



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Medição Concentrada de Baixo Custo para Sistemas de Distribuição de Baixa Tensão

S. de A. Santos

Ecil Informática

sergio@ecilinformatica.com.br

P. R. Andreus

Ecil Informática

pandreus@ecilinformatica.com.br

D. Ribas

Ecil Informática

danilo@ecilinformatica.com.br

M. Pereira

Ecil Informática

marcelo@ecilinformatica.com.br

A.L. Bettiol

Ecil Informática

arlan.bettiol@ecilinformatica.com.br

R. Rufini

Energias do Brasil

rufini@enbr.com.br

Palavras chave:

Comunicação ZigBee

Faturamento

Medição Concentrada

Perdas Elétricas

Sistemas de Distribuição de BT

Resumo

Este artigo descreve o desenvolvimento de um Sistema Integrado de Medição Concentrada (SIMC) de baixo custo e rápida implantação.

O sistema foi desenvolvido pela Ecil Informática em um projeto de P&D com a Bandeirante Energia, permitindo medições residencial e comercial de pequeno porte através de tecnologias de comunicação wireless (padrão ZigBee). A comunicação por radiofrequência é utilizada na interligação entre os módulos concentradores de dados e as unidades consumidoras.

Além de permitir o deslocamento do ponto de medição de energia da residência do consumidor para um ponto de melhor controle (o poste de distribuição), o sistema permite também ações de corte de energia e religamento remotos, bem como a identificação de ligações clandestinas a partir da monitoração das perdas técnicas e comerciais. O sistema engloba um software de parametrização e leitura do montante de energia consumida no período, permitindo a criação de perfis de consumo das unidades sob monitoração.

1. Introdução

A área de abrangência da Bandeirante Energia, especialmente a região da cidade de Guarulhos, possui diversos alimentadores de distribuição com tipologia de carga com elevada heterogeneidade, demandando soluções específicas para cada localidade atendida. Em muitos casos, as soluções requeridas para atendimento às suas necessidades não são aceitáveis dentro das alternativas disponíveis no mercado, seja por limitações técnicas, seja pela sua inviabilidade econômica.

Em regiões com população majoritariamente composta por famílias de baixa renda (classes C e D), as habitações são construídas sem projetos, sendo tipicamente autoconstruções. Desta forma, os sérios problemas sócio-econômicos enfrentados por esta população levam, por muitas vezes, às práticas que buscam adequar seu perfil de despesas a sua reduzida renda. Entre as mais comuns, existe a prática dos chamados "gatos" nas instalações elétricas residenciais. Por uma questão cultural existente nestas comunidades, tal prática não é considerada um delito e sim uma forma de administração de suas necessidades imediatas. A mudança cultural neste segmento, apesar de factível, exige um intenso trabalho de conscientização por meio de informações e pelo uso intensivo de novas tecnologias.

Outro fato que demanda um estudo abrangente para sua solução é representado pelo elevado índice de rejeição de pedidos de ligações nestas áreas pela falta de adequação dos padrões de entrada às especificações técnicas da concessionária. Os transtornos para os consumidores e concessionária são evidentes, implicando em novas visitas dos eletricitistas, bem como despesas com a adequação dos padrões por parte dos consumidores, de modo que suas solicitações de ligação sejam atendidas.

O custo atual de um padrão de entrada, segundo as normas da Bandeirante Energia, é de aproximadamente R\$ 1.000,00, sendo de total responsabilidade do consumidor. A quantidade de ligações rejeitadas nos últimos anos para a região de Guarulhos representa 10% dos pedidos efetuados pelos clientes, causando uma perda de faturamento significativa para a Bandeirante Energia até a completa regularização do padrão de entrada do cliente.

Adicionalmente, a Bandeirante conta com um parque instalado de transformadores em triângulo (Δ) que necessitam serem substituídos por transformadores em estrela (Y), segundo o padrão atualmente adotado na empresa. Isto implicará na troca dos medidores junto aos clientes e na modificação dos padrões de entrada atuais, provocando inúmeros transtornos à população.

