

IMPLANTAÇÃO DE GERENCIADOR DE ENERGIA EM INDÚSTRIA: LIÇÕES E PERSPECTIVAS

Divanil Marins – UTFPR Ponta Grossa – dyvanyl@gmail.com
Antonio Vanderley Herrero Sola – UTFPR Ponta Grossa – sola@utfpr.edu.br
João Luiz Kovaleski – UTFPR Ponta Grossa – kovaleski@utfpr.edu.br
Luiz Alberto Pilatti – UTFPR Ponta Grossa – apilatti@utfpr.edu.br
Antonio Carlos Frasson – UTFPR Ponta Grossa – ancafra@gmail.com

Resumo: Este artigo estuda o uso de tecnologia de controle de energia elétrica na gestão energética em indústria com o objetivo de avaliar o impacto da inserção desse tipo de tecnologia no processo produtivo da empresa. A instalação de um controlador de demanda como gerenciador de energia elétrica na planta industrial contribuiu para reduzir o consumo e o custo com energia, mas também resultou em conflitos com a produção. Isso indica que o uso de tecnologia por si só não é a solução para os problemas de energia em uma empresa. Recomenda-se que as tecnologias de controle estejam inseridas em um contexto de gestão energética mais amplo, com um planejamento integrado em toda a empresa, envolvendo a Direção e todos os setores.

Palavras-Chave: Gestão energética; Eficiência energética; Tecnologia; Indústria

IMPLEMENTATION OF ENERGY MANAGEMENT IN INDUSTRY: LESSONS AND PROSPECTS

Abstract: This paper studies the use of control technology of electricity in energy management in industry in order to assess the impact of the insertion of such technology in the production process of the company. The installation of a driver of demand as manager of electric power in industrial plant has helped to reduce consumption and energy costs, but also resulted in conflicts with the production. This indicates that the use of technology alone is not the solution to energy problems in a company. It is recommended that control technologies are embedded in a context of broader energy management with an integrated planning across the enterprise, involving the Director and all sectors.

Keywords: energy management, energy efficiency, Technology and Industry.

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENERGIA E TECNOLOGIA

A eficiência no uso da energia, principalmente a elétrica, está na pauta no mundo desde os choques do petróleo a partir da década de 70 e também dos sérios prejuízos causados ao meio ambiente (BRASIL, 2007). É importante compreender que o conceito de eficiência energética se estende às dimensões: legal, ambiental, tecnológica e social, econômica e financeira (SOLA & XAVIER, 2007).

Especificamente com relação às implicações ambientais, um estudo sobre mudanças climáticas revela que a maior parte das emissões de CO₂ é oriunda dos combustíveis fósseis e por isso o tema eficiência energética está previsto no protocolo de Kyoto. Além disso, o uso eficiente de energia também é importante para postergar investimento na geração, transmissão e distribuição de energia, bem como reduzir custos de produção aumentando a competitividade de bens e serviços (MARQUES, HADDAD & MARTINS, 2006).

Com relação ao mercado de energia, as indústrias são responsáveis pelo consumo de quase a metade da energia elétrica produzida no país e certamente apresentam o maior potencial de conservação de energia (BRASIL, 2007; EPE, 2008). Dentre os setores industriais, os maiores consumidores de energia são o setor de não ferrosos com 20%, Química com 13% e Alimentos e bebidas com 12%. No setor de Química o consumo de energia elétrica de força motriz e refrigeração respondem por 76%. Somente a força motriz tem um potencial de 31% de conservação de energia, representando 76% do potencial total.

Contudo, ainda existem diversas barreiras para a melhoria da eficiência energética (BRASIL, 2007).

As barreiras estão em diversas áreas, tais como: conscientização e informação; aspectos comportamentais; deficiência de políticas públicas e de regulação; mercado; Institucional e Organizacional (WEBER, 1997; DIAS *et al.*, 2004) incluindo Fatores Humanos Organizacionais (SOLA e XAVIER, 2007).

