



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

**CB/GET/33**

**22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR**

**GRUPO - GET**

**GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA DA INOVAÇÃO - GET**

## **ECONOMIZADORES DE ENERGIA ELÉTRICA: VERDADES E MITOS**

**Márcio Antônio Sens  
CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

### **RESUMO**

Economizar energia elétrica, ou qualquer outra forma de energia, na realização de um mesmo trabalho, sempre constituiu os propósitos de muitas investigações científicas e os anseios dos consumidores. Aproveitando-se destas constatações, lançam-se no mercado popular, a cada dia, dispositivos com promessas de proporcionar ao usuário economia de até 80% no consumo. Pelo menos para experimentar, muitos adquirem economizadores de energia. Alguns dispositivos funcionam, sob determinadas condições, outros, em nenhuma hipótese podem proporcionar economia, por contrariarem aos princípios fundamentais da Física. O Informe apresentará os casos em que pode ocorrer alguma economia de energia elétrica, sob restritas condições, e os mitos.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Economizador, Motor, Rendimento, Economia, Motocompressor.

### **1.0 - INTRODUÇÃO**

Inúmeros são os dispositivos anunciados com promessas de proporcionarem economia de energia elétrica, em taxas variadas de 20 a 80 %. Alguns prometem que darão resultados em até certo valor, ou seja, de zero em diante. Raros são os dispositivos que de fato atuam como anunciado. Na maioria dos casos o dispositivo economizador se constitui em um verdadeiro afronto contra a fé pública e contra a economia popular.

Tais anúncios citam descobertas científicas e invenções patenteadas e prometem proporcionar além de economia de energia, evitar uma série de males às pessoas, que seriam supostamente provocados por campos eletromagnéticos de sistemas elétricos, normalmente encontrados nas residências domésticas.

Ou de outra forma, inúmeros inventos anunciados prometem movimento contínuo e força sem consumir qualquer insumo. Tais anúncios se repetem por séculos e séculos entre os povos, sempre na tentativa de se obter vantagens fraudulentas contra alguém ou contra a Natureza.

Um princípio físico de notório saber, anunciado ao mundo por Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) e Mikhail Vasilyevich Lomonossov (1711-1765) denominado "princípio da conservação da matéria", esclarece que "Na natureza, nada se cria e nada se perde, tudo se transforma". Ou seja, todo trabalho só pode ser realizado mediante uma troca, consumindo-se algum material ou alguma forma de energia em pagamento.

Matéria pode ser transformada em energia e uma forma de energia em outra forma de energia. Ainda, segundo as Leis da Termodinâmica, tais transformações sempre são acompanhadas de alguma transformação em calor, alguma dissipação ou perda.

Não existem possibilidades de se realizar uma transformação perfeita, completa, de uma forma em outra forma de energia, com rendimento 100%. Sempre existirá uma terceira parcela de energia dissipada na forma de calor.

Exemplo: A energia contida na gasolina não pode ser totalmente transformada em energia mecânica de movimento e força em um automóvel. Alguma parcela energética sempre será dissipada em calor. Um motor, qualquer que

seja o princípio de funcionamento ou combustível, não pode gerar movimento e força sem consumir algum material ou alguma energia e, nesta transformação, sempre se dissipa alguma parcela, ou seja, o rendimento jamais será de 100%.

Se um dispositivo se propõe a economizar qualquer forma de energia envolvida em um processo, na realização de um trabalho qualquer, tal dispositivo, necessariamente, precisa atuar no consumo energético do processo ou no rendimento do mesmo. Ou seja, ou se entrega algo gratuito para ser consumido adicionalmente ao combustível base, ou se reduz a dissipação no processo, se reduz as perdas, para se ter a esperada economia.

Exemplo: Os automóveis atuais gastam menos combustíveis que seus antecessores para a realização do mesmo trabalho, porque o processo de transformação foi melhorado - reduziu-se a dissipação de energia em calor inútil.

Outro exemplo atual: As lâmpadas tipo LEDs proporcionam praticamente a mesma iluminação que as tradicionais incandescentes, porque se melhorou o rendimento - transformou-se energia elétrica em luz com maior eficiência, com menos dissipação de calor. A lâmpada LED pode proporcionar economia de energia elétrica porque é capaz de realizar o mesmo trabalho – mesma iluminação - que uma lâmpada incandescente, dissipando menos calor.

Os denominados economizadores de energia, eficientes, proporcionam alguma melhora no rendimento dos processos de transformação da energia básica, ou entregam energia adicional de outra fonte para a realização de um determinado trabalho. Exemplos: Se pode economizar energia elétrica (paga) na realização de um ou mais trabalhos se a energia do Sol ou dos ventos for transformada em energia elétrica adicional.

Neste caso, haverá a redução da energia paga, mas não propriamente de energia consumida. Um refrigerador doméstico, que incorpore dispositivos inteligentes de operação e materiais mais eficientes no isolamento térmico, realizará o mesmo trabalho consumindo menos energia, dissipando menos. Neste caso, atuou-se na eficiência, na elevação do rendimento pela redução da dissipação térmica para o ambiente.

Qualquer dispositivo passivo, que incorpore combustível ou armazenamento de energia, em qualquer forma, poderá transferir energia a um sistema sem representar, propriamente, um economizador, pois sem recarga o suprimento não será eterno. Este pode representar por algum tempo, um economizador, falsamente, ou um moto-contínuo. São os falsos geradores de energia livre ou de energia infinita, universal, sempre “patenteados”<sup>[11]</sup>.

Constituem armazenadores de energia elétrica, diretamente, as baterias e os capacitores e esta energia só pode ser transferida de forma direta, por conexão elétrica, através de condutores elétricos interligando os acumuladores às cargas, em corrente contínua. Mesmo esta forma de energia precisa de conversores para ser transformada em corrente alternada, de uso doméstico. Não há meios de se transferir a energia de tais acumuladores por simples aproximação com a rede elétrica. A não ser por mágica, como anunciado por certos economizadores<sup>[6]</sup>.

Ou seja, um dispositivo qualquer de armazenamento de energia, passivo, como um cartão<sup>[6]</sup>, uma bateria ou um capacitor, não poderá transferir energia para um sistema sem conexão direta, por condutores elétricos. Cartões, pastilhas e tabletes são anunciados como milagrosos, capazes de melhorar o desempenho de fontes de energia ou de economizarem energia elétrica de instalações em corrente alternada, mas tal promessa constitui total impossibilidade pelas leis físicas conhecidas.

Tais dispositivos, ditos economizadores, passivos, sejam na forma de cartões, de pastilhas ou de tabletes, da mesma forma, não podem melhorar o desempenho de máquinas elétricas, pois não podem entregar energia e tampouco reduzir a dissipação – perdas, direta ou indiretamente, das mesmas.

