



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GCE 23
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XIV

GRUPO DE ESTUDO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA – GCE

AValiação DE PROCESSOS PRODUTIVOS EM Ações PELO LADO DA DEMANDA – SIADAGE

Fábio Luís da Silva Santos*
José Wagner Maciel Kaehler

Marlon Mendes Minussi
Cícero Zanoni

Marcos Vinicius G. Ibias
Zuleika Wichrowski Gautério

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
GRUPO DE PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS ENERGÉTICOS**

RESUMO

As empresas concessionárias dos serviços públicos de distribuição de energia elétrica brasileiras, dentro das suas áreas de concessão, desenvolvem programas de promoção do uso racional e eficiente de energia elétrica. Porém, muitas delas, não possuem informações suficientes, a respeito desses programas, para executar ações de gestão pelo lado da demanda (GLD) que se reflitam como ganhos no planejamento da distribuição. É neste contexto que desenvolveu-se o Sistema de Apoio à Decisão em Gestão de Energia, uma software para subsidiar a criação e análise dos resultados de programas de eficiência energética.

PALAVRAS-CHAVE

Conservação de Energia, GLD, Eficiência Energética.

1.0 - INTRODUÇÃO

Antes do primeiro choque do petróleo, a maior parte dos países, e principalmente os industrializados, buscavam a melhor maneira de abastecer sua indústria em pleno crescimento, e satisfazer uma demanda final cada vez mais voraz. Não é possível identificar medidas de caráter regulamentar ou financeiro assumidas antes de 1973 visando racionalizar o consumo energético [1].

Até então a ênfase era suprir a demanda sem levar em conta nenhum tipo de melhoria que poderia ser alcançada por intermédio de ações de eficiência do consumo. Mas, finalmente compreendeu-se que não levar em conta o lado da demanda implicava em desperdício e perda da sustentabilidade econômica, surgindo assim o “O Planejamento Integrado de Recursos” (PIR) que objetiva suprir a necessidade de energia da população do modo mais barato e com menor impacto possível sobre o meio ambiente.

Assim, o PIR é o processo pelo qual são solidamente planejadas, implantadas, e avaliadas conjuntamente alternativas de Gerenciamento pelo Lado da Oferta (GLO), e de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD), para provisão dos serviços energéticos com custos que equilibram os interesses dos grupos que são afetados pelo processo de planejamento da concessionária [2]. É neste contexto que o SIADAGE se insere, mais especificamente com vistas ao planejamento de ações de GLD, como uma ferramenta computacional.

O sistema é resultado do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), intitulado Gestão de Energia em Programas Anuais de Eficiência Energética e Promoção do Uso Racional de Energia, desenvolvido pelo Grupo de Planejamento Integrado de Recursos Energéticos (GPIRE) que faz parte do Grupo de Pesquisa em Gestão de Energia (GPGE) da PUCRS. O P&D foi financiado pela AES Sul – empresa concessionária de distribuição de energia elétrica que atende 118 municípios das regiões metropolitana e centro-oeste do Estado do Rio Grande do Sul.

2.0 - SIADAGE

O SIADAGE, como mencionado, é um sistema de apoio à decisão que subsidia a criação e seleção de ações de GLD para os clientes da concessionária. O sistema foi desenvolvido com o auxílio da ferramenta de desenvolvimento de *software Visual Basic* na versão 6. Como repositório de dados foi utilizado a *Oracle* na versão 10g. Os diversos dados e informações, comerciais e técnicas, foram fornecidos pela concessionária em diversos formatos, em função disso foi necessário a criação de uma nova estrutura de dados, agora normalizada.

2.1 Informações Geográficas e Técnicas da Rede Elétrica

Com base nas informações do banco de dados do Sistema de Informações Geográficas (GIS – do inglês *Geographic Information System*) dos elementos que compõem a malha elétrica da concessionária foi possível desenvolver, com o auxílio da ferramenta gráfica *MapObjects*, um mapa parcial do sistema de distribuição da concessionária que contempla as Subestações, os Alimentadores e os Transformadores de Potência. O GIS também disponibiliza informações técnicas de cada um dos elementos, também foi possível identificar a área de abrangência de cada um dos elementos da rede o que facilita.

