Universidade Federal de Santa Maria – UFSM

Educação a Distância da UFSM – EAD

Universidade Aberta do Brasil – UAB

Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos

Polo: Quaraí

VIABILIDADE DA INSERÇÃO DE MEDIDORES DE ENERGIA EM REFRIGERADORES

BÜRKLE, Samuel[1]

LOSEKANN, Dr. Cláudio Roberto[2]

BELTRAME, Thiago Favarini[3]

RESUMO

A conservação de equipamentos aliada à eficiência energética para manter ou melhorar o uso da energia de forma a ter menores perdas e gastos é imprescindível para economia doméstica e até mesmo de geração de energia, bem como promover a redução dos impactos ambientais gerados pelo uso descomprometido da energia. Por esse motivo, o monitoramento da energia consumida pelos eletrodomésticos de uso contínuo pode ser uma alternativa interessante sob o ponto de vista econômico, sabendo-se que: a energia que não pode ser medida, não pode ser economizada.

1 Engenharia Elétrica. Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, RS

2 Engenharia Mecânica. Professor Orientador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

3 Engenharia Química. Co-Orientador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

Os novos refrigeradores trazem à vista o selo PROCEL que informa a eficiência energética do eletrodoméstico. Comparando um refrigerador de baixa eficiência com um de eficiência mais elevada, percebe-se a necessidade de substituição, no entanto para comprovação é necessária a medição da energia deste equipamento de forma separada dos demais. Com a evolução tecnológica dos medidores de energia elétrica, estes reduziram de tamanho e de preço, o que pode viabilizar a inclusão deste equipamento nos novos refrigeradores em seu processo de fabricação e assim no futuro; quando este sofrer desgaste; se obterá informações do consumo mensal da energia do eletrodoméstico e com isso fomentar o comparativo com os equipamentos de tecnologia mais avançada, mediante análise de viabilidade econômica.

Palavras-chave: Monitoramento da energia consumida, economia doméstica, viabilidade econômica.

ABSTRACT

Conservation equipment combined with energy efficiency to maintain or improve the use of energy in order to have less losses and expenses is essential for home economy and even power generation, and also promote the reduction of environmental impacts generated by the use of energy in an uncommitted way. Therefore, monitoring the energy consumed by appliances of continuous use may be an interesting alternative in the economic point of view knowing that the energy that cannot be measured cannot be saved.

The new refrigerators contain PROCEL seal informing the energy efficiency of the appliance. Comparing a refrigerator low efficiency with a higher efficiency, it is possible to observe the need for replacement, however evidence for measuring the energy of this equipment separately from the others is required. With the technological evolution of electric energy meters, it was reduced price and size, which can make possible to include this equipment in the new refrigerators in their manufacturing process and so in the future; when it is worn; we can get the information about monthly energy consumption of the appliance and thereby promote the comparison with the most advanced technology equipment, through analysis of economic viability.

Key-words: Monitoring of energy consumption, home economy, economic viability.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a humanidade tem se tornado cada vez mais dependente da energia elétrica em todos os setores e atividades, com isto o consumo e a demanda de energia estão cada vez maiores, por outro lado, a sua obtenção está cada vez mais onerosa vista a dificuldade de instalação de grandes usinas hidrelétricas, por isto o gerenciamento do uso da energia de forma a usá-la de um modo mais eficiente e com maior conservação de energia é cada vez mais necessário.

Em muitas das inspeções de rotina realizadas nas entradas de energia, trabalho este, realizado pela Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D) verificou-se que muitos dos clientes solicitavam uma inspeção no medidor de energia de sua residência duvidando que o mesmo estivesse registrando a energia de maneira correta, realizando o procedimento utilizando o padrão de campo que é um medidor comparador e mede o erro relativo percentual da energia consumida entre o medidor da instalação do cliente e o padrão de campo, constatava-se que na grande maioria dos casos o medidor estava registrando de forma correta, ou seja, dentro do erro percentual admissível.

As suposições para os clientes consumirem uma quantidade de energia superior a esperada são as seguintes:

- Desconhecimento dos clientes sobre as potências dos equipamentos de uso diário.
- Uso irracional dos equipamentos.
- Circuitos alimentadores das residências em estado precário com emendas mal feitas e fiação com bitola menor que a exigida propiciando o efeito Joule.
- Equipamentos ineficientes que gastam mais energia do que necessário.
- Refrigeradores com motores ineficientes e com a gaxeta da porta (borracha de vedação) em estado precário proporcionando a fuga térmica.

Com base nestas suposições; em especial a última; foi construído um medidor de energia de fácil manuseio que pode ser operado por uma pessoa leiga, com o propósito medir o consumo de energia em determinado equipamento. Sabendo que a maioria dos eletrodomésticos novos traz a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE – que informa o consumo mensal de energia utilizada pelo eletrodoméstico.

De posse dos dados da energia consumida pelo eletrodoméstico monitorado é possível comparar com a energia que deverá ser consumida por um equipamento, por exemplo, com o selo A do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE - e concluir se o mesmo está operando de maneira eficiente ou se este está desperdiçando energia. A etiqueta ENCE mostra o consumo da energia deste equipamento nas condições ideais (motores novos, vedações em bom estado), mas na medida em que estes equipamentos vão se desgastando essas informações previamente informadas irão receber distorções que podem ficar escondidas dos consumidores**.**

Portanto o trabalho em questão buscará informações a respeito do custo dos medidores eletrônicos novos para a CEEE-D servindo de parâmetro na instalação deste equipamento em refrigeradores novos; instalado de forma integrada aos refrigeradores pelos fabricantes; para que no futuro quando ocorrer o desgaste e em virtude da atualização tecnológica contínua destes equipamentos, possa servir de parâmetro para o comparativo do consumo registrado pelo eletrodoméstico atual e o consumo a ser registrado pelo novo eletrodoméstico.

Em busca no mercado de refrigeradores com medidores de energia embutidos não foram encontrados casos do tipo.

O trabalho foi desenvolvido com o seguinte cronograma:

- Agosto/2014 – Escolha do projeto, começo do estudo, envio da documentação e início da revisão bibliográfica.

- Setembro/2014 – Término da revisão bibliográfica e referenciais teóricos, materiais e métodos, início da implementação e defesa de qualificação.

- Outubro/2014 – Continuação da implementação e verificação dos dados obtidos.

- Novembro/2014 – Término da implementação, conclusões, apresentação e defesa do TCC.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

Mostrar aos fabricantes de refrigeradores a viabilidade de se incluir nestes produtos um medidor de energia para informar aos usuários sobre o consumo destes equipamentos fornecendo assim informações importantes a respeito da eficiência

destes equipamentos, pois como estes sofrem desgaste ao longo do tempo o monitoramento do consumo é essencial para saber o que deve ser feito com o equipamento quando este passa a ser ineficaz.

Expor que a inserção de medidores de energia em refrigeradores não causará grandes impactos no preço deste equipamento e será muito útil aos consumidores principalmente no momento em que o equipamento vai se desgastando, pois será possível analisar o quanto de energia está se desperdiçando.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Neste trabalho busca-se:

- Justificar o motivo pelo qual este trabalho será realizado;
- Fazer um levantamento dos preços dos medidores de energia nos últimos anos.
- Informar quanto acarretará a inserção deste medidor nos refrigeradores pelos fabricantes;
- Registrar a energia consumida por um ou mais eletrodomésticos e fazer uma análise de viabilidade econômica com base na diferença da energia consumida pelo eletrodoméstico monitorado e o novo eletrodoméstico.
-Verificar em quanto à inclusão do medidor impactará sobre o custo do eletrodoméstico;
- Verificar a viabilidade da inclusão de medidores de energia em refrigeradores novos.