De modo a se propor uma solução técnica-econômica aos problemas citados acima, a Bandeirante Energia e a Ecil Informática iniciaram em dezembro de 2004 o projeto de P&D intitulado "Medição Concentrada de Baixo Custo em Baixa Tensão", o qual foi desenvolvido durante os ciclos 2003/2004 e 2005/2006. O objetivo principal do projeto era o desenvolvimento de diversos dispositivos eletrônicos para a composição de uma solução integrada de medição e gerenciamento remoto para utilização em consumidores residenciais e comerciais de baixa tensão denominada SIMC (Sistema Integrado de Medição Concentrada). Além disto, a solução proposta permitia a possibilidade de redução de perdas comerciais e a eliminação completa dos problemas relacionados à rejeição de ligação por falta de padrões de entrada, em conformidade com as normas da Bandeirante Energia, e eliminação dos custos da construção de padrões por parte do consumidor.

A solução desenvolvida neste projeto provê novas funcionalidades aos consumidores de baixa tensão da Bandeirante Energia (como as tarifações horo-sazonais e pré-pagas, corte e religamento de energia remotos, levantamento de curva de carga de consumo, etc.), assim como disponibilizar diversas ferramentas de gerenciamento não fornecidas pelos atuais sistemas de medição convencional. O desenvolvimento do sistema também resultou na criação dos seguintes produtos comerciais: Módulo Fonte, Módulo Concentrador, Módulo de Corte/Religamento, Módulo Display e Caixa de Medição Concentrada.

A originalidade da solução desenvolvida é comprovada de diversas formas. Ela apresenta uma solução aos problemas técnicos existentes na Bandeirante Energia descritos acima, na medida em que desloca a medição de energia da residência do consumidor para um ponto de melhor controle (o poste de

distribuição da concessionária). Adicionalmente, o sistema permite à Bandeirante Energia criar novas práticas de tarifação para o consumidor, buscando atender suas necessidades de planejamento de gastos mensais, além de permitir a monitoração e coleta remota das curvas de consumo individualizadas e diversas outras características de interesse para faturamento.

Pelos levantamentos realizados durante os testes de campo, o resultado final do projeto foi atendido, sendo que os produtos desenvolvidos poderão ser utilizados na regularização de ligações clandestinas, combate à fraudes em áreas de elevada densidade populacional e também como concentradores de medição para condomínios verticais atendidos por instalações tipo “busway” com sistema de medição individualizado.

A solução resultante do desenvolvimento do projeto poderá, com algumas pequenas adequações e complementações, ser estendida a outras localidades de concessão da Bandeirante Energia ou outras distribuidoras de energia em território nacional.

2. Sistema Integrado de Medição Concentrada (SIMC)

O conceito fundamental do SIMC é a concentração da medição de energia em baixa tensão, em bairros residenciais e comerciais, em ambiente externo, mantendo-se a utilização de medidores convencionais dotados de saídas ópticas, os quais são capazes de sinalizar um número de pulsos proporcional à energia consumida.

Na solução desenvolvida, os medidores são retirados do padrão de entrada da unidade consumidora e acondicionados em caixas nos postes de distribuição de rua. No padrão de entrada da unidade consumidora é instalado um display digital para verificação do consumo total ou mensal pelo cliente e um disjuntor geral de proteção, sem necessidade de substituição do padrão de entrada existente.

O sistema SIMC é dotado de um módulo concentrador para gerenciamento de até 8 medidores, sendo responsável pela coleta de pulsos e totalização das informações de consumo. O corte e religamento das unidades consumidoras são realizados pelo módulo de corte/religamento, que, por sua vez, é controlado pelo módulo concentrador através de uma porta serial RS485.

As funcionalidades técnicas dos módulos de hardware e software aplicativo desenvolvidos, assim como os detalhes construtivos da caixa de medição concentrada, são explicados detalhadamente a seguir.

2.1 Caixa de medição concentrada

A caixa de medição concentrada, a ser instalada no poste da concessionária, foi fabricada em aço com dimensões adaptadas a 8 medidores eletrônicos trifásicos, com tratamento em musell N6,5 para instalação ao ar livre. Detalhes construtivos da caixa de medição concentrada podem ser vistos na Figura 1.

