



**XXII SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GET/16
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - XIV

**GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA
EDUCAÇÃO – GET**

**SISTEMA PARA AVALIAÇÃO E MONITORAMENTO DE BAIXO CUSTO
PARA AS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EMPRESAS**

**Marcio Americo (*)
JORDÃO ENGENHARIA**

RESUMO

Diante de ações de EE algumas dificuldades são encontradas, principalmente na avaliação e acompanhamento das medidas implementadas. Uma barreira para o monitoramento é o alto custo dos equipamentos de medição, o que reduz o interesse em monitorar o desempenho energético, principalmente depois de passado por um exaustivo processo de eficiência energética. Esse projeto torna possível a implementação de uma solução de monitoramento e verificação das medidas de eficiência energética, pois possui um pequeno investimento e fácil instalação, usando a tecnologia sem fio. Foram desenvolvidos os alicates amperímetros wireless e um software completo de Gestão de Energia integrado aos medidores.

PALAVRAS-CHAVE

Eficiência Energética, Gestão de Energia, Rede Wireless, Jordão Engenharia, UTFPR

1.0 - INTRODUÇÃO

Para que seja implementada uma rotina de acompanhamento da economia de energia oriunda de projetos de eficiência energética faz-se necessária a instalação de um sistema de medição de parâmetros elétricos. Atualmente isso é feito com um custo muito elevado, usando-se medidores convencionais, além de uma grande intervenção no sistema, por conta da passagem de cabos de energia e dados.

O produto foi baseado no desenvolvimento de um sistema de medição e monitoramento usando micro-medidores eletrônicos sem fio. Além do baixo custo de aquisição, o produto ainda apresenta uma grande facilidade de instalação, pois a medição é feita em sensores de corrente com transmissão de dados sem fio, permitindo aos usuários o uso de ferramenta simples e prática para avaliar o uso de energia elétrica em seus estabelecimentos industriais ou comerciais, bem como o seu desempenho energético na fabricação dos seus produtos.

O projeto tem aplicabilidade dentro de qualquer planta produtiva (industrial ou comercial), pois a possibilidade de equipamentos de baixo custo e a facilidade na instalação irá permitir acesso a praticamente qualquer tipo de usuário, sendo necessário apenas um computador.

Não se trata de um medidor sem fio por si só, e sim de um sistema completo de Gestão de Energia, composto por hardware e software totalmente integrados.

2.0 - OBJETIVO

O projeto teve por objetivo desenvolver uma metodologia de índices energéticos dentro de uma planta produtiva (industrial ou comercial), baseado na construção e montagem de uma medição setorial de baixo custo, além de fornecer aos diversos usuários preciosas informações sobre o fluxo interno de energia elétrica, bem como gerar e monitorar índices de uso eficiente de energia elétrica. Para isso, foi concebida uma solução de hardware e software que atendesse as seguintes premissas:

- Custo relativamente baixo.
- Implantação rápida, não intrusiva em equipamentos já instalados (tipo plug&play).
- Monitoramento de cargas fixas e lineares, com precisão aceitável.
- Avaliação estimada do consumo de energia, com precisão aceitável.
- Estabelecimento de parâmetros pragmáticos de índices de uso eficiente de energia elétrica.
- Facilidade para configuração e modularização, adaptando-se a diversos tipos de instalações industriais ou comerciais.
- Produção de relatórios e informações de fácil entendimento.
- Utilização local ou pela Internet.

3.0 - METODOLOGIA

A solução concebida tem as seguintes funcionalidades:

