



VI SBQEE

21 a 24 de agosto de 2005

Belém – Pará – Brasil



Código: BEL 14 7555

Tópico: Eficiência Energética na Indústria

OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS MOTRIZES INDUSTRIAIS

VANDA ALVES DOS SANTOS
FERNANDO PINTO DIAS PERRONE
CARLOS APARECIDO FERREIRA
HUMBERTO LUIZ OLIVEIRA

GEORGE ALVES SOARES
BRÁULIO ROMANO MOTTA
CARLOS HENRIQUE MOYA
ROBERTO PIFFER

ELETROBRAS

RESUMO

Este trabalho apresenta as realizações e metas do Projeto de Otimização de Sistemas Motrizes Industriais, desenvolvido pelo PROCEL INDÚSTRIA - Programa de Eficiência Energética Industrial, no âmbito do PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, executado pela ELETROBRÁS, desde 1985.

Tem sua relevância alicerçada no seu acentuado potencial de redução de perdas e busca promover o uso eficiente da energia nestes sistemas. Para sua implementação as federações das indústrias estaduais foram escolhidas para atuarem como os agentes promotores.

A ELETROBRÁS/PROCEL vem ampliando as ações para o meio acadêmico, considerando o aspecto multidisciplinar que ele introduz, minimizando a lacuna de conhecimento existente, sendo de grande valia para a formação dos engenheiros que vierem a trabalhar no setor industrial.

Este artigo mostra o avanço do PROCEL INDÚSTRIA na minimização das perdas elétricas em sistemas motrizes industriais onde atualmente atingiu os 11 principais estados, das cinco regiões geográficas, que são responsáveis por 70% do PIB industrial do País.

PALAVRAS-CHAVE

Eficiência Energética, sistemas motrizes industriais, PROCEL INDÚSTRIA, motor, indústria.

1.0 INTRODUÇÃO

A gênese do projeto ocorreu na época da crise do abastecimento de energia elétrica em meados de 2001, o Governo Federal instituiu a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica - GCE com a finalidade de elaborar um Plano Estratégico Emergencial de Energia Elétrica com o objetivo de aumentar a oferta de energia elétrica para garantir o pleno atendimento da demanda, com reduzidos riscos de contingenciamento da carga, evitando prejuízos à população, restrições ao crescimento econômico e seus impactos indesejáveis no emprego e na renda, além de implementar ações de médio e longo prazo.

Dentro deste contexto foi concebido o Projeto de Otimização de Sistemas Motrizes pela sua capacidade de obtenção de resultados efetivos de economia de energia a curto e médio prazo, além de estar apta a ser incorporada a uma Política Energética Nacional, considerando seu caráter inovador baseado em ações estruturadas de disseminação e autosustentabilidade.

Este trabalho apresenta as peculiaridades deste projeto que o tornam inovador e de grande importância, na medida em que avança o setor industrial tornando-o mais competitivo a partir da redução do seu consumo específico proporcionado pelo uso eficiente da energia.

Desta forma apresentamos a seguir os aspectos fundamentais da importância da Otimização dos Sistemas Motrizes no contexto da matriz energética do país, detalhando os trabalhos contidos no Projeto para o alcance das metas previstas e as ações já realizadas, inclusive as complementares, tais como as desenvolvidas junto às Universidades, com montagem de laboratórios e elaboração de teses de mestrados e doutorados no tema Otimização de Sistemas Motrizes.

2.0 PROJETO DE OTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS MOTRIZES INDUSTRIAIS

2.1 Importância dos sistemas motrizes

O consumo de energia elétrica do setor industrial representa 45,5% do consumo total do País, conforme informações contidas no Departamento de Estudos Energéticos e Mercado (2004), ver Figura 1. Apesar do peso das indústrias eletrointensivas neste consumo global, os sistemas motrizes são os maiores vilões em termos de consumo de energia elétrica nos demais segmentos industriais, chegando a ser superior a 80% no setor têxtil e no de papel e celulose.

