

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas

A VIABILIDADE DA
TRANSMISSÃO DE DADOS EM REDES DE ENERGIA ELÉTRICA
DE BAIXA TENSÃO

Dissertação de Mestrado
Daniel Calixto Fagonde Moraes

Orientador
Prof. Dr. Luiz Fernando Jacinto Maia

Florianópolis
2002

**A VIABILIDADE DA
TRANSMISSÃO DE DADOS EM REDES DE
ENERGIA ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Programa de Pós – Graduação em Engenharia de Produção

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas

**A VIABILIDADE DA
TRANSMISSÃO DE DADOS EM REDES DE ENERGIA
ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO**

Daniel Calixto Fagonde Moraes

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
Como requisito parcial para obtenção
Do título de Mestre em
Engenharia de Produção

Florianópolis

2002

Daniel Calixto Fagonde Moraes

**A Viabilidade da Transmissão de Dados em Redes de Energia
Elétrica de Baixa Tensão**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de
**Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção da**
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 27 de maio de 2002.



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph D.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA



Prof. Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.

Orientador



Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.



Profa. Elizabeth Specialski, Dra

*Dedico este trabalho a toda a minha grande família, que me
acompanha em todos os momentos;
Aos meus amigos e companheiros de trabalho;
A Simone, Gabriel e Daniela pela compreensão e carinho
vocês solidificam a nossa caminhada,
são a certeza de que vale a pena lutar por um ideal.*

Agradecimentos

À Universidade Federal de Santa Catarina,
À Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado de Santa Catarina –
FUNCITEC,
Ao orientador Prof. Dr. Luiz Fernando Jacinto Maia,
Ao Prof. Dr. João Bosco da Mota Alves,
Aos professores do Curso de Pós-Graduação,
À Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC – Campus Joaçaba
À Companhia Paranaense de Energia Elétrica – COPEL Telecom,
A Carlos Renato de Oliveira Fontes – Eng. Coordenador do Projeto PLC
COPEL Telecom,
A Lourival Lovato – Analista de Sistemas COPEL Telecom,
A Carlos Maurício Dilger – Engenheiro Eletrônico COPEL Telecom,
A Fernando Losada Alves – Engenheiro Consultor COPEL Telecom,
A Jefferson Luiz M. Dieckmann – Técnico de Projetos COPEL Telecom,
A João Maria Dannemann – Gerente Equipe de Serviços COPEL Telecom,
A Sergio Sékula – Gerente Tecnologia da Informação COPEL Telecom,
Ao Prof. Martin José Fagonde Moraes – UNOESC Campus Campos Novos,
A Fabiana Kremer Pereira – Soft Line Informática LTDA,
A toda minha família que pacientemente acompanhou as minhas “maluquices”
e apoiou a realização deste trabalho,
A todos que fizeram possível a realização desta pesquisa,
Ao Pai Celestial que nos permite pensar e agir livremente nesta vida.

A todos minha gratidão eterna.

"A melhor forma de derrubar a muralha que separa os incluídos dos excluídos é garantir acesso à educação e à informação".
Tom Partner

Sumário

Índice de Figuras	VIII
Índice de Tabelas	VIII
Lista de Abreviaturas.....	IX
Resumo	XII
Abstract.....	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo geral do Trabalho.	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Justificativa	3
1.4 Questão de Pesquisa.....	4
1.5 Delimitação do Trabalho.....	4
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1 Breve Histórico	6
2.2 Hardware	11
2.2.1 Placa de Rede	11
2.2.2 Hub	12
2.2.3 Repetidor	12
2.2.4 Bridge	13
2.2.5 Switches.....	13
2.2.6 Roteadores.....	14
2.2.7 Servidor de Terminais	14
2.2.8 Gateway.....	14
2.2.9 Servidor de Acesso Remoto	15
2.2.10 Modems	15
2.3 Meios de Transmissão.....	15
2.3.1 A função dos Cabos.....	16
2.3.2 Tipos de Cabos e Fios	16
2.3.3 Cabo Coaxial	17
2.3.4 Par Trançado – com blindagem (STP).....	18
2.3.5 Par Trançado – sem blindagem (UTP).....	18
2.3.6 Fibra Ótica.....	19
2.3.7 Condutor de Energia Elétrica de Baixa Tensão	20
2.4 Métodos de transmissão	20
2.5 Software	21
2.5.1 Sistema Operacional.....	22
2.5.2 Protocolos.....	22
2.6 Redes	22
2.6.1 LANs	23

2.6.2	MANs	23
2.6.3	WANs	24
2.7	Redes de Energia Elétrica de Baixa Tensão	24
2.7.1	Legislação.....	25
3.	SISTEMAS INVESTIGADOS DE TRANSMISSÃO DE DADOS EM REDES DE ENERGIA ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO	26
3.1	Equipamentos e Configurações.....	27
3.1.1	Ascom Powerline	27
3.1.2	DS2 Powerline.....	31
3.2	Software	33
3.3	Considerações Gerais.....	34
3.4	Aplicações	37
3.5	Funcionamento.....	38
3.6	Caso 1 - Residências	41
3.7	Caso 2 - Prédio da Unidade de Negócios COPEL Telecom.....	44
4.	RESULTADOS	44
5.	CONCLUSÃO	46
6.	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	48
7.	BIBLIOGRAFIA	49
8.	ANEXOS	53
8.1	Autorização de pesquisa	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Cabo Coaxial.....	17
Figura 2 – Par Trançado com blindagem	18
Figura 3 – Par Trançado sem blindagem.....	19
Figura 4 – Fibra Ótica.....	19
Figura 5 – Condutores Elétricos de baixa tensão	20
Figura 6 – Central Externa (Outdoor Master – OM).....	28
Figura 7 – Adaptador Externo (Outdoor Adapter –AO)	28
Figura 8 – Interfaces de conexão do Adaptador Externo (AO)	29
Figura 9 – LEDs de Status do Adaptador Externo (AO).....	29
Figura 10 – Ponto de Acesso Externo (Outdoor Access Point – OAP)	30
Figura 11 – LEDs de Status do Ponto de Acesso Externo (OAP)	30
Figura 12 – Adaptador Interno (Indoor Adapter – IA).....	30
Figura 13 – Interfaces de conexão do Adaptador Interno (IA)	30
Figura 14 – LEDs de Status do Adaptador Interno (IA)	31
Figura 15 – Central externa (Head End – HE)	31
Figura 16 – Gateway Residencial (Home Gateway – HG)	32
Figura 17 – Modem Cliente (Customer Premise Equipment – CPE)	33
Figura 18 – Modem Cliente - PCI Board	33
Figura 19 – Modelo de Funcionamento Ascom Powerline.....	39
Figura 20 – Modelo de Funcionamento DS2	40
Figura 21 – Sistema Ascom powerline em residências.....	42
Figura 22 – Sistema Ascom PLC em residências - Conexão rede externa	43
Figura 23 – Sistema Ascom powerline em residência	43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa de Transferência.....	36
---------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ADSL	Asimetric Digital Subscriber Line, Linha digital Assimétrica que permite o uso simultâneo da linha telefônica para conversação normal
BNC	Bayone-Neil-Concelman, Conector de Cabo Coaxial
bps/Hz	Medida de transmissão de dados, Bit's por Segundo a cada Hertz
CA	Corrente Alternada
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CPE	Customer Premise Equipment, Equipamento cliente para acesso à rede interna com tecnologia DS2 PLC
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol, Protocolo de Configuração Dinâmica para servidor local
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCC	Norma padrão americano que estipula os níveis de radiação aceitáveis, emitidos por equipamentos
FTP	File Transfer Protocol, Protocolo de Transferência de Arquivos
HE	Head End, Equipamento para acesso externo utilizado nas redes com tecnologia DS2 PLC
HG	Home Gateway, Equipamento para acesso à residência nas redes com tecnologia DS2 PLC
IA	Indoor Adapter, Equipamento do usuário para acesso a rede interna com tecnologia Ascom PLC
IC	Indoor Controler, Equipamento que controla à rede interna em redes com tecnologia Ascom PLC
IEEE	Institute of Electrial and Electronic Engineers, Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IP	Internet Protocol, Protocolo Internet, responsável pela conexão

lógica entre as redes

IPX	Internetwork Packet Exchange, Protocolo de entrega de pacotes
ISDN	Integrated Services Digital Network, Rede de serviços integrado
ISO	International Organization for Standardization, Organização Internacional que define padrões e normas
iTV	TV interativa
LAN	Local Area Network, Rede geograficamente limitada
MAN	Metropolitan Area Network, Rede que abrange uma área metropolitana
MB	Mega Byte, Unidade de medida de armazenamento
Mbit/s	Mega Bit por Segundo, Unidade de medida de transmissão de dados por segundo
MBps	Mega Bytes por Segundo
MHz	Mega Hertz, Unidade de medida de frequência
NB 30	Norma alemã que estipula níveis de emissão de radiação aceitáveis
NIC	Network Interface Card, Placa de Rede
OA	Outdoor Adapter, Adaptador Externo em redes com tecnologia PLC
OAP	Outdoor Access Point, Equipamento ponto de acesso externo e interno, nas redes com tecnologia Ascom PLC
OFMD	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OM	Outdoor Master, Equipamento utilizado para acesso externo nas redes com tecnologia Ascom PLC
OSI	Open System Interconnection, Modelo de referência de interconexão de sistemas abertos
PC	Personal Computer, Computador Pessoal
PCI	Peripheral Component Interconnect, Conector que permite altas

taxas de transferência de dados

PCM	Pulse Code Modulation, Modulação por código de pulso
PLC	Power Line Communication, Comunicação por Linha de energia elétrica
PPP	Point to Point Protocol, Protocolo que transmite pacotes de dados que trafegam em linhas seriais
RAM	Random Access Memory, Memória de acesso randômico
RAS	Remote Access Server, Servidor de acesso remoto
RJ-45	Ethernet connector standard, Conector padrão Ethernet
RS 232	Conector padrão serial
RTP	Rede de Telefonia Pública
SNMP	Simple Network Management Protocol, Protocolo de Gerência de Rede
SPX	Sequenced Packet Exchange, Protocolo que reconhece a efetivação da entrega dos pacotes na rede
STP	Shield Twisted-Pair wire, Cabo Par Trançado com Blindagem
TCP	Transfer Control Protocol, Protocolo de Controle de Transmissão
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol, Protocolo de Controle de Transmissão / Protocolo Internet
UTP	Unshield Twisted-Pair wire, Cabo Par Trançado sem Blindagem
VLAN	Virtual Local Area Network, Rede Local Virtual
VoIP	Voice over IP, Voz sobre IP
WAN	Wide Area Network, Rede de longa distância

RESUMO

Para distribuir e socializar a informação, nos mais diversos locais e das formas mais rápidas possíveis, proliferam as redes de comunicação de dados, cada vez mais presentes em nosso cotidiano, especialmente através do uso das novas tecnologias. Dentre elas, destaca-se a rede de computadores, em que os dados são transmitidos por meios físicos (cabos). O presente trabalho foca a viabilidade da transmissão de dados por Redes de Energia Elétrica de Baixa Tensão.

