

Detector de Desvio de Energia Por Diferencial de Corrente

J. A. Pereira; Vilson R. Mognon; Ivan J. Chueiri; J. Klechowics; Gil P. S. Kochmann; Cristiane G. Langner; Angelo Bannack; Márcio R. da Silva, LACTEC e Alberto Jarske, ESELSA

Resumo – Este trabalho apresenta o projeto do “Equipamento Detector de Desvio de Energia por Diferencial de Corrente”, como resultado do convênio de cooperação técnico científica entre a ESELSA (Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.) ao LACTEC (Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento), dentro do programa de P&D coordenado pela ANEEL.

Palavras-chave – Detecção de Desvio, Equipamento, Furto de Energia, Medição de Corrente, Qualidade de Energia.

I. INTRODUÇÃO

No contexto de perdas comerciais de energia, apresentamos aqui o projeto de um equipamento de custo relativamente baixo e simples operação para auxiliar e agilizar a identificação de perdas por furto de energia em baixa tensão. Seu objetivo é o de discretamente identificar, junto aos padrões de medição residencial, aqueles que apresentam desvio de energia intermitente ou não, principal causa de grande parte das perdas comerciais. Seu princípio de operação é a comparação entre os valores da corrente fornecida pela concessionária, medidas na derivação do ramal para cliente, e os valores das mesmas correntes tomadas após o medidor, cujas diferenças permitem identificar possíveis desvios quando a corrente está passando pelo medidor for menor que a que está sendo medida no ramal.

O projeto em si tem como base um equipamento eletrônico composto por sensores de corrente de precisão; circuitos microprocessados; memória de massa e um relógio de tempo real, permitindo para registrar com precisão os períodos em que há diferença significativa entre as correntes medidas para cada fase separadamente. Os dados armazenados no equipamento podem ser baixados para um computador tipo PC ou *notebook* através de um módulo de leitura óptica portátil especialmente projetado, permitindo assim uma análise sazonal das ocorrências no ramal pelo próprio operador estando este ainda em campo.

Este trabalho contou com o apoio da ESELSA - Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.; da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica; dos laboratórios de Compatibilidade Eletromagnética e Baixa Tensão do LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e ENGRO - Equipamentos Elétricos, que propiciaram as condições financeiras e técnicas ideais para andamento dos trabalhos de P&D abordados, dos quais resultou novo equipamento destinado à redução de perdas no sistema de distribuição de energia, foco estratégico na conquista da Qualidade de Energia.

II. METODOLOGIA E DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A. Metodologia

A metodologia adotada baseia-se na vasta experiência do LACTEC em projetos P&D, e que mais uma vez culminou em retorno positivo, tendo como resultado o novo equipamento de tecnologia nacional e praticamente pronto para o mercado. Essa metodologia foi seguida à risca com a elaboração de uma seqüência de etapas cumpridas como metas pré-estabelecidas:

- Dimensionamento do problema em função de estudos de caso junto à concessionária, normas, experiência anterior, bem como suas consequências a médio e longo prazo;
- Busca de soluções de baixo custo associados à eficiência e qualidade na implementação;
- Análise crítica de cada uma das alternativas, incluindo aspectos técnicos, econômicos, operacionais, de mercado e de produção;
- Definição das alternativas a serem implementadas, incluindo análise dos recursos humanos e materiais necessários, custos e prazo;
- Elaboração de cronograma detalhado do projeto;
- Desenvolvimento do projeto em laboratório, incluindo circuitos eletrônicos, partes mecânicas, testes com protótipos, e ensaios de tipo;
- Construção de protótipos pilotos, próprios para instalação e ensaios de campo;
- Definição dos locais para testes de campo; modelos de testes a serem efetuados; parâmetros de desempenho a serem alcançados; formas de acompanhamento dos testes e análise dos resultados;
- Instalação dos protótipos em campo;
- Acompanhamento dos testes em campo, compilação dos resultados e análise de desempenho;
- Refino do projeto em conformidade com as normas especificadas e finalização do produto;
- Elaboração de relatório final detalhado;
- Entrada com a patente do invento;
- Processo de transferência da nova tecnologia para a indústria, se viável.

