



Barbara Maria Cabral Gouvea Coelho

**Estudo sobre a Viabilidade da Tecnologia PLC no
Brasil e Considerações sobre uma Proposta de
Tarifação**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Nélio Domingues Pizzolato
Coorientador: Prof. Reinaldo Castro Souza

Rio de Janeiro
Abril de 2012



Barbara Maria Cabral Gouvea Coelho

**Estudo sobre a Viabilidade da Tecnologia PLC no
Brasil e Considerações sobre uma Proposta de
Tarifação**

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção da PUC-Rio.
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Nélio Domingues Pizzolato

Orientador

Departamento de Engenharia Industrial – PUC-Rio

Prof. Reinaldo Castro Souza

Coorientador

Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

Prof. José Francisco Moreira Pessanha

Instituto de Matemática e Estatística – UERJ

Prof. João Carlos de Oliveira Aires

Departamento de Engenharia Elétrica – Gama Filho

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 18 de Abril de 2012

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador, do coorientador e da universidade.

Barbara Maria Cabral Gouvea Coelho

Graduou-se em Engenharia de Produção pela PUC-Rio em Dezembro de 2007. Em 2008 trabalhou como pesquisadora na consultoria de pesquisa e satisfação no IAG da PUC-Rio. Trabalhou como analista de Preços na Alvo Distribuidora de Combustíveis de 2008 a 2009.

Ficha Catalográfica

Coelho, Barbara Maria Cabral Gouvea

Estudo sobre a Viabilidade da Tecnologia PLC no Brasil e Considerações sobre uma Proposta de Tarifação / Barbara Maria Cabral Gouvea Coelho; orientador: Prof. Nélío Domingues Pizzolato; coorientador: Prof. Reinaldo Castro Souza – 2012.

113 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, 2012.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Industrial – Teses. 2. Tecnologia PLC. 3. Regulamentação do PLC 4. Inovação. 5. Internet. 6. Energia Elétrica. 7. Estrutura Tarifária Elétrica. 8. Redes Inteligentes. I. Pizzolato, Nélío Domingues. II. Souza, Reinaldo Castro III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Industrial. IV. Título.

CDD: 658.5

Aos meus avós e a minha madrinha (in memoriam).
A dedicação da autora.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por toda inspiração e determinação, mesmo com inúmeros problemas que surgiram ao longo desta dissertação. Tudo se encaminhava para eu mudar de tema, mas com muita luta e colaboração de todos do Departamento da Industrial consegui concluir o tema original da dissertação.

A Casa Espírita Cristã Maria de Nazaré por todo apoio e equilíbrio emocional que me forneceram durante este período. Forças que fizeram que eu não desistisse da dissertação nem nos piores momentos.

Aos meus avós queridos, Elisa Panno, Odayl Maia Cabral, Moysés Coelho e Mariah Coelho. E a minha madrinha Vera Regina Panno. Apesar de não fazerem mais parte deste mundo estão sempre presentes em meu pensamento.

Aos meus pais, Sandra Coelho e Pedro Coelho, que sempre me apoiaram em todos os momentos da minha vida.

A todos os professores do Departamento da Industrial que sempre estavam dispostos a ajudar. Em especial ao meu orientador, Nélio Domingues Pizzolato, por ter assumido a minha orientação e ter solucionado problemas acadêmicos que surgiram ao longo da dissertação. E ao professor José Paulo Teixeira, pelos seus sábios conselhos.

A todos da secretaria do Departamento de Engenharia Industrial, especialmente à Cláudia e à Isabel, e aos secretários do professor Reinaldo Souza, Ana e Flávio, que estavam sempre dispostos a ajudar.

Um agradecimento em especial ao meu coorientador, professor Reinaldo Castro Souza, por toda a paciência e disponibilidade que mostrou no decorrer da dissertação. Agradeço por todas as fontes de informação, livros e especialistas no assunto PLC e na estrutura tarifária elétrica. Sua contribuição foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, sem a sua ajuda este trabalho não seria possível. Agradeço por ele ter aceitado me coorientar mesmo eu sendo de outro departamento.

Ao CNPq, pelo suporte financeiro que possibilitou a execução deste trabalho.

A PUC-Rio, por fazer parte da minha formação e por permitir que eu tenha vivenciado os melhores anos da minha vida, conhecendo pessoas maravilhosas nesta instituição. É um orgulho que ela faça parte da minha vida pessoal e profissional desde a graduação e agora ter retornado a mim com o mestrado.

Ao Bennett por ceder a sua biblioteca para frequentadores que não fazem parte da sua instituição de ensino.