1.2. JUSTIFICATIVA

A possibilidade de sanar as dúvidas de consumidores com relação aos consumos em suas faturas de energia elétrica, pois a conta nada mais é do que o somatório dos gastos com energia de todos os equipamentos utilizados naquele mês. Ao saber o gasto de um equipamento de forma individual; principalmente dos que mais influenciam na conta de energia; abastecerá o consumidor com informações e provavelmente fará com que o consumo de energia seja feito de maneira mais consciente. Desta forma equipamentos obsoletos em um mau estado de conservação que fazem com que a energia seja desperdiçada deixarão de ser utilizados.

Com a evolução dos medidores de energia dos antigos eletromecânicos para os atuais eletrônicos que possuem preço e tamanho reduzidos como será abordado posteriormente neste trabalho, mostrar que a inserção de medidores de energia nos refrigeradores por parte dos fabricantes são viáveis e mostrarão aos consumidores o consumo de energia deste eletrodoméstico com isso será possível verificar a sua eficiência ao longo dos anos ou em caso contrário programar a manutenção ou troca do equipamento. O projeto pretende atacar o desperdício de energia no que tange a energia consumida por refrigeradores visto que não é possível se saber o quanto se pode economizar de energia sem antes medir a energia que está sendo desperdiçada.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1. GRANDEZAS FÍSICAS

As grandezas físicas são as variáveis ou quantidade que serão medidas. São sinônimas as expressões, variável de medida, variável de instrumentação e variável de processo. Essas variáveis podem ser os objetivos diretos e indiretos de uma medida. Segundo o Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM), grandeza é definida como a propriedade de um fenômeno, corpo ou substância que se pode expressar quantitativamente sob a forma de um número e de uma referência. Balbinot (2010) diz que o valor de uma grandeza representa a “expressão quantitativa de uma grandeza específica, geralmente sob a forma de uma unidade multiplicada por um número”.

2.2. PROCESSO DE MEDIÇÃO

O processo de medição, em geral, envolve a utilização de um instrumento como meio físico para determinar o valor de uma variável, assim sendo, permite que alguém determine o valor de uma quantidade desconhecida, o que não seria realizável apenas pela capacidade humana sem auxílio do meio utilizado. A medição consiste em um conjunto de operações que têm por objetivo determinar o valor de uma grandeza a ciência que estuda a medição é a metrologia e abrange todos os aspectos técnicos e práticos relativos às medições. O procedimento de medição é uma descrição detalhada de uma medição de acordo com um ou mais princípios de

medição e com um dado método de medição, baseado em um modelo de medição e incluindo qualquer cálculo para se obter um resultado de medição (Balbinot, 2010).

As medições das variáveis podem ser captadas através de sensores ou transdutores, segundo o VIM, sensor é um elemento de um sistema de medição que é diretamente afetado por um fenômeno, corpo ou substância que contém a grandeza a ser medida. Exemplo uma bóia de um instrumento de medição de nível. Já o transdutor de medida é um dispositivo utilizado em medições que fornece uma grandeza de saída que tem uma correlação específica com a grandeza de entrada. Exemplo um transformador de corrente.

2.3. INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Consiste em um dispositivo utilizado para realizar medições, individuais ou em conjunto com outros dispositivos auxiliares. Os instrumentos de medição podem ter seu sistema de funcionamento mecânico, eletromecânico ou eletrônico.

Exemplo:

Medidor de kWh- Instrumento utilizado para medição de energia elétrica ativa.

2.3.1. MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA

A energia pode ser definida como a quantidade de trabalho que um sistema é capaz de realizar. Em termos matemáticos, a energia pode ser definida em um intervalo de tempo da potência.

$$E = \int_{t}^{t+\Delta t} p(t)dt$$

Dessa forma, a medida de energia é dinâmica e vai variando com o tempo. A unidade de energia é o Joule, mas para a medição de energia elétrica o Watt-hora (Wh) é a mais utilizada.

Os medidores de energia em corrente alternada (AC), podem ser do tipo eletromecânico ou do tipo eletrônico este ainda pode ser do tipo analógico com saída digital ou somente digital.

Os medidores de energia AC eletromecânicos por indução são os mais conhecidos e tradicionais é foram muito utilizado pelas companhias de energia para medir a energia nas unidades consumidoras.

Os medidores de energia estáticos eletrônicos sofreram grandes modificações com a evolução da eletrônica o que possibilitou que estes fossem construídos sem partes móveis, baseados em multiplicadores de tensão e corrente. Esses multiplicadores podem ser analógicos ou digitais. Os primeiros medidores eram implementados com multiplicadores analógicos; os mais modernos, são implementados com sistemas digitais dedicados utilizando microprocessadores especializados em processamento de sinais digitais (DSPs), aptos a realizar medidas precisas, rápidas e com uma série de parâmetros relacionados à energia, tais como tensão, corrente, fator de potência, potência ativa, além de periféricos e memórias que possibilitam a flexibilização da leitura e do processamento dos dados coletados.

Medidores de energia digitais constituem a solução mais moderna atualmente.

Nesse tipo de instrumento, os sinais de entrada de tensão e corrente são digitalizados e todo o processamento é feito por meio de um processador dedicado.

Um exemplo de componente dedicado para a medição de energia é AD71056ARZ, da Analog Devices. Este componente é dedicado para medir a energia ativa de sistemas monofásicos. O diagrama de bloco a seguir mostra a aplicação típica do componente citado medição de energia ativa em medidores de kWh eletrônicos.

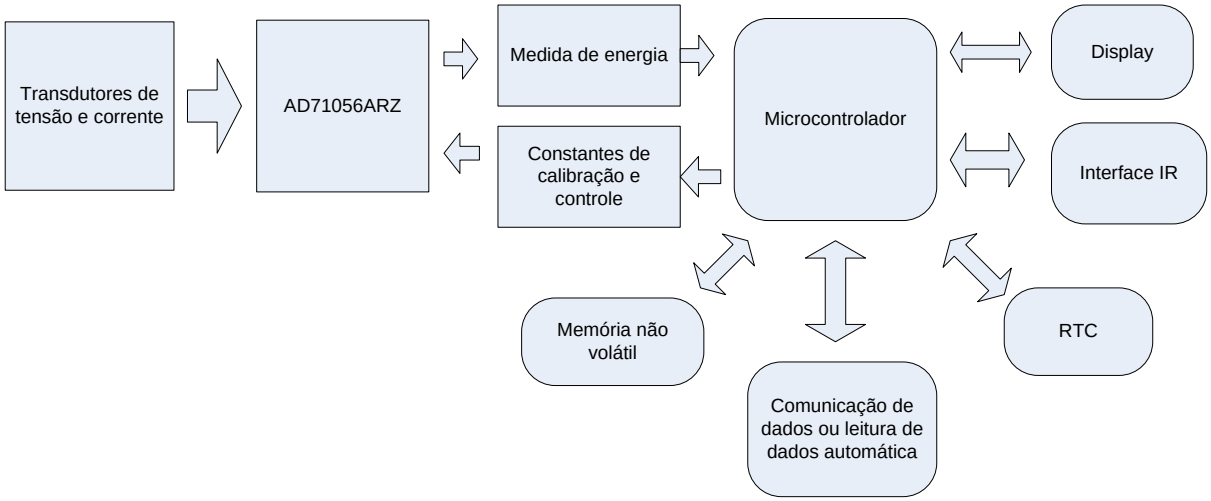


Figura 1 – Aplicação típica do componente AD71056 em um sistema de medição e monitoramento de energia. Fonte: Balbinot, 2010

2.4. O PADRÃO DE CAMPO

O padrão de campo conhecido por FRATELO é um medidor de inspeção em campo portátil, este medidor eletrônico apresenta varias funções e substituem com larga vantagem aparelhos convencionais utilizados, como voltímetros, amperímetros, fasímetros, wattímetros, medidores padrão, etc. Este equipamento é calibrado e conforme a legislação vigente a cada período de tempo passa por uma aferição.