Com base nas informações comerciais – contidas em outro sistema de banco de dados da concessionária – é possível vincular cada cliente o seu respectivo Alimentador. De posse das informações do GIS, pode-se vincular os Alimentadores aos seus respectivos Transformadores de Subestação e, por fim os estes às respectivas Subestações. Caracteriza-se assim uma árvore hierárquica que pode ser representada de forma semelhante aos programas de gerenciamento de arquivos como, por exemplo, o Windows Explorer, a Figura 1 ilustra a tela principal do sistema.

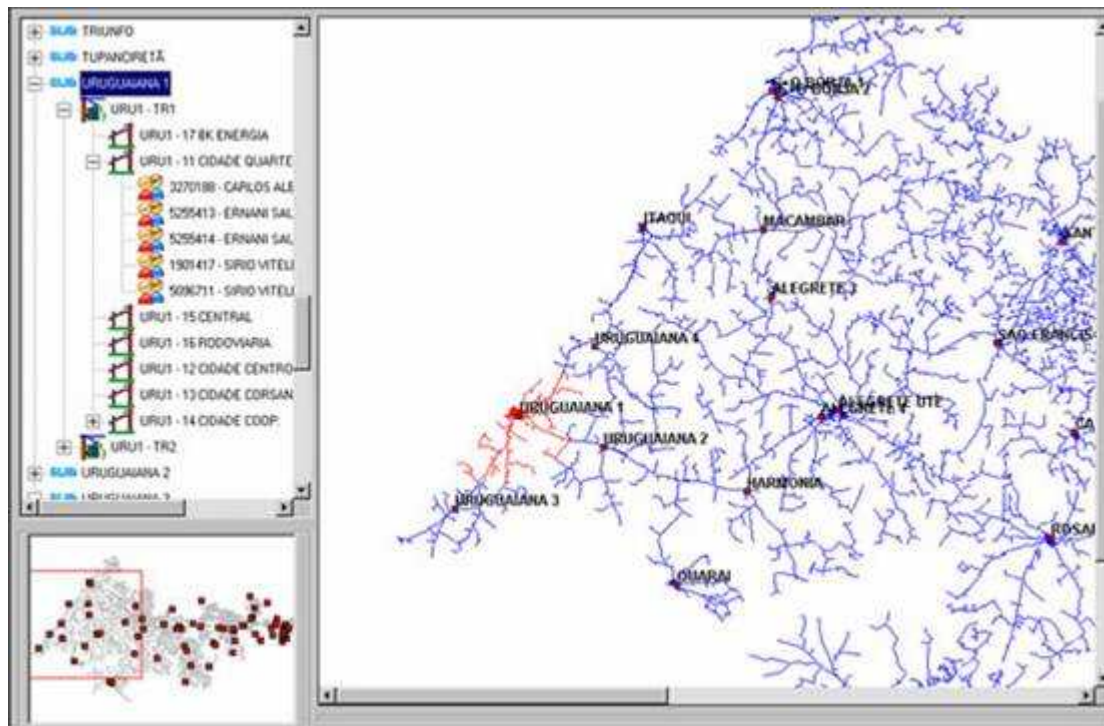


FIGURA 1 – Representação do Sistema Elétrico e Árvore Hierárquica.

Em função do elevado número de clientes vinculados a cada um dos alimentadores é possível construir a árvore hierárquica de forma dinâmica, isto é, pode-se fazer uma seleção, para que apareçam apenas os clientes de maior relevância no momento do estudo. Foram utilizados como parâmetros para filtro: classe de consumo e a tensão de fornecimento.

