



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

GCE-06
19 a 24 Outubro de 2003
Uberlândia - Minas Gerais

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

A CONSERVAÇÃO, CONSIDERANDO ASPECTOS RELACIONADOS À QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA NA INDÚSTRIA TÊXTIL: ESTUDO DE CASO

Mário César G. Ramos*
Universidade de Mogi das Cruzes

Aderbal de A. Penteado Jr.
Universidade de São Paulo

RESUMO

O trabalho analisa e procura demonstrar a importância da Conservação de Energia Elétrica na Indústria Têxtil, apresentando um estudo de caso. Os procedimentos aplicáveis tanto ao caso estudado quanto a qualquer outro ao qual a metodologia apresentada seja aplicada, geram reflexos no âmbito tecnológico e econômico, quando se observa pelo lado do consumidor, e significam ainda economia de investimentos, quando vistos pelo lado do fornecedor de energia elétrica. O trabalho expõe as diversas fases que compõem um programa de gerenciamento e conservação de energia elétrica, considerando também aspectos relacionados à qualidade de energia suprida.

PALAVRAS-CHAVE

Conservação de Energia Elétrica. Qualidade de Energia Elétrica. Eficiência Energética.

1.0 - INTRODUÇÃO

Observa-se freqüentemente, na indústria têxtil brasileira, equipamentos e processos deficientes, cuja concepção não engloba o conceito de **Conservação de Energia**, por questões de obsolescência ou sobrevivência em um mercado internacionalmente fechado. Em função da atual globalização, o referido segmento industrial necessita urgentemente de estudos para substituições, modificações e/ou atualizações, como forma de redução de custos internos e sobrevivência, num mercado extremamente competitivo. O aspecto relacionado à **Qualidade de Energia** é também apresentado, já que se trata de

uma preocupação atual, e na maioria das vezes provocada pelos próprios equipamentos ou alterações de processo com objetivo de conservação.

No Brasil, 55% de toda energia elétrica produzida é utilizada na indústria (1). Destes, 40% são consumidos em motores elétricos, utilizados nas mais diversas aplicações, sejam em máquinas voltadas ao processo industrial, ou no acionamento de utilidades, como bombas, compressores, ventiladores, etc. Portanto 22% do consumo nacional destina-se à alimentação de motores, tornando-se desta forma, um tipo de carga atraente, do ponto de vista de conservação de energia elétrica. A seleção de um motor, que irá compor um acionamento, é normalmente determinada pelo critério de menor custo inicial, não considerando os custos de operação do equipamento durante sua vida útil.

A despeito da elevada parcela de energia que os motores representam na matriz energética industrial, é comum encontrar-se equipamentos operando por longo tempo em vazio, sem necessidade. Agravando ainda mais a situação de desperdício, característica do sistema motriz, há uma tendência generalizada em se especificar motores com potência significativamente superior à necessária, seja propositalmente ou por desconhecimento, sob a alegação de se manter uma potência de reserva que iria aumentar a confiabilidade do acionamento. Tais ações sobrecarregam os gastos com energia elétrica, de forma que todos os acionamentos industriais deverão ser minuciosamente estudados em todo programa de conservação de energia elétrica. As razões mais comuns do sobredimensionamento de motores elétricos encontrados na indústria são (2): desconhecimento das características da própria carga; desconhecimento de métodos para determinação de suas características; aplicação de sucessivos fatores de segurança nas

* Rua Aristeu Ribeiro de Resende 561 – Bairro Socorro - CEP 08790 - 000 – Mogi das Cruzes - SP - BRASIL
Tel.: (11) 4796-1178 - Fax: (11) 4796-7212 - E-MAIL: mcramos@netmogi.com.br

várias etapas do projeto; expectativa de aumento no carregamento; desconhecimento de motores com fator de serviço; permitir margem de segurança em processos vitais; substituição de motores danificados, por outros com potências maiores, devido à inexistência de motores de reserva iguais e, redução do nível de produção. Sendo portanto o motor elétrico, o equipamento de uso final de energia elétrica de maior importância nas atividades industriais, qualquer iniciativa que se desenvolva no sentido de aumentar a sua eficiência, trará grandes benefícios na conservação de energia elétrica. Há mais de vinte anos os fabricantes de motores elétricos vem desenvolvendo esforços para redução das perdas desses equipamentos e além de continuarem fabricando os motores denominados de linha padrão ou “standard”, apresentam uma linha de produtos denominada de motores de Alto Rendimento ou Eficiência Aumentada (3). A redução das perdas para obtenção de uma melhor eficiência, implicará em aumento dos custos de material e de processos de fabricação, sendo portanto, os motores de Alto Rendimento mais caros que os da linha padrão. Desta forma, a aplicação de motores de Alto Rendimento deverá ser feita, não considerando apenas o custo inicial de aquisição, mas principalmente os custos de operação (2).

