

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Energia e
Automação Elétricas

ISSN 1413-2214
BT/PEA/0214

A Conservação, Considerando
Aspectos Relacionados à Qualidade
de Energia Elétrica na Indústria
Têxtil: Estudo de Caso

Mário César Giacco Ramos
Aderbal de Arruda Penteado Junior

1275 494

São Paulo – 2002

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Mário César Giacco Ramos, sob orientação do Prof. Dr. Aderbal de Arruda Penteado Junior: "A Conservação, Considerando Aspectos Relacionados à Qualidade de Energia Elétrica na Indústria Têxtil: Estudo de Caso", defendida em 04/06/2002, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica da USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ramos, Mário César Giacco

A conservação, considerando aspectos relacionados à qualidade de energia elétrica na indústria têxtil : estudo de caso / M.C.G. Ramos, A.A. Penteado Júnior. – São Paulo : EPUSP, 2002.

12 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, BT/PEA/0214)

1. Conservação de energia elétrica 2. Energia elétrica (Qualidade) I. Penteado Júnior, Aderbal de Arruda II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas III. Título IV. Série
ISSN 1413-2214

CDD 621.374
621.31

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

Mário César Giacco Ramos

Orientador: Prof. Dr. Aderbal de Arruda Penteado Jr.

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 da energia suprida.

Abstract: This work shows the importance of energy efficiency programs in textile industries. The dissertation illustrates this issue by applying energy saving procedures for a specific case study. At the consumers and utilities point-of-views, the procedures result in both technological and economical benefits. The many phases of an energy saving and management program are described in detail. Power quality aspects are also considered in this work.

- 1. Introdução-** Observa-se frequentemente, 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 provocado pelos próprios equipamentos ou alterações de processo com objetivo de conservação.
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 correção. Grande parte das informações aqui contidas são as recomendadas pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel, órgão ligado à Eletrobrás e Agência para Aplicação de Energia, infelizmente extinta e que antes das privatizações, atendia às empresas de energia elétrica do Estado de São Paulo. Para o levantamento das grandezas elétricas, principalmente as relacionadas ao aspecto da qualidade de energia, utilizou-se de um analisador de harmônicas e, outro de qualidade de energia.
Os equipamentos de funcionamento contínuo, típicos de uma fiação, como fiadeiras e retorceadeiras, a medição foi instantânea
- 2. Metodologia-** O tema deste artigo é dividido

pois verificou-se ser desnecessário medições envolvendo grandes períodos. Já, as cargas com regime de trabalho variado, típicas de máquinas de tingimento e enrolamento, a medição foi executada por longo período, abrangendo pelo menos um ciclo completo de operação. Para os estudos dos acionamentos motrizes, foi construído um dispositivo para medição do conjugado de partida, constando de braço de alavanca com dinamômetro, além de outros acessórios. A metodologia utilizada, nas alterações já implementadas, baseia-se em medições de consumo antes e após essas mudanças. Alterações que ainda não foram implementadas, as medições se referem à situação atual e as previsões de consumo foram obtidas através de simulação em programas específicos, como é o caso dos motores elétricos. A metodologia para determinação de um novo motor elétrico que irá constituir um acionamento com maior eficiência energética, compõem-se dos seguintes passos:

- 1- medição da potência ativa de entrada, utilizando-se um analisador de potência, marca Fluke modelo 41B;
- 2- em posse desse valor e utilizando-se do programa de simulação do Cepel, BD motor, versão 1.0, determina-se 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 retorcedeiras, 58,64% e para as binadeiras-retorcedeiras, 19,51%.
- 4- observado um sobredimensionamento, um novo motor deverá ser proposto, levando em consideração duas condições básicas:
 - 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 funcionando 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 novo 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 tempo inferior ao tempo de rotor bloqueado, informado pelo fabricante. Para tal, precisamos conhecer a curva do conjugado resistente da carga

e do motor. Sabendo-se que máquinas de fiação são máquinas de tração, e que estas possuem um conjugado praticamente constante e independente da velocidade, determina-se o valor do conjugado de partida, utilizando-se de um sistema especialmente construído para essa finalidade, composto de alavanca de 1 metro de comprimento, dinamômetro e acessórios diversos. Compara-se este valor, com o obtido a partir da potência mecânica do item 2:

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

onde:

M – conjugado nas condições de operação [Nm];
 $P_{m(s)}$ – potência mecânica de saída- [W]- item 2;
 n' - rotações por segundo [s^{-1}].

Verifica-se que o valor obtido através do cálculo, 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, 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 [1]:

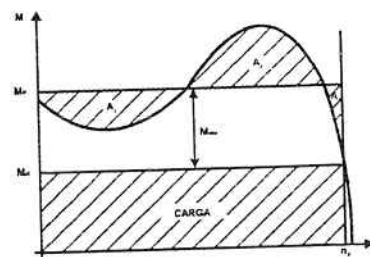


Fig. 1 – determinação do conjugado médio acelerador

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

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

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, serão [2]:

$$M'_p = M_p \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \right)^{2,2} \quad (3)$$

$$M'_M = M_M \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \right)^2 \quad (4)$$

onde:

M'_p – conjugado de partida à tensão reduzida [Nm];

M'_M – conjugado máximo à tensão reduzida [Nm];

M_p – conjugado de partida sob tensão nominal [Nm];

M_M – conjugado máximo sob tensão nominal [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 do motor atual – [Nm] – item 7;

J – momento de inércia total (rotor do motor atual + máquina) – [kgm²];

ω – velocidade angular – [rad/s];

t – tempo de aceleração- [s].

a mesma equação expressa em valores de [rpm] e [kgfm], será [1]:

$$t = \frac{J.n}{93,63 M_{ma}} \quad (6)$$

onde:

n – rotações por minuto, nas condições atuais

$$\text{ou ainda: } J = \frac{93,63.t.M_{ma}}{n} \quad (7)$$

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 as expressões: (2) e (6).

Caso o referido 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. Em caso de partida sob tensão reduzida, calcular o novo valor do tempo de rotor bloqueado conforme equação (9) [3]:

$$t'_{rb} = t_{rb} \left(\frac{U_n}{U_r} \right)^2 \quad (9)$$

onde:

t'_{rb} – tempo de rotor bloqueado com partida à tensão reduzida – [s];

t_{rb} – tempo de rotor bloqueado a plena tensão – [s];

U_n – tensão nominal – [V];

U_r – tensão reduzida – [V];

Somente após a 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 e instalação do novo motor, uma verificação na qualidade da rede de alimentação deverá ser feita, principalmente no tocante ao grau de desequilíbrio de tensão e harmônicas [4] [5] [6].

3. Determinação do potencial de economia

O desperdício de energia elétrica pode ocorrer em qualquer ponto de uma indústria, sendo portanto importante a análise das condições atuais antes de se tomar qualquer decisão. Dependendo da atividade, o potencial de conservação pode ser bastante variado[7]. Para facilidade de entendimento, o referido capítulo foi dividido em cinco partes: conta de energia elétrica, motores elétricos, condutores elétricos, iluminação e aquecimento. Em cada item é apresentado um estudo teórico sobre as atuais tecnologias de projeto e de materiais, bem como a aplicação de modernas técnicas de controle com utilização de eletrônica de potência, sempre voltados à obtenção de equipamentos energeticamente mais eficientes, baratos e confiáveis.

3.1-Conta de Energia Elétrica- Em toda indústria, a determinação dos desperdícios de energia elétrica se inicia com a análise das contas mensais de fornecimento, onde poderemos verificar as condições de utilização e possibilidades de economia. As tarifas de energia

elétrica em vigor possuem dois componentes básicos, em sua estrutura de preço, ou seja: um relativo à demanda de potência, medido em kW ou MW e outro, ao consumo de energia elétrica, medido em kWh ou MWh. Por outro lado, as tarifas poderão ainda ser convencionais ou horosazonais. Estas últimas consideram preços diferenciados da energia utilizada em certos períodos do ano e horas do dia, com objetivo de:

- 1- incentivar o deslocamento de parte da carga do consumidor para os horários em que o sistema elétrico estiver menos carregado;
- 2- orientar o consumo de energia elétrica para períodos do ano em que houver maior disponibilidade de água nos reservatórios das usinas.

Esses procedimentos levarão o mercado à utilização mais racional de energia, compatível com a capacidade de geração e distribuição do sistema elétrico interligado.

3.2- Motores Elétricos

3.2.1- Introdução- No Brasil, 55% de toda energia elétrica produzida é utilizada na indústria [8]. Destes, 40% são consumidos por motores elétricos, utilizados nas mais diversas aplicações, sejam em máquinas voltadas ao processo industrial, ou no acionamento de sistemas 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 do 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 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 [9]:

- desconhecimento das características da própria carga;

- desconhecimento de métodos para determinação de suas características;
- aplicação de sucessivos fatores de segurança nas 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;
- redução do nível de produção.

