem alguns elementos de rede específicos para assegurar a conversão dos sinais e sua transmissão (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004).

2.3.2 Elementos Básicos da rede PLC

Elementos PLC básico são elementos da rede necessários para a realização de comunicação através das redes elétricas. A tarefa principal dos elementos básicos é a preparação, conversão, transmissão e recepção dos sinais nos padrões PLC, a Figura 4 mostra os pontos de conexão destes elementos nas redes PLC de acesso externo e interno. Os seguintes elementos fazem parte de uma rede PLC básica de acesso.

- a) PLC estação base
- b) PLC modem.

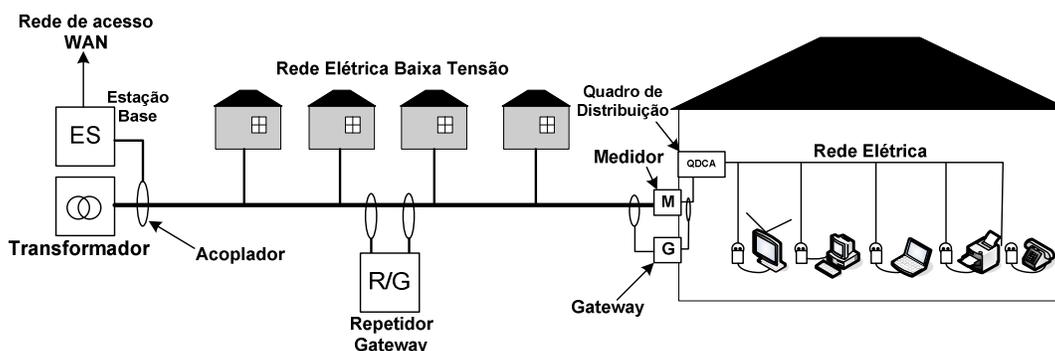


Figura 4: Rede PLC e seus elementos

Fonte: Adaptado de Hrasnica; Haidine; Lehnert (2004)

Os elementos PLC estação base convertem, concentram, gerenciam e transmitem as informações em uma rede PLC. São instalados próximo dos transformadores de baixa tensão para os casos de aplicações externas (*outdoor*), são conectados com a rede elétrica de baixa/média tensão de um lado e do outro com a rede de acesso a WAN. Porém, não conecta dispositivos de usuários individuais, mas prove comunicações de rede múltiplas interfaces, como xDSL, Hierarquia Digital Síncrono (SDH) para conexão com uma rede de alta velocidade, WLL para interconexão sem fios, e assim por diante. Desta forma, um PLC estação base pode ser usado para receber conexão com *back-bone* usando várias tecnologias de comunicação. A estação base controla a operação de acesso ao meio PLC com redes de acessos WAN (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004).

Os modems PLC conectam equipamentos de comunicações padrões, usados pelos usuários com o meio de transmissão *powerline*. A interface do lado do usuário pode prover vários padrões de interfaces para dispositivos de comunicações diferentes, por exemplo, a Ethernet, USB e S0. No outro lado, o modem PLC é conectado à rede elétrica através de uma junção específica que permite a sua alimentação, a transmissão e recepção de sinais no meio *powerline*. A junção tem que assegurar uma separação de tecnologia e agir como um filtro passa alto dividindo as comunicações que operam acima de 9KHz do poder elétrico 50 ou 60 Hz. O modem PLC implementa todas as funções da camada física, modulação e codificando. A segunda camada também é implementada dentro do modem que inclui seu MAC (Controle de acesso Meio) e LLC (Ligação lógica Controla) de acordo com o OSI

(Interconexão de Sistemas abertos) modelo de referência (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004).

Em alguns casos, a distâncias entre o usuário do PLC colocados em uma rede de provisão de baixa-tensão ou dos usuários individuais (*indoor*) até a estação base é muito grande para ser atravessada por uma rede PLC de acesso, é necessário então aplicar uma técnica de repetidor. Os repetidores dividem uma rede PLC de acesso em vários segmentos de rede, o comprimento da rede depende dos fabricantes dos dispositivos PLC. Os segmentos de rede são separados usando freqüência diferente ou aberturas de tempo diferentes Figura 5.

No segundo caso, uma abertura de tempo é usada para a transmissão dentro do primeiro segmento de rede e outra abertura para no segundo segmento. No caso da segmentação de rede baseada em freqüência, o repetidor recebe a transmissão sinaliza na freqüência f_1 , amplia e injeta isto na rede, mas na freqüência f_2 . Dependendo da transmissão o repetidor pode incluir a função de demodulação e modulação do sinal transmitido. Porém, um repetidor não modifica os conteúdos da informação transmitida.

