

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES
(Bacharelado)

RAFAEL MARTELLI

ESTUDO SOBRE POWERLINE COMMUNICATION
RELATÓRIO DE ESTÁGIO

BLUMENAU
2006

RAFAEL MARTELLI

**ESTUDO SOBRE POWERLINE COMMUNICATION
RELATÓRIO DE ESTÁGIO**

Relatório final de Estágio Supervisionado apresentado para Avaliação no Curso de Engenharia de Telecomunicações do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Regional de Blumenau.

Prof. Orientador: Dr. Orlando Jose Tobias

BLUMENAU

2006

**ESTUDO SOBRE POWERLINE COMMUNICATION
RELATÓRIO DE ESTÁGIO**

Por

RAFAEL MARTELLI

Relatório final de estágio submetido à
Universidade Regional de Blumenau para a
obtenção dos créditos na disciplina de Estágio
Supervisionado do curso de Engenharia de
Telecomunicações

Prof. Dr. Fabio Rafael Segundo
Coordenador de Estágios

Prof. Dr. Orlando Jose Tobias
Orientador

Blumenau, 11 de dezembro de 2006.

AGRADECIMENTOS

Aos professores que tornaram possível a elaboração deste trabalho, em especial a Prof^a. PhD. Elisete Ternes Pereira, que permitiu minha inclusão como estagiário.

Ao Prof. Dr. Orlando Jose Tobias, que gentilmente aceitou ser meu orientador e colaborou para a realização deste trabalho, fornecendo o livro base deste estudo, de Klaus Dostert (2001), importe fonte de conhecimentos sobre o tema.

E finalmente um agradecimento muito especial a minha adorada esposa que soube dar-me palavras de incentivo e também pela compreensão quando estive ausente.

RESUMO

O uso da rede de distribuição de energia elétrica como meio de transmissão de dados é hoje uma realidade. Soluções de diferentes fornecedores, utilizando diferentes tecnologias, estão disponíveis para atender às necessidades deste segmento do mercado de telecomunicações. No entanto, estas tecnologias ainda não estão consolidadas, existindo um volume de pesquisa considerável, com objetivo de definir quais técnicas já utilizadas em canais tradicionais de telecomunicações, poderão ser mais bem adaptadas para a rede elétrica.

Palavras-chave: Powerline Communications, modem PLC, CENELEC and Home-Plug.

ABSTRACT

The use of powerline as a communication channel is a reality nowadays. Solutions from different suppliers using different technologies are available to provide the needs of this segment of telecommunication market. However these technologies are not established, existing a great volume of research in this area in order to define which of those techniques already used in traditional telecommunications channels can be better adapted to use over powerline.

Key-words: Powerline Communications, modem PLC, CENELEC and Home-Plug.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Rede de acesso ao sistema PLC	17
Figura 2: Estrutura das redes elétricas de potencia.....	18
Figura 3: Estrutura do acesso à rede PLC	21
Figura 4: Conexões do modem PLC	21
Figura 5: Conexões do máster PLC.....	22
Figura 6: Conexões do repetidor PLC	22
Figura 7: Conexões do sistema PLC	23
Figura 8: Esquema de frequências do sistema PLC	24
Figura 9: Faixas de frequências especificadas no EM 50065.....	25
Figura 10: Sub-portadoras do sinal OFDM	27
Figura 11: Relação de sinal a ruído e carregamento das sub-portadoras.....	27
Figura 12: Esquema de configuração ASCOM	34
Figura 13: Faixas de frequências do sistema ASCOM.....	35
Figura 14: Atenuação em função da frequência	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de atenuação dependente da frequência	18
Tabela 2 – Valores aproximados de atenuação	19
Tabela 3 – Cronograma das atividades do estagio	32
Tabela 4 – Valores estabelecidos pela ANATEL.....	33
Tabela 5 – Valores para varios links de comunicação.....	37
Tabela 6 – Avaliação sobre a tecnologia PLC.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL	Agencia Nacional de Telecomunicações
APTEL	Associação de Empresas Proprietárias de Infra-Estrutura e Sistemas Privados de Telecomunicações.
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
DEET	Departamento de Engenharia Eletrica e de Telecomunicações
DSL	Digital Subscriber Line
HF	High Frequency
IA	Indoor Adapter
IC	Indoor Controller
MR	Modem Residencial
MT	Modem de Transformador
OAP	Outdoor Access Point
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
OM	Outdoor Master
PC	Personal Computer
PLC	Powerline Communications
POTS	Plain Old Telephony System
SELMAG	Grupo P&D em Sistemas Eletromagnéticos de Potencia da FURB
SILDOV	Sistema Localizador de Faltas por Ondas Viajantes
TDMA	Time Division Multiplex Access
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency
USB	Universal Serial Bus
VMT	Valores do Todem de Transformador
WAN	Wide Area Network

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO	12
1.1.1 Modem de transformador (MT)	12
1.1.2 Modem residencial (MR)	12
1.1.3 Softwares.....	12
1.1.3.1 Software de avaliação de transformadores de distribuição	13
1.1.3.2 Software de avaliação da regulação da rede.....	13
1.1.3.3 Software de análise da qualidade de energia.....	13
1.1.3.4 Software de análise de perdas	13
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVAS.....	14
1.3.1 Importância do PLC no Projeto	15
1.3.2 Importância do estagio	15
1.4 A TECNOLOGIA DO PLC NO BRASIL	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 INTRODUÇÃO AO PLC	16
2.1.1 Topologia do sistema	17
2.1.2 Organização do sistema elétrico	17
2.1.2.1 Alta tensão.....	18
2.1.2.2 Media tensão.....	18
2.1.2.3 Baixa tensão	19
2.1.2.4 Redes subterrâneas em baixa tensão	19
2.2 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA TECNOLOGIA.....	19
2.3 TECNOLOGIA ATUAL.....	20
2.3.1 Disposição da rede PLC.....	20
2.3.2 Elementos básicos da rede PLC	20
2.3.2.1 Modem PLC	21
2.3.2.2 Estação base/master PLC	22
2.3.3 Repetidores.....	22
2.3.4 Gateway	23

2.3.5 Faixas de frequência.....	23
2.4 STANDARD CENELEC EN 50065	24
2.5 PADRÃO HOMEPLUG 1.0	25
2.6 ACESSO AO MEIO CSMA	25
2.7 ESQUEMA DE MULTIPLEXAÇÃO OFDM.....	26
2.8 PERDAS E INTERFERÊNCIAS.....	28
3 ATIVIDADES DO ESTAGIO	29
3.1 O GRUPO SELMAG	29
3.2 A EMPRESA CELESC.....	29
3.2.1 Telecomunicações na CELESC	30
3.2.1.1 O Plano Diretor de Telecomunicações da CELESC	30
3.2.1.2 Sistema de Carrier	30
3.2.1.3 Sistema Fixo-Móvel VHF	31
3.2.1.4 Sistema de Telefonia Corporativa	31
3.3 CRONOGRAMA	31
3.4 APRESENTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	32
3.4.1 HYPERTRADE	32
3.4.2 ASCOM POWERLINE	34
3.4.2.1 Descrição do sistema	34
3.4.2.2 Área de cobertura	35
3.4.2.3 Interferências internas ao sistema.....	36
3.4.3 EBA/DS2 POWERLINE	36
3.5 AVALIAÇÕES	37
3.5.1 Características de transmissão em HF	37
3.5.2 Vantagens e desvantagens.....	38
3.5.3 Instalações e testes	38
3.5.4 Parâmetros de qualidade	39
3.5.4.1 Qualidade de serviço	39
3.5.4.2 Análise da segurança.....	39
4 CONCLUSÕES E/OU RECOMENDAÇÕES.....	41
4.1 SERVIÇOS SUPORTADOS PELA TECNOLOGIA PLC	41
REFERÊNCIAS	42
ANEXOS	43

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho acadêmico dispõe uma descrição sobre os componentes da tecnologia *Powerline Communication* (PLC) ¹ que por sua vez, faz parte de um projeto de P&D entre a CELESC e a FURB para o desenvolvimento de um sistema de PLC, com funcionalidades de monitoração de transformadores e de qualidade energia elétrica.

A tecnologia do PLC está encontrando um mercado prospero e atuante que busca sobre tudo melhores velocidades de transmissão, e isto só foi possível com o domínio tecnológico sobre seus componentes internos, CI's² capazes integrar todo o processo do PLC em um único encapsulado.

O principal objetivo do Projeto não é o desenvolver um novo conceito sobre PLC ou um novo protótipo para este sistema, mas sim, desenvolver um sistema para o monitoramento de transformadores e qualidade de energia, contribuindo para melhorias do sistema elétrico, e oferecendo informações em tempo real, sobre pontos de difícil acesso.

O principal objeto deste trabalho é coletar informações sobre o funcionamento do sistema, assim como os vários equipamentos existentes no mercado, visando auxiliar a compra do conjunto de PLC, que geralmente é feito por bolsistas ou colaboradores da FURB. Em muitos casos estes colaboradores não estão dotados de um conhecimento claro e específico sobre esta tecnologia, que demandaria uma constante supervisão dos professores responsáveis ou sua dedicação total neste processo de aquisição de novos equipamentos.

Existem atualmente vários padrões para este sistema com diferente estadares, por exemplo, um modem PLC desenvolvido para o mercado de Norte - América não funciona adequadamente na Europa, assim é importante fazer aquisições que se adaptem aos padrões brasileiros.

A metodologia que será empregada para a realização deste trabalho, será enfocada na pesquisa bibliográfica dando ênfase aos *datasheets* e manuais dos equipamentos que posteriormente serão adquiridos e os pontos mais relevantes estarão abordados no contexto da fundamentação teórica, nas próximas seções deste trabalho.

“Em breve, as tomadas elétricas não só alimentarão os computadores com energia, mas também com os bits e bytes que circulam pela Internet. Esta tecnologia, impensável há

¹ PLC – Powerline Communications: refere-se ao sistema de comunicação sobre a rede elétrica.

