



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

GCE-05
19 a 24 Outubro de 2003
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO XIV
GRUPO DE ESTUDO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCE**

**PROGRAMA NACIONAL DE EFICIÊNCIA NA INDÚSTRIA: DIRECIONANDO O FOCO PARA
SISTEMAS MOTRIZES**

**Vanda A.Santos* George A.Souares Fernando P.D.Perrone Marco A.G.Moreira Rebeca O.Pontes
ELETROBRÁS ELETROBRÁS ELETROBRÁS ELETROBRÁS ELETROBRÁS/CEPEL**

RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto, em âmbito nacional, de implantação do programa de eficiência nos processos industriais que busca focar o uso racional e eficiente dos sistemas motrizes no setor industrial, tendo em vista a importância, sob a ótica de energia e custo, que estes sistemas representam. Está estruturado em dois eixos principais, o primeiro visa a promoção da utilização de motores de alto rendimento em novas aplicações e o segundo objetiva a otimização dos sistemas motrizes já existentes. Ressalta-se, ainda, seu caráter inovador de propor ações desenvolvidas para integrar e perenizar a eficiência energética como mecanismo de política energética.

PALAVRAS-CHAVE

Eficientização Industrial, Eficiência Energética, Sistema Motriz.

1.0 - HISTÓRICO

Diante da crise no abastecimento de energia elétrica, na qual a perspectiva de cortes no fornecimento mobilizou toda a sociedade no sentido de racionalizar o uso da eletricidade, o Presidente da República criou e instalou, em maio de 2001, a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica - GCE, presidida pelo Chefe da Casa Civil da Presidência da República. Uma de suas atribuições foi a elaboração do Plano Estratégico Emergencial de Energia Elétrica cujo objetivo era 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, e compreendendo ações de médio e longo prazo. Dentre os diversos aspectos que deveriam ser abordados, um se referia à instituição de programas compulsórios de racionalização do uso de energia. Para realização deste objetivo, em 10 de julho de 2001, o Presidente da Câmara de Gestão da Crise de Energia criou o Comitê Técnico para Eficientização do Uso da Energia com o objetivo de propor medidas para conservação e racionalização do uso de energia elétrica. Este comitê elaborou uma proposta consolidada na forma de um programa de medidas e ações ao qual se denominou Plano Energia Brasil – Eficiência Energética. Este Plano foi aprovado pela GCE em 02 de outubro de 2001 e teve como objetivos: obter resultados de economia de energia no curto e médio prazo e promover a transformação do mercado de eficiência energética no médio e longo prazo.

A escolha das ações propostas neste Plano foi realizada levando-se em conta os resultados efetivos de economia de energia no curto e médio prazo, tendo em vista a crise de energia que passava o país, e a capacidade destas ações de promoverem a transformação de mercado num horizonte maior, considerando que, apesar da gravidade do momento atual, é importante reconhecer que a eficiência energética não pode estar vinculada apenas a questões conjunturais, mas sim estar incorporada a uma Política Energética Nacional.

O Plano Energia Brasil – Eficiência Energética está estruturado em quatro eixos básicos, a saber: legislação, ambiente de negócios, plano de comunicação e projetos específicos. Dentre os projetos específicos, destaca-se o de sistemas motrizes eficientes no setor industrial.

* Avenida Marechal Floriano, 19 - 3º andar - CEP 20080-003 – Rio de Janeiro - RJ - BRASIL
Tel.: (021) 2514-5009 - Fax: (021) 2514-5215 - E-MAIL: vandaas@eletrobras.gov.br

Quando a GCE encerrou suas atividades, o Grupo de Trabalho, denominado GT/Conservação, responsável pela execução da Medida 25 do Comitê de Revitalização do Setor de Elétrico, incorporou a execução deste projeto específico sob a égide de Programa de Eficientização Industrial, dando-lhe um caráter mais empresarial e atribuindo à ELETROBRÁS a coordenação deste Grupo. As federações das indústrias estaduais foram então escolhidas para atuar como os agentes que promovem o convencimento e o comprometimento das indústrias com as atividades do projeto.