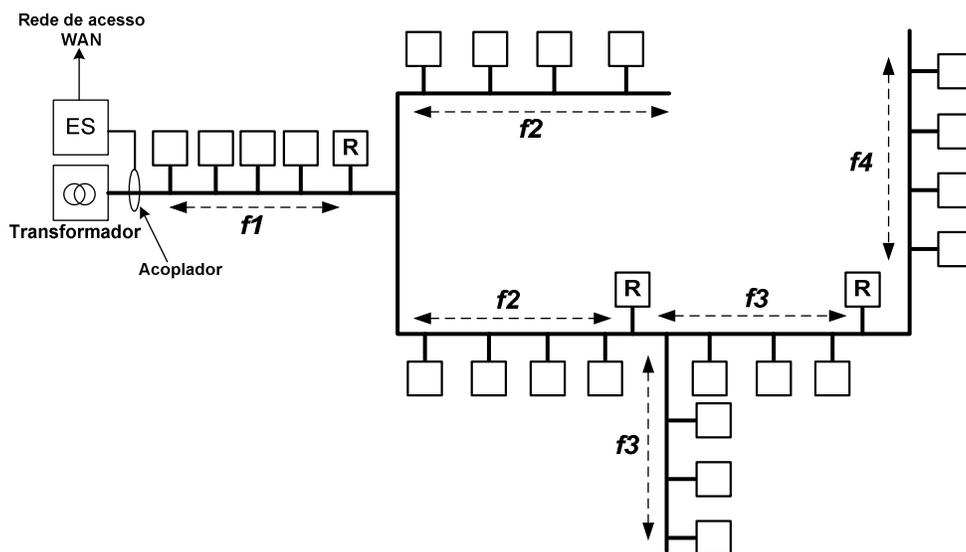


Figura 5: Transmissão em rede PLC com Repetidores

Fonte: Adaptado de Hrasnica; Haidine; Lehnert (2004)

Em um primeiro segmento de rede, entre uma estação base colocada na unidade de transformador e o primeiro repetidor, o sinal é transmitido dentro do f_1 de espectro de freqüência. Outro gama de freqüência f_2 tem que ser aplicada no segundo segmento de rede. Independente da topologia de rede física, o sinal é transmitido ao longo de ambas as subredes. Teoricamente, poderia ser usado f_1 novamente dentro do terceiro segmento de rede. Porém, se há uma interferência entre sinais do primeiro segmento, uma terceira freqüência, f_3 tem que ser aplicado ao terceiro segmento de rede e f_4 de freqüência para o quarto segmento. Porém, há um espectro de freqüência limitado que pode ser usado pela tecnologia de PLC (aproximadamente até 30MHz). Assim, com o número crescente de freqüência diferente, a largura da banda comum é dividida em porções menores que

significativamente reduzem a capacidade de rede. A utilização de repetidores aumenta as distâncias de uma rede de tecnologia de PLC, porém, pode aumentar o custo total de uma rede PLC de acesso. Desta forma, o número de repetidores dentro de uma rede PLC de acesso tem que ser mantido tão pequeno quanto possível (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004).

Para conectar um usuário PLC (*indoor*) com a rede de acesso PLC (*outdoor*) é usado um gateway para dividir os ambientes que operam com frequências diferentes. O gateway converte o sinal transmitido entre as frequências que são especificadas para uso PLC (*indoor*). O ponto de instalação de um gateway normalmente é próximo da unidade medidor conforme mostra Figura 4.

O acoplamento dos equipamentos PLC à rede elétrica é realizado através de equipamentos especificamente desenvolvidos, que oferecem o isolamento adequado entre os sinais de telecomunicações e a energia elétrica, garantindo a segurança operacional do sistema e dos usuários (ANATEL, 2003). Acoplamento é o método utilizado para injetar ou extrair o sinal PLC na rede de energia elétrica. Os dispositivos de acoplamento foram especialmente desenvolvidos para permitir a injeção e extração do sinal PLC, tanto nas redes de média tensão quanto nas redes de baixa tensão. A principal função dos dispositivos de acoplamento, como a própria nomenclatura indica, é acoplar e desacoplar o sinal PLC numa faixa de frequência limitada e filtrar qualquer outro sinal que não esteja nesta faixa de operação. Existem 2 tipos de dispositivos de acoplamento:

- a) Acoplamento capacitivo que injeta e extrai o sinal PLC através de contato direto (contato galvânico) com os cabos da rede de energia elétrica;
- b) Acoplamento indutivo que injeta e extrai o sinal PLC através de indução eletromagnética (ferrite).

Acopladores Indutivos, utilizado para injetar/extrair o sinal PLC sobre as linhas de energia elétrica de média ou baixa tensão onde não haja ponto de contato galvânico disponível. Conectado através de uma braçadeira denominada como “*Clamp*”, é utilizado como circuito magnético instalado em torno do condutor para que assim possam acoplar, por indução, o sinal PLC. Este dispositivo possui um funcionamento idêntico a um transformador de tensão, onde não existe nenhum contato elétrico entre o enrolamento primário e o secundário, e somente as linhas de indução eletromagnética que atravessam os enrolamentos. Na fabricação deste dispositivo são utilizados dois tipos de material conforme segue: Para os acoplamentos em redes de baixa tensão é utilizado o ferrite, para os acoplamentos em redes de média tensão é utilizado um material magnético flexível, especial, de altíssima permeabilidade que, para aplicações em média tensão, reduz os problemas de saturação magnética quando comparado com o uso de ferrite (PINTO; ALBUQUERQUE, 2007).