Funcionando como um completo analisador de potências e incorporando as funções de um moderno medidor padrão, permite com rapidez e eficiência, a realização de diagnósticos sobre as condições de funcionamento e ligação do conjunto de medição. Com esta ferramenta, podemos verificar os valores de tensão (V), corrente (A), potência ativa(W), fator de potência (cos φ), ângulo de defasagem (em graus), energia ativa instantânea consumida (Wh), energia reativa instantânea consumida (varh), entre outros. Com isto é possível verificar-se o erro ao se comparar a sua medida com a medida do medidor em análise.

Neste trabalho o padrão de campo foi utilizado para fazer a calibração do medidor construído, os seus dados de exatidão são:

Com o uso dos transformadores de corrente em forma de grampos "clamps" calibrados:

- Wh: 0,5% / (F.P);
- Varh: 1,0%;
- Demais grandezas: 1%.

2.5. CARACTERÍSTICAS DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Para que instrumento de medição exiba no seu resultado um valor confiável é necessário ter o conhecimento de alguns conceitos e definições os mais importantes e usuais serão mostrados neste item.

As imperfeições nas medições dão origem aos erros por isso os instrumentos de medição devem ser projetados visando apresentar o menor nível de erro quanto for possível. Segundo Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia - **VIM** - os erros se dividem em:

Erro de medição: É a diferença entre o valor medido de uma grandeza e o valor de referência.

Erro aleatório: Consiste no resultado de uma medição menos a média que resultaria de um infinito número de medições do mesmo mensurando efetuadas sob condições de repetitividade.

Erro sistemático: É a media que resultaria de um infinito número de medições do mesmo mensurando, efetuadas sob condições de repetitividade, menos o valor verdadeiro do mensurando.

Como os erros trazem incertezas nas medições é necessário saber que ao se fazer uma medição existirá uma incerteza que será caracterizada pela dispersão dos valores fundamentalmente atribuídos ao mensurando. Com isto torna-se importante saber o que é a exatidão e a precisão na medição. Segundo o **VIM**:

Exatidão de medição: É o grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro do mensurando, é um conceito qualitativo e não deve ser expresso numericamente. A exatidão está diretamente relacionada ao erro sistemático e ao erro aleatório.

Precisão de medição: É o grau de concordância entre indicações ou valores medidos, obtidos por medições repetidas, no mesmo ou em objetos similares, sob condições especificadas. A precisão pode ser expressa de forma numérica por meio de medidas de dispersão como o desvio padrão, a variância ou o coeficiente de variação, sob condições de medição especificadas que podem ser entendidas como, por exemplo, condições de repetitividade, condições de precisão intermediária ou as condições de reprodutividade.

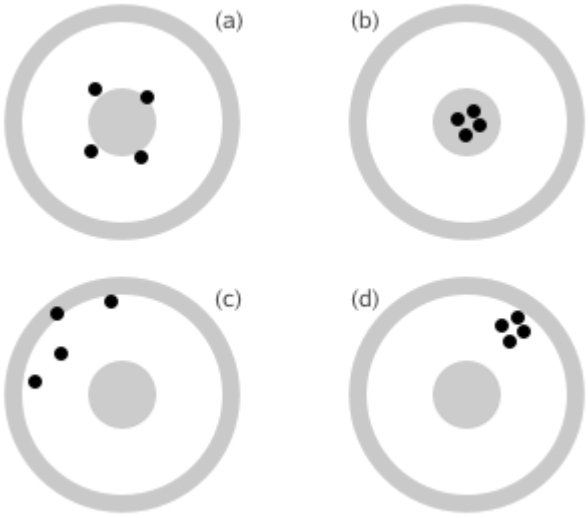


Figura 2 - Ilustração do conceito de exatidão e precisão. Fonte: Balbinot, 2010

Analisando-se a Figura 2; visualizam-se quatro alvos; neles constata-se:

- Em (a) os resultados são exatos porque, em média, estão próximos do valor verdadeiro, mas não são precisos porque há certa dispersão.

- Em (d) os resultados são precisos porque estão próximos entre si, mas não são exatos porque estão distantes do valor verdadeiro.

- Em (b) a situação ideal (precisos e exatos) e, em (c), a pior situação, isto é, nem precisos nem exatos.

A condição de medição em um conjunto de condições que compreende diferentes locais, diferentes operadores, diferentes sistemas de medição e medições repetidas sobre o mesmo objeto ou objetos similares é definida como a condição de reprodutividade.

Outras características são importantes em um instrumento de medição tais como:

- O erro máximo admissível: é o valor extremo do erro de medição, com respeito a um valor de referência conhecido, aceito por especificação ou regulamentos para uma dada medição, instrumento de medição ou sistema de medição.

- A resolução: é definida como a menor variação da grandeza que está sendo medida, que causa uma variação perceptível na indicação correspondente, consiste na menor diferença entre indicações desse dispositivo que pode ser significativamente percebida.

- O limiar de mobilidade: consiste na maior variação da grandeza medida que não produz variação detectável na indicação de um instrumento de medição, com a variação do sinal de entrada lenta e uniforme.

- A sensibilidade: é a razão da variação mínima da saída (indicação) pela variação da entrada (grandeza medida). Está será constante se a resposta for linear.

- O conjunto de valores de um mensurando para o qual se admite que o erro de um instrumento se mantenha dentro dos limites especificados denomina-se faixa de medição ou trabalho.

- A especificação dos valores máximos para admissíveis para as grandezas a serem medidas. Exemplo em um medidor de energia ativa determinar a máxima tensão e corrente admissível.

- A calibração: o conjunto de operações que estabelece, sob condições especificadas, a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrões.

- Classe de exatidão: é usualmente indicada por um número ou um símbolo adotado por convenção e denominado índice de classe. As classes de instrumentos atendem a requisitos metrológicos com o objetivo de manter as incertezas de medição dentro de limites especificados sob condições de funcionamento especificadas.

2.6. PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

2.6.1. OBJETIVO

O Programa Brasileiro de Etiquetagem visa prover os consumidores de informações que lhes permitam avaliar e otimizar o consumo de energia dos equipamentos eletrodomésticos, selecionar produtos de maior eficiência em relação ao consumo, melhor utilizar eletrodomésticos e possibilitar a economia nos custos de energia com a tomada de decisão mais consciente no momento da compra. Também estimula a competitividade na indústria visando à produção de produtos mais eficientes. (http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeObjetivo.asp).

2.6.2. SELO ENCE

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE - tem por objetivo informar o consumo de energia e/ou a eficiência energética de Refrigeradores e Assemelhados , segundo Normas Brasileiras específicas e/ou internacionais, e que a medição desse consumo e/ou eficiência está sendo feita pelo fabricante de forma contínua e segundo parâmetros e valores de ensaios de aferição e controle.

O uso da ENCE está subordinado à autorização pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, condicionada à prévia manifestação deste quanto ao modelo da etiqueta enviada pelo Fabricante, acompanhado da Planilha de Especificações Técnicas do produto a ser etiquetado e aos compromissos assumidos pelo fabricante através do contrato de licenciamento para ENCE.

