

Sistema de Gestão de Auditoria, Medição e Faturamento

C. A. Fróes, J. R. P. Navas, Tiago Carvalho, A. C. V. Delgado, F. A. Diório, K. B. da Costa, A. R. Donadon.

Resumo – O sistema desenvolvido objetiva a automatização dos procedimentos de leitura de medidores eletrônicos instalados nos consumidores de baixa tensão buscando auditar o processo e a qualidade das informações coletadas. Foi utilizada tecnologia *wireless* agregada a um medidor eletrônico usando como coletores dispositivos móveis, permitindo assim leituras automatizadas, com maior segurança, facilidade operacional, transmissão *online* das informações para a concessionária. Isto garante maior acesso aos medidores e aos seus dados, ampliando a qualidade e precisão dos serviços prestados. A nova geração de medidores eletrônicos apresenta além dos insumos de faturamento (kWh e kVarh) grandezas elétricas instantâneas, capazes de diagnosticar as condições técnicas da instalação. Estas quantidades de dados disponíveis tornam impraticáveis operações de leitura não automatizadas, aliam-se a isto as dificuldades de leitura do display eletrônico, a pouca visibilidade dos medidores eletrônicos nos padrões de entrada e caixas, além dos muros de divisas das residências voltados ou não para a rua.

Palavras-chave – Auditoria de Medições, Consumidores de Baixa Tensão, Faturamento de Energia, Leitura de Medidores via Bluetooth, Medição Eletrônica.

I. INTRODUÇÃO

Há cerca de uma década que as áreas de medição e comerciais das concessionárias de energia vêm se frustrando diante da inviabilidade econômica de operacionalizar a Tele medição nas unidades consumidoras (UC) de Baixa Tensão (BT) e da dificuldade de coletar dados diferenciados de medidores nesta faixa de atendimento. Tal fato deve-se aos altos custos dos medidores e dos sistemas com conectividade remota.

Com a evolução dos medidores e da capacidade de pro-

cessamento dos DSP (*Digital Signal Processor*) utilizados, estes são atualmente capazes de efetuar as medições de tensões, correntes, frequência, potências e energias ativas e reativas, controlar o display, e ainda formatar os dados medidos para uma saída serial, mantendo seus custos similares aos dos medidores eletromecânicos. Para viabilizar essa aplicação, a ABNT normatizou em 2006 a saída serial de usuário, criando um mecanismo legal para os medidores eletrônicos nacionais.

Embora sejam inquestionáveis os avanços dos sistemas de telecomunicações, sobretudo das tecnologias *wireless*, ainda não é viável sua instalação junto a cada um dos medidores de faturamento na BT. Por esta razão, o sistema desenvolvido optou pelo uso de uma técnica intermediária de leitura de medidores, implementada por coletores baseados em *Smartphone* de baixo custo e alta robustez (Leitoras), que possuem agregados transceptores Bluetooth e celular tipo GSM/GPRS. Estes interagem com um dispositivo de comunicação com tecnologia Bluetooth desenvolvido no contexto deste projeto e agregado aos medidores eletrônicos. Permite a realização de leituras, sem interferência e/ou modificações no medidor, superando a dificuldade de realizar as leituras de todas as quantidades disponibilizadas pelos medidores e as dificuldades de pouca visibilidade para a leitura do display eletrônico do medidor.

Neste projeto [1], cujo objetivo visa obter um modelo de validação e auditoria de medição e faturamento, com exceção do deslocamento dos leituristas, todo o processo de leitura passa a ser automatizado e, portanto, mais seguro. O sistema desenvolvido agrega inteligência capaz de realizar de forma automática a gestão do processo: recebimento/entrega/conversão dos arquivos “Rota-Roteiros”, auditoria dos serviços de transmissão/recepção e coleta de dados e auditoria dos insumos de faturamento e das grandezas de instalação.

Os elementos do sistema seguem interfaces padronizadas, nomeadamente, os medidores seguem as normas ABNT, os transceptores e protocolo Bluetooth as normas IEEE e a interface celular, os protocolos TCP e UDP, via GPRS. Garante-se assim aderência aos padrões de mercado brasileiro e mundial e a sua evolução de forma natural.

O sistema apresentado é recomendado para as concessionárias de energia, permitindo agregar valor ao negócio. Isto é feito através da integração aos sistemas corporativos de um processo moderno e eficiente de coleta de dados, capaz de conviver com a transição dos medidores eletromecânicos para os eletrônicos, sem perda de continuidade dos trabalhos atualmente executados e sem mudança radical da atual siste-

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta dos Anais do V Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (V CITENEL), realizado em Belém/PA, no período de 22 a 24 de junho de 2009.

Fróes Lima, C.A., coordenador do desenvolvimento do sistema especialista, responsável pela organização do conhecimento aplicado (email: froes@knbs.com.br) - Carvalho, T., analista de sistemas, responsável técnico pelo desenvolvimento das soluções de mobilidade (e-mail: carvalho@knbs.com.br) - Navas, J. R. P., engenheiro, responsável pelo controle do desenvolvimento (e-mail: navas@knbs.com.br) trabalham na empresa KNBS

A.C. V. Delgado, F. A. Diório trabalham na NANSSEN (e-mail: carlo-de@correio.net.com.br, diorio@nanssen.com.br).