2.2 Módulos de hardware

O hardware desenvolvido para o SIMC é composto por quatro módulos: Módulo Fonte, Módulo Concentrador, Módulo de Corte/Religamento e Módulo Display. Os Módulos Fonte, Concentrador e de Corte/Religamento são interligados fisicamente, sendo agrupados no interior da caixa de medição

concentrada. O Módulo Display, por utilizar somente comunicação por radio frequência, pode ser instalado de modo independente. A Figura 2 mostra o diagrama de ligação dos módulos na caixa de medição concentrada.



Figura 1 – Vista interna da Caixa de Medição Concentrada

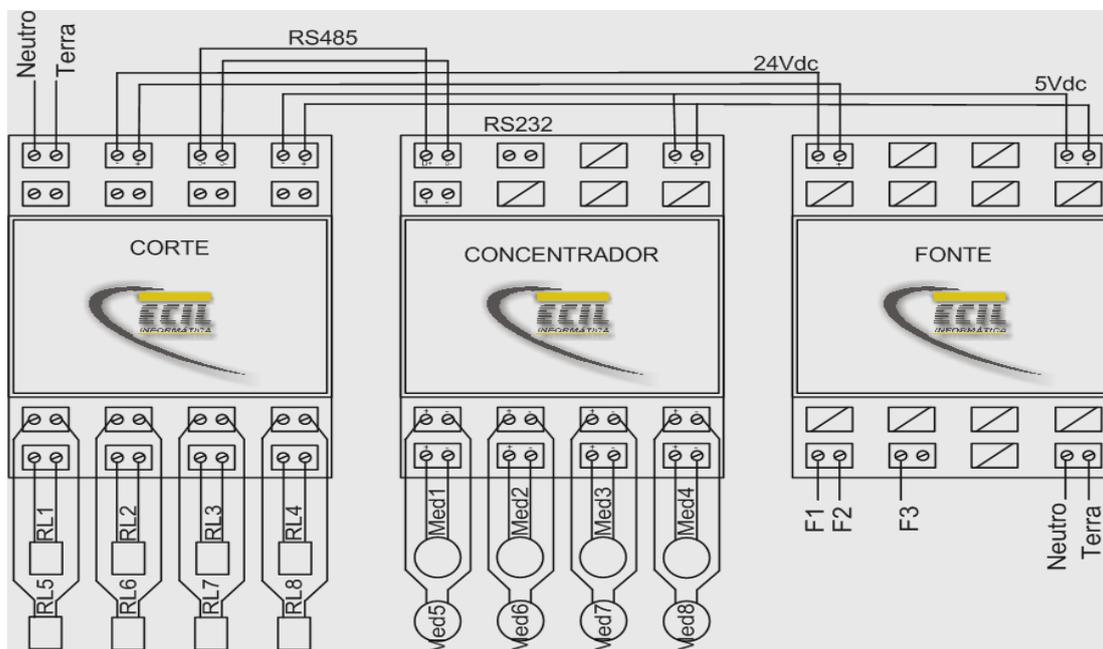


Figura 2 – Diagrama de ligação dos módulos na Caixa de Medição Concentrada

2.2.1 – Módulo Fonte

O Módulo Fonte é composto por 2 placas fonte, as quais são conectadas à placa base. A placa base é uma ponte trifásica que distribui a alimentação às outras duas placas, as quais são fontes chaveadas de 5 Vcc / 1 A e 24 Vcc / 0,5 A, com os seus respectivos circuitos de proteção.

A alimentação do módulo é bastante flexível, podendo ser efetuada por uma fase e neutro, duas fases, duas fases e neutro, três fases ou três fases e neutro. A Figura 3 mostra alguns detalhes construtivos do Módulo Fonte.



Figura 3 – Detalhes construtivos do Módulo Fonte

2.2.2 – Módulo Concentrador

O Módulo Concentrador é responsável pelo gerenciamento de todas as tarefas do sistema e pela concentração da medição através das saídas pulsadas de até 8 medidores norma DIN. O módulo apresenta as seguintes funcionalidades: coleta de perfil de consumo simultâneo dos 8 canais; controle de corte e religamento remoto; comunicação wireless com os módulos displays instalados nos clientes para informações relativas ao consumo; comunicação wireless para parametrização, programação e leituras de consumo; monitoração da tensão de alimentação; geração de alarme em caso de violação da caixa de medição; relógio de tempo real com bateria para duração mínima de 5 anos e entradas de pulso norma DIN com controle de largura mínima de pulso e histerese de 2 Vcc para eliminação dos erros ocasionados por ruídos durante chaveamentos.