B. Descrição do Processo de Projeto

O processo teve como resultado ao final do primeiro ano, um protótipo piloto destinado a testes e ensaios de laboratório.

rio. Sendo este o subsídio principal para as etapas do ano seguinte, de refino por meios de resultados dos testes em campo e construção de um protótipo final otimizado.

Partimos de uma filosofia inicialmente proposta e discutida junto a ESCELSA, onde o equipamento seria composto por duas partes principais: *Módulo Transmissor (TX)*, a ser instalado na derivação para o consumidor próximo ao poste; *Módulo Receptor (RX)*, também denominado de *Remota*, a ser instalado e lacrado junto ao medidor de energia e cuja função seria receber valores de corrente tomados pelo TX, comparar esses valores com os medidos pelo próprio RX e disponibilizar, em memória de massa, informações com valores das diferenças medidas nas correntes, juntamente com data e hora das ocorrências. Em complemento ao equipamento, projetou-se um *Módulo de Leitura Óptica* composto por sensores ópticos, memória e terminal de conexão padrão RS232, cuja função é agilizar a coleta de dados em campo, e permitir uma análise mais criteriosa do perfil do consumidor em um computador, adotando-se para este caso um *laptop*. A Figura 1 ilustra a topologia adotada.

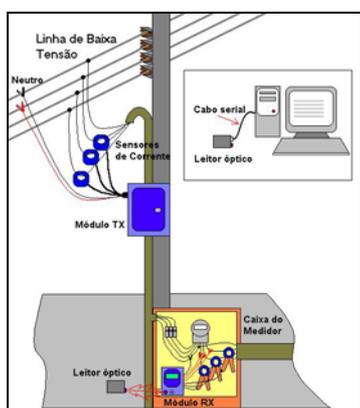


Figura 1. Topologia adotada para o equipamento.

O desenvolvimento da eletrônica iniciou-se com o projeto de sensores de corrente para a faixa de 0A a 120A que apresentassem boa precisão e repetibilidade. Nesta etapa, procurou-se por possíveis parceiros industriais para construir os sensores de acordo com nossas especificações. O resultado foi o de um sensor experimental ilustrado na Figura 2a. Porém, para a aplicação prática em instalações com espaços reduzidos, como a caixa que abriga o medidor de energia, a uma empresa especializada ficou de estudar uma forma de produzi-los em miniatura, os quais deverão estar disponíveis para uma futura versão comercial do equipamento. No entanto, visando á finalização do projeto em tempo hábil, optamos por sensores da marca LEM modelo PR200ACI [19], cuja ergonomia e precisão vieram de encontro às necessidades do projeto (Figura 2b).

Definido os sensores, a continuidade se deu com o projeto da eletrônica correspondente aos Módulos TX, RX e Leitor Óptico. Esta deveria cumprir com precisão e repetibilidade as funções de leitura dos sensores; executar a comunicação de dados entre módulo TX e RX; armazenar as ocorrências intermitentes e permitir leitura remota via comunicação infravermelho, tudo isso sem intervenção no medidor, bem como, no fornecimento de energia. Como solução chegamos

a um equipamento microprocessado com comunicação de dados entre os módulos TX e RX baseada em tecnologia digital PLC (*Power Line Communication*) [4] [21] [22] [25] e comunicação, entre o módulo RX e o módulo Sensor Óptico, via infravermelho [29] [33]. Em paralelo desenvolveu-se um software destinado à leitura e conversão das informações armazenadas no módulo de leitura óptica em formato Excel, escolhido por ser de fácil operação e permitir rápida geração de gráficos analíticos. A figura 3 ilustra a tela do programa após se ter baixado os dados à partir do leitor óptico via cabo serial padrão RS232 [31] [34] e, a Figura 4, um exemplo de gráfico gerado em Excel para dados experimentais coletados de campo.



Figura 2. Sensores de corrente (a) experimental e (b) adotado.