Demonstrações anunciadas, por outro lado, com uso de cartões mágicos, mostrando os efeitos de bloqueio na atuação de detectores de campo elétrico alternado, próximo de instalações elétricas domésticas, não passam de simples barreira, ou blindagem, apenas afetando ao sensor usado na demonstração. As demonstrações de “eficiência” dos cartões apenas atestam que estes representam algum bloqueio do campo elétrico entre a instalação elétrica e o sensor, tal como um bloqueio da luz entre uma fonte luminosa e o olho humano (sensor), por uma folha de papel intercalada entre ambos.

Cartões ditos como economizadores de energia elétrica, mostrados em anúncios promocionais, somente demonstram que estes têm maior condutividade elétrica transversal que um cartão comum, de plástico. O plástico comum é transparente ao campo elétrico de 60 Hz, como o vidro à luz visível. Mas os materiais condutivos são opacos aos mesmos campos elétricos, como um papel à luz visível.

Logo, a demonstração divulgada na Internet apenas ilude alguns internautas que acreditam que o simples bloqueio do campo elétrico, indicado pelo silêncio e apagamento da luz do detector, possa representar alguma melhora de desempenho da instalação e alguma economia de energia elétrica, num verdadeiro atentado contra a fé pública ou contra a economia popular dos que acabam adquirindo o produto fraudulento<sup>[6]</sup>.

Entende-se, portanto, como economizador, o dispositivo que, ao ser utilizado em série ou em paralelo com uma carga, reduz o consumo de energia elétrica sem alterar o trabalho realizado pela carga. Por este princípio, de antemão, conclui-se que nenhum dispositivo, qualquer que seja seu princípio de funcionamento, se intercalado no circuito de alimentação de uma lâmpada incandescente, poderá reduzir o consumo, sem reduzir a capacidade luminosa da mesma.

Por outro lado, o presente Informe Técnico mostrará que cargas não resistivas, como os motores de uso doméstico, poderão realizar o mesmo trabalho consumindo menos, pelo uso de um dispositivo economizador. O informe tratará da eficiência de motores de indução de uso doméstico, incluindo de refrigeradores, presentes na maioria das residências do povo brasileiro, que em 2010 ultrapassava 53,7 milhões<sup>[13]</sup>.

Os consumidores residenciais de energia elétrica, em 2013, já somavam 63,8 milhões e em 98% deles utilizam-se

da geladeira e do televisor<sup>[11],[13]</sup>. Pelas poucas referências e pela pouca importância dada ao assunto pelas entidades ligadas ao plano econômico, sobretudo envolvendo a energia elétrica, considera-se o estudo de alta relevância e quase inovador.

Para a avaliação experimental da eficiência de motores de indução monofásicos, tomaram-se amostras de motores elétricos de indução das classes até um cavalo vapor – 1 cv, nas tensões nominais de 110; 115 e 220 V, como os milhões de motores espalhados pelos lares brasileiros. Estes motores elétricos são alimentados por 63 distribuidoras distintas de energia elétrica<sup>[11]</sup>.

Portanto, máquinas elétricas rotativas de pequeno porte representam uma enorme parcela no consumo energético residencial. Atualmente, as regulamentações nacionais brasileiras da ANEEL admitem como normais e aceitáveis a alimentação em corrente alternada de 60 Hz na faixa de 101 a 133 volts para as tensões nominais de 110 a 127 volts e entre 201 e 231 volts para a tensão nominal de 220 volts<sup>[21],[22]</sup>. Os motores de indução de uso residencial são fabricados e comercializados, frequentemente, para a tensão de 110, ou 115, ou 220 volts<sup>[9],[19],[23]</sup> e são utilizados nas faixas indicadas pela ANEEL, acima transcritas.

Com muita frequência também se encontram eletrodomésticos destinados à tensão de alimentação em 127 volts quando, de fato, os motores foram projetados e construídos para a tensão de 110 ou 115 volts. Estes são os casos típicos de motobombas centrífugas, destinadas ao bombeamento hidráulico de água potável ou para circulação em sistemas de filtragem de piscinas, com o uso de motores de indução monofásicos, também encontrados nas máquinas de lavar roupa e em motocompressores de refrigeradores domésticos.

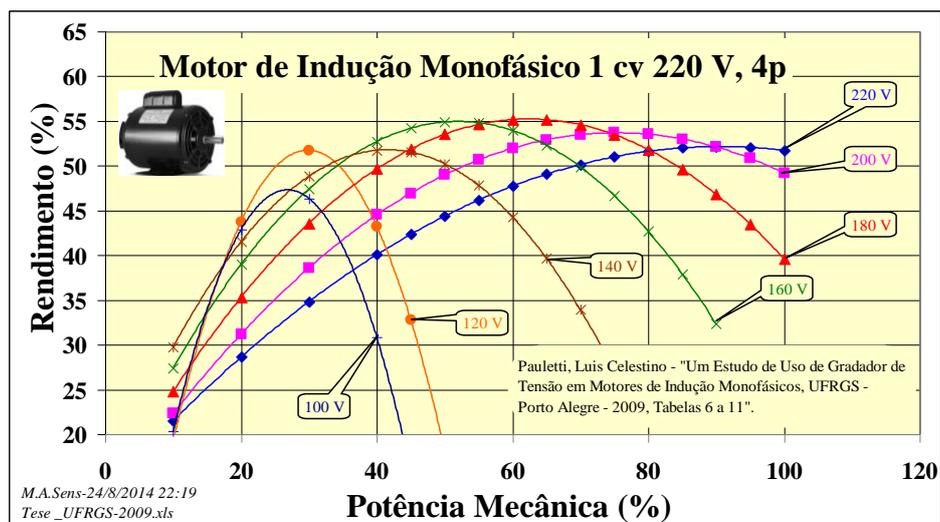
Indaga-se, portanto, quais os efeitos dos chamados economizadores de energia instalados na rede de alimentação, sobre o consumo energético de tais eletrodomésticos, particularmente daqueles que se utilizam de motores elétricos de indução monofásicos. Para elucidar a questão, e considerando o reduzido número de fontes de referências confiáveis sobre o assunto, uma série de motobombas de pequena potência, projetadas para potências inferiores a um cv e alguns motocompressores de uso em refrigeradores domésticos, foram avaliados quanto à eficiência na execução do trabalho a que se destinam, ou seja, no bombeamento hidráulico e na compressão gasosa em refrigeradores domésticos. Os resultados de tais investigações experimentais foram objetos de trabalho apresentado e premiado no XXIII-SNPTEE-2015<sup>[26],[27]</sup>, onde foi demonstrado que a redução da tensão de alimentação nos motores elétricos em uso nos lares brasileiros implicaria elevação do rendimento, redução de consumo de energia elétrica, em cifras altamente relevantes.