O uso de novas tecnologias produtivas, inclusive na área de informação e comunicação, está entre as principais forças para melhorar a gestão de energia do lado da demanda (STRBAC, 2008). Limitadores de potência desligam o sistema de energia quando há ultrapassagem da demanda programada; controles inteligentes podem reconhecer como o equipamento tem sido usado e fazer uma programação de acordo com a frequência de utilização. Uma arquitetura integrada de comunicação pode ser utilizada para integrar o sistema elétrico e os sistemas industriais.

Segundo Strbac (2008) isso já são realidade em países como os Estados Unidos e alguns países da União Européia. Entretanto, ainda é necessária uma eficiente regulação para a transposição das barreiras a esse tipo de tecnologia, principalmente com relação aos pequenos e médios consumidores.

No processo de gestão energética o uso de tecnologia contribui de forma significativa para o controle de energia. É o caso do gerenciador de energia, que permite a medição e o controle de demanda (BARBARINI, 2007). O desenvolvimento tecnológico e a necessidade dos consumidores acabaram transformando o controlador de demanda em um Sistema Gerenciador de Energia (MONTEIRO & ROCHA, 2005).

Uma das possibilidades do gerenciador de energia são a medição e o controle de energia reativa presente em cargas indutivas (motores, transformadores, etc.) e responsável pelo baixo fator de potência no sistema. O fator de potência em um motor de indução diminui com a redução da carga. Um baixo fator de potência é responsável pelo aumento das perdas elétricas no sistema. Isso pode ser corrigido pela instalação de capacitores nos sistemas de alimentação da indústria (NEMA, 2002).

1.2 FATORES DETERMINANTES PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Alguns fatores influenciam a eficiência energética de um produto ou processo e são descritos na sequência (SOLA & XAVIER, 2007). A **norma ou padrão** é indispensável para determinar o nível de eficiência energética, como é o caso do Decreto 4508/2002 que regulamenta a Lei 10295/2001, que determina índices mínimos de eficiência em motores elétricos no Brasil. O **fator construção** é essencial e depende de normalização e inovação tecnológica. O **fator manutenção** é muito importante para aumentar o ciclo de vida das máquinas e equipamentos e reduzir as perdas de energia. O **fator operação** é indispensável e depende de normalização, treinamento e qualificação de pessoal, um eficiente processo de gestão e do estabelecimento de procedimentos operacionais específicos. Os **Fatores Humanos Organizacionais**, principalmente o estabelecimento de procedimentos formais de gestão energética, receptividade da empresa para idéias e projetos de funcionários, iniciativa das empresas e universidades para parcerias, políticas de longo prazo para adoção de tecnologias energeticamente eficientes e políticas públicas e incentivos são fundamentais para melhoria da eficiência energética. Neste trabalho estão em evidência o fator operação e os Fatores Humanos Organizacionais.

Em uma instalação a gestão energética compreende (MONTEIRO & ROCHA, 2005):

– O conhecimento das informações sobre fluxos de energia, regras, contratos e ações que

afetam esses fluxos; os processos e atividades que usam energia e geram produtos ou serviços mensuráveis; e as possibilidades de economia de energia.

- O acompanhamento dos índices de controle, tais como: consumo de energia, custos específicos, preços médios, valores contratados, registrados e faturados; fatores de utilização dos equipamentos e/ou da instalação.
- Medição dos itens de controle, indicando correções, propondo alterações, implementando e acompanhar as melhorias; motivando os usuários a usarem racionalmente a energia; divulgando ações e resultados; buscando capacitação adequada para todos e prestando esclarecimentos sobre as ações e seus resultados.