Para o caso de regimes variados, deve-se determinar o valor da Potência Equivalente, ou seja, aquela que em regime contínuo, produziria efeitos térmicos iguais aos da carga real. Este regime caracteriza-se pela sucessão, em cada ciclo, de intervalos com carga requerida, intervalos com operação em vazio ou repouso. Assemelha-se aos regimes S3 e S6, mas a cada intervalo em carga, a potência requerida pode assumir um valor diferente [4]. Se as inércias são pequenas e pode-se desprezar o seu efeito térmico nas partidas e frenagens, a potência nominal equivalente pode ser determinada de maneira simples, calculando-se o valor eficaz, também denominado valor médio quadrático, durante o ciclo de trabalho, conhecendo-se os valores de potências instantâneas e seus tempos de duração [2]. Caso o fabricante não forneça o ciclo de operação do equipamento, pode-se determiná-lo com auxílio de um motor experimental de características conhecidas e com potência suficiente para acionar a carga. Neste caso, o valor da potência equivalente é:

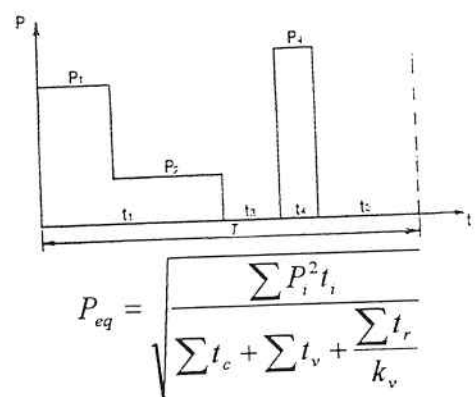


Fig. 2 – ciclo de operação e potência equivalente

onde:

$\sum P_i t_i$ – somatória da função indicada para todos os intervalos elementares t_i . Os intervalos em repouso e em vazio podem ser desprezados, já que neles $P_i = 0$;

Σt_c – tempo total em que o motor permanece em carga;

Σt_v – tempo total em que o motor permanece em vazio;

Σt_r – tempo total em que o motor permanece em repouso;

k_v – constante que depende da forma de refrigeração do motor, igual a:

1 – casos em que a refrigeração independa do funcionamento do motor, como em motores totalmente fechados sem ventilação ou motores com ventilação forçada;

3 – para casos em que a refrigeração está vinculada ao funcionamento do motor.

3.2.2- Acionamentos com velocidade variável-

Determinadas atividades industriais exigem o emprego de sistemas de acionamento com velocidade variável em função do processo de fabricação, tais como: laminação, máquinas de tração, máquinas de levantamento de carga, etc. Todavia existe uma serie de aplicações industriais, onde a utilização de acionamentos com velocidade variável apresentaria uma significativa economia de energia elétrica. São equipamentos que operam em diversas condições em função de parâmetros exigidos no processo, tais como: bombas, ventiladores, aspiradores, insufladores, compressores, etc., cujos métodos clássicos de regulação consistem geralmente, na introdução de perdas de carga suplementares na rede, como por exemplo, o estrangulamento através de válvulas. Os equipamentos mais utilizados atualmente, para a variação da velocidade de motores de indução são os conversores de frequência, que a partir de uma rede elétrica com frequência constante, efetuam sua retificação e posteriormente, através de chaveamentos estáticos, em semi condutores de alta frequência de comutação, fornecem ao motor, tensões com frequências variáveis. Considerável economia de energia elétrica é obtida na aplicação de bombas centrífugas com acionamentos variáveis [10]. Nessas cargas, a potência requerida é proporcional à rotação elevada ao cubo.

3.2.3- Motores de Alto Rendimento- Sendo o motor elétrico, o equipamento de uso final de energia elétrica de maior importância nas atividades industriais e outras, 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 a 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. A figura 3

apresenta um gráfico comparativo das duas linhas de produtos [6]:

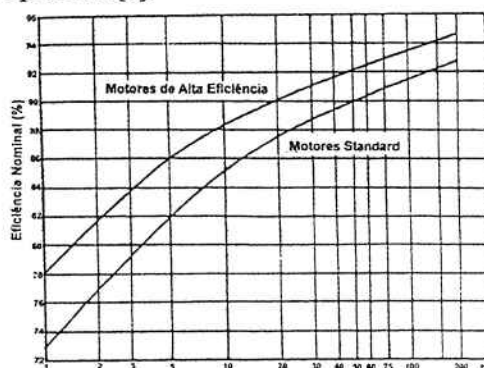


Fig. 3 – eficiências de motores elétricos de indução, 4 polos, cat. B

A redução das perdas, para obtenção de uma melhor eficiência, implicará em aumento de custos de material e de processos de fabricação, sendo portanto, os motores de Alto Rendimento, mais caros que os da linha padrão. No entanto, a sua utilização pode trazer grande economia de energia em pouco tempo. Portanto, a aplicação de motores de Alto Rendimento deverá ser feita, não considerando apenas o custo inicial de aquisição, mas principalmente os custos de operação [9].

3.3- Condutores Elétricos – A função de um condutor elétrico é transportar a energia elétrica de forma mais eficiente possível, desde uma fonte até o ponto de utilização, mas infelizmente devido a sua resistência elétrica, uma parte da energia é dissipada sob forma de calor. Os materiais utilizados atualmente como condutor elétrico, são o cobre e o alumínio, e os materiais isolantes, o cloreto de polivinila (PVC), polietileno (PE), polietileno reticulado (XLPE) e a borracha de etileno propileno (EPR). As temperaturas máximas para serviço contínuo, para os referidos materiais, são PVC e PE – 70°C; XLPE e EPR – 90°C.[11] Observa-se portanto, que as isolações modernas, permitem que os condutores operem a temperaturas elevadas, bem superior ao valor da temperatura ambiente, o que sob o ponto de vista ambiental e conservacionista, representam desperdícios de energia, fatores cada vez mais preocupantes. Deve ser observado que as perdas térmicas geradas nos condutores elétricos são também proporcionais à queda de tensão produzida nos mesmos, prejudicando desta forma, o funcionamento correto das cargas, uma vez que podem operar em regime de subtensão. Deste modo, é de bom senso supor, que nas fases de projeto, os condutores elétricos devam ser selecionados de forma a reduzir, na prática, as perdas de energia. Poderia-se, teoricamente, reduzir as perdas de energia a valores

insignificantes, aumentando-se a seção transversal dos condutores. Entretanto, tal procedimento representa aumento dos custos envolvidos na aquisição dos condutores elétricos. Para atender às duas condições simultaneamente, ou seja, melhoria na eficiência operacional dos condutores com menor custo envolvido, devemos introduzir o critério da seção transversal econômica [12], juntamente com os critérios técnicos para dimensionamento dos condutores elétricos.

A melhor ocasião para considerar tal procedimento, é na fase de projeto, quando os custos adicionais são marginais, pois após a instalação dos condutores, torna-se mais caro e difícil, a incorporação de melhorias a um circuito. O problema central consiste em se identificar uma seção condutora que reduza o custo da energia desperdiçada sem no entanto introduzir custos iniciais excessivos de aquisição e instalação dos condutores elétricos. Para a determinação da seção transversal de um condutor recorremos a seis critérios técnicos [11]: capacidade de condução de corrente, queda de tensão, mínima seção normalizada, sobrecarga, curto circuito e contatos indiretos. É importante lembrar que o dimensionamento pelos critérios técnicos conduz à menor seção possível do condutor, que não compromete a segurança, a qualidade e a durabilidade da instalação elétrica. No entanto, quanto menor a seção condutora, maior o valor da sua resistência elétrica e, conseqüentemente, maior perda de energia ao longo do circuito. A seção econômica (SE), pode ser calculada através das expressões [12]:

$$SE = \frac{I_B}{C_h C_n} \sqrt{\frac{e}{G'}} \quad (10)$$

$$C_h = \frac{2,66}{\sqrt{H}} \quad (11)$$

$$C_n = \frac{0,69}{\sqrt{1 - 0,937^N}} \quad (12)$$

$$G' = \frac{PR_{(I)2} - PR_{(I)1}}{S_2 - S_1} \quad (13)$$

Sendo:

I_B – corrente de projeto – [A];
 e – tarifa de consumo – [R\$/kWh];
 G' – custo do cabo, em [R\$/mm². km];
 H – número de horas / ano de funcionamento do circuito;
 N – número de anos considerados no cálculo;

$PR_{(I)1}$ e $PR_{(I)2}$ – preço dos condutores por unidade de comprimento – [R\$/km];

S_1 e S_2 – seções transversais dos condutores – [mm²].