Este trabalho apresenta a importância deste projeto no setor industrial, mostrando a participação da energia elétrica consumida em sistemas motrizes, tanto no que se refere a custo como a quantidade. A seguir, a metodologia de implementação deste projeto é descrita e os resultados obtidos até 2002 explicitados.

2.0 – IMPORTÂNCIA DO SISTEMA MOTRIZ DENTRO DOS SEGMENTOS INDUSTRIAIS

No sentido de direcionar a abordagem industrial por segmento industrial, desenvolveu-se o panorama da utilização de motores elétricos na indústria brasileira, buscando identificar a participação deste sistema, tanto no que se refere a matriz de consumo de insumos energéticos como a de custo dos mesmos.

A importância da energia elétrica como insumo energético dentro do setor industrial está apresentada na tabela 1, baseando-se nas informações do Balanço Energético Nacional (BEN) do ano 2000 (ano base 1999). Nesta tabela, compara-se a eletricidade consumida em relação ao total de energia consumida por todos insumos energéticos por segmento industrial..

Tabela 1 – Distribuição do consumo de eletricidade em relação ao total das demais fontes de energia primária e secundária.

Segmento da Indústria	Consumo de energia elétrica em relação a energia de todos insumos (%)
Cimento	30,99
Ferro – Gusa e Aço	25,52
Ferro – Ligas	73,92
Mineração / Pelotização	59,47
Não Ferrosos e outros produtos metalúrgicos	82,48
Química	51,67
Alimentos e Bebidas	25,73
Têxtil	80,03
Papel e Celulose	40,22
Cerâmica	22,50
Outras Indústrias	78,31

O consumo de energia elétrica no setor industrial (40155 x 103 tep) representa 46,5% de todas as fontes de energia e a sua desagregação nos diversos segmentos da indústria está mostrado na tabela 2. Percebe-se claramente a grande influência dos eletrointensivos no consumo global, levando a

Eletrobrás a manter um acompanhamento em separado dos cerca de 400 maiores consumidores.

Tabela 2 – Percentual do consumo de energia elétrica consumida por segmento em relação ao total consumido pelo setor industrial.

Segmento da Indústria	Consumo de Eletricidade (10 ³ tep)	Consumo de Eletricidade (GWh) *	Percentual em relação ao total do setor industrial (%)
Cimento	1309	4513,79	3,26
Ferro – Gusa e Aço	4140	14275,86	10,31
Ferro – Ligas	1505	5189,66	3,75
Mineração / Pelotização	1950	6724,14	4,86
Não Ferrosos e outros produtos metalúrgicos	8205	28293,10	20,43
Química	4731	16313,79	11,78
Alimentos e Bebidas	4464	15393,10	11,12
Têxtil	1831	6313,79	4,56
Papel e Celulose	3297	11368,97	8,21
Cerâmica	786	2710,34	1,96
Outras Indústrias	7937	27368,97	19,76
Total	40155	138465,51	100

* Fator de conversão global de eletricidade para cada segmento industrial : 0,29 tep/MWh (BEN – 2000)

Para que se possa avaliar a significância do consumo de energia em sistema motriz por segmento industrial, analisou-se o Balanço de Energia Útil 1995 (BEU – ano base 1993) e obteve-se a distribuição do consumo de eletricidade por tipo de utilização. A tabela 3 sintetiza o consumo da força motriz em relação a utilização global de eletricidade para cada segmento industrial.

Tabela 3 – Percentual de consumo da energia elétrica em força motriz em relação ao consumo total de energia elétrica para cada segmento industrial.

Segmento do Setor Industrial	Percentual da energia elétrica consumida através de força motriz (%)
Cimento	92,49
Ferro – Gusa e Aço	29,27
Ferro – Ligas	13,50
Pelotização	91,50
Mineração	90,16
Alumínio	10,62
Segmento do Setor Industrial	Percentual da energia elétrica consumida através de força motriz (%) (continuação)
Não Ferrosos e outros produtos metalúrgicos	45,30

Química	66,68
Alimentos e Bebidas	69,78
Segmento do Setor Industrial	Percentual da energia elétrica consumida através de força motriz (%)
Indústria Têxtil	87,87
Papel e Celulose	88,10
Cerâmica	77,70
Outros setores industriais	74,93

A tabela 4 sintetiza a importância dos sistemas motrizes existentes. A segunda coluna mostra o quanto significa o consumo de energia elétrica em sistema motriz em relação a energia elétrica total consumida pelo setor industrial, por exemplo, 7,85 % de toda energia elétrica do setor industrial é consumida em força motriz do segmento Química. A terceira coluna apresenta a relação do consumo nestes sistemas no que se refere a energia global consumida por um determinado segmento industrial. Assim, 70,32 % de toda energia consumida no segmento Têxtil é consumido em força motriz. Esta tabela foi obtida através do cruzamento de informações entre as tabelas 1 e 2 com a tabela 3.