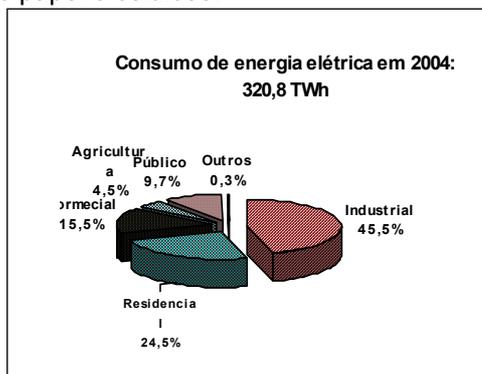


FIGURA 1 – Distribuição do consumo de Energia Elétrica no País

Segundo dados do último Balanço Energético de Utilização (BEU), os sistemas motrizes representam cerca de 49% da energia elétrica consumida no setor industrial, conforme mostra a Figura 2.

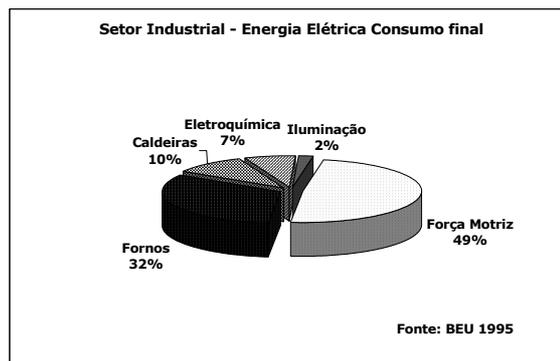


FIGURA 2 – Distribuição do consumo de energia elétrica no setor industrial por uso final.

Em (4), está claro a preponderância dos custos de energia elétrica em relação aos custos totais dos insumos energéticos na grande maioria dos segmentos industriais. Os custos relativos ao consumo de energia elétrica em força motriz foram explicitados como os principais componentes destes custos. Podemos assim afirmar que, este projeto além de apresentar um grande potencial de redução de consumo, oferece, da mesma forma uma redução dos custos com os insumos energéticos o que reflete diretamente na lucratividade das empresas.

2.2 Objetivos do projeto

Um dos objetivos deste projeto é minimizar as perdas nos sistemas motrizes já instalados na indústria brasileira.

Para tanto, o PROCEL INDÚSTRIA vem desenvolvendo trabalhos conjuntos, através de convênios entre a ELETROBRÁS/PROCEL e as Federações das Indústrias dos Estados e Universidades, visando a implementação de medidas de eficiência energética, em todo território nacional.

O segundo objetivo deste projeto é o de acelerar a penetração no mercado de motores de indução trifásicos de alto rendimento e tem como meta elevar esse percentual para cerca de 30%. O uso destes motores é uma alternativa bastante atraente do ponto de vista técnico-econômico, considerando que a redução das perdas técnicas implica em considerável redução da energia consumida ao longo da sua vida útil de 15 anos.

2.3 Metas do projeto

A potência total instalada de motores na indústria em sistemas de ventilação,

compressão e bombeamento alcança cerca de 74,4%. Estudos realizados pelo PROCEL identificaram diversas oportunidades de economia de energia em acoplamento motor-carga, em superdimensionamento de motores, em utilização de acionamentos eletrônicos, entre outros. Os diagnósticos realizados pelo CEPEL em sistemas de ar comprimido nas indústrias indicaram potencial de conservação de energia superior a 20 % sem necessidade de grandes investimentos, atuando-se na diminuição do nível de perdas dos sistemas. Estes resultados podem ser justificados pela grande variação de rendimento operacional dos sistemas motrizes, que se encontram entre 15% e 80%.

Tomando como referência o potencial de economia de energia de 15% identificado nos Estados Unidos, o potencial de economia anual de energia no Brasil é cerca de 6,0 TWh. Para esta estimativa, foi considerado que as 2.000 maiores indústrias consomem cerca de 58 TWh em sistemas motrizes, sendo 70% em sistemas de ventilação, bombeamento e compressão e que o potencial de economia total é 15%. Com base nestas estimativas, espera-se obter com a implementação deste projeto em 2.000 estabelecimentos, uma economia de energia de 2 TWh.