Estuda a alternativa, de se utilizar a rede de energia elétrica como um canal para transmissão de dados, tornando-se, assim, também uma rede de comunicação de dados. O foco desta pesquisa está nas redes de comunicação LAN's. Descreve e identifica os recursos e as técnicas básicas de comunicação utilizando esse meio físico. A pesquisa ateve-se a um estudo experimental de aplicação dessa nova tecnologia na empresa COPEL – Companhia Paranaense de Energia (Anexo 8.1). Demonstra-se que a infraestrutura de linhas e redes de distribuição pode ser utilizada como meio de comunicação de dados e inúmeras são as aplicações que podem ser desenvolvidas, visando a sua respectiva utilização.

Palavras-chave: redes PLC, dados via rede elétrica,

ABSTRACT

In order to distribute and to socialize the information, in the most several environments and in the possible fastest ways, it proliferated the data of communication nets, which are every time more presents in our daily , especially through the use of the new technologies. Among the communication nets stands out the computers net, where the data are transmitted by physical means (cables). The approach of this present work is on the viability of the data transmission by Electric Energy Nets of Low Tension.

It analyses the alternative of using the electric energy net as a channel for data transmission that becomes also a data communication net. The focus of this research is in the communication nets called LAN's. It describes and identifies the resources and the basic communication techniques using this physical way. The research is based in an experimental application study of this new technology in the company COPEL – Companhia Paranaense de Energia. This way, it is demonstrated that the infrastructure of lines and distribution nets can be used as a mean of data communication and diverse are the applications that can be developed, intending its respective use.

Word-key: Net PLC, data electric net

1. INTRODUÇÃO

Na era da informação, a busca por soluções de comunicação e transmissão de dados que interagem (integram-se) com recursos já existentes é um estudo importantíssimo, que visa adicionar novos conceitos e eliminar redundâncias de recursos físicos, criando novas aplicações para a rede de energia elétrica de baixa tensão, visto que essa malha de cabos interconectados abrange um espectro enorme.

Com os recursos tecnológicos de hoje tem-se a possibilidade de explorar esse meio para a transmissão de informação, buscando a disseminação das redes de comunicação, reduzindo custos, aumentando limites de alcance e reduzindo o tempo de implementação de uma rede.

Neste trabalho, enfoco as redes locais de computadores como modelo para a utilização das redes de energia elétrica de baixa tensão como o meio físico a estabelecer a conexão entre vários pontos de um prédio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral do Trabalho.

O trabalho aqui proposto tem como objetivo compilar informações referentes ao sistema de comunicação, para a transmissão de dados via rede de energia elétrica de baixa tensão, visando determinar a sua viabilidade de utilização.

Embora se tenha o conhecimento de diversas pesquisas, nessa área (fora do país), não existe literatura científica que norteie e esclareça os aspectos de viabilidade e aplicação de tal tecnologia. Nesse sentido, seremos beneficiados com este trabalho.

1.2.2 Objetivos específicos

- ◆ Criar material escrito, referente ao sistema de comunicação por rede de energia elétrica de baixa tensão;
- ◆ Mostrar as possibilidades de aplicação dessa tecnologia;
- ◆ Descrever um modelo de transmissão de dados em rede de energia elétrica de baixa tensão .

1.3 Justificativa

O trabalho aqui proposto tem por contribuição principal demonstrar que a transmissão de dados via rede de energia elétrica de baixa tensão vem adicionar-se às tecnologias já consideradas tradicionais em transmissão de dados.

A comunicação de dados se estabelece, valendo-se de recursos físicos e elétricos (Ex. computador, cabos, energia elétrica, luz, placas de comunicação, etc...) para levar, de um ponto a outro, sinais que, no conjunto, revelam um dado/informação. (Morães, 2001)

Fornece uma solução de praticidade e tempo para situações em que a implementação da rede de dados tradicional se torna muito complicada, tornando-se inviável muitas vezes. Tomamos, como exemplo, uma situação simples de uma rede para um prédio, como uma Biblioteca (LAN), quando da sua implementação física (cabeamento), em que muitas vezes, é necessário furar paredes e colocar canaletes, para que os cabos possam passar e se interligar. Nesse sentido, a rede de energia elétrica de baixa tensão, presente na maioria dos ambientes, com tomadas já dispostas próximas aos equipamentos (PC), necessitaria apenas da interface de conexão a eles.

Através deste trabalho, vislumbra-se a viabilidade de que residências, condomínios e empresas aproveitem a estrutura da rede de energia elétrica de baixa tensão, já disponível, para beneficiar-se com a disseminação de uma rede de computadores, nos pontos mais diversos, eliminando redundâncias de estruturas para transmissão de dados.

Entre as inúmeras possíveis aplicações cita-se o controle de equipamentos como, os eletrodomésticos, a iluminação, o monitoramento de alarmes, o monitoramento de câmeras e a leitura de relógios medidores de consumo de energia. Essas aplicações podem ser absorvidas por condomínios residenciais (ex: o sinal de Internet pode chegar a todos os ambientes), escolas, bibliotecas, indústrias, empresas, semáforos, etc..., além, é claro, pelo enfoque deste trabalho que é uma rede (LAN) de micros (PC).

1.4 Questão de Pesquisa

A contribuição social das redes de transmissão de dados, em nossos dias, é incontestável; podemos buscar e disponibilizar praticamente todos os assuntos na grande rede mundial.

Surgiu, então, o aperfeiçoamento de tecnologias consideradas novas aliadas à necessidade de investigarmos suas melhores aplicações, tendo como foco o usuário inicial e visando contribuir para a sua credibilidade.

Esta pesquisa propõe investigar se o meio físico em questão é viável para transmissão de dados.

1.5 Delimitação do Trabalho

A combinação de diversos meios de transmissão, diversas topologias e diversos mecanismos de controle de acesso nos leva a uma miríade de redes.

Neste trabalho, verificaremos a viabilidade da transmissão de dados em Redes (linhas) de Energia Elétrica de Baixa Tensão, desconsiderando a sua

construção física ao partir do princípio de que as linhas hoje em uso em nossas residências, escolas, bibliotecas, empresas, etc..., já estão adequadas a isso.

Utilizaremos como referencial experimental o caso da **COPEL – Companhia Paranaense de Energia Elétrica**, que já investiu em uma base de experimentos e aplicações dessa tecnologia.

2. REVISÃO DA LITERATURA.

2.1 Breve Histórico

Maranhão (1999) sintetiza com clareza a evolução dos meios de transmissão de dados.

Tudo começou em 1837, quando Samuel Morse aperfeiçoou o telégrafo; porém, somente em 1844, tornou-se possível uma transmissão através do telégrafo elétrico, entre as cidades de Washington D.C. e Baltimore, em Maryland, criando, com isso, um revolucionário conceito de “Tempo Real” e “Longa Distância”. O telégrafo foi o precursor da comunicação digital e o código Morse um código ternário, de comprimento variável, que usa um alfabeto de quatro símbolos: um ponto, um hífen, um espaço entre letras e um espaço entre palavras.

Em 1864, James Clerk Maxwell formulou a “Teoria Eletromagnética da Luz” e prognosticou a existência de “Ondas de Rádio”, que foi estabelecida, experimentalmente por Heinrich Hertz, em 1887.

Anos depois, Emilie Baudot desenvolveu um código binário de tamanho fixo para telegrafia. Nele, adaptado para o uso em máquinas telegráficas, cada código de palavras consiste de cinco elementos, de tamanhos iguais, atribuindo-se a cada um deles um de dois estados possíveis: uma marca ou um espaço (i.e.. símbolo 1 ou 0 nos dias atuais).

Nesse mesmo ano, o telefone foi inventado por Alexander Graham Bell, um professor de surdos. Através desse instrumento se tornou possível a transmissão da voz em tempo real, valendo-se de codificações elétricas e

replicação do som. A primeira versão do telefone foi imatura e frágil, pois habilitava a conversação entre duas pessoas, desde que estivessem a poucos metros de distância uma da outra. Quando o serviço telefônico tinha apenas alguns anos, foi automatizado.

Em 1894, Oliver Lodge fez uma demonstração da “Comunicação sem Fio”, através de uma distância, relativamente curta, aproximadamente 137 m.

Em dezembro de 1901, Guglielmo Marconi recebeu um sinal de rádio em Signal Hill – Canadá, o qual teve origem em Cornwall, na Inglaterra.

Em 1904, John Ambrose Fleming inventou o diodo de tubo a vácuo, que serviu de alicerce para a invenção do triodo de tubo a vácuo, desenvolvido por Lee de Forest, em 1906. A descoberta do triodo foi de extrema importância para o desenvolvimento do telefone transcontinental, em 1913, assinalando, o início da comunicação sem fio com o uso da voz. Até a invenção e o aperfeiçoamento do transistor, o triodo se manteve como a invenção suprema para os projetos de amplificadores eletrônicos.

Em 1905, Reginald Fessenden demonstrou o telefone sem fio, através da transmissão de voz e música em um canal de rádio.

Em 1918, Edwin H. Armstrong inventou o receptor de rádio super heterodino, sendo ainda hoje, quase todos os receptores de rádio desse tipo. Esse mesmo cientista, em 1933, demonstrou outro conceito revolucionário um “Esquema de Modulação” que chamou de “Modulação em Freqüência” (FM).

Em 1928, Philo T. Farnsworth demonstrou o primeiro sistema de televisão totalmente eletrônico, que teve sua continuidade em 1929, através de Vladimir K. Zworykin.

Ainda em 1928, Harry Nyquist publicou um artigo clássico sobre a “Teoria do Sinal de Transmissão na Telegrafia”. Na verdade, Nyquist desenvolveu critérios para a correta recepção do sinal telegráfico transmitido através de canais dispersos, com ausência de ruídos. Grande parte desse trabalho foi empregada, mais tarde, na transmissão de dados digitais através de canais dispersos.

Em 1937, Alec Reeves inventou a “Modulação por Código de Pulso” (PCM), que seria usada no código digital do sinal de voz. A técnica foi desenvolvida durante a II Guerra Mundial, com o único objetivo de aumentar os sinais de voz. Vinte e quatro canais de sistema foram usados em campos de batalha por militares norte americanos, no final da guerra; no entanto, tal modulação teve que aguardar a descoberta do transistor e o desenvolvimento dos circuitos integrados em larga escala, para que pudesse ser explorada comercialmente.

Em 1943, D. O. North inventou um filtro que podia detectar um sinal conhecido que estivesse adicionado ao ruído. Um resultado parecido foi obtido em 1946 por J. H. Van Vleck e D. Middleton, que estabeleceram o termo “filtro casado”.

Em 1947, foi desenvolvida, por V. A. Kotel'nikov, a representação geométrica de sinais e apresentada em uma dissertação de Doutorado ao Conselho Acadêmico do Instituto de Energia Molotov, em Moscou. Esse trabalho teve seu prosseguimento e total disseminação em 1965, em um livro texto publicado por John M. Wozeneraft e Irwin M. Jacobs.

Em 1948, os fundamentos teóricos da comunicação digital foram derrubados por Claude Shannon, em um artigo intitulado “Uma Teoria Matemática da Comunicação”, que foi recebido com entusiasmo pela crítica. Talvez tenha sido essa resposta que levou Shannon a retificar o título do artigo para “A Teoria Matemática da Comunicação”, quando ele foi reimpresso, um ano depois, em um livro, com a co-autoria de Warren Weaver. A teoria da comunicação foi pega de surpresa, quando Shannon provou que não era verdade que, se aumentássemos a taxa de transmissão de informação através do canal, poderíamos aumentar a probabilidade de erro, provando que a taxa de transmissão era inferior à capacidade do canal.