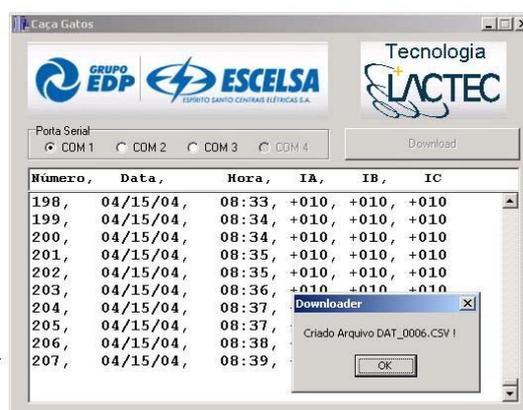


Figura 3. Tela do programa de leitura de dados colhidos em campo pelo Leitor Óptico.

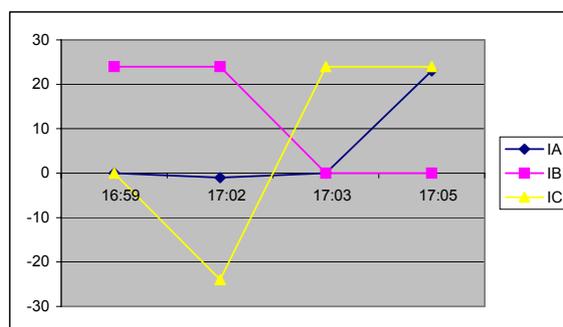


Figura 4. Exemplo de gráfico analítico em Excel.

Estando de acordo os resultados, concluiu-se, já no segundo ano, o projeto de um Protótipo Final otimizado e registro da patente da invenção junto ao INPI.

III. PROJETO

A. Introdução

Para um melhor acompanhamento do processo de pesquisa que nos levou ao equipamento “Detector de Desvio de Energia por Diferencial de Corrente”, dividiremos a explicação de seu projeto em quatro etapas, dedicadas, cada uma, a uma parte específica do equipamento que são: *Sensores de Corrente*, *Módulo Transmissor - TX*, *Remota - RX* e *Leitor de Dados*.

B. Sensores de Corrente

Estudos e ensaios de laboratórios resultaram em um sensor experimental (7000 espiras de fio de cobre esmaltado 36 AWG e núcleo de ferrite) que responde à corrente na faixa de zero a 300A (amperes) com baixa dissipação de potência e erro menor que 1,5% na faixa especificada para o projeto (zero a 120A). Para a montagem do sensor destinado aos testes de campo, contamos com uma empresa especializada nacional, a qual nos retornou três protótipos robustos, cujos parâmetros estavam como esperado. Os mesmos foram caracterizados com um gerador de corrente controlado modelo *Knopp Uniload - Current Transformer Testing Equipament*, com capacidade de até 6KA. Os resultados dos testes estão ilustrados na Tabela I. Um detalhe, é que devido ao fato de adotarmos a tecnologia *PLC*, para comunicação entre os módulos TX e RX, foi adicionado um cabo com garra “jacaré” para acesso direto à tensão da linha, criando assim um caminho para o sinal de dados.

TABELA I
RESULTADOS PARA O SENSOR EXPERIMENTAL

Corr.ente na Linha (A)	Saída Esperada (mA)	Limite Especif. (mA)	Sensor 1 (mA)	Sensor 2 (mA)	Sensor 3 (mA)
300,00	42,86	42,21 a 43,50	42,31	42,25	42,33
250,00	35,71	35,07 a 36,36	35,28	35,22	35,29
200,00	28,57	27,93 a 29,21	28,25	28,18	28,25
150,00	21,43	20,79 a 22,07	21,20	21,14	21,21
100,00	14,29	13,64 a 14,93	14,15	14,10	14,17
50,00	7,14	6,50 a 7,79	7,14	7,08	7,14

Porém, por motivos práticos já comentados, optou-se por sensores tipo alicate miniatura LEM modelo PR200ACI (Figura 2b). Outros modelos de sensores [19] também foram avaliados, servindo assim como excelentes alternativas para futuras configurações do equipamento.

Um último detalhe, é que para os sensores adotou-se a curva típica de carga, convertida em tensão RMS proporcional à corrente medida, I , representada Figura 4. Assim adotada para garantir um erro dentro da faixa de 1,5% para altas correntes com baixa dissipação. No gráfico, a curva em azul representa o sinal no sentido crescente da corrente e a curva em vermelho no sentido decrescente. Observe que o chave-

amento do relé de controle de escalas atraca automaticamente para 40A no sentido crescente e desatraca em 37,5A no sentido decrescente, isso feito para evitar incertezas na medida quando a corrente medida apresentar valor próximo aos limites de chaveamento.