Concluiu-se ainda, no citado trabalho, que ao nível máximo de tensão aceitável pela ANEEL, de 133 V, ocorreria uma elevação do consumo de energia elétrica, nos refrigeradores operantes na tensão de 127 V, em cerca de 230 GWh/mês. Isto, apenas nos 35,5 milhões (54,4%) de lares alimentados pela tensão nominal de 127 V.

Certamente que o presente Informe Técnico adicionará conhecimentos à compreensão atual sobre o uso dos economizadores de energia, pois mostrará os casos em que ocorrem a elevação do rendimento energético, ou a redução das perdas de energia elétrica, as verdades e os mitos sobre o tema que se dissemina exponencialmente.

## 2.0 - LEVANTAMENTO DA LITERATURA

Nenhuma literatura nacional foi encontrada sobre os efeitos dos economizadores de energia no rendimento de pequenos motores elétricos em operação normal. Entretanto, destacam-se duas referências relevantes sobre efeitos da tensão de alimentação. Uma trata de estudos dos efeitos da variação da tensão sobre o rendimento de refrigeradores domésticos, conduzidos pela Unicamp<sup>[21],[31]</sup>, e outra trata de estudos do comportamento de pequenos motores elétricos quando alimentados por distintos valores de tensão e distintas cargas mecânicas, conduzidos na UFRGS<sup>[24]</sup>, como mostrado na **Figura 1**.



**Figura 1 – Rendimento do Motor Elétrico de Indução sob Tensão e Cargas Distintas, em Percentual<sup>[24]</sup>**

Os resultados apresentados foram antagônicos. Por outro lado, resultados divulgados pelo Inmetro [7] mostram que geladeiras de 127 V consomem 6% acima das projetadas para a tensão nominal de 220 V. Curioso e intrigante esta constatação. Mas tudo precisa e tem alguma explicação [26]. [27].

Os resultados da UFRGS foram apresentados originalmente em forma tabular, que foram aqui convertidos para a forma gráfica. A Figura 1 mostra o comportamento da eficiência de um motor em função da carga mecânica em forma percentual da potência nominal.

Observa-se, nos resultados apresentados pela UFRGS, que para plena carga, 100 %, o melhor rendimento dos motores ocorre na tensão nominal de 220 V, como esperado, indicando projeto otimizado do motor elétrico. Entretanto, para cargas menores, o rendimento passa a ser maior em menores tensões, como para a carga de 60 %, por exemplo. O melhor rendimento observado foi para a tensão de 180 V, e foi superior ao rendimento nas condições nominais. Observou-se, conforme mostrado na Figura 1, que para cargas de até 60 % da nominal o rendimento melhora – sobe, se a tensão da rede for reduzida entre 220 e 180 volts.

### 3.0 - PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS CONDUZIDOS PELO CEPEL E RESULTADOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Propriedades Elétricas e Magnéticas do Cepel – AT5, na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro – RJ, utilizando-se de cargas reais típicas e não bancadas dinamométricas.

Os motores elétricos foram submetidos aos ensaios nas tensões nominais de 110, 127 e 220 V, com as tolerâncias previstas pela ANEEL [21], [22], diretamente e através de economizadores de energia elétrica. As faixas de tensão que podem ser consideradas normais são de 101 à 115 V; de 116 à 133 V e de 201 à 231 V, respectivamente.

#### 3.1 Avaliação de Grupo Motobombas Centrífugas

Esta é uma aplicação típica dos motores elétricos de indução monofásicos. Três formas distintas foram adotadas para os ensaios de motobombas, sempre para comparação dos resultados nas distintas tensões de alimentação, com e sem o economizador sob avaliação. O sistema de ensaio foi conforme Figura 2.

Primeiro foi adotado o sistema de bombeamento de uma mesma quantidade de água, na mesma temperatura ( $23 \pm 2$ ) °C e na mesma diferença manométrica estática, ou altura (11,5 m) com a avaliação da energia consumida.

Nesta modalidade, a redução da tensão da rede aplicada ao motor, seja pela queda no suprimento, seja pela introdução de um economizador em série, demonstrou leve redução na rotação do motor e mais tempo para o bombeamento do mesmo volume de água, mas este depende das características da bomba.