Tabela 4 - Consumo de energia motriz em relação ao total do consumo de eletricidade e ao total do consumo dos insumos no setor industrial.

Segmento da Indústria	Consumo de eletricidade em força motriz em relação ao consumo total (eletricidade) no setor industrial (%)	Consumo de força motriz em relação à energia global dos insumos (%)
Cimento	3,02	28,66
Ferro – Gusa e Aço	3,02	7,47
Ferro – Ligas	0,51	9,98
Mineração / Pelotização	4,44	54,31
Não Ferrosos e etc.	7,00	28,26
Química	7,85	34,45
Alimentos e Bebidas	8,07	18,66
Têxtil	4,01	70,32
Papel e Celulose	7,23	35,43
Cerâmica	1,52	17,48
Outras Indústrias	14,81	58,68

O percentual de destinação da energia final através do uso em força motriz foi agregado para os segmentos Mineração e Pelotização através da média ponderada em relação a energia final em tep, respectivamente, 13,6% e 86,4% (BEU –95). O mesmo procedimento foi adotado para agregar o segmento Alumínio (68,16%) no Não Ferrosos (31,84%) e Açúcar (12,73%) no segmento Alimentos e Bebidas (87,27%).

Entretanto, nem sempre, a análise do ponto de vista de consumo de energia é interessante para o usuário, a avaliação de custos se torna essencial para uma tomada de decisões. Neste sentido, realizou-se uma coleta de preços médios dos insumos em 1999 e montou-se a matriz de custo dos insumos energéticos por segmento industrial.

A tabela 5 apresenta a participação do custo da energia elétrica total e a consumida em sistema motriz no custo total por segmento industrial.

A figura 1. mostra a participação do consumo e do custo da energia elétrica consumida em força motriz em relação ao total de insumos energéticos por segmento industrial.

Evidencia-se, assim, tanto a importância para o país de direcionar esforços para racionalizar os sistemas motrizes industriais existentes, como a boa receptividade dos industriais de economizar em um item tão relevante de seus custos de insumos energéticos.

Ressalta-se, ainda, que a economia monetária nos insumos reflete diretamente no aumento dos lucros.

Tabela 5 Participação do consumo de energia elétrica total e da energia consumida em sistema motriz por segmento industrial na matriz de custo dos insumos energéticos.

Segmento da Indústria	Custo da energia elétrica em relação ao custo total dos insumos (%)	Custo da força motriz em relação ao custo total dos insumos (%)
Cimento	53,13	49,14
Ferro – Gusa e Aço	46,36	13,57
Ferro – Ligas	92,69	12,51
Mineração / Pelotização	65,10	59,45
Não Ferrosos e etc.	86,77	29,73
Química	67,96	45,32
Alimentos e Bebidas	75,08	54,46
Têxtil	84,74	74,46
Papel e Celulose	69,65	61,36
Cerâmica	40,36	31,36
Outras Indústrias	83,55	62,60

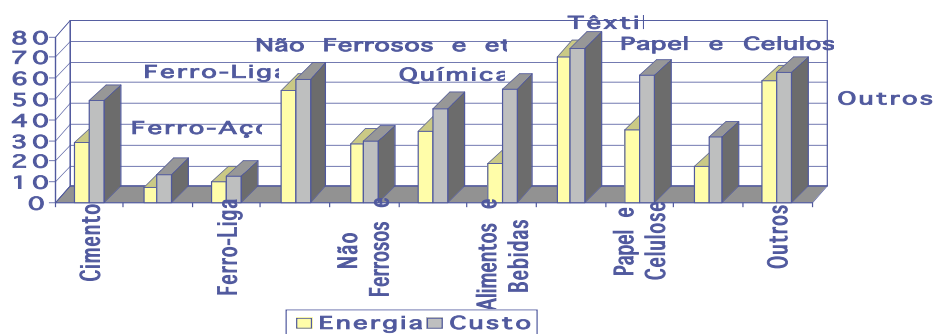


Figura 1. Participação do consumo e do custo da energia elétrica consumida em força motriz em relação ao total de insumos energéticos por segmento industrial.