Estamos ainda no ano de 1948; o transistor, finalmente, foi inventado nos laboratórios da Bell Co.. Os autores dessa façanha foram Walter H. Brattain, John Barden e William Shockley. A partir daí, começou uma nova era. O primeiro circuito integrado de silicônio (IC) foi produzido por Robert Noyce em 1958, proporcionando o desenvolvimento dos circuitos integrados em larga escala (VLSI) e dos microcomputadores com chip simples, mudando para sempre a natureza das indústrias de telecomunicações.

A invenção do transistor estimulou as aplicações de eletrônica voltadas para a comunicação digital, devido à confiança, à capacidade de crescimento e ao seu custo reduzido. A primeira ligação telefônica, utilizando um sistema interno, ocorreu em março de 1958, no laboratório da Bell Co. e o primeiro serviço de telefone comercial, usando ligação digital, começou em Morris, em Junho de 1960. A primeira transmissão do “Sistema Carrier” foi instalada em 1962, no mesmo laboratório.

Durante o período de 1943 a 1946, foi construído o primeiro computador eletrônico digital, na Escola de Engenharia Eletrônica da Pensilvânia, sob a direção técnica de J. Presper Eckert Jr. e John W. Mauchly. Entretanto, foram as contribuições de John Von Newman que serviram de base para a teoria, o projeto e a aplicação de computadores digitais. Os computadores só começaram a se comunicar entre si, em projetos envolvendo longas distâncias, no início dos anos 50 e usavam em suas conexões os canais telefônicos de voz, operando a baixas velocidades (300 a 1200 bps). Vários fatores têm contribuído para o crescimento da velocidade de Transmissão de Dados e, ao redor deles, existe a idéia de “Equalização Adaptativa”, iniciada por Robert Lercky, em 1965 e das “Técnicas de Modulação Eficientes”, cujo precursor foi G. Ungerboeck, em 1982.

O maior impacto da comunicação de computadores foi alcançado através do “ARPANET” – Advanced Research Project Network (Projeto Avançado de Recursos de Rede), que entrou em funcionamento em 1971, tendo como patrocinador oficial a Agência de Projetos de Recursos Avançados do Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América.

(Maranhão, 1999)

A busca por soluções viáveis de transmissão de dados que interagem (integram-se) com recursos já existentes é um estudo que vem adicionar e possibilitar a criação de novos produtos, facilitando e dando qualidade à vida do ser humano.

2.2 Hardware

Para a formação das redes, objetivando a comunicação de dados, existe no mercado uma gama enorme de equipamentos e especificações. A utilização e disposição se dá mediante as diferentes necessidades de cada aplicação: distâncias, volume de dados, quantidade de equipamentos na rede, quantidade de usuários, etc.

O sistema de comunicação vai se constituir de arranjo topológico interligando os vários módulos processadores através de enlaces físicos (meios de transmissão) e de um conjunto de regras com o fim de organizar a comunicação (protocolos). (Soares, 1995, p. 17)

Citamos os mais comuns para a implementação de uma rede de comunicação.

2.2.1 Placa de Rede

Também chamada de NIC (Network Interface Card) ou placa Ethernet, é uma placa interna que pode ser adicionada a um computador (normalmente PC) para prover uma interface de hardware entre a mídia de transmissão e o método de transporte usado pelo PC para aquela mídia de transmissão. (Cyclades, 1999, p. 33)

2.2.2 Hub

O hub é um dispositivo que reside no core (núcleo) de uma rede ou sistema de cabeamento com topologia estrela. O hub se conecta a estações e a outros hubs. Dentro de uma LAN, um hub provê um local centralizado para conexões e gerenciamento de rede, permitindo aos gerentes de rede configurar e controlar LANs de grande porte geograficamente dispersas de um único ponto na rede. Pode-se conectar hubs juntos em uma topologia hierárquica estrela para se formar uma rede maior. (Cyclades, 1999, p.33)

2.2.3 Repetidor

Repetidores (ou Repeaters) são equipamentos que permitem aumentar a distância máxima entre as estações. É definido para redes Ethernet o número máximo de quatro repetidores entre duas estações quaisquer. Um repetidor regenera os sinais digitais, o que permite estender o comprimento da rede. Repetidores podem conectar uma variedade de mídias de transmissão, tais como cabo coaxial fino e grosso. Repetidores regeneram sinais, e não executam nenhuma ação nos pacotes de dados, ao contrário de bridges e routers que tipicamente examinam e tomam decisões sobre os pacotes que eles recebem e então os processam. Os repetidores operam na camada física do modelo OSI. (Cyclades, 1999, p.35)

2.2.4 Bridge

Bridge é um produto com a capacidade de segmentar uma rede local em sub-redes com o objetivo de reduzir tráfegos ou converter diferentes padrões de LANs (de Ethernet para Token-Ring por exemplo).

As bridges diferenciam-se dos repetidores (repeaters), pois manipulam frames ao invés de sinais elétricos. As bridges possuem vantagens sobre os repetidores, pois não retransmitem ruídos, erros, ou frames mal formados. Um frame deve estar completamente válido para ser retransmitido por uma bridge. A bridge atua na camada dois do modelo de referência ISO/OSI. (Cyclades, 1999, p.35)

2.2.5 Switches

Ao contrário dos hubs convencionais de mídia compartilhada onde todos os pacotes recebidos pelo hub são encaminhados para todas as estações conectadas à rede local, um switch direciona cada pacote recebido de uma de suas portas para uma porta específica de saída, para encaminhamento a seu destinatário final. Os switches também podem operar enviando e recebendo dados ao mesmo tempo em ambos os sentidos (modo full duplex), significando que cada estação pode transmitir dados para a rede local independentemente das outras estações. Esta tecnologia de switching permite um throughput elevado e rápidas velocidades de envio de mensagens para todas as estações transmitindo na rede local. (Cyclades, 1999, p.36)

2.2.6 Roteadores

Os roteadores (routers) decidem sobre qual caminho o tráfego de informações (controle e dados) deve seguir. Operam na camada de nível três do modelo de referência ISO/OSI e fazem o roteamento de pacotes entre redes locais ou remotas.

Os roteadores permitem que LANs tenham acessos a WAN. Normalmente um roteador tem uma porta LAN (Ethernet ou Token-Ring) e várias portas WAN (PPP, X.25, Frame-Relay, ISDN) e trabalham com IP ou IPX. (Cyclades, 1999, p.36)

2.2.7 Servidor de Terminais

Um Servidor de Terminal (Terminal Server) é um periférico independente numa rede Ethernet TCP/IP. Possui alimentação própria, processador, memória, interface Ethernet - que permite conexão à rede TCP/IP. (Cyclades, 1999, p.37)

2.2.8 Gateway

Os gateways atuam em todas as camadas do modelo ISO/OSI, e têm o objetivo de permitir a comunicação entre duas redes com arquiteturas distintas.

Estes equipamentos resolvem problemas de diferença entre tamanho máximo de pacotes, forma de endereçamento, técnicas de roteamento, controle de acesso, time-out, entre outros. (Cyclades, 1999, p.38)

2.2.9 Servidor de Acesso Remoto

A definição de um Servidor de Acesso Remoto (aqui chamado somente de “RAS” – Remote Access Server) confunde-se, de certa forma, com a do Servidor de Terminais, sendo muito mais ampla.

Um RAS conecta usuários remotos a LANs através de modems (portas seriais RS-232), ISDN, ADSL ou outras tecnologias. Através do RAS, o usuário remoto tem acesso aos recursos da LAN – aplicações, impressoras, banco de dados, etc. – como se estivesse localmente conectado à LAN. (Cyclades, 1999, p.38)

2.2.10 Modems

Equipamentos capazes de realizar modulação e demodulação de sinais.

Um receptor que deseje recuperar um dos sinais transmitidos numa linha multiplexada na frequência, deverá conhecer a faixa de frequência que está sendo utilizada para a sua transmissão. Dessa forma, ele poderá deslocar o sinal recebido de forma a fazer o sinal desejado ocupar novamente a sua faixa original (de 0 a n Hz). O sinal *demodulado* pode, a seguir, ser filtrado para conter somente o sinal original. (Soares, 1995, p.56)

2.3 Meios de Transmissão.

A mídia de transmissão é utilizada para transportar os sinais da rede de um dispositivo para outro.

O sistema de comunicação vai se constituir de arranjo topológico interligando os vários módulos processadores através de enlaces físicos (meios de transmissão) e de um conjunto de regras com o fim de organizar a comunicação (protocolos). (Soares, 1995, p.17)

Alicerçado nas tecnologias já conhecidas e amplamente divulgadas na literatura, relacionamos o que envolve este trabalho, iniciando pelo meio físico de transmissão, visto que:

“Qualquer meio físico capaz de transportar informações eletromagnéticas é passível de ser usado em redes de computadores. Os mais comumente utilizados são o par trançado, o cabo coaxial e a fibra ótica. Sob circunstâncias especiais, radiodifusão, infravermelho, enlace de satélite e microondas também são escolhas possíveis”. (Soares, 1995 p.93)

2.3.1 A função dos Cabos

O termo “Cabeamento de Rede” normalmente refere-se a fios de cobre, trançados ou blindados, contidos em uma cobertura externa feita de plástico. No entanto, em muitos cabos, a cobertura envolverá tranças de plástico ou fibra de vidro que conduzem luz da mesma forma que o cobre conduz eletricidade, ou sinais entre dois pontos.

2.3.2 Tipos de Cabos e Fios

Nem todos os cabos são iguais. Qualquer fio pode ser um condutor, mas em sistemas elétricos são necessários dois fios para formar um circuito

completo. Quando dois ou mais fios são combinados de forma a obedecer a determinados padrões, chamamos o conjunto de cabo.

A Indústria de redes padronizou, principalmente, três tipos de mídias físicas, que são descritas a seguir e, por último, a mídia que é o motivo deste trabalho, a rede de energia elétrica de baixa tensão:

2.3.3 Cabo Coaxial

É um condutor de cobre central, uma camada de isolamento flexível, uma blindagem com uma malha ou trança metálica e uma cobertura externa de isolamento e revestimento de proteção.

A malha externa do cabo coaxial forma metade do circuito elétrico, além de funcionar como blindagem para o condutor interno. Portanto, ela deve estabelecer uma sólida conexão elétrica em ambas as extremidades do cabo.

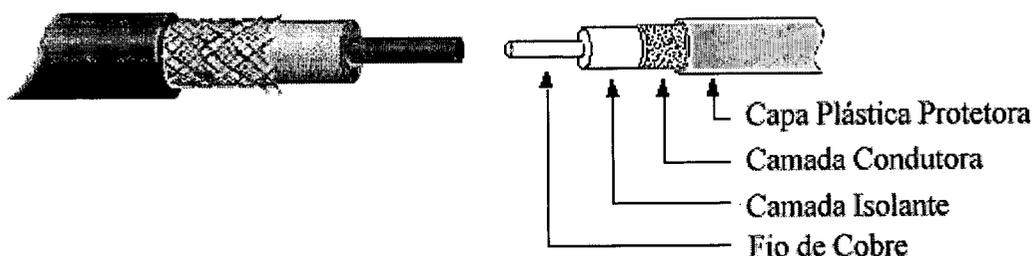


Figura 1 – Cabo Coaxial

O padrão 802.3 do IEEE, **10Base2** é uma especificação para redes Ethernet de comunicação de dados a 10MBps em cabos coaxiais com distância máxima de 185 metros e conectores BNC, (D'Avila, 1997), para uso com cabos finos.