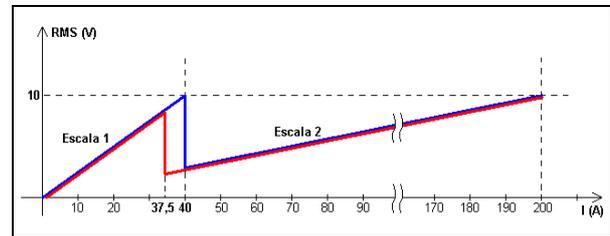


Figura 5. Curva de carga adotada para os sensores de corrente.

C. Módulo Transmissor - TX

O módulo TX é a parte do equipamento que deve ser instalada no ramal de derivação para o consumidor, próximo ao poste. Sendo este local escolhido por estar fora do alcance do consumidor e permitir medir a corrente real.

Seu circuito eletrônico é constituído de um microprocessado ATMEGA16 [30] cuja função é medir os valores de corrente provenientes dos sensores de cada fase separadamente, codificar estes valores em dados digitais e com eles gerar um protocolo para comunicação confiável com o RX. Para isso, o circuito é provido de um dispositivo de comunicação de dados *PLC (Power Line Communication)* o qual faz uso da própria rede de energia como meio para transmissão de dados [4] [21] [22]. Este dispositivo conta com um circuito integrado TDA 5051 - *ASK Power Line Modem* [25], implementado em um pequeno módulo *MOD-V2 - Power Line Micro-Module* - Michat Electronic [21], cujos testes de campo mostraram excelente resultados para distâncias de até 150 metros.

A Figura 6 ilustra de forma sucinta o diagrama de blocos do módulo TX com os seus principais circuitos eletrônicos destacados.

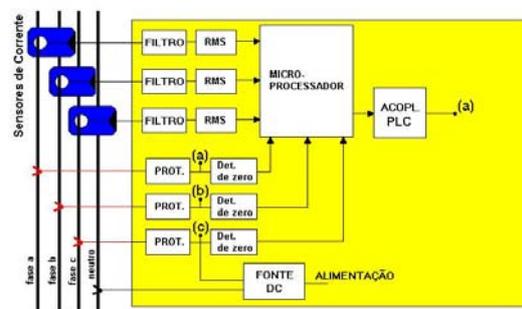


Figura 6. Módulo transmissor - TX

D. Módulo Receptor (Remota) - RX

Em paralelo ao desenvolvimento do módulo TX seguiu-se o da remota, função é receber os dados do TX, decodificá-los e comparar os valores das correntes. O RX conta também com um microprocessador ATMEGA16 [30] que executa as funções de decodificação do sinal enviado pelo mó-

dule TX, comparação dos valores de corrente medidos e recebidos, bem como a identificação de fases, de forma que se tenha uma correta correspondência dos valores das correntes com as respectivas fases da rede elétrica. Conta também com um *display* de cristal líquido para averiguação *in loco* das diferenças de corrente medidas. Internamente conta com memória de massa de 128Kbits para armazenamento de informações referente às ocorrências em que a corrente medida no TX for maior em 10% que a corrente medida pelo RX para qualquer uma das fases. Também conta com um relógio de tempo real [27] permitindo o registro da data e hora das ocorrências registradas. Na memória ficam então registrados dados como o número de identificação do medidor, as diferenças nas correntes para em cada fase, data e hora das ocorrências. Que, conforme comentado, podem ser baixados para um PC ou *notebook* por meio do módulo Leitor Óptico portátil. A Figura 7 ilustra o diagrama de blocos do módulo TX.

Os teste realizados em laboratório mostraram que o sistema TX/RX opera linearmente com excelente correlação entre as informações medidas e recebidas. A Figura 7 ilustra o arranjo de equipamentos em um dos testes com o protótipo piloto em laboratório, para o qual se utilizou um gerador de corrente trifásico de precisão (ZERA VCS320 NR.99-126-10) e um medidor de corrente padrão (ZERA), ambos gerenciados pelo software “*Sub Standard Meter Control Program*”.