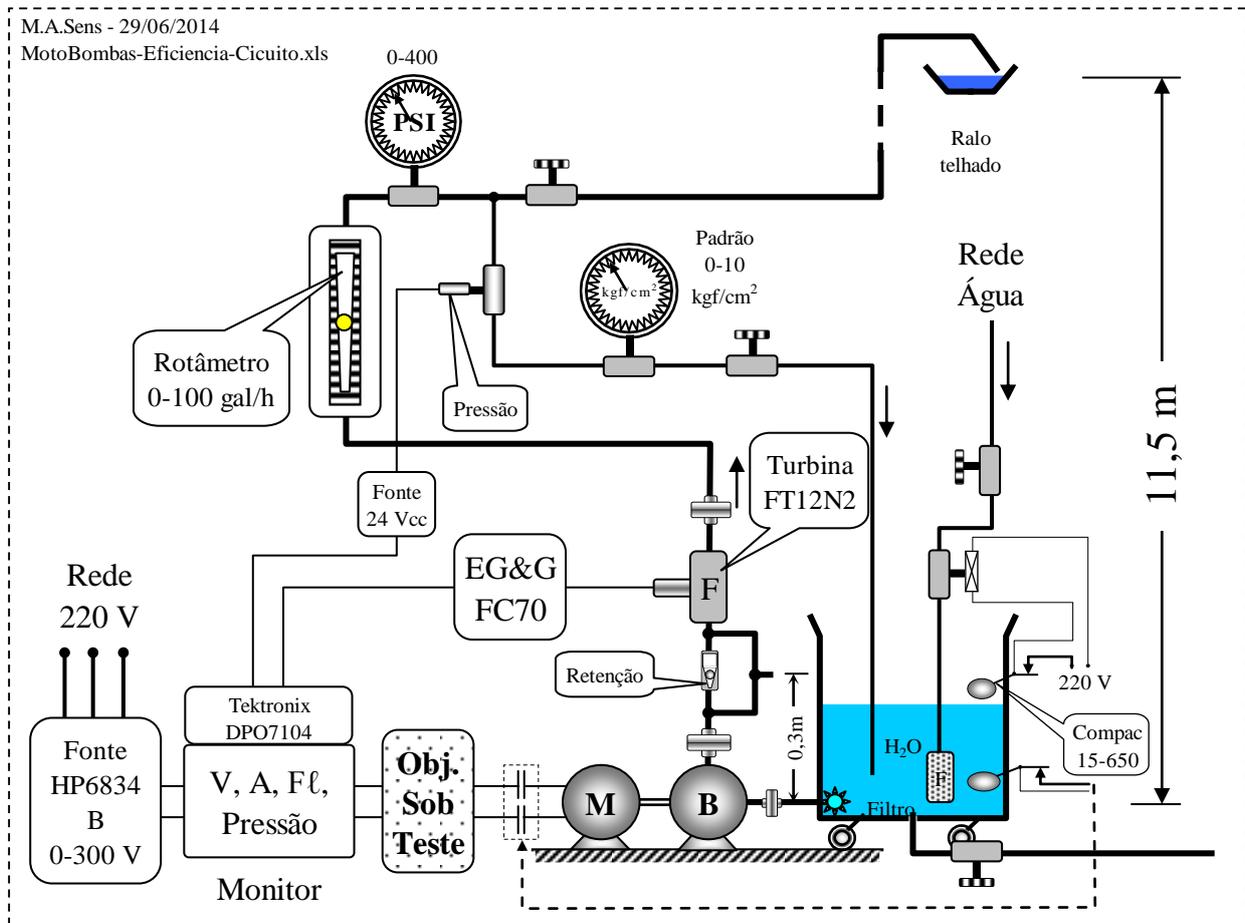


Figura 2 – Circuito de Ensaios de Motobombas, Diretamente e com Economizador

Em todos os casos foram utilizadas bombas centrífugas, com distintos modelos e formas de rotores. O que de fato importa, é a avaliação da redução ou elevação do consumo energético na realização do mesmo trabalho, ou seja, na transferência do mesmo volume de água para a mesma diferença de altura manométrica e na mesma temperatura do líquido bombeado. Nesta modalidade, concluiu-se que a operação das motobombas em 110 V resulta em menor consumo que na tensão de 127 V, existente na maioria das residências brasileiras (54,4%) [28].

Numa segunda modalidade de avaliação, considerando-se as possibilidades de pequenas variações da pressão dinâmica por alterações nos filtros durante o bombeamento e, em consequência, leves alterações no fluxo hidráulico, foram adotadas medidas padronizadas e normalizadas de avaliações de bombas hidráulicas [8],[12]. Nesta modalidade foi medido o consumo de energia elétrica por litro de bombeamento de água por 100 metros de coluna manométrica dinâmica. Para isto, além do sistema de medida da energia de consumo, o circuito de ensaio foi dotado de sensores de fluxo e de pressão dinâmica, computados simultaneamente e monitorados, conforme circuito mostrado na Figura 2, página 4. Neste circuito de ensaio, o economizador aloja-se no lugar do Obj. Sob Teste. Nesta modalidade de ensaios, a temperatura da água foi mantida entre  $(23 \pm 2)$  °C e a pressão manométrica estática foi de 11,5 m. Assim, para a identificação do consumo ou da eficiência do sistema de bombeamento, com ou sem o economizador sob avaliação, foram adotadas as equações padronizadas abaixo [8],[12].

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Potência [watts]}}{\text{Fluxo [litros / hora]}} \cdot \frac{100}{\text{Pressão [m]}} \left[ \frac{\text{Wh}}{\ell \cdot 100 \text{ mH}_2\text{O}} \right], \quad \text{Eficiência} = \frac{\text{Fluxo [litros / hora]}}{\text{Potência [watts]}} \cdot \frac{\text{Pressão [m]}}{100} \left[ \frac{\ell \cdot 100 \text{ mH}_2\text{O}}{\text{Wh}} \right]$$

Utilizando-se o sistema de ensaios mostrado na Figura 2, a motobomba Schneider BC30-110 V foi ensaiada em diferentes vazões, de 60 a 190 litros por hora, elevando a água por 11,5 m. A motobomba foi alimentada em distintas tensões de alimentação, de 100 a 133 V, obtendo-se o consumo e a eficiência, conforme mostrados na Figura 3. Várias outras bombas, de distintos modelos e fabricantes foram avaliadas, resultando em comportamento semelhante, como mostrado na Figura 4 e Figura 5. Observou-se também, a redução do fator de potência com a elevação da tensão aplicada ao motor, na realização do mesmo trabalho. Estes resultados conferem com a literatura internacional em várias tentativas de se economizar energia elétrica em pequenos motores residenciais, estendendo-se até para o uso espacial [4],[10],[14],[15],[16],[17], e [18].

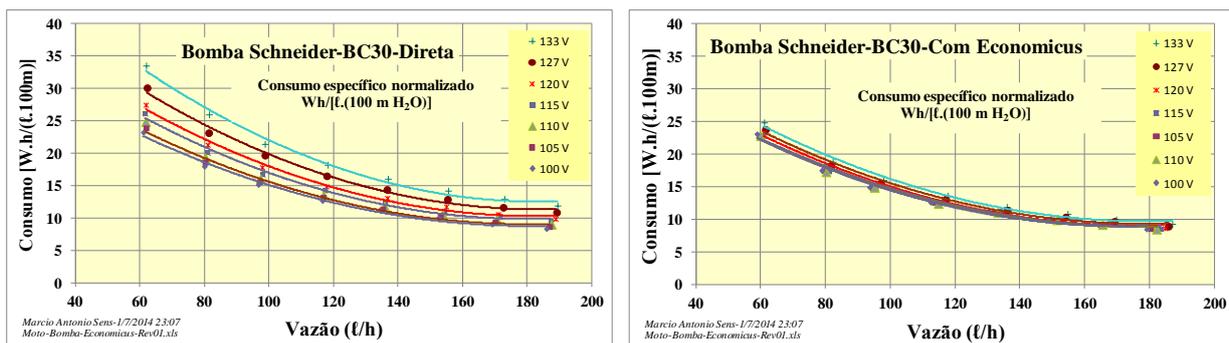


Figura 3 – Consumo e Eficiência da Motobomba Schneider BC30-1/2cv – 110 V

Em uma terceira modalidade, considerando-se as aplicações previstas de bombas para circulação de água em sistemas de hidromassagem, onde a altura manométrica seria bem baixa, inferior a 0,5 m, as bombas foram acionadas em sistema de recirculação. Para isto, foi coletada a água no fundo do reservatório, soltando-se no topo, com um diferencial de 0,5 m, mantendo-se o mesmo sistema de monitoração da pressão e do fluxo hidráulico. As mesmas equações foram adotadas para avaliação do consumo e da eficiência. Os resultados foram semelhantes, ou seja, com tensão de alimentação acima da tensão nominal do motor o rendimento cai e para tensões abaixo da nominal, dentro dos limites da ANEEL, o rendimento sobe, para o mesmo trabalho realizado. Assim, como o economizador reduz a tensão eficaz na entrada do motor, melhora o rendimento, como mostra a Figura 4.