² CI's – Designação para circuitos integrados.

alguns anos, chama-se Power Line Communications (Comunicações pela Linha de Força)”. (REZENDE, 2006)

1.1 DESCRIÇÃO DO PROJETO

Segundo a identificação do projeto descrita no formulário, enviado para o aceite junto à CELESC, visa desenvolver um sistema de monitoração e controle empregando tecnologia PLC, que será instalado junto à rede de distribuição da CELESC. Propõe-se o desenvolvimento de um sistema piloto junto à rede subterrânea de Blumenau.

Os elementos principais desse sistema são: modem de transformador (MT), modem residencial (MR) e quatro (4) softwares para avaliação e análise de parâmetros para transformadores, de regulação de rede, de qualidade de energia e de perdas de energia.

1.1.1 Modem de transformador (MT)

O modem de transformador é constituído por modem PLC e um conjunto de equipamentos, destinados a monitoração das condições de operação do transformador, de monitoração das condições de operação da rede, nos parâmetros da qualidade de energia e apoio ao controle de perdas. Os equipamentos serão montados numa mesma caixa e instalados juntos aos transformadores de distribuição.

1.1.2 Modem residencial (MR)

Estes modems serão implementados para coletar dados complementares e vitais para as análises e avaliações dos parâmetros da qualidade de energia fornecida ao consumidor. Os modems MT e MR são essenciais para a eficiência de monitoração, controle e gerenciamento do sistema de distribuição.

1.1.3 Softwares

Os dados coletados serão processados por quatro softwares, distintos e específicos, a serem desenvolvidos, em plataforma Windows, a continuação uma breve descrição dos mesmos.

1.1.3.1 Software de avaliação de transformadores de distribuição

Com base nos dados de correntes, tensões e temperaturas aplicadas a um modelo teórico do transformador, este software irá avaliar suas condições de operação, verificando indícios de problemas internos e condições que indiquem risco de queima e explosão do transformador.

1.1.3.2 Software de avaliação da regulação da rede

Com base na tensão de saída do transformador e na tensão de alguns usuários por este alimentado, o software irá avaliar as condições de regulação como desligamentos devido a problemas na baixa e média tensão.

1.1.3.3 Software de análise da qualidade de energia

Com base nos eventos de VMT³ e outros valores a serem definidos, coletados no MT e nos MR's, este software fornecerá gráficos e dados estatísticos que permitirão a um analista qualificado avaliar os parâmetros de qualidade de energia fornecida.

1.1.3.4 Software de análise de perdas

Com base nas correntes e tensões de saída de cada transformador, uma medição de energia fornecida pode ser obtida, com precisão da ordem de 0,1%. Esta energia será totalizada no próprio MR, que fornecera também curvas de carga diárias.

Calculando o somatório da energia ativa para todas as cargas conectadas, comparando com a energia ativa fornecido pelo secundário do transformador, identificado perdas excessivas de energia, medidores com averias, fraudes e roubos de energia.

1.2 OBJETIVOS

O objeto principal deste trabalho é informar de forma clara e objetiva as particularidades do sistema PLC, fornecendo informações importantes e necessárias para a aquisição dos equipamentos que serão utilizados no projeto.

³ VMT: Valores de Média Tensão

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo maior do projeto é mostrar a aplicabilidade de um sistema de PLC multifuncional para monitoração e controle de redes de distribuição e não haverá a preocupação em desenvolver um produto final ou com a escala de aplicabilidade dos modens PLC.

O objetivo deste trabalho é orientar, esclarecer e oferecer uma ferramenta capaz de orientar sobre as varias possibilidades de configuração do sistema PLC, propiciando ao profissional encarrego, valiosas informações sobre o assunto.

1.2.2 Objetivos específicos

Será desenvolvido um projeto piloto composto por dois modens de transformador, sendo que a cada um deles, conectados apenas a três ou quatro modens residências. Os modens de transformador serão instalados junto aos transformadores da rede subterrânea que atende ao centro da cidade de Blumenau, pois estes transformadores se encontram em ambientes fechados e de difícil acesso, pontos onde a monitoração automática é mais necessária.

Neste trabalho voltado especificamente ao sistema PLC é importante salientar, o foco e a direção que será tomada para sua realização. Diferenças entre CENELEC e *HomePlug*, equipamentos *indoor* e *outdoor*, repetidores, efeitos da alta frequência de transmissão em cabos inicialmente desenvolvidos para baixas frequências entre outras particularidades estão presentes neste relatório de estagio.

1.3 JUSTIFICATIVAS

As tecnologias do PLC estão avançando muito depressa e principalmente nos países desenvolvidos onde a população na sua maioria possui um PC⁴ em seus lares, gerando assim uma demanda muito grande por comunicação de alta velocidade.

Infelizmente no Brasil são poucas as famílias que possuem um PC em suas residências, isso faz com que o mercado não seja muito atrativo, para que as empresas invistam seus esforços e recursos em projetos como o envio de dados com o PLC, pois das

⁴ PC – Personal Computer

famílias que estão compartilhando um mesmo transformador, algumas poucas usufruirão dos serviços de Internet.

1.3.1 Importância do PLC no Projeto

O sistema do PLC oferece varias vantagens ao projeto. O uso da rede elétrica atual, de propriedade da empresa financiadora, não demanda custos com conexões de fios e cabos adicionais entre os modens MT e MR, o que seria praticamente impossível usando outras formas de comunicações, salvo é claro, transmissões não-guiadas⁵.

1.3.2 Importância do estagio

Este trabalho contribuirá sobre tudo na formação de uma base técnica sobre o sistema de PLC, desde o funcionamento interno dos equipamentos, como formas de acesso, tipo de modulação e padrões internacionais, até os equipamentos que são necessários para o correto funcionamento do sistema como um todo.

É importante também salientar que este trabalho também fornecerá uma descrição sobre os fabricantes e os tipos de produtos possuem, auxiliando assim ao encarregado das compras de equipamentos, que geralmente necessita saber sobre os equipamentos que irá comprar.

1.4 A TECNOLOGIA DO PLC NO BRASIL

O país carece de instrumentos regulatórios para a adoção da tecnologia PLC na infraestrutura de tráfego de dados, que hoje é dominada pelas redes de telefonia e de TV a cabo. “Vale ressaltar a eficiência e esforços da ANATEL para que os serviços de comunicação baseados na rede elétrica saiam do papel e possam ser utilizados como mais uma opção totalmente regulamentada.” (REZENDE, 2006)

A criação dessas regras é um processo muito complexo, pois exigem que haja um acordo entre o governo, distribuidores de energia, provedores de acesso à Internet e operadoras de telecom. Por conta disso, acredito que deve demorar um pouco para que as redes de distribuição de eletricidade sejam também utilizadas para dados. É preciso muito diálogo entre os envolvidos nesse processo, principalmente as distribuidoras de energia e as empresas de telecom. (REZENDE, 2006 *apud* HYPERTRADE, 2006)

⁵ Refere-se a enlaces de microondas, via radio ou via satélite.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica está relacionada sobre tudo no sistema de comunicação sobre linhas de potência ou simplesmente PLC⁶ proveniente de *Powerline Communication*.

A tecnologia PLC está se desenvolvendo muito nestes últimos anos, aumentou a velocidade de transmissão e já superou a velocidade das tecnologias de xDSL⁷, alcançando valores de 45Mbps para clientes finais, também chamados de serviços de ultima milha, referindo-se aos cliente residenciais e comerciais que usufruem diretamente destas velocidades em suas estações de trabalho.

Esta tecnologia é extremamente versátil para os usuários destes sistemas, e também muito fácil de conectar, pois simplesmente se conecta o modem na tomada e tem-se um canal de comunicação com o mundo através da internet. Também é possível a criação de redes privadas de usuário sem a instalação adicional de cabos para a rede de comunicação.

2.1 INTRODUÇÃO AO PLC

Este sistema usa as linhas elétricas existentes para transmitir canais de comunicações nas redes de energia elétrica, serviços de telecomunicações para lares e empresas. O uso de redes elétricas como “Local Loop”, (distribuição local) enlaces locais, são chamados de “Last mile”, ultima milha, ou serviços de ultima milha, para serviços de telecomunicações.

Isto pode prover uma alternativa real, para a existência de uma rede nacional de telecomunicações, como a Deutsche Telekom na Alemanha, para todos os tipos de serviços de voz, fax e dados, particularmente para acesso rápido e barato (baixo custo) à internet a todas as residências, afirma Klaus Dostert (2001).

Este tópico é de interesse global e esta começando a ser impulsionado pela *HomePlug Alliance* nos Estados Unidos e com a *Information Society Technologies* (IST) um programa da União Européia.

Numerosos estudos e campos de testes têm mostrado que a capacidade do canal tipicamente sobre redes de distribuição sobre níveis médios e baixos de tensão permite taxas de dados até alguns centos de Mbits/s sobre frequência ao redor dos 20MHz.

⁶ A sigla PLC será a referência para Comunicação sobre Linhas de Potencia para o restante deste trabalho.

⁷ xDSL é uma designação utilizada para referir-se a todos os tipos de DSL (linha digital de assinante).

“O uso de redes elétricas não é ilimitado, obviamente, porque quando ocupamos uma banda de frequência de 9KHz até 20MHz, existem serviços como serviços de rádio, bandas de rádios amadores, estarão sobrepostas.” (DOSTERT, 2001)

2.1.1 Topologia do sistema

A topologia geral estabelecida para a distribuição de serviços de internet, esta constituída pelos usuários, clientes das empresas prestadoras do serviço que se encontram na região de baixa tensão da rede elétrica, e possuem um modem PLC conectado a rede.