Figura 6: Unidades de acoplo indutivo

Fonte: Pinto; Albuquerque (2007)

Acopladores Capacitivos, utilizado para injetar/extrair o sinal PLC sobre as linhas de energia elétrica de média ou baixa tensão onde haja um bom ponto de contato galvânico disponível. A qualidade do contato galvânico influencia diretamente na qualidade do acoplamento. Portanto, o ponto de contato deve ser o melhor possível. O tipo de acoplamento instalado deve ser definido com base na qualidade do sinal e facilidade de instalação nas condições específicas da rede de distribuição utilizada. As soluções de acoplamento têm evoluído bastante, otimizando tempos, procedimentos, desempenho e segurança de instalação (TELECO, 2007).

Outra observação importante diz respeito ao comprimento dos cabos de conexão destas unidades de acoplamento, pois quanto menor for o cabo que realizará a conexão às linhas de potência ou aos barramentos e disjuntores localizados no interior dos quadros de distribuição, menor serão as perdas durante o processo de injeção do sinal na rede de energia (ARTECHE, 2007).



Figura 7: Unidades de acoplo capacitivo

Fonte: ARTECHE (2007)

2.4 MODELO DO CANAL PLC

A topologia das redes de distribuição de energia elétrica difere muito das redes de comunicações tradicionais, como par trançado, cabo coaxial ou fibra óptica. Como já informado o canal PLC recebe numerosas interferências, que ocorrem principalmente devidos múltiplos percursos e a variação de impedância. Desta forma a função de transferência no domínio da frequência apresenta-se conforme a Equação 1 (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004).

$$H(f) = \sum_{i=1}^N A(F, l_i) \cdot e^{-j2\pi f \tau_i}$$

Onde o termo $A(F,l)$ representa a atenuação do sinal e $\exp(-j2\pi fT)$ representa o atraso de propagação do sinal.

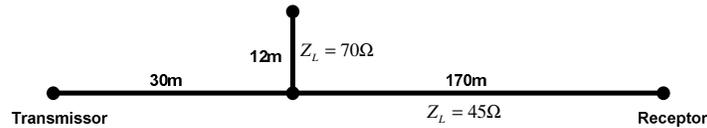


Figura 8: Modelo do canal PLC

Fonte: Silva et al (2007)

A Figura 8 mostra o modelo do canal PLC e a figura 9 a resposta em frequência do canal PLC.

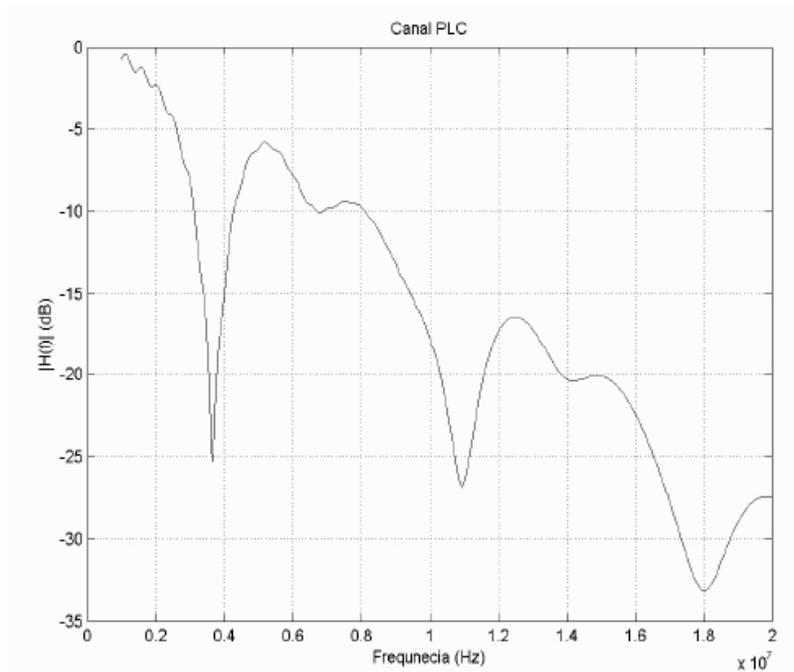


Figura 9: Resposta em frequência do canal PLC

Fonte: Silva et al (2007)

Através da Figura 9 podemos observar que o canal PLC tem a característica de ser seletivo à frequência; isto se deve à característica múltiplos percursos das redes de transmissão de energia. Devido às características hostis do canal PLC (múltiplos percursos, seletivo à frequência e o ruído impulsivo) é necessário que se aplique uma técnica de modulação eficiente diante de um meio de transmissão tão hostil.