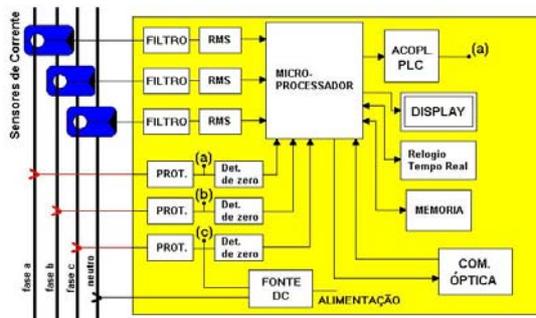


Figura 7. Módulo Receptor – RX.



Figura 8. Protótipo piloto em teste de laboratório.

E. Módulo Leitor Óptico

Com o decorrer do processo de projeto, atentamos para a necessidade do transporte dos dados armazenados na memória da remota até um microcomputador de forma prática sem a necessidade de se abrir a caixa que abriga o medidor. Para isso idealizou-se um pequeno leitor óptico com memória de

massa que permite a leitura dos dados diretamente do RX via infravermelho [32][33]. Os dados baixados podem ser descarregados via cabo serial por um conector padrão RS232 [34] e editados em programas gráficos e planilhas em formato EXCEL permitindo ao operador arquivar e avaliar as datas e períodos horários das ocorrências registradas Figura 4.

O mesmo, juntamente com a memória da remota, permitirá o armazenamento cíclico de dados 24 hora por dia, com informações referentes às diferenças de corrente em cada fase da rede monitorada, dia e horário da ocorrência e código de identificação do medidor.

Seu circuito eletrônico é alimentado por uma bateria recarregável de 9V e conta ainda com carregador de bateria embutido, acionado automaticamente quando se conecta um eliminador de pilhas ao módulo.

A Figura 9 ilustra o diagrama de blocos do leitor óptico com destaque para o receptor/transmissor infravermelho e conector serial para comunicação com o *notebook*.

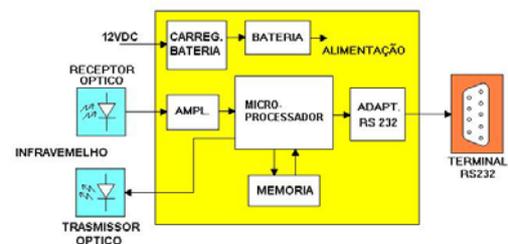


Figura 9. Módulo leitor óptico portátil.

F. Aspectos Mecânicos do Equipamento

Dos ensaios com protótipo piloto e troca de informações com pessoal de campo, funcionários da ESCELSA, foram fundamentais para a conclusão do projeto, não só quanto à parte eletrônica que o envolve, mas também à sua configuração mecânica.

Como características desejáveis tomou-se em consideração a estanqueidade, principalmente para o módulo TX instalado ao tempo e sujeito a umidade; a facilidade de instalação; a segurança durante o processo de instalação; o equipamento deveria ser discreto (poucos cabos à mostra e pequenas dimensões); permitir o uso de lacre da concessionária e, principalmente, não interrupção do fornecimento de energia ao consumidor durante a instalação.

Como resultado final, as figuras 10, 11 e 12 ilustram a configuração mecânica dos módulos TX, RX e Sensor Óptico, onde, para o módulo TX, temos as partes destacadas com sendo: (1) Sensor de corrente tipo alicate miniatura; (2) Borneira perfurante para tomada de tensão das fases; (3) Leds de sinalização de tomada de tensão; (4) Led de sinalização circuito alimentado (saída de +12V da fonte); (5) Placa de material isolante onde é montado o circuito eletrônico; (6) Vinco com proteção de borracha por onde passam os cabos da rede; (7) Borracha de vedação da caixa; (8) Gancho de metal com parafuso atarrachante para acesso de neutro da rede e sustentação do equipamento; (9) Trava de pressão da tampa da caixa; (10) Engate da trava de pressão; (11)

Dobradiça; (12) Cabo de acesso ao neutro, conectado ao item 8 pelo lado de dentro da caixa; (13) Furo em ângulo para escoamento de água ou umidade; (14) Caixa onde está montado a placa do circuito TX e (15) Tampa da caixa.