2.3.4 Par Trançado – com blindagem (STP)

É composto por pares de fios com uma blindagem formada por uma folha de cobre ao redor de todos os seus fios. E, ao contrário do que acontece com os cabos coaxiais, a blindagem não faz parte do caminho percorrido pelo sinal.



Figura 2 – Par Trançado com blindagem

O padrão 802.5 do IEEE, **10Base5** é um padrão que surgiu como alternativa econômica ao padrão **10Base2**. Utiliza topologia em estrela, com ajuda de concentradores.

2.3.5 Par Trançado – sem blindagem (UTP)

É composto por quatro pares de fio de cobre sólidos, sendo cada par isolado do outro e todos são trançados juntos dentro de uma cobertura externa. Não há uma blindagem física nos cabos UTP. O cabo UTP se baseia unicamente no efeito de “cancelamento” para reduzir a absorção e a radiação de energia elétrica. O Cancelamento é a corrente que flui através de um fio cria um campo eletromagnético ao redor dele. Como a corrente flui em direções opostas, dentro de cada fio de um circuito elétrico, cancelam um ao outro, anulando as fontes externas de ruído elétrico.

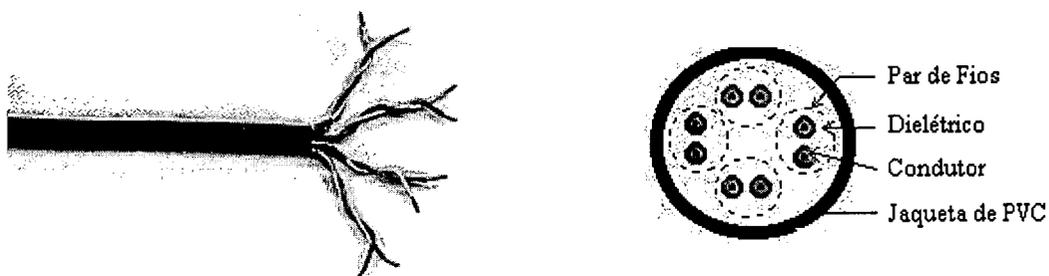


Figura 3 – Par Trançado sem blindagem

10BaseT especificações para redes Ethernet de comunicação de dados a 10 Mbps em cabos de par trançado. (D'Avila, 1997)

2.3.6 Fibra Ótica

Cada metade do cabo de fibra ótica é composta de camadas de material. Consiste em duas fibras com invólucros distintos. Cada fibra de vidro é envolvida por um revestimento, como uma capa plástica, por uma camada protetora de "Kevlar" e por uma cobertura externa. O Kevlar é uma fibra que amortece impactos e proporciona maior robustez (é uma marca registrada da Dupont).

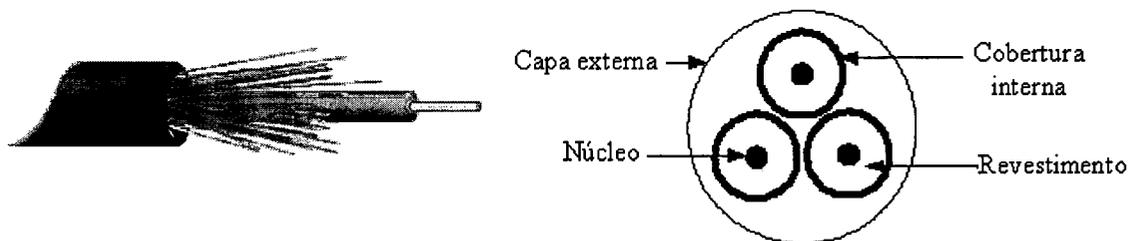


Figura 4 – Fibra Ótica

2.3.7 Condutor de Energia Elétrica de Baixa Tensão

Os condutores elétricos de baixa tensão têm uma constituição mais simples que os condutores de média e alta tensão. Vejamos:

Condutor – elemento metálico, geralmente de fios de cobre nu, de forma cilíndrica, com uma função específica de transportar energia elétrica.

Cabo – conjunto de fios encordoados, isolados ou não entre si, podendo o conjunto ser isolado ou não.

Isolamento – é a parte que envolve o condutor com a finalidade de isolar o potencial em que se encontra o mesmo tal modo que, mesmo energizado, não há risco de potencial de contato na parte externa do conjunto.

Capa externa – protege o isolamento contra os agentes agressivos do ambiente quando o meio de instalação não oferecer esta proteção.



Figura 5 – Condutores Elétricos de baixa tensão

2.4 Métodos de Transmissão

Existem dois métodos de transmissão em redes modernas: **banda passante base** (baseband) e **banda passante larga** (broadband).

O método de transmissão de **banda base** define que somente um sinal digital pode viajar pela mídia e que sua velocidade não pode ser superior a 100 Mbps. A informação é posta na mídia sem nenhum tipo de modulação e cada sinal transmitido utiliza a largura da banda total da mídia. (Carvalho, 1998)

Como exemplo, o cabo UTP, de par trançado, a fibra ótica e o cabo coaxial para banda base são os mais comuns para esse tipo de transmissão.

O método de transmissão de **banda larga** permite que vários sinais possam viajar ao mesmo tempo pela mídia. (Carvalho, 1998)

Como exemplo, o cabo de fibra ótica e o coaxial para banda larga são os mais comuns para esse tipo de transmissão. O sistema de televisão via cabo é o melhor exemplo de que vários canais podem ser vistos, mesmo viajando através de um único cabo.

Já o condutor elétrico pode ser utilizado para transmissão em banda larga.

2.5 Software

Qualquer programa ou grupo de programas que instrui o Hardware sobre a maneira como ele deve executar uma tarefa. Neste trabalho, citaremos os softwares de base e aplicativos, relativos a redes.

2.5.1 Sistema Operacional

(...) é um conjunto de programas que controla e supervisiona todas as operações internas de um computador, gerenciando a comunicação entre os programas e o hardware. (Bianchi, 2000, p. 51)

2.5.2 Protocolos

Um protocolo é um conjunto de regras que orienta uma seqüência temporal de eventos que têm lugar entre entidades não-hierárquicas – ou seja, entre equipamentos ou camadas do mesmo nível. (Held, 1999, p. 440)

2.6 Redes

A combinação de diversos meios de transmissão, diversas topologias e diversos mecanismos de controle de acesso nos leva a uma miríade de redes.

Uma rede de comunicação, ou simplesmente “rede”, é formada pela interconexão de um número de módulos, feitos de processadores inteligentes (microcomputadores).

A rede é designada para servir como um recurso compartilhado na troca de informações entre estações de trabalho, de uma maneira eficiente, fornecendo, ainda, uma ferramenta de trabalho que suporte novas aplicações e serviços.

As redes de computadores são classificadas conforme sua área física de abrangência. Essa área de abrangência determina qual tecnologia deverá ser

empregada, ou seja, determinará quais equipamentos, protocolos, etc, são mais adequados. (Morães, 2001, p. 23)

2.6.1 LANs

LANs (Local Área Networks ou Redes Locais) são basicamente redes de dados de alta velocidade, baixa taxa de erros de transmissão. As LANs conectam servidores, estações, periféricos, terminais e outros dispositivos em um ou mais edifícios ou outra área geograficamente limitada, que é o caso de uma biblioteca, como exemplo.

A transferência das mensagens é gerenciada por um protocolo de transporte como IPX/SPX, NetBEUI e TCP/IP. (Cyclades, 1999, p. 45)

2.6.2 MANs

MANs (Metropolitan Área Networks ou Rede Metropolitana) são basicamente uma versão ampliada de uma LAN, pois os dois tipos de rede utilizam tecnologias semelhantes. Uma MAN pode abranger um grupo de escritórios vizinhos ou uma cidade inteira e pode ser privada ou pública. Este tipo de rede é capaz de transportar dados e voz, podendo, inclusive, ser associado à rede de televisão a cabo local. Uma MAN tem apenas um ou dois cabos e não contém elementos de comutação, capazes de transmitir pacotes através de uma série de linhas de saída. A ausência desses elementos simplifica a estrutura. (Martin, 2001, p. 25)

2.6.3 WANs

WANs (Wide Área Networks ou Rede Geograficamente Distribuída) são a interligação de diversos sistemas de computadores localizados em regiões fisicamente distantes. As WANs utilizam linhas de transmissão de dados oferecidas por empresas de telecomunicações, como as Teles e suas concessionárias.

2.7 Redes de Energia Elétrica de Baixa Tensão

O uso da rede de distribuição de energia elétrica (tanto a primária quanto a secundária) como meio de propagação de sinais de comunicação é conhecido há mais de 50 anos. Até recentemente, esses sinais de comunicação transportavam somente informações de interesse da própria empresa concessionária de energia elétrica (sistema carrier).

É bastante difundido o uso da rede para o envio de sinais de acionamento de dispositivos (por exemplo, medidores de energia elétrica com capacidade para multitarifação e limitadores da demanda máxima de consumidores, em baixa tensão e acionamento de chaves na rede primária de distribuição) ou para a recepção de sinais que indiquem o estado de dispositivos (por exemplo, o estado de uma chave na rede primária de distribuição, aberto ou fechado) ou dados de medição (por exemplo, a leitura de medidores de energia elétrica residenciais).

Dado o pequeno volume de informações requeridas em períodos de tempo relativamente longos para a realização destas funções, tem sido

possível, até agora, o uso de sinais com baixas taxas de transmissão, utilizando portadoras com frequências relativamente baixas ou moderadas. Recentemente, com a crescente demanda por serviços de telecomunicações (Internet, por exemplo), vem sendo investigado o uso da rede de distribuição de energia elétrica como meio alternativo de transmissão rápida de maiores blocos de informação, o que implica, obrigatoriamente, a utilização de canais de transmissão utilizando portadoras de frequências mais elevadas.

2.7.1 Legislação

A ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações é o órgão governamental, no Brasil, que estabelece as normas e procedimentos para a utilização do PLC, emitindo licenças específicas para cada caso. Para a utilização deste meio físico para transmissão de dados, ainda não existe uma legislação definida. (www.anatel.gov.br)

A ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica é o órgão governamental, no Brasil, responsável pela normatização do setor de energia elétrica, sobre o assunto abordado neste trabalho. A ANEEL não dispõe de uma legislação sobre a sujeira da rede elétrica. Muitos equipamentos retornam ruídos para a rede de energia elétrica, (exemplos: fontes chaveadas, nobreak, lâmpada fluorescente, aparelhos de diatermia, etc...), quando deveriam sair da fábrica já com os devidos filtros. Um bom exemplo temos na Europa e nos Estados Unidos, em que para cada aparelho é limitado o ruído de retorno à rede elétrica. No Brasil, a COPEL, dentro de suas investigações, mediu níveis de ruído que chegam a inviabilizar a tecnologia PLC. (www.aneel.gov.br)

3. SISTEMAS INVESTIGADOS DE TRANSMISSÃO DE DADOS EM REDES DE ENERGIA ELÉTRICA DE BAIXA TENSÃO

Caso COPEL – Companhia Paranaense de Energia Elétrica

A tecnologia PLC utiliza as linhas de energia CA, já existentes, para transferência de informações. A COPEL possui três bases para a investigação, utilizando a tecnologia PLC.