Na figura 1 observa-se a topologia do sistema de PLC

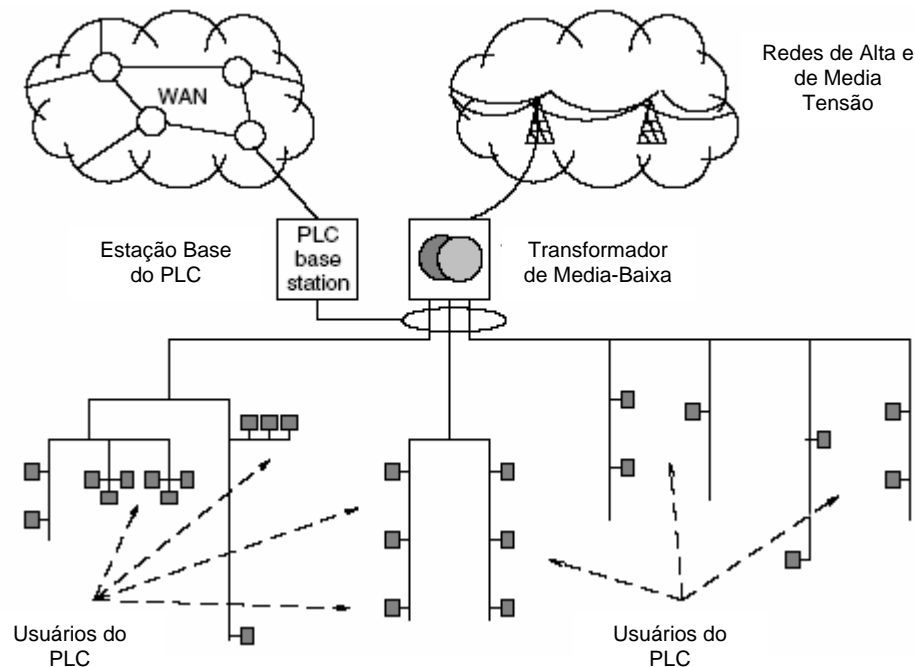


Figura 1: Rede de acesso ao sistema PLC

Fonte: HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT, 2004, p. 3

2.1.2 Organização do sistema elétrico

Os sistemas de abastecimento elétrico estão divididos em três níveis de rede que podem ser usados como meio de transmissão para a realização de redes de PLC como é possível observar na figura 2, como dispõe (HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT, 2004).

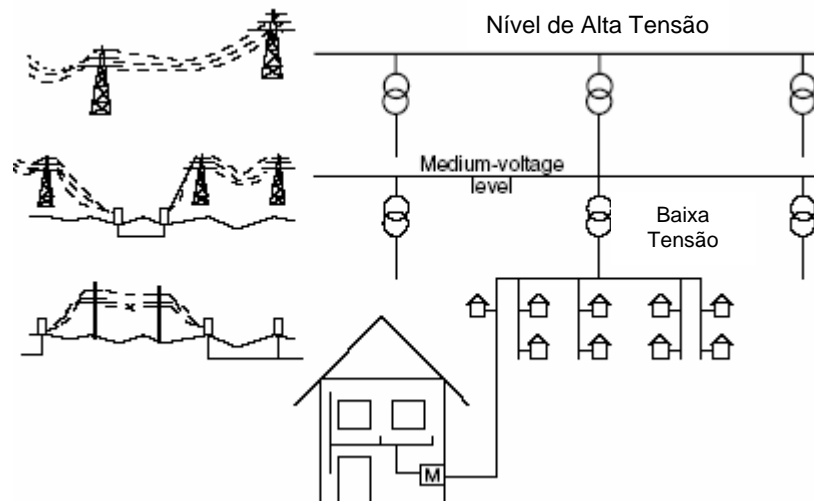


Figura 2: Estrutura das redes elétricas de potencia
Fonte: HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT, 2004, p. 15

2.1.2.1 Alta tensão

A alta-tensão (AT) varia entre (110–380 kV) conectando centrais elétricas e abastecendo grandes regiões ou grandes clientes. Elas normalmente medem distâncias muito longas, permitindo trocas de energia entre continentes e países ou entre estados como é o caso do Brasil. Redes de alto-tensão normalmente são montadas sobre torres com cabos aéreos de grosso calibre.

Na tabela 2 estão dispostos os valores típicos de atenuação para estas redes.

Tabela 1 – Valores de atenuação dependente da frequência

Atenuação por 100 Km	$f(kHz)$
6,12 dB	200
9,25 dB	300
12,39 dB	400

Fonte: DOSTERT, 2001

2.1.2.2 Media tensão

Média-tensão com valores entre (10 – 30 kV) provêm áreas entre cidades e setores industriais ou clientes comerciais. As distâncias são significativamente mais curtas que as redes de AT. As redes de media tensão estão dispostas tanto em torres ou postes, como também em redes subterrâneas.

2.1.2.3 Baixa tensão

Baixa-tensão (BT) (230/400 V, nos E.U.A. 110 V) são redes que provêm aos usuários ou clientes individuais ou grandes consumidores. O comprimento é normalmente de alguns centos de metros. Nas áreas urbanas as redes de BT estão dispostas em cabos subterrâneos nos países desenvolvidos, mas infelizmente no Brasil são poucas as cidades que possuem uma visão despoluída deles.

Na tabela 3 Klaus Dostert (2001), apresenta alguns valores tipos para tais redes.

Tabela 2 – Valores aproximados de atenuação

Atenuação por 1 Km	$f(\text{MHz})$
21,2 dB	2
35 dB	5
46,9 dB	10

Fonte: DOSTERT, 2001

2.1.2.4 Redes subterrâneas em baixa tensão

A rede secundária está constituída por cabos subterrâneos isolados pode ser do tipo radial ou interligada sendo, neste último caso, alimentada em diversos pontos por diferentes transformadores. Estes, por sua vez, são normalmente alimentados por diversos circuitos primários em anel ou reticulados. As redes subterrâneas utilizam para suas fases e neutro cabos isolados simples, não blindados.(APTEL, 2006)

2.2 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO DA TECNOLOGIA

As redes de potencia começaram a ser utilizadas para transmissões adicionais de dados, logo depois da total cobertura elétrica. A transmissão de voz sobre linhas de alta tensão começou em 1920, em meados deste ano já haviam estudos sobre transmissão de telegrafo sobre linhas de potencia, afirma Klaus Dostert (2001, p. 43).

Pesquisas na área de transmissão de dados via rede elétrica estão sendo realizadas com certa seriedade desde 1950, mas esta nunca foi considerada uma alternativa viável devido às baixas velocidades de transmissão, pouca funcionalidade e altíssimos custos de desenvolvimento da tecnologia na época. Mas a indústria microeletrônica se desenvolveu, os custos caíram, e o assunto se tornou mais seriamente estudado, passando a ser conhecido no mercado sob a sigla PLC - *Power Line Communications*. (MARQUES, 2006, p. 2)

O uso das redes de distribuição de energia elétrica como meio de transmissão de sinais de comunicação é bastante difundido entre as Empresas de Energia Elétrica. Desde a década de 60, circuitos de baixa e de alta tensão vêm sendo utilizados para o transporte de informações operacionais de voz, comando e controle, como os Sistemas Power Line Carrier (Onda Portadora em Linhas de Alta Tensão – OPLAT). (REGINALDO, 2006)

Nos dias atuais o uso desta tecnologia esta mais realizável graças ao uso de novos componentes eletrônicos, os chamados chips de grande escala de integração, é possível ter em um só circuito integrado todo o processo da comunicação sobre linhas de potencia.

2.3 TECNOLOGIA ATUAL

Atualmente a tecnologia PLC modernizou-se e alcançou um patamar que até então apenas era imaginada, influenciada por novos avanços nas áreas de modulação digital e multiplexação com varias portadoras.

Entre as varias formas de modulação digital descrever-se-á as mais utilizadas atualmente, assim como os estandares internacionais que regem esta tecnologia e a forma de acessar o meio de transmissão.

A seguir será feita uma breve descrição dos equipamentos necessários para o funcionamento de uma rede distribuição de dados como internet por exemplo, e estão baseados nos conceitos apresentados por, Hrasnica, Haidine, Lehnert, 2004.

2.3.1 Disposição da rede PLC

A figura 3 ilustra sucintamente o formato geral de uma rede de distribuição de dados, utilizando o sistema PLC. Observa-se também uma distinção que muitos autores utilizam ao referir-se a uma rede *indoor* ou *in-home* e a rede distribuição *outdoor*.

2.3.2 Elementos básicos da rede PLC

Os sinais de comunicações têm que ser convertidos a uma forma que permita a transmissão por redes elétricas, elementos de rede específicos asseguram a conversão (modulação) e sua transmissão ao longo da rede elétrica.

A tarefa principal é preparar e modular o sinal, para posteriormente transmitir sobre as linhas elétricas, do outro lado da comunicação, na recepção, o processo se repete de forma inversa.

Os seguintes dois dispositivos existem em toda a rede PLC de acesso:

- modem de PLC
- PLC base/master estação.

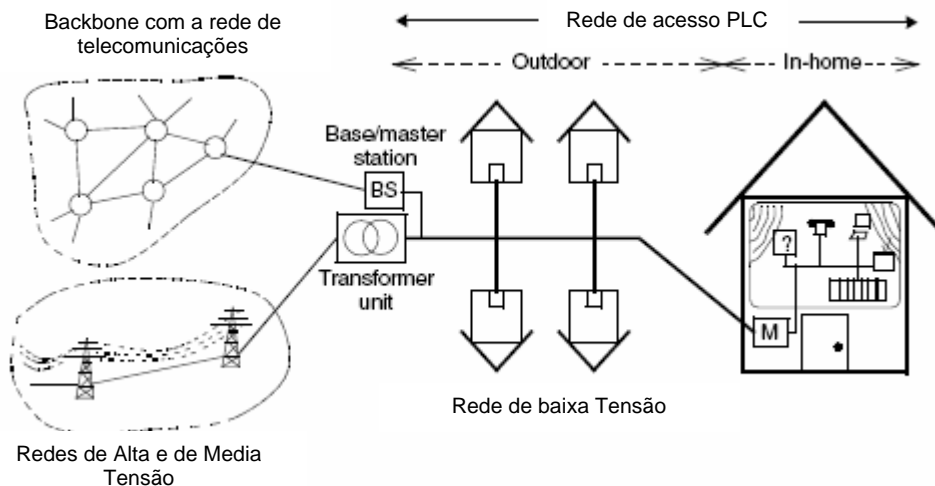


Figura 3: Estrutura do acesso à rede PLC

Fonte: HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT, 2004, p. 15

2.3.2.1 Modem PLC

O modem PLC conecta o equipamento de comunicação *Standard*, ao meio de transmissão, as linhas de energia elétrica ou também chamadas, linhas de potência – *powerline*. É a interface do usuário, possibilita vários serviços com suas interfaces para dispositivos de comunicações diferentes, por exemplo: Ethernet, USB, interfaces para realização de transmissão de dados S0⁸ e conectores telefonicos, como ilustra a figura 4.

