



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco – Brasil

Sistemas de Gerenciamento de Energia Elétrica Apoiando Atividades de Eficiência Energética na Universidade Federal de Juiz de Fora

Victor de Castro Vasconcelos	Ângelo Rocha de Oliveira	Danilo Pereira Pinto
UFJF	FIC	UFJF
victoreletrica@hotmail.com	angelorochoaoliveira@yahoo.com.br	danilo.pinto@ufjf.edu.br
	Renato Brasil Viana Rosa	
	UFJF	
	renato.brasil@engenharia.ufjf.br	

Palavras-chave

Eficiência Energética
Gestão Energética
Monitoração

Resumo

O combate ao desperdício de energia elétrica é cada vez mais disseminado em todas as esferas da sociedade. O consumidor residencial tem se conscientizado que o gasto com energia tem se tornado uma parcela importante no orçamento mensal e a indústria se preocupa cada vez mais com a eficiência energética, pois esse insumo tem contribuído de forma significativa na formação de preço dos produtos. Consumidores comerciais e prédios públicos também têm se conscientizado de que o gasto com energia elétrica tem crescido consideravelmente. No âmbito da UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora, desenvolve-se o projeto “Brilho Consciente”, financiado pela ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras SA), que tem por objetivo a participação interativa da comunidade acadêmica nas ações de combate ao desperdício de energia, motivando-os a desenvolver outras atividades pertinentes e assegurar a implementação da Eficiência Energética na universidade. Uma das etapas do projeto foi a implantação de um sistema de gerenciamento de energia elétrica e utilidades no Campus da UFJF. O presente trabalho apresenta o projeto “Brilho Consciente”, outras ações decorrentes deste e um estudo de caso real da aplicação de um sistema de gerenciamento de energia para diagnosticar e propor soluções para instalações de energia elétrica na UFJF.

1. Introdução

Com as reformas ocorridas pelo setor elétrico brasileiro, surge a necessidade de reavaliar o consumo de energia nos vários setores da sociedade. O combate ao desperdício de energia se torna cada vez mais importante devido à escassez de recursos de geração, pelo alto custo de construção e manutenção de linhas de transmissão e pelos impactos ambientais causados. Assim, a implantação de sistemas de medição para gerenciar e controlar as instalações elétricas pode, efetivamente, ajudar na tomada de decisões nos programas de combate ao desperdício de energia e gerenciamento pelo lado da demanda.

Como o estudo da aplicação de sistemas de monitoramento/gerenciamento da rede elétrica será realizado no Campus da UFJF, torna-se necessário conhecer suas características e particularidades.

A conta de energia do campus é obtida a partir de medição única, feita pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e fica localizada na entrada da Subestação Principal, sendo realizada em média tensão (23 kV). O modelo tarifário é a tarifa horo-sazonal azul, com consumo e demanda cobrados de forma diferenciada em horário de ponta e fora de ponta. Atualmente, a demanda contatada pelo UFJF é de 1100 kW no horário de ponta e 1400 kW no horário fora de ponta.

Em 2004, a UFJF firmou um convênio com a ELETROBRÁS 1, visando o apoio financeiro para o desenvolvimento de ações para o combate ao desperdício de energia. Uma das ações era o projeto “Brilho Consciente”. As ações gerais previstas neste projeto visam inserir atividades de Eficiência Energética através da participação interativa da comunidade da UFJF. Este projeto visa assegurar a implementação da Eficiência Energética no campus da UFJF e motivar a comunidade a desenvolver outras atividades pertinentes. Com isso, foi realizada uma campanha de motivação à participação através do site do projeto 2. Como objetivos deste projeto, destacam-se: combater o desperdício de energia, desenvolver o senso de responsabilidade pelo setor público, aprimorar a gestão de recursos, consolidar os processos participativos da comunidade, dentre outros.

As etapas deste projeto são:

- realizar uma pesquisa de opinião, com a finalidade de verificar o que motiva a participação comunitária, o grau de comprometimento com os recursos públicos e o grau de informação sobre o combate ao desperdício de energia da população acadêmica;
- implantar um sistema de gerenciamento de energia elétrica;
- coletar dados referentes ao Campus da UFJF, população (alunos, professores e funcionários), horário de funcionamento, público atendido, ambientes de cada unidade, número de funcionários dos serviços terceirizados etc;
- divulgar o programa de participação comunitária, incentivando a participação de todos os segmentos da UFJF;
- analisar ações propostas, verificando a viabilidade técnica e econômica;
- implementar ações selecionadas, registrando todas as alterações realizadas;
- avaliar e divulgar os resultados.