2.2 Definição do Cenário Produtivo

Os clientes da concessionária classificam-se de acordo com o Código Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) – vigente no Brasil – portanto cada CNAE caracteriza um grupo de empresas que possuem como objetivo comum a produção de um bem ou a prestação de um serviço. Para tal valem-se de um ou um conjunto de serviços que por sua vez compõem-se de um ou mais processos. E ainda, cada um dos processos utiliza-se de um ou mais conjuntos tecnológicos que são formados por diversas tecnologias. Cada um dos conjuntos tecnológicos está relacionado a um propósito concreto para completar um processo como, por exemplo, bombear uma quantidade

determinada de água a certa altura com um fluxo requerido, isto é, a necessidade que deve ser suprida para que o processo seja completado. É importante citar ainda algumas características de alguns elementos descritos acima:

- Processos: cada processo faz uso de um energético específico que pode ser Energia Elétrica, Água, Gás Natural, Gás Liquefeito de Petróleo, Lenha, Óleo Combustível ou Óleo Diesel. O processo também se caracteriza como Direto ou Indireto;
- Conjuntos Tecnológicos: cada processo possui um Uso Final que pode ser Aquecimento Direto, Calor de Processo, Eletroquímico, Força Motriz ou Iluminação. É necessário definir o propósito concreto para completar o processo vinculado ao conjunto tecnológico em seus diversos elementos. Outra característica importante de cada conjunto tecnológico é o perfil horário de utilização;
- Tecnologias: cada equipamento, definido aqui como tecnologia, possui diversas características técnicas, como por exemplo: Descrição da tecnologia, Potência em CV, Rendimento em %, Preço em R\$, Vida Útil em Anos, etc. Sendo que cada uma dessas características possuem no mínimo um valor. O programa é capaz de definir dinamicamente cada uma das tecnologias com cada uma de suas características técnicas – por vezes distintas e por vezes comuns a outras tecnologias – e por fim define seus valores. Observa-se que quando uma característica é comum a uma ou mais tecnologias é possível reutilizá-la sem a necessidade de redefini-la.

Utilizando-se de uma interface amigável o usuário do programa pode definir para o CNAE de um cliente previamente selecionado todos os elementos acima mencionados de forma a estabelecer uma espécie de cenário produtivo para posterior análise. Como ilustra a Figura 2 a metáfora para representar a hierarquia Serviços, Processos, Conjuntos Tecnológicos e Tecnologias do CNAE é idêntica à da representação dos elementos da rede.