K. B. da Costa, A. R. Donadon trabalham na CPFL (e-mail: kleber@cpfl.com.br, donadon@knbs.com.br).

mática de coleta de leituras. Aos consumidores do Grupo B a nova sistemática trará maior transparência e segurança da informação coletada, tendo em vista a eliminação dos erros de leitura e a possibilidade de monitoração da qualidade da energia fornecida.

Nessa fase do desenvolvimento o sistema permite que os leituristas caminhem pelas ruas, coletando à distância os dados dos medidores de uma dada Rota. Na evolução do projeto, eles irão circular em veículos automotores, aumentando em muito a eficiência dos processos de coleta de leituras. Outra funcionalidade que o sistema oferece é a carga das rotas de leituras a serem coletadas e as descargas das informações realizadas pelos leituristas poderem ser feitas remotamente, via celular (GPRS).

Este projeto foi desenvolvido no âmbito de regulamentação da ANEEL como um projeto de P&D de código PD072 denominado “Sistema de Gestão de Auditoria, Medição e Faturamento”, executado nos anos de 2007 e 2008, na concessionária de energia CPFL, juntamente com as empresas, KNBS desenvolvedora de soluções para o mercado energético e NANSEN fabricante de medidores eletrônicos.

II. PROCESSO DE LEITURA

Os dados cadastrais das unidades consumidoras (UC) de baixa tensão mantida nas bases de dados da concessionária são classificados por uma sistemática denominada “Rota-Roteiro”. As Rotas são arquivos eletrônicos que possuem roteiros. Estes, depois de carregados nas leitoras, indicam a sequência de UC (e os respectivos dados de apoio) de acordo com o planejamento da concessionária que os leituristas devem seguir, facilitando e agilizando o bom desempenho das atividades a serem executadas e o preenchimento dos insumos de coleta/leitura a realizar.

O procedimento atual é manual, dependendo de atividades de leitura física dos dados e a sua inserção pelo leiturista no coletor, incorrendo em dois possíveis pontos de erro (a leitura e a transcrição). Os sistemas coletores normalmente possuem inteligência para controlar erros grosseiros neste processo, mas ainda assim estes podem persistir.

O processo de leituras do projeto permite a aquisição dos dados disponibilizados pelos medidores eletrônicos que obedecem a Norma NBR 14522 [2], através da saída serial de usuário. O medidor de energia transfere esses dados das grandezas instantâneas (instalação) e de faturamento (metrológica), para um dispositivo de comunicação, associado ao medidor de energia.

Este dispositivo, por sua vez, disponibiliza esses dados para serem lidos a distância, através da Leitora via comando do leiturista. Para realizar essa operação, o dispositivo de comunicação é previamente configurado com o número da UC permitindo que a Leitora possa identificar o dispositivo para posterior estabelecimento de um enlace seguro de comunicação, através da tecnologia Bluetooth.

Escolhida a UC, verificado o endereço correspondente, o leiturista posiciona-se em local apropriado, aponta para o medidor/dispositivo e envia o comando de Leitura. Os dados da resposta a este comando são armazenados na Leitora para

posterior encaminhamento, via GPRS, ao Servidor de Gestão de Leituras.

III. AUTOMATIZAÇÃO DAS LEITURAS

As empresas de distribuição de energia elétrica buscavam já há alguns anos uma solução mais eficiente e econômica para a leitura dos insumos de energia que pudesse ser utilizada no parque existente. Por outro lado os medidores eletrônicos, para uso no Grupo B, possuíam a saída serial de usuário capaz de fornecer além dos insumos de faturamento também as grandezas elétricas instantâneas medidas.

Com a automatização do processo de leitura e o enorme volume de dados oriundos dos medidores passíveis de serem coletados, foi implementado um Servidor de Gestão de Leituras, incorporando também funções de auditoria do processo de leitura e qualificando as informações coletadas.

A idéia básica para a coleta foi desenvolver o dispositivo de comunicação para ser acoplado ao medidor, capaz de receber os dados da saída serial e transmiti-los via rádio frequência, quando comandado por uma Leitora (*Smartphone*). A tecnologia eleita para esta comunicação foi o Bluetooth [3].

Os requisitos principais que nortearam a escolha da tecnologia Bluetooth foram: baixo consumo, baixo custo - US\$ 5 a 10 do elemento Bluetooth adicionado ao dispositivo, cobertura adequada para as necessidades do projeto - tipicamente 20 metros, e capacidade de transmissão de dados.

O Bluetooth é normalizado pelo IEEE [4] e opera na faixa de frequências de 2,4 GHz a 2,483 GHz que não precisa de licença ou autorização ANATEL, para ser utilizada e adota o espalhamento espectral por salto de frequência (Frequency-Hopping) de modo a garantir uma comunicação robusta em uma faixa de frequências compartilhada com outras aplicações como o WI-FI e ISM (Industrial, Científica e Médica).