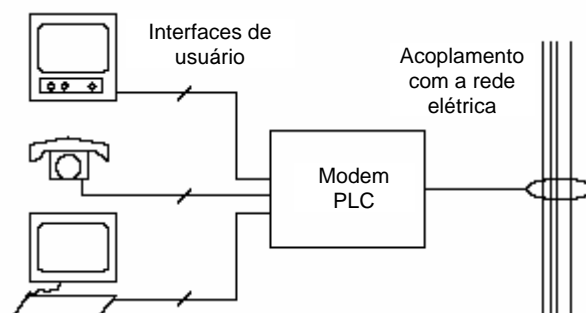


Figura 4: Conexões do modem PLC

Fonte: HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT, 2004, p. 15

⁸ S0 – porto de conexões entre routers (roteadores).

2.3.2.2 Estação base/master PLC

No outro lado, o modem máster de PLC é conectado a rede elétrica, usando uma junção específica de acoplamento à rede, que permite a alimentação de sinais de comunicações ao meio do *powerline* (linha de força), como se observa na figura 5.

A junção deve garantir uma separação galvânica segura e agir como um filtro de passagem em alto dividindo os sinais de comunicações (acima de 9 kHz) dos sinais da rede elétrica de potencia (50 ou 60 Hz).

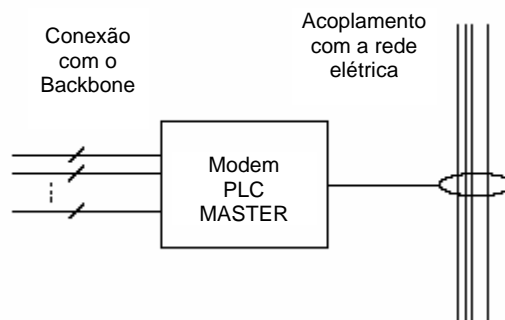


Figura 5: Conexões do máster PLC
 Fonte: HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT, 2004, p. 15

2.3.3 Repetidores

Em alguns casos, em uma rede de baixa tensão, as distâncias entre os usuários do PLC e entre outros usuários individuais e a estação base é muito longa, para se ter acesso ao sistema PLC. Os repetidores dividem uma rede acesso PLC em vários segmentos de rede, em comprimentos podem ser superados pelo modem.

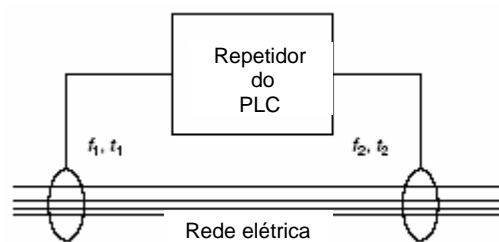


Figura 6: Conexões do repetidor PLC
 Fonte: HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT, 2004, p. 15

Os segmentos de rede são separados usando frequências diferentes ou por aberturas de tempo diferentes como na figura 6. No segundo caso, uma abertura de tempo é usada para a transmissão dentro do primeiro segmento de rede e outra abertura para o segundo segmento.

No caso da segmentação da rede por variação de frequência, o repetidor recebe a frequência de transmissão sinalizada como $f1$ na figura, amplia e injeta novamente na rede, mas com a frequência $f2$. Na direção de transmissão oposta, a conversão é levada a cabo, da frequência $f2$ para a frequência $f1$

Dependendo da transmissão aplicada e dos métodos de modulação, a função do repetidor, pode incluir demodulação, modulação e realizar seu processo do sinal em uma camada de rede mais alta. Porém, um repetidor não modifica os conteúdos da informação transmitida, que sempre lhe é transparente entre a rede segmentada do sistema PLC.

2.3.4 Gateway

É um portal usado para dividir uma rede PLC *outdoor*, em uma rede PLC *in-home* ou *indoor*, para distribuir o conteúdo digital entre os cômodos de uma residência.

Converte o sinal da rede *outdoor*, elevando a frequência para as faixas especificadas ao uso do acesso *in-home*. O *Gateway* normalmente é colocado perto do medidor de consumo de energia da casa.

Os modens de PLC conectados em uma rede *in-home* se comunicam interiormente sem fluir informações para área de acesso. Neste caso, o gateway de PLC serve como uma estação base local que controla e coordena a comunicação entre os modens de PLC internos e os dispositivos da rede de acesso (*outdoor*).

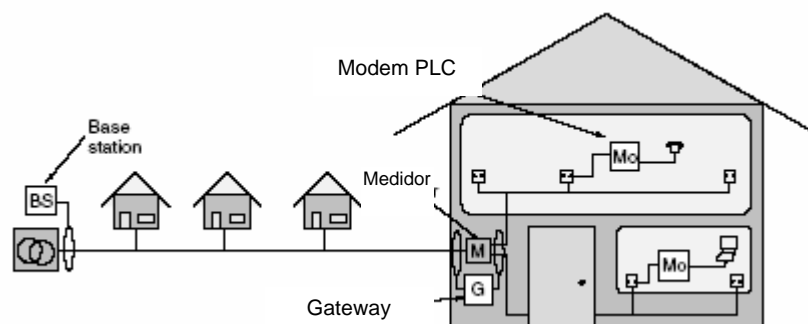


Figura 7: Conexões do sistema PLC

Fonte: HRASNICA, HAIDINE, LEHNERT, 2004, p. 15

2.3.5 Faixas de frequência

O sistema PLC utiliza duas faixas de frequência. A primeira faixa está compreendida entre 1MHz e 12MHz e é utilizada para transmissão "*Outdoor*". É nesta faixa de frequência

que haverá comunicação entre o "Master" e os "Modens" mais próximos e entre o "Master" dos transformadores e os "Repetidores".

A outra faixa de frequência compreendida entre 18MHz e 26MHz é utilizada para transmissão "Indoor" entre "Repetidores" e "Modens", a figura 8 esboça o espectro de frequência do sistema PLC em geral.

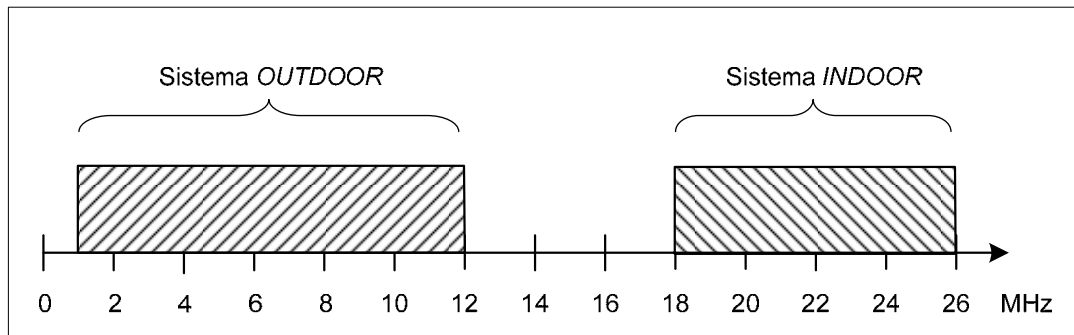


Figura 8: Esquema de frequências do sistema PLC

Fonte: APTEL, 2006

2.4 STANDARD CENELEC EN 50065

Este seguinte apartado é explicado por Klaus Dostert (2001), como sendo a regra básica deste padrão europeu. O Standard Europeu CENELEC EN 50065, tem como regra o uso da faixa de frequência de 3 a 148kHz desde o final do ano 1991. A figura 9 resume as definições deste Standard.

EN 50065 possui diferenças consideráveis para outras regulamentações, como as aplicações nos Estados Unidos e no Japão, onde a faixa de frequência é de aproximadamente 500 kHz. Em adição a injeção do sinal entre o condutor neutro e a terra protegida é admissível nestes países. O uso do condutor de proteção de terra permite que a interferência seja bastante baixa.

Devido a estas diferenças entre estandares, não é possível comprar sistemas de PLC nos USA ou Japão e usá-los na Europa.

Todas as tentativas para modificações importantes nos equipamentos para igualar os estandares em EN 50065 tem falhados as regras de frequência deste estandar e admite níveis de sinal para comunicações sobre power line abaixo das ondas longas da radio difusão.

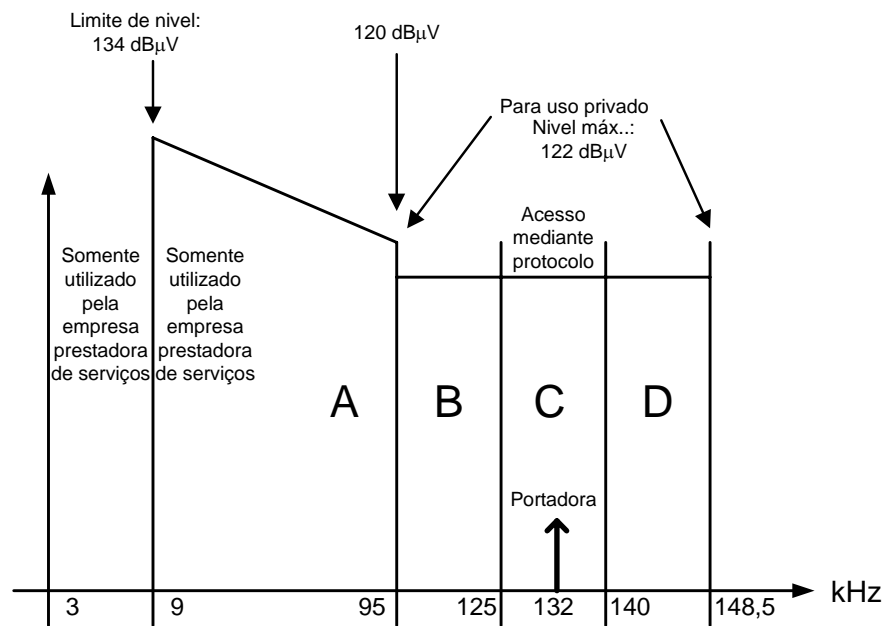


Figura 9: Faixas de frequências especificadas no EM 50065
Fonte: DOSTERT, 2001, p. 73

2.5 PADRÃO HOMEPLUG 1.0

Padrão para redes domiciliares através da rede elétrica:

- Modulação OFDM com prefixo cíclico
- 84 subportadoras entre 4,49 e 20,7 MHz
- Controle de acesso ao meio por CSMA/CA
- Códigos corretores de erro
- Criptografia DES
- Quatro níveis de prioridade

2.6 ACESSO AO MEIO CSMA⁹

O protocolo CSMA (Carrier Sense Multiple Access – Múltiplo Acesso por Detecção de Carrier), dá à rede a capacidade de evitar colisão de dados quando dois dispositivos tentam acessar a rede ao mesmo tempo, da seguinte forma: o dispositivo que deseja transmitir aguarda até que a linha não esteja sendo usada. Uma vez liberada a linha, o dispositivo

⁹ CSMA: *Carrier Sense Multiple Access* (Acesso múltiplo com detecção de portadora)

começa a transmitir um pacote de dados denominado preâmbulo, formado por uma seqüência de dados aleatórios.