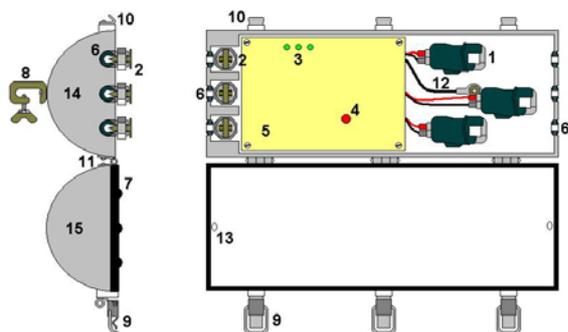


Figura 10. Mecânica do TX.

Para o módulo RX: (1) Monitor de cristal líquido com backlight; (2) Dispositivo óptico com cabo flexível para comunicação com o módulo de Leitor Óptico; (3) Cabo espiralado para monofone de 4 vias; (4) Conjunto sensor de corrente e tensão (Fase A); (5) Conjunto sensor de corrente e tensão (Fase B); (6) Conjunto sensor de corrente e tensão (Fase C); (7) Conector “jacaré” para acesso ao neutro da rede elétrica; (8) Passadores tipo “preença-cabo”; (9) Led laranja de sinalização de circuito energizado; (10) Chave de pressão (push-boton) para seleção de dados no monitor; (11) Chave de pressão (push-boton) para acerto de data e hora; (12) Cabos; (13) Conector RJ45 e (14) Conector RJ45.

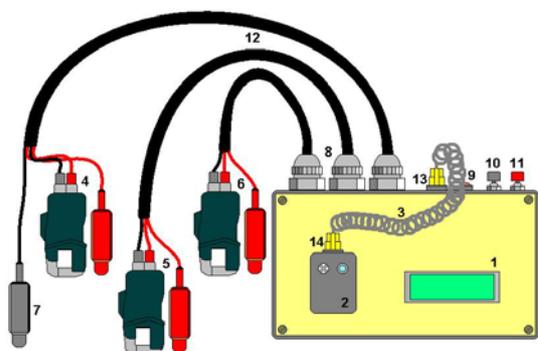


Figura 11. Mecânica do RX.

E finalmente para o módulo Leitor Óptico: (1) Chave ON/OFF; (2) Led indicador de circuito energizado, ativado quando (1) estiver em ON; (3) Led indicador de bateria sendo carregada, ativado quando um eliminador de pilhas estiver conectado; (4) Conector para eliminador de pilhas 12V/200mA, utilizado aqui para carregar a bateria interna; (5) Conector RS232 serial para comunicação com PC ou Notebook; (6) Led infravermelho para transmissão de dados para o módulo RX; (7) Receptor infravermelho para recepção de dados enviados pelo RX.

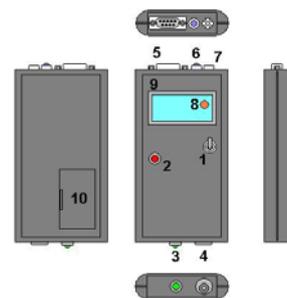


Figura 12. Mecânica do Leitor Óptico Portátil.

A as figuras seguintes ilustram o Protótipo Final, com destaque para o Módulo TX instalado na derivação da rede para o consumidor.

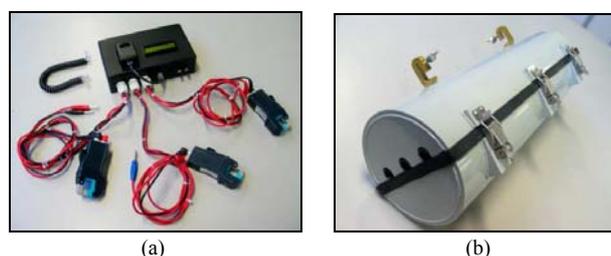


Figura 13. (a) Módulo RX e (b) Módulo TX



Figura 14. Leitor Óptico Portátil



Figura 15. (a) RX e (b) TX instalados.