- Medição da corrente RMS de um equipamento e/ou circuito, com registro sequencial desta carga ao longo de períodos de tempo.
- Acompanhamento do consumo total, avaliação de consumo individual, estabelecimento de índice de uso de energia contra produtividade do equipamento (Índices Energéticos), ou número de pessoas beneficiadas ou valor de bens produzidos.
- Estabelecimento de valores máximos e mínimos dos Índices Energéticos para cada unidade medida.
- Registro histórico de valores medidos, de índices e de ocorrências de alarmes para cada equipamento de interesse.
- Configuração de relatórios amigáveis, contendo as informações desejadas, com possibilidade de publicação dos relatórios através de internet.
- Acompanhamento em tempo real dos valores de consumo e consumo específico setorial através de simbologia de fácil entendimento.
- Indicação de violação de metas ou sobrecarga com simbologia na tela principal e tela de alarme com confirmação e registro de recebimento.
- Controle de tempo de funcionamento de equipamentos, indicando proximidade do período de manutenção (Horímetro).
- Envio de e-mail para usuários registrados com os avisos de alarme.
- Tela específica com detalhamento de setor e equipamento, que deverão ser apresentados os valores medidos e as metas individuais.
- Registro histórico de valores medidos, de índices e de ocorrência de alarmes para cada equipamento de interesse.

4.0 - REDE WIRELESS COM PROTOCOLO MIWI P2P

Os benefícios das redes sem fio são custos reduzidos e uma fácil implementação. Comunicação sem fio não requer cabos e outros hardwares, não possui os custos de instalação que as comunicações cabeadas e podem ser implementadas em locais que comunicação cabeada seria difícil de utilizar, ou até impossível. Desde que a IEEE divulgou a especificação (IEEE 802.15.4™) das WPANs (*Wireless Personal Area Network*) em 2003, esta especificação se tornou padrão nas indústrias para as *low-rate* WPANs (LR-WPAN). O protocolo *wireless* Microchip MiWi™ P2P é uma variação da IEEE 802.15.4, usando o *transceiver* da Microchip MRF24J40 de 2.4 GHz e qualquer microcontrolador da Microchip de 8,16 ou 32 *bits* com interface SPI (*Serial Peripheral Interface*).

Características do transceiver:

- Possui 16 canais no espectro de 2,4GHz (usando o transceiver MRF24J40).
- Opera nas plataformas Microchip PIC18, PIC24, dsPIC33 e PIC32.
- Suporta os compiladores C18, C30 e C32 da Microchip.
- Suporta *sleeping device* depois do término da comunicação.
- Possui um escaneamento de energia em todos os canais para poder operar no canal com menos ruído.
- Suporta todas as configurações de segurança definidas no protocolo IEEE 802.15.4.
- Suporta espalhamento espectral.

O protocolo MiWi P2P suporta as topologias *peer-to-peer* e estrela, porém não possui mecanismos de roteamento. A especificação IEEE 802.15.4 define dois tipos de mecanismos de endereçamento:

- *Extended Ormizatioally Unique Idenifier* (EUI) ou *long address* – Um endereço de 8 bytes que é único para cada dispositivo.
- *Short Address* – Um endereço de 2 bytes que são criados pelo *parent* do dispositivo que se junta à rede.
- A pilha do protocolo MiWi P2P suporta apenas comunicação de *one-hop*, portanto transmite as mensagens se utilizando do endereçamento EUI. *Short Addressing* é usado apenas quando se deseja transmitir uma mensagem de broadcast. Isto é devido ao fato de que não existe um *long address* predefinido na especificação IEEE 802.15.4.

O protocolo MiWi P2P possui a vantagem de um tamanho reduzido de programa. Uma aplicação simples poderia ser gravada em um microcontrolador de apenas 4KBytes de memória de programa.

5.0 - MÓDULOS TRANSMISSORES

5.1 Módulo coordenador

Este módulo é responsável por receber os dados coletados nos módulos gerentes e enviar através da interface serial para o computador. Também é responsável por fazer as requisições de dados para os módulos gerentes.

5.2 Módulo gerente

Este módulo é o responsável por receber os dados dos módulos sensores e os transmitir para o módulo coordenador. Além disso, este módulo também possui o papel de um roteador.