A transmissão do preâmbulo é vista pelos outros dispositivos conectados à rede elétrica, e se qualquer deles desejar transmitir é necessário aguardar até que a linha esteja liberada. Se dois nós transmitem ao mesmo tempo, os dispositivos conectados à linha, através de um *transceiver*, detectam que o padrão transmitido é diferente do padrão recebido, indicando que houve uma colisão.

A habilidade de um dispositivo de detectar colisões é chamada de *Collision Detection* (Detecção de Colisão). Depois de detectada a colisão, o dispositivo cessa a transmissão do preâmbulo, e deve aguardar um período de tempo até que possa retransmitir, minimizando a chance de outra colisão. Se o dispositivo não obtiver sucesso na transmissão, será gerada uma mensagem de erro. (TANEMBAUM, 2006)

2.7 ESQUEMA DE MULTIPLEXAÇÃO OFDM¹⁰

Como afirma (DUQUE, 2006), “1966, R. W. Chang → Band-limited orthogonal signals for multichannel transmission.”. Só se difundiu no final da década de 90, com os avanços das tecnologias dos processadores DSPs.

Condição de Ortogonalidade: $\Delta f = \frac{1}{T_s} \text{ Hz}$, como se observa na figura 10.

Com a evolução das pesquisas surgiu um tipo de modulação de sinais utilizado em outros dispositivos (por exemplo: celular GSM e TV digital) que se adaptou muito bem no PLC. Este método de modulação de sinais, ao invés de combater o ruído em linhas elétricas, deixa os sinais viajarem ao redor do ruído.

É uma técnica de modulação onde existe um número amplo de frequência sub-portadoras, as quais são transmitidas simultaneamente.

Estas sub-portadoras são sobrepostas em diferentes ângulos de fase (ortogonalmente espaçadas), a fim de carregarem um número mais amplo de frequências em uma área, o menor possível.

¹⁰ OFDM: *Orthogonal frequency-division multiplexing* (multiplexação por divisão ortogonal de frequência)

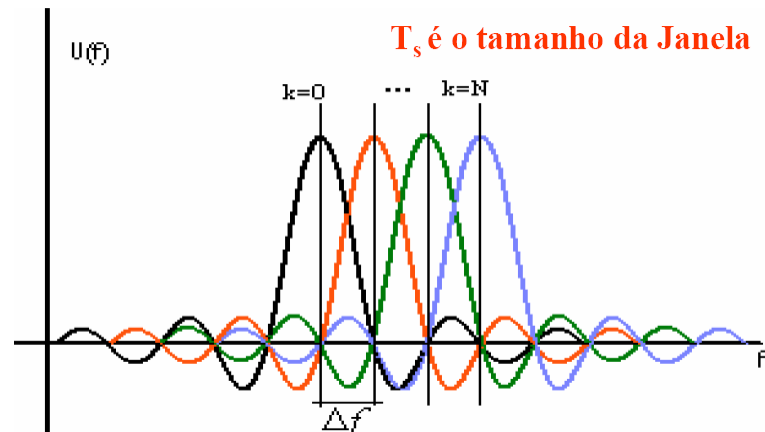


Figura 10: Sub-portadoras do sinal OFDM
 Fonte: DUQUE, 2006

Uma quantidade menor de dados é transmitida em cada sub-portadora, porém a soma total é consideravelmente alta e proporciona uso eficiente do espectro, oferecendo grande adaptabilidade ao sistema, pois é possível suprimir portadoras interferentes ou interferidas ou variar o carregamento (número de bits) de cada portadora de acordo com a relação sinal/ruído ou atenuação do enlace. Este sistema usa amplificadores altamente lineares para que os harmônicos das portadoras não provoquem interferências. A figura 10 mostra as sub-portadoras de um sinal OFDM.

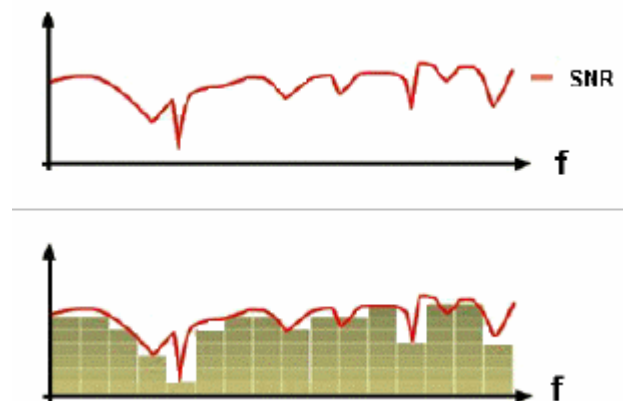


Figura 11: Relação de sinal a ruído e carregamento das sub-portadoras.
 Fonte: CORREA *apud* APTEL, 2006

O esquema 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.

Este padrão de modulação garante 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, garantindo assim estabilidade de comunicação mesmo sob condições de rede desfavoráveis. A figura 11 mostra um exemplo de como a modulação em OFDM pode se adequar às diversas condições da rede em tempo real, na medida em que a relação sinal a ruído diminui, o carregamento de bits na portadora também diminui. (CORREA, 2006)

2.8 PERDAS E INTERFERÊNCIAS

Para que uma rede PLC funcione adequadamente em uma casa, o usuário deverá vencer algumas barreiras. Uma delas diz respeito ao projeto da rede elétrica. É bastante comum, por exemplo, que em determinado ponto da residência a fiação dê muitas voltas ao invés de fazer o caminho logicamente mais curto. Ou ainda: se estiverem instalados nessa linha disjuntores fora de padrão, certamente haverá perdas importantes na potência de sinal, além da interferência de ruídos elétricos, o que gera quedas na taxa de transferência de dados.

É inevitável que ocorram perdas em uma rede, seja de dados ou elétricas. O problema é que não pode haver perdas muito acentuadas por conta de erros no projeto elétrico de uma edificação. Mas se esse não for o caso, aí entra uma outra vantagem que é oferecida pelo modem PLC, pois ele também funciona como um amplificador de sinal.

Vamos tomar como exemplo uma rede doméstica com dois modems PLC, sendo que o usuário quer adicionar mais um em um escritório que fica num cômodo relativamente distante dos outros dois. No momento da instalação, quando o CD de instalação do modem for rodado, ele será numerado como o modem "3" e se conectará no "2", sendo que este repetirá o sinal que recebe do modem "1" e ampliará sua potência". (REZENDE, 2006 *apud* HYPERTRADE, 2006)

3 ATIVIDADES DO ESTAGIO

Primeiramente cabe salientar a importância do grupo de pesquisas da FURB, o SELMAG que em parceria com a CELESC, já concretizaram importantes projetos de desenvolvimento de equipamentos, como o ultimo deles o SILDOV, que coloca o grupo numa posição de destaque internacional, como a moderna inovação tecnológica empregada.

3.1 O GRUPO SELMAG

SELMAG é o Grupo de Pesquisas em Sistemas Eletromagnéticos e de Energia do Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações (DEET), da Universidade Regional de Blumenau (FURB), localizado no campus II.

Teve seu inicio no ano de 2000, realizando trabalhos de pesquisa e desenvolvimento em assuntos pertinentes as seguintes áreas:

- Sistemas de Potência
- Compatibilidade Eletromagnética
- Biomédica – Bioeletromagnetismo
- Materiais Eletromagnéticos
- Processamento de Sinais
- Eletromagnetismo
- Telecomunicações

3.2 A EMPRESA CELESC

As Centrais Elétricas de Santa Catarina – CELESC foi criada em dezembro de 1955 pelo decreto estadual nº. 22, assinado pelo governador Irineu Bornhausen. Até a metade do século, as necessidades energéticas do estado eram supridas por pequenos e médios sistemas elétricos regionalizados, geralmente mantidos pela iniciativa privada.

A princípio, a Celesc funcionou mais como um órgão de planejamento do sistema elétrico estadual. Depois, assumiu o papel de *holding* até começar a incorporar, gradativamente, o patrimônio das velhas empresas regionais. Foi assim que começou seu ciclo de expansão, sendo que a região sul, já na década de 70, foi a última a ser atendida.

Gradativamente, a Celesc cobriu todo o estado e tornou-se a estatal catarinense mais importante.

Como este trabalho está vinculado ao setor de telecomunicações é importante descrever os sistemas de telecomunicações (CELESC, 2006), detalhado no próximo apartado.

3.2.1 Telecomunicações na CELESC¹¹

Como suporte ao atendimento de suas necessidades de comunicação de voz e dados, que compreendem basicamente os serviços de telefonia corporativa e operacional, teleprocessamento, videoconferência e, operação e manutenção de seus sistemas elétricos de Transmissão e Distribuição, a Celesc conta com quatro sistemas de telecomunicações.