2.4 Detalhamento do projeto - metodologia

A dinâmica do Programa para atingir a meta de 2 bilhões de kWh de redução de perdas consiste no comprometimento das indústrias com a implementação das medidas de eficiência energética identificadas pelos seus próprios agentes, treinados gratuitamente por multiplicadores devidamente capacitados pela ELETROBRÁS/PROCEL, através de curso multidisciplinar, de 164 horas, de Otimização de Sistemas Motrizes.

Em suporte a essas ações realizadas diretamente com as indústrias, o Programa através de convênios com Universidades, implanta laboratórios de Sistemas Motrizes para fins didáticos e ainda, financia bolsas de estudo para desenvolvimento de trabalhos de graduação, mestrado e doutorado, no tema Eficiência Energética em Sistemas Motrizes Industriais.

As ações de eficiência energética deste Projeto, desenvolvidas através dos convênios com as Federações das Indústrias Estaduais estão

distribuídas em quatro trabalhos, conforme detalhado a seguir:

2.4.1 Sensibilização dos empresários dos subsetores industriais alvo e treinamento de multiplicadores com conhecimentos em otimização de sistemas motrizes industriais

Este trabalho se inicia com a elaboração, pela federação, de um estudo setorial que apresenta o percentual de consumo de energia elétrica devido aos sistemas motrizes, por indústria e subsetor, o que sinaliza as empresas que serão convidadas, através de um plano de sensibilização, para participarem do projeto.

A partir deste ponto iniciam-se as atividades para sensibilizar a governança corporativa das indústrias no tocante a importância de implementar a eficiência energética nos sistemas motrizes de suas plantas industriais, de forma a obter comprometimento das mesmas em participar do PROCEL INDÚSTRIA.

Paralela a esta ação de sensibilização, promove-se a formação de multiplicadores, selecionados entre professores universitários e consultores, através de um curso de 164 horas, ministrados por um grupo de instrutores, especialistas de notório saber, indicados pela ELETROBRÁS e de reconhecida experiência em otimização de sistemas motrizes.

Sendo a otimização de um sistema motriz uma matéria complexa que envolve a junção de conhecimentos que estão separados na formação dos engenheiros brasileiros, o curso de Formação de Multiplicadores em Otimização de Sistemas Motrizes, através da multidisciplinaridade oferecida em sua formatação, pretende minimizar esta barreira de conhecimento que atualmente é forte e se perpetua na atual estrutura de formação do quadro de profissionais nas indústrias.

O conteúdo programático deste curso de 164 horas abrange disciplinas tais como, Rede Elétrica de Alimentação, Motor Elétrico, Acionamento Elétrico, Bombas, Análise Econômica de Investimentos, Compressores, Ventiladores e Exaustores, Correias Transportadoras, Acoplamento Motor-Carga, Instrumentação e Controle, Pedagogia Orientada, Marketing e Vendas de Projetos, Metodologia de Realização do Diagnóstico no Sistema Motriz, Segurança Industrial, Estudo de Caso e Visita Técnica.

2.4.2 Capacitação de agentes das indústrias e implementação de medidas

Nesta etapa, o conhecimento adquirido pelos multiplicadores é repassado aos representantes das indústrias, capacitando-os a desenvolver diagnósticos energéticos nas dependências de suas unidades fabris, a indicar as soluções, custos de implantação das medidas e os ganhos financeiro e elétrico obtidos, de forma a reduzir o consumo de eletricidade e conseqüentemente seus custos, sem interferir na qualidade e produção.

Ainda nesta etapa, coordenados pelos multiplicadores, os agentes das indústrias procedem à implementação das medidas de eficiência energética economicamente atraentes por eles identificadas.

2.4.3 Montagem de casos de sucesso

Neste trabalho, são selecionados dentre os subsetores industriais alvo as indústrias, participantes do Projeto, mais representativas no tocante a importância dos sistemas motrizes em suas instalações elétricas e, sobretudo àquelas comprometidas com a implementação das medidas apontadas pelo diagnóstico energético realizado por empresas de competência comprovada, selecionada através de licitação realizada de acordo com a Lei 8666, no âmbito do Estado.

2.4.4 Monitoramento, verificação e divulgação de resultados

Nesta etapa serão realizadas a avaliação e o acompanhamento do processo de implantação do projeto de eficiência energética em empresas nas indústrias participantes, bem como a divulgação dos resultados da implantação desse projeto através de workshop direcionado para os vários setores da indústria do Estado.