2.0 METODOLOGIA

O tema deste artigo é dividido em duas partes, porém complementares. A primeira apresenta as características de operação das principais cargas industriais em geral, sendo portanto bastante descritiva, enquanto que a segunda analisa casos de desperdícios observados em uma indústria do ramo têxtil, e quais os procedimentos para sua correção. A metodologia utilizada, quando se trata de alterações já implementadas, baseia-se em medições de consumo antes e após essas mudanças. Para alterações que ainda não foram implementadas, as medições se referem à situação atual e as previsões de consumo foram obtidas através de simulações em programas específicos. Para o levantamento de campo das grandezas elétricas, inclusive com aspectos relacionados à qualidade, foi utilizado um analisador de harmônicas marca Fluke 41B. O valor do conjugado de partida foi obtido com um dispositivo mecânico especialmente construído para essa finalidade. Para medição dos parâmetros que caracterizam a qualidade de energia, no ponto de acoplamento comum com a concessionária, utilizou-se de um medidor/registrador eletrônico MARH 21. A metodologia para determinação de um novo motor elétrico que irá constituir um acionamento com maior eficiência energética, utiliza o programa de simulação BD motor, versão 2.3, do Cepel – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica da Eletrobrás. Esse programa possui um banco de dados de motores de indução trifásicos com potências compreendidas entre 0,25 e 250 cv, para tensões de 220, 380 e 440 V, a partir de informações de fabricantes nacionais. Além dessas informações é também possível efetuar análises por:

- comparação entre dois motores – neste módulo realiza-se a análise econômica para subsidiar o usuário, nas opções de compra, substituição ou reparo;

- verificação das condições de operação de um motor em uso – este módulo foi direcionado no sentido de dimensionar a carga no eixo através da medição de uma das três grandezas de fácil acesso: intensidade de corrente, rotação ou potência ativa de entrada.

Como resultado, o programa apresenta graficamente a posição do ponto de operação do motor e analisa suas condições de dimensionamento. Na falta do referido programa, a determinação da potência mecânica de saída poderá ser efetuada utilizando-se de curvas típicas fornecidas pelos fabricantes.

A metodologia proposta, é composta dos seguintes passos:

- 1- medição da potência ativa de entrada, utilizando-se de um analisador de potência, por exemplo, Fluke modelo 41B;
- 2- em posse desse valor, determina-se através do programa BD motor, a potência mecânica de saída, para o motor atual;
- 3- verifica-se qual é o carregamento nas condições atuais. Valores inferiores a 50% representam um atraste potencial de economia. No estudo de caso, o valor obtido para as fiadeiras foi de 35,69%, para as retorcadeiras de 58,64% e para as binadeiras-retorcadeiras, 19,51%.
- 4- observado um sobredimensionamento, um novo motor deverá ser proposto, levando em consideração duas condições básicas (4):
 - potência dinâmica ou de aceleração: é o valor necessário para acelerar a carga até a rotação nominal, num tempo inferior ao de rotor bloqueado. Esta potência depende das características da carga (inércia e conjugado).
 - potência nominal ou de regime: é o valor necessário para manter a carga em funcionamento em sua rotação nominal.
- 5- conhecendo-se o valor da potência mecânica de saída (item 2), seleciona-se um modelo de alto rendimento (BD motor) com potência nominal imediatamente superior. Observa-se que o motor proposto irá acionar a máquina praticamente a plena carga e conseqüentemente com uma potência elétrica de entrada menor, pois opera numa faixa de rendimento elevado.
- 6- Em seguida verifica-se se o motor proposto atende às condições de partida, ou seja, acelera a carga até sua velocidade de funcionamento, em um tempo inferior ao de rotor bloqueado, informado pelo fabricante. Para tal, precisamos conhecer as curvas de conjugado, do motor e da carga. Sabendo-se que máquinas de fiação são equipamentos para tração de fibras, e que estas possuem um conjugado praticamente constante e independente da velocidade, determina-se o valor do conjugado de partida utilizando-se de um dispositivo especialmente construído para essa finalidade, composto de alavanca de um metro de comprimento, dinamômetro e acessórios diversos. Compara-se este valor, com o obtido a partir da potência mecânica do item 2, utilizando-se da equação [1]:

$$M = \frac{P_{m(s)}}{2\pi n} \quad [1]$$

onde:

M – conjugado nas condições de operação (Nm);
 $P_{m(s)}$ – potência mecânica de saída (W) – item 2;
 n' – rotações por segundo (rps), do motor atual.

Verifica-se que o valor obtido com a equação [1] é praticamente igual ao medido com o dispositivo construído, confirmando que a máquina possui conjugado constante.

7- em seguida determina-se o conjugado médio acelerador graficamente, desde que se possua a curva do conjugado do motor atual, sob tensão nominal, em função da rotação. Esse valor é igual à diferença dos valores médios dos conjugados do motor e da carga, conforme nos apresenta a Figura 1 (5):

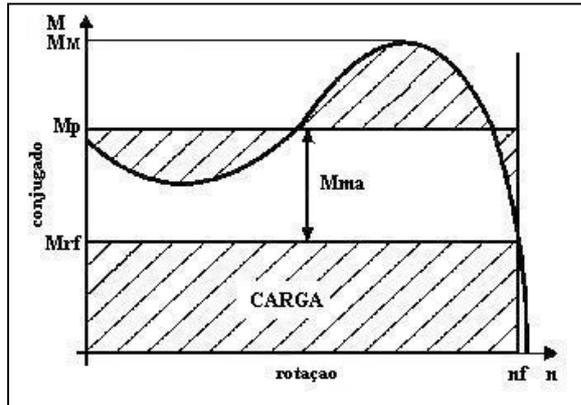


FIGURA 1- DETERMINAÇÃO DO CONJUGADO MÉDIO ACELERADOR

Na falta da curva do conjugado do motor, pode-se utilizar a equação [2], para determinação do conjugado médio acelerador, que para o caso de motores com categoria N ou H acionando cargas de conjugado constante vale (4) (6) :

$$M_{ma} = 0,45(M_p + M_M) - M_{rf} \quad [2]$$

onde:

M_{ma} – conjugado médio acelerador (Nm);
 M_p – conjugado de partida, do motor (Nm);
 M_M – conjugado máximo, do motor (Nm);
 M_{rf} – conjugado resistente, referido à rotação do motor (Nm).

Em caso de partida estrela-triângulo, os novos valores de conjugados de partida e máximo, para o motor serão (6):

$$M'_p = M_p \frac{1}{\sqrt{3}} \quad [3]$$

$$M'_M = M_M \frac{1}{\sqrt{3}} \quad [4]$$

onde:

M'_p – conjugado de partida à tensão reduzida (Nm);
 M'_M – conjugado máximo à tensão reduzida (Nm).

8- não sendo conhecido o valor do momento de inércia da máquina, como normalmente ocorre na prática, podemos determinar esse valor, medindo o tempo de aceleração nas condições atuais:

$$M_{ma} = J \frac{d\omega}{dt} \quad [5]$$

onde:

M_{ma} – conjugado médio acelerador nas condições atuais (Nm) – item 7;
 J – momento de inércia total (rotor do motor atual + máquina) – (kgm^2);
 ω – velocidade angular (rad/s);
 t – tempo de aceleração (s).