3.2.1.1 O Plano Diretor de Telecomunicações da CELESC

Foi concebido de modo a disponibilizar para a empresa, a canalização de voz e dados necessária para prover, entre outros, os seguintes serviços:

- Canais de dados para atendimento à telessupervisão dos sistemas elétricos de Transmissão e Distribuição;
- Canais de voz para telefonia corporativa, envolvendo as centrais telefônicas localizadas nas Agências Regionais da empresa, e para suporte à operação do sistema elétrico;
- Canais Nx64 kbps (384 kbps), para uso de um sistema de videoconferência, interligando as diversas Agências Regionais com a Sede da Celesc e com seu Centro de Formação e Aperfeiçoamento (Cefa).
- Canais de teleprocessamento, atendendo as interligações entre os diversos Centros de Processamento de Dados da empresa.

3.2.1.2 Sistema de Carrier

O assim chamado Sistema Carrier se utiliza da tecnologia OPLAT (Ondas Portadoras em Linhas de Alta Tensão) e, na Celesc, é constituído basicamente por uma rede de telecomunicações envolvendo aproximadamente 200 (duzentos) transceptores (conjunto transmissor/receptor). Toda a comunicação de voz do Sistema Carrier é apoiada em duas centrais telefônicas de 128 portas.

¹¹ CELESC: Plano Diretor de Telecomunicações (<http://www.celesc.com.br/tecnologias/planodiretor.php>)

A primeira central está localizada no Bairro do Roçado, em São José, junto à SPMI (Supervisão de Manutenção e Instalação de Equipamentos e Sistemas de Telecomunicações), a qual se interliga à segunda central que está instalada na sede da Eletrosul, no Bairro Pantanal, em Florianópolis. Dessa segunda central se originam diversos canais de voz, em direção ao COS (Centro de Operação do Sistema) da Celesc, no bairro de Itacorubi, através de um enlace de rádio UHF, permitindo, aos despachantes locais, o acesso telefônico às diversas subestações e usinas da empresa.

3.2.1.3 Sistema Fixo-Móvel VHF

O sistema de radiocomunicação VHF da Celesc tem por objetivo atender as necessidades de comunicação entre os COD's (Centros de Operação da Distribuição) e as unidades móveis (viaturas) e portáteis e, as subestações ou usinas.

O sistema é dividido em 16 subsistemas independentes, onde cada um dos subsistemas tem área de cobertura definida para atender as necessidades de cada COD. Cada subsistema é composto de: - estação de despacho do Centro de Operação da Distribuição (COD); - estações repetidoras; - estações fixas em subestações e usinas; - estações móveis e - estações portáteis.

3.2.1.4 Sistema de Telefonia Corporativa

Este sistema é a interligação em rede das diversas centrais telefônicas das Unidades Regionais, Escritórios, Usinas/Subestações, Almoxarifados e outros setores, à central telefônica da Sede da Celesc, utilizando-se do sistema de transmissão do PDT (Plano Diretor de Telecomunicações), disponibilizando-se um tráfego corporativo de voz e dados.

3.3 CRONOGRAMA

O cronograma que está apresentado na tabela 1, ilustra de uma forma objetiva como se desenvolveu o trabalho durante o período de estágio. Na proposta das atividades de estágio, apresentada ao professor desta matéria, não houve maiores variações com o cronograma proposto anteriormente, indicando assim que o trabalho transcorreu de forma normal e sem maiores complicações.

Tabela 3 – Cronograma das atividades do estagio

Atividades	Meses/Quinzena		A		S		O		N		D	
	Semana		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Levantamento Bibliográfico					X	X	X	X	X			
Descrição da tecnologia						X	X	X				
Standard internacional						X	X					
Acesso e a modulação							X	X	X			
Análise dos produtos									X	X		
Redação do volume final									X	X	X	

O levantamento bibliográfico¹², de fundamental importância, esteve presente durante todo o processo de estagio e poderia estender-se por mais tempo, pois existe muita informação ao respeito, desde livros e documentos a publicações na Internet.

A descrição da tecnologia demandou tempo de análise e discernimento, pois há muitas fontes de informação e os mesmos fabricantes e revendedores fornecem estas informações e o mais importante é poder conciliar-las, com o texto bibliográfico, para estabelecer idéias claras e objetivas sobre o tema.

No que se refere a análise dos produtos, somente foi possível fazer o detalhamento destes, o que deixa uma lacuna, já que seria muito mais interessante, apresentar também um análise detalhado de desempenhos dos mesmos, muito útil para futuras aquisições.

3.4 APRESENTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Existe uma ampla gama de produtos no mercado entre eles, citar-se-á os mais difundidos no mercado internacional e nacional, como é o caso da *Hypertrade*.

3.4.1 HYPERTRADE

Em Dezembro de 2003 a Mitsubishi Electric e HyperTrade Telecom assinam um acordo operacional para a introdução de Soluções em PLC no Brasil.

A *Mitsubishi Electric* e a *Hypertrade telecom* firmaram acordo para atender o mercado de PLC, contando com a "expertise" técnica da empresa japonesa no desenvolvimento de equipamentos e ficando com a empresa brasileira o encargo de

¹² Livros utilizados: Klaus Dostert, 2001 e

desenvolver projetos, comercializar e dar suporte técnico ao "last-mile". (HYPERTRADE, 2006)

“Mas consultando o site da ANATEL, foi possível constatar que já existe pelo menos um equipamento do tipo homologado pelo órgão, o que ocorreu em 2004. Esse modem PLC é fabricado pela japonesa Mitsubishi e importado pela Hypertrade Telecom, de São Paulo” (REZENDE, 2006).

"Nossos equipamentos têm taxa de transferência de 45Mbps, suportam até 64 usuários por repetidora (modem) e serão comercializados em regime de comodato (aluguel) junto a construtoras, incorporadoras e redes de hotéis", explicou o executivo, que ainda completou que já está em contato com operadoras de energia elétrica e de telecom para futuras parcerias em projetos em ambientes abertos (chamados de "outdoor"). (REZENDE apud HYPERTRADE, 2006).

“[...] nos termos do Regulamento para Certificação e Homologação de Produtos para Telecomunicações, aprovado pela Resolução ANATEL nº 242, de 30 de novembro de 2000, o Certificado de Conformidade nº TRB-TEL-04.033-1-1 de 10 de novembro de 2004, emitido pelo OCD – TÜV Rheinland Brasil [...]”(ANATEL, 2006).

Tabela 4 – Valores estabelecidos pela ANATEL

Capacidade máxima de transmissão	45 Mbps	<i>Upstream</i>	<i>Downstream</i>
Frequência de transmissão		13,8MHz - 16,3MHz	19,0MHz - 22,8MHz
Tipo de modulação	OFDM		

Fonte: ANATEL, 2006

Finalizado o processo de certificação de seus equipamentos junto a ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações, a empresa é uma das primeiras autorizadas a comercializar a tecnologia PLC no país.

A Agência Nacional de Telecomunicações exige que as empresas fabricantes submetam os equipamentos a uma avaliação técnica em laboratório credenciado e em seguida são certificados, juntando-se ao processo todas as informações necessárias, como ISO9002 das unidades de fabricação. A Hypertrade telecom e a Mitsubishi Electric foram as primeiras empresas preocupadas com a certificação e regularização da utilização dessa tecnologia. (HYPERTRADE, 2006)

Na sessão de anexos se apresentará a gama completa de produtos ofertados pela Hypertrade no Brasil.

O Sistema ASCOM PLC opera na faixa de frequências entre 1,6 e 30 MHz. Para obter "throughput" máximo as portadoras são gerenciadas dinamicamente e operadas simultaneamente. A figura 13 mostra as frequências típicas de operação do sistema.

A escolha das frequências de operação das portadoras se baseou em medições e planejamento de frequências na banda de rádio de ondas curtas e de acordo com o trabalho em andamento no CENELEC e na Norma NB-30 (Nutzungsbestimmung) do órgão regulador alemão. Além disto, o sistema também satisfaz a norma europeia CISPR 55022.

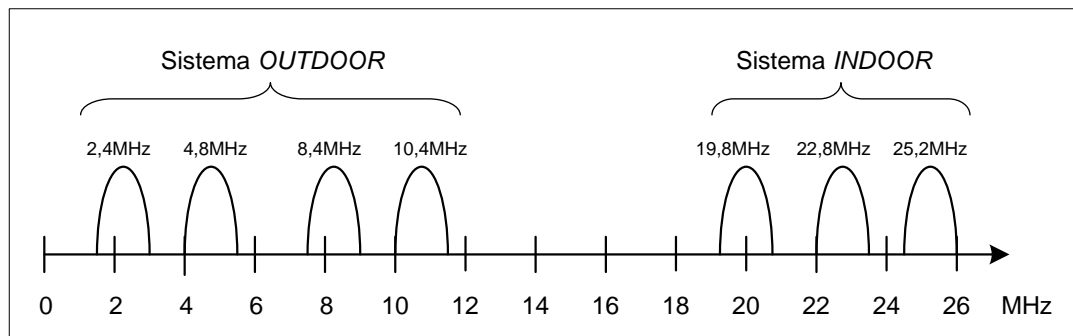


Figura 13: Faixas de frequências do sistema ASCOM

Fonte: ASCOM, 2006

3.4.2.2 Área de cobertura

A distância que se pode alcançar em um sistema PLC depende, basicamente, das perdas introduzidas ao longo do sistema de distribuição de potência. A atenuação é diretamente proporcional ao aumento da frequência. A figura 14 é fruto da experiência adquirida pela ASCOM em suas instalações, relaciona a distância média alcançada pelo sistema com a faixa de frequências utilizadas.

Com estas informações pode-se observar que as distâncias cobertas pelas várias frequências variam de 150 e 250 m em 2,4 MHz para valores entre 100 a 200 m em 8,4 MHz.

Já para a banda de frequências altas, na região de 20 MHz, utilizada nos enlaces internos, a cobertura cai para a faixa de 70 a 100 m. Nota-se que a distância também é bastante influenciada pelo tipo de cabo de energia utilizado.