_ Base Londrina, trabalha com a tecnologia ENEL – baixa velocidade (2400 bit/s).

_ Base Curitiba, trabalha com a tecnologia SCHLUMBERGER – baixa velocidade (menor que 2400 bit/s).

_ Base Curitiba, trabalha com a tecnologia ASCOM – alta velocidade (~2Mbit/s) e tecnologia DS2 – alta velocidade (~20Mbit/s), em condições padrão, ou seja, sem ruídos na linha.

Essa última base é a que descreveremos neste trabalho, pois desenvolve uma velocidade de comunicação mais elevada para trafegar dados, tendo a aplicação de uma rede local, como, por exemplo, uma residência, uma biblioteca, etc, estabelecendo comunicação entre computadores e periféricos compartilhados e fornecendo à cesso a Internet, etc.

O objetivo do projeto PLC da COPEL é utilizar a infra-estrutura das linhas e redes de distribuição de energia elétrica como meio de comunicação de dados, visando atender e disponibilizar novos serviços ao usuário final (ou inicial).

O conhecimento adquirido com a tecnologia PLC habilita a COPEL a contribuir para o desenvolvimento social, nos níveis nacional e internacional, de um modelo padrão para a América Latina; a identificar as oportunidades de novos negócios oferecidos pela tecnologia PLC, principalmente na competição dentro do mercado de telecomunicação.

3.1 Equipamentos e Configurações

Permite utilizar a rede de distribuição de energia elétrica como meio de comunicação para transmissão em alta velocidade de voz e dados, tendo uma larga escala de aplicações.

3.1.1 Ascom Powerline

Desenvolvido pela empresa Suíça Ascom Powerline Communications, o produto é definido para servir o mercado residencial (redes locais).

O sistema Ascom PLC consiste de um pequeno número de produtos para construir um sistema eficaz, plug-and-play. Os dispositivos PLC são equipados com interfaces que são padrão na indústria, para uma fácil integração ao mundo das telecomunicações, tanto para o usuário como para um backbone.

Outdoor Master (OM) – Central externa que controla o sistema externo ao prédio, interconectando (gateway) a comunicação com o backbone da rede. É o administrador do sistema externo. Normalmente fica instalado junto ao transformador.

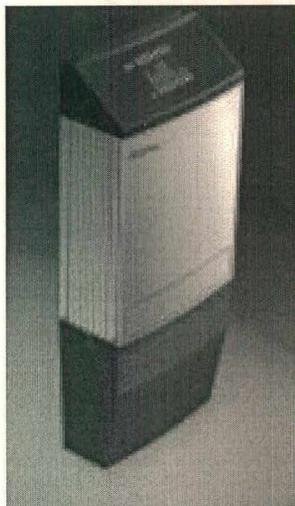


Figura 6 – Central Externa (Outdoor Master – OM)

Outdoor Adapter (OA) – O Adaptador externo provê acesso direto do usuário ao sistema externo. Essa unidade é usada para um acesso simples, de uma única residência, em que nenhuma rede, em recinto fechado, é utilizada. Para um único ponto de conexão, o usuário pode utilizar o adaptador externo; porém, só o pode utilizar onde o sinal estiver disponível (numa única tomada). O funcionamento é idêntico a um Adaptador Interno (IA), mas é parte do sistema externo.

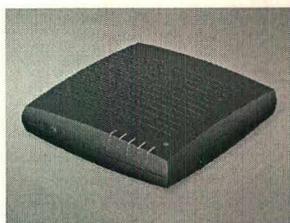


Figura 7 – Adaptador Externo (Outdoor Adapter –AO)

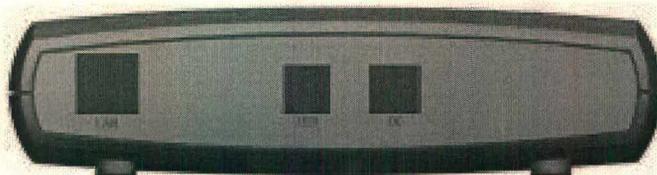


Figura 8 – Interfaces de conexão do Adaptador Externo (AO)

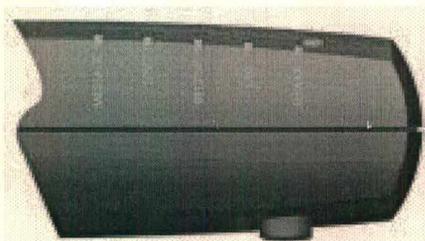


Figura 9 – LEDs de Status do Adaptador Externo (AO)

Outdoor Access Point (OAP) – O ponto de acesso externo é a ponte entre o sistema externo e um sistema interno (recinto fechado/dentro da residência). Normalmente é instalado no ponto de acesso de energia elétrica da residência (caixa onde fica o medidor de consumo de energia). O sistema cobre uma área interna (privada) da rede de energia elétrica de baixa tensão, do ponto de acesso da residência até as tomadas internas do prédio. Como, internamente, haverá um ou vários Adaptadores Internos (IA), de acordo com as necessidades do usuário (neste caso o OAP é o gerenciador do sistema), passa a ser também o Indoor Controller (IC), OAP/IC, podendo o sistema cobrir uma única residência, parte de um edifício ou múltiplos apartamentos. É possível que uma única rede, em recinto fechado, sirva a vários clientes diferentes; o usuário conecta sua própria rede de dados: PCs, impressoras, telefone VoIP digital ou telefone analógico à interface dos adaptadores.

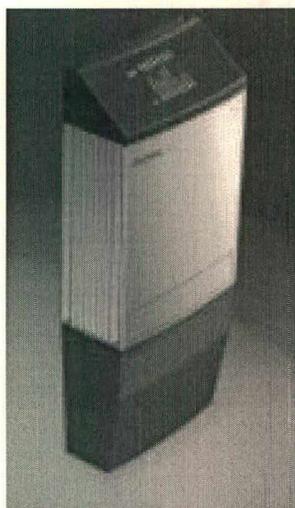


Figura 10 – Ponto de Acesso Externo (Outdoor Access Point – OAP)

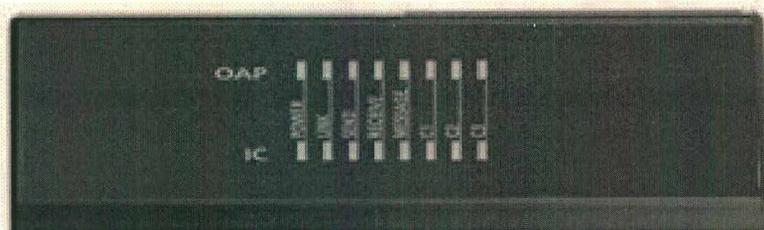


Figura 11 – LEDs de Status do Ponto de Acesso Externo (OAP)

Indoor Adapter (IA) – O adaptador interno é o modem do usuário para se conectar ao sistema, que é a rede elétrica interna (recinto fechado).

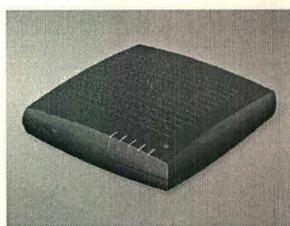


Figura 12 – Adaptador Interno (Indoor Adapter – IA)



Figura 13 – Interfaces de conexão do Adaptador Interno (IA)

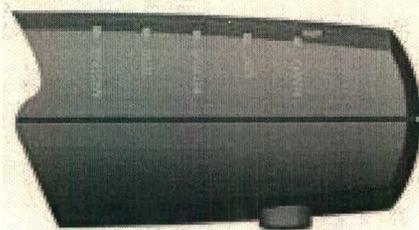


Figura 14 – LEDs de Status do Adaptador Interno (IA)

3.1.2 DS2 Powerline

Desenvolvido pela empresa Espanhola DS2 – Design of Systems on Silicon, Valência – Espanha.

O sistema DS2 PLC também consiste de um pequeno número de produtos que permitem um acesso em banda larga a uma infra-estrutura de telecomunicação, transformando cada tomada em um ponto de acesso à comunicação, com o objetivo de prover serviços novos e atraentes.

Head End (HE) – Central externa que controla o sistema externo ao prédio, interconectando (router/switch) a comunicação com o backbone da rede. Normalmente fica instalado junto ao transformador.

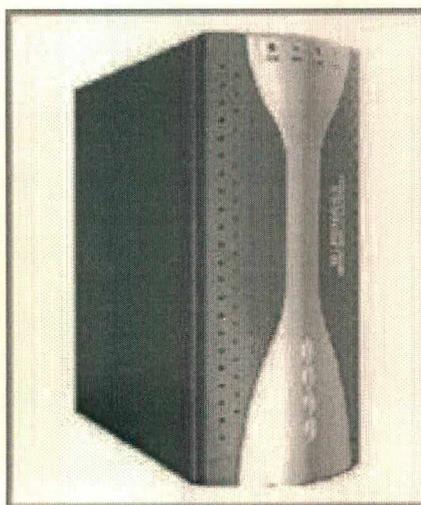


Figura 15 – Central externa (Head End – HE)

Home Gateway (HG) – É a ponte entre o sistema externo e um sistema interno (dentro da residência). Normalmente é instalado no ponto de acesso de energia elétrica da residência (caixa onde fica o medidor de consumo de energia). O sistema cobre uma área interna (privada) da rede de energia elétrica de baixa tensão, do ponto de acesso da residência até as tomadas internas do prédio, havendo, internamente um ou vários CPE Equipamentos Cliente (CPE), de acordo com as necessidades do usuário.

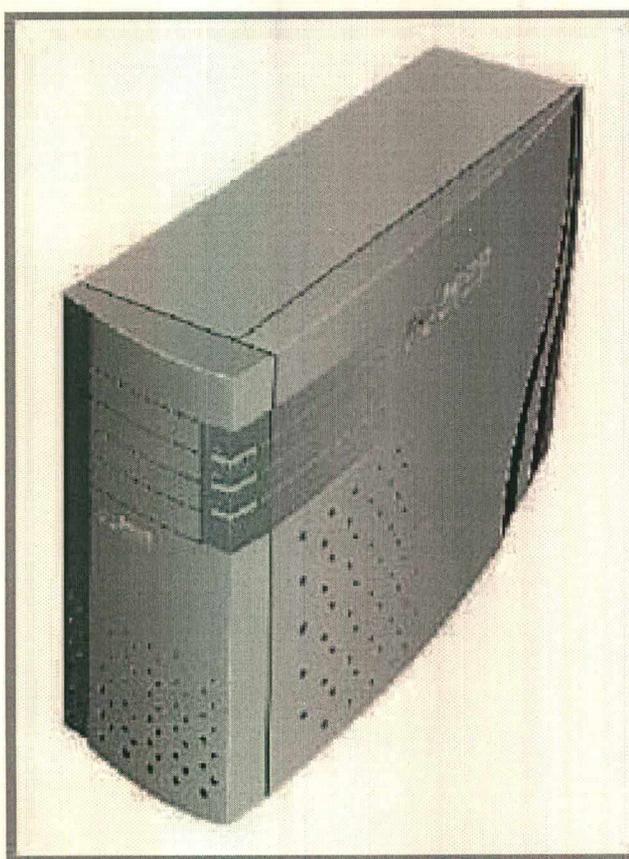


Figura 16 – Gateway Residencial (Home Gateway – HG)

Customer Premise Equipment (CPE) – O equipamento cliente é o modem do usuário para se conectar ao sistema, ou seja, à rede elétrica interna (recinto

fechado). Ele pode ser externo ao PC ou instalado internamente ao PC, em um slot PCI (placa).