IV. ARQUITETURA DO SISTEMA

O sistema concretizado e desenvolvido apresenta os seguintes elementos constituintes:

- **Medidor eletrônico:** medidor eletrônico (comercial) com saída serial de usuário nas instalações da unidade consumidora de Baixa Tensão;
- **Dispositivo de comunicação:** a ser acoplado ao medidor eletrônico comercial e integrado com uma interface de comunicação sem fio tipo Bluetooth;
- **Leitora (tipo *Smartphone*):** integrado com uma interface de comunicação sem fio baseada em Bluetooth, uma interface de comunicação tipo celular GSM/GPRS. Na leitora é carregado um software aplicativo que executa e controlam a distância as operações de leitura das unidades consumidoras a serem realizadas pelos leituristas;
- **Servidor de gestão de leitura:** carregado com um software aplicativo, no qual são centralizadas, organizadas e controladas as operações de leitura de todas as unidades consumidoras cadastradas no seu banco de dados. Permite o descarregamento “off-line” das informações armazenadas nas memórias das leitoras e realiza o processamento adequado dos dados das

grandezas instantâneas (instalação) e de faturamento (metrológica). A informação processada é entregue para o sistema de gerenciamento da concessionária.

A Figura 1 ilustra a ação e interação destes elementos dentro da arquitetura básica do sistema.



Figura 1. Arquitetura do Sistema de Leituras baseado na tecnologia Bluetooth.

V. ELEMENTOS DO SISTEMA DE LEITURA

O sistema concretizado e desenvolvido é apresentado a seguir, identificando todos os seus componentes básicos.

A. Medidores Eletrônicos de Energia Elétrica

No desenvolvimento do sistema foram utilizados os medidores eletrônicos de faturamento de fabricação NANSEN [5] que possuem saídas seriais de usuários, padrão ABNT:

- **Spectrum MAR (monofásico)** – medição de faturamento de kWh e kVArh, classe 1; com saída serial de usuário padrão ABNT contendo as seguintes informações: número de série do medidor, tensão, corrente, frequência, totalizadores de energia ativa, reativa indutiva e reativa capacitiva.
- **Spectrum KAR (polifásico)** – medição de faturamento de kWh e kVArh, classe 1; com saída serial de usuário padrão ABNT contendo as seguintes informações: número de série do medidor, totalizadores de energia ativa, reativa indutiva e reativa capacitiva, tensões, correntes e potências ativas e reativas por fase e frequência da rede.

A saída serial de usuário escolhida foi publicada na norma ABNT (NBR14522) em 2006. As principais características técnicas desta saída serial são: velocidade de 600 bauds, assíncrona, monodirecional e tempo entre blocos de 1 segundo cheio. Nos medidores NANSEN esse tipo de saída é parte integrante e processada nos DSP (*Digital Signal Processor*) utilizados nos circuitos de medição dos medidores, fato que implica na não elevação dos custos dos mesmos e consequentemente, de seus preços finais.

A unidirecionalidade das informações disponibilizadas nas saídas seriais de usuário indica que estas portas de comunicação não respondem a questionamentos externos, o que garante a segurança dos dados dos medidores eletrônicos. A cada segundo, o medidor transmite por esta saída as

informações do medidor (número de série), bem como, as grandezas instantâneas (instalação) e de faturamento.

No *firmware* do dispositivo de comunicação como no software da Leitora, é realizada uma distinção entre o bloco de parâmetros de leitura disponibilizado pelos medidores monofásicos e aquele disponibilizado pelos medidores polifásicos (bifásicos e trifásicos). Esta distinção é necessária para o adequado tratamento do bloco de parâmetros visto que a quantidade de parâmetros é diferente entre eles. Este fato registra a fácil adequação do sistema aos elementos de medição de mercado.

B. Dispositivo de Comunicação – HW e SW

As características funcionais do dispositivo de comunicação estão representadas pela Figura 2.

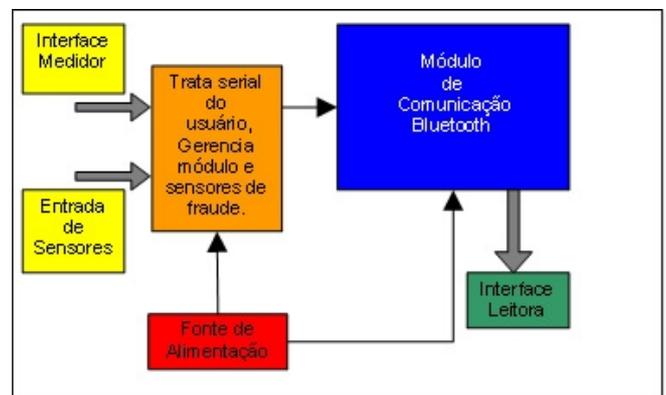


Figura 2. Diagrama de Blocos do Dispositivo de Comunicação.

Este diagrama mostra a simplicidade da arquitetura do dispositivo que mantém as características dos dispositivos convencionais, onde apenas foi acrescentado o módulo de Comunicação e seu respectivo protocolo Bluetooth representado na cor azul.

C. Interface Medidor Entrada de sensores

Conexão física que recebe as informações seriais do medidor. A cada segundo cheio, é recebido um bloco com informações das grandezas instantâneas e de faturamento. Através da entrada de sensores recebe informações normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF) do sensor de fraude da tampa da caixa de medição, o sensor de abertura é do tipo *reed-relay* com contatos normalmente fechados.