2.5 MODULAÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia PLC bem como de outras tecnologias de transmissão só foi possível com o avanço das técnicas de modulação, pois a modulação consiste no processo de transformar um sinal em uma forma adequada para transmissão através de um determinado meio físico (canal). O processo de modulação ocorre no transmissor, onde é modificado algum parâmetro da onda portadora conforme a mensagem a ser enviada através do canal de transmissão.

No receptor a mensagem original é recriada a partir do sinal recebido através do canal (demodulação). Entretanto, a recriação exata da mensagem original é impossibilitada pela ação de alguns agentes como, a presença de ruído e a distorção no sinal. A degradação do sinal no sistema como um todo é influenciado pelo tipo de modulação aplicado, sendo algumas técnicas mais sensíveis a ruídos e distorções que outras. Para otimizar o canal surgiu as técnicas de Multiplexação que é outro importante requisito da transmissão de informação.

2.6 MULTIPLEXAÇÃO

A multiplexação. Multiplexação é o processo de combinar vários sinais para a transmissão simultânea sobre o mesmo canal. Dentre os métodos básicos de multiplexação temos:

- a) *Frequency-Division Multiplexing* (FDM): usa modulação por onda contínua para colocar cada sinal em uma frequência específica da banda. No receptor são usados vários filtros para separar os diferentes sinais e prepará-los para demodulação.
- b) *Time-Division Multiplexing* (TDM): usa modulação por pulsos para posicionar os sinais em diferentes fatias de tempo.
- c) *Code-Division Multiplexing* (CDM): no qual cada sinal é identificado por uma seqüência (código) diferente.

2.7 TÉCNICAS DE TRANSMISSÃO PARA SISTEMAS PLC

Os Sistemas PLC têm que competir com outras tecnologias de acesso (por exemplo o subscritor digital linha (DSL), televisão através de cabo (CATV)) e oferecer diferentes serviços de telecomunicações com um QoS satisfatório. A utilização de rede com provisão e garantias de QoS pode ser alcançado por um controle de acesso ao meio eficiente (MAC). Os desenvolvimentos e pesquisas para definir qual método de modulação (transmissão/multiplexação) o PLC deveria utilizar focalizaram em duas técnicas de modulação que mostraram bons desempenhos em outras tecnologias de radiodifusão como,

DSL (*Linha de Subscritor Digital*) e aplicações sem fios, estas tecnologias utilizam os métodos (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004).

a) **Spread Spectrum – Espalhamento espectral**

FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum;

DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum;

b) OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing.

Um terceiro método de modulação (transmissão/multiplexação) é utilizado pelo sistema PLC (ANATEL, 2003).

c) GMSK - Gaussian Minimum Shift Keying

A multiplexação OFDM é uma das melhores soluções para combater os ruídos impulsivos do canal PLC provocados por múltiplos percursos, radiodifusão, reflexão, chaveamento, bancos de capacitores, etc. (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004). Devido a sua complexidade, a modulação OFDM agrega confiabilidade ao canal PLC através das seguintes características (SILVA, 2005):

- Possibilidade de se adaptar às condições do meio de transmissão através da avaliação da relação sinal/ruído;
- Melhor aproveitamento do espectro de frequências;
- Redução significativa da necessidade de equalização do canal;
- Menor suscetibilidade aos problemas de sinais advindos de múltiplos percursos;
- Menor sensibilidade *Inter-Symbol Interference* (ISI);
- Maior imunidade aos ruídos impulsivos e aos rápidos enfraquecimentos de sinal;
- Ganhos adicionais pela utilização de técnicas de melhoria do sinal (entrelaçamento e codificação) no domínio da frequência, relativo aos obtidos pela utilização dessas técnicas no domínio do tempo;
- Menor sensibilidade à seletividade em frequência causada por múltiplos percursos e altas taxas de transmissão.

No método OFDM as sub-portadoras são espalhadas de forma que fiquem centradas nos zeros das sub-portadoras adjacentes, conforme Figura 10.

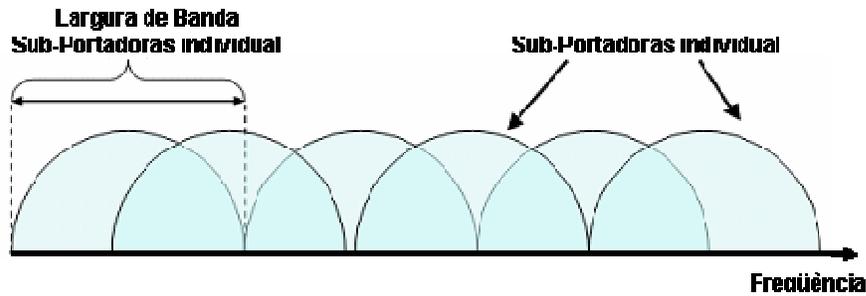


Figura 10: Representação símbolo OFDM

Fonte: Adaptado de Hrasnica; Haidine; Lehnert (2004)