Figura 17 – Modem Cliente (Customer Premise Equipment – CPE)

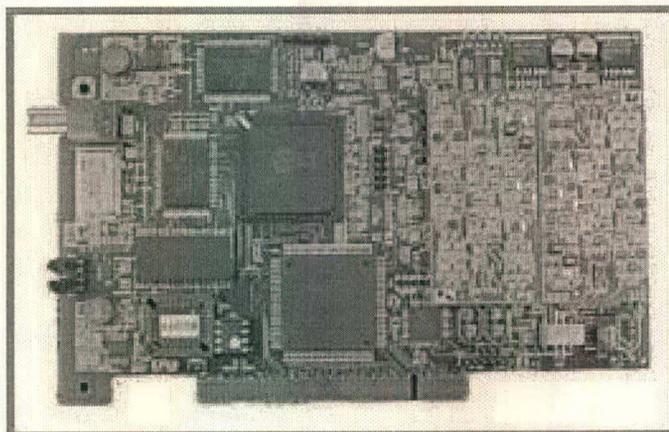


Figura 18 – Modem Cliente - PCI Board

3.2 Software

Como em qualquer rede de pacotes, são necessários os softwares cliente para desfrutar dos serviços disponíveis na rede em questão.

Todos os softwares para internet ou intranet são suportados por esse meio de comunicação, pois o meio físico de propagação do sinal é “por cabo”;

conseqüentemente, o que muda são os protocolos de acesso ao meio. Isto é transparente para o usuário final, ou seja, é transparente para o nível de aplicativos.

Para as unidades Ascom Powerline, o software utilizado é o PLCcam, que está disponível em versões para Windows NT e Linux.

A instalação requer 5 MB de espaço, em disco, e 32 MB de memória RAM; além disso requer uma conexão Ethernet local com uma unidade PLC, para executar e configurar o software. Em redes locais (recintos fechados), seleciona-se a freqüência da portadora que os modems estarão utilizando, tendo que, para estabelecer uma conexão, master e slave estar na mesma freqüência, sob pena de não se efetivar a comunicação.

Para as unidades DS2 Powerline, o software também está disponível em versões para Windows e Linux.

3.3 Considerações Gerais

A operadora necessita de licença especial da ANATEL para fazer testes; pois, como já foi citado anteriormente, ainda não existe legislação pertinente. Na Europa, já existe um padrão que regulamenta a utilização de algumas freqüências para PLC.

O principal problema: são as redes com altíssimos níveis de ruído, inviabilizando a transmissão via PLC. Essa tecnologia pode ser utilizada com sucesso, após uma avaliação prévia, do ruído presente na rede de transmissão de energia (rede elétrica).

A instalação do sistema, requer treinamento especializado, e somente pessoal habilitado pela operadora pode efetivar as instalações.

A configuração será um sucesso, se considerar que a rede de transmissão de energia está pura, ou seja, sem ruído.

Pela necessidade de adaptação, cada rede PLC é diferente (relação sinal/ruído, freqüências, velocidade, baixo custo, etc.).

A COPEL Telecomunicações, com sua equipe, está investigando e levantando os problemas, que muitas vezes, são devido à falta de legislação específica e a regras com relação à rede elétrica.

Hoje, toda a pesquisa está em torno dos acoplamentos e o custo final ainda é muito elevado.

Sobre o Ascom Powerline

A freqüência de operação é de 1.6 MHz a 30 MHz. Normalmente, o sistema externo opera na faixa de freqüência de 1.6 MHz a 13 MHz e o sistema em recinto fechado alcança de 15 MHz a 30 MHz.

O Sistema Ascom Powerline utiliza três portadoras simultaneamente no sistema externo e até três portadoras no sistema em recinto fechado (interno), a modulação é "Multi Carrier Orthogonal Frequency Division Multiplexing" (OFMD).

A distância alcançada em recinto fechado é de 100 metros e, em aberto, até 350 metros, com uma Taxa de transferência fidedigna de dados ao redor de 3 Mbit/s, que, comparada às demais redes a cabo, não deixa nada a desejar.

Meio Físico	Velocidade
Analógico	21 - 56 kbps
ISDN	64 - 128 kbps
Satélite	64 kbps - 1 Mbps
G.Lite	256 kbps - 1.5 Mbps
ADSL	1.5 - 8 Mbps
Cabo Modem	1.5 - 10 Mbps
Linha de Energia	2 - 10 Mbps
Fibra Ótica	10 Mbps - 1 Gbps

Tabela 1 – Taxa de Transferência

O gerenciamento da rede e as atualizações de software são via DHCP, SNMP e VLAN, com as interfaces de Comunicação, RJ45 (Ethernet), USB e RS232.

O cabo de energia em um dispositivo PLC serve a dois propósitos: Prover energia para a unidade e levar dados.

O sistema Ascom PLC minimiza a emissão de radiação, automaticamente, ficando dentro dos padrões da norma NB 30 alemã, que está sendo adotada em outros países europeus.

Sobre o DS2 Powerline

A frequência de operação é de 1 MHz a 30 MHz, sendo três alcances de frequência programáveis;

- a) Link 1: de 1 MHz a 10 MHz, baixa frequência para serviços de acesso;
- b) Link 2: de 10 MHz a 20 MHz, alta frequência para serviços em recinto fechado (in-home);
- c) Link LAN: de 20 MHz a 30 MHz, para tecnologias de acesso em recinto fechado (in-home).

O Sistema DS2 Powerline utiliza 1280 portadoras, distribuídas no espectro utilizado, com a modulação "Multi Carrier Orthogonal Frequency Division Multiplexing" (OFMD), alcançando a distância em recinto fechado, 100 metros e, em aberto, até 350 metros com uma taxa de transferência fidedigna de dados 7,25 bps/Hz, alcançando até 45 Mbps full duplex ;

→ 27 Mbps download (17 FTP),

→ 18 Mbps upload (8 FTP)).

O gerenciamento da rede é compatível 100% com SNMP e IP, com interface de comunicação RJ45 (Ethernet), suportando até 254 modems CPE, conectados a uma unidade Head End (HE).

Os níveis de radiação do sistema DS2 Powerline estão muito abaixo dos limites da FCC e NB30 alemã.

3.4 Aplicações

Dentre uma gama enorme de aplicações, cito as mais eminentes:

Internet - É cada vez maior a necessidade de acessar dados, voz e vídeo na Internet, a partir de qualquer local da residência, compartilhando uma

única conexão com o meio externo. Da mesma forma, uma escola, empresa, condomínio, etc.

Gerenciamento remoto dos equipamentos de medição das empresas de energia, água e gás.

Gerenciamento remoto de semáforos.

Automação da rede de distribuição de energia.

Controle remoto da iluminação pública.

Automação residencial, alarme, iluminação, eletrodomésticos (que possuam interface para comunicação), rede local de computadores, etc.

Controle e manutenção de equipamentos localizados internamente na residência.

Televisão interativa (iTV).

Ensino a Distância.

Telefonia.

Entretenimento, etc.

3.5 Funcionamento

As unidades Outdoor Master (OM) e Outdoor Access Point (OAP) são conectadas, normalmente, às três fases por um cabo fixo. O sinal de PLC é transmitido em duas das três fases. Essa escolha influenciará a qualidade da transmissão. Frequentemente a relação sinal/ruído pode ser menor, melhor portanto, em uma das fases.

Cada unidade PLC deve ter um endereço IP. Normalmente todos os parâmetros pertinentes são obtidos automaticamente do servidor de DHCP. O

gerenciamento do sistema é baseado nos agentes de SNMP integrados. Há muitas soluções possíveis para construir um sistema altamente fidedigno.

As figuras abaixo são um modelo simplificado de tal implementação, mostrando possíveis localizações dos vários dispositivos da rede.

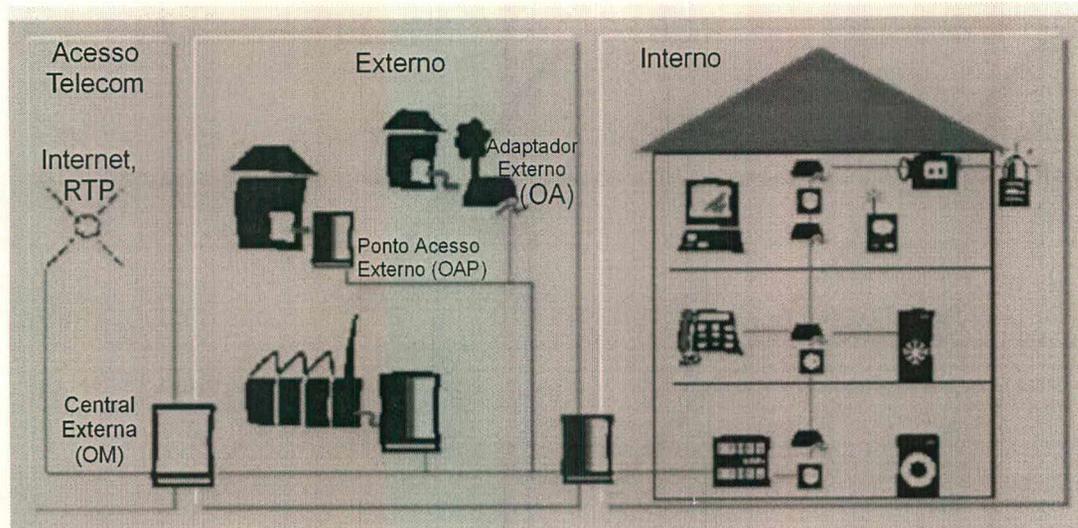


Figura 19 – Modelo de Funcionamento Ascom Powerline

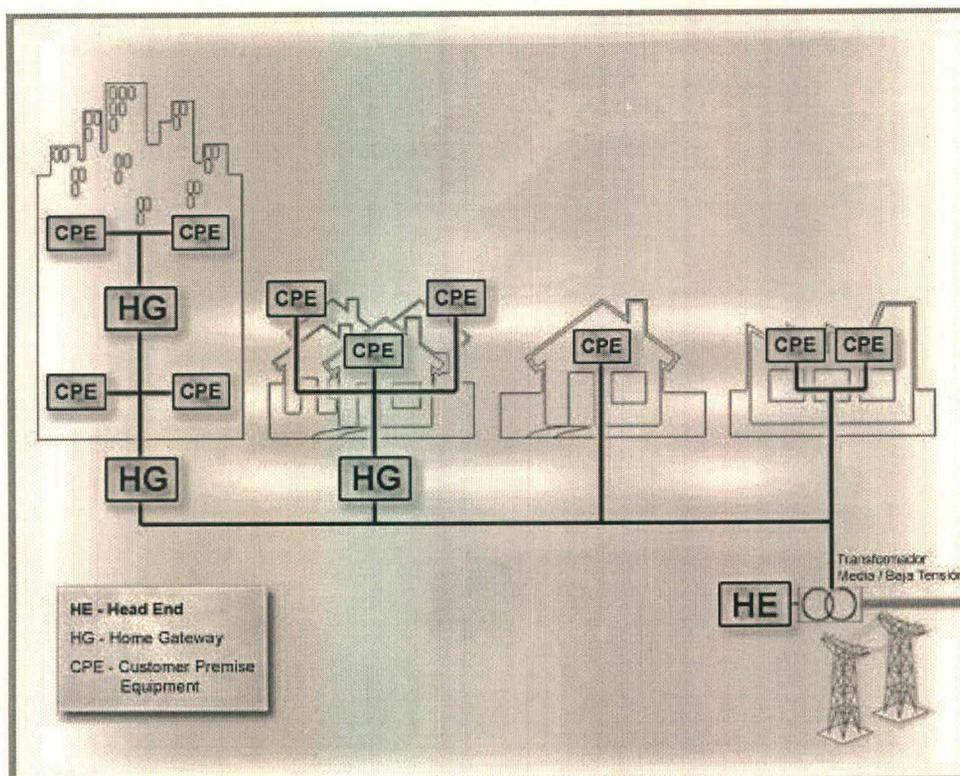


Figura 20 – Modelo de Funcionamento DS2

As unidades em recinto fechado e as unidades ao ar livre são fisicamente diferentes. Como o hardware de cada uma filtra sinal diferente, eles só podem ser configurados para as frequências que correspondam ao seu sistema formal.