A mesma equação expressa em valores de (rpm) e (kgfm), será (5):

$$t = \frac{J \cdot n}{9363 M_{ma}} \quad [6]$$

onde:

n – rotações por minuto (rpm), nas condições atuais, ou ainda:

$$J = \frac{9363 t M_{ma}}{n} \quad [7]$$

O momento de inércia da máquina será:

$$J_{maq} = J - J_{rotor} \quad [8]$$

9- em seguida calcula-se o conjugado médio acelerador e o tempo de aceleração para o motor proposto, utilizando-se das equações [2] e [6]. Caso o motor proposto não tenha condições de acelerar a máquina em um tempo inferior ao de rotor bloqueado, deve-se efetuar o estudo para outro motor de mesma potência, mas com conjugados de partida e máximo superiores. Somente após verificação de todos os modelos de mesma potência é que deveremos iniciar o estudo para a potência imediatamente superior. Tal procedimento evita a utilização de motores com potências elevadas, apenas para efetuar partida na máquina e conseqüentemente operar com sobredimensionamento. Antes da aquisição de um novo motor, uma verificação na qualidade da rede de alimentação deverá ser feita, principalmente no tocante ao grau de desequilíbrio de tensão e harmônicas (2).

3.0 ESTUDO DE CASO

O estudo da conservação de energia elétrica considerando sua qualidade foi desenvolvido em uma indústria têxtil, produtora de linhas para costura, que atua nos segmentos industrial e doméstico (7). Possui o processo de produção completo, ou seja, fiação, tinturaria e enrolamento, atendendo aos seguintes segmentos na área industrial: confecções de roupas masculina e feminina, moda íntima, jeans, cama mesa e banho, esportivo e artigos técnicos. No segmento doméstico, atende aos setores de atacado, redes de

supermercados e os armários em geral. As cargas industriais que compõem o processo de fabricação da referida indústria, poderão ser classificadas em três principais grupos: força motriz, aquecimento e iluminação.

3.1 Motores Elétricos

A indústria têxtil em estudo, caracteriza-se pela grande quantidade de motores com pequenas potências, para acionamento de máquinas de bobinagem no setor de enrolamento. O número total de motores é de 904, com potências compreendidas entre 0,01 a 60 cv, perfazendo um total de 2101 cv. Os motores com potência inferior a 1 cv, representam 70% do total em termos de quantidade, mas somente 4% em termos de potência. No setor de fiação, de uma forma geral, observa-se o sobredimensionamento de motores elétricos para acionamento de máquinas de estiragem e retorção, devido aos seguintes motivos:

- normalmente as fiadeiras e retorcedoras são projetadas para um elevado número de fusos e, na maioria das vezes, por questões de espaço, o cliente as encomenda com um número bem inferior. Neste caso o fabricante não redimensiona o acionamento da máquina;
- com objetivo de obtenção de partidas lentas, sobredimensionam-se os motores elétricos, para obtenção de conjugados suficientes ao acionamento, utilizando-se partida estrela-triângulo.
- máquinas projetadas para processamento de fios grossos, são utilizadas para fios finos.

3.2 Aquecimento

Até 1990, o processo de secagem utilizado pela referida empresa constava de 3 secadores elétricos, tipo prateleiras, com potência unitária de 15 kW e capacidade de 340 kg de material (seco), provenientes do processo de tingimento. Devido ao elevado tempo de processamento e consumo de energia elétrica, foi efetuado um estudo para substituição não só dos secadores, mas também uma alteração no processo. Na época, após a secagem com duração de 8 h, a 80°C, o material tingido recebia um banho de silicone, em máquinas específicas denominadas de rocadeiras e, novamente era transportado para os secadores, onde permanecia por mais 8h na mesma temperatura. Considerando-se os tempos de colocação, retirada e transporte, o processo de secagem e acabamento de 340 kg de material, duravam 34 h. O processo de acabamento com silicone atualmente é feito juntamente com o processo de tingimento, de forma que as rocadeiras tornaram-se desnecessárias e, a utilização de um secador contínuo de rádio frequência, diminuiu o tempo de processamento para 3 h. Inúmeras foram as vantagens decorrentes da alteração do processo:

- diminuição de 31 h no tempo de processamento;
- processo contínuo sem tempo de espera e transporte;
- redução do consumo de energia elétrica;
- redução no valor da potência requerida;
- redução de 3 operadores de rocadeiras;
- redução de espaço;
- melhora na qualidade do produto, uma vez que o

aquecimento proveniente da rádio frequência não aquece as fibras de poliéster.