O Módulo Concentrador possui as seguintes características técnicas: entrada de alimentação de 5 Vcc; oito entradas de pulso norma DIN; uma entrada de alarme (detecção de violação); uma porta serial RS485 para comunicação com os módulos de corte/religamento; uma porta serial RS232 para comunicação com modem PSTN ou GPRS; e um link Zigbee 2,4GHz de 16 canais para comunicação com os Módulos Displays. A Figura 4 mostra alguns detalhes construtivos do Módulo Concentrador.



Figura 4 – Módulo Concentrador

Pela sua importância como módulo central do SIMC e para permitir o gerenciamento de todos os eventos, foi utilizado na sua concepção um microcontrolador MC9S08GT60 (Freescale), com memória Flash, RAM e duas portas seriais internas. Para o envio da informação através de rádio frequência, foi necessária a montagem de uma placa independente de quatro camadas e o uso do transceiver de baixa potência MC13192, também da Freescale, além de uma antena Omni, responsável pelo envio e recebimento de comandos para o display ou para outros concentradores, permitindo a parametrização via software remoto. Foi utilizado um modelo de comunicação semelhante ao mostrado na Figura 5, apresentando ótimos resultados para pequenas distâncias (até 600 metros).

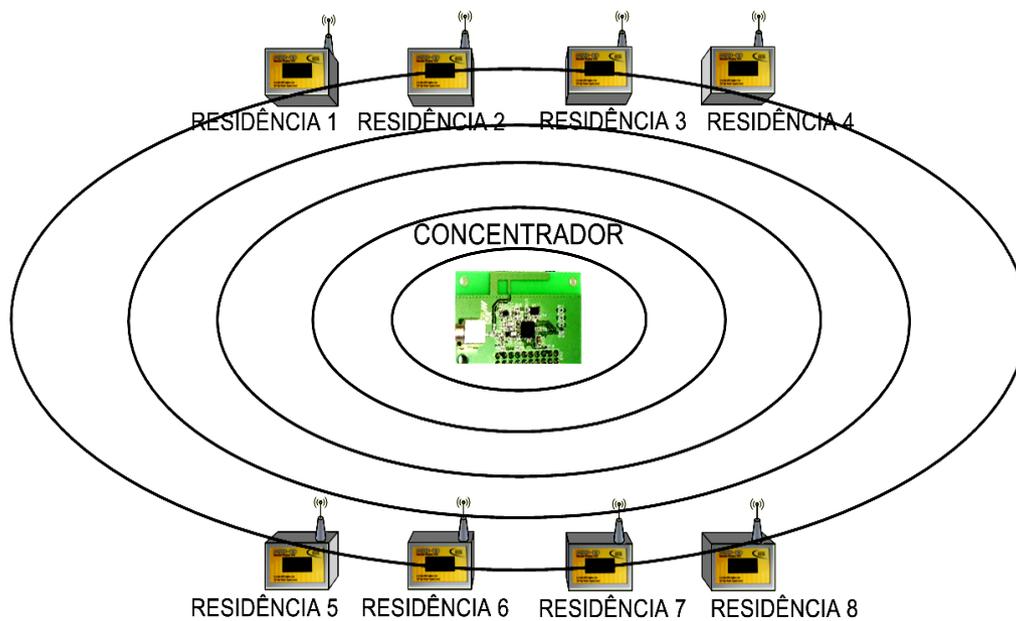


Figura 5 – Modelo de comunicação padrão ZigBee do SIMC

2.2.3 – Módulo de Corte/Religamento

O Módulo de Corte/Religamento é responsável pelo corte e religamento remoto do cliente, sendo comandado pelo Módulo Concentrador através de uma porta serial RS485. As entradas de realimentação monitoram o estado dos relés, possibilitando ao módulo gerar um alarme em caso de haver alguma inconsistência entre as saídas e entradas.