Como as sub-portadoras são independentes o sinal transmitido obtém uma maior imunidade a ruídos e interferências. Desta forma caso haja uma interferência em uma ou mais sub-portadoras, essas são descartadas e passa-se a utilizar somente as sub-portadoras restantes para a transmissão dos sinais (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004). A informação que cada sub-portadora modulada transmite é isolada uma das outras através de um correlator (ou filtro casado) adequado. Utilizando sincronização de relógio, a saída deste filtro corresponderá à projeção do sinal OFDM recebido sobre a sub-portadora a ele associada. É possível mostrar que tal projeção depende apenas da informação conduzida por esta sub-portadora (as projeções das outras sub-portadoras são nulas). Desta forma podemos dizer que existe *ortogonalidade* entre as sub-portadoras, a qual se deve ao espaçamento de frequência empregado. No entanto, para que se tenha ortogonalidade entre os sub-canais na recepção, é necessário que as sub-portadoras estejam centradas nas respectivas frequências dos sub-canais OFDM, além de se ter a devida sincronização de relógio.

No domínio do tempo, a característica de ortogonalidade entre sub-portadoras implica que duas sub-portadoras quaisquer diferem exatamente por um número inteiro de ciclos durante um intervalo de símbolo OFDM, uma vez que estas estarão separadas em frequência por um valor múltiplo de $1/T$. A Figura 11 ilustra esta propriedade para o caso de três sub-portadoras OFDM (PINTO; ALBUQUERQUE, 2002).

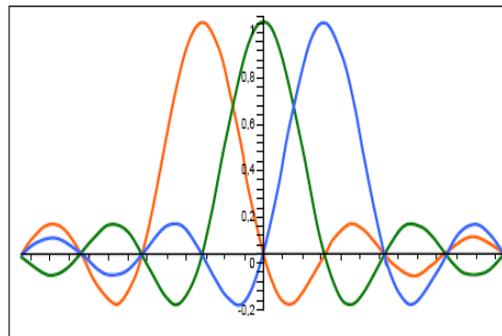


Figura 11: Subportadoras no domínio da frequência

Fonte: Hrasnica; Haidine; Lehnert (2004)

O OFDM proporciona alto desempenho num ambiente ruidoso, pois encontra sincronização em ambiente hostil; não requer equalização de canal, otimiza a relação sinal/ruído e utiliza um método de correção de erro denominado FEC24 para surtos de ruído. A modulação ocorre em até 1280 portadoras diferentes simultaneamente, garantindo uma melhor adequação à rede elétrica, pois de acordo com o nível de ruído e frequência em que estes ruídos se encontram, estes equipamentos alternam o carregamento dos dados automaticamente entre estas várias portadoras, dando assim estabilidade de comunicação mesmo sob condições de rede desfavoráveis. A Figura12 mostra um exemplo de como a modulação em OFDM pode se adaptar às diversas condições da rede em tempo real. À medida que a relação sinal/ruído diminui o carregamento de bits na portadora também diminui.

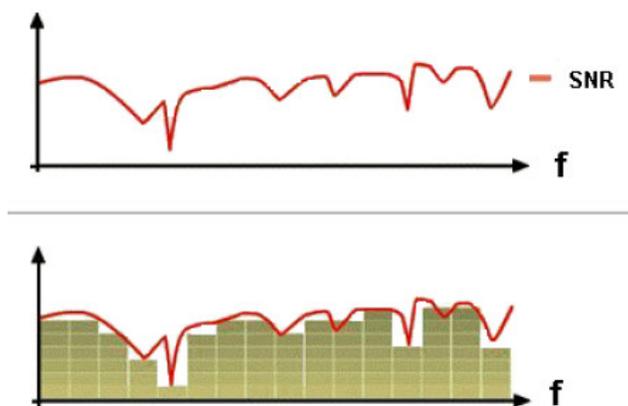


Figura 12: Relação sinal/ruído no método OFDM

Fonte: ANATEL/APTEL (2004)

Sendo assim, a tecnologia PLC estabelece seus enlaces de telecomunicações no segmento da rede de distribuição de energia elétrica, definida entre as redes de média tensão, a rede de baixa tensão e as instalações dos usuários. Sua topologia característica é multiponto, possuindo configuração de rede local (LAN - Local Area Network) e se comunicando através de protocolo *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) (HRASNICA; HAIDINE; LEHNERT 2004).