3.3 Iluminação

A área industrial da referida empresa é iluminada com 472 luminárias tipo TCK 426 – Philips, composta de 2 lâmpadas fluorescentes de 110 W e reator eletromagnético. Atualmente, quando necessária a substituição de reatores, utiliza-se de modelo eletrônico, cujo fabricante foi decidido após testes com 5 marcas diferentes. Embora sejam inúmeras as vantagens, foi considerado apenas a economia de energia elétrica e a redução do valor da potência proporcionada, uma vez que ainda não se possui resultados em torno da vida útil das lâmpadas e reatores.

3.4 Injetoras

Para acondicionamento das linhas para costura, a Empresa possui cinco injetoras de termoplásticos, onde confeccionam-se tubetes carretéis e espulas em polipropileno e poliestireno. A matéria prima vem acondicionada em sacos plásticos sob a forma granulada, sendo injetada a uma temperatura de 200°C. O cabeçote injetor é aquecido eletricamente por resistências do tipo colar, montadas externamente ao mesmo, sendo o controle de temperatura através de termopares. Observa-se nesse setor da máquina, grande desperdício de energia elétrica, pois atualmente não se nota a preocupação dos fabricantes de máquinas de injeção em isolar termicamente o cabeçote, como forma de minimizar essas perdas. Os cabeçotes possuem basicamente forma cilíndrica oca, podendo, devido a sua semelhança, ser isolados com as mesmas canaletas isolantes utilizadas no isolamento de tubulações de vapor. As referidas peças são confeccionadas a base de silicato de cálcio ou fibra de vidro, podendo operar a temperaturas de até 650°C, fornecidas em espessuras de 1" até 3", conforme a necessidade do isolamento. Em consulta ao catálogo técnico de um fabricante, selecionou-se canaletas para tubulações de 5", que é exatamente o diâmetro externo do cabeçote das referidas injetoras. Para esse diâmetro, a uma temperatura de 200°C, as perdas de calor, por metro de tubulação, são respectivamente: sem isolamento = 1301 kcal/h; com isolamento de 1" de espessura = 82 kcal/h.

3.5 Resultados do Estudo de Conservação de Energia

A Tabela 1 apresenta os resultados da economia anual de energia elétrica obtida com as ações conservacionistas apresentadas. O valor total atingiu cerca de 20% do consumo anual da referida Empresa.

TABELA 1: ECONOMIA ANUAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Cargas	Economia Anual (kWh)
Motores Elétricos	217764
Secador de R.F.	154080
Iluminação	388776
Injetoras	44640
TOTAL	805260

A Tabela 2 apresenta o valor da redução de potência decorrente das mesmas ações, valor este, que poderá ser negociado junto à Concessionária para redução dos valores das demandas contratadas.

TABELA 2: REDUÇÃO DE POTÊNCIA

Cargas	Redução de Potência (kW)
Motores Elétricos	36,06
Secador de R.F.	27,00
Iluminação	51,92
TOTAL	114,98

A Tabela 3 apresenta os valores do tempo de retorno do investimento, calculado separadamente para cada caso estudado. Comparando-se este valor com o tempo de vida útil dos novos equipamentos, conclui-se que os investimentos necessários, do ponto de vista econômico, foram bastante atraentes.

TABELA 3: RETORNO DO INVESTIMENTO E VIDA ÚTIL DOS NOVOS EQUIPAMENTOS

Cargas	TRI (anos)	Vida útil (anos)
Motores Elétricos	1,96	10
Secador de RF	6,87	25
Iluminação	0,82	10
Injetoras	0,19	5

3.6 Verificação dos parâmetros que caracterizam a qualidade de energia elétrica

Com objetivo de garantir os resultados positivos obtidos nos estudos de conservação de energia elétrica, foi necessária a verificação dos parâmetros que caracterizam a qualidade de energia, para que se possa separar as perturbações provenientes do fornecimento de energia elétrica pela concessionária, daquelas originadas no interior da Empresa, muitas vezes decorrentes das próprias atitudes conservacionistas.

3.6.1 Nível de tensão

A função distribuição de tensão, conforme apresentado na Figura 2, demonstrou que o nível da tensão fornecida pela concessionária ficou dentro dos limites de +5% e -7,5%.