Ao receber um comando de desligamento, o Módulo Concentrador envia uma mensagem string através da porta RS485 com os dados necessários à execução da tarefa pelo Módulo de Corte/Religamento. Após a execução da tarefa, o Módulo de Corte/Religamento responde ao Módulo Concentrador, confirmando a execução do comando solicitado. Se por algum motivo o módulo falhar na tarefa de cortar ou religar a energia de uma residência, o módulo envia ao Módulo Concentrador uma mensagem string de alerta, também via RS485, permitindo ao funcionário da concessionária tomar as ações necessárias.

O Módulo de Corte/Religamento possui as seguintes características técnicas: entradas de alimentação de 5 Vcc e 24 Vcc; oito saídas opto-acopladas (24 Vcc – 200 mA) para controle de relés de potência; uma porta serial RS485 para comunicação com o Módulo Concentrador; e oito entradas 127 Vca de retorno opto-acopladas para sinalização de estado dos relés. A Figura 6 mostra alguns detalhes construtivos do Módulo de Corte/Religamento.



Figura 6 – Módulo de Corte/Religamento

2.2.4 – Módulo Display

O Módulo Display é responsável pela exibição do consumo totalizado do cliente, podendo também exibir informações do consumo mensal, dentre outras funcionalidades. Neste módulo não existem comandos a serem selecionados ou variáveis a serem parametrizada, sendo que toda informação mostrada no módulo é uma simples cópia do conteúdo do Módulo Concentrador. Desta forma, garante-se uma inviolabilidade essencial à concessionária.

O módulo permanece sempre em estado “stand by” (desligado), sendo reativado quando se aperta o botão de pulso, localizado no painel do próprio módulo, possibilitando economia de energia pelo display e melhor imunidade às interferências elétricas. Ao ser pressionado o botão de pulso, o módulo é energizado e assim permanece durante um período de tempo pré-estabelecido, exibindo as informações correspondentes ao cliente enviadas pelo Módulo Concentrador. Este módulo se comunica com o Módulo Concentrador por um link ZigBee.

O Módulo Display possui as seguintes características técnicas: entrada de alimentação monofásica de 127 Vca; uma entrada para botão de pulso e um link ZigBee 2,4 GHz de 16 canais para comunicação com o Módulo Concentrador. A Figura 7 mostra alguns detalhes construtivos do Módulo Display.



Figura 7 – Módulo Display

2.3 Aplicativos de software

Os aplicativos do SIM (parametrização e depuração) foram desenvolvidos na linguagem Visual Basic, cujos detalhes são apresentados abaixo.

2.3.1 Aplicativo de parametrização

O aplicativo de parametrização do SIMC permite a parametrização completa do sistema integrado de medição. Dentre as funcionalidades disponíveis e as variáveis disponibilizadas, destacam-se: constante Kp dos medidores (para a conversão do número de pulsos somados em KW/h); valor total ou instantâneo de energia faturada; data e hora do módulo; número de interrupções de energia ocorridas e o tempo de permanente do desligamento (para cálculo de indicadores de continuidade); desligamento e acionamento remotos; flags de status do medidor (inclusive de violação); cadastro de novos displays e medidores; informe mostrado no display das residências; e intensidade do sinal de rádio-frequência (neste caso, da comunicação por ZigBee). A Figura 8 mostra a interface visual do aplicativo de parametrização.



Figura 8 – Interface visual do software de parametrização

Inicialmente, deve ser selecionado, na lista de comandos disponibilizados, o comando a ser enviado, juntamente com o código de identificação (ID) do concentrador. Ao ser pressionado o botão Ler, o aplicativo envia um comando string contendo as informações referentes à leitura do valor atual da respectiva variável. Na tela apresentada na Figura 8, o valor do número de amostras é atualmente igual a 3.

Para alterar esse valor, pode-se escolher um novo número de amostras na lista ou digitar manualmente o valor desejado. Ao pressionar o botão Programar, outro comando string é enviado para alterar o valor atual. Obtido sucesso na programação, o aplicativo exibe automaticamente a confirmação recebida do Módulo Concentrador.

Os demais comandos da lista seguem o mesmo critério adotado na programação do número de amostras apresentado acima.

2.3.2 Aplicativo de depuração

O aplicativo de depuração, além de possuir todas as funcionalidades do aplicativo de parametrização, ainda permite visualizar as variáveis existentes no firmware do concentrador.