1.3 A EMPRESA SGS GRUPO LTDA.

Atualmente com um consumo médio anual de eletricidade de 2,2 GWh e alimentada com uma tensão de 13.8 kV (grupo a), a empresa localiza-se no distrito industrial da cidade de Ponta Grossa, no estado do Paraná, junto a um grande pólo industrial de beneficiamento e refino de soja e seus derivados. A empresa, com expressiva atuação no segmento óleo químico desde 1994, fornece matéria-prima para os mais diversos mercados industriais, nacionais e internacionais. A linha de ingredientes fornece matéria prima para as indústrias de trigo, margarina, emulsificantes, dentre outras. A SGS é a única empresa da América Latina a produzir MONO DI destilado, o principal produto para a fabricação de margarina, com tecnologia Européia.

A planta utiliza energia elétrica, vapor e fluido térmico, sendo que cada área possui uma supervisão específica. Entretanto, todas as decisões da indústria são tomadas pela Direção, após estudo de viabilidade técnica e econômica elaborado junto com as Gerências. O trabalho foi realizado na área elétrica, em função do potencial de conservação de energia identificado após análise preliminar, no período de 2007 a 2008.

Os termos técnicos utilizados neste trabalho são definidos pela Resolução 456 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2000), conforme segue:

- **Grupo “A”:** grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV,
- **Energia elétrica ativa:** energia elétrica que pode ser convertida em outra forma de energia, expressa em quilowatts-hora (kWh).
- **Energia elétrica reativa:** energia elétrica que circula continuamente entre os diversos campos elétricos e magnéticos de um sistema de corrente alternada, sem produzir trabalho, expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kVArh).
- **Fator de potência:** razão entre a energia elétrica ativa e a raiz quadrada da soma dos quadrados das energias elétricas ativas e reativa, consumidas num mesmo período especificado.
- **Demanda:** média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado.
- **Demanda contratada:** demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato de fornecimento e que deverá ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW).
- **Estrutura tarifária convencional:** estrutura caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano.
- **Tarifa de ultrapassagem:** tarifa aplicável sobre a diferença positiva entre a demanda

medida e a contratada, quando exceder os limites estabelecidos.

- **Estrutura tarifária horo-sazonal:** estrutura caracterizada pela 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, conforme especificação a seguir:
- **Horário de ponta (P):** período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, considerando as características do seu sistema elétrico.
- **Horário fora de ponta (F):** período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta.

Incluindo a introdução, a apresentação deste trabalho está dividida em cinco seções. Na seção 2 é apresentada a metodologia utilizada para a realização do estudo. Na seção 3 é apresentado o projeto; na seção 4 são apresentados os resultados e a análise. Por último é feita a conclusão, indicando as lições e perspectivas, incluindo recomendações para trabalhos futuros.

2. Metodologia

Avaliação prévia do sistema e a escolha da tecnologia usada. O projeto para a implantação do Sistema Controlador de Demanda seguiu os seguintes passos (COPEL, 2005):

- a) Definição da melhor programação de cargas;
- b) Implantação da programação de cargas;
- c) Levantamento de máquinas e equipamentos desligáveis;
- d) Identificação da redução máxima de demanda de potência a ser conseguida;
- e) Identificação e priorização de equipamentos para desligamentos.

A análise dos resultados foi feita a partir de informações do controlador. A tecnologia escolhida permite um completo gerenciamento de energia, incluindo (BARBARINI, 2007) :

- Gráficos, relatórios, análises e simulação de energia;
- Controle automático e otimização das demandas contratadas no regime horo-sazonal, com a atuação sobre cargas não prioritárias, evitando o pagamento de multas de ultrapassagem;
- Controle automático do fator de potência, com o chaveamento de bancos de capacitores, evitando encargos sobre energia reativa excedente;
- Controle automático de consumo, com o ligamento/desligamento de cargas em horários pré-definidos, evitando o desperdício e permitindo o acompanhamento de metas de consumo de energia;
- Acesso remoto via internet para monitoramento, envio de alarmes a usuários cadastrados, emissão de relatórios e análises
- Conexão de medidores em diversos setores da indústria.

Para a implantação do sistema de gerenciamento de energia foi necessário um treinamento específico com a aplicação de software específico.