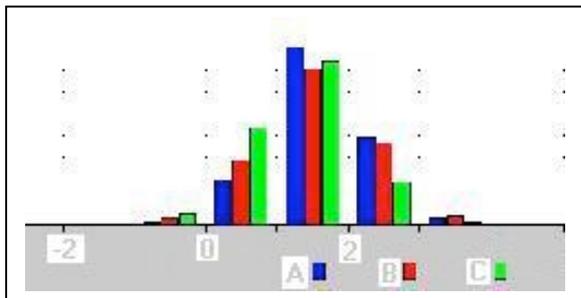


FIGURA 2 – FUNÇÃO DISTRIBUIÇÃO DE TENSÃO

3.6.2 Variações momentâneas de tensão

Durante o período de medição, foram registradas oito afundamentos momentâneos de tensão, sendo que dois desses eventos provocaram desligamento da subestação da concessionária. As demais ocorrências, apresentaram amplitudes variando de 0,77 a 0,88 do valor nominal, com duração de 1,13 a 2,19 ciclos, e foram provocadas por transientes aleatórios do Sistema Elétrico Interligado, conforme informação da própria Concessionária. Essas variações situam-se na região aceitável da curva CBEMA – Computer & Business Equipment Manufacturers Association, conforme Figura 3:

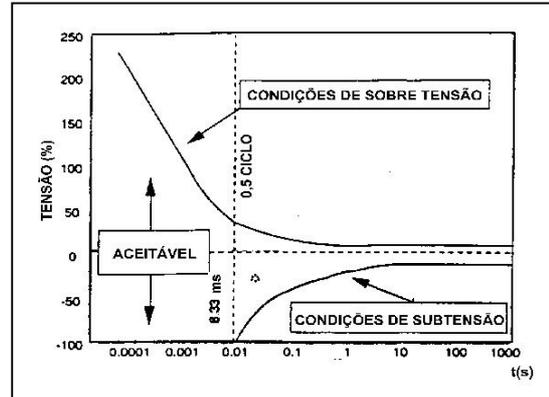


FIGURA 3 – CURVA CBEMA

3.6.3 Distorção harmônica total de tensão

O máximo valor da distorção harmônica de tensão foi igual a 4,10%. Como em nosso País não existem normas sobre o assunto, utilizou-se do documento "Critérios para atendimento a consumidores com cargas especiais", Gcoi-Eletróbrás/1993. Pode-se observar, pela Figura 4, que o valor da distorção harmônica total de tensão, medido no ponto de acoplamento comum com a concessionária, encontra-se abaixo dos 6%, que é o limite estabelecido pelo referido documento.

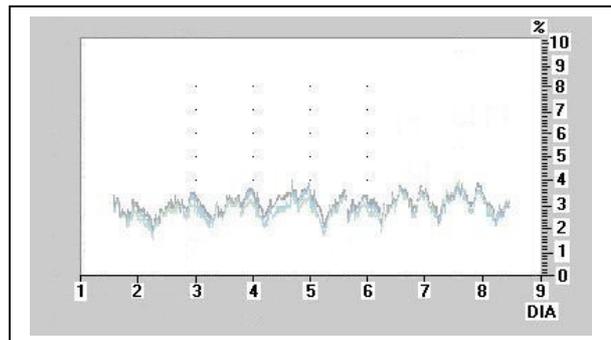


FIGURA 4 – DISTORÇÃO HARMÔNICA TOTAL DE TENSÃO

3.6.4 Distorção harmônica total de corrente

O máximo valor da distorção harmônica total de corrente, durante os horários produtivos, foi de 9,11%. Durante o final de semana, com a fábrica sem atividade e com os capacitores energizados junto aos transformadores, a distorção harmônica total de corrente aumentou para 26,9%, podendo inclusive,

ocorrer fenômenos de ressonância com a conseqüente danificação dos capacitores. A Figura 5 apresenta as variações dessa grandeza ao longo do período de medição.