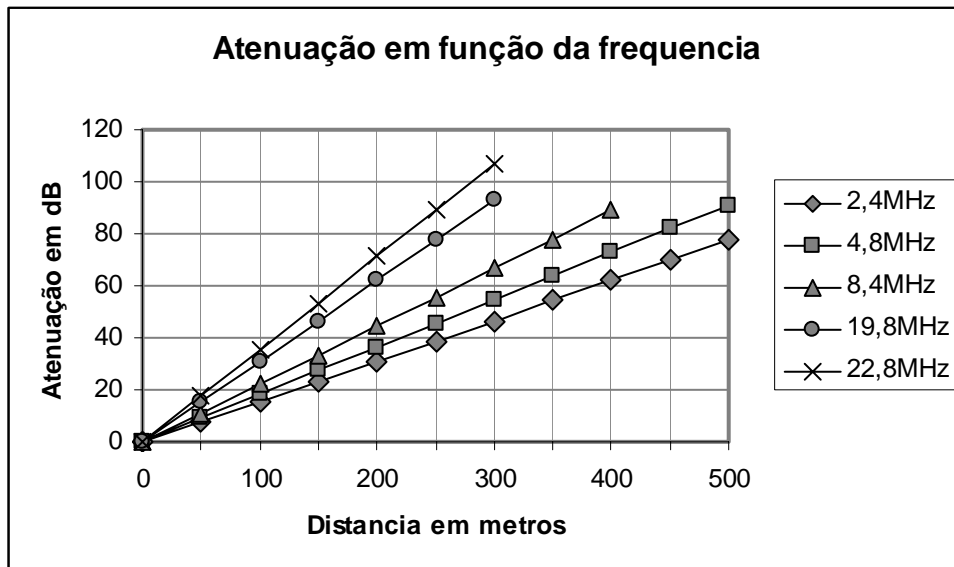


Figura 14: Atenuação em função da frequência

Fonte: ASCOM, 2006

3.4.2.3 Interferências internas ao sistema

A instalação de duas ou mais unidades OAP, com pequena separação entre elas, pode provocar interferência entre os sistemas internos. Isto provoca perda de capacidade devido a colisões no meio compartilhado, as linhas elétricas. Mesmo que o processo corrija os erros ocorridos e que não tenhamos perdas na transmissão fim a fim, a interferência deve ser evitada para que a taxa de transmissão não seja prejudicado.

Isto pode ser obtido por meio de planejamento de frequências e também pela utilização de "capatazes" (foreman) que são equipamentos que coordenam o acesso das várias OAP aos "time-slots" do "frame".

3.4.3 EBA/DS2 POWERLINE

O Sistema PLC DS2 é constituído por três unidades, unidade máster, repetidor e unidade de usuário final.

Unidade Master, também denominada HE (Head End), projetada para comunicações de dados orientados a pacotes, pode tratar pacotes de até 8 Kb e tráfego em tempo real, típico de aplicações VoIP. Oferece taxas de até 45 Mbps, full duplex, ponto – multiponto, utilizando menos de 10 Mhz de espectro. Cada unidade pode tratar até 254 nós PLC, sendo seu gerenciamento executado através do protocolo SNMP.

Unidade Repetidora, também denominada HG (Home Gateway), que retransmite o sinal oriundo de um HE para o restante dos equipamentos da rede, estendendo sua cobertura. Por outro lado, isola o tráfego da rede Powerline criando outro segmento isolado do anterior com capacidade adicional de 45 Mbps. A ele podem ser conectados até 254 equipamentos PLC, ampliando a capacidade da rede. Oferece taxas de até 45 Mbps, full duplex, ponto – multiponto, utilizando menos de 10 Mhz de espectro, sendo seu gerenciamento executado através do protocolo SNMP. Possui firewall interno que permite isolar as redes Powerline da rede Ethernet, permitindo que só o tráfego autorizado circule entre as interfaces.

Equipamento de Usuário Final, também denominados CPE (Customer Premises Equipment), que é o Modem de cliente, que captura o sinal de dados em uma tomada de energia qualquer e o disponibiliza ao usuário. (MARQUES, 2006)

3.5 AVALIAÇÕES

Como mencionado anteriormente, as avaliações somente serão de caráter teórico com base nos estudos bibliográficos e informações sobre equipamentos, disponibilizada pelo fabricante, visando uma aproximação com a realidade.

3.5.1 Características de transmissão em HF

Constantemente extensivas medições estão disponíveis nos bancos de dados das empresas de domínio da rede acesso, e geralmente estes resultados podem ser explorados para propósitos de telecomunicações até frequências da ordem de 10 MHz (aproximadamente), afirma Klaus Dostert (2001).

Tabela 5 – Valores para varios links de comunicação

<i>Link</i>	<i>Frequencia</i>	<i>Atenuação</i>
380 metros	3,4 MHz	80 dB
300 metros	6 MHz	80 dB
200 metros	16 MHz	70 dB
150 metros	18 MHz	52 dB

Fonte: DOSTERT, 2001.

Na tabela 5 é possível perceber, que para faixas de frequências ao redor de 4 MHz, representam links de maiores distancias, porque ao aumentar a frequencia tambem aumenta a atenuação e consequentemente o link é mais curto.

3.5.2 Vantagens e desvantagens

A utilização da rede elétrica existente para comunicação, sem a necessidade de linhas de comunicação adicionais, reduzindo os custos de implementação, referentes a colocação de cabos para formar o canal de comunicação.

Alta performance para velocidades de 45Mbps e 200Mbps, nas faixas de alta frequência entre 1.7MHz a 30MHz, respectivamente.

Acesso Ponto e Multiponto utilizando as linhas elétricas, permite que múltiplos usuários possam acessar a rede através de um único modem Máster, não é um enlace dedicado como nas redes telefonicas.

A tabela 6 descreve de uma forma simplificada das vantagens e desvantagens deste sistema que pode ser observadas para um sistema PLC.

Tabela 6 – Avaliação sobre a tecnologia PLC

<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
Sem linhas adicionais	Meio sujeito a interferencias
Altas taxas de transmissão	Banda frequências saturada
Ponto / Multiponto	Numero de usuários limitados

3.5.3 Instalações e testes

A instalação de um modem PLC é muito simples. Quando um novo aparelho é adicionado à rede, é preciso apenas rodar o CD de instalação que o acompanha. Nesse momento, o software perguntará qual é o ID (identificação) da rede na qual o modem está sendo conectado, o que é facilmente feito, já que basta o usuário copiar o número que está escrito na tampa do produto. Feito isso, o novo modem se comunicará com o aparelho que foi instalado antes.

A facilidade de uso do modem PLC foi posta à prova na redação de WNews¹³. No nosso caso, sequer foi preciso rodar o tal CD de instalação. Simplesmente plugamos dois modems em tomadas escolhidas aleatoriamente dentro de nossa sala e conectamos a eles dois PCs. Não sentimos qualquer diferença: conseguimos navegar não só na rede interna como também na Internet sem perceber qualquer alteração. Nem para pior, nem para melhor. (REZENDE, 2006)

3.5.4 Parâmetros de qualidade

3.5.4.1 Qualidade de serviço

A partir de configurações definidas pela rede elétrica, deve ser realizada uma análise de desempenho contemplando a variação de pelo menos os seguintes parâmetros:

- Quantidade de usuários conectados simultâneos;
- Tipos de aplicação;
- Tamanho do pacote IP;
- Direção do tráfego (“upload” e “download”).

Os parâmetros de desempenho analisados, levando em consideração os parâmetros de configuração acima mencionados, deverão ser baseados em normas que visam a garantir a qualidade dos serviços prestados. Os parâmetros mínimos recomendáveis são:

- Taxa de transmissão;
- Taxa de perdas de pacotes;
- Teste de latência (pertinente para aplicações “real time”);
- *Jitter* (variação do atraso);
- Verificação da priorização do tráfego de serviços “real time”;
- Análise de priorização de tráfego.

3.5.4.2 Análise da segurança

Com a comunicação através do sistema elétrico, deve-se realizar uma análise da segurança da rede devido ao alto risco inerente à mesma. O risco é devido não somente a confidencialidade dos dados dos clientes, mas também às tentativas de fraudes e acessos indevidos a serviços não autorizados.

¹³ Referencia de “Tecnologia sem complicação” na internet: <http://wnews.uol.com.br/>

Portanto a segurança da rede deve ser verificada para evitar acessos não autorizados, garantir confidencialidade, integridade e disponibilidade. Alguns itens que devem ser verificados são:

- Vulnerabilidade;
- Controle de acesso;
- Proteção contra softwares maliciosos;
- Controle de acesso à rede;
- Controle de acesso ao sistema operacional;
- Controles de criptografia;

4 CONCLUSÕES E/OU RECOMENDAÇÕES

4.1 SERVIÇOS SUPOSTADOS PELA TECNOLOGIA PLC

O estágio atual da tecnologia PLC e as possibilidades de exploração de serviços que ela oferece merecem dupla atenção por parte dos dirigentes das Empresas de Energia Elétrica:

A anunciada chegada da competição nos mercados de energia e a conseqüente pressão pelo aumento de resultados vêm forçando essas empresas a buscar fontes alternativas de receita;

Outra razão é que o emprego da tecnologia proporciona a redução de custos operacionais, outra imposição do mercado competitivo.

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

- Acesso em Banda Larga à Internet;
- Vídeo sob demanda;
- Telefonia IP;
- Serviços de Monitoração e Vigilância;
- Serviços de Monitoramento de Trânsito (Câmeras e Comandos);
- Automação Residencial;
- Monitoramento de processos produtivos on-line;

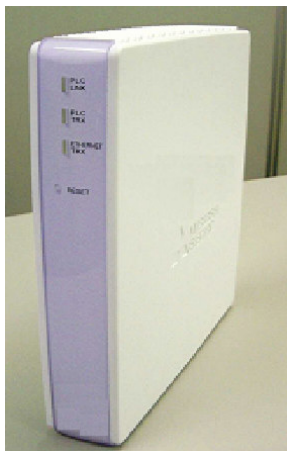
Com o constante avanço desta tecnologia, importantes melhorias estão a caminho, incentivando empresas emergentes e até mesmo as já estabelecidas no mercado, a investirem nesta tecnologia. Infelizmente este não é um processo que acompanha a velocidade de desenvolvimento, pois este país ainda depende de importantes reformas para concretizar o uso de internet, como aquisição de computadores pela população em geral.