Os diversos pontos espalhados se comunicam com um ponto a ser configurado como GATEWAY, onde há os servidores de aplicativos. Na entrada de energia do prédio, é instalado um modem que tem duas funções: receber o sinal externo e passa-lo para o sistema interno; todo o sinal que diz respeito à rede interna permanecerá na mesma (LAN).

Essa unidade PLC sincronizará o sinal com as demais unidades PLC internas do ambiente que estejam conectadas à rede de transmissão de energia elétrica.

A conexão entre os computadores se estabelece utilizando um módulo PLC, que é conectado à rede de distribuição de energia elétrica através de uma tomada comum, em qualquer ponto dentro da mesma rede, até onde o sinal alcançar. A unidade PLC, modem externo ao computador, possui um conector Rj45, no qual se ligará o cabo de rede que vem do computador, semelhantemente à unidade interna ao computador. Desta maneira, se estabelece a conexão com os demais pontos que estiverem conectados da mesma forma. A configuração da rede segue as mesmas regras de uma rede com cabeamento de par trançado.

No lado do servidor de aplicativos, os serviços disponíveis poderão estar distribuídos em vários servidores (computadores) ou todos em uma única máquina. Essa decisão dependerá do administrador da rede, baseado nos recursos consumidos por cada serviço disponibilizado.

Desse modo, o servidor de serviços da rede se comportará como o de uma rede comum, podendo ser o equipamento que estabelecerá a conexão com a Internet (via cabo, acesso discado, rádio, etc), disponibilizando, para toda a rede de transmissão de energia elétrica, que neste momento está sendo utilizada também para transmissão de dados.

3.6 Caso 1 - Residências

O Sistema foi instalado experimentalmente em 50 residências, (Figura 21) em pontos distintos, onde já existe um computador conectado por outros meios à rede externa (internet), de tal forma que o próprio usuário pode fazer as suas comparações, utilizando os dois sistemas simultaneamente.

Na conexão com a rede externa (internet) foi utilizado um backbone de fibra ótica que chega até os postes próximos às residências (Figura 22). Dali para as residências, foi implementado um modelo utilizando as unidades Ascom PLC (Figura 23), observando as normas e princípios de instalação já mencionados neste trabalho.

Foi observado que as implementações são diferentes de residência para residência, devendo cada caso ser avaliado individualmente, pois existem aparelhos elétricos (a maioria) que não filtram o ruído transmitido para a rede elétrica de baixa tensão, em alguns casos, chegando a inviabilizar a instalação do PLC.

Estima-se que 90% das residências que participaram da investigação apresentaram resultados satisfatórios.

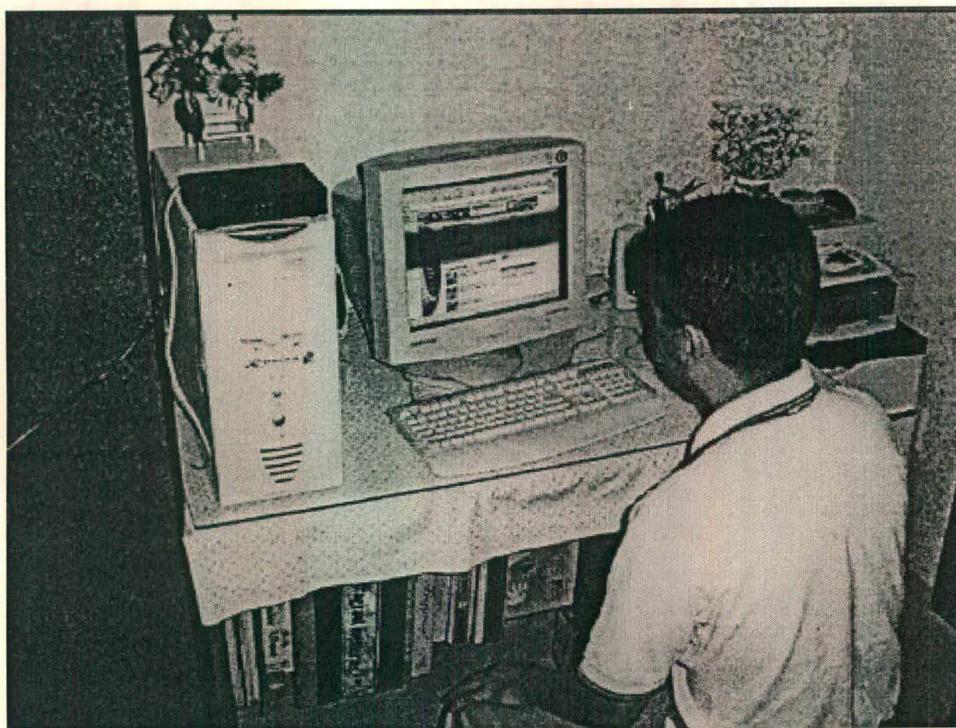


Figura 21 – Sistema Ascom powerline em residências

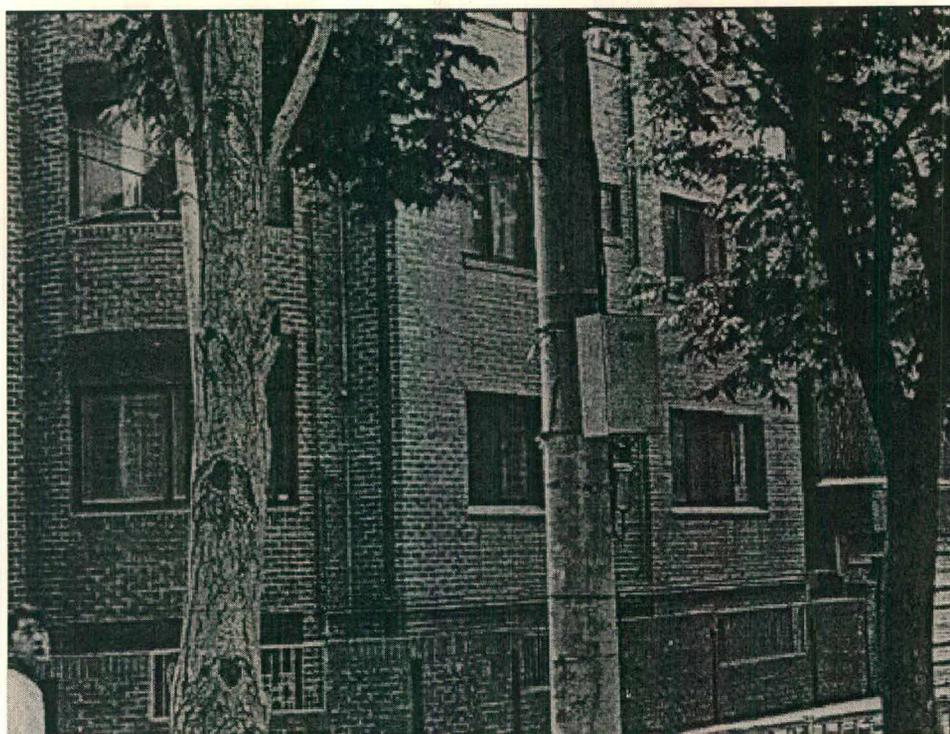


Figura 22 – Sistema Ascom PLC em residências – Conexão a rede externa

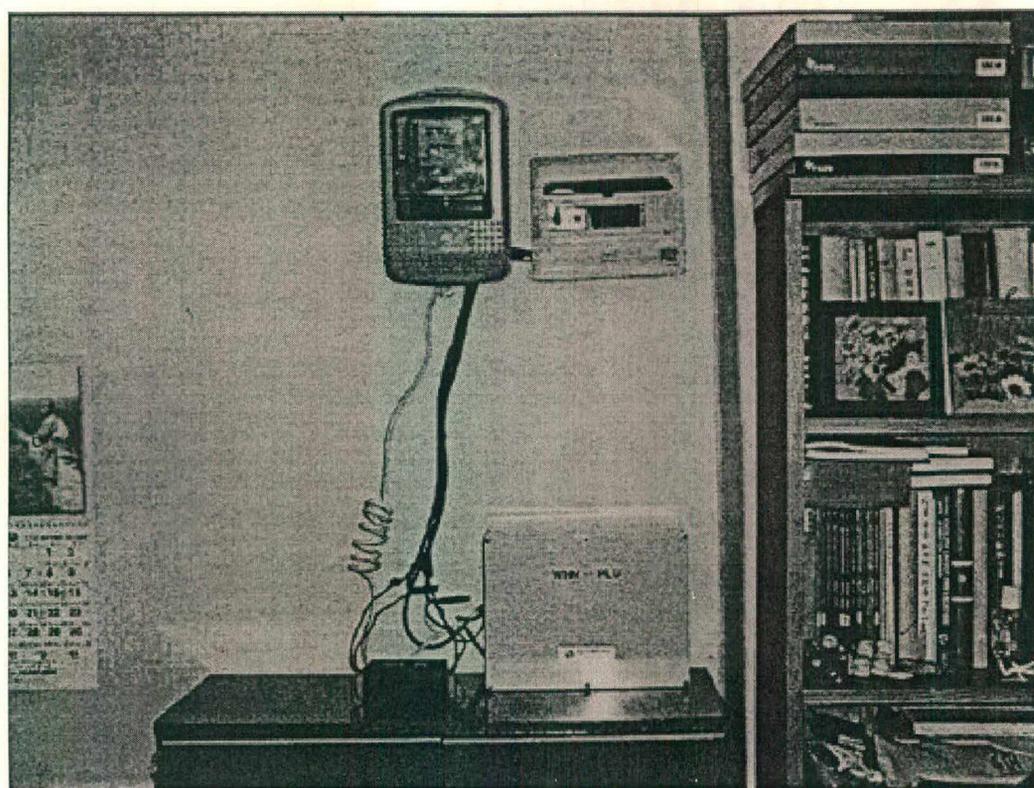


Figura 23 – Sistema Ascom powerline em residência

3.7 Caso 2 - Prédio da Unidade de Negócios COPEL Telecom

Foram instalados os dois sistemas, o Ascom powerline e a DS2 powerline. Inicialmente foram habilitados sete pontos PLC, com acesso à rede local e a Internet via servidor DHCP.