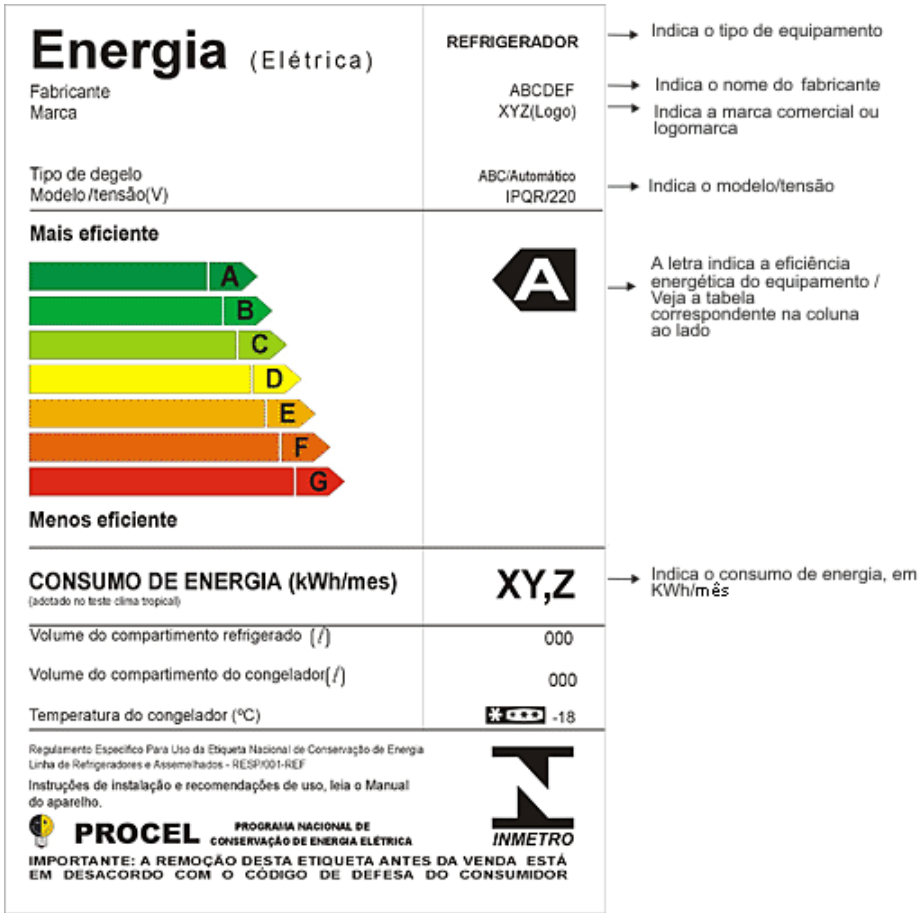


Figura 3 – Forma, dimensões e identificação dos campos da etiqueta a serem preenchidos. Fonte: Regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia – ENCE (linha de refrigeradores e assemelhados), 2003.

2.6.3. SELO PROCEL

Segundo o Regulamento para concessão do selo PROCEL de economia de energia ((Revisão – IV) - 09/08/2013), os produtos objeto do regulamento específico para uso da etiqueta nacional de conservação de energia - ENCE, aprovados em ensaios e etiquetados com classificação “A”, conforme disposto neste Regulamento e que atendam as disposições do Regulamento do Selo de Eficiência Energética, emitido pelo PROCEL/ELETROBRAS, estão aptos a receberem o Selo de Eficiência Energética, concedido anualmente pelo PROCEL, podendo divulgar este Selo nas suas propagandas individuais.

O Selo tem por objetivo principal identificar os produtos que apresentem os melhores níveis de eficiência energética em uma dada categoria de equipamentos, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar produtos mais eficientes.

Além da eficiência energética, o PROCEL pode exigir critérios adicionais para a concessão do Selo PROCEL, de forma a garantir o melhor desempenho

energético do equipamento e ou atender a requisitos ambientais. Dessa forma, o Selo PROCEL configura-se como um importante instrumento para o combate ao desperdício de energia elétrica, estimulando os fabricantes à constante evolução do desempenho energético dos seus equipamentos. A cada ano, novas categorias de equipamentos são incluídas, incentivando cada vez mais a oferta de bens energeticamente eficientes e de melhor qualidade, contribuindo com a formação, nos consumidores, de uma cultura de permanente preocupação com o uso eficiente da energia e seus impactos ambientais.

Figura 4 – Etiqueta do selo PROCEL
Fonte: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeSelo.asp

2.7. PROCESSO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

Segundo o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (EVO 2012) a "*Medição e Verificação*" (*M&V*) é o processo de utilização de medições para determinar, de modo seguro, a *economia* real criada dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia. A economia não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência de consumo de energia. Nesse caso a economia é determinada pela comparação do consumo

medido antes e depois da implementação de um projeto, com ajustes adequados, tendo em conta alterações nas condições.

As atividades de *M&V* consistem em algumas ou todas as seguintes ações:

- Instalação, calibração e manutenção de medidores;
- Coleta e tratamento de dados;
- Desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis;
- Cálculos com os dados medidos;
- Relatórios, garantia de qualidade e verificação de relatórios por terceiros.

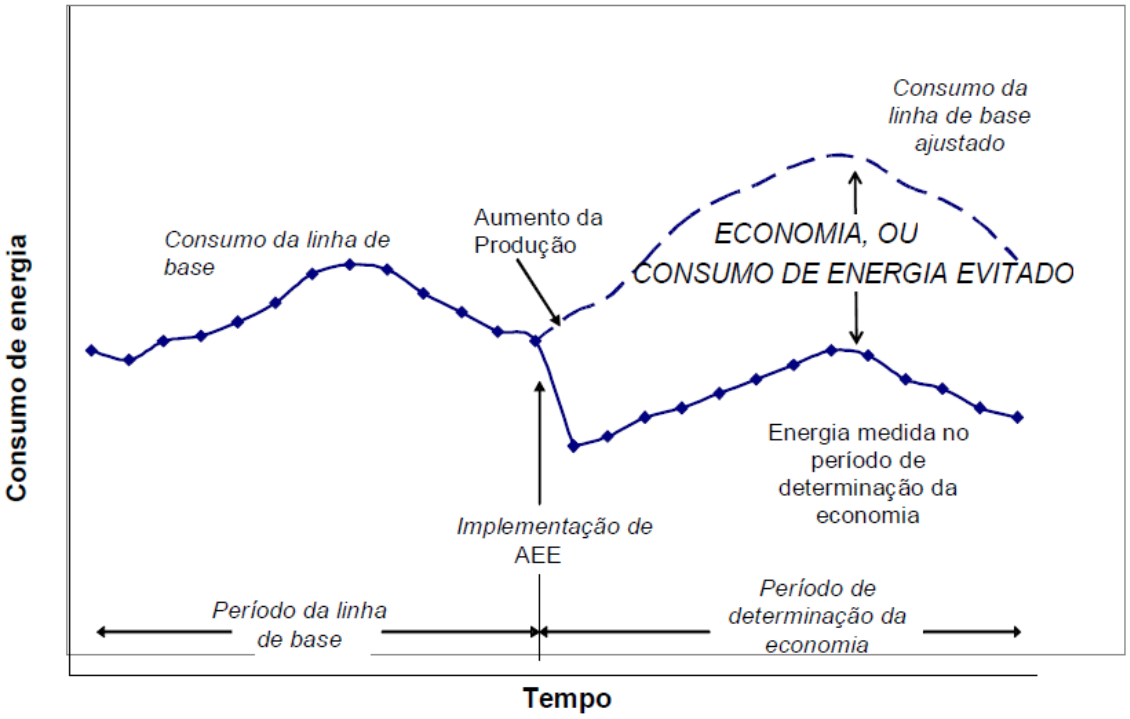


Figura 5 - Exemplo de histórico de consumo de energia.
Fonte: Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance.EVO 2012

A Figura 5 mostra o histórico do consumo de energia de uma caldeira industrial, antes e depois da implementação de uma Ação de Eficiência Energética (AEE); para recuperar calor dos seus gases de combustão. Quando da execução da AEE, a produção da fábrica também aumentou.