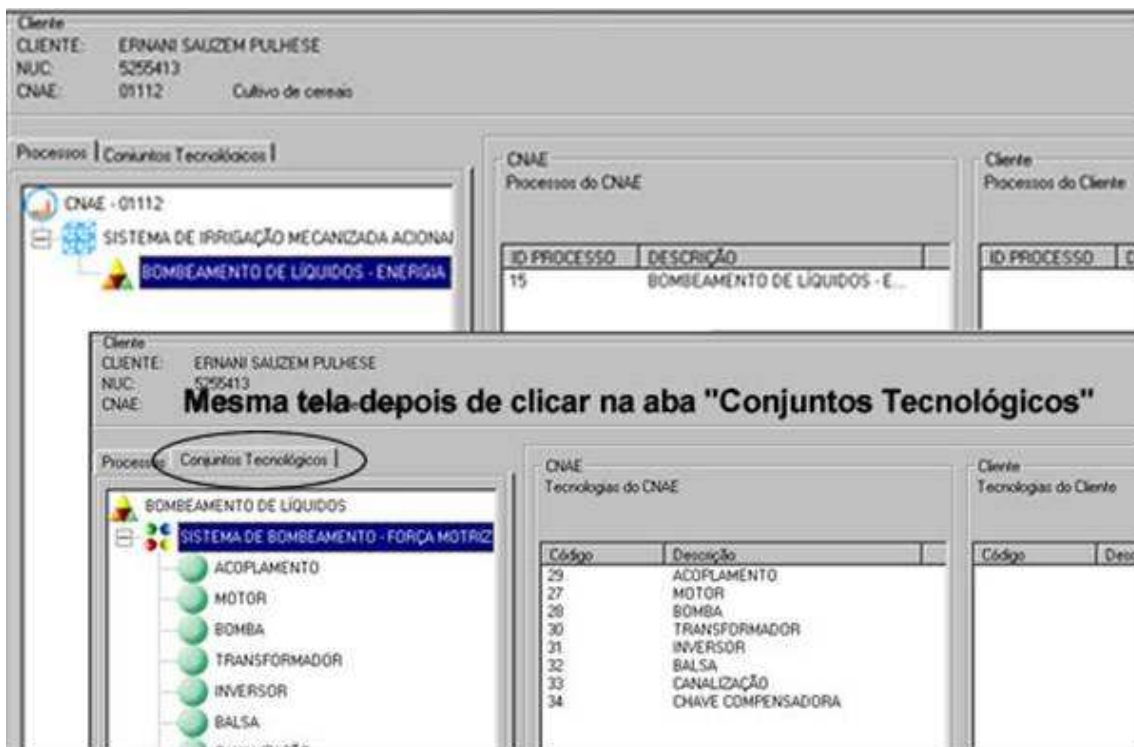


FIGURA 2 – Representação Hierárquica do Cenário Produtivo.

Agora definido o cenário produtivo para o CNAE, pode-se atribuí-lo ao Cliente com um simples clicar e arrastar – a atribuição acontece de forma total ou parcial dependendo da situação. Conclui-se então, que clientes pertencentes a CNAEs que já têm cenários produtivos podem recebê-los sem a necessidade de redefinição.

Depois de criado e atribuído o cenário produtivo para o cliente é necessário definir a conformação dos Conjuntos Tecnológicos. Cada Conjunto Tecnológico tem uma constituição diferente, sendo que uma ou mais Tecnologias podem fazer parte de um ou mais Conjuntos Tecnológicos. O programa permite esta diversidade de conformações, pois pode-se atribuir uma descrição para cada conformação, como ilustra a Figura 3.

FIGURA 3 – Conformação dos Conjuntos Tecnológicos.

2.3 Definição do Projeto de Eficiência Energética

Depois de definida a conformação de cada um dos conjuntos envolvidos no cenário produtivo do cliente, inicia-se o projeto de eficiência energética ou ação de GLD propriamente dita. Primeiramente é necessário definir o propósito concreto e mensurável do conjunto tecnológico (Descrição do Trabalho), o sistema calcula a potência útil envolvida – em função dos parâmetros informados. É nesse momento que definem-se o perfil horário de utilização em porcentagem do Conjunto Tecnológico hora vigente no Cliente e o perfil horário de utilização proposto como alternativa (por exemplo, funcionamento em horários fora da ponta), como ilustra mostra a Figura 4.

FIGURA 4 – Definição do Propósito Concreto para Completar o Processo.

Com base no valor da Potência Útil calculada anteriormente efetuam-se as substituições dos equipamentos utilizados atualmente pelo cliente por equipamentos mais eficientes como mostra a Figura 5. Tanto os equipamentos do cenário base como os do cenário proposto constam no banco de dados do sistema – tipos de

motores, bombas, acoplamentos e etc.. A alteração da conformação das Tecnologias do Conjunto em questão pode ser efetuada a qualquer momento, basta clicar no botão “Altera Conjunto”.

CLIENTE: ERNANI SALIZEM PULHESE NUC: 5255413

SISTEMA DE BOMBAMENTO - FOR
 CONJUNTO 1 DO LEVANTE SUL
 MOTOR 1
 BOMBA 1
 ACOPLAMENTO 1
 TRANSFORMADOR 1
 INVERSOR 1
 BALSA 1
 CANALIZAÇÃO 1
 CHAVE COMPENSADORA 1
 CONJUNTO 2 DO LEVANTE NOR
 MOTOR 2
 MOTOR 3
 BOMBA 2
 ACOPLAMENTO 2
 TRANSFORMADOR 1
 INVERSOR 2
 BALSA 2
 CANALIZAÇÃO 2
 CHAVE COMPENSADORA 2

Descrição do Trabalho | Perfil de Utilização | Substituição de Tecnologias | Curvas de Carga