3 LEGISLAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO

A Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) é o órgão governamental, no Brasil, que estabelece as normas, procedimentos para a utilização do PLC e homologação de equipamentos, emitindo licenças específicas para cada caso. Para a utilização deste meio físico para transmissão de dados a ANATEL pretende decidir até novembro deste ano sobre, regulamentação do acesso em banda larga utilizando a rede de energia elétrica.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão governamental, no Brasil, responsável pela normatização do setor de energia elétrica. Conforme já informado muitos equipamentos retornam ruídos para a rede de energia elétrica, para reduzir este ruído basta

os fabricantes de equipamentos colocarem filtros de frequências como é feito nos Estados Unidos e outros Países. Algumas entidades na Europa, EUA, Brasil e outras partes do mundo desenvolvem atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico, padronização e regulamentação para o PLC. Na Europa o projeto Opera (Open PLC European Research Alliance for New Generation PLC Integrated Network) ou Aliança Européia para uma Rede PLC Banda Larga Integrada, de Nova Geração, é um exemplo de atividade que busca desenvolver a padronização e regulamentação do PLC, o projeto Opera tem como objetivos:

- a) Realizar a necessária pesquisa, demonstração e disseminação, numa escola Européia, de modo a possibilitar aos cidadãos europeus o uso de suas vantagens mesmo diante dos obstáculos da tecnologia PLC;
- b) Melhorar os atuais sistemas PLC de baixa tensão (BT) e media tensão (MT), atendendo aos requisitos de banda, distância, facilidade de operação, EMC (eletromagnetic compatibility), gerência de rede e modelamento de canal;
- c) Desenvolver soluções ótimas para conexões das redes de acesso PLC às redes Backbone;
- d) Desenvolver “serviços prontos para venda” sobre a tecnologia PLC e desenvolver ou melhorar os terminais de usuários (FITEC, 2005).

No Brasil as atividades referentes à tecnologia PLC ficam a cargo do Fórum APTEL Brasil PLC através das comissões de assuntos tecnológicos, inclusão social/digital e assuntos regulatórios (ANATEL, 2003). Nos dias 05 e 06 de julho de 2007 a APTEL em parceria com a CEEE, Procempa e Fórum APTEL Brasil PLC realizou no Hotel Sheraton Porto Alegre o VIII Seminário de PLC. O tema do seminário foi a Inclusão Social e Parcerias Estratégicas, e reuniu especialistas brasileiros e internacionais para falar sobre os recentes avanços da tecnologia, bem como sua regulamentação, demonstrando a possibilidade de desenvolver serviços de telecomunicações pela rede de energia elétrica. O evento contou com as participações do secretário de Logística e Tecnologia de Informação do Ministério do Planejamento, Rogério Santanna, e do coordenador do projeto OPERA Javier Arriola, que apresentou o projeto europeu para o desenvolvimento da nova geração da tecnologia PLC. O seminário reuniu os mais importantes cases da tecnologia de Internet pela rede elétrica, em especial a experiência no bairro Restinga, em operação desde dezembro de 2006 (DIÁRIO OFICIAL DE PORTO ALEGRE, 2007). Para 2008 as vantagens e desvantagens, quanto novidades na área estarão em discussão no IX Seminário de Tecnologia PLC, marcado para 11, 12 e 13 de junho de 2008, em Belo Horizonte.

3.1 REGULAMENTAÇÃO PARA O SISTEMA INDOOR

Atualmente, várias tecnologias proprietárias foram desenvolvidas para o sistema indoor. A característica de interoperabilidade dessas dos dispositivos de diferentes tecnologias não conseguirem se comunicar, motivou a criação, em abril de 2000, do HomePlug Fórum, que criou um novo padrão denominado HomePlug 1.0. Este especifica a subcamada de acesso

ao meio e a camada física para redes de baixa tensão. O Fórum industrial HomePlug tem como principais objetivos:

- a) Fornecer um fórum para o desenvolvimento de normas abertas;
- b) Patrocinar programas de educação do mercado e de usuários para acelerar a demanda por essa tecnologia;
- c) Publicar especificação de rede interna de powerline classe Ethernet 10 Mbps.

Hoje já temos a nova versão do padrão HomePlug versão 2 para a transmissão de dados via canais indoor que atende as aplicações de alta velocidade (HDTV, videoconferência e outras aplicações multimídia) com taxas iguais a 200 Mbps.

3.2 REGULAMENTAÇÃO PARA O SISTEMA OUTDOOR

As redes elétricas de baixa e média tensão das distribuidoras de energia elétrica que compõem a solução PLC – last miles também estão sendo analisadas. Para esses ambientes nenhuma padronização foi definida, pois trata-se de ambientes com bastante concorrência.

De acordo com as estimativas da ANEEL, a regulamentação para a Internet via rede elétrica deve ficar pronta ao longo de 2008 (VINÍCIUS, 2007). Os equipamentos para operar no Brasil devem ser homologados pela ANATEL, os equipamentos geração II estão em processo de homologação (ANATEL, 2003).

4 A SEGURANÇA NO SISTEMA PLC

Para executar a comunicação através da rede de energia elétrica que tem topologia em forma de barramento, temos que aplicar uma análise da segurança da rede devido ao risco inerente à solução. O risco pode ser identificado não somente em relação à confidencialidade dos dados transmitidos, mas também às tentativas de acessos indevidos e de fraudes aos serviços que solicitam autorizações.