Para documentar adequadamente o impacto da AEE, seu efeito energético deve ser separado do efeito energético do aumento da produção. Para isso foi estudado o padrão de utilização da “linha de base energética” antes da instalação da AEE. Depois da instalação da AEE, essa relação da linha de base foi utilizada para calcular a quantidade de energia que a fábrica teria utilizado por mês, caso não

tivesse havido uma AEE. A economia, ou “consumo de energia evitado” é a diferença entre o consumo da linha de base ajustado e a energia que foi realmente medida durante o período de determinação da economia. Sem o ajuste para a mudança na produção, a diferença entre o consumo da linha de base e o consumo do período de determinação de economia de energia teria sido muito inferior, fornecendo uma subinformação acerca do efeito da recuperação de calor que poderia até mesmo inviabilizar a Ação de Eficiência Energética.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O uso da energia de forma a não ocorrer desperdício é a cada dia que passa mais importante por diversos pontos de vista sob os quais se destacam a economia e o meio ambiente. Assim sendo, uma forma de combater o desperdício de energia é fazendo o monitoramento do consumo, registrando a energia consumida por um eletrodoméstico que visivelmente sofre desgaste das peças.

Este trabalho trata-se de um estudo de caso que estudará a viabilidade de inserção dos medidores de energia em refrigeradores. Para isto as seguintes informações tornam-se necessárias:

- O custo dos medidores de energia atuais.
- A redução das dimensões do medidor de energia.
- O monitoramento da energia consumida por refrigeradores para utilização dos dados em uma análise de viabilidade.
- O consumo da energia de um refrigerador novo através da etiqueta ENCE ou consumo efetivamente registrado.
- Preço do refrigerador a ser comparado.
- O impacto no preço causado pela inserção do medidor de energia no refrigerador.
- Análise de viabilidade com o tempo de retorno do investimento.

Com a evolução, os medidores de energia reduziram de tamanho e de preço nos últimos anos, o que pode ser levado em consideração na sua utilização para o monitoramento do consumo de eletrodomésticos de uso contínuo. A Figura 6 mostra como a evolução tecnológica dos medidores de energia ocasionou a redução de seu

tamanho com mudança da tecnologia analógica (medidores eletromecânicos) para a digital (medidores eletrônicos):

Figura 6 - Foto evolução tecnológica dos medidores de energia. Fonte: Museu da CEEE-D

Na Figura 6 visualiza-se no canto superior direito o medidor de energia eletrônico monofásico e podemos verificar que seu tamanho é reduzido em relação aos demais. Na Figura 7 visualiza-se o medidor eletrônico monofásico com display digital, mas ainda assim sua carcaça está muito maior do que é realmente necessária a Figura 8 mostra a placa interna deste medidor evidenciando suas dimensões reduzidas:

Figura 7 – Medidor eletrônico monofásico com display digital.
Fonte: ELO Sistemas Eletrônicos.

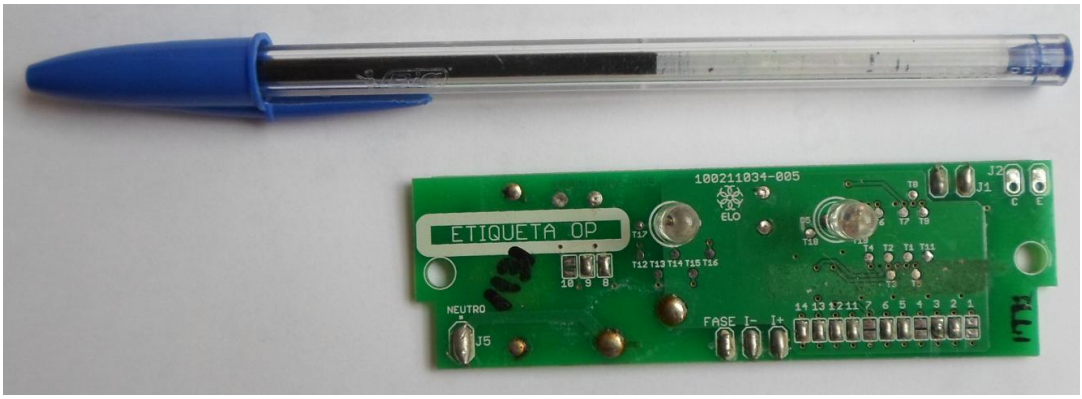


Figura 8 – Placa de circuito dos medidores eletrônicos atuais

Quadro 1 - Preços dos medidores monofásicos de kWh de 2001 a 2014

ESPECIFICAÇÃO	Quant.	Unid. R$	VALOR R$	LICITAÇÃO	DT.APROV.	FABRICANTE
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	30000	41,05	1231500,00	2000060406	29/10/2001	FAE
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	30000	48,61	1458300,00	2002010045	21/10/2002	NANSEN
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	8000	48,61	388880,00	2002030013	23/04/2002	NANSEN
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	35000	70,06	2452100,00	2003040187	30/03/2004	LANDIS GYR
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	35000	79,96	2798600,00	2004060057	06/06/2005	ITRON
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	57500	90,48	5202600,00	2006010196	13/06/2006	ELSTER
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	20000	85,62	1712400,00	2006090165	07/11/2006	FAE
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	22500	75,90	1707750,00	2007090048	15/10/2007	FAE
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	5625	81,00	455625,00	2008020033	20/08/2008	FAE
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	60000	99,50	5970000,00	2008080091	30/09/2008	ELSTER
MEDIDOR de KWH MONOFASICO	60000	70,23	4213800,00	2009050009	12/03/2010	NANSEN
MEDIDOR ELETRONICO MONOF.	**10000**	**31,51**	**315100,00**	**2009030144**	**25/11/2009**	**ELO**
MEDIDOR ELETRONICO MONOF.	**10000**	**31,51**	**315100,00**	**2009030144**	**25/11/2009**	**ELO**
MEDIDOR ELETRONICO MONOF.	**80000**	**35,00**	**2800000,00**	**2009090098**	**13/05/2011**	**ELO**
MEDIDOR ELETRONICO MONOF.	**100000**	**16,87**	**1687000,00**	**2011120018**	**04/04/2012**	**ELO**
MEDIDOR ELETRONICO MONOF.	**100000**	**45,45**	**4545000,00**	**2012110086**	**09/08/2013**	**DOWERTECH**
MEDIDOR ELETRONICO MONOF.	**75000**	**60,22**	**4516500,00**	**2014050070**	**28/10/2014**	**DOWERTECH**

Fonte: CEEE-D

Assim como a redução do tamanho a mudança da tecnologia analógica para digital também trouxe a redução dos preços dos medidores. Verificando o Quadro 1 constatamos que os preços não são elevados podendo justificar a sua utilização em eletrodomésticos de forma independente. No Quadro 1 estão registrados os preços de compra praticados em medidores de energia monofásicos pela Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica – CEEE-D, de 2001 a 2014.

Verificamos que a média dos preços dos medidores eletrônicos nos últimos cinco anos é de:

$$Preço\ un.\ do\ mee = \frac{315100 + 315100 + 2800000 + 1687000 + 4545000 + 4516500}{10000 + 10000 + 80000 + 100000 + 100000 + 75000}$$

$$Preço\ un.\ do\ mee = \frac{14178700}{375000}$$

$$Preço\ médio\ unitário\ do\ mee = R\$\ 37{,}81\ reais$$

É importante ressaltar que os preços dos medidores aqui mostrados são para correntes nominais de 100A o que com certeza eleva seu preço de forma considerável em relação aos medidores que seriam instalados em refrigeradores com correntes nominais muito inferiores a está (em torno de 7A), portanto o Quadro 1, serve para evidenciar a redução dos preços dos medidores de energia eletrônicos em relação aos eletromecânicos.