G. Estratégia de difusão tecnológica dos resultados

A difusão tecnológica dos resultados iniciou-se com os setores de P&D e operacional na própria ESCELSA. Durante o desenvolvimento do projeto foram realizados testes de campo com participação de funcionários da concessionária, diretamente ligados aos trabalhos de vistoria de medidores, iniciando-se assim o repasse das informações sobre o novo equipamento, quanto aos aspectos operacionais, metodologia de aplicação e diagnósticos que o equipamento permite. Na medida em que a utilização do novo equipamento for sendo implementada pela concessionária, reuniões para treinamento e troca de informações serão constantes com participação do corpo de projetistas do LACTEC de forma a se apurar procedimentos à medida que a tecnologia é absorvida.

IV. CONCLUSÕES

O processo de P&D teve como resultado um novo equipamento de tecnologia nacional destinado a auxiliar e servir como ferramenta no combate à perda por furto de energia.

No entanto a melhoria da qualidade dos serviços prestados pela concessionária só será evidenciada com a aplicação monitorada e em escala deste novo equipamento e com abrangência às regiões com reais problemas de furto de energia dentro da concessão. Somente com estudos adjacentes baseados nos resultados da aplicação monitorada permitirão estabelecer os parâmetros para a utilização eficaz do equipamento, reduzindo as ocorrências de fraudes junto a ramais de baixa tensão, em conseqüência, melhorando a qualidade dos serviços da concessionária à comunidade, reduzindo custos extras de manutenção do sistema por sobrecarga, menor frequência de manutenção da rede e finalmente, levando a concessionária a status de notoriedade junto ao contexto energético do país no que se refere ao combate à fraude e qualidade de energia.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a dedicação dos colegas do LACTEC e da ESCELSA que, de uma forma ou de outra, colaboraram para o êxito deste projeto, esforçando-se ao máximo na solução dos problemas e no cumprimento dos prazos determinados.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Periódicos:

- [1] PLCCS: A Power Line Carrier Communications System; W. Kwan, W. Parker, B. Roberts, J. Tatum, Department of Electrical and Computer Engineering Mississippi State University, April 28, 2000
- [2] Comunicação Técnica COPEL. Ligações Clandestinas em Invasões na Área de Atuação da SDL. Companhia Paranaense de Energia - COPEL, Superintendência Regional de Distribuição Leste - SDL, janeiro de 1998;
- [3] Chueiri, I. J. (DOP/LAC/CNAT); Lippmann JR., L. (DOP/LAC/CNAT); Sciammarella, S. F. (DOP/LAC/CNAT); Ramos, L. F. R. DE M. (DDI/CED); Klimkowski, M. (DOP/LAC), Localização de Faltas em Redes Aéreas de Distribuição de Energia Elétrica, REVISTA ENERGIA - Informações, Estudos, Ensaios, V.3, N.4, P.21-25, mar.1996. 99558;

Livros:

- [4] Dostert, Klaus, Powerline Communications, Ed. Prentice Hall PTR, USA, 2001;
- [5] Roumenin, C. S., Handbook of Sensors and Actuators, Volume 2, Ed. Elsevier Science B.V., The Netherlands, 1994, 416 pp.;
- [6] R. Frank Understanding Smart Sensors 1st ed, Ed. Artech House, USA, 1996, 269 pp.;
- [7] Fraden, J., AIP Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs and Applications, ED. American Institute of Physics, 1993, 552 pp.;
- [8] Webster, John G., The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook, CRC Press with IEEE Press (1999), Boca Raton, FL, USA - ISBN 0-8493-8347-1, 1500pp.;
- [9] Ramsden, Ed, "Hall Effect Sensors, Theory and Application" Avdantstar Communications Inc., USA, ISBN 0-928-870-58-1, 212pp.;

Relatórios Técnicos:

- [10] Pereira, João A., Relatório Técnico LACTEC, doc. 2886/1999. Equipamento Dectetor de Desvio de Energia. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, 13 de setembro de 1999;

- [11] Gamboa, L. R. A., Desenvolvimento de TC para Localizador de Faltas, LAC - UFPR/COPEL, Relatório CNEL 505/96, Curitiba, PR, 1996, 6pp.;