D. Módulo de Gerenciamento

Este módulo trata a serial do usuário, gerencia módulo e sensores de fraude. É um circuito eletrônico composto por um micro-controlador que é responsável pelo processamento das funções de medição e instalação, bem como, o gerenciamento do transmissor/receptor Bluetooth. O módulo ainda armazena o número de segundos em que a tensão ficou acima ou abaixo de limites pré-estabelecidos. Abaixo na Figura 3 encontra-se o diagrama de blocos.

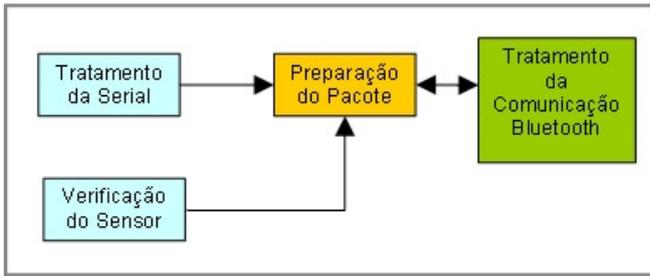


Figura 3. Diagrama de Blocos do “Trata serial do usuário, Gerencia módulo e sensores de fraude”

Os blocos representam respectivamente:

- **Tratamento da Serial:** este módulo recebe os dados do medidor a cada segundo. Cada pacote recebido é validado verificando os octetos de CRC no final de cada pacote. Se for um pacote válido, o sistema armazena os dados do respectivo pacote para que sejam preparados para transmissão com as informações do estado do sensor e com os valores limites da tensão. O firmware leva em consideração o tamanho do pacote: 25 octetos (monofásico) e 56 octetos (polifásico). Além disso, no caso dos medidores polifásicos Time of Use (TOU), os medidores ainda enviam a data e hora no pacote.
- **Verificação do Sensor:** o sinal de abertura da tampa da caixa de medição (sensor da tampa) é lido periodicamente, e caso se verifique que a tampa foi aberta, indica-se a existência de violação.
- **Preparação do Pacote:** para a transmissão de um pacote de informações com os dados de leitura é necessário um pequeno processamento. O pacote a ser enviado, via protocolo Bluetooth, será o pacote recebido do medidor acrescido das seguintes informações: estado da violação da abertura da tampa, data e hora da violação (para os medidores polifásicos TOU), número de segundos em que a tensão ficou acima de 4% ou abaixo dos 6% da tensão nominal.
- **Tratamento da Comunicação Bluetooth:** os pacotes (comandos e resposta) a serem trocados entre o Dispositivo de Comunicação e a Leitora estão descritos na Figura 4 abaixo.

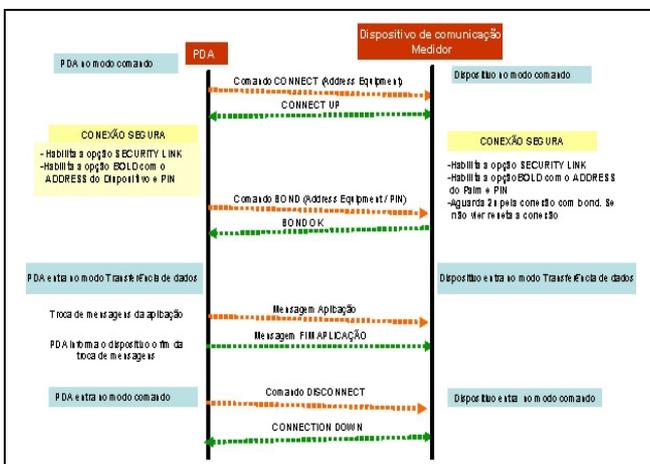


Figura 4. Enlace de Comunicação do Bloco “Tratamento da Comunicação Bluetooth”

E. Módulo de Comunicação Bluetooth

O módulo de comunicação é compatível com o leitor tipo *Smartphone*, modelos TREO 650 e TREO 680. Após estudos, análises e testes buscou-se um módulo comercial que se mostrasse mais adequado para esse desenvolvimento e que conseguisse um alcance de cerca de 100 metros, com rádio/transmissor operando em classe 1 e antena sobre o circuito impresso. O módulo incorpora a interface serial, o rádio/transmissor e o firmware para um perfil de *Bluetooth SPP (Serial Port Profile)*. O primeiro protótipo do Dispositivo de Comunicação, montado para testes em laboratório sobre um circuito impresso, é mostrado na Figura 5.



Figura 5. Primeiro protótipo do Dispositivo de Comunicação desenvolvido a partir de um circuito comercial

F. Interface Leitora

Conexão wireless que envia os dados para a leitora, a antena receptora e transmissora é interna ao módulo de comunicação Bluetooth.

G. Fonte de Alimentação

Os protótipos dos Dispositivos de Comunicação estão instalados externamente ao medidor, fato que implicou que possuíssem fonte interna por acoplamento capacitivo e proteção contra surtos e sobretensões.

H. Montagem Mecânica do Dispositivo de Comunicação Bluetooth

Com o resultado dos testes do primeiro protótipo em laboratório, foi montado a versão final do Dispositivo de Comunicação resultante do projeto, o qual é mostrado abaixo na Figura 6, onde pode-se ver o Dispositivo montado em uma caixa plástica e o conjunto completo montado sobre um circuito impresso.