Agradeço pelos amigos verdadeiros que fiz ao longo do mestrado, em especial a Luíz Emídio.

O agradecimento sincero da autora.

Resumo

Coelho, Barbara Maria Cabral Gouvea Coelho; Domingues Pizzolato, Nélio; Castro Souza, Reinaldo; **Estudo sobre a Viabilidade da Tecnologia PLC no Brasil e Considerações sobre uma Proposta de Tarifação**. Rio de Janeiro, 2012. 113p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O PLC, *Power Line Communication*, é uma tecnologia inovadora que está sendo utilizada para a transmissão de dados e voz via rede elétrica. Esta tecnologia se encontra na fase de testes na maioria dos países e o seu amadurecimento no mercado está previsto a partir do ano de 2016, segundo especialistas e pesquisas na área. Como é um produto novo, em fase de lançamento, não é possível mensurar a dimensão que terá no mercado, ou seja, a sua participação no mercado da internet banda larga. A proposta da tecnologia é tornar-se mais uma opção de banda larga para o consumidor, concorrendo com os atuais serviços via cabo e rede sem fio. As empresas de energia elétrica levam vantagem por já terem a infraestrutura pronta para implementar o PLC, no entanto serão necessárias algumas adaptações na rede elétrica. A difusão do PLC no mercado depende não só do avanço da tecnologia como de uma reestruturação do setor elétrico brasileiro. Outra barreira encontrada pela tecnologia são os diversos padrões existentes pois não existe uma regulamentação universal, o que dificulta a importação de equipamentos, por exemplo. Hoje no Brasil, as empresas de energia e de telecomunicações estudam meios para se implementar a tecnologia PLC de forma a se construir um modelo de negócios que seja viável e rentável para elas.

Palavras-Chave

Tecnologia PLC; Regulamentação do PLC; Inovação; Internet; Energia Elétrica; Estrutura Tarifária Elétrica; Redes Inteligentes.

Abstract

Coelho, Barbara Maria Cabral Gouvea; Domingues Pizzolato, Nélio (Advisor); Castro Souza, Reinaldo (Coadvisor). **Study on the Viability of PLC Technology in Brazil and Considerations for a Proposed Pricing.** Rio de Janeiro, 2012, 113p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Industrial, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

The PLC, Power Line Communication, is an innovative technology that is being used to transmit voice and data over power line. This technology is in testing phase in most countries and its maturity in the market is predicted from the year 2016 according to experts and researchers in the area. As a new product being launched, it is not possible to measure the extent it will have on the market, i.e. the future market share of broadband internet. The proposed technology is becoming an alternative choice of broadband to consumers in competition with existing services via cable and wireless network. The energy companies have the advantage of having already the infrastructure ready to implement the PLC, but some adjustments will be required in the grid. The spread of the PLC market depends not only on the advancement of technology but also in the restructuring of the Brazilian electric sector. Another technology barrier are the various existing standards because there are no universal regulations, which can make the importation of equipment a difficult task, for example. Today in Brazil, energy and telecommunications companies are studying ways to implement the PLC technology in order to build a business model that is viable and profitable for them.

Keywords

PLC Technology; PLC Regulation; Inovation; Internet; Electrical Energy; Electrical Pricing Structure; Smart Grid.

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Apresentação do Problema	16
1.2	Objetivo da Dissertação	17
1.3	Motivação	17
1.4	Delimitação	18
1.5	Contexto do Tema	18
1.6	Estrutura da Dissertação	19
2	Panorama do PLC	21
2.1	Histórico	21
2.2	Aplicações	22
2.2.1	Avanço da Tecnologia	23
2.2.2	Funcionamento do PLC	24
2.3	Aspectos Regulamentares	27
2.4	Principais Tecnologias PLC	28
2.4.1	X-10 PLC (Power Line Carrier)	29
2.4.2	Intellon CEBus	29
2.4.3	Echelon Lon Works	29
2.4.4	Adaptive Networks	29
2.4.5	PLUG-IN	30
2.4.6	HomePlug	30
2.4.7	DS2	30
3	Estudos do PLC	31
3.1	Projetos no Mundo	33
3.1.1	Projeto OPERA	39
3.1.2	Outros Investimentos e Projetos na Tecnologia PLC	40
3.2	Projetos no Brasil	41
3.2.1	Projeto Vilas Digitais	45
3.2.2	Projeto Piloto de Empresas	47