2. Sistemas de Gerenciamento de Energia Elétrica

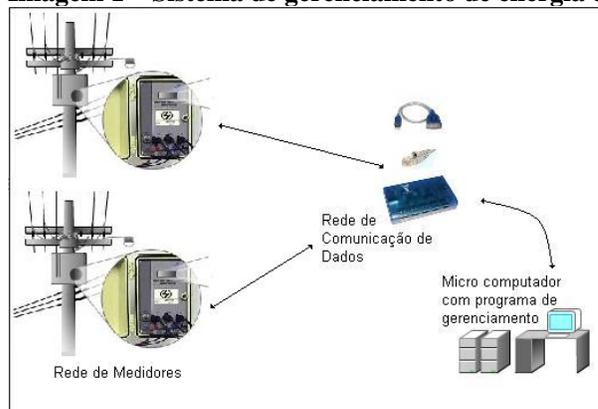
Sistemas de gerenciamento de energia têm como objetivos avaliar perdas na rede elétrica, analisar os pontos de estrangulamento, controlar demanda, verificar o comportamento do sistema, visualizar a confiabilidade e a qualidade da energia, dentre outros. Isto se torna possível, através da análise dos diversos parâmetros, tais como: tensão, corrente, fator de potência, frequência, potência ativa, potência reativa, demandas nos horários de ponta e fora da ponta etc.

A gerência de sistemas elétricos pode ser dividida em três partes:

- 1 equipamentos para coleta de dados e acionamento de cargas colocadas nos pontos de interesse;
- 2 uma ferramenta virtual (microcomputador como memória auxiliar para armazenamento de dados e software de análise) que transforma os dados obtidos em informação para a tomada de decisões;
- 3 sistema de comunicação entre o software e os equipamentos instalados no campo.

A Imagem 1 mostra as três partes fundamentais de um sistema de gerenciamento de energia elétrica.

Imagem 1 – Sistema de gerenciamento de energia elétrica simplificado



Para realizar o gerenciamento dos recursos energéticos de uma determinada instalação, é fundamental ter à disposição informações confiáveis, baseadas em dados coletados em tempo real e também dados históricos, enriquecidos por relatórios analíticos e gráficos, que facultem o perfeito acompanhamento das condições técnicas e econômicas das instalações em estudo 3.

A coleta desses dados dá suporte a uma visão sistêmica de uma rede elétrica, servindo como base para o projeto de combate ao desperdício de energia, tendo como objetivo principal reduzir perdas elétricas e financeiras motivadas, especialmente, por:

- Cultura do desperdício de energia;
- Sobrecarga nos transformadores e cabos de energia da rede;
- Dimensionamento inadequado de fontes consumidoras de energia (iluminação, motores, fornos etc);
- Descontrole nas medições dos insumos energéticos;
- Inexatidão das contas de energia;
- Penalidades por contratos de energia mal elaborados (demandas mal elaboradas e tarifas inadequadas);
- Penalidades por fator de potência inadequado;

Além disso, a ferramenta de análise de dados (software) deve possuir as seguintes funções:

- Realizar o rateio de contas por unidades medidas;
- Monitorar *on-line* os parâmetros elétricos (tensão, corrente, potências, fator de potência etc.) de cada ponto;
- Emitir relatórios de eventos como falta de energia e ultrapassagem de demanda;
- Controlar a demanda automaticamente, desligando cargas do sistema em horários críticos;
- Controlar o fator de potência da instalação através de bancos de capacitores com controle automático de chaveamento.

3. O Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica da UFJF

Com o objetivo de implantar ações de combate ao desperdício de energia, considerando a diversidade dos vários setores, da comunidade acadêmica e da localização das subestações (SE) na universidade. O campus foi dividido em oito ilhas, que são:

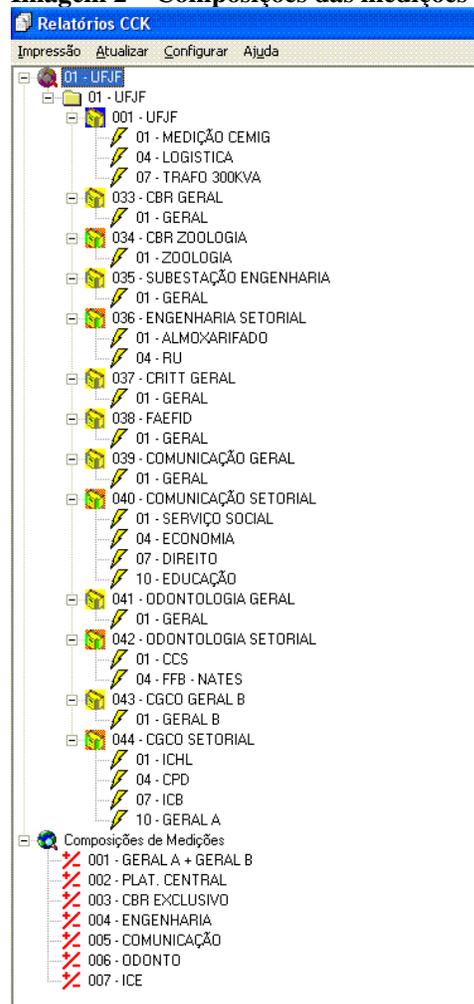
- 1 Geral CEMIG;
- 2 CGCO (Centro de Gestão do Conhecimento Organizacional);
- 3 Faculdade de Engenharia;
- 4 CBR (Centro de Biologia e Reprodução);
- 5 FAEFID (Faculdade de Educação Física e Desportos);
- 6 Faculdade de Odontologia;

7 FACOM (Faculdade de Comunicação);

8 CRITT (Centro Regional de Inovação e Transferência de Tecnologia).

O sistema de gerenciamento de energia elétrica é constituído de 28 Centros de Custo como visto na Imagem 2. A finalidade dessa divisão é um maior controle sobre cada setor do campus de acordo com a topologia da rede elétrica da UFJF. Na Imagem 2 pode-se ainda observar que, além das medições feitas a partir de equipamentos instalados nos alimentadores, é possível também configurar medições virtuais, que são medições feitas a partir de composições de medidores reais, fornecendo mais informações para análise.

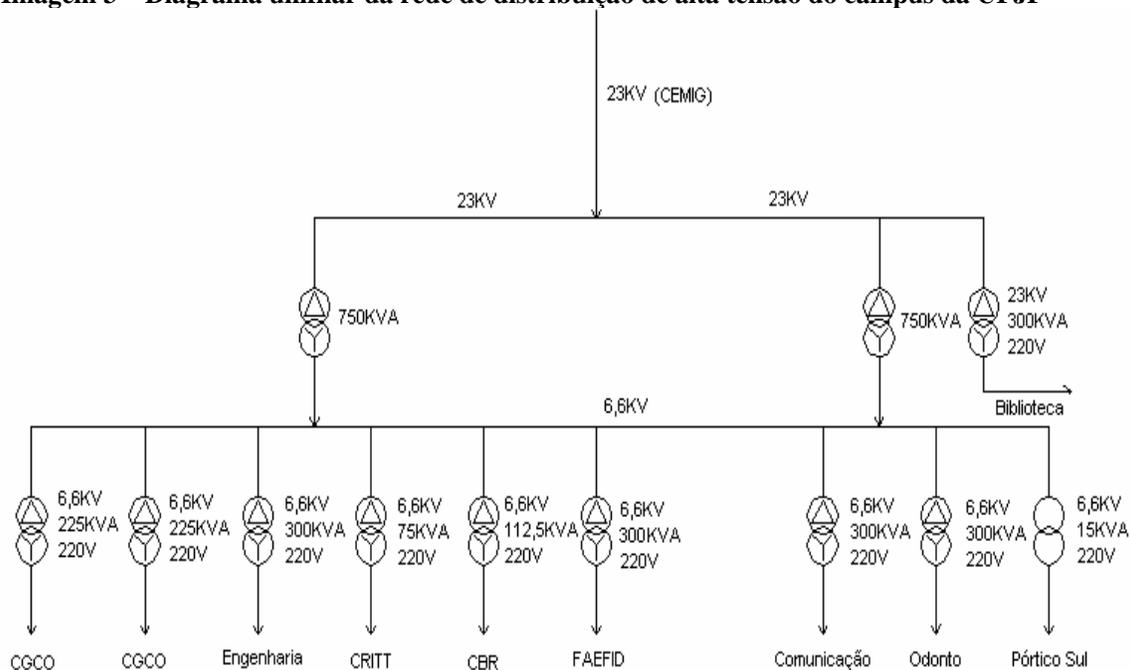
Imagem 2 – Composições das medições



O sistema foi projetado para monitorar e gerenciar o uso da energia elétrica em todas as faculdades e institutos, integrados através de rede TCP/IP da universidade. O sistema registra o histórico de consumo de cada ponto monitorado.