Figura 6. Montagem do Dispositivo de Comunicação – Bluetooth

I. Dispositivo de Comunicação – Firmware - SW

O *firmware* do Bluetooth é composto de três módulos, conforme o diagrama na Figura 7.

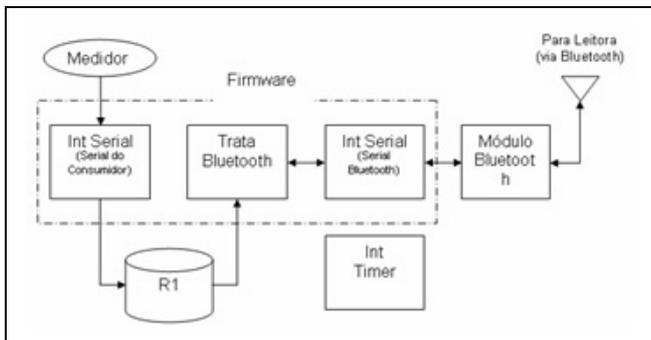


Figura 7. Diagrama de Blocos do Firmware do Bluetooth

J. Serial do Consumidor

Este módulo está associado à interrupção de recepção da porta de comunicação com a interface serial do usuário. A serial está configurada para 600 bps com 8 bits de dados sem paridade (8N1) e segue a padronização da norma ABNT. Uma vez que um pacote completo de informação da serial é identificado, o mesmo é verificado e armazenado no repositório (R1). A identificação de fim do pacote é feita por temporização, ou seja, se a serial ficar sem receber dados por mais de 100ms, então é considerado um fim de pacote. Dois buffers de dados são mantidos em R1 sendo que a cada instante somente um está ativo. Ao armazenar as informações em R1, esta rotina calcula o tempo que a tensão ficou fora de faixa, além de verificar se ocorreu uma violação do sistema de segurança. Estas informações são armazenadas juntamente com a informação da serial do consumidor.

K. Trata Bluetooth

A rotina de tratamento da comunicação é responsável por avaliar a FIFO de recepção da serial. No caso de ter uma mensagem completa (finalizador \n) a mesma é tratada. Neste momento, o sistema pode estar em dois modos distintos de funcionamento: modo desconectado ou conectado. Os comandos do sistema de controle são os seguintes: LEITURA; VERSÃO; CONFIG e FIM DA APLICAÇÃO.

L. Leitora

A leitora é baseada em um equipamento comercial portátil apropriado para uso manual, destinado a executar os comandos de leitura sobre a estrutura de comunicação acoplada ao medidor, utilizando a tecnologia Bluetooth como meio de transmissão. A leitora usada no Sistema está baseada em Smartphones do tipo TREO 650 ou TREO 680, com sistema Palm OS [6], que apresentam características compatíveis no que diz respeito à capacidade de armazenamento, facilidade de manuseio, comunicação via GPRS e robustez. O diferencial do TREO 680 em relação aos outros modelos é a sua antena interna. Em qualquer um desses modelos, algumas características da Leitora são:

- Segurança: Com senhas de acesso de operador
- Comunicação com a Central de Gestão de Leituras: Através de comunicação wireless (GSM/GPRS) e, opcionalmente, via interface serial e software padrão (Hot Sync)
- Comunicação com o Dispositivo de Comunicação: Através de interface Bluetooth

M. Desempenho do Leitor

A Figura 8 abaixo ilustra o diagrama em blocos do software da leitora, que é composto por:

- Interface de operação (homem x máquina)
- Interface de comunicação com o Servidor de Gestão de Leituras, via GPRS
- Interface de comunicação com o Dispositivo de Comunicação, via bluetooth
- Modulo de envio e tratamento de comandos da aplicação
- Modulo de armazenamento dos registros de leitura.

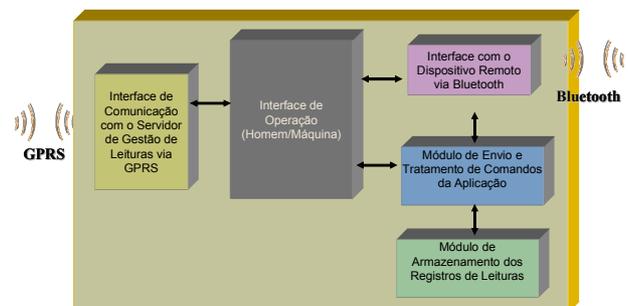


Figura 8. Diagrama de Blocos do Software da Leitora

N. Algumas telas do Software no Leitor

Abaixo na Figura 9, apresenta as telas de acesso ao software da Leitora, entre elas a tela de início-senha do leitorista, a tela com os dados de uma unidade consumidora e de algumas funcionalidades de acesso pelo leitorista.