3.0 – PROJETO DE SISTEMAS MOTRIZES EFICIENTES NO SETOR INDUSTRIAL

3.1 – Objetivos

Um dos objetivos 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.

O segundo objetivo deste projeto é minimizar as perdas nos sistemas motrizes já instalados na indústria brasileira. Para tanto, serão realizadas gestões junto às indústrias visando oferecer capacitação no tema, às suas equipes técnicas. Em contrapartida, a indústria deverá se comprometer a realizar análises técnicas nas suas atividades industriais para identificação de oportunidades de economia de energia em sistemas motrizes, visando a implementação das ações economicamente atraentes.

3.2 - Promoção à otimização de sistemas motrizes existentes no setor industrial

As ações de eficiência energética realizadas no Brasil e na grande maioria dos países, em geral, objetivam aumentar os rendimentos dos motores e incentivar a compra de motores de alto rendimento. Estas ações, embora importantes na medida que estimulam a penetração no mercado de motores mais eficientes, não impedem que as condições de funcionamento dos sistemas motrizes tenham uma grande ineficiência, anulando os esforços de utilização de equipamentos eficientes, tendo em vista que as simples trocas de motores não reduzem as maiores fontes de desperdício de energia que são os acoplamentos, as cargas motrizes e o seu sistema de controle.

A otimização de um sistema motriz é complexa e envolve a junção de conhecimentos que estão separados na formação dos engenheiros brasileiros. Esta barreira de conhecimento é forte e se perpetua na atual estrutura de formação dos quadros de profissionais nas indústrias.

Comprovou-se que o simples oferecimento de programas computacionais de diagnóstico, treinamento e cursos não são suficientes para motivar o mercado a identificar as oportunidades de economia de energia e implementá-las, portanto, não gerando os resultados esperados. Em geral, na prática, os técnicos da indústria estão tão focados em manter os níveis de produção que não conseguem analisar os sistemas motrizes e, conseqüentemente, os conhecimentos adquiridos e as ferramentas desenvolvidas não têm a intensidade de uso desejada. Ressalta-se que este fato não diminui a importância de desenvolver tais ferramentas.

3.2.1 – Metodologia de desenvolvimento

Este projeto prevê a estruturação de uma rede de capacitação técnica envolvendo Universidades, Institutos de Pesquisa, Fabricantes de Equipamentos, Federações de Indústrias, gerentes e

técnicos das indústrias com o objetivo de minimizar as perdas nos sistemas motrizes composto de motores, acionamentos, acoplamentos, bombas, compressores, correias transportadoras e ventiladores e exaustores.

A estrutura de projeto está baseada em quatro elementos: o grupo coordenador, a secretaria do projeto, os multiplicadores, os agentes e os fabricantes dos componentes dos sistemas motrizes. O grupo coordenador será responsável por preparar o material para a montagem de um conjunto de documentações e programas computacionais que comporão a base do treinamento dos multiplicadores, montar as estratégias para abordagem do mercado, prover o treinamento, promover fóruns de debate e buscar parcerias com outros agentes. A secretaria do projeto deverá atualizar e distribuir o material didático, acompanhar o andamento das ações, avaliar o impacto das atividades realizadas. Os multiplicadores, professores universitários e consultores de reconhecida experiência, serão responsáveis por treinar os agentes, realizar contatos com a indústria local e realizar diagnósticos para montagem dos casos sucessos. Os agentes, engenheiros e gerentes das indústrias, deverão treinar outros engenheiros nas empresas do grupo, identificar barreiras de implementação à realização dos diagnósticos e implementação das ações. Finalmente, os fabricantes fornecerão dados de equipamentos e material técnico e deverão colaborar na implementação dos casos de sucesso e na disseminação do projeto através dos seus canais de distribuição.