Uma visão sistêmica da rede elétrica do campus da UFJF é mostrada na Imagem 3. Pela imagem observa-se que uma rede de distribuição de 6,6kV leva energia a todas as SE da universidade, sendo que os dois transformadores de 750kVA e o transformador de 300kVA - o qual fornece energia para o prédio da reitoria - ficam na SE principal.

Imagem 3 – Diagrama unifilar da rede de distribuição de alta tensão do campus da UFJF



A grande vantagem de sistemas de medição distribuída é o fato das análises poderem ser feitas de forma setorial. Assim, ações de combate ao desperdício de energia podem ser tomadas tendo como suporte as particularidades de cada unidade de uma organização 4.

A descrição e especificação desse sistema de monitoramento e gerenciamento serão mostradas a seguir. Essa especificação é baseada, em sua maior parte, na licitação realizada pela equipe técnica, com os requisitos mínimos a serem atendidos e também no estudo do sistema implantado, conforme os convênios ECV 201/2006 e ECV 224/2006 descrito em 5, com o objetivo de suprir a necessidade de conhecer melhor a rede elétrica da universidade, a fim de que ações de combate ao desperdício de energia sejam realizadas.

De acordo com a licitação realizada, o sistema deveria atender principalmente às seguintes finalidades:

- Gerenciamento de demanda e monitoramento do consumo de energia elétrica;
- Medição de energia elétrica por Centros de Custo (28) e global, com emissão das respectivas contas;
- Verificação dos índices de qualidade de energia por Centro de Custo e total;
- Controle de Fator de Potência;
- Análise qualitativa da energia fornecida aos usuários da UFJF.

O sistema é composto por unidades de medição dotadas de transdutores e um concentrador de dados, que estão instaladas nas SE. Os transdutores são alimentados por dados analógicos fornecidos pelos transformadores de corrente (TC) e transformadores de potencial (TP), fornecidos, montados e ligados pela empresa responsável pela implantação do sistema.

Estas unidades de medição são interligadas através de cabos tipo par trançado blindado e fibra ótica aos concentradores de dados, que por sua vez se comunicam com o gerenciador de demanda através da rede *Ethernet* da UFJF. A comunicação de dados é feita através de protocolo TCP/IP.

Para o serviço de controle de demanda (entrada e saída de cargas) e correção de fator de potência já estão instalados módulos de acionamento de cargas, também conectados à rede *Ethernet* da universidade. Estes módulos serão configurados e utilizados na próxima fase do projeto. O sistema implantado na UFJF é semelhante ao descrito em 6, mas com mais detalhamento, uma vez que em 6 somente há medição de concessionária.

4. Estudo de Caso

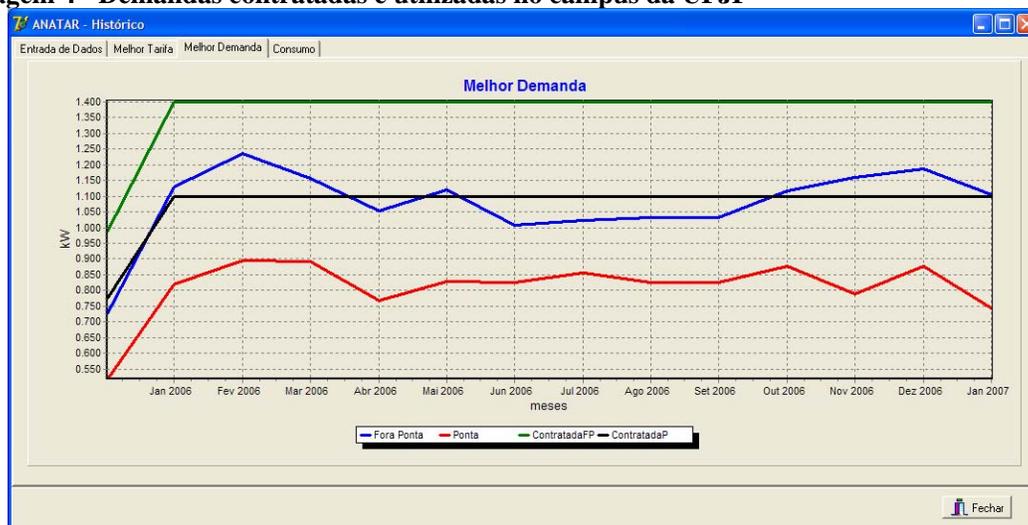
A partir da implementação do sistema de monitoramento de energia, foram sendo identificados problemas no sistema da UFJF e foram sendo propostas soluções. Os principais problemas são discutidos a seguir.