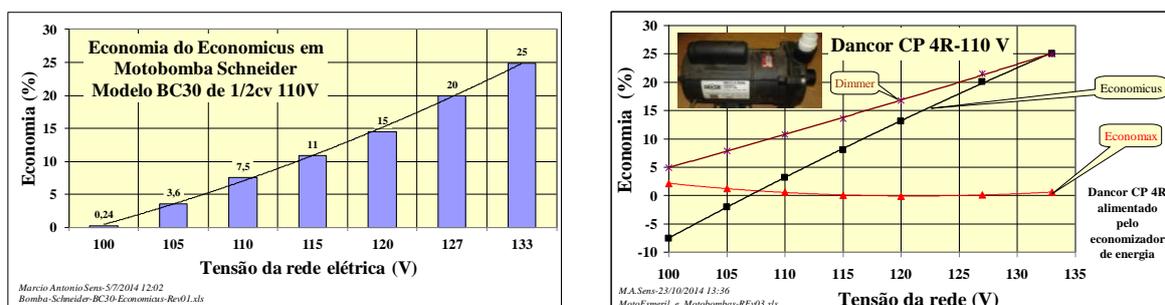


Figura 4 – Economia Proporcionada pelos Economizadores com as Motobombas

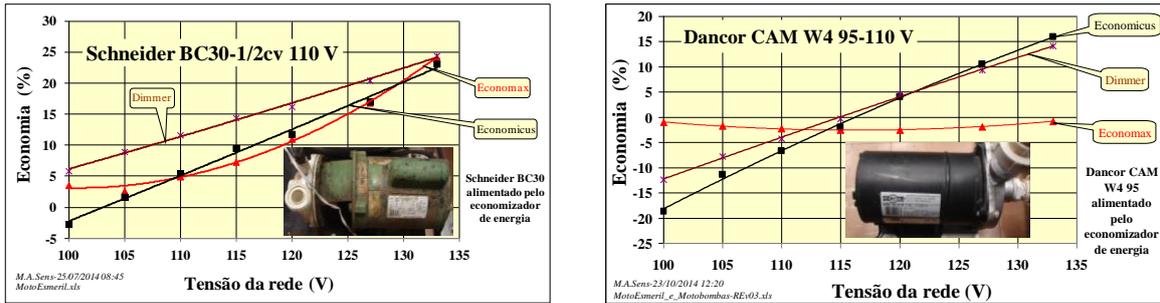


Figura 5 – Economia no Acionamento de Motobombas com Economizadores

### 3.2 Avaliação de Refrigeradores de Uso Domiciliar

Para avaliação de refrigeradores domésticos foram adotadas três técnicas distintas, todas conduzidas após a estabilização da temperatura externa do motorcompressor. Primeiro foi adotada a mais elementar, ou seja, uma geladeira doméstica, em uso residencial, prevista para uso na tensão de 127 V, foi avaliada por 400 horas quando alimentada diretamente pela rede elétrica de 127 V e depois a mesma geladeira foi alimentada através de economizador Economax, com monitoração da corrente, da tensão e da potência elétrica consumida. Obteve-se redução de aproximadamente 6% no consumo energético. Em ambos os casos o ajuste do termostato foi mantido o mesmo, assim como a carga interna, aproximadamente. A tensão da rede não foi estabilizada, pois foi adotado o modo domiciliar de uso do refrigerador. Os resultados foram bastante coerentes com os divulgados pelo Inmetro [7].

Numa segunda etapa, um refrigerador para 220 V foi submetido aos ensaios padronizados, normalmente efetuados para o Programa Nacional de Etiquetagem de Refrigeradores previsto pelo Inmetro, em câmara sob controle de temperatura. Da mesma forma, o refrigerador foi ensaiado com alimentação nominal e através de um redutor de tensão, Economax. A relação entre a energia consumida pela geladeira alimentada na tensão nominal e sob tensão reduzida indicou economia de 2 %. Em ambos os casos o ajuste do termostato foi mantido o mesmo, assim como a carga interna e a tensão da rede foi estabilizada. Repetiu-se o ensaio com um freezer de 127 V, com e sem o Economax e os resultados indicaram economia entre 4 e 5 %.

Numa terceira etapa, o refrigerador foi avaliado no modo instantâneo, ou seja, foi medida a potência necessária para o compressor completar mil rotações. Como o trabalho mecânico de compressão do fluido refrigerante depende do número de rotações do compressor, o consumo relativo foi avaliado deste modo, ou seja, pela potência consumida para mil rotações completas do compressor. A equação abaixo ilustra melhor o procedimento matemático.

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Potência [watts]}}{\text{Rotação} \left[ \frac{r}{s} \right] \cdot 3600 \left[ \frac{s}{h} \right]} \cdot 1000 \left[ \frac{Wh}{1000 r} \right]$$

Desta forma, além do sistema de medição da potência elétrica, foi necessário um transdutor de vibrações ou de deslocamento, capaz de perceber a vibração e a rotação do compressor hermético, após os devidos tratamentos matemáticos de integração e de transformada FFT. A Figura 6 mostra que o consumo relativo sobe com a tensão aplicada e que o fator de potência cai em geladeiras com compressores alternativos, típicas dos lares brasileiros. Ainda numa quarta modalidade de ensaios, utilizou-se economizadores trifásicos, como mostrado na Figura 7.

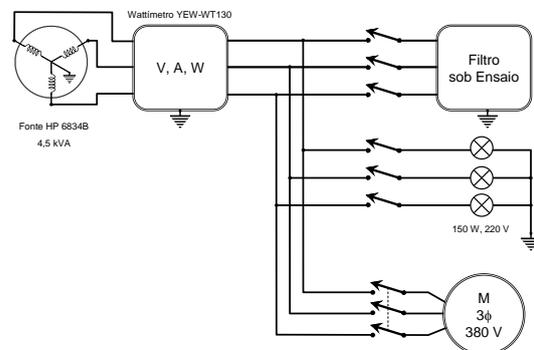
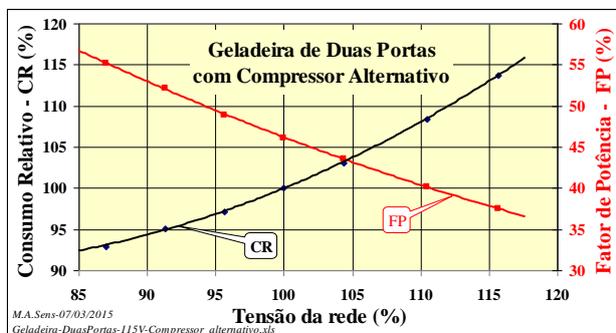


Figura 6 – Consumo Relativo e Fator de Potência Figura 7 – Ensaio de Economizador Trifásico

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Foram avaliados nove modelos distintos de dispositivos economizadores de energia, encontrados no comércio. Sete deles foram efetiva e exaustivamente ensaiados. Entre estes, cinco modelos não apresentaram qualquer redução no consumo de energia elétrica e quatro apresentaram redução.