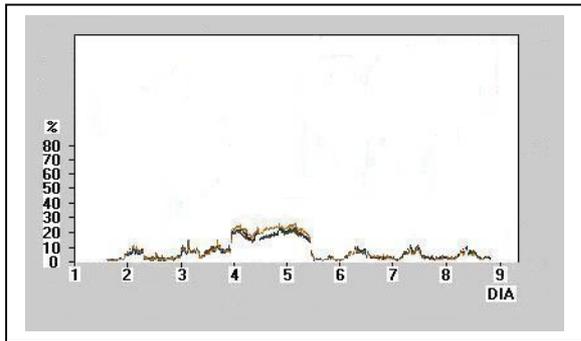


FIGURA 5 – DISTORÇÃO HARMÔNICA TOTAL DE CORRENTE

3.6.5 – Grau de desequilíbrio de tensão

A Figura 6 apresenta os valores do grau de desequilíbrio de tensão, medido segundo o método das componentes simétricas, durante o período informado. O maior valor encontrado foi igual a 0,27%, valor este que garante um sistema praticamente equilibrado (3).

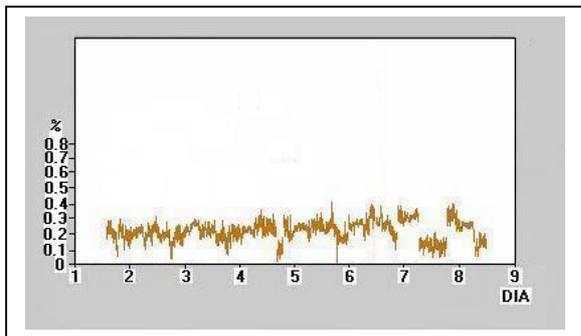


FIGURA 6 – GRAU DE DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

4.0 CONCLUSÕES

Conclui-se durante a realização deste trabalho, que os estudos para conservação de energia não são complexos, são de fácil implementação e na maioria dos casos, autofinanciáveis pela economia proporcionada. A grande maioria de motores sobredimensionados confirma não só a falta de critérios mais apurados dos fabricantes de equipamentos nacionais, mas também a falta de interesse em investir em pesquisas e desenvolvimento tecnológico.

Por outro lado, a preocupação do empresário brasileiro com o lucro imediato impede que se invista a médio e

longo prazos, como é o caso da substituição de equipamentos inadequados por outros mais eficientes(8).

Outro lado positivo foi a verificação de que as atitudes conservacionistas implantadas não comprometeram o aspecto da qualidade de energia. As medições efetuadas pela concessionária, embora por um período de apenas uma semana, serviram para maior conhecimento dos valores dos parâmetros que caracterizam a qualidade de energia elétrica. A indústria estudada, possui processos sensíveis a desligamentos. As interrupções de energia, no processo de fiação provocam embaraços nos fios, enquanto nos processos de tingimento, a manutenção da temperatura é muito importante. Normalmente afundamentos de tensão que provocam desligamentos, acarretam horas de retrabalhos, muitas vezes com total comprometimento da qualidade dos produtos processados. Os recursos materiais utilizados, compostos por instrumentos de medição e programas computacionais para simulações, mostraram-se bastante válidos, de fácil utilização e interpretação dos resultados.

5.0 BIBLIOGRAFIA

- (1)-MATA, R.O. Cemig dá bonus na compra de motores de alto rendimento. Eletricidade Moderna. São Paulo. SP. n.323, fev.2001. pp.18-20.
- (2)-CEPEL-ELETROBRÁS. Guia Operacional de Motores Elétricos. Versão 1.0. Rio de Janeiro. RJ. 1998. pp. 61-60, 71, 151-155.
- (3)-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7094 –Máquinas elétricas girantes – Motores de Indução-Especificação. Nov.1996. pp.28-29
- (4)-WEG. Especificação de Motores Elétricos – DT 01. 1990. Jaraguá do Sul. SC. pp.41-44.
- (5)-SIEMENS. Motores Assíncronos Trifásicos – Instruções Gerais e Bases para Estudo de Projetos. São Paulo. SP. 1972. pp.13-15.
- (6)-LOBOSCO, O.S. Seleção e Aplicação de Motores Elétricos. McGraw-Hill. São Paulo. SP. 1988. pp.42-43.
- (7)-RAMOS, M.C.G. A conservação, considerando aspectos relacionados à qualidade de energia elétrica na indústria têxtil: estudo de caso. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Jun.2002. 145p.
- (8)-MARACH, L.C. Metodologia para determinar a substituição de motores superdimensionados. Eletricidade Moderna. São Paulo. SP n.329, ago. 2001. pp.220-229.