Figura 9. Algumas Telas da Leitora

O. Servidor de Gestão de Leituras

O software aplicativo do Servidor de Gestão de Leituras consiste em um software dedicado, com capacidade para:

- Importar os arquivos disponibilizados pela concessionária contendo as UC e a identificação do Medidor correspondente;

- Processar as leituras adquiridas dos Medidores, dados metrológicos e grandezas instantâneas;
- Gerenciar e controlar o procedimento de carga de cada uma das leitoras habilitadas (*upload*) para a coleta de informações dos Medidores;
- Gerenciar e controlar o procedimento de transferência de dados (*download*) das leitoras para a base de dados do Servidor;
- Armazenar o histórico dos registros adquiridos por cada leitor e correspondente UC/Medidor;
- Gerar e exportar arquivos das medições com dados metrológicos, com formato pré-estabelecido, para efeitos de faturamento da concessionária;
- Gerar e exportar arquivos das medições das grandezas instantâneas, com formato pré-estabelecido, para fins de auxílio nos processos de instalação;
- Manutenção do sistema, envolvendo funções de backup e recuperação de falhas;
- Gerar relatórios.

VI. MEDIÇÃO DAS GRANDEZAS INSTANTÂNEAS DA INSTALAÇÃO E DE FATURAMENTO (METROLÓGICAS)

O processo de leituras proposto permite a aquisição dos dados disponibilizados por medidor eletrônico que obedeça a Norma NBR 14522 [2], como descrito anteriormente, gerando insumos que podem auxiliar à concessionária a analisar o comportamento e a qualidade de serviço oferecido aos usuários.

Com estas informações, é desenvolvida uma estrutura de conhecimento relativa à qualificação e organização de novos dados disponibilizados pelos medidores neste novo processo de leitura. Esta estrutura define a auditoria de medição e faturamento.

Com as leituras de energia reativa, indutiva e capacitiva será possível verificar o perfil do cliente e dependendo de sua faixa de consumo e da classe estabelecida para sua UC (residencial, industrial, comercial, rural), identificar nichos para a instalação de medidores eletrônicos dotados de medição reativa. Esta atuação poderá gerar uma melhora na oferta de serviços e uma justa remuneração.

O fornecimento de energia elétrica pressupõe que a tensão e corrente fiquem sempre dentro de limites toleráveis. Os insumos deste projeto permitem disponibilizar dados para utilização com outros sistemas legados da concessionária na concretização desses objetivos. Os níveis de tensão das UC podem ser usados para verificar o atendimento à Resolução 505 da ANEEL [7]. Nos casos de violação, ou não atendimento às disposições desta resolução, pode-se planejar esforços para estimular a melhoria da qualidade do produto, estabelecendo os níveis de tensão de energia elétrica, bem como os limites de variação das tensões a serem observadas.

A. Aplicativo de Tratamento dos Parâmetros

Dentre os novos parâmetros que serão processados, no Servidor de Gestão de Leitura incluem-se:

- **Parâmetros para faturamento:** o sistema apresentado prevê a inserção dos insumos de energia ativa

(kWh), e de energia reativa (kVARh). Cabe lembrar que na estrutura tarifária brasileira do Grupo B (Baixa Tensão) apenas esses dois insumos podem ser faturados.

- **Parâmetros da instalação:** os parâmetros de instalação (grandezas instantâneas) disponibilizados pelos medidores são: tensão, corrente, frequência da rede, tempo (em seg.) que a tensão ficar fora de intervalos pré-definidos e potências (ativas e reativas) em cada uma das fases.
- **Tratamento dos parâmetros de instalação:** a partir desses parâmetros através de algoritmos são gerados inúmeros indicadores que de forma indireta gerenciam a qualidade do fornecimento as UC, bem como, indicadores da existência de potenciais fraudes.

B. Auditoria de Medição

O aplicativo de auditorias é integrado no Servidor de Gestão de Leituras através do compartilhamento do banco de dados, no qual o Centro de Auditoria busca as informações necessárias para o cálculo das estatísticas e exibição das informações definidas. O acesso às funcionalidades de auditoria é restringido à concessionária e a sua empreiteira, de forma a obterem informações que balizem a verificação de qualidade dos serviços prestados.

As seguintes funcionalidades básicas são disponíveis neste módulo:

- Estatísticas da empresa empreiteira
- Aproveitamento dos romaneios
- Aproveitamento das coletas
- Percentual de aproveitamento da empresa
- Estatísticas dos leituristas
- Leituras não realizadas
- Geração de relatórios

VII. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EM CAMPO

O sistema foi implantado em campo para a execução de atividades de testes e validação das funcionalidades do sistema diretamente no campo, de forma a verificar a correta integração entre os equipamentos e módulos que compõem o sistema na realização das funcionalidades previamente especificadas para o projeto.

O sistema foi implantado naqueles endereços potenciais para instalação, fornecidos pela concessionária com a respectiva OS (Ordem de Serviço), correspondentes à região do bairro Taquaral em Campinas. Foram efetivamente fabricados 150 equipamentos – conjunto de medidores e Dispositivos de comunicação (90 monofásicos, 45 bifásicos e 15 trifásicos) para ensaios em laboratório e instalação em campo.

A Figura 10, mostra o mapa da região do bairro de Taquaral onde foi realizada a instalação em campo. Em cada endereço foram obtidas as coordenadas correspondentes, de forma que sobre o mapa da Figura 10, fosse possível indicar cada endereço de forma georeferenciada. Cada número corresponde a um endereço da instalação. Os números são indi-

cados nas ruas pintadas com a cor violeta.