3.4- Iluminação

3.4.1- Introdução- Com o objetivo do aumento da eficiência dos sistemas de iluminação e como consequência a diminuição do consumo de energia elétrica, resultando desta forma na sua própria conservação, esforços tem sido concentrados pelos fabricantes de fontes de luz e luminárias, concessionárias, universidades, centros de pesquisa, etc. Tanto para novos projetos e aplicações, quanto para atualização de sistemas existentes, novos materiais e tecnologias se tornaram uma preocupação constante em função dos custos atuais da energia elétrica. A adequação das instalações existentes sob o aspecto de maior eficiência energética, muitas vezes é apresentada sob denominações variadas, tais como: renovação, reabilitação ou “retrofit” das instalações de iluminação, um tema relativamente jovem com grande potencial de expansão no Brasil. A ideia inicial nasceu na área de iluminação, em grandes escritórios, equipados com luminárias antigas e de baixa eficiência em relação às atuais e, que não atendiam aos valores dos níveis de iluminância estipulados pela norma NBR 5413, em sua última atualização [13]. Aproveitando parte da infraestrutura existente, tais como: calhas, circuitos e painéis de distribuição, sistemas de fixação, etc., desde que atendessem às normas técnicas vigentes, os primeiros passos foram dados, pois ainda hoje é a alternativa mais econômica, utilizando-se de fontes de luz mais eficientes, aplicando-se refletores de alumínio polido ou anodizado às luminárias, substituindo-se os reatores eletromagnéticos convencionais por eletrônicos, entre outras alterações. O conceito principal é agregar novas tecnologias, objetivando modernização, conforto, melhor desempenho, atendimento às normas a um custo adequado à nossa realidade, sem esquecer da conservação de energia elétrica.

3.4.2- Elementos para maior eficiência – Dentro do contexto de conservação de energia elétrica, o item iluminação apresenta uma importante participação e, considerando aplicações de sistemas mais eficientes, disponíveis no mercado, atualmente, é possível economizar 30% desta energia [14]. A tabela 1 – construída a partir de informações de fabricantes, apresenta os valores da eficiência energética para os tipos atuais de fontes de luz utilizadas em sistemas de iluminação, onde pode-se observar que as lâmpadas de descarga em gases a baixa pressão

(fluorescentes) e as de alta pressão (multivapores metálicos e sódio), são as que apresentam os melhores índices:

Tabela 1 – eficiência energética de fontes de luz atuais

Tipo de lâmpada	Valor máximo da eficiência (lm/W)
Incandescente	12
Halógena	18
Mista	28
Vapor de merc. A.P.	55
Fluorescente T12	67
Fluorescente compacta	80
Multivapores metálicos	85
Fluorescente com camada trifósforo	90
Vapor de sódio híbrida	97
Vapor de sódio pura	120

As lâmpadas de descarga em gases ou vapores metálicos, apresentam resistência interna baixa e portanto necessitam ser ligadas à rede de alimentação através de reatores, que além de proporcionarem o controle e estabilização da intensidade de corrente da lâmpada, fornecem condições necessárias para a ignição da mesma que, em alguns tipos específicos necessitam de elemento de ignição extra denominado normalmente de ignitor ou starter. Cada tipo de lâmpada de descarga possui características elétricas diferenciadas, portanto sua utilização depende de reatores específicos [15]. O sistema de iluminação equipado com reatores eletrônicos apresenta eficiência energética bem superior ao eletromagnético, a um custo praticamente igual. Eletricamente o reator eletrônico consta de circuito retificador, filtro e oscilador, para uma faixa de 20 a 50 kHz. É um fato conhecido, já há muitos anos, que uma lâmpada fluorescente apresenta sua máxima eficiência operando em frequências próximas a 30 kHz [15]. A utilização do reator eletrônico nos sistemas de iluminação, traz as seguintes vantagens [16]:

- economia de energia da ordem de 30%;
- a menor intensidade de corrente exigida para o funcionamento da lâmpada traz como consequência aumento da sua vida útil em cerca de 50%;
- manutenção do nível de iluminância, mesmo com variações de tensão da ordem de 10%; e
- tamanho e peso reduzido, além da ausência de ruído.

Através de estudos baseados em comprovações práticas, chegou-se à conclusão que para um mesmo nível de fluxo luminoso fornecido, os sistemas de iluminação que utilizam reatores

eletrônicos, apresentam uma distorção harmônica de corrente inferior aos que empregam reatores eletromagnéticos, além de apresentarem menores perdas[17]. Desta forma constata-se que os reatores eletrônicos representam um avanço na área de iluminação com lâmpadas de descarga, atendendo à necessidade atual de utilização racional da energia elétrica, sem no entanto provocar elevados impactos quanto ao aspecto da sua qualidade. Ainda, oferecem a opção de controle da intensidade luminosa, requisito hoje indispensável na automação predial. Embora, possuindo todas as vantagens mencionadas, cuidados necessários na sua aquisição deverão ser tomados, tais como:

- a especificação deverá ser detalhada envolvendo as normas pertinentes;
- realização de ensaios de recebimento para verificação do cumprimento das especificações;
- estudos de viabilidade técnico-econômica como forma de comprovar suas vantagens, e;
- avaliação dos impactos causados no sistema elétrico, analisando a distorção harmônica.

3.5 – Aquecimento

3.5.1-Introdução- Muitos processos industriais necessitam de calor, mas o aquecimento convencional, obtido pela queima de combustíveis, reações químicas ou por resistências elétricas, pode apresentar problemas, particularmente onde materiais não condutores ou isolantes térmicos estão envolvidos e especialmente quando grandes massas devem ser aquecidas[18]. Isto acontece porque o calor gerado externamente é transmitido ao corpo que se deseja aquecer, através da condução, convecção, radiação ou combinação dos três processos de transmissão de calor. Observa-se portanto que nos processos convencionais de aquecimento, deve existir uma diferença de temperatura entre a fonte quente, denominada de gerador de calor e o corpo frio, denominado de receptor, condição necessária à transferência de calor. Vamos tomar como exemplo um forno a gás, onde o gerador de calor é o queimador ou maçarico, que pelo processo de combustão, transforma a energia química do gás em energia calorífica. O corpo a ser aquecido, o receptor, recebe o calor através dos processos mencionados, que englobam a chama, os gases, as paredes e outras partes do forno. Portanto para o aquecimento do corpo, temos antes que aquecer o gás e as paredes do forno. Uma vez atingida a temperatura necessária por um determinado tempo, retira-se o corpo, mas os gases que o envolviam e as paredes do forno continuam aquecidas, o que evidencia uma das causas da

ineficiência energética do processo, pois boa parte do calor gerado é desperdiçado. A substituição do maçarico, por um resistor elétrico evita a poluição e importação de derivados de petróleo, mas não resolve a questão da eficiência, pois o calor gerado no resistor, isto é, a energia elétrica transformada em energia calorífica pelas perdas Joule, continua sendo desperdiçada para aquecer outros receptores frios, além do corpo em questão. Poderíamos eliminar o ar do forno, como forma de minimizar os desperdícios de calor, transmitindo-o unicamente por meio da transmissão sob forma de radiação infravermelha. Dessa forma, eliminaríamos as perdas para aquecimento do ar, mas não mudaríamos o processo, ou seja, a transferência de calor de um corpo, denominado gerador, que necessariamente deve estar a uma temperatura superior que a do receptor ou corpo frio. Observa-se portanto, que o aquecimento de materiais com baixa condutividade térmica, é extremamente lento.

3.5.2-Aquecimento por indução e aquecimento dielétrico – Nos processos elétricos de aquecimento por indução ou de aquecimento dielétrico por meio de radiofrequências (RF) ou microondas (MO), a transformação da energia elétrica em energia calorífica ocorre diretamente no material a aquecer, não havendo portanto a necessidade de um diferencial de temperatura entre o chamado corpo quente e corpo frio [19]. No aquecimento por indução, uma corrente alternada, normalmente com frequência inferior a 1 MHz, circula numa bobina, no interior da qual é colocado o material a ser aquecido. O campo magnético variável associado à corrente da bobina, induz correntes circulantes no interior do material. Estas por sua vez acarretam o aquecimento do material por efeito Joule. Vê-se portanto que o processo se aplica a materiais condutores elétricos. É evidente, que a bobina também se aquece pela passagem da corrente, porém, esta energia desperdiçada é insignificante a ponto de afetar a eficiência global do processo. Normalmente as bobinas são resfriadas com água circulante em seu interior, de modo a permanecer a uma temperatura inferior à do material aquecido por indução.