3. O PROJETO

Como a empresa é faturada pelo regime horo-sazonal, as cargas trabalham prioritariamente no horário fora de ponta. O controle de demanda era feito por estimativa, calculando-se a potência aproximada das cargas ligadas. O controle de energia reativa era feito por um banco de capacitores instalado na cabine de entrada da baixa tensão (380 Volts), permanentemente chaveado. Às vezes a produção acionava cargas e com isso dois problemas apareciam: excesso de demanda contratada e excesso de energia reativa indutiva, implicando em custos extras para a empresa.

Por iniciativa do supervisor da área elétrica, optou-se pela implantação de um controlador de demanda como um Sistema Gerenciador de Energia. Foi feito um estudo de viabilidade técnica e econômica junto com a Gerência de projetos e manutenção. Como a empresa pretende expandir o programa de eficiência energética, a busca no mercado foi por um controlador que permitisse a conexão de medidores setorizados.

Em função da tecnologia oferecida e do custo compatível, a opção foi pelo controlador HX 600 da Engecomp. Esse dispositivo permite 176 pontos de medição com a possibilidade de instalação de 128 medidores setoriais compatíveis com várias marcas, além de oferecer acesso aos dados controlados via internet. Após análise do estudo técnico e econômico o Diretor da empresa perguntou à Gerência: “É esse o equipamento indicado para a nossa fábrica? Então pode comprar!”. Para a implantação do sistema de gerenciamento de energia foi necessário um treinamento com a aplicação de software específico, aplicado pelo próprio fornecedor do equipamento.

Em conjunto com o setor produtivo, foram escolhidos e priorizados para serem desligados automaticamente pelo controlador os equipamentos que menos afetam a produção. O controlador de demanda, que é sincronizado com o relógio da concessionária, faz a leitura a cada 15 minutos e se o valor contratado for ultrapassado ele desliga primeiramente o equipamento nº 1 (Tabela 1). Caso a demanda não reduza ele vai desligando os demais de acordo com a prioridade estabelecida. Para cada equipamento foi estabelecido um tempo máximo de desligamento de 5 minutos.

Tabela 1 – Cargas desligáveis por ordem de prioridade

Prioridade-Equipamento	Potência [kW]	Tempo max. desligamento [min]
1-Motor Ventilador torre resfriamento	18	5
2-Motor bomba descarga	5	5
3-Motor bomba de vácuo	18	5
4-Motor exaustor	5,5	5
5-Motor bomba de água torre resfriamento	7,5	5
6-Chiller	150	5

Fonte: elaboração própria

Considerando a potência do equipamento (E_i), o seu respectivo tempo máximo de desligamento (t_i) em minutos e o tempo de leitura do controlador (t_c), que faz a leitura a cada 15 minutos, a redução máxima de demanda de potência a ser conseguida (R_{max}) é dada pela expressão seguinte (COPEL, 2005):

$$R_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \cdot t_i}{t_c} \quad [kW] \quad (1)$$

Para os valores da Tabela 1, a redução máxima de demanda é:

$$R_{max} = \frac{5(18+5+18+5,5+7,5+150)}{15} = 68 \text{ kW} \quad (2)$$

Como a demanda mínima (D_{min}) que se pode conseguir com a instalação do controlador é determinada pela diferença entre a demanda contratada (que é de 300 kW) e a redução máxima de demanda (COPEL, 2005), o cálculo é feito conforme segue:

$$D_{min} = 300 - 68 = 232 \text{ kW} \quad (3)$$

4. RESULTADOS E ANÁLISE

O gerenciador de energia permitiu um diagnóstico para avaliar a energia reativa que estava sendo gerada pelo funcionamento dos motores. A correção do fator de potência não era adequada, gerando multas contratuais pelo baixo fator de potência, que deve ser no mínimo de 0,92 (ANEEL, 2000). Com isso foi feita uma readequação do banco de capacitores para a correção do fator de potência.