Para mostrar que o monitoramento do consumo de energia pode nos trazer informações importantes a respeito do consumo da energia de determinado eletrodoméstico foi construído um medidor de energia de fácil manuseio que pode ser instalado por qualquer pessoa, este medidor foi calibrado e aferido de forma a trazer informações corretas a respeito do consumo da energia dos equipamentos nele plugados.

Este medidor possui o circuito integrado (CI); AD71056 que é dedicado à medição de energia monofásica. Este CI foi ligado em conjunto com um microcontrolador e assim será possível mostrar os resultados obtidos em um visor digital o que é importante, pois assim pode-se mostrar valores como tensão, corrente, potência instantânea, energia consumida, fator de potência dentre outros, também pode-se aumentar a resolução do instrumento visto que é possível mostrar

os resultados obtidos com maior número de casas decimais quando comparado com os ciclométricos eletromecânicos.

3.2. DIAGRAMA DE BLOCOS DO FUNCIONAMENTO DO MEDIDOR DE kWh ELETRÔNICO

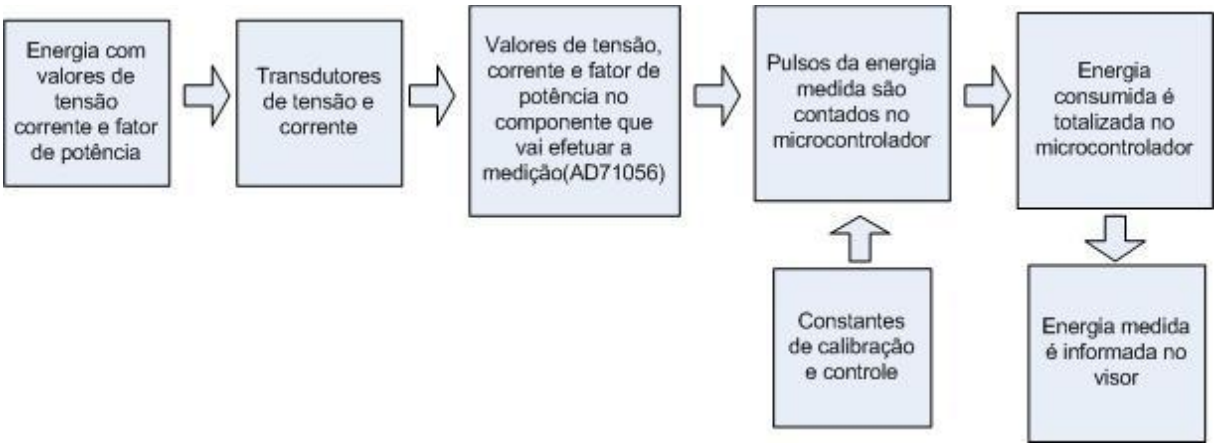


Figura 9 - Diagrama de blocos do funcionamento do medidor.
Fonte: Folha de dados do componente, 2011

3.2.1. CIRCUITO DE LIGAÇÃO DO CI

A ligação do circuito foi seguida de acordo com as informações descritas na folha de dados do componente AD71056 da analog devices que está sendo utilizado, como mostra a figura abaixo.

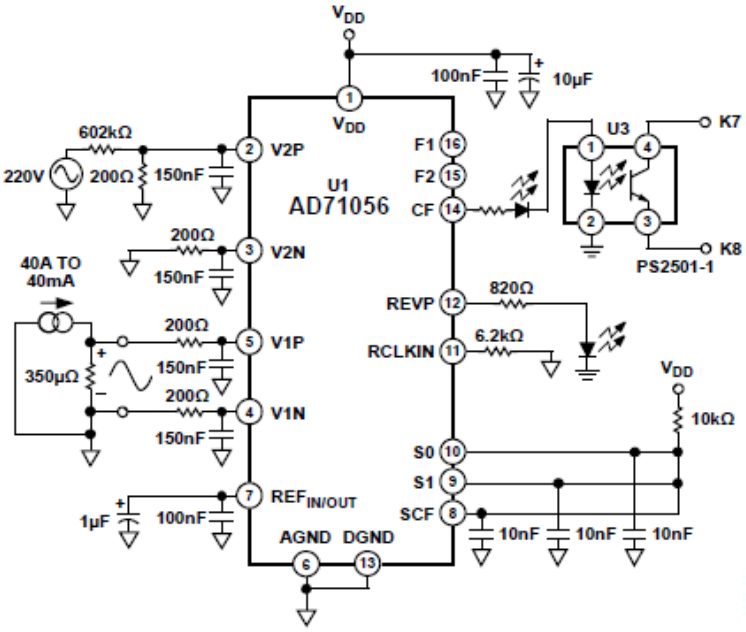


Figura 10 - Ligação típica do componente. Fonte: Folha de dados do componente, 2011

De acordo com a folha de dados do CI AD71056 este é dedicado à medição de energia monofásica, portanto dispõe de apenas dois canais que efetuam a captura dos sinais de tensão e corrente. Estes canais estão ilustrados na Figura 10, nas conexões V2P, V2N,V1P e V1N.

O canal V2 está representado por V2P e V2N é dedicado para a entrada analógica de tensão. A tensão máxima de entrada diferencial é de ±165mV para operação especificada. O sinal de tensão na forma analógica ao chegar no canal V2 é amplificado e digitalizado através de um conversor A/D do tipo Sigma-Delta.

O canal V1 está respresentado por V1P e V1N é dedicado para a entrada analógica de corrente. A tensão máxima de entrada V1P diferencial é de ±30mV em relação ao pino V1N para operação especificada. Ambas as entradas têm o circuito de proteção interna e suportam uma sobretensão de ± 6 V sem risco de danos permanentes. O sinal da corrente na forma analógica ao chegar no canal V1 é amplificado, digitalizado através de um conversor A/D do tipo Sigma-Delta, passa por uma correção de fase e é filtrado. A corrente é medida através de um sinal de tensão, ou seja, a queda de tensão sobre o resistor shunt colocado em série com o circuito da carga. O valor da queda de tensão sobre o resistor shunt é proporcional a corrente que está circulando na carga com isto pode-se medir a corrente através da tensão. A utilização do resistor shunt ocorre devido ao seu baixo custo comparado a outros sensores de corrente como, por exemplo, o transformador de corrente (TC). É fundamental que o resistor shunt apresente elevada precisão e baixo coeficiente térmico para que ocorra o menor erro possível.

Com as amostras de valores digitais provenientes dos canais de tensão e de corrente são feitas as operações de multiplicação seguida de uma filtragem. O resultado final é convertido em pulsos através de um conversor que faz a conversão do sinal digital para freqüência através de pulsos apresentados nas saídas CF; que é uma saída de alta freqüência e é usada para fins de calibração; e nas saídas F1 e F2 são de baixa freqüência, estes os pulsos representam a quantidade de energia consumida.

3.3. CALIBRAÇÃO E AFERIÇÃO

A calibração foi feita utilizando-se o padrão de campo, para calibrar o medidor foi feito o seguinte. Ligou-se uma carga resistiva no medidor (secador de cabelo de 1000W), com isso os pulsos de saída na saída CF do AD71056 são contados pelo microcontrolador e em série com o medidor ligou-se o padrão de campo que informou a quantidade de Watt.hora (Wh) consumida durante um certo período de tempo, ao final deste foi obtido as seguintes informações:

- Quantidade de pulsos contados pelo microcontrolador.
- O valor em Wh obtido com o padrão de campo.