4.1 Problema de Ultrapassagem de Demanda

Em janeiro do ano de 2006, a UFJF passou por vários “apagões”. Houve interrupção no fornecimento de energia elétrica várias vezes ao dia e em diversos dias, o que causava grandes transtornos. Foi detectado que o relé da concessionária CEMIG estava tirando a alimentação da SE Principal. O sistema de gerenciamento de energia mostrou o problema ao indicar ultrapassagem de demanda. Quando os valores de demanda foram comparados com as regulagens do relé, observou-se que os limites foram ultrapassados. Estes fatos ocorreram em dias de elevada temperatura ambiental, o que levou uma grande parcela da Universidade a ligar os condicionadores de ar e outras cargas, aumentando drasticamente a demanda.

A fim de solucionar o problema, o contrato de demanda com a concessionária foi alterado. Por meio de um acordo feito entre a UFJF e CEMIG, a demanda contratada passou de 770kW para 1100kW no horário de ponta e de 980kW para 1400kW fora de ponta, o que livrou a UFJF de multa por ultrapassagem de demanda no mês de janeiro de 2006. A Imagem 4 foi extraída do software de Análise Tarifária - ANATAR 2.0, desenvolvido no Laboratório de Eficiência Energética (LEENER) da UFJF, criado para analisar os dados obtidos pela medição, que está na sua segunda versão. Sendo esta demanda contratada muito elevada em relação às necessidades do campus, observa-se um fator de carga baixo, o que mostra que a energia não está sendo utilizada de forma racional na UFJF 7.

Imagem 4 - Demandas contratadas e utilizadas no campus da UFJF



Porém, a alteração foi muito acima do necessário e economia gerada em janeiro foi revertida em prejuízo nos meses subsequentes, como pode ser observado na Tabela 1, que mostra o valor em reais das faturas, acumulado nos períodos de janeiro de 2006 a dezembro de 2006 e janeiro de 2007 a dezembro de 2007. A Tabela 1 mostra três situações: a primeira, com a decisão tomada a fim de resolver o problema emergencial ocorrido em janeiro de 2006; a segunda, se a decisão tomada fosse a recontração sendo feita da seguinte maneira: demanda contratada para o período fora de ponta sendo modificada para 1200kW e demanda para o horário de ponta para 900kW. A terceira com a recontração da demanda nos mesmos moldes da segunda opção, mas com a diferença da alteração da

tarifa vigente (horo-sazonal azul) para a tarifa horo-sazonal verde. Poder ser observado que se fosse tomada a terceira decisão, o valor economizado seria de **R\$ 795.627,64** no período analisado.

Tabela 1- Comparação da decisão de aumento do contrato de demanda da UFJF em relação a outras duas opções

	Decisão	Valor acumulado (R\$)		
		01/2006 a 12/2006	01/2007 a 12/2007	Total
I	Alterar demanda contratada para: 1400 kW (HFP) 1100 kW (HP)	1.905.703,98	2.051.146,65	3.956.850,63
II	Alterar demanda contratada para: 1200 kW (HFP) 900 kW (HP)	1.727.811,01	1.864.170,73	3.591.981,74
III	Alterar demanda contratada para: 1200 kW (HFP) 900 kW (HP), e alteração para THS Verde*	1.571.020,54	1.590.202,45	3.161.222,99
	I – II	177.892,97	186.975,92	364.868,89
	I – III	334.683,44	460.944,20	795.627,64

* Para os cálculos da tarifa Verde foram adotados os seguintes critérios: tarifa de demanda igual à tarifa de demanda fora da ponta da THS Azul, tarifa de consumo fora da ponta igual ao da THS Azul, e a tarifa do consumo na ponta igual ao da THS Azul multiplicado por uma constante (4,2074).