A Tabela 2 mostra a redução de energia reativa após a instalação do gerenciador de energia. É importante destacar que em dezembro e janeiro o consumo fica reduzido em virtude de férias coletivas nesse período. A redução de consumo de novembro de 2007 em relação a fevereiro de 2007 foi de 7.5% no consumo de energia elétrica, pela instalação do gerenciador de energia elétrica.

Tabela 2 – Consumo de energia elétrica em 2007

Mês/ano	Consumo [kWh]	Energia reativa excedente [kVAr]	Contrato ideal [kW]
Janeiro/07	90.466	726	258 a 266
Fevereiro/07	132.520	250	244 a 250
Março/07	131.710	110	242 a 248
Abril/07	132.537	50	252 a 259
Maior/07	129.847	0	264 a 273
Junho/07	121.063	0	260 a 268
Julho/07	121.547	0	250 a 256
Agosto/07	122.408	0	264 a 271
Setembro/07	121.639	0	269 a 277
Outubro/07	121.438	0	244 a 250
Novembro/07	122.548	0	276 a 286
Dezembro/07	78.332	0	247 a 254

Fonte: Gerenciador de demanda

Em fevereiro de 2008 houve uma redução de 8.2% no consumo de energia elétrica em relação ao mesmo mês do ano anterior. De um modo geral, o consumo em junho de 2008 caiu 9,3% em relação a fevereiro de 2007. Considerando o atual consumo médio anual, isso significa uma redução de 205 MWh no ano.

Tabela 3 – Consumo de energia elétrica em 2008

Mês/ano	Consumo [kWh]	Energia reativa excedente [kVAr]	Contrato ideal [kW]
Janeiro/08	114.429	0	261 a 269
Fevereiro/08	121.678	0	285 a 294
Março/08	123.109	0	285 a 294
Abril/08	122.329	0	291 a 299
Maior/08	123.219	0	293 a 300
Junho/08	120.230	0	283 a 290
Julho/08	193.455	0	280 a 292
Agosto/08	190.438	0	316 a 325
Setembro/08	191.320	0	349 a 359
Outubro/08	192.313	0	342 a 351
Novembro/08	191.439	0	359 a 369
Dezembro/08	150.540	0	359 a 369

Fonte: Gerenciador de demanda

Após a resolução do problema da energia reativa, o segundo passo foi à adequação da demanda contratada pelo parque industrial. Somente com o planejamento do período de funcionamento de motores em alguns setores da indústria – não houve substituição de

motores ou equipamentos nesse período – foi possível administrar melhor a demanda, com a redução no total de energia consumida e conseqüentemente na demanda contratada. Com a faixa de demanda contratada ideal fornecida pelo gerenciador de energia (Tabela 2) foi possível baixar a demanda contratada de 300 kW para 270 kW no horário fora de ponta (Figura 1), implicando em uma redução de 10% no custo da energia elétrica contratada com a concessionária, que é paga independentemente do uso.

A partir de julho de 2008 a linha de produção teve um aumento médio da ordem de 40% na demanda de energia elétrica, em virtude da instalação de novas plantas na unidade fabril, conforme Tabela 3. Para atender uma demanda maior de pedidos de novos clientes foram instaladas novas máquinas. Com a entrada da nova planta em julho de 2008 foi aumentada a demanda conforme indicativo do gerenciador (Figura 1). A Demanda contratada passou então para 370 kW.