Com estas informações utilizando-se uma regra de três simples é possível saber quanto cada pulso contado no microcontrolador equivale em kWh com isso fazendo o somatório dos pulsos sabe-se a energia consumida pela carga.

Durante a calibração utilizou-se o transformador de corrente do tipo grampo do fratelo com isso consegue-se a seguinte exatidão com o padrão de campo:

- Wh: 0,5% / (F.P);
-Varh: 1,0%;
- Demais grandezas: 1%.

Dados obtidos na página do fabricante:

- http://www.elonet.com.br/produto.php?id=14

Como a calibração foi feita com carga resistiva se conseguirá uma exatidão máxima de ±0,5% para cargas resistivas.

Após executada a calibração foram feitas algumas medições com o Medidor Individual de Energia (MIE) em série com o padrão de campo utilizando uma carga resistiva de 1000W e obteve-se os seguintes resultados:

Utilizando a fórmula do Erro relativo percentual:

$$E_{rp} = \frac{V_{MIE} - V_{Fratelo}}{V_{Fratelo}} \times 100$$

Onde: $V_{MIE} = Valor\ medido\ pelo\ MIE,\ V_{Fratelo} = Valor\ medido\ pelo\ Fratelo$

Quadro 2 – Erro Relativo Percentual do MIE

Medida do MIE (Wh)	Medida do Fratelo (Wh)	Erro relativo percentual (%)
30,29	30,324	0,112122
56,93	56,798	0,232405
39,78	39,823	0,107978
32,02	31,973	0,146999

Ao realizar a aferição verificou-se uma variação média entre o valor medido pelo FRATELO e o valor medido pelo MIE de ±0,149876%, sabendo-se que a exatidão máxima para cargas resistivas do FRATELO é 0,5% esta incerteza será levada para o MIE juntamente com o erro percentual relativo.

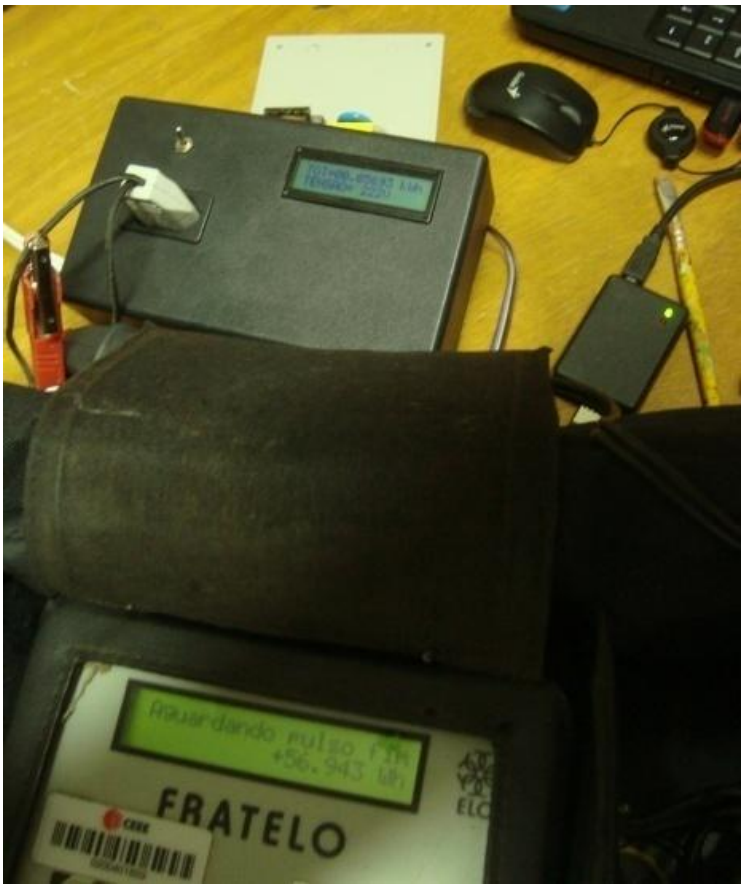


Figura 11 - Comparativo das medições

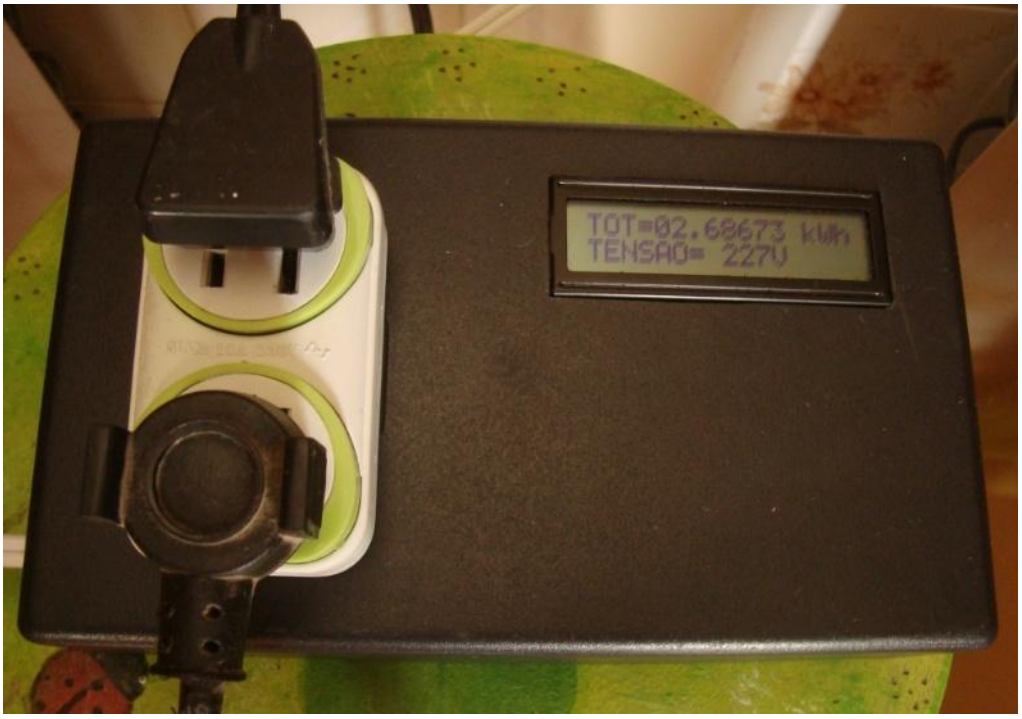


Figura 12 - Medidor montado

3.4 VIDA ÚTIL DOS ELETRODOMÉSTICOS

A Associação Nacional de Construtores de Casas dos Estados Unidos fez um estudo da expectativa de vida dos eletrodomésticos de casa, patrocinada pelo Banco da America obtendo os seguintes resultados:

- Máquina de lavar pratos: 9 anos
- Freezer: 11 anos
- Microondas: 9 anos
- Geladeira compacta: 9 anos
- Geladeira padrão: 13 anos
- Ar-condicionado de quarto: 10 anos
- Sistema de internet Wireless: mais de 50 anos
- Sistema de segurança: 5 a 10 anos
- Máquina de lavar roupa: 10 anos
- Máquina de secar roupa: 11 anos

Fonte: Associação Nacional de Construtores de Casas dos Estados Unidos *“National Association of Home Builders”*. http://www.nahb.org/default.aspx

4. IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

Após o medidor ser aferido com o FRATELO e conseguir-se um erro relativo percentual médio de ±0,15%, foi feita a implementação deste em uma residência para registrar a energia consumida por um refrigerador comum somada com a energia consumida por um congelador vertical em conjunto.