Entre os que não apresentaram redução no consumo, um deles, denominado NewAir, não se recomenda o uso por alterar o funcionamento normal do condicionador de ar e trata-se de um termostato eletrônico com temporizador para acionamento externo de condicionadores de ar, desligando e ligando todo o sistema de refrigeração, incluindo os controles e a circulação do ar. A promessa de economizar 30 % no consumo de energia elétrica de aparelhos de ar condicionado constitui, portanto, um mito.

O outro, denominado ReduLight, que não apresentou qualquer redução no consumo de energia, trata-se de um banco de capacitores, tanto no modelo monofásico como trifásico e, em alguns casos, pode melhorar o fator de potência da carga, sem, entretanto, reduzir o consumo. O ReduLight pode atuar apenas como um filtro para altas frequências. Como um economizador de energia, o ReduLight se constitui em mito.

Entre os dispositivos economizadores que apresentaram redução de consumo de energia elétrica, entretanto, devem ser observadas as indicações e restrições dos fabricantes para a obtenção de alguma economia de energia elétrica. Com exceção dos dois casos citados, a introdução do dispositivo na alimentação da carga reduziu a potência média dos motores que, nos casos de serem alimentados por redes de tensão mais elevadas que a nominal, implicam melhora no rendimento do conjunto motorizado [26]. Condicionadores de ar de 220 V são mais econômicos que os de 127 V – verdade – porque? Este caso justifica-se quando motores para 110 ou 115 V, ligados em redes de 127 V, que pode estar em até 133 V [9]. Constatou-se que a maioria dos motocompressores de refrigeradores é fabricada para a tensão nominal de 115 V, podendo operar em redes de até 133 V [9].

Quanto ao nível de redução no consumo de energia elétrica, ou a economia proporcionada pelos dispositivos, depende muito da carga a ser conectada nos dispositivos. Em alguns casos não ocorre qualquer redução, mas em outros pode até superar as promessas dos anúncios comerciais.

Para os dispositivos que se destinam a motores elétricos de indução, a maior economia ocorre para os motores que operam em vazio, com baixo fator de potência, inferior a 60 %. Os economizadores que de fato reduzem o consumo em motores elétricos, operam pelo mesmo princípio de um *Dimmer*, cortando a corrente elétrica, Figura 8, ou seja, reduzindo a corrente eficaz das cargas e possibilitando melhora no rendimento do conjunto motorizado. Entretanto, pelo princípio e conforme constatado, em todos os casos os dispositivos promovem a introdução de interferências na rede elétrica, harmônicos, e reduz a tensão eficaz dos eletrodomésticos. Em alguns casos de uso, onde a tensão pode estar muito baixa, mas ainda na faixa considerada normal pela ANEEL, a intercepção do dispositivo economizador, entre a tomada e o plugue do eletrodoméstico, pode impedir a partida do motocompressor, podendo danificá-los. Este é o caso de um dos dispositivos, o EEconomax, que não era indicado para geladeiras na cartela de embalagem, mas sem qualquer indicação no produto, podendo levar ao uso indevido.

Em apenas um modelo, no Economax, foi encontrado um sistema inteligente de acionamento de motores de indução, capaz de alimentar a carga sem qualquer corte da corrente quando requerido. Este é o caso da partida de motores, utilizados em refrigeradores, pois o dispositivo inicia o plano de economizar após 8,3 segundos, dando tempo suficiente para a partida e normalização da marcha do motocompressor. Além disto, mesmo após iniciar a economia, com o corte da corrente, caso ocorra uma elevação da carga, o dispositivo reduz o corte gradativamente para permitir o bom funcionamento da carga motriz. O sistema, neste caso, monitora constantemente o fator de potência da carga e, caso seja maior que 60 %, fornecerá plena potência à mesma. Mesmo para este dispositivo, denominado de Economax, a redução no consumo não é garantida, depende do tipo de carga e da tensão da rede, podendo implicar elevação no consumo.

Conclui-se, portanto, que os dispositivos economizadores de energia, com exceção dos modelos ligados em paralelo com a carga, ou sem contato direto com as mesmas, de fato podem atender aos propósitos, se seguidas as recomendações dos fabricantes, sem prejuízo da instalação elétrica. Nos modelos que não contam com monitoração do fator de potência, e que operam com taxa fixa de redução da corrente, a tensão da rede não pode estar na faixa inferior à prevista.

Concluiu-se, ainda, que a taxa de redução no consumo difere conforme a tensão nominal da carga e conforme a tensão da rede. Para tensões mais elevadas, dentro da faixa considerada normal pela ANEEL, a taxa de redução no consumo energético é mais elevada. A **Tabela 1** mostra um resumo do comportamento das amostras de dispositivos economizadores de energia. Entre eles, um de procedência espanhola, ensaiado na Espanha, cujo relatório disponibilizado, confirma os resultados obtidos pelo Cepel.

Alguns resultados aqui apresentados foram questionados pelos fornecedores - distribuidores, sobretudo por falta de conhecimentos básicos de Engenharia Elétrica.

Nem todos compreendem que a energia que conta para o consumo ou para a economia, denomina-se de energia ativa e, que a redução da energia reativa em nada reduz a energia ativa consumida pela carga. Falsamente, alguns entendem que ao se reduzir a potência reativa e, conseqüentemente, a corrente da carga, a redução na potência ativa seria proporcionalmente reduzida. Erro conceitual. De fato, a potência reativa pode variar de valores negativos a positivos, alterando a potência aparente, sem alterar a potência ativa, integrada no medidor de energia elétrica.