4.2 Deslocamento de Carga para Redução do Contrato de Demanda e Implementação de Centros de Custo

Estudos estão sendo feitos para viabilizar esse deslocamento de carga. Juntamente com o deslocamento de carga existe a idéia da implantação de metas de redução para os centros de custos, representados pelas faculdades. A intenção é que seja estimulado o combate ao desperdício de energia em cada um dos centros de custo através de campanhas educativas, palestras e premiações, estimulado a recuperação da economia gerada.

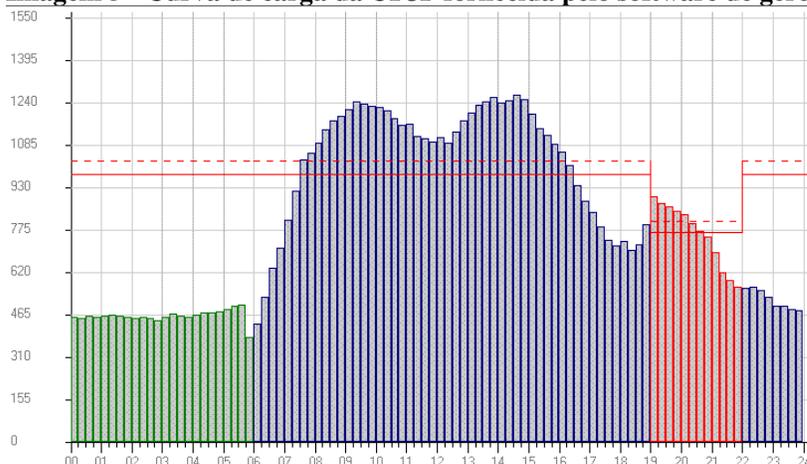
Com esse tipo de sistema é possível realizar ainda o rateio da conta geral por setores. Cada setor tem a sua contribuição de consumo contabilizada por esse sistema. Desta forma, fica mais fácil saber quais setores de uma organização possuem o maior potencial de redução do consumo. O grande desafio dessa divisão de contas é definir a demanda máxima de cada setor para não extrapolar a demanda contratada geral prevista em contrato.

Após traçar o perfil de carga de cada centro de custo, pode-se avaliar a possibilidade de uma realocação de horário de funcionamento/produção, o que pode levar a alteração no contrato de demanda da UFJF com a CEMIG. É importante ressaltar que essa ação não combate diretamente o desperdício de energia, mas disponibiliza recursos financeiros para que outras ações possam ser implementadas, além de preservar os recursos de geração das concessionárias de energia.

A Imagem 5 foi extraída do sistema de gerenciamento de energia da UFJF, em um dia típico, e é um exemplo de como ferramentas de gerenciamento podem ajudar na visualização desse perfil diário dos consumidores. De posse dessas análises, pode-se realocar uma determinada carga, de modo a diminuir a necessidade de contratação de uma demanda elevada devido aos picos de demandas. Portanto, as demandas máximas podem ser minimizadas com esse recurso. Observando a Imagem 5, vê-se que a linha vermelha contínua mostra o valor do contrato de demanda na ponta e fora da ponta. A linha vermelha tracejada indica a tolerância de 10%, permitida pela legislação vigente 8. O objetivo

principal é manter a curva de carga abaixo da linha contínua sem diminuir o consumo, realocando as cargas ao longo do dia.

Imagem 5 - Curva de carga da UFJF fornecida pelo software de gerenciamento



4.3 Análise Tarifária / Identificação dos Pontos Potenciais de Redução de Consumo

A análise tarifária não combate diretamente o desperdício de energia. Entretanto, gera recursos que subsidiam ações de eficiência energética dentro de uma instalação.

Com o software de análise tarifária apresentado, pode-se, a partir dos dados coletados e das tarifas configuradas, mostrar ao usuário qual a melhor modalidade tarifária para a instalação em estudo, reduzindo o valor da fatura de energia elétrica.

De posse de uma ferramenta de gerenciamento, o profissional tem uma maior visão sobre qual a área tem o maior potencial combate ao desperdício de energia, podendo, com facilidade, construir a matriz energética e identificar o uso final que mais vale a pena ser trabalhado. Além disso, é interessante para o consumidor atingir as áreas de maior desperdício primeiro para reduzir o valor da conta de energia mais rapidamente.

Verificou-se também, que a melhor modalidade tarifária, de acordo com a aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, é a tarifação horo-sazonal verde, ao invés da atual tarifa azul vigente, conforme resultado das últimas 24 faturas de energia do campus, utilizando também o software ANATAR 2.0, como visto na Imagem 6, correspondente ao ano de 2007.