O sistema está em uso contínuo, estando habilitado, hoje, somente dois pontos via tecnologia PLC. Os computadores plugados à rede elétrica estão lado a lado, com os equipamento conectados à rede tradicional.

4. RESULTADOS

O Sistema investigado apresenta resultados satisfatórios, entusiasmando tanto as empresas detentoras da tecnologia a investir numa segunda geração dessa unidade de PLC, como os usuários da última milha (primeira milha, como a ela se refere a equipe do projeto PLC da COPEL Telecom).

O sistema PLC tem como grande vantagem estratégica o potencial de penetração, pois, com ele, será possível integrar a Internet a qualquer residência ligada à rede elétrica, desde que a operadora de distribuição de energia elétrica domine essa tecnologia.

A capacidade de transmissão do PLC vai alterar drasticamente o mercado de soluções para a banda larga como, por exemplo, a videoconferência, a tele-medicina, a educação a distância e o conceito de telecomandos como monitoração pela Internet de controles de iluminação, segurança, ar-condicionado e outros.

O sistema PLC transforma os fios de eletricidade (internos e externos à nossa residência) em prolongamentos da grande rede. Se numa casa servida pela tecnologia PLC cada tomada elétrica é ao mesmo tempo um ponto de conexão, fazer o gerenciamento doméstico à distância ficará mais fácil. Pelo computador, será possível acender ou apagar lâmpadas, ligar ou desligar aparelhos eletrodomésticos, visualizar o ambiente através de uma micro-câmera, etc.

5. CONCLUSÃO

A investigação mostra que a tecnologia PLC vem complementar, adicionar uma alternativa, para utilizarmos a rede de energia elétrica como uma rede de dados, em nossas residências, em nossas escolas (tão carentes de acesso a tecnologias e informação), em nossas bibliotecas, etc.

É um catalisador para a proliferação da Informação / Internet nos mais recônditos lugares do nosso Estado e do nosso País. Veremos que, nas residências que dispõem de televisão ligada à rede de energia elétrica de baixa tensão, com um pequeno equipamento acoplado, haverá condições de acessar a Internet por este meio físico, a um custo altamente acessível; o dispositivo poderá até mesmo, ser ofertado pelas operadoras de eletrificação, como mais um serviço à população que dispõe de energia elétrica na sua residência.

As operadoras, ou empresas concessionárias de energia elétrica também se utilizarão da tecnologia para aprimorar seus próprios serviços como leitura remota dos medidores de energia, cobrança diferenciada por demanda, etc.

Utilizando o sistema PLC uma pessoa pode navegar até 20 vezes mais rápido que com ISDN, sendo também, a qualidade da transmissão de voz sobre IP impressionante. As operadoras de TV a cabo poderão oferecer seus serviços sem precisar instalar um novo cabeamento. Assim, todas as tomadas de energia elétrica passam a ser vistas como interfaces de dados.

Diante de tantas possibilidades de aplicação, fica evidenciado que uma única situação é primordial para o avanço da pesquisa e da disseminação dessa tecnologia no Brasil: a legislação específica para a utilização desse

meio físico para transmissão de dados. Nesse caso, tanto a ANATEL quanto a ANEEL têm que criar ou adotar normas, para regular as variáveis que estão envolvidas tais como: controle de níveis de radiação e controle de ruído emitido pelos equipamentos e ou componentes elétricos, que tornam a linha suja para a transmissão de dados, inviabilizando a utilização da tecnologia PLC. Alguns países europeus já adotaram tais medidas, salvaguardando o meio físico para a utilização da tecnologia PLC.

Outra situação não menos importante, é o custo inicial do sistema como um todo ainda elevado, assim como eram as redes de cabo coaxial ou par trançado até bem pouco tempo atrás.

Acreditamos que a tecnologia venha, inicialmente, fechar lacunas, minimizando custos e tempo de implementação de redes locais (LAN) e num segundo estágio, após resolvidas as questões burocráticas do setor, a ser uma opção para redes WANs e MANs, para um futuro bem próximo.

O trabalho foi desenvolvido com o intuito de mostrar que é viável utilizar a rede elétrica de baixa tensão como meio físico para transmissão de dados. Claro que, como vimos, hoje ainda temos alguns problemas a serem minimizados; mas a tecnologia PLC já chegou e veio como mais uma alternativa para implementarmos redes domésticas (LAN), sem a necessidade de um novo cabeamento para tal.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Aprofundar outros assuntos teóricos relacionados à transmissão de dados, especificamente nas redes de energia elétrica de baixa tensão, tais como:

- No Brasil, quais são os níveis aceitáveis de radiação PLC? Qual norma regula essa área ?
- Quais são os níveis aceitáveis de ruído na rede elétrica de baixa tensão ? Qual norma regula essa área ?
- Quais são as regras e licenças para a utilização do PLC ?
- Criar um selo, para a indústria utilizar em seus equipamentos, identificando quais tem filtros que minimizam o ruído de retorno para a rede elétrica, facilitando, assim, a identificação para o usuário doméstico, de tal maneira que possamos adquirir equipamentos que não gerem ruídos na rede elétrica de baixa tensão de nossa residência.
- Qual é o impacto da tecnologia PLC, no setor de Telecomunicação ?
- Qual é o impacto da tecnologia PLC, no setor energético ?
- Aplicação da tecnologia PLC nas universidades, escolas, etc.
- Adequação dos currículos das universidades, das escolas, etc, para formar profissionais qualificados nessa tecnologia.

7. BIBLIOGRAFIA

- (Soares, 1995) SOARES, L. F.; LEMOS, G.; COLCHER, S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- (Soares Neto, 1998) SOARES NETO, V. **Redes de Alta Velocidade: SMDS Switch-Multi-Megabit-Data-Service**. São Paulo: Érica. 1998
- (Moraes, 2001) MORÃES, M. J. F. **Comunicação de dados por rádio frequência**. 2001. 95 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- (Del Soto, 1994) DEL SOTO, M.S. **Transmissão Digital e Fibras Óticas**. São Paulo: Makron Books. 1994.
- (Negrisoli, 1982) NEGRISOLI, M. M. **Instalações Elétricas: Projetos Prediais em Baixa Tensão**. São Paulo: Edgar Blücher; Itajuba. 1982
- (Camargo, 1991) CAMARGO, C. C. B. **Transmissão de Energia Elétrica: Aspectos Fundamentais**. Florianópolis: Ed. Da UFSC. 1991
- (Demfler, 1994) DEMFLER, F. J.; Les Freed. **Tudo Sobre Cabeamento de Redes**. Rio de Janeiro: ARX Publicações. 1994
- (Tanenbaum, 1997) TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Campus. 1997.

- (Carvalho, 1998) **CARVALHO, J. E. M. Introdução as Redes de Micros.** São Paulo: Makron Books, 1998.
- (Bianchi, 2000) **BIANCHI, L.; Bizzotto, C. E. N. Curso Prático de Informática Básica.** Blumenau: Acadêmica, 2000.
- (Held, 1999) **HELD, G. Comunicação de Dados.** Rio de Janeiro: Campus. 1999.
- (D'Avila, 1997) **D'AVILA, E. Montagem, manutenção e configuração de computadores pessoais.** São Paulo: Érica, 1997.
- (MARANHÃO, 1999) **MARANHÃO, R.M.G. Uma proposta de comunicação para uso de organizações que atuam em áreas inóspitas da região Amazônica.** 1999. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Tecnológico, Departamento de Informática e Estatística, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- (CYCLADES, 1999) **CYCLADES. Guia Internet de Conectividade.** Brasil: Cyclades. 1999.
- ASCOM.** Desenvolvido pela Ascom Powerline Communications. Apresenta informações sobre a tecnologia Ascom PLC, seminários e atualizações. Disponível em: <<http://www.ascom.com/plc>>. Acesso em 24 jan. 2001.
- DS2.** Desenvolvido pela DS2 - Design of Systems on Silicom. Apresenta a tecnologia DS2 PLC. Acesso em:

<<http://www.ds2.es>>. Acesso em 08 abr. 2002.

EBA. Desenvolvido pela EBA Corp. Power Line Communications, Licensee & Distributor of DS2 Technology. Apresenta produtos com tecnologia DS2. Disponível em: <<http://www.ebapl.com>>. Acesso em 08 maio 2002.

Graber, Marcel. **Examining and Assessing the Results of 13 Worldwide Power Line Communications Field Trials.** (ASCOM). In: Powerline Communications Word Congress. 2000, Geneva. **Anais...Curitiba-PR: COPEL, 2000.**

Gomez, Feliciano. **Overcoming the Challenges of Achieving Quality of Service Over Power Line.** (DS2). In: Powerline Communications Word Congress. 2000, Geneva. **Anais...Curitiba-PR: COPEL, 2000.**

Blasco, Jorge. **Overcoming the Difficulties of Achieving Co-Existence of Access and In Home Power Line Communications systems.** (DS2). In: Powerline Communications Word Congress. 2000, Geneva. **Anais...Curitiba-PR: COPEL, 2000.**

Chylinkski, Jarek. **Determining the Capability of Broadband Power Line Solutions for Delivering In Home Networking Services.** (ENIKIA). In: Powerline Communications Word Congress. 2000, Geneva. **Anais...Curitiba-PR: COPEL, 2000.**

Wigren, Per. **Examining the Business case for a Utility to Offer In Home Networking and Access Over**

Power Line In a Competitive Market. (EVICOM). In: Powerline Communications Word Congress. 2000, Geneva. Anais...Curitiba-PR: COPEL, 2000.

Osterlind, Bertil. Examining the Bussines Case for a Utility fo Offer Access Over Power Line via Their Electricity Networking. (BIRKA ENGERGI). In: Powerline Communicatinos Word Congress. 2000, Geneva. Anais...Curitiba-PR: COPEL, 2000.

Koch, Michael. Examinig ETSI's Progress Towards Establishing Standard for Protocols for Power Line Communications. (SIEMENS). In: Powerline Communications Word Congress. 2000, Geneva. Anais...Curitiba-PR: COPEL, 2000.

Ryan, John. Update on CENELEC's Progress Towards Producing a Standard With Acceptable EM Emissions for High-Frequency Power Line Communications. (ELECTRICITY ASSOCIATION). In: Powerline Communications Word Congress. 2000, Geneva. Anais...Curitiba-PR: COPEL, 2000.

8. ANEXOS

8.1 Autorização de pesquisa

C-CTE/DTOE/TSE – 002/2002

Curitiba, 19 de Agosto de 2002

À

Universidade do Oeste de Santa Catarina –UNOESC

At.: Prof. Daniel Calixto Fagonde Moraes

Ref.: S/ Ofício 001/Pro-PEPG/02**Ass.:** Dissertação de Mestrado – Pesquisa

Prezados Senhores

Atendendo solicitação contida em seu Ofício acima referido e, na qualidade de Coordenador Técnico do Projeto PLC na COPEL TELECOMUNICAÇÕES S/A, autorizamos o Prof. Daniel Calixto Fagonde Moraes a efetuar pesquisa junto aos arquivos técnicos da COPEL TELECOMUNICAÇÕES S/A referentes aos testes efetuados por nossa empresa com a tecnologia *Power Line Communications*.

Atenciosamente



Carlos Renato de Oliveira Fontes
COPEL TELECOMUNICAÇÕES S/A
DTOE/TSE