Os dispositivos PLC atuais para proteger as informações transmitidas operam com criptografia DES 56 bits e sistema de detecção de intrusão para que nenhum acesso seja feito sem o conhecimento da administração da rede. Portanto, para garantir a confidencialidade, a integridade, a disponibilidade e acessos não autorizados os seguintes itens de segurança devem ser verificados (DS2, 2007; HYPERTRADE, 2007):

- a) Controle de acesso;
- b) Vulnerabilidade;
- c) Controles de criptografia;
- d) Proteção contra *softwares* maliciosos;

- e) Controle de acesso à rede;
- f) Controle de acesso ao sistema operacional.

5 SERVIÇOS SUPORTADOS PELA TECNOLOGIA PLC

Considerando o atual estágio que a tecnologia se encontra e se considerarmos as possibilidades de exploração de serviços que ela oferece, e pela conseqüente pressão para aumentar os resultados nos mercados de energia dado o anuncio de novas competições, forçam as empresas de energia elétrica a buscar fontes alternativas de receita. Outra razão é redução de custos operacionais que a implantação desta tecnologia proporciona.

A implantação da tecnologia contribui para a realização desses dois objetivos, possibilitando a exploração dos seguintes serviços:

- a) Serviços de Monitoramento de Trânsito (Câmeras e Comandos);
- b) Automação Residencial;
- c) Serviços de Monitoração e Vigilância;
- d) Monitoramento de processos produtivos on-line;
- e) Acesso em Banda Larga à Internet;
- f) Vídeo sob demanda;
- g) Telefonia IP (VOIP);
- h) Telemedicina.

5.2 MAIS UM CASE PLC NO BRASIL

O governo paraense em parceria com a Eletronorte anunciou a escolheu da tecnologia PLC tecnologia como meio de transmitir entre as cidades o sinal de internet para boa parte de seu território, dentro de seu projeto de estado digital, o NavegaPará. O objetivo é interligar todas as secretarias e órgãos estaduais e municipais, escolas públicas, delegacias, quartéis de polícia, hospitais e também algumas instituições do terceiro setor das cidades aonde o programa chegar. Órgãos federais, como instituições de ensino e pesquisa, também serão iluminados (Guia das Cidades Digitais, 2008).

5.3 DESVANTAGENS

Apesar dos novos equipamentos prometerem velocidades de até 200 Mbps, a realidade é que, no Brasil, ainda não se tornou uma solução ideal em função da sua suscetibilidade a interferências, a rede elétrica é antiga, e a disposição de transformadores e equipamentos teria que ser melhorada para sustentar esta tecnologia. Além disso, ainda temos a

característica das redes de energia elétrica no Brasil que estão instaladas ao ar livre, o que as torna suscetíveis a fatores climáticos, vandalismos e demais possibilidades de interrupções. Países da Europa que já utilizam PLC de forma mais difundida, como a Alemanha possuem redes elétricas subterrâneas.

O PLC é uma mídia compartilhada: todos os usuários são conectados numa mesma estação de acesso, desta forma estarão usando a mesma largura de banda. Isto significa que o desempenho da conexão pode variar de acordo com o número de usuários que estiverem utilizando a rede simultaneamente.

6 CONCLUSÃO

Segundo a APTEL a tecnologia PLC é comprovadamente um sério competidor da rede atualmente disponível no mercado (última milha) das telecomunicações, e conseqüentemente da inclusão digital da sociedade. Essa última milha, portanto, pode ser uma oportunidade de fazer chegar à casa do assinante a conexão com a Internet em banda larga. Assim, futuramente grandes possibilidades de parcerias já são vislumbradas entre concessionárias de energia elétrica e de telecomunicações.

No segmento Last Mile Access (outdoor) a tecnologia PLC pode permitir aplicações sofisticadas que estarão disponíveis por uma simples tomada elétrica. Isso quer dizer que a tecnologia PLC pode transformar os cabos de cobre das redes elétricas prediais em meios de transmissão de dados, voz, imagens, que poderão ser transmitidos e recebidos de qualquer tomada elétrica, com isso seríamos beneficiados com uma redução de custos de infra-estrutura.

REFERÊNCIAS

ANATEL/APTEL. Power Line Communications-PLC ou Broadband Over Power Lines-BPL, 2003. Disponível em: <<http://afrr.qsl.br/plc-anatel.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2007.

ANEEL. Informações Técnicas. Disponível em:<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias_area/dsp_detalheNoticia.cfm?idNoticia=2057&idAreaNoticia=347>. Acesso em: 05 set. 2007

ARTECHE. Acopladores PLC/BPL para MT Linhas aéreas. Disponível em: <<http://www.artech.com/web/frontoffice/prodsysoluciones.aspx?idioma=3>>. Acesso em: 10 de maio de 2007.