A implementação foi feita em uma residência onde no passado morava uma família de cinco pessoas, mas que atualmente moram apenas três com isto não é mais utilizado todo o volume útil dos eletrodomésticos ficando os mesmos subutilizados além de não se apresentarem em perfeitas condições de uso, por isso se medirá a energia consumida por estes eletrodomésticos e se comparará o resultado com a energia informada pela Etiqueta Nacional de Conservação de Energia de um refrigerador duplex que supre as necessidades atuais desta família. O Quadro 3, mostra os resultados instantâneos obtidos durante uma semana de implementação, nele constam o dia e à hora das leituras feitas no Medidor Individual de Energia - MIE; registrando o consumo do refrigerador e do congelador; e consta também a leitura do medidor de energia da concessionária instalado nesta residência registrando o consumo de toda a residência.

Quadro 3 – Dados coletados

DATA	HORA	LEIT. MIE (kWh)	L. CONC. (kWh)
14/11/2013	**00:43**	**0,000**	**27672**
14/11/2013	12:43	2,01123	27676
15/11/2013	**00:43**	**4,02307**	**27680**
15/11/2013	12:43	5,93027	27683
16/11/2013	**00:10**	**7,90510**	**27689**
16/11/2013	12:43	9,97537	27693
17/11/2013	**00:43**	**12,07772**	**27697**
17/11/2013	12:43	14,17815	27702
18/11/2013	**00:43**	**16,38234**	**27706**
18/11/2013	12:43	18,31916	27710
19/11/2013	**00:43**	**20,43567**	**27714**
19/11/2013	12:43	22,91356	27719
20/11/2013	**00:43**	**25,34229**	**27724**
20/11/2013	12:43	27,50441	27728
21/11/2013	**00:43**	**29,75742**	**27734**
	TOTAL	29,75742	62

Verificou-se que o refrigerador e o congelador são responsáveis por **48%** do consumo da residência. Estes dados foram retirados de um teste feito com o MIE.

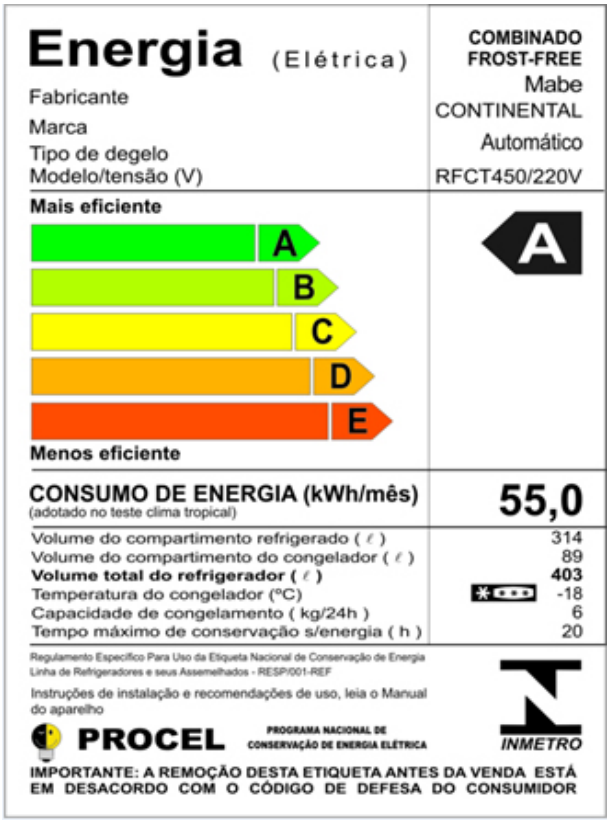
O medidor foi instalado e a energia consumida pelo refrigerador em conjunto com o congelador foi acompanhada por um prazo de 10 dias a energia registrada nestes dias foi de 40,2307kWh, este resultado foi multiplicado por 3 para estimar a energia consumida em 30 dias; mesma quantidade de dias do consumo informado pela etiqueta ENCE; resultando em **120,69 kWh/mês**.

Figura 13 – Foto do local onde o medidor registrou a energia consumida pelo refrigerador e o congelador antes da troca.

- Refrigerador instalado

Neste experimento foram obtidos os dados sobre a energia consumida por um refrigerador e um freezer em uma residência com três moradores. De posse desses dados foi feito um levantamento no mercado buscando uma alternativa que supriria a necessidade da família e que fosse ao mesmo tempo uma opção energeticamente mais eficiente de forma a fazer com que a redução do consumo justifique a substituição dos eletrodomésticos. Foi verificado que o refrigerador da Figura 14 poderia suprir as necessidades da família e trazer redução no consumo de forma a justificar a trocas dos eletrodomésticos.

Figura 14 - Foto do refrigerador com o qual a energia consumida será comparada



Energia (Elétrica)

Fabricante	COMBINADO FROST-FREE
Marca	Mabe
Tipo de degelo	CONTINENTAL
Modelo/tensão (V)	Automático RFCT450/220V

Mais eficiente

A
B
C
D
E

Menos eficiente

A

CONSUMO DE ENERGIA (kWh/mês) (adotado no teste clima tropical)	**55,0**
Volume do compartimento refrigerado (ℓ)	314
Volume do compartimento do congelador (ℓ)	89
Volume total do refrigerador (ℓ)	**403**
Temperatura do congelador (ºC)	-18
Capacidade de congelamento (kg/24h)	6
Tempo máximo de conservação s/energia (h)	20

Regulamento Específico Para Uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia Linha de Refrigeradores e seus Assemelhados - RESPI/001-REF

Instruções de instalação e recomendações de uso, leia o Manual do aparelho

PROCEL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

INMETRO

IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA ESTÁ EM DESACORDO COM O CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR

Figura 15 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Fonte: Sítio do fabricante: http://www.continental.com.br/eletrodomesticos/Refrigeradores/2-Portas/RFCT-450

Como pode ser visto na Etiqueta o consumo de energia por mês deste refrigerador é de **55 kWh/mês**, mas utilizando-se o medidor individual de energia registrou-se a energia consumida por 15 dias para confrontar os resultados da etiqueta.

Quadro 4 – Dados de consumo do novo refrigerador

DATA	HORA	LEIT. MIE (kWh)
19/10/2014	**19:45**	**0,000**
20/10/2014	07:30	0,67108
20/10/2014	**20:00**	**1,44928**
21/10/2014	08:20	2,14732
21/10/2014	**20:50**	**3,01953**
22/10/2014	08:00	3,66823
22/10/2014	**20:05**	**4,55973**
23/10/2014	08:14	5,33328
23/10/2014	**22:10**	**06,28047**
24/10/2014	07:15	7,02258
24/10/2014	**20:30**	**8,20115**
25/10/2014	09:00	9,14840
25/10/2014	**20:03**	**10,08911**
26/10/2014	07:00	10,89286
26/10/2014	**20:10**	**11,95325**
27/10/2014	07:25	12,74370
27/10/2014	**20:00**	**13,72837**
28/10/2014	09:45	14,78620
28/10/2014	**19:30**	**15,56426**
29/10/2014	07:30	16,59005
29/10/2014	**22:15**	**17,96100**
30/10/2014	07:30	18,79324
30/10/2014	**20:00**	**19,84844**
31/10/2014	07:30	20,66182
31/10/2014	**21:30**	**21,65097**
01/11/2014	11:00	22,60637
01/11/2014	**20:00**	**23,61679**
02/11/2014	09:15	24,42731
02/11/2014	**20:00**	**25,26855**
03/11/2014	07:30	26,01932
03/11/2014	**20:05**	**26,89656**

● Durante 10 dias o refrigerador consumiu 17,961 kWh o que referenciando para 30 dias equivale a 53,883kWh.

● Durante