No aquecimento dielétrico empregado, como o nome já indica, para materiais maus condutores, submete-se o corpo à ação de um campo elétrico alternado, que penetra no material e dissipa a sua energia por um conjunto de mecanismos em escala molecular e atômica, entre os quais sobressaem a condução iônica e a rotação dipolar. De todos esses mecanismos de interação entre campo e matéria, denominamos “perda dielétrica” em seu todo, como resultado da transformação da energia eletromagnética do campo em calor, com o consequente aumento de temperatura do material.

Examinados sob esse aspecto, não há diferença entre o aquecimento dielétrico por meio da RF ou MO. Dessa forma podemos considerar ambos como uma só forma de aquecimento, sendo que a diferença se encontra nos valores das frequências utilizadas nos equipamentos e nas aplicações. Observa-se portanto, que o aquecimento dielétrico é gerado no interior do material, de forma uniforme e rápida. A economia de tempo nos processos e a menor quantidade de energia envolvida, representam benefícios adicionais. Além disso, o aquecimento dielétrico não produz resíduos ou fumaça, sendo bastante recomendado para aquecimento de materiais inflamáveis. A suscetibilidade do material a esse efeito de aquecimento através dos campos eletromagnéticos de alta frequência, pode ser mensurada. Para cada material existe uma frequência ótima, na qual é mais suscetível.

4. 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. 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 armazéns 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.

4.1- 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 retorcadeiras 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.

4.1.1- Custos e Retorno do Investimento- Em função dos estudos efetuados, abrangendo 43 motores elétricos, chegou-se ao valor de uma economia de 217764 kWh / ano, ou R\$ 12630,00/ano, investimento que será amortizado em menos de 2 anos. O valor do investimento necessário inclui apenas o preço de aquisição dos novos motores, e não considera um possível valor comercial para os motores que serão substituídos, fator que pode ainda diminuir o tempo de retorno do investimento.

4.2 – 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

4.2.1- Resultados: para maior facilidade de entendimento, chamaremos o processo antigo por (1) e o atual por (2). Do ponto de vista de conservação de energia elétrica, os resultados obtidos foram:

Processo 1- 3 secadores elétricos, marca Bernauer, 15kW/220V/trifásico/ temperatura de secagem de 80°C e tempo de processamento de 16 h. Durante o processo de secagem, a temperatura é mantida constante através da intervenção de termostatos, que ligam/desligam grupos de resistências. O valor médio da potência ativa necessária, durante um ciclo de secagem é de 10,38 kW, valor este medido com um analisador de potência. A potência de cada rocadeira é de 4 kW, necessitando de 16 h para processar a capacidade de cada secador, ou seja, 340 kg. Pode-se então calcular o valor da energia ativa necessária:

Secador: $10,38\text{kW} \cdot 16\text{h} = 166\text{ kWh}$

Rocadeira: $4,00\text{kW} \cdot 16\text{h} = 64\text{ kWh}$

Total $= 230\text{ kWh}$

Energia Específica: $230/340 = 0,676\text{ kWh/kg}$

Processo 2 – Secador de rádio frequência marca Phoenix – 27,16 Mhz/ 40 kW.

O valor da velocidade da esteira transportadora foi definido pelo departamento de controle de qualidade da empresa, de forma a se obter a mesma umidade residual do processo 1. Para essa finalidade foi utilizado um psicrômetro eletrônico e o valor da potência ativa média foi determinado com um analisador de potência, sendo seu valor igual a 28,5 kW. A velocidade definida para a esteira é de 116 kg/h de material seco. Nessas condições, o valor da energia específica é:

Energia Específica: $28,5/116 = 0,245\text{ kWh/kg}$

Para uma produção mensal de 30 t de fios, temos:

Processo 1 = 20280 kWh/mês

Processo 2 = 7350 kWh/mês

Economia mensal de energia = 12930 kWh

Economia anual de energia = 155160 kWh

Redução do valor da potência:

Processo 1 : 3 secadores = 45 kW

3 rocadeiras= 12 kW

total: $= 57\text{ kW}$

Processo 2 : 1 secador RF = 30 kW(*)

(*)-máximo valor medido

Redução de potência: **27KW**

4.2.2-Custos e Retorno do investimento:

- custo atual da máquina instalada = R\$ 63000,00;

- custo anual da energia elétrica economizada = R\$ 8936,64;
- valor anual da redução de potência = R\$ 2514,24;
- tempo de retorno do investimento = 6,87 anos.

4.3-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 decorrentes dessa substituição, conforme já mencionado neste artigo, será apenas considerado, 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. Utilizando-se de um analisador de potência, obteve-se os seguintes valores:

Reator eletromagnético – 0,260kW
Reator eletrônico – 0,150kW

Sendo o regime de trabalho da Empresa, de 24 h/dia, 6 dias/semana, 52 semanas/ano, com o sistema de iluminação permanentemente ligado, uma vez que com a iluminação natural não se consegue atingir o nível mínimo de 500 lux, que é a iluminância mínima exigida pela NBR 5413[13], para os referidos ambientes de trabalho, a economia anual de energia, será:

$$(0,260-0,150) \cdot 6 \cdot 24 \cdot 52 \cdot 472 = 388776 \text{ kWh}$$

A redução do valor da potência, pela substituição dos reatores eletromagnéticos por eletrônicos, será:

$$(0,260-0,150) \cdot 472 = 51,92 \text{ kW}$$

4.3.1 – Custos/Retorno do Investimento

- diferença de preço entre os reatores = R\$ 20,00;
- total = R\$ 20,00 . 472 = R\$ 9440,00
- economia anual de energia = 388776 kWh . 0,058 R\$/kWh = R\$ 22549,00
- valor anual da redução de potência = R\$ 4834,79
- 1 transformador 500kVA = R\$ 12000,00
- Tempo de retorno do investimento:

$$TRI = 0,82 \text{ anos}$$

4.4- Injetoras

Para acondicionamento das linhas para costura, a Empresa possui cinco injetoras de termoplásticos, onde confeccionam-se tubetes carretes 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 nenhum fabricante de máquinas de injeção procurou 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 ½" de espessura = 82 kcal/h.

Cálculos térmicos, baseados em informações técnicas e medições de consumo, chegaram praticamente ao mesmo resultado, ou seja, economia anual de 44640 kWh, para as 5 máquinas [20]. O custo de um metro de canaletas é de R\$ 100,00, de forma que o tempo de retorno do investimento foi de 0,19 anos, ou 2,3 meses.

4.4- Resultado Geral da Economia de Energia:

CARGAS	ECONOMIA ANUAL (kWh)
Motores elétricos	217764
Secador RF	154080
Iluminação	388776
Condutores Elétricos	8317
Injetoras	44640
TOTAL	813577

O que representa uma economia de 20% em relação ao consumo médio anual. Considerando o valor da tarifa de consumo igual a R\$ 0,058/kWh, o custo da energia economizada será:

CARGAS	ECONOMIA ANUAL (R\$)
Motores elétricos	12630,31
Secador RF	8936,64
Iluminação	22549,00
Condutores Elétricos	482,38
Injetoras	2589,12
TOTAL	47187,07

Como resultado das ações conservacionistas, o valor total da redução de potência, valor este, que poderá ser negociado junto à Concessionária para redução dos valores contratados de demanda, é apresentado abaixo:

CARGAS	REDUÇÃO DE POTÊNCIA (kW)
Motores Elétricos	36,06
Secador RF	27,00
Iluminação	51,92
TOTAL	114,92

O que representa uma redução de 13% no valor da demanda contratada, fora de ponta.

Considerando o valor médio da tarifa de demanda em torno de R\$ 7,76/ kW, a redução de custo anual, referente à demanda, será:

CARGAS	ECONOMIA ANUAL (R\$)
Motores Elétricos	3357,90
Secador RF	2514,24
Iluminação	4834,79
TOTAL	10706,93

Observa-se também, que o tempo de retorno do investimento, calculado separadamente para cada caso em estudo, foi bastante atraente se comparado com o tempo de vida útil dos novos equipamentos:

CARGAS	TRI [anos]	VIDA ÚTIL [anos]
Motores Elétricos	1,96	10
Secador RF	6,87	25
Iluminação	0,82	10
Condutores	9,37	20
Injetoras	0,19	5

4.5- Qualidade de Energia

Medições efetuadas, pela Concessionária de Energia Elétrica, no ponto de acoplamento comum, após a instalação do secador de RF e parte dos reatores eletrônicos no sistema de

iluminação, mostraram ser pequena a influência dessas cargas no valor da distorção harmônica de tensão da empresa. Com todas as cargas ligadas, inclusive as não lineares, como conversores de frequência, controladores de processo, centro de processamento de dados e outras, o valor máximo instantâneo, da distorção harmônica de tensão alcançou o valor de 4,1%, conforme nos apresenta a figura 4.