Referente ao projeto, o sistema PLC oferece vantagens, ao poder avaliar distintos pontos de clientes por certo período de tempo e após a aquisição dos dados, este poderá ser acomodado a outros clientes, sem a necessidade de novos cabos de comunicações ou fios de alimentação.

REFERÊNCIAS

- ANATEL, **Certificado de Homologação**. Disponível em:
<<http://plc.hypertrade.com.br/downloads/Certificado%20Modem%20PLC.pdf>>. Acesso em:
13 out. 2006.
- APTEL, **Grupo de Trabalho Powerline Communications**. Disponível em:
<http://www.anatel.gov.br/comites_comissoes/cbc/cbc7/documentos_apoio/anexo_a_tutorial_plc_aptel.pdf>. Acesso em: 13 out. 2006.
- ARTECHE, **Soluciones de Acoplamientos PLC**. Disponível em: <<http://www.artech.com>>.
Acesso em: 14 nov. 2006.
- ASCOM, **Description the sistem PLC**. Disponível em:
<http://www.ascom.com/products_plc_ascom.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2006.
- CELESC, **Plano Diretor de Telecomunicações**. Disponível em:
<<http://www.celesc.com.br/tecnologias/planodiretor.php>>. Acesso em: 14 out. 2006.
- CORRÊA, J. R. **PLC – Power Line Communications**. Disponível em:
<<http://www.si.uniminas.br/TFC/monografias/TCC%20Josias%20Rodrigues%20Correa-Agosto%202004.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2006.
- DOSTERT, K. **Powerline Communications**. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 2001.
- DUQUE, C. A. **Transmissão de Dados Através da Rede Elétrica - PLC**. Disponível em:
<http://www.uefs.br/erbase2004/documentos/erbase/erbase4_p06_carlos_duque.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2006.
- HRASNICA, H; HAIDINE, A.; LEHNERT, R. **Broadband Powerline Communications Networks**. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2004.
- HYPERTRADE, **Divisão de Negócios PLC**. Disponível em: <<http://plc.hypertrade.com.br/>>.
Acesso em: 13 out. 2006.
- MARQUES, G. A. **Transmissão de dados via rede elétrica**. Disponível em:
<http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/gabriel_marques/dados_via_rede_02.html>. Acesso em: 4 out. 2006.
- REGINALDO, A. P. **Uma visão geral sobre a tecnologia PLC**. Disponível em:
<http://www.eee.ufg.br/cepf/pff/2003/pf2003_11.pdf>. Acesso em: 4 out. 2006.
- REZENDE, E. **PLC traz Internet à rede elétrica**. Disponível em:
<http://wnews.uol.com.br/site/noticias/materia_especial.php?id_secao=17&id_conteudo=266>. Acesso em: 17 nov. 2006.
- TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadoras**. Naucalpan de Juárez: Pearson Educación de Mexico, 2003.

ANEXOS



Descrição:

Transceptor de RF, para linhas de energia elétrica de Baixa Tensão, com função de Modem PLC

Características:

- ↪ Este modem conecta-se a uma tomada de energia elétrica comum, através de um único cabo
- ↪ Fonte de Alimentação e Acoplador Internos
- ↪ Dispõe de outras interfaces para dispositivos domésticos
- ↪ Pode trabalhar como um Terminal VoIP
- ↪ Trabalha em uma única faixa de freqüências, evitando interferências
- ↪ Não necessita de configuração especial pelo usuário

Faixa de Temperatura	Temperatura Ambiente : de 0 a 55° C (sem ventilação forçada)
Umidade	Até 95%, não condensado
Tamanho	45 x 210 x 225 mm
Alimentação	<ul style="list-style-type: none">- Sem necessidade de Fonte de Alimentação externa- CA 120 / 240V(±10%)- 50 / 60Hz
Interfaces	<ul style="list-style-type: none">- Ethernet : 10BaseT / 100BaseT (RJ45 x 1)- Energia Elétrica / PLC : Conector de Entrada CA (x 1)- Telefonia : VoIP (RJ11 x 1)- USB 1.1 (Tipo-B x 1)

Vista traseira do Modem (Conectores)

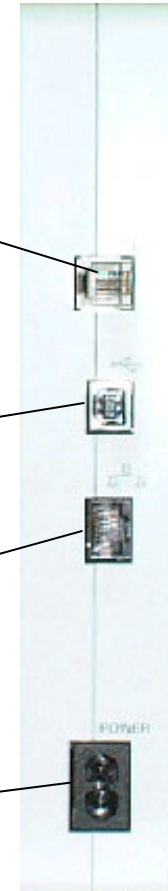
Conector p/ telefone (RJ11)

* Este conector é também utilizado para manutenção, usando um cabo CPE – DB Serial

Conector USB (Tipo-B)

Conector Ethernet (RJ45)

Entrada de Energia e Dados





Descrição:

Transceptor de RF, para linhas de energia elétrica de Baixa Tensão, com função de Master PLC

Características:

- ↪ Executa as funções de uma Bridge entre o sinal vindo do BackBone da Rede de Média Tensão PLC e os cabos de Baixa Tensão em um segmento de Rede PLC, ou
- ↪ Executa a função de Geração e Injeção do sinal PLC diretamente nas linhas de energia elétrica de Baixa Tensão
- ↪ Dispõe de vários link's de frequência para otimização de performance, em função da distancia, evitando interferências em condições adversas
- ↪ Responsável pelo controle e gerenciamento de usuários e novos segmentos de Rede PLC

Faixa de Temperatura	Em funcionamento normal : de 0 a 55° C Sistema de Ventilação forçada, com sensor de temperatura
Umidade	Até 95%, não condensado
Tamanho	343 x 266 x 133 mm
Alimentação	- Sem necessidade de Fonte de Alimentação externa - CA 120 / 240V(±10%) - 50 / 60Hz
Interfaces	- Ethernet : 10BaseT / 100BaseTX (RJ45 x 1) - PLC : DB9 Fêmea x 1 - Console : DB9 Macho x 1
Funções de Rede	- Spanning tree protocol (IEEE Std.802.1D), VLAN (802.11q e OVLAN), QoS

Vista inferior do Master

Conector da Unidade de
Acoplamento (DB9 Fêmea)

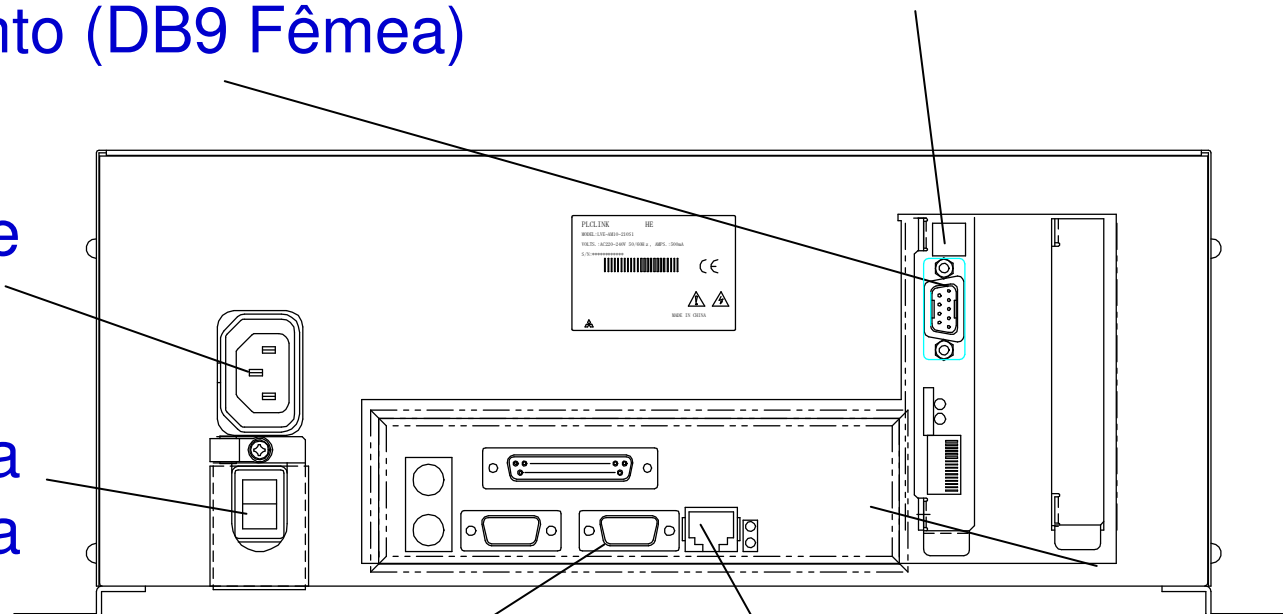
Placa Master

Entrada de
Energia

Chave Liga
/ Desliga

Porta de Manutenção
(DB9 Macho)

Conector de Dados
Ethernet (RJ45)





Descrição:

Transceptor de RF, para linhas de energia elétrica de Baixa Tensão, com função de Repetidor PLC

Características:

- ↳ É responsável pela reconstituição (regeneração do sinal PLC), para aumento da área de cobertura, nas linhas de energia elétrica de Baixa Tensão
- ↳ Executa a função de Geração e Injeção do sinal PLC diretamente nas linhas de energia elétrica de Baixa Tensão
- ↳ Dispõe de vários link's de frequência para otimização de performance, em função da distancia, evitando interferências em condições adversas
- ↳ Responsável pelo controle e gerenciamento de usuários no último segmentos de Rede PLC

Repetidor PLC Especificações Técnicas

Faixa de Temperatura	Em funcionamento normal : de 0 a 55° C Sistema de Ventilação forçada, com sensor de temperatura
Umidade	Até 95%, não condensado
Tamanho	343 x 265 x 133 mm
Alimentação	- Sem necessidade de Fonte de Alimentação externa - CA 120 / 240V(±10%) - 50 / 60Hz
Interfaces	- Ethernet : 10BaseT / 100BaseTX (RJ45 x 1) - PLC : DB9 Fêmea x 2 - Console : DB9 Macho x 1
Funções de Rede	Spanning tree protocol (IEEE Std.802.1D), VLAN (802.11q e OVLAN), QoS

Vista inferior do Repetidor

Conector da Unidade de
Acoplamento (para o Slave)

Conector da Unidade de
Acoplamento (para o Master)