O aplicativo de depuração pode não ser de uso comum ao usuário final, mas permite à concessionária acompanhar a funcionalidade do SIMC, aumentando, desta forma, a confiabilidade no SIMC e permitindo o seu aperfeiçoamento. A Figura 9 mostra a interface principal do aplicativo.

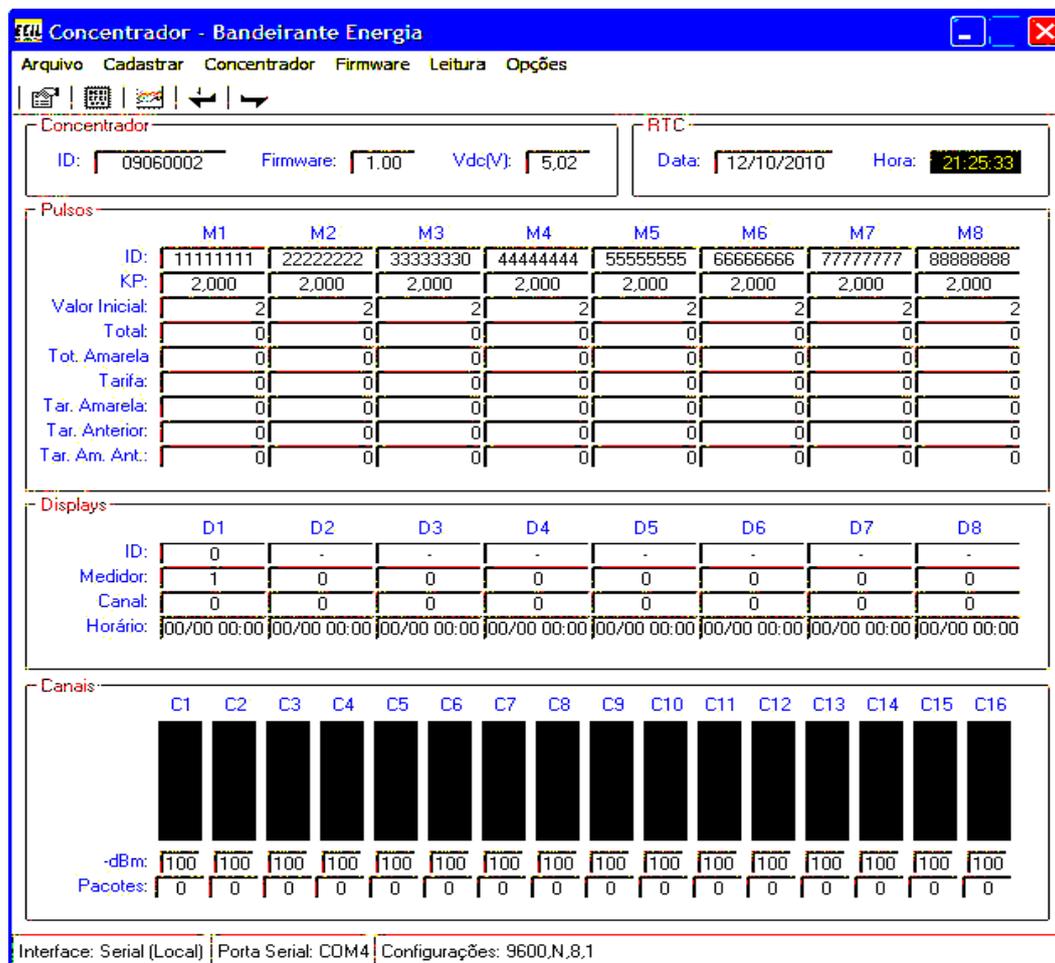


Figura 9 – Interface principal do software de depuração

No exemplo ilustrado na Figura 9, os canais numerados de 1 a 16 representam passos na frequência de comunicação. Cada display tenta se comunicar por meio de um canal, sendo que, somente um display ocupará um determinado canal. Se a primeira tentativa falhar, o display mudará de frequência, com o intuito de ocupar o canal seguinte. Este processo se repete até que a comunicação tenha sido estabelecida. Deste modo, garante-se um sistema que se adapta ao meio, fugindo de frequências excessivamente ruidosas.