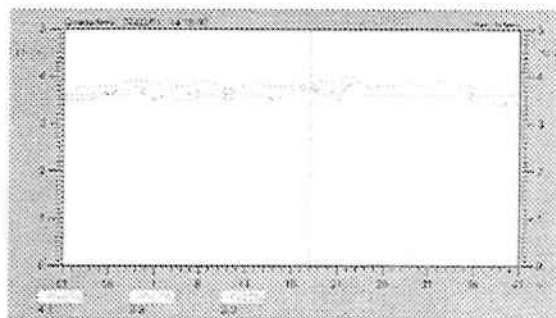


Fig. 4 – distorção harmônica de tensão (medição durante 7 dias)

Como em nosso País não existem normas a respeito, foi utilizado, para comparação, as recomendações do GCOI – Grupo Coordenador para Operação Interligada, com data de 1993, que estabelece critérios e procedimentos para o atendimento a consumidores com cargas especiais. Portanto de acordo com a recomendação supracitada, sendo o valor máximo da distorção harmônica de tensão em função da fundamental, igual 6%, constata-se que as atitudes conservacionistas aplicadas na Empresa, não criaram impacto negativo, quanto ao aspecto de qualidade de energia.

4.6 - Conclusões

Concluiu-se durante a realização deste trabalho, que os estudos para conservação de energia não são complexos, de fácil implementação e na maioria dos casos, autofinanciáveis, pela economia proporcionada. A grande quantidade 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 prazo, como é o caso da substituição de equipamentos inadequados por outros mais eficientes.

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. As curvas de conjugado dos motores elétricos referidos no estudo, foram solicitadas aos vários fabricantes nacionais, mas infelizmente não foram enviadas, de forma que a análise gráfica do conjugado médio acelerador não pôde ser efetuada. Resolveu-se desta forma, determiná-lo através do método simplificado, que apresenta resultados de qualidade aceitável, uma vez que também existem incertezas na determinação das curvas de conjugado e na sua própria construção gráfica [2].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1]-SIEMENS – Motores Trifásicos Assíncronos. Indicações Gerais e Bases para Estudo de Projetos. São Paulo, 1972.
 [2]-LOBOSCO, O.S.; DIAS, L.P.C.- Seleção e Aplicação de Motores Elétricos. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.
 [3]-WEG- Curso de especificação de motores elétricos DT-01. Jaraguá do Sul, SC, 1981.
 [4]-ABNT - NBR 7094 – Máquinas Elétricas Girantes -Motores de Indução – especificação – 1996
 [5]-LAMÓGLIA, J.A.- Operação Desequilibrada de Motores de Indução Trifásicos – procedimentos para análise – dissertação de mestrado- EFEI – Itajubá – MG – 1993.
 [6]-NEMA MG 1 – 1998.
 [7]-REIS, L.B.; Silveira, S. – Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável – Edusp – 2000
 [8]-MATA, R.O. Cemig dá bônus na compra de motores de alto rendimento. Revista Eletricidade Moderna, n.323, p. 18- 20, 2001.
 [9]-CEPEL/ELETROBRÁS – Guia Operacional de Motores Elétricos, versão 1.0. Rio de Janeiro, 1998.

[10]-CAPTAN, R.M. – Acionamentos de velocidade variável em aplicações de bombeamento, Revista Mundo Elétrico, n.335, p. 52-55, n.336, p.66-69, 1987.
 [11]-ABNT-NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão – 1997.
 [12]-IEC 60287-3-2 – Section 2 – Economic Optimization of Power Cable Size – 1995.
 [13]-ABNT- NBR 5413– Iluminância de interiores - 1992
 [14]-GOLDEMBERG, J – A conservação de energia – Revista Ciência Hoje – jun./1991.
 [15]-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO - Uso Racional de Energia Elétrica em Edificações – 1992.
 [16]-ROCHA, M.E. – Elementos para Maior Eficiência dos Sistemas de Iluminação – Revista Eletricidade Moderna, n.210,p.52-56,1991.
 [17]-BRONZEADO,H; LIMA, E.; SILVA, D.; SOARES L. – Análise do Desempenho de Reatores Eletrônicos e Eletromagnéticos - Revista Eletricidade Moderna, n.309, p.120-131,1991.
 [18]-BRITISH NATIONAL COMMITTEE FOR ELECTROHEAT – Dielectric Heating for Industrial Processes – London – 1994.
 [19]-SENISE, J.T. – Aquecimento Dielétrico por Rádio Frequência – Revista Eletricidade Moderna, n.127, p. 26-31, 1984.
 [20]-DIREÇÃO GERAL DE ENERGIA- Dimensionamento correto do isolamento térmico. vol.8, p.5-24, Portugal, 2000.

Agradecimentos:

- À Universidade de Mogi das Cruzes pelo apoio e incentivo à pesquisa;
- À Gutermann linhas para costura, pela permissão para realização deste trabalho em suas instalações.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEA/9301 - Alguns Aspectos do Problema de Planejamento de Sistemas de Transmissão sob Incertezas - CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN, ERNESTO JOÃO ROBBA
- BT/PEA/9302 - Vibrações em Motores Elétricos Provocadas por Forças Magnéticas - ORLANDO SILVIO LOBOSCO, HENRIQUE PRADO ALVAREZ
- BT/PEA/9303 - Corrente Contínua em Alta Tensão: Aplicação de Equipamentos Elétricos e Modelos para Análises de Confiabilidade - LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9504 - Automação e Informatização Aplicadas a Controle e Supervisão de Processos de Pesagem - EVALDO ARAGÃO FARQUI, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/9505 - Modernização e Reabilitação de Usinas Hidrelétricas - DJALMA CASELATO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9506 - Estudo do Campo Elétrico Provocado por Linhas de Transmissão em Corrente Alternada - CELSO PEREIRA BRAZ, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9507 - Aspectos Sobre Processos Automatizados de Pesagem Rodoferroviária: Uma Proposta de Modernização de Postos em Operação - SERGIO LUIZ PEREIRA, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9508 - Usinas Hidrelétricas em Rotação Ajustável: Novas Premissas para o Planejamento Energético - MARCO ANTONIO SAIDEL, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9509 - Desenvolvimento de um Sistema de Automação de Subestações pela integração de Módulos de Software e Hardware Existentes no Mercado Brasileiro - L. C. MAGRINI, J. A. JARDINI, S. COPELIOVITCH, N. KABA FILHO
- BT/PEA/9510 - Proposta de um Modelo para Estudos de Aplicação de Compensadores Estáticos em Sistemas de Potência - JOSÉ TOSHIYUKI HONDA, LUIS CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/9511 - Metodologia e Testes para Redução das Distâncias Elétricas entre Fases de Barramentos de Subestações de 138kV Abrigadas, ANDRÉ NUNES SOUZA, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9512 - Avaliação da Severidade da Poluição para o Dimensionamento da Isolação das Redes Elétricas - ARNALDO G. KANASHIRO, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9513 - Processos Auto-Adaptativos para Cálculo de Campos Eletromagnéticos pelo Método dos Elementos Finitos - LUIZ LEBENSZTAJN, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9514 - Investigação Experimental sobre os Arcos Sustentados em Sistemas Elétricos de Baixa Tensão - FRANCISCO H. KAMEYAMA, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/9515 - Fast Voltage Compensation: A Mean to Improve the Quality of Energy Supply - H. ARANGO, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9516 - Modelo Avançado para Planejamento de Sistemas Energéticos Integrados Usando Recursos Renováveis - LUIZ ANTONIO ROSSI, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9601 - Metodologias para Planejamento de Sistemas de Distribuição: Estado-da-Arte e Aplicações - PAULO ROBERTO NJAIM, CARLOS MARCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9602 - Integração de Relés Digitais em Sistemas de Automação de Subestação - JERÔNIMO CAMILO SOARES JR., JOSÉ A. JARDINI, LUIZ C. MAGRINI
- BT/PEA/9603 - Paradigma de Planejamento sob Incertezas - Aplicação ao Planejamento dos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - ALBERTO BIANCHI JUNIOR, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9604 - Um Sistema de Controle de Velocidade para Motor de Indução Trifásico - CELSO KAZUMI NAKAHARADA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9605 - Controle Vetorial de Motores de Indução, Independente das Alterações de Parâmetros da Máquina - NERY DE OLIVEIRA JÚNIOR, WALDIR PÓ
- BT/PEA/9606 - Compactação de Subestações de 145 kV Através da Redução das Distâncias entre Fases - GERVASIO LUIZ DE CASTRO NETO, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9607 - Curvas de Carga de Consumidores Industriais - Agregação com Outras Cargas - RONALDO PEDRO CASOLARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9608 - Utilização de Curvas de Carga de Consumidores Residenciais Medidas para Determinação de Diversidade de Carga, e Carregamento de Transformadores de Distribuição - EDUARDO LUIZ FERRARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9609 - Comportamento Elétrico de Cabos Cobertos e Pré-Reunidos pelo Método dos Elementos Finitos - JOÃO JOSÉ DOS SANTOS OLIVEIRA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9701 - Repotenciação de Hidrogeradores: Uma Proposta de Metodologia de Análise e Implantação - FÁBIO SALOMÃO FERNANDES SÁ, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.