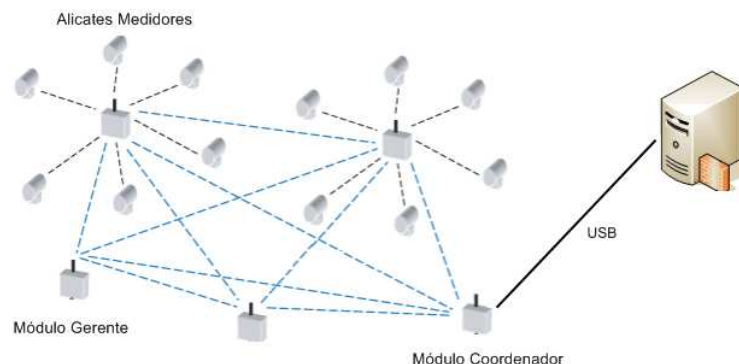


Figura 1 – Rede Wireless

6.0 - ALICATES MEDIDORES

O medidor é composto por duas partes principais: a carcaça e o circuito eletrônico. A carcaça foi confeccionada através de uma impressora de três dimensões, em ABS. O circuito eletrônico contém o elemento medidor de corrente, circuito de conversão e conectores para a transmissão dos dados para os dispositivos transmissores.

Algumas características importantes:

- O alicate suporta uma corrente máxima de 90 A.
- Para correntes mais elevadas será utilizado um transformador de corrente (TC) que reduz seu valor para níveis mais baixos.
- O sistema de medição possui uma memória não-volátil que armazena os dados por um determinado tempo em caso de perda do sinal da rede ou eventual falta de energia elétrica.
- O sistema pode ter mais que um coordenador, mas cada um terá sua área de monitoramento.
- Os dados são enviados através de um protocolo com as informações de data, hora e endereço MAC.
- Corpo em ABS abrigando placa eletrônica e núcleo de ferrite, extensão da carenagem de ABS para isolar todas as partes internas do medidor. Articulação mecânica por meio de conjunto pino-mola.
- Abertura para cabos de até 25 mm de diâmetro.
- Faixa de medição definida por calibragem. Típica 0-30 A ou 0-50 A. 256 níveis de discretização da medida de corrente.
- Conectividade I²C para comunicação permitindo a operação em rede com até 256 nós medidores. Conectores tipo SATA.
- Placa eletrônica projetada na tecnologia SMT que garante alto grau de desempenho e miniaturização.



Figura 2 – Alicates medidores em operação

7.0 - SOFTWARE

O software foi desenvolvido em plataforma Java já preparado para funcionamento WEB, sendo assim, esse sistema é executado através de um navegador de internet (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome, ...).

O banco de dados utilizado foi o MySql, um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), que utiliza a linguagem SQL. Sua principal vantagem é que sua utilização é gratuita, não sendo necessária a contratação de licenças para sua utilização.

O sistema faz um acompanhamento do consumo e produção de uma empresa, sendo possível a sua divisão em setores, para um melhor acompanhamento. Esses dados são utilizados na criação de índices de eficiência energética, como metas de consumo e consumo específico, variável que apresenta uma relação entre o consumo de energia e a produção do local.

Também é monitorado o tempo de funcionamento dos equipamentos, possibilitando uma melhor escolha da data de manutenção de equipamentos como motores, que apresentam intervalos de tempo definidos para manutenção.

Todas as variáveis monitoradas podem gerar alarmes de violação e proximidade de violação (faixa de alerta), definida em valores percentuais em relação as metas. Esses alarmes serão apresentados na tela em forma de *pop-up*, e registrados no banco de dados. Serão registradas as informações dos alarmes, como tipo de alarme, valor registrado, local do alarme, equipamento que gerou o alarme e também quem recebeu e confirmou esse alarme.

Na tela inicial do sistema são apresentados medidores de consumo e consumo específico dos setores escolhidos pelo usuário. Essa escolha é feita através de uma lista de setores cadastrada na tela principal do sistema. Além das funcionalidades básicas, na tela inicial ainda existe uma lista com os últimos alarmes registrados pelo sistema.

Outra funcionalidade do sistema é a emissão de contas de energia dos setores ou da empresa. Essas contas podem ser emitidas a qualquer momento e para qualquer mês com registro de medições. Além disso, essas contas são geradas automaticamente ao final de cada mês com as informações de consumo do mês e enviadas aos responsáveis pela empresa e setores.