O desenvolvimento do projeto se dará através de convênios com federações estaduais de indústria e com a Confederação Nacional da Indústria - CNI, sendo direcionada para os 2.000 maiores estabelecimentos industriais e espera-se atingir uma economia de cerca de 2 TWh/ano.

No sentido de direcionar essa abordagem contemplando tanto os subsetores industriais, onde o consumo preponderante de energia elétrica ocorre em sistemas motrizes, como também de forma a prover um abrangência de caráter nacional ao programa, procedeu-se ao levantamento detalhado sobre a utilização de motores elétricos no parque industrial brasileiro, buscando identificar a participação deste sistema, tanto no que se refere a matriz de consumo de insumos energéticos como a de custo dos mesmos

O convênio estabelecido com as federações de indústria no qual o projeto será desenvolvido está dividido em quatro grandes trabalhos, como se segue:

-Sensibilização dos subsetores industriais alvo e capacitação de multiplicadores em eficiência energética com ênfase em otimização de sistemas motrizes

Esse trabalho tem por objetivos a sensibilização nos níveis decisório e operacional das empresas do setor industrial identificadas para aplicação do projeto e a formação de multiplicadores que serão, selecionados entre professores universitários e consultores com reconhecida experiência, para formarem profissionais das indústrias participantes do Projeto de

Eficientização Industrial, em agentes de eficiência energética em força motriz, capacitando-os a desenvolver diagnósticos energéticos nas dependências de suas unidades fabris.

Para tanto, instrutores especialistas de notório saber irão ministrar curso de Formação de Multiplicadores em Otimização de Sistemas Motrizes com o conteúdo programático abrangendo 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.

-Capacitação de agentes das indústrias

Neste trabalho será realizada a capacitação de gerentes, engenheiros e técnicos das indústrias visando a multiplicação desse treinamento em outras empresas do grupo, a identificação das oportunidades de economia de energia e a implementação das medidas de eficiência energética economicamente atraentes.

-Montagem de Casos de Sucesso em eficiência energética com ênfase em otimização de sistemas motrizes

Neste trabalho será feita a implementação de projetos de eficiência energética em três unidades industriais que se comprometeram formalmente a implantar as medidas economicamente viáveis identificadas nos diagnósticos energéticos detalhados e a divulgação desses três casos de sucesso através de workshops direcionados para os segmentos específicos dessas indústrias do Estado.

- Monitoramento, verificação e divulgação de resultados

Nesta etapa será feita a avaliação e o acompanhamento do processo de implantação do projeto de eficiência energética 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.

3.2.2 – Situação Atual

Atualmente foram iniciados convênios com Federações em diversas regiões geográficas do Brasil e desenvolvidos os Cursos de Formação de Multiplicadores em Otimização de Sistemas Motrizes.

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

3.2.3 – Resultados Esperados

A potência total instalada de motores na indústria em sistemas de ventilação, compressão e bombeamento alcança cerca de 74,4%. Estudos realizados pela ELETROBRAS/PROCEL identificaram diversas oportunidades de economia de energia em acoplamento motor-carga, em superdimensionamento de motores, em utilização de acionamentos eletrônicos, entre outros. Além disso, 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, estima-se obter com a implementação deste projeto em 2.000 estabelecimentos, uma economia de energia de 2 TWh/ano, sendo 500 GWh/ano no primeiro ano e 2000 GWh/ano acumulado no segundo ano.

4.0 – CONCLUSÃO

O projeto apresentado representa um avanço nas ações de eficiência energética em sistemas motrizes no país. O caráter inovador está calcado na proposta de atuação na minimização de perdas no sistema motriz completo, envolvendo motor, carga, acoplamento e processo de produção nos sistemas já instalados. A montagem integrada do projeto envolvendo treinamento, ferramentas de análise, diagnóstico, financiamento e implementação preenche uma lacuna de obtenção efetiva de economia de energia.

Ressalta-se que é esperado, como resultado indireto do projeto, 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 em uma maior integração entre os diversos ramos da engenharia.

5.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, Balanço Energético Nacional - 2000, Secretaria de Energia, Brasília, DF, 2000

(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.