2.4 Implantação do SIMC

A implantação do SIMC é feita de forma bastante rápida se comparada com outros sistemas comerciais, pois a comunicação wireless permite que somente cabos de força sejam passados das residências ao poste de energia, como comumente é feito em uma instalação convencional.

A medição da energia elétrica das oito residências é concentrada em uma caixa vedada e com sistema multi-lock, contendo oito medidores convencionais. Como um diferencial do projeto, um led indicador pisca com um período proporcional à energia consumida.

A caixa foi implantada a 6 metros do solo, acima dos circuitos de distribuição secundária, em uma localidade que utiliza sistema de alimentação bifásico. No entanto, o SIMC pode também ser utilizado em circuitos de distribuição trifásica.

2.5 Integração entre o SIMC e o sistema de faturamento da Bandeirante Energia

Um relatório preliminar emitido pelo SIMC através de um PALM, contendo a relação de ruas e clientes, possibilita ao leiturista seguir um roteiro previamente estabelecido. Deste modo, a leitura efetuada via ZigBee de cada caixa de medição contribui para a formulação de um documento em formato texto (*.txt), contendo o ID dos medidores, valor instantâneo, data da tarifação, irregularidades, dentre outras variáveis utilizadas na composição deste documento.

O arquivo em questão permite a integração do SIMC com a leitura convencional da concessionária. Desta forma, a entrada manual de dados também compõe o documento de fatura da região contida no roteiro do leiturista, possibilitando que as residências não inclusas na lista do SIMC também possam ser acrescentadas no arquivo gerado pelo PALM. O sistema de comunicação remota também permite a retirada da fatura, sendo que o sistema é integrado ao CCS do SAP/R3 da Bandeirante Energia, possibilita a leitura individualizada dos medidores de uma determinada região.

3. Conclusões

O artigo apresentou os detalhes de desenvolvimento do Sistema Integrado de Medição Concentrada (SIMC), o qual é atualmente utilizado em consumidores residenciais e comerciais da Bandeirante Energia na região de Guarulhos.

Além da concentração da medição proveniente de até 8 medidores em um ponto de melhor monitoramento pela concessionária (neste caso, o poste de distribuição da concessionária), o sistema permite também o gerenciamento remoto da medição, o corte/religamento do fornecimento de energia, a possibilidade de redução de perdas comerciais e a eliminação completa dos problemas relacionados à rejeição de ligação por falta de padrões de entrada.

A solução proposta poderá, com algumas pequenas modificações e adequações, ser estendida a outras localidades de concessão da Bandeirante Energia ou a outras distribuidoras de energia em território nacional.

4. Bibliografia

FREESCALE SEMICONDUCTORS. MC13191 Datasheet. Disponível em: <<http://www.freescale.com>>. Acesso em: 20 de junho de 2005.

MARQUES, G. A. G. Transmissão de dados via rede elétrica. Monografia submetida à UFSC como requisito para a aprovação da disciplina DAS-5511. Disponível em: <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/gabriel_marques/dados_via_rede_01.html>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2006.

MENDES, M. H. et al. Simulação e análise probabilística de risco, um estudo de caso em GLD: projeto Light de Deslocamento da Demanda na Ponta. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 15, Foz de Iguaçu: Trabalho T-18 17. Foz de Iguaçu, 1999.

PAULINO, Clovis Aparecido; Moraes, Cícero Couto de – Tecnologia no Combate ao Furto de Energia, trabalho 167, novembro de 2006 – Congresso Isa Show.

NETO, E. F. Metodologia e evolução de cálculo e cobrança no combate à fraude e furto de energia. In: CIERTEC - SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE PERDAS, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E PROTEÇÃO DA RECEITA NO SETOR ELÉTRICO. 5, 2005. Trabalho BR-13, Tema 12. Maceió, 2005.

GARCIA, D. A. A. Desenvolvimento de medidor eletrônico de energia elétrica de custo competitivo associado a estudos sobre medições de energia elétrica. 2000. 132p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

GRUPO EDP – BANDEIRANTE. Norma setorial técnica - Rede de Distribuição Urbana - 15kV – N8.01.01. São Paulo, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Condições gerais de fornecimento de energia. Resolução N.º 456 de 29 de novembro de 2000 e Resolução N.º 090 de 27 de março de 2001. Brasília, 2001