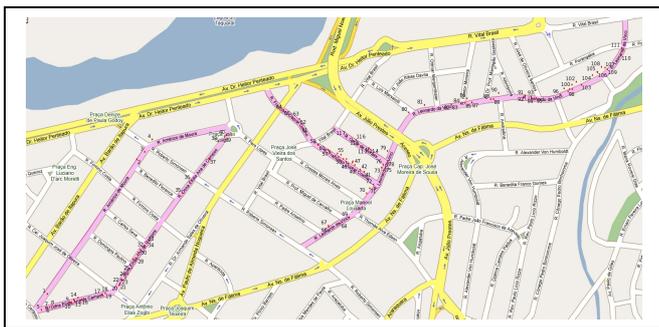


Figura 10 – Região do Bairro Taquaral - Região da instalação do teste piloto

A figura 11, mostra, a título de exemplo, o caso da instalação em uma residência na Rua Francisco Duprat Coelho, onde aparecem, o medidor monofásico NANSEN Spectrum MAR, o Dispositivo de Comunicação (lado direito da figura) e o Sensor de abertura de tampa, no lado esquerdo da Figura 11.

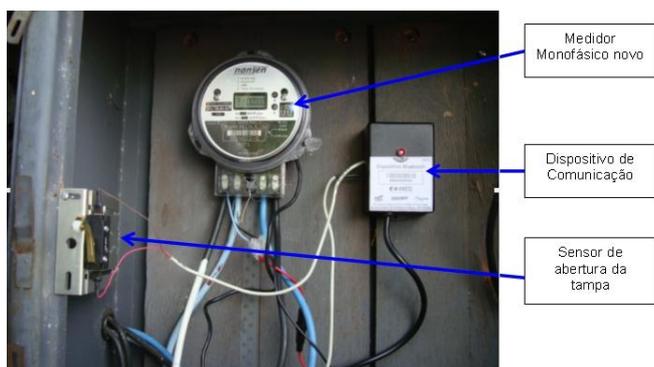


Figura 11 – Conjunto de Equipamentos instalados na Rua Francisco Duprat Coelho, Bairro Taquaral, Campinas

A validação das funcionalidades do sistema, foi realizada diretamente em campo, através da realização de leituras diárias. O processo de leituras compreende as seguintes atividades:

- Importar os arquivos disponibilizados pela concessionária contendo os dados das UC, com a identificação do Medidor correspondente, sobre o qual será realizada a leitura em campo;
- Gerar os romaneios diários para efeitos de leitura em campo, e a sua designação para cada leiturista envolvido no processo;
- Realizar, via GPRS, o procedimento de carga de cada uma das leitoras habilitadas para a coleta de dados em campo;
- Realizar as leituras em campo;
- Realizar, via GPRS, o procedimento de transferência de dados das leitoras para a base de dados do Servidor;
- Armazenar os registros adquiridos por cada leitora, correspondentes as UC/Medidor da rota/roteiro correspondente;

- Processar as leituras adquiridas dos Medidores (UC) consistindo de dados metrológicos e grandezas instantâneas;
- Exportar arquivos para a concessionária, contendo as medições com dados metrológicos, para efeitos de faturamento e com medições das grandezas instantâneas, para fins de auxílio nos processos de instalação;
- Gerar relatórios.

No período de testes, foram levantadas aproximadamente 60 leituras de cada UC de um conjunto de 117. Ou seja, um total aproximado de $117 \times 60 = 7.020$ leituras. Para cada romaneio diário, foram validadas todas as funcionalidades apresentadas acima.

Uma vez realizada a transferência de dados para o servidor, os registros de leitura adquiridos por cada leitora, foram armazenados no sistema, para efeitos de visualização, processamento dos dados adquiridos dos Medidores (metrológicos e grandezas instantâneas), exportação dos dados para a concessionária e geração de relatórios.

A Figura 12 um exemplo do processamento realizado no Servidor de Gestão de Leituras, o qual mostra os dados de consumo kWh, kVArhI (indutivo) e kVArhC (capacitivo) de uma UC monofásica durante um período de leituras diárias de 15 dias.

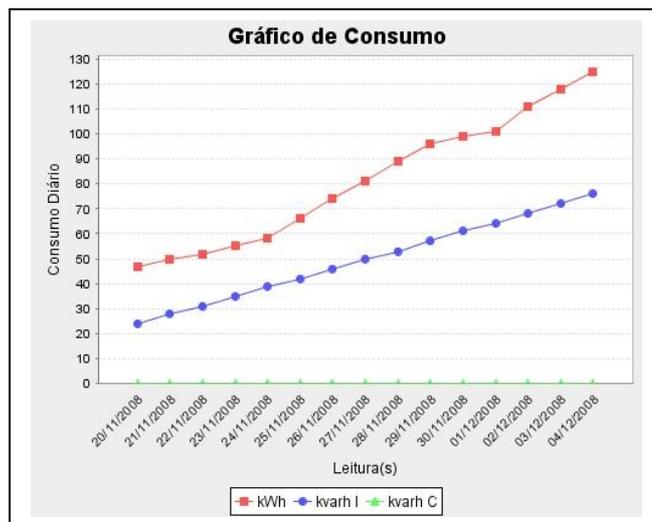


Figura 12. Consumo diário de uma UC no período de 15 dias

A Figura 12 mostra que nessa UC, existe uma componente do reativo não desprezível. Foi verificado ainda, que as UC participantes do teste piloto, todas residenciais, apresentaram um consumo reativo predominantemente indutivo.