- BT/PEA/9702 - Desenvolvimento de um Sistema de Automação para um Sistema de Automação para um Centro de Operação da Distribuição - PAULO SÉRGIO MIGUEL SURUR, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9703 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição Utilizando Programação Matemática Probabilística - MARIÂNGELA DE CARVALHO BOVOLATO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9704 - Técnicas de Inteligência Artificial Aplicadas ao Problema de Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica - SALETE MARIA FRÖES, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9705 - Aproveitamento Funcional de Sistemas de Controle e Proteção Digitais em Subestações de Distribuição - JOSÉ LUIZ PEREIRA BRITTES, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9706 - Avaliação de Algoritmo para Proteção Diferencial de Transformadores - LUÍS SÉRGIO PIOVESAN, EDUARDO CÉSAR SENER
- BT/PEA/9707 - Sistema de Proteção para Falhas de Alta Impedância - CAIUS VINICIUS SAMPAIO MALAGODI, EDUARDO CÉSAR SENER
- BT/PEA/9708 - Um Ambiente para Planejamento da Operação de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - KLEBER HASHIMOTO, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9709 - Análise do Custo - Benefício da Instalação de Equipamentos de Proteção em Redes Aéreas de Distribuição - ANTONIO CLAUDINEI SIMÕES, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9710 - Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR - para o Setor Elétrico - MIGUEL EDGAR MORALES UDAETA, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9711 - Análise de Defeitos no Motor de Indução Trifásico para Predição de Falhas Incipientes - JOSÉ ANTONIO URCIA MISARI, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9712 - Gerenciamento de Transformadores de Distribuição com Análise na Perda de Vida - CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN, VLADIMIR DUARTE BELCHIOR
- BT/PEA/9713 - Uma Nova Metodologia para a Avaliação de Sistemas de Aterramento Metro-Ferrovários - JOSÉ AUGUSTO PEREIRA DA SILVA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9714 - Um Exemplo de Decomposição de Fluxos em Transformadores - NICOLAU IVANOV, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9715 - Custos de Transporte de Energia Elétrica - Análise de Metodologias - DÁRIO TAKAHATA, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9716 - Bancada de Ensaio para a Avaliar o Comportamento de Acionamentos Controlados por Inversores PWM - JOSÉ ANTONIO CORTEZ, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9717 - Integração de Técnicas de Diagnóstico de Falhas em Motores de Indução Trifásicos ao Sistema de Gerenciamento da Manutenção Industrial - JOSÉ A. URCIA MISARI, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9801 - Análise de Confiabilidade para Gerenciamento Operacional de Sistemas Automatizados de Pesagem Rodoviária - RUBENS LOPES ROLIM, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9802 - Projeto de um Ondulador Híbrido e Estudo de Onduladores Derivados de Solenóide, para Utilização em Laser a Elétrons Livres - FRANCISCO SIRCILLI NETO
- BT/PEA/9803 - Configuração de Redes de Distribuição de Energia Elétrica com Múltiplos Objetivos e Incertezas através de Procedimentos Heurísticos - CARLOS C. BARIONI DE OLIVEIRA, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9804 - Conceituação e Aplicação de Metodologia de Gerenciamento pelo Lado da Demanda em uma Empresa Distribuidora de Energia Elétrica - FERNANDO MONTEIRO DE FIGUEIREDO, JOSÉ ANTÔNIO JARDINI
- BT/PEA/9805 - Acoplamento Circuito Elétrico - Método dos Elementos Finitos em Regime Transitório Utilizando a Metodologia de Dommel - NANCY MIEKO ABE, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9806 - Modelo de Arco Elétrico Aplicado ao Estudo da Interrupção da Corrente em Disjuntores de Média Tensão - LUCILIO CARLOS PINTO, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9807 - Proteção para Falta de Alta Impedância Utilizando o Sistema de Rádio Troncalizado - MARCO ANTONIO BRITO, EDUARDO CESAR SENER
- BT/PEA/9808 - Contribuição ao Estudo e Projeto dos Motores Síncronos de Relutância - IVAN EDUARDO CHABU, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9809 - Cabos Cobertos: Metodologia para a Determinação da Espessura da Cobertura - ANTONIO PAULO DA CUNHA, JOSÉ ANTÔNIO JARDINI
- BT/PEA/9810 - Eletrificação Rural - Avaliações em São Paulo - MARCELO APARECIDO PELEGRINI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/9811 - Política de Eletrificação Rural em São Paulo - LUIZ HENRIQUE ALVES PAZZINI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/9812 - Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares - ANDRÉ LUIZ MONTEIRO ALVAREZ, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/9813 - Diretrizes para a Regulação da Distribuição de Energia Elétrica - JAMES S. S. CORREIA, LINEU BELICO DOS REIS

- BT/PEA/9814 - Distribuição da Tensão de Impulso em Enrolamentos de Transformadores de Distribuição - PEDRO LUÍS SANTUCCI DE MENDONÇA, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JÚNIOR
- BT/PEA/9815 - Estudo Comparativo entre os Diversos Métodos de Determinação do Rendimento de Motores de Indução - FRANCISCO ANTONIO MARINO SALOTTI, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/9816 - A Nodal Analysis Approach Applied to Electric Circuits Coupling in Magnetodynamic 2D FEM - MAURÍCIO CALDORA COSTA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9817 - Informatização e Automação dos Órgãos Gestores de Mão de Obra - EDUARDO MARIO DIAS, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/9818 - Frequência de Ocorrência de Sobretensões Originárias de Descargas Atmosféricas em Linhas de Distribuição - NELSON MASSAKAZU MATSUO, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9819 - Um Método de Imposição de Pólos no Estudo da Estabilidade de Redes Elétricas a Pequenas Perturbações - PERCIVAL BUENO DE ARAUJO, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9820 - Inter-Relação do Planejamento Agregado de Investimentos com o Planejamento Localizado de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica - JUCEMAR SALVADOR SIMÕES, NELSON KAGAN
- BT/PEA/9821 - A Produção de Energia Através das Células de Combustível - JOSÉ LUIZ PIMENTA PINHEIRO, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9822 - Automação de Processos - Revisão e Tendências - SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/9823 - Metodologia para Seleção e Gerenciamento de Transformadores e Distribuição, Aplicando Técnicas de Redes Neutras Artificiais - SE UN AHN, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9901 - Contribuição ao Modelamento e Simulação de Motores em Ímãs Permanentes e Comutação Eletrônica de Alta Rotação - WANDERLEI MARINHO DA SILVA, CLOVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/9902 - Estudos de Sistemas de Potência e Automação: Plantas Industriais de Grande Porte - MAURÍCIO G. M. JARDINI, JOSÉ A. JARDINI
- BT/PEA/9903 - Synchronous Machines Parameters Identification Using Load Rejection Test Data - E. C. BORTONI, J. A. JARDINI
- BT/PEA/9904 - Identificação de Locais e Opções Tecnológicas para Implantação de Termoelétricas no Sistema Elétrico Brasileiro: Contribuição ao Estado da Arte e Aplicação ao Caso do Gás Natural - ELIANA APARECIDA FARIA AMARAL FADIGAS, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/9905 - Sistema de Manutenção Preventiva de Subestações: Uma Abordagem Semântica para o Monitoramento Integrado - ELIAS ROMA NETO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9906 - Previsão das Perdas Magnéticas na Presença de Harmônicos - MARCELO S. LANCAROTTE, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9907 - Comportamento do Aterramento de Sistemas e Equipamentos de Distribuição sob Impulso - CLEVERSON LUIZ DA SILVA PINTO, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR.
- BT/PEA/9908 - Modelo de Sistema de Supervisão e Controle Operacional de Terminais de Contêineres - LEVI SALVI, EDUARDO MARIO DIAS
- BT/PEA/9909 - Medição de Altas Correntes em Frequência Industrial: Instrumentação, Dispositivos de Medição e Calibrações - HÉLIO EIJI SUETA, GERALDO FRANCISCO BURANI
- BT/PEA/9910 - Conversores Auto-Comutados Aplicados em Derivações de Sistemas de Transmissão de Corrente Contínua e Alta Tensão - WILSON KOMATSU, WALTER KAISER
- BT/PEA/9911 - Análise de Desempenho de Sistemas de Aterramento em Alta Frequência pelo Método dos Elementos Finitos - ANGELO PASSARO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO, VIVIANE CRISTINE SILVA
- BT/PEA/9912 - Simulação de Motores "Shaded Pole": Uma Nova Abordagem Analítico-Numérica - PASCHOAL SPINA NETO, SÍLVIO IKUO NABETA, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9913 - Estimadores de Estado para Sistemas de Potência: Análise do Estado da Arte - CLEBER ROBERTO GUIRELLI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9914 - Análise sobre o Comportamento de Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas Utilizando o Método dos Elementos Finitos - SEBASTIÃO C. GUIMARÃES JR., LUCIANO MARTINS NETO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/9915 - Automatização do Atendimento a Reclamações de Interrupção de Energia Elétrica - H. K. Kiyohara, L. C. Magrini, E. P. PARENTE, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9916 - Controle Digital de Tensão e Reativos - PAULA S. D. KAYANO, LUIZ CARLOS MAGRINI, LINEU BELICO DOS REIS, ANTONIO JOSÉ GOMES CARMO, ELIAS DE SOUZA NETO
- BT/PEA/9917 - Localizadores Digitais de Falhas em Linhas de Transmissão - CARLOS EDUARDO DE MORAIS PEREIRA, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9918 - Religamento Monopolar em Linhas de Transmissão - Propostas de Uma Ferramenta para Investigações Paramétricas - IVANIL POMPEU, LUIZ CERA ZANETTA JR.
- BT/PEA/9919 - Viabilidade Técnica de Abertura Monopolar Permanente em Linhas de Transmissão Extra Alta Tensão - FABIANA AP. DE TOLEDO SILVA, JOSÉ ANTONIO JARDINI