2.5 Suporte ao projeto – capacitação laboratorial

Em suporte a essas ações realizadas diretamente com as indústrias, o Programa através de convênios com Universidades, implanta laboratórios de Sistemas Motrizes para fins didáticos e ainda, financia bolsas de estudo para desenvolvimento de trabalhos de graduação, mestrado e doutorado, no tema Eficiência Energética em Sistemas Motrizes

Industriais, alavancando as atividades de ensino e pesquisa nestes sistemas.

Estes laboratórios servirão de ponto de encontro de discussão e pesquisa para as engenharias elétrica, civil, produção e mecânica, colaborando na formação de engenheiros com a multidisciplinalidade exigida pela natureza física dos sistemas motrizes. Esta é uma forma de buscar a perenização das ações do Procel Indústria, na medida que atua na formação dos novos engenheiros e aproxima os professores das diversas engenharias.

2.5.1 Descrição

Esses Convênios, com duração de 3 anos, tem por objeto a cooperação técnico-financeira entre a Eletrobrás e as Universidades para aquisição de equipamentos visando à montagem de Laboratórios de Sistemas Motrizes com fins didáticos, onde possam ser avaliados aspectos relacionados à Eficiência Energética em consumidores industriais.

Cada laboratório prevê a instalação de 4 sistemas motrizes completos, autônomos e automatizados, permitindo que sejam variadas as condições operativas de equipamentos como bombas centrífugas, compressores de ar, ventiladores e esteiras transportadoras. Aspectos como a utilização de motores padrão e de alto rendimento, inversores de frequência e de acoplamentos motor x carga, entre outros, poderão ser comparados e avaliados sob a ótica de eficiência energética, de modo a apresentar as características operativas de cada sistema motor/carga e sua interação com o sistema elétrico que o alimenta. Através de sensores para medição dos parâmetros elétricos e mecânicos, será possível visualizar em tempo real as características eletromecânicas de cada ensaio, armazená-las em um banco de dados e emitir relatórios para subsidiar análises, estudos e desenvolvimento de trabalhos acadêmicos.

2.5.2 Metas

Como resultado, espera-se difundir os conceitos de eficiência energética no meio acadêmico e industrial, somando-se os conhecimentos multidisciplinares existentes nas universidades, para elaborar o projeto, as especificações técnicas e coordenar a implantação, operação e manutenção do Laboratório; criar índices mínimos de eficiência energética para os

sistemas implementados; avaliar as oportunidades de economia de energia nestes sistemas; realizar cursos de extensão, consultorias e palestras, capacitando profissionais para desenvolverem consultorias em eficiência energética; avaliar o potencial de economia de energia em sistemas motrizes de cada Estado e desenvolver 7 trabalhos de graduação e 3 de pós-graduação em sistemas motrizes industriais.

3.0 RESULTADOS DO PROJETO

Atualmente está em desenvolvimento convênios com as principais Federações Estaduais das Indústrias nas cinco regiões geográficas do Brasil, apresentando resultados conforme mostra a Tabela 1 a seguir:

Tem-se verificado acentuada receptividade e integração entre as diversas entidades participantes do programa o que permite esperar resultados além da expectativa prevista.

TABELA 1- QUADRO RESUMO DAS ATIVIDADES DO PROJETO POR ESTADO

Região/estado	Capacitação de Multiplicadores	Agentes Treinados	Autodiagnósticos previstos	N.º de Indústrias participantes (previsão)	Principais Setores
Norte	10	155	120	70	
Amazonas	10	155	100	50	Bebidas, Duas Rodas, Eletro-eletrônico, Metalúrgica e Plásticos
Pará			20	20	Alimentos e Bebidas, Extração e Beneficiamento Mineral, Metalúrgica, Pesca, Papel e Plástico, Sabão e Óleos, Madeira e Móveis
Nordeste	43	274	320	246	
Ceará	10	172	100	66	Produtos Têxteis, Produtos Alimentícios e Bebidas, Produtos de Minerais Não-metálicos e Preparação de Couro e Fabricação de Artefatos de Viagens e Calçados
Pernambuco	15	26	100	80	Produtos alimentares, Química e Minerais Não-Metálicos
Bahia	18	76	120	100	Químico/Petroquímico/Refino, Metalúrgico, Alimentos/Bebidas e Papel/Celulose