Potência Útil: 106,67 kW

DESCRIÇÃO	DESCRIÇÃO
MOTOR STANDARD	MOTOR STANDARD
MOTOR ALTO RENDIMENTO	MOTOR ALTO RENDIMENTO

Tecnologia Base		Tecnologia Proposta	
DESCRIÇÃO	MOTOR STANDARD SEM	DESCRIÇÃO	MOTOR ALTO RENDIMENTO SEM
FATOR DE POTÊNCIA	0,92 SEM	FATOR DE POTÊNCIA	0,92 SEM
PÓLOS	4 SEM	PÓLOS	4 SEM
POTÊNCIA	100 CV	POTÊNCIA	75 CV
	2.400,00 R\$	PREÇO	4.500,00 R\$
RENDIMENTO	92 %	RENDIMENTO	94 %

Rendimento Total do Conjunto Base:		Rendimento Total do Conjunto Proposto:	
Rendimento Total	0,39 %	Rendimento Total	0,39 %
Potência Absorvida	273,51 kW	Potência Absorvida	273,51 kW
Energia Consumida	1726261,63 MWh	Energia Consumida	1726261,63 MWh
Demanda Consumida	201,3 kW	Demanda Consumida	201,3 kW
Energia Economizada	0 MWh	Investimento Total	5000,00 R\$
Demanda Evitada	0 kW	Investimento Evitado	10000,00 R\$
		Investimento Anualizado	15000,00 R\$
		EBD	0,25

Altera conformação dos Conjuntos Tecnológicos.

Altera Conjunto

FIGURA 5 – Substituição de Tecnologias.

As ações supracitadas ativam o cálculo dos seguintes parâmetros energéticos e econômicos:

1. Rendimento Total Base: calculado através do produto dos rendimentos das Tecnologias de cada um dos Conjuntos Tecnológicos definidos como base;
2. Rendimento Total do Conjunto Proposto: calculado através do produto dos rendimentos das Tecnologias de cada um dos Conjuntos Tecnológicos definidos como propostos;
3. Potência Absorvida Base: obtida através da divisão da Potência Útil pelo Rendimento Total Base;
4. Potência Absorvida Proposta: obtida através da divisão da Potência Útil pelo Rendimento Total Proposto;
5. Energia Consumida Base:

$$Energia_{consbase} = Pot_{absorvida} \times horas_{ano} \times 0.736$$

6. Energia Consumida Proposta:

$$Energia_{consprop} = Pot_{absorvida} \times horas_{ano} \times 0.736$$

7. Demanda Consumida Base:

$$Demanda_{consbase} = Pot_{absorvida} \times 0.736$$

8. Demanda Consumida Proposta:

$$Demanda_{consprop} = Pot_{absorvida} \times 0.736$$

9. Energia Economizada: para calcular a energia economizada pela substituição de um conjunto base por um conjunto proposto é necessário subtrair o valor de energia consumida do conjunto base pelo valor de energia consumida do conjunto proposto;
10. Demanda Evitada: é calculada de forma análoga à Energia Economizada;
11. Investimento Total: obtido através da soma dos custos individuais de cada tecnologia que compõe o conjunto proposto. Este valor representa o investimento total necessário para realizar a medida de eficiência (3);

12. Investimento Anualizado: é o investimento total do projeto multiplicado pelo Fator de Recuperação de Capital (3);
13. Investimento Evitado: é a Energia Economizada multiplicada pelo Custo Unitário da Energia mais Demanda Evitada multiplicado pelo Custo Unitário de Demanda (3);
14. Relação Custo Benefício (RCB): consiste na relação entre os custos do investimento feito e os benefícios auferidos com o projeto. Os investimentos compõem-se de todos os custos destinados à aquisição de equipamentos, dispositivos e materiais que constituirão a alternativa de eficiência energética, assim como os custos do projeto e de instalação dos mesmos (3):

$$RCB = \frac{\text{Investimento Anualizado}}{(EC \times CEE) \times (RP \times CDE)}$$

Onde:

- EC = Energia economizada;
- CEE = Custo Unitário da Energia Economizada (geração) [R\$/kW];
- RP = Redução de Demanda na Ponta [kW];
- CDE = Custo da Demanda Evitada (Transmissão e distribuição) [R\$/kW].