3.2.3	Projeto PNBL	48
4	Motivação para as Empresas de Energia	52
4.1	Vantagens	53
4.2	Desvantagens	55
5	Smart Grid	58
5.1	Relação do PLC com o Smart Grid	66
6	Tarifação da Energia Elétrica	69
6.1	Nova Tarifação da Energia Elétrica	79
6.2	Estrutura da Rede Elétrica	85
7	Modelos de Negócio para o PLC	87
7.1	Considerações sobre uma Possível Tarifação do PLC	88
8	Conclusão	93
	Referências Bibliográficas	95

Lista de Figuras

Figura 1: Funcionamento de uma rede de PLC	25
Figura 2: Exemplo de adaptadores para eliminar fios	25
Figura 3 : Mapa Comparativo PLC Brasil X PLC Mundo	32
Figura 4: Portfólio tecnológico estratégico da aplicação "serviços convergentes de telecomunicações" no Brasil (2008-2025)	33
Figura 5: Funcionamento de uma casa inteligente	65
Figura 6: Quanto se paga por componente em uma conta de luz de R\$ 100,00 (média / Brasil 2007)	69
Figura 7: Valor vigente das tarifas residenciais em 13 de março de 2012	75

Lista de Tabelas

Tabela 1: Organizações atuantes no Mundo para PLC	34
Tabela 1 continuação: Organizações atuantes no Mundo para PLC	35
Tabela 1 continuação: Organizações atuantes no Mundo para PLC	36
Tabela 1 continuação: Organizações atuantes no Mundo para PLC	37
Tabela 1 continuação: Organizações atuantes no Mundo para PLC	38
Tabela 2: Número de usuários de PLC em 15 países	38
Tabela 3: Organizações atuantes no Brasil para PLC	41
Tabela 3 continuação: Organizações atuantes no Brasil para PLC	42
Tabela 3 continuação: Organizações atuantes no Brasil para PLC	43
Tabela 3 continuação: Organizações atuantes no Brasil para PLC	44
Tabela 3 continuação: Organizações atuantes no Brasil para PLC	45
Tabela 4: Principais encargos setoriais com a contribuição do consumidor em 2006	71
Tabela 5: Tributos presentes na conta de luz	72
Tabela 6: Subclassificação do Grupo A	74
Tabela 7: Sub-classificação do Grupo B	74
Tabela 8: Estrutura da tarifação horossazonal azul	77
Tabela 9: Estrutura da tarifação horossazonal verde	78

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ADSL – Assymmetric Digital Subscriber Line
ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
APTEL – Associação de Empresas Proprietárias de Infraestrutura e Sistemas Privados de Telecomunicações
ARRL – American Radio Relay League
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BPL – Broadband Over Powelines
CEBus – Consumer Electronic Bus
CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica
CELG – Companhia Energética de Goiás
CEMAR – Companhia Energética do Maranhão
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
CETA-SENAI – Centro de Excelência em Tecnologias Avançadas SENAI (RS)
CIP – Contribuição de Iluminação Pública
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COPEL – Companhia Paranaense de Energia
CTBC – Companhia de Telecomunicações do Brasil Central
DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
DS2 – Diseños de Silicio
DSSS – Direct Sequency Spread
EDF – Électricité de France
EIA – Associação das Indústrias de Eletrônica
ESS_SE – Encargo de Serviços do Sistema por Segurança Energética
FCC – Federal Communications Comission
FITEC – Centro de Inovação Tecnológica
FSK – Frequency Shift Keying
GESAC – Governo Eletrônico Serviço de Atendimento ao Cidadão
HD – Hard Disk

HD-PLC – High-Definition Power Line Communication
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBM – International Business Machines Corporation
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias Serviços
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IEEE - Institute of Electrical and Electronic Engineers
IRF – Interferência de Rádio Frequência
LON – Local Operating Network
OEM – Original Equipment Manufacturer
OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OPERA – Open PLC European Research Alliance
P&D – Projeto e Desenvolvimento
PIS – Programa de Integração Social
PLC – Power Line Communication
PLD – Preço de Liquidação de Diferenças
PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNBL – Plano Nacional de Banda Larga
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
Procempa – Companhia de Processamentos de Dados de Porto Alegre
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
Sercomtel – Operadora de Telecomunicações em Londrina - Paraná
Telebrás – Telecomunicações Brasileiras S. A.
Telebrasil – Associação Brasileira de Telecomunicações
TST – Tecnologia e Sistemas de Telecomunicações Ltda.
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UPA – Universal Powerline Association
USP – Universidade de São Paulo
VoIP – Voice Over IP
VSAT – Very Small Aperture Terminal
Wi-Fi – Wireless Fidelity
X-10 PLC – Power Line Carrier

“Para obter algo que você nunca teve,
precisa fazer algo que nunca fez”.

Chico Xavier