- BT/PEA/9920 – Avaliação do U-Net em Custers com Rede My com Rede Myrinet – PAULO A. GEROMEL, SERGIO T. KOFUJI
- BT/PEA/9921 – SAG – Sistema de Apoio Gerencial via Internet – ADRIANO GALINDO LEAL, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/9922 – Desequilíbrio de Tensão em Redes Secundárias de Distribuição – PAULO VINÍCIUS SANTOS VALOIS, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/9923 – Sistema Não Lineares Controlados pela Lógica Difusa: Uma Aplicação em Acionamentos Constituídos por Motores Assíncronos – WERNER W. PACHECO LUJAN, CÍCERO COUTO MORAES
- BT/PEA/9924 – Arborescência em Cabos Elétricos de Média e Alta Tensão – JOÃO JOSÉ ALVES DE PAULA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JÚNIOR
- BT/PEA/9925 – Estudo para Otimização de Desempenho de Plantas Industriais Automatizadas – ANTONIO ORLANDO UGULINO, SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/9926 – Simulação e Análise de Desempenho de Processos Visando a Otimização de Sistemas Integrados de Produção – CÍCERO COUTO DE MORAES, SERGIO LUIZ PEREIRA, JOSÉ ROBERTO R. DE GODOY
- BT/PEA/9927 – Automação Moderna de Processos: Análise de Necessidade, Viabilidade e Tendências Tecnológicas – SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/9928 – Modelo de Compensação Série Controlada Aplicado ao Estudo do Amortecimento de Oscilações em Sistemas de Potência – JOSÉ ROBERTO PASCON, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/9929 – Cálculo de Trajetórias de Elétrons em Estruturas Magnéticas – YASMARA CONCEIÇÃO DE POLLI, VIVIANE CRISTINE SILVA
- BT/PEA/0001 – Monitoramento de Transformadores de Potência Direcionado à Manutenção com Base nas Condições – SERGIO COSTA, AUGUSTO F. BRANDÃO JR.
- BT/PEA/0002 – Redes Neurais Artificiais Aplicadas a Estudos de Subestações de Alta Tensão Abrigadas Frente a Ensaios de Impulsos Atmosféricos – ANDRÉ NUNES DE SOUZA, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0003 – Relé Diferencial para Transformador de Potência Implementado com uma Rede MLP – RICARDO CANELOI DOS SANTOS, EDUARDO CESAR SENER
- BT/PEA/0004 – Minimização de Resíduos Sólidos Urbanos e Conservação de Energia – PAULO HÉLIO KANAYAMA, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0005 – Modelamento de Conversores CC/CC por meio da Chave PWM – LUIZ FERNANDO P. DE MELLO, WALTER KAISER
- BT/PEA/0006 – Estudo de Surtos em Redes Secundárias de Distribuição Causados por Descargas Atmosféricas Diretas na Rede Primária – WELSON BASSI, JORGE M. JANISZEWSKI
- BT/PEA/0007 – Modelagem da Magnetohidrodinâmica em 3D pelo Método de Elementos Finitos – SERGIO LUÍS LOPES VERARDI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0008 – Metodologia para Avaliação do Comportamento e Vida Útil de Motores Alimentados por Fontes Assimétricas de Tensão – JOSÉ LUIZ ANTUNES DE ALMEIDA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0009 – Esquema de Aterramento Híbrido (EAH) – FRANCISCO CARLOS PARQUET BIZZARRIA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JUNIOR
- BT/PEA/0010 – Ferro-Ressnância em Redes Subterrâneas de Distribuição – REGINA LÚCIA LAMY, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0011 – A Análise do Ciclo de Vida e os Custos Completos no Planejamento Energico – CLÁUDIO ELIAS CARVALHO, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0012 – A Agregação de Valor à Energia Elétrica através da Gestão Integrada de Recursos – ANDRÉ LUIZ VEIGA GIMENES, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0013 – Tochas a Plasma: Características Básicas para Projeto e Construção – MIGUEL BUSSOLINI, ORLANDO SILVIO LOBOSCO
- BT/PEA/0014 – Um Estudo de Correntes Induzidas em Meios Maciços Ferromagnéticos – Aplicação no Projeto de Freios de Correntes Parasitas – ALVARO BATISTA DIETRICH, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0015 – Incorporação de Sistemas de Co-Geração aos Sistemas Elétricos de Potência: Um Roteiro para Avaliação de Viabilidade Técnico-Econômica – LUIZ DONIZETI CLEMENTINO, LINEU BELICO DOS REIS
- BT/PEA/0016 – Metodologia para Análise da Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo de Energia Elétrica em Baixa Tensão – ALEXANDRE ANGRISANO, RONALDO P. CASOLARI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0017 – Análise de Índices de Qualidade no Planejamento Agregado de Investimentos em Ambiente de Incertezas – CARLOS ALEXANDRE DE SOUSA PENIN, NELSON KAGAN
- BT/PEA/0018 – Controle de Descarregadores de Navios Utilizando Lógica Fuzzy – ANTONIO DAGOBERTO DO AMARAL JÚNIOR, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/0019 – The Energy Absorption Capacity of Metal Oxide Surge Arresters An Approach for Switching Surges – MANUEL LUÍS BARREIRA MARTINEZ, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR

- BT/PEA/0020 – Utilização Racional de Energia Elétrica em Instalações Elétricas Comerciais Empregando Sistemas de Automação – JOEL ROCHA PINTO, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JÚNIOR
- BT/PEA/0021 – Sistema Automatizado para Aquisição de Dados de Consumo de Energia Elétrica, Água e Gás – JOSÉ WALTER PARQUET BIZARRIA, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0022 – Estudo de Ignitores de Pulsos Superpostos para Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão – ALEXANDER FERNÁNDEZ CORREA, WALTER KAISER
- BT/PEA/0023 – Desenvolvimento de Medidor Eletrônico de Energia Elétrica de Custo Competitivo Associado a Estudos sobre Medições de Energia Elétrica – DOUGLAS ALEXANDRE DE A. GARCIA, SERGIO LUIZ PEREIRA
- BT/PEA/0024 – Uma Visão Educacional do Método dos Elementos Finitos Aplicado ao Eletromagnetismo – LUIZ NATAL ROSSI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0025 – An Application of the Finite-Element Method to Design a Switched Reluctance Motor – PEDRO P. DE PAULA, SILVIO I. NABETA, JOSÉ R. CARDOSO
- BT/PEA/0026 – Algoritmos de Alta Velocidade para a Proteção de distância de Linhas de Transmissão – ERVALDO GARCIA JÚNIOR, EDUARDO CÉSAR SENER
- BT/PEA/0027 – Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados para a Monitoração da Tensão em Regime Permanente – SILVIO XAVIER DUARTE, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0028 – Análise da Confiabilidade e Manutenibilidade de Topologias do Sistema de Telefonia Fixa – RICARDO ELIAS CAETANO, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0029 – Aspectos Tecnológicos Referentes à Repotenciação de Usinas Termoeletricas – MÁRCIO NESTOR ZANCHETA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JR
- BT/PEA/0030 – Controle de Iluminação Utilizando Dimerização por Lógica Fuzzy, Compensando a Iluminação Natural – ANDRÉ VITOR BONORA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0031 – Identificação do Nível de Redundância das Medidas de um Sistema, para Efeito da Estimção de seus Estados – JOÃO BOSCO AUGUSTO LONDON JUNIOR, NEWTON GERALDO BRETAS
- BT/PEA/0101 – Aplicação do Controlador de Subestação a um Sistema Digital Integrado de Supervisão e Controle – RENATO CAMPANINI TEIXEIRA, AUGUSTO F. BRANDÃO JR.
- BT/PEA/0102 – Uma proposta de um Filtro Ativo de Tensão para Aplicações em Redes Elétricas – JOSÉ TOSHIYUKI HONDA, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0103 – Causas de Falhas e Critérios de Reaproveitamento de Transformadores de Distribuição de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica – MIGUEL ANGEL HERNANDEZ TORRES, MARCOS ROBERTO GOUVÊA
- BT/PEA/0104 – Um Sistema para Avaliação de Indicadores de Qualidade da Distribuição de Energia Elétrica – GERSON YUKIO SAIKI, JOSÉ ANTONIO JARDINI
- BT/PEA/0105 – Métodos de Análise de Sistemas de Aterramento de Linhas Metroviárias – ARMANDO DE OLIVEIRA ALVES DE SOUZA, LUIZ LEBENSZTAJN
- BT/PEA/0106 – Caracterização de Acionamentos na Indústria de Beneficiamento de Minério de Ferro – FERNANDO MARCELO CALADO DE ANDRADE, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0107 – Impacto da Privatização das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica na Qualidade da Energia Suprida – MITSUO NITTA, ADERBAL DE AARUDA PENTEADO JÚNIOR
- BT/PEA/0108 – Estudo Comparativo de Ensaio de Chapa Única para Medidas de Perdas em Aços Elétricos – RONALDO ALVES SOARES, CARLOS SHINITI MURANAKA
- BT/PEA/0109 – Modelagem de Transformadores de Distribuição para Altas Frequências – ARNALDO G. KANASHIRO, ALEXANDRE PIANTINI, GERALDO F. BURANI
- BT/PEA/0110 – Análise e Localização de Descargas Parciais em Transformadores de Potências por Métodos Elétricos - HÉDIO TATIZAWA, GERALDO FRANCISCO BURANI
- BT/PEA/0111 – A Eletrificação Rural em São Paulo – Custos e Padrões – LUIZ FERNANDO KURAHASSI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0112 – A Escola Rural sem Luz em São Paulo - OSWALDO TADAMI ARIMURA, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0113 – Eletrificação Rural no Novo Cenário: O Caso de São Paulo – LUIZ HENRIQUE ALVES PAZZINI, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0114 – Simulação do Aterramento em Sistemas MRT – OCTÁVIO FERREIRA AFFONSO, FERNANDO SELLES RIBEIRO
- BT/PEA/0115 – Otimização do Dimensionamento de Equipamentos para Automação de Terminal de Contêineres – FÁBIO LOPES CARNELOS, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0116 – Sistema de Localização de Faltas para Redes Primárias de Distribuição – GIOVANNI MANASSERO JUNIOR, EDUARDO CESAR SENER
- BT/PEA/0117 – Proteção de Distância para Linhas de Transmissão com Compensação Série – JOSÉ GERALDO BARRETO MONTEIRO DE ANDRADE, EDUARDO CESAR SENER

- BT/PEA/0118 – Proposta de Acionamento Microprocessado para Empilhadeira Elétrica – MARCO AURÉLIO VILELA DE OLIVEIRA, WALTER KAISER
- BT/PEA/0119 – Técnicas “Anti-Windup” – LUIZ AUGUSTO PEREIRA FERNANDES, CLÓVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0120 – Regulador de Tensão de Gerador – HERALDO SILVEIRA BARBUY, CLÓVIS GOLDEMBERG
- BT/PEA/0121 – Eficiência Operativa e Confiabilidade de Equipamentos Associados à Automação de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica – REINALDO BURIAN, CÍCERO COUTO DE MORAES
- BT/PEA/0122 – Cálculo de Forças sobre Ímãs Permanentes: Uma Análise do Problema 23 do Team Workshop – HÉLIO JOSÉ DAMANTE, LUIZ LEBENSZTAJN
- BT/PEA/0123 – Análise de Guias de Ondas Ópticos pelo Método dos Elementos Finitos – MARCOS A. R. FRANCO, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0124 – Transient Induced Voltage Computaction in a High Building Struck by Lightning – CARLOS A. F. SARTORI, A. ORLANDI, JOSÉ ROBERTO CARDOSO
- BT/PEA/0125 – Metodologia para Cálculo de Perdas Técnicas por Segmento do Sistema de Distribuição – ANDRÉ MÉFFE, CARLOS CÉSAR BARIONI DE OLIVEIRA
- BT/PEA/0126 – Calculo da Distribuição da Corrente de Falta em Sistemas de Aterramento de Redes Primárias – GILBERTO DE MAGALHÃES FALCOSKI, ADERBAL DE ARRUDA PENTAEDO JR.
- BT/PEA/0127 – Acionamento de Velocidade Variável Utilizando Motores de Corrente Alternada Assíncronos – JOSÉ ALBERTO MARQUES, IVAN EDUARDO CHABU
- BT/PEA/0201 – Unified Power Quality Conditioner with Energy Storing Module for Medium Voltage Adjustable Speed Drive – VALBERTO FERREIRA DA SILVA, ADERBAL DE ARRUDA PENTEADO JUNIOR
- BT/PEA/0202 – Simulação de Marcha de Composição Ferroviária Acionada por Motores de Indução e PWM – CASSIANO LOBO PIRES, SILVIO IKUYO NABETA
- BT/PEA/0203 – Conservação de Energia Elétrica em Edificações Comerciais: Sistemas de Ar Condicionado com Central de Água Gelada – TEODORO MONGE DE AMORIM FILHO, MARCO ANTONIO SAIDEL
- BT/PEA/0204 – Reconfiguração de Redes Primárias de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Sistemas de Informações Geográficas – FERDINANDO CRISPINO, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0205 – Previsão de Carga em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica Utilizando Redes Neurais Artificiais – JORGE YASUOKA, HERNAN PRIETO SCHMIDT
- BT/PEA/0206 – Correção de Distorções Harmônicas, em Sistemas Industriais, Através de Filtros Passivos - ANTONIO PESTANA NETO, LUIZ CERA ZANETTA JÚNIOR
- BT/PEA/0207 – Proposta de Metodologia para Controle da Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica a Partir da Segmentação do Mercado Consumidor em Famílias de Redes Elétricas – RODOLFO COLI DA CUNHA, CARLOS MÁRCIO VIEIRA TAHAN
- BT/PEA/0208 – Modelagens das Funções de uma Subestação Automatizada Empregando Modelos Orientados a Objetos – MILTHON SERNA SILVA, AUGUSTO F. BRANDÃO JR
- BT/PEA/0209 – Automação de Instalações Elétricas Prediais Através da Internet – ROBSON REBOUÇAS CARDOSO, AUGUSTO FERREIRA BRANDÃO JUNIOR
- BT/PEA/0210 – Identificação Automática de Vagões na Área Portuária: Uma Solução com Análise de Imagens – EDUARDO MANTOVANI, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0211 – Concepção de Sistema de Supervisão e Controle no Processo de Descarga Rodoviária em Terminais Portuários Utilizando Identificadores Automáticos de Veículos – ROGÉRIO COSTA DE OLIVEIRA, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0212 – Metodologia para Análise de Perda de Vida Útil de Transformadores, Alimentando Cargas não Lineares – ARLINDO GARCIA FILHO, EDUARDO MÁRIO DIAS
- BT/PEA/0213 – Sistema de Automação para Gestão do Carregamento de Transformadores Baseado na Confiabilidade – JOSÉ LUIZ PEREIRA BRITTES, JOSÉ ANTONIO JARDINI, HERNAN PRIETO SCHMIDT