É com base nestes parâmetros que o usuário tem uma prévia dos resultados energéticos e econômicos das ações de GLD em estudo no momento, portanto o usuário tem a possibilidade de, desde o início, conduzir as ações de GLD de forma a obter vantagens, tanto para o cliente como para a concessionária.

2.4 Impacto das Ações de GLD

O conhecimento do comportamento da carga é um fator determinante para qualquer metodologia ou ferramenta que vise a redução das perdas no sistema elétrico, o gerenciamento da demanda, ações de remanejamento de carga, entre outros – características das ações de GLD. Exige-se, complementarmente, um estudo adequado da forma de utilização da energia elétrica nos diversos segmentos econômicos do mercado da concessionária, pois a empresa de distribuição deve atender seus consumidores com requisitos de qualidade e continuidade adequados (4).

Assim, tendo como fonte de dados o sistema de supervisão de uso horário de energia da concessionária, o *software* tem a funcionalidade de correlacionar através de uma estrutura de base de dados relacional o comportamento de alguns clientes monitorados, identificando o perfil de uso e de carga para os diferentes segmentos associados. Conhecendo-se e tipificando a carga de consumidores através de técnicas de amostragem e análise de dados, define-se uma tipologia de carga para cada mês ou outra época do ano em particular. Com a tipologia de carga (curva de carga típica) definida, por classe e faixa de consumo, atividade econômica (CNAE), tensão de fornecimento, tarifa entre outros critérios de classificação e agrupamento determina-se também a curva de carga dos equipamentos do sistema elétrico (transformadores e alimentadores).

Conhecendo-se o comportamento de utilização horária de energia do cliente, através da curva de carga típica, o sistema, além de mostrá-la, tem a funcionalidade de simular o comportamento futuro da curva levando-se em consideração o impacto dos resultados energéticos das ações de GLD criadas para o cliente. A figura 6 ilustra as alterações obtidas em função da atribuição para um cliente específico de algumas ações de GLD.

Outra forma de mensurar o impacto dos resultados das ações de GLD é refleti-los, de forma extrapolada, nas curvas de carga dos elementos da rede elétrica (Subestações, Transformadores de Subestação e Alimentadores). O processo de extrapolação dos diagnósticos energéticos consiste na utilização das ações de GLD implementadas junto aos clientes da concessionária.

As informações das ações de GLD são divididas em dois grupos distintos: demanda contratada, tensão de fornecimento e CNAE (dados de fornecimento); energia economizada, demanda evitada e RCB (resultados das ações de GLD). Estas informações são armazenadas no banco de dados do SIADAGE levando-se em consideração a tipologia (características de demanda contratada e energia consumida, tensão de fornecimento) e atividade econômica.

Considerando-se a adoção de tecnologia similar entre os clientes atuantes em atividades econômicas semelhantes, a partir de valores comuns como tarifa e consumo de energia, pressupõe-se um potencial de impactos semelhantes aos já capitalizados pelas ações de GLD consolidadas. Desta forma, estes indicadores refletem, com certo grau de certeza, um potencial energia economizada, demanda evitada e relação custo/benefício da ação de eficiência energética.

Aplicando-se estes indicadores consolidados, de cada tipologia e atividade econômica, para os clientes semelhantes, obtém-se o conjunto de informações necessárias para simular o impacto técnico e econômico no sistema de distribuição da concessionária.