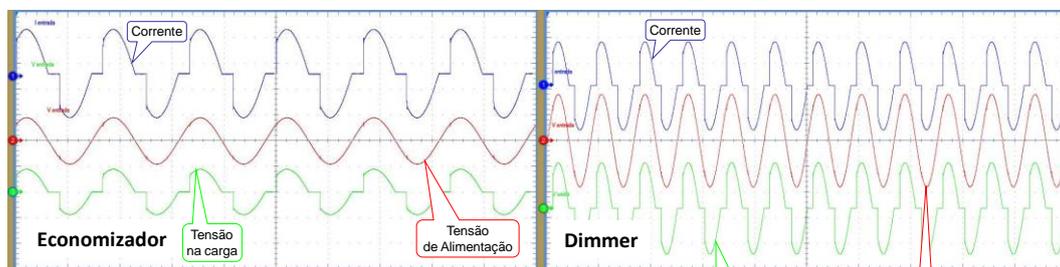
Conclui-se e reforça-se o óbvio: Não existe dispositivo economizador de energia elétrica para cargas predominantemente resistivas, como chuveiros, aquecedores por resistência, lâmpadas incandescentes – isto é mito. Pode-se apenas reduzir a potência de tais cargas. Os economizadores descritos podem apenas proporcionar

economia em motores elétricos pela redução da tensão eficaz, quando esta estiver acima da tensão nominal.

**Tabela 1 – Comportamento dos Dispositivos Economizadores em Distintas Condições de Uso**

N	Amostra de Economizador (promessas)	Recomendação de uso	Redução percentual no consumo de energia elétrica no acionamento das cargas (%)											AVALIAÇÃO				
			Lamp. Incandesc. 127 V	Lamp. Incandesc. 220 V	Cond. de Ar	Geladeira 127 V	Geladeira 220 V	Motogerador	Motobomba Scheider BC30	Motobomba Dancor 95 110V	Motobomba Dancor 96 220V	Motobomba Dancor 97	Motoesmeril	Verdade	Mito			
1	NewAir (30%)	Condicionadores de ar	Zero	Zero	Não recomendado	Não aplicável												X
2	ReduLight (N/D)	Instalações em geral	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero		X			
3	Economicus (até 35%)	Refrig. e motores	7,13 (*)	3,32 (*)	Até 2	Até 5,8	Não avaliado	Até 2	De -3 a 23	De 19 a 16	De -3 a 4	De 11 a 12	De 46 a 48	X				
4	Economax (até 35%)	Refrig. e motores	0,00 (*)	0,60 (*)	Não avaliado	Até 7,0	Até 2	Não avaliado	De 3 a 24	De -3 a -1	De -0,4 a -0,3	De 0 a 2	D 54 a 67	X				
5	Economax (até 40%)	Cargas Resistivas	30,50 (*)	13,00 (*)	Não avaliado	Não avaliado	Não avaliado	Não avaliado	De -82 a 36	De -167 a 4	De -17 a 1	De -14 a 22	De 76 a 78	X				
6	Dimmer (N/D)	Lâmpadas Incandescentes	8,72 (*)	0,72 (*)	Não avaliado	Não avaliado	Não avaliado	Não avaliado	De 6 a 24	De 12 a 14	De -2 a 4	De 5 a 25	De 42 a 43	X				
7	EcoPowerCard	Instalações Domésticas	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero	Zero		X			
8	Somatec Blocking (até 18%)	Instalações Industriais trifásicas	Contraria todas as leis físicas. Conexão em paralelo com a carga, somente pode reduzir o fator de potência, mas eleva o consumo da potência ativa.												X			
9	DeltaPower EcoPower Filtrom DPS EcoEléctrix (30%)		Não ensaiados, mas avaliados. Qualquer dispositivo economizador, conectado em paralelo com a carga, eleva o consumo de energia ativa.												X			
Observações: (*) Não representa redução efetiva no consumo, pois reduz a iluminação proporcionada pelas lâmpadas									Ensaio por M. A. Sens entre 26/6 e 19/08/2014, no CEPEL - Ilha do Fundão EnsaioCaracterizacao-Economizadores.xls					AVALIAÇÃO				

A economia de energia elétrica nos pequenos motores elétricos somente pode ser verificada pelo melhoramento no rendimento destas máquinas, quando do corte da corrente, pelos economizadores, para ajustar a tensão nominal [26], [27], conforme **Figura 8**. Neste caso, o *Dimmer* foi ajustado em um ponto fixo, semelhante ao corte de um dos economizadores avaliados.



**Figura 8 – Corte da Corrente pelos Economizadores e pelo Dimmer**

## 5.0 - RECOMENDAÇÕES – TRABALHOS FUTUROS

Considerando-se que a maioria dos ensaios e avaliações rápidas foi conduzida em ambiente de laboratório, sob temperatura controlada e padronizada. E que as tensões de alimentação elétrica dos dispositivos nos ensaios foram de baixa distorção harmônica, inferiores a 2 %. Considerando-se ainda, que um fornecedor e distribuidor comercial de um economizador trifásico avaliado questionou a validade dos resultados, alegando se tratar de condição de laboratório, onde a rede é “limpa”, e não “suja”, como em ambiente industrial, recomenda-se a repetição dos ensaios de avaliação sob tensão de alimentação trifásica com elevada distorção harmônica, padronizada e controlada, para a revalidação ou contestação dos resultados aqui mostrados, somente com referência aos chamados filtros, ou bloqueadores, trifásicos, conectados em paralelo com as cargas.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABRADEE, Consumidores Residenciais, comerciais e industriais em dezembro de 2013, com dados da ANEEL, [http://www.abradee.org.br/arquivos/DADOS\\_DE\\_MERCADO\\_CONSUMIDORES\\_E\\_CONSUMO\\_2014.zip](http://www.abradee.org.br/arquivos/DADOS_DE_MERCADO_CONSUMIDORES_E_CONSUMO_2014.zip)
- [2] Carmeis, Dean William. M. - Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Faculdade de Engenharia Elétrica, Departamento de Máquinas, Componentes e Sistemas Inteligentes, “Os Efeitos da Diversidade de Tensões de Distribuição no Setor Elétrico Brasileiro. Estudo do Caso do Refrigerador Doméstico”, Campinas, 26 de março de 2002. <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/Dean.pdf>
- [3] Carmeis, Dean William. M. e Jannuzzi, G. M. “Os Efeitos das Diversidades de Tensões de Distribuição no Setor residencial Brasileiro. Estudo do Refrigerador” Doméstico, Faculdade de Engenharia Elétrica/UNICAMP e Faculdade de Engenharia Mecânica/UNICAMP, <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/Cobemrefri.pdf>, acesso em 22/02/2015
- [4] Christos Mademlis, Iordanis Kioskeridis, and Theodoros Theodoulidis, IEEE Optimization of Single-Phase Induction Motors - Part I: Maximum Energy Efficiency Control, IEEE Transactions On Energy Conversion, VOL. 20, No. 1, March 2005.
- [5] DUBOC, Wagner de Almeida - Relatório CEPEL - DLA 33640/2013 – “Ensaio de Avaliação de Eficiência no Equipamento Ecomax”, 17 p. Rio de Janeiro - RJ.
- [6] Ecopower Card, CNPJ 24.722.420/0001-40, Economicpower Comercio de Aparelhos Eletroeletronicos Eireli - ME, aberta em 4/5/2016, BA, Salvador, Caminho Das Arvores - Comércio varejista especializado de peças e acessórios para aparelhos eletroeletrônicos para uso doméstico, exceto informática e comunicação. [www.ecopowercard.com](http://www.ecopowercard.com), acesso em 9/02/2017.