Esse comportamento, é ilustrado pela Figura 13, a qual representa a distribuição do consumo reativo de um conjunto de 65 UC monofásicas.

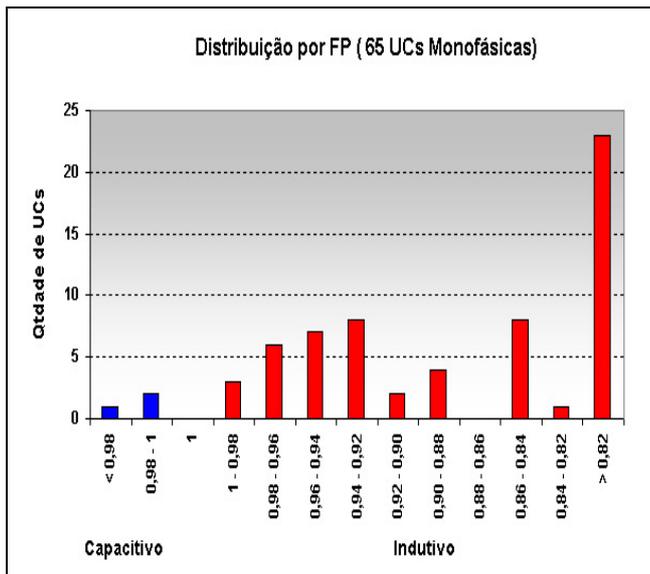


Figura 11. Distribuição por Tipo de Consumo Reativos

Diante das leituras coletadas no período de testes, foram realizadas algumas projeções iniciais para um ciclo de 30 dias de faturamento no ambiente do piloto do PD072, os quais indicam que um faturamento de energia reativa poderia gerar uma receita adicional à concessionária da ordem de 5,0%. Esse número será reavaliado futuramente, por ocasião da obtenção de um conjunto maior de leituras.

VIII. CONCLUSÕES

O Sistema de Leituras desenvolvido dentro do Programa de P&D ANEEL pelas empresas CPFL-Paulista, CPFL-Piratinga, KNBS e NANSEN faz uso das facilidades existentes nos modernos medidores eletrônicos e de tecnologias de telecomunicações para viabilizar um sistema eficiente de leitura. Este sistema permite maior transparência e segurança da informação coletada, permitindo a monitoração da qualidade da energia fornecida e a auditoria do processo de leituras e da qualidade das informações.

Foi realizado um trabalho organizado na sua concepção e minucioso em seus detalhes de segurança e de produto futuro, visando uma inovação nos procedimentos, operação e atuação de leituristas sobre o medidor.

Para se garantir a integridade e confiabilidade operacional da instalação em regime nas unidades consumidoras foram executados testes e ensaios no conjunto dispositivo de comunicação Bluetooth/Leitora. Isto permitirá sua produção em escala industrial, caracterizando-o como produto comercial num futuro próximo.

Foi realizado um teste piloto correspondendo a 150 equipamentos, sendo 60% de monofásicos, 30% de bifásicos e 10% de trifásicos. Foi feito um acompanhamento diário destes equipamentos e dos novos métodos durante o teste piloto, permitindo assim o refinamento da operação, a detecção de situações de exceção nos procedimentos e a sua consistência operacional.

O Sistema como um todo se mostrou completamente viável técnica e economicamente para implantação em concessionárias de energia elétrica nacional, possibilitando a convivência com os atuais sistemas de leitura e com custo similar ao dos atuais medidores.

O Sistema desenvolvido é uma oportunidade ao Setor Elétrico Nacional para iniciar a migração em larga escala dos tradicionais sistemas de medição eletromecânicos para os eletrônicos, consolidado pela qualidade e abrangência dos novos dados que podem ser coletados em um procedimento automatizado e auditável.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] P&D ANEEL/CPFL-Paulista, CPFL-Piratinga, KNBS, NANSEN - PD-072 Modelagem e Algoritmo de Verificação e Auditoria de Medição e Faturamento, Relatório Técnico, ano 2006-2007.
- [2] ABNT/NBR14522 - Intercâmbio de informações para sistemas de medição de energia elétrica-Padronização
- [3] Bluetooth Alliance, disponível em <http://www.bluetooth.com>
- [4] IEE802.15, disponível em <http://www.ieee.org>
- [5] NANSEN Instrumentos de Precisão, disponível em <http://www.nansen.com.br>
- [6] Leitoras Palm, disponível em <http://www.palm.com>
- [7] Resolução nº 505 da ANEEL, 26 de Novembro de 2001: Disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente.
- [8] C. A. Frões, J. R. P. Navas, A. C. V. Delgado, F. A. Diório, K. B. da Costa, A. R. Donadon, " Comunicação Bluetooth nas Leituras de Medidores de Baixa Tensão" , XVIII Seminário nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Olinda, PE, Brasil, Out. 2008.