BRANDÃO JÚNIOR, Nilson. **Acesso a banda larga dobra até 2010, aponta Telebrasil** Disponível em: <http://www.estadao.com.br/tecnologia/telecom/noticias/2007/jul/09/79.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2007.

BROADBAND Powerline Communications Networks: Network Design: Halid Hrasnica, Abdelfatteh Haidine e Ralf Lehnert. Londres: John Wiley & Sons, 2004.

DIÁRIO OFICIAL DE PORTO ALEGRE. Porto Alegre, ano 11, edição 3061, 5 jul. 2007 Disponível

em:<http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dopa/usu_doc/05julho07.pdf>. Acesso em: 15 Nov. 2007.

DS2. Desenvolvido pela DS2 - Design of Systems on Silicom. Apresenta a tecnologia DS2 PLC. Disponível em: <<http://www.ds2.es>>. Acesso em: 20 out. 2007.

FITEC INOVACOES TECNOLOGICAS. Projeto OPERA. In: Seminário PLC: Powerline Communications, 2005, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, nov. 2005, p. 1-48.

GUIA das cidades digitais: regulamentação da Anatel sobre PLC deve sair até novembro. 2008. Disponível em:

<<http://www.guiadascidadesdigitais.com.br/site/pagina/regulamentao-da-anatel-sobre-plc-deve-sair-at-novembro>>>. Acesso em: 30 set. 2008.

HRASNICA, H.; HAIDINE, A.; LEHNERT, R. **Broadband powerline communications networks: network design**. Londres: John Wiley & Sons, 2004.

HYPERTRADE. TECNOLOGIA PLC. DISPONÍVEL EM:

<http://hypertrade.com.br/plc/exibir_texto.asp?cod_texto=154>. Acesso em: 20 out. 2007.

JATOBÁ, Pedro. A Tecnologia PLC: Power Line Communication. 2007. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/emdebate/pedrojatoba01.asp> 24/06/07>. Acesso em: 24 jun. 2007.

MAJUMDER, A. and CAFFREY, J. Power Line Communications: An Overview. IEEE Potentials, v.23, p. 4-13, out./nov. 2004. Disponível em:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?tp=&arnumber=1343222&isnumber=29584> . Acesso em: 25 mar. 2007.

PINTO, E. L; ALBUQUERQUE, C., P. A **Técnica de Transmissão OFDM.**

PLCOUPLING Produtos. 2007. Disponível em:

<http://www.plcoupling.com/productos_i.php?aid=2>. Acesso em: 03 mai. 2007.

SILVA, J. L. et al. **Técnica OFDM Aplicada a Power Line Communications.**

2003. Disponível em:

<<http://citenel.aneel.gov.br/historico/IIcitenel/Anais%20do%20II%20Citenel%20-%20VOLUME%20II/Telecomunicacao.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2007.

SILVA, R. B. **Provimento de Inclusão Digital Utilizando Power Line Communication**. 2005. Disponível em:
<<http://twiki.im.ufba.br/bin/view/MAT057/TrabalhosSemestre20052>>. Acesso em: 10 jun. 2007.

SOARES NETO, V. **Telecomunicações: convergência de redes e serviços**. São Paulo: Érica, 2002. 256 p.

TANENBAUM, Andrew S. **Rede de computadores**. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 945 p.

TECNOLOGIA PLC: oportunidade para os setores de Telecomunicações e Energia Elétrica. Disponível em:
<http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialkbns/pagina_2.asp>. Acesso em: 05 out. 2007.

TELECO. Conexões Banda Larga, 2007. Disponível em:
<<http://www.teleco.com.br/blarga.asp>>. Acesso em: 08 Nov. 2007.

TRANSPORTE de energia eléctrica. Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Transporte_de_energia_el%C3%A9ctrica>. Acesso em: 01 set. 2007.

Originais recebidos em: 29 jul. 2008

Texto aprovado em: 1 ago. 2008

SOBRE OS AUTORES



Aldair Silva

Graduado em Tecnologia Sistema de Telecomunicação pela Faculdade SENAI/Florianópolis-SC (2008). Possui experiência em documentação técnica, hardware, software, configuração de equipamentos, sistemas de qualidade e supervisão de equipes de trabalhos. Atualmente atua como supervisor de estruturas de equipamentos na Dígito em Florianópolis.
E-mail: aldairsilva2005@yahoo.com.br



**Juliano
Anderson
Pacheco**

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1997) e mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (2005). Atualmente atua no departamento de Marketing da Dígito Tecnologia, na área de Inteligência de Mercado e, também, como Coordenador do curso superior de Tecnologia em Telecomunicações na Faculdade SENAI/Florianópolis. Tem experiência na áreas de Telecomunicações e Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Informação, Redes Convergentes, Análise Estatística de Dados e Geoprocessamento.
E-mail: jap@ctai.senai.br