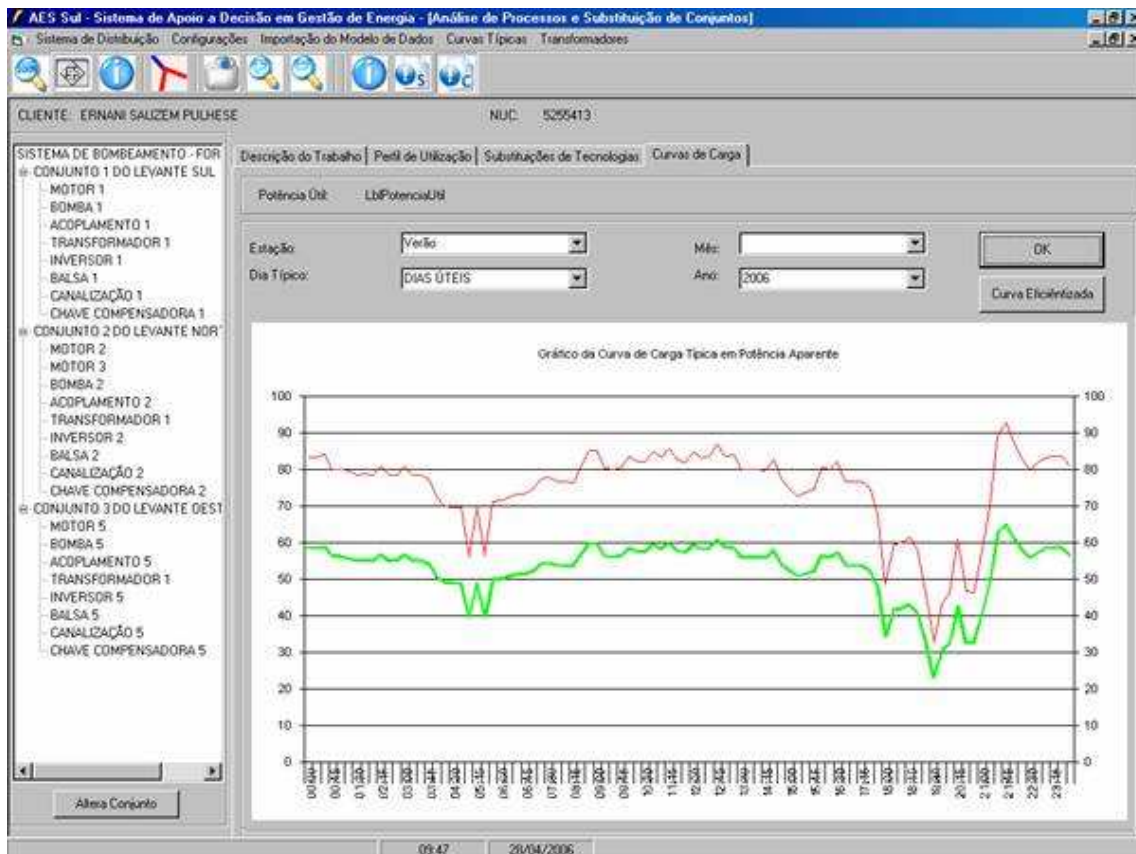


FIGURA 6 – Impacto da Ação de GLD na Curva de Carga Típica do Cliente.

3.0 - CONCLUSÃO

Conclui-se que com a criação e desenvolvimento de ações de GLD, utilizado-se como ferramenta de auxílio o SIADAGE, o usuário obterá desde o início das atividades um panorama do impacto energético e financeiro das ações, conduzindo-as sempre para um melhor resultado. Sendo assim a utilização do SIADAGE reverterá em: redução dos custos operacionais; redução da ociosidade de carregamento; elevação do faturamento da concessionária; e protelação de investimentos de capital em novos circuitos de distribuição.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) KAEHLER, J. W. M., Gestão pelo Lado da Demanda (Demand Side Management - DSM), Programa de Pós Graduação em Energia Elétrica, PUCRS, Porto Alegre, 2003.
- (2) UDAETA, Miguel Edgar M., Planejamento Integrado de Recursos energéticos - PIR - para o Setor Elétrico (pensando o desenvolvimento sustentável), Escola Politécnica USP – Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 1997.
- (3) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). Manual para Elaboração de Programas de Eficiência Energética – Ciclo 2005/2006. Brasília: ANEEL, 2005. 121 p.
- (4) KAEHLER, José Wagner Maciel; ZANONI, Cícero; SANTOS, Fábio Luís da Silva; MINUSSI, Marlon Mendes; IBIAS, Marcos Vinicius G.; GAUTÉRIO, Zuleika Wichrowski. Relatório parcial – Gestão de energia em programas anuais de eficiência energética e promoção do uso racional de energia 2.Etapa Ano 2 (Projeto AES Sul). Porto Alegre: PUCRS, 2005. 118 p.