Centro Oeste	35	359	200	100	
Mato Grosso	18	359	100	50	Madeireiro, Alimentício e Minerais não Metálicos
Mato Grosso do Sul	17	0	100	50	Frigorífico, esmagadores de soja e curtumes
Sudeste	17	42	300	250	
Minas Gerais	17	42	300	150	Alimentício, Fundação, Têxtil, Mineração, Eletro-eletrônico e Siderurgia.
São Paulo				100	
Sul	18	457	200	100	
Santa Catarina	18	76	200	100	Alimentício, Têxtil e Papel/Celulose
Total	123	906	1.140	766	

Tabela 2 mostra a quantidade de bolsas de estudo oferecidas pelo projeto. Espera-se com esta ação um fortalecimento técnico na formação da engenharia no país, considerando que, sendo os multiplicadores professores universitários, existe uma tendência que os conhecimentos e experiências multidisciplinares adquiridos se reflitam em novas disciplinas, novas pesquisas e numa maior integração entre os diversos ramos da engenharia.

TABELA 2 – Quadro de bolsas de estudo oferecidas às universidades – parceiras do Projeto

Região	Universidades	Bolsas		
		Graduação	Mestrado	Doutorado
Norte		21	8	2
	UTAM	7	3	1
	UFAM	7	3	1
	UFPA	7	2	
Nordeste		21	8	1
	UFC	7	4	
	UFPE	7	3	1
	UFBA	7	1	
C. Oeste		21	9	3
	UFMT	7	3	1
	CEFET-MT	7	3	1
	UFMS	7	3	1
Sudeste		105	43	12
	UFU	7	3	1
	UFSJ	7	3	1
Sul		91	37	10
	UDESC	7	3	1
Total		84	34	9

4.0 CONCLUSÃO

A significativa participação das federações das indústrias dos principais estados brasileiros demonstra a consistência das ações que vem sendo implementadas no âmbito do PROCEL INDÚSTRIA e a aprovação destas pelo consumidor industrial, que passa a perceber o projeto como uma oportunidade de diminuir custos e aumentar a sua competitividade. Além disto, este projeto traz no seu bojo ações que buscam perenizar o interesse pela eficiência, tentando fazer com que esta área se integre às prioridades da cultura industrial local, tornando-se parte da estratégia empresarial das indústrias. Duas ações são bastante relevantes neste aspecto, a indução do fortalecimento técnico da engenharia nacional, através de bolsas de estudo e laboratórios para fins didáticos e de pesquisa, bem como a indução da criação nas federações de núcleos de eficiência energética que prestam serviços a comunidade industrial estadual através de uma rede que envolve multiplicadores certificados pela Eletrobrás, agentes na indústria, universidades e prestadores de serviços. O caráter inovador de atuação na minimização de perdas no sistema motriz completo, envolvendo motor, carga, acoplamento e processo de produção, e nos sistemas já instalados está

preenchendo uma lacuna de conhecimento e abordagem até então inexistente no mercado.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) DEPARTAMENTO DE ESTUDO ENERGÉTICOS E MERCADO, Informe de mercado – Dez 2004, Comitê Coordenador de Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos – CCPE, Comitê Técnico para Estudos de Mercado - CTEM
- (2) MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, FDTE, Balanço da Energia Útil – 1995, Secretaria de Energia – MME, Brasília, DF, 1995.
- (3) SCHEIHING, P., ROSEMBERG, M., WEIL, S., Evaluating the Impact of a Government-Sponsored Motor-Driven System Efficiency: U.S. Experience, Energy Efficiency Improvements in Electric Motors and Drives. Berlin: Springer, 1999. p.395-414.
- (4) SANTOS, VANDA et al, Programa Nacional de Eficiência na Indústria: Direcionando o foco para Sistemas Motrizes, XVII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE, Uberlândia – Minas Gerais, Brasil, 2003.