Como visto, pequenas revisões tarifárias gerariam uma economia substancial na conta de energia do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Imagem 6 - Análise tarifária do Campus da UFJF



5. Conclusões

Um programa de combate ao desperdício de energia deve ter como base um levantamento de dados bastante detalhado para que as análises e propostas de ações possam ser eficientes. Assim, o uso de sistemas de gerenciamento e equipamentos de medição torna-se necessário na medida que dispõem de diversas funcionalidades que detectam problemas em uma instalação e dão base a implementações de ações de eficiência energética. Estes sistemas auxiliam os profissionais na tomada de decisões.

No entanto, apenas as análises realizadas por esses sistemas não são suficientes. O profissional deve saber como fazer o melhor uso das informações geradas e, tomando-as como base, saber qual a implementação a ser realizada de modo a minimizar o desperdício de energia e o tempo de retorno dos investimentos empregados.

É importante destacar que caso as edificações do consumidor sejam aglutinadas, deve-se avaliar qual a opção que apresenta maiores benefícios: instalar sistemas de gerenciamento com único ponto de fornecimento de energia ou ter vários pontos de entrega de energia.

A medição distribuída ou sistema de gerenciamento, em alguns casos, poderá fornecer resultados insuficientes para o conhecimento de determinada característica da carga. Portanto, para definir ações de combate ao desperdício de energia, a medição pontual deve ser associada para se obter resultados mais precisos. Por fim, vale a pena observar que o Brasil poderia economizar cerca de US\$ 2,5 bilhões por ano se usasse todo seu potencial de eficiência energética, afirma um estudo do BIRD (Banco Mundial) 10.

No âmbito do campus da universidade, após o levantamento desses dados, algumas mudanças já estavam em estudo e outras já estão sendo implementadas, dentre elas: a alteração da tarifa horo-sazonal azul para a horo-sazonal verde; a redução na demanda contratada devido a medidas de efficientização no Campus (Projeto CEMIG, Projeto ELETROBRÁS), apesar de crescimento esperado devido a novas cargas (aumento do número de professores, funcionários e alunos), além do aumento do número de cursos e vagas. Além disso, uma decisão administrativa é que tanto novas instalações a serem construídas quanto manutenção serão concebidas e implementadas com os conceitos de eficiência energética. Por exemplo, a UFJF adquire reatores eletrônicos e lâmpadas de 32W.

No mais, outras ações político-administrativas estão sendo tomadas (pensadas), mas ainda não foram implementadas (aprovadas) pelos órgãos competentes.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao PROCEL/Eletróbras, que através dos Convênios ECV 201/2006 e ECV 224/2006 5 que viabilizaram a modernização do LEENER e apóiam às atividades de formação, desenvolvimento e transferência de tecnologia; à UFJF pelo apoio ao desenvolvimento de trabalhos nesta área.

7. Referências

- 1 ELETROBRÁS. Acesso em 20/02/2008. Disponível em: <http://www.eletrabras.gov.br>.
- 2 CAMPANHA “BRILHO CONSCIENTE”. Acesso em 22/02/2008. Disponível em <http://www.brilhoconsciente.ufjf.br>.
- 3 CCK AUTOMAÇÃO. Acesso em 03/09/2007. Disponível em: <http://www.cck.com.br>.
- 4 OLIVEIRA, M. A. G. & OLIVEIRA, L. S., Gestão do Consumo de Energia Elétrica no Campus da UNB, II CBEE, Vitória, ES, 2007.
- 5 UFJF / ELETROBRÁS, Convênios ECV 201/2006 e ECV 224/2006. Cooperação Técnico-Financeira para Ampliação e Modernização do Laboratório de Eficiência Energética.
- 6 OLIVEIRA, M. A. G. & OLIVEIRA, L. S., Gestão do Consumo de Energia Elétrica no Campus da UNB, II CBEE, Vitória, ES, 2007.

- 7 FILHO, João Mamede. Instalações Elétricas Industriais. Rio de Janeiro, Ed. LTC, 6ª edição, p. 19-24.
- 8 RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL nº. 456, de 29 de novembro de 2000. Acesso em 02/02/2008. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf>.
- 9 LOPES, Juarez Castrillon. Manual de Tarifação da Energia Elétrica. Procel/ELETROBRAS. Julho de 2002.
- 10 PROCEL INFO. Acesso em 15/12/2007. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp>.