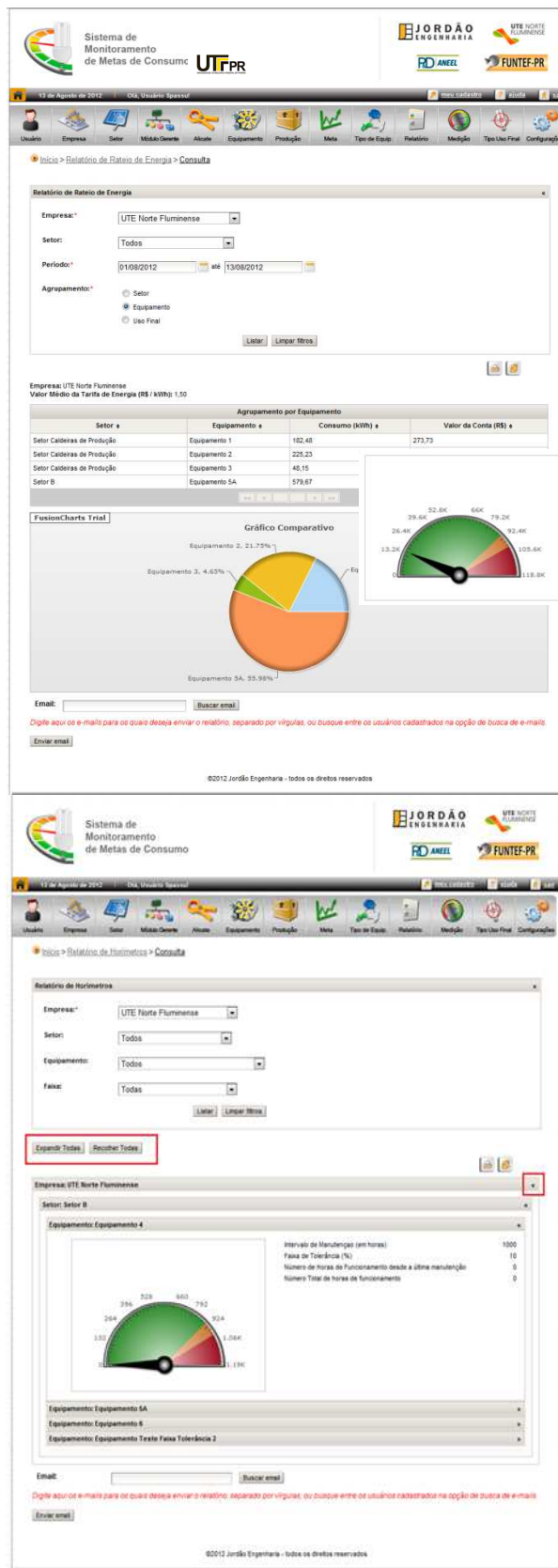


Figura 3 – Telas do Software

8.0 - INSTALAÇÃO EM PLANTA PILOTO

O sistema teste foi instalado na planta de geração da UTE Norte Fluminense em Macaé-RJ. Foram instalados um total de 17 alicates medidores e 7 módulos gerentes e 1 módulo coordenador.

As informações enviadas pelos alicates são processadas pelo sistema, gerando os relatórios e valores de consumo dos equipamentos e setores monitorados.



Figura 4 – Módulos Gerentes



Figura 5 – Alicates instalados

9.0 - CONCLUSÃO

O monitoramento e medição da corrente elétrica são considerados aspectos fundamentais relacionados à eficiência energética, desempenho operacional e conservação de recursos. Tradicionalmente os sistemas de monitoramento existentes apresentam dois grandes inconvenientes, que torna o seu uso restrito a grandes empreendimentos:

- Alto custo dos equipamentos de medição e de instalação.
- Grande intervenção na planta industrial para a instalação da fiação de envio de dados.