- [ 7 ] Eficiência de Refrigeradores, Inmetro, <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/refrigeradores.pdf>, atualização de 6/2/2015, acesso em 5/3/2015.
- [ 8 ] Eletrobrás-Procel, “Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento” - PROCEL Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras, Fupai/Efficientia, 272p. Rio de Janeiro, 2005.
- [ 9 ] Embraco, catálogo Eletrônico, disponível em <http://www.embraco.com/catalog/Default.aspx>, acesso em 30/09/2014.
- [ 10 ] EPRI Electric Power Research Institute, Retrofit Energy Savings Device (RES D) Seminar, “Motor Energy Savings by Voltage Reduction”, <https://www.sceg.com/docs/librariesprovider5/pdfs/retrofitenergysavingsdeviceseminar.pdf>
- [ 11 ] Gerador Universal de Energia, em <https://milenaar.org/2014/06/10/empresarios-brasileiros-anunciam-descoberta-revolucionaria-de-fonte-de-energia-universal/>, acesso em 11/11/2017.
- [ 12 ] H. Alegre, J.M. Baptista, E. Cabrera Jr, F. Cubillo, P. Duarte, W. Hirner, W. Merkel, R. Parena, “Performance Indicators for Water Supply Services” - Second Edition, 01 Jul 2006 • ISBN: 9781843390510, 312 pages, Hardback.
- [ 13 ] IBGE – Censo demográfico 2010 – Número de geladeiras em uso nos domicílios permanentes brasileiros, Tabela 1.2.3, cd\_2010\_familias\_domicilios\_amostra.pdf
- [ 14 ] J. D. Law and T. A. Lipo, “A single phase induction motor voltage controller with improved performance,” IEEE Trans. Power Electron., vol. PE-1, no. 4, pp. 240–247, Oct. 1986.
- [ 15 ] K.Samudurai (Faculty of Electrical Engineering Anna University, Chennai, India); G. Saravana Ilango (Dept. of Electrical and Electronics Engineering National Institute of Technology, Trichy, India) and K.Thanushkodi (Akshaya College of Engineering and Technology, Coimbatore, India), “Performance Comparison of Single-phase Power Electronic Controllers”; at The 4th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2010), Shah Alam, Selangor, Malaysia. 23-24 June 2010.
- [ 16 ] LAW, J. D.; LIPO, T. A., “A Single Phase Induction Motor Voltage Controller with Improved Performance”, IEEE Transaction on Power Electronic, USA: v. PE-1, n. 4,p. 240-247, 1986.
- [ 17 ] MADEMLIS, C. et al “Optimization of Single-Phase Induction Motors – Part I - Maximum Energy Efficiency Control”. IEEE Transactions on Energy Conversion, USA: v. 20 n.1, p. 196-203, 2005.
- [ 18 ] MADEMLIS, C. et al “Optimization of Single-Phase Induction Motors – Part II” - Magnetic and Torque Performance under Optimal Control”. IEEE Transactions on Energy Conversion, USA: v. 20, n.1, p. 187-195, 2005.
- [ 19 ] Manual de Compressores Embraco - Process and Product Technology Group for Assistance in Application, Rua Rui Barbosa, 1020 - Caixa Postal 91, CEP 89219-901 - Joinville - SC – Brazil.
- [ 20 ] Minipa Indústria Eletrônica Ltda., Manual de Operação do Wattímetro Digital ET 4000, Rev0, emissão de 07/03/1995.
- [ 21 ] Norma regulamentadora ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – ProDist – Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição
- [ 22 ] Norma regulamentadora ANEEL – Agência nacional de Energia Elétrica – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – ProDist – Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica, Tabela 4.
- [ 23 ] Oliveira, Edson Carlos Peres de e Dias, Jean Carlos, “Rendimento nos Motores Monofásicos”, WEG-rendimento-nos-motores-monofasicos-artigo-tecnico-portugues-br
- [ 24 ] Pauletti, Luis Celestino – Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, "Um Estudo de Uso de Gradador de Tensão em Motores de Indução Monofásicos”, UFRGS - Porto Alegre - 2009. <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17566/000720389.pdf?sequence=1>
- [ 25 ] Sens, Leonardo Philippi – “Simulação e Análise da Operação Monofásica de um Motor Trifásico de Indução” - Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro –RJ, Julho de 2014.
- [ 26 ] Sens, Marcio Antônio, “Impacto Econômico das Variações da Tensão no Rendimento de Máquinas Elétricas Rotativas de Pequeno Porte”, artigo apresentado e premiado no XXIII-SNPTEE-Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Grupo de Estudo de Eficiência Energética e Gestão da Tecnologia da Inovação – GET, Foz do Iguaçu – PR, outubro de 2015.
- [ 27 ] Sens, Márcio Antônio, “Influencia da Variação da Tensão de Alimentação no Rendimento de Pequenos Motores Elétricos”, Revista Eletricidade Moderna, em Eficiência Energética, Ano 44, N. 508, páginas 80-86, julho de 2016.
- [ 28 ] Vieira, Daniel “Tensões e número de consumidores por município brasileiro”, ANEEL-SRD, 2015.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Márcio Antônio Sens, nascido em 07/07/1951, em Ituporanga – SC, Técnico em Eletromecânica (ETFSC-1970), Engenheiro Eletricista e de Segurança (UFSC-1975) é pesquisador da Eletrobrás - Cepel, no Rio de Janeiro – RJ, onde atua desde fevereiro de 1976 em estudos relacionados aos materiais elétricos condutores, dielétricos e magnéticos e também em análise periciais destinadas à identificação de causas de falha em equipamentos e instalações ligadas ao Setor Elétrico Nacional. O Autor também é professor de Materiais Elétricos, Medidas Elétricas, MS-Excel para Engenharia e Transformadores Elétricos no Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Fluminense, em Niterói – RJ, onde atua desde março de 1984.