Normas:

- [12] Norma COPEL - MIC 19-02. Inspeções em Instalações de Consumidores do Grupo "A" com Base em Dados do Sistema de Faturamento Variações Acentuadas de Consumo e/ou Demanda. Companhia Paranaense de Energia - COPEL, Coordenação de Comercialização de Energia - CCD, Coordenadoria de Procedimentos e tecnologia de Medição - CNMD, emissão 11/88, revisão 11/88;
- [13] Norma COPEL - MIC 19-05. Instrução para Inspeção de Instalações Atendidas em BT com Medição Direta. Companhia Paranaense de Energia - COPEL, Coordenação de Comercialização de Energia - CCD, Coordenadoria de Procedimentos e tecnologia de Medição - CNMD, emissão 07/92, revisão 07/92;
- [14] Norma IEC 61000-4-3/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4: Testing and Measurements Techniques - Section 3: Radiated, radio-frequency, electromagnetic immunity test", IEC, Genebra, Suíça;
- [15] Norma IEC 61000-4-11/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4: Testing and Measurements Techniques - Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests", IEC, Genebra, Suíça;
- [16] Norma IEC 61000-4-2/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4: Testing and Measurements Techniques - Section 2: Electrostatic discharge immunity test", IEC, Genebra, Suíça;
- [17] Norma IEC 61000-4-4/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4: Testing and Measurements Techniques - Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test", IEC, Genebra, Suíça;
- [18] Norma IEC 61000-4-5/1995, "Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4: Testing and Measurements Techniques - Section 5: Surge Immunity Test", IEC, Genebra, Suíça.

Data Sheets:

- [19] LEM Current Transducers LA 100-P, PR 200ACI, HT200-SBD, HTR200-SB Data Sheet - LEM Components (arquivo digital) - www.lem.com;
- [20] RXC /TXB1 Hybrid Receiver and Transmitter Data Sheet - Keymark (arq. digitais) - www.lechner-cctv.de;
- [21] MOD-V2 - Power Line Modem Micro-module - MICHAT Electronic (arq. digital) - www.michat.com;
- [22] Power Mod - Evaluation Power Module for Industrial Applications - MICHAT Electronic (arq. digital) - www.michat.com;
- [23] RWS 371 Receiver and RWS 315 Transmitter Modules - Wenshing (arq. digital) - www.wenshing.com.tw;
- [24] TX1 & RX1, TX2 & RX2, TX3 & RX3 Modules Data Sheets - Radiometrix (arq. digitais) - www.radiometrix.co.uk;
- [25] TDA5051 ASK Power Line Modem Application Note - Philips Semiconductors (arq. digital) - www.semiconductors.philips.com;
- [26] Low Signal Relay G6A - OMRON Electronics, Inc. (arq. digital) - www.omron.com/oei;
- [27] DS1307 64x8 Serial Real-Time Clock - Dallas Semiconductor (arq. digital) - www.dalsemi.com ou www.maxim-ic.com;
- [28] Panel Instrument Application Notes - Issue 2 - LASCAR Electronics (arq. digital) - www.lascar.co.uk;
- [29] CQW13L Infra Red Lensed Panel - BOT - Bedford Opto Technology Ltd. (arq. digital) - bot.co.uk;
- [30] 8-bit and 16-bit Microcontroller (ATMEGA8 e ATMEGA16) - ATMEL (arq. digital) - www.atmel.com;
- [31] Converter RS232 - MAX232 - MAXIM (arq. digital) - www.maxim-ic.com;
- [32] IR333 Led Infravermelho - Everlight Electronics (arq. digital) - www.everlight.com;
- [33] IRM8751 Receptor Infravermelho - Everlight Electronics (arq. digital) - www.everlight.com;
- [34] RS232 Tutorial on Data Interface and Cables - (arq. digital) - www.arcelect.com/rs232.htm;
- [35] 74HC/HCT4066 Quad Bilateral Switches Data Sheet - Philips Semiconductors (arq. digital) - www.semiconductors.philips.com;
- [36] AT24C01 - 2 Wire Serial EEPROM Data Sheet - ATMEL Corporation (arq. digital) - www.atmel.com;