Neste sentido, o projeto desenvolveu um sistema de aquisição de dados aplicado ao monitoramento de grandezas elétricas em plantas de geração, processamento ou consumo de energia elétrica, sejam comerciais ou industriais. O grande diferencial desse projeto em relação aos sistemas tradicionais é justamente a eliminação desses dois inconvenientes (alto custo e instalação complexa), pois os equipamentos são de baixo custo e a transmissão de dados sem fio, com o uso da tecnologia MiWi.

Um software dedicado emite relatórios pertinentes ao estado de operação do sistema, bem como registra os eventos pertinentes à análise da eficiência energética da planta monitorada. Em tempo real são observados os valores de consumo e consumo específico de cada setor da planta em questão, cada um deles contendo uma meta pré-cadastrada. Caso essa meta seja ultrapassada, o software emite alertas visuais e por e-mail para usuários cadastrados. Uma análise individual por equipamento informa dados sobre sobrecarga e tempo de funcionamento dos equipamentos (horímetro), informando o tempo para a manutenção de equipamentos quando existir. Caso algum equipamento se encontre operando em sobrecarga ou o tempo de manutenção estiver próximo são emitidos alertas visuais e por e-mail para usuários cadastrados.

10.0 - AGRADECIMENTOS

Esse projeto foi desenvolvido com recursos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Aneel, e patrocinado

pela empresa UTE Norte Fluminense.

11.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Americo, Marcio e outros autores. Eficiência Energética Industrial: Uma Vantagem Competitiva - O Caso Multibrás Artigo publicado no XVI SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - Campinas – 2001
- (2) Metodologia Cepel de Índices Energéticos Relatório de Diagnóstico Energético - Empresa Multibrás Cepel - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Empresa do Grupo Eletrobrás - Julho de 2000
- (3) Bucci, G.; Landi, C.; A Distributed measurement architecture for industrial applications. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on Volume 52, Issue 1, Feb. 2003 Page(s):165 - 174.
- (4) Cristaldi, L.; Ferrero, A.; Salicone, S.; A distributed system for electric power quality measurement Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2001. IMTC 2001. Proceedings of the 18th IEEE Volume 3, 21-23 May 2001 Page(s): 2130 - 2135 vol.3.

12.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Marcio Americo (Jordão Engenharia)
Natural do Rio de Janeiro. Ano de nascimento: 1969
Graduação: Universidade Federal Fluminense: 1992
Mestrado: Universidade Federal do Rio de Janeiro: 1996



Fernando Cardoso Castaldo (UTFPR)
Natural do Paraná. Ano de nascimento: 1969
Graduação: Universidade Federal do Paraná: 1992
Mestrado: Universidade Federal de Santa Catarina: 1994
Doutorado: Universidade Estadual de Campinas: 2005



Pierre Teixeira Rodrigues (Jordão Engenharia)
Natural do Rio de Janeiro. Ano de nascimento: 1967
Graduação: Universidade Federal Fluminense: 1994



Venilton Rodrigues de Oliveira (Jordão Engenharia)
Natural do Rio de Janeiro. Ano de nascimento: 1968
Graduação: Universidade Federal Fluminense: 1992
Mestrado: Universidade Federal Fluminense: 2009



Augusto Tietz (Jordão Engenharia)
Natural do Rio de Janeiro. Ano de nascimento: 1983
Graduação: Universidade Federal Fluminense: 2011



Marcelo Azeredo Medeiro (Jordão Engenharia)
Natural do Rio de Janeiro. Ano de nascimento: 1968
Graduação: Univercidade: 2007



Marcos Tsuyoshi Koizumi (UTFPR)
Natural do Paraná. Ano de nascimento: 1976
Graduação: Universidade Tecnológica Federal do Paraná: 2009
Mestrado: Universidade Tecnológica Federal do Paraná: 2012



Elon Cris Penteado Hara (UTFPR)
Natural do Paraná. Ano de nascimento: 1973
Graduação: Universidade Tecnológica Federal do Paraná: 2011



Tiago Rafael Volkmann Coelho (UTFPR)
Natural de Santa Catarina. Ano de nascimento: 1987
Graduação: Universidade Tecnológica Federal do Paraná: 2015 (Previsão)