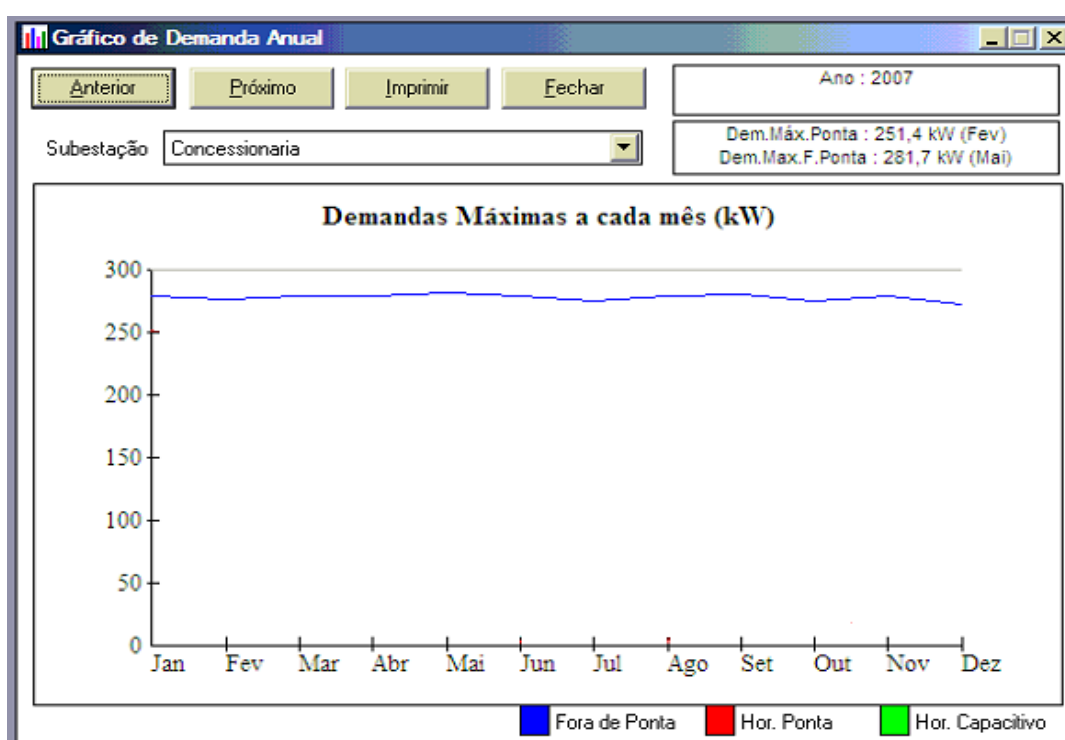


Figura 1 – Gráfico de demanda anual

Com relação ao controle de demanda, se o desligamento for casual, faz-se uma verificação se não existem cargas ligadas menos prioritárias. Se houver desligamentos frequentes então é feita uma análise para possível aumento de demanda contratada.

A implantação do gerenciador de energia revelou alguns problemas na gestão da planta. Quando o gerenciador desligava a carga para evitar ultrapassagem de demanda, isso causava conflito com a produção, mesmo com a definição prévia das cargas desligáveis junto ao setor produtivo. Segundo o supervisor da área elétrica: “quando a produção decide trabalhar ela quer a energia disponível”. Um dos dificultadores encontrados na produção foi o gerenciamento dos setores para trabalhar em horários alternados. Às vezes dois setores trabalhavam juntos quando poderiam trabalhar em horários diferentes e com isso poderia reduzir a demanda contratada. Isso mostrou que um planejamento setorial não resolve, é necessário um planejamento global envolvendo todas as áreas.

5. CONCLUSÃO

Com o objetivo de evitar despesas adicionais com excesso de demanda contratada e também com energia reativa, houve a iniciativa do *staff* da empresa para a instalação de um controlador de demanda com o objetivo de a energia. Com essa medida o excesso de energia reativa foi eliminado e a demanda contratada foi reduzida. Também houve uma redução no consumo de energia elétrica da planta em virtude do controle de cargas.

São vários os benefícios do controlador de energia. O sistema elétrico da empresa fica mais confiável, evitando erros. O gerenciador comanda também o banco de capacitores, enviando um sinal para o chaveando do banco. É uma ferramenta importante no auxílio do planejamento energético. No caso da empresa SGS a expansão da planta foi feita com maior segurança e com redução de custo. A melhoria da eficiência da planta também foi inquestionável, uma vez que o mesmo trabalho pode realizado com 9% menos de energia, contribuindo para a redução de custos da empresa, para o sistema elétrico, bem como para o meio ambiente.

5.1 AS LIÇÕES

A implantação do sistema de energia permitiu não só a redução do consumo de energia, mas também revelou algumas questões na gestão da planta. Os conflitos verificados com a produção mostram que o gerenciamento de energia não pode ser setorial. O uso de tecnologia por si só não é a solução para os problemas de energia da empresa, mas tem que estar inserida em um contexto mais amplo de Gestão Energética, considerando principalmente os Fatores Humanos Organizacionais. Recomenda-se um planejamento integrado em toda a empresa, com o envolvimento e o comprometimento da Direção e de todos os setores.

A empresa foi convencida a investir no gerenciador de energia elétrica em função dos altos valores de pagamento pela ultrapassagem de demanda contratada com a concessionária e também pelo excesso de energia reativa. Isso mostra que ações de eficiência energética não são um fim para a empresa, mas um meio para redução de custos. Cabe destacar que houve receptividade e apoio da direção, a partir do estudo apresentado, demonstrando confiança na iniciativa do *staff*. Nesse sentido, é fundamental o estímulo à iniciativa para projetos de eficiência energética dentro das empresas.

5.2 AS PERSPECTIVAS

A partir das lições aprendidas, este trabalho amplia as possibilidades na área de gestão de energia e eficiência energética. A empresa intenciona implantar um Sistema de Gestão Energética, iniciando por uma medição setorial de energia elétrica. O estudo vai coletar informações precisas para melhoria da eficiência energética e qualidade da energia, principalmente no sistema motriz. Também está prevista a utilização de indicadores que comparem o consumo de energia com a quantidade de produto produzido, resultando em um indicador de consumo de energia por tonelada de produto. Com o indicador de energia pode-se fazer um benchmarking com outras empresas para futuras melhorias.

O estudo aqui desenvolvido evidencia problemas na integração da Gestão Energética com a Gestão da Produção e outras áreas da empresa. Assim, as principais recomendações para trabalhos futuros incluem estudos para: melhorar a integração entre as áreas, especialmente quanto ao uso de tecnologias para o uso eficiente de energia; fomentar a iniciativa de funcionários para eficiência energética nas empresas; compreender o processo de tomada de decisão na área de energia por parte da alta Direção das empresas.

REFERÊNCIAS

- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução nº 456*. Brasília: ANEEL, 2000.
- BARBARINI, J. *Manual do Gerenciador de Energia*. Campinas, SP: Schneider Electric, 2007.
- BRASIL – Ministério das Minas e Energia. *Plano Nacional de Energia 2030*. Brasília: MME/EPE, 2007.
- COPEL – Companhia Paranaense de Energia. *Manual de Eficiência Energética na Indústria*. Curitiba, PR, 2005.
- DIAS, R.A., MATTOS, C.R., BALESTIERI, J. A. P. *Energy education: breaking up the rational energy use barriers*. Energy Policy 32, pp. 1339–1347, 2004.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). *Balanço Energético Nacional 2008: Ano base 2007*. Rio de Janeiro: EPE, 2008, 244 p.
- MARQUES, M. C. S.; HADDAD, J. & MARTINS, A. R. S. *Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações*. 3ª ed. Itajubá/MG: Eletrobrás, Procel Educação, Unifei, Fupai, 2006.
- MONTEIRO, M. A. G. & ROCHA, L. R. R. *Gestão Energética*: Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.
- NEMA – National Electrical Manufacturers Association. *Standards Publication nº MG1 2002: Information Guide for General Purpose Industrial AC Small and Medium Squirrel-Cage Induction Motor Standards*. Washington, D.C: NEMA, 2002.
- SOLA, A. V. H & XAVIER, A. A. P. *Organizational human factors as barriers to energy efficiency in electrical motors systems in industry*. Energy Policy, vol. 35, p 5784–5794, 2007.
- STRBAC G. *Demand side management: Benefits and challenges*. Energy Policy, vol. 36, p 4419–4426, 2008.
- WEBER, L. *Viewpoint—some reflections on barriers to efficient use of energy*. Energy Policy, vol. 25, n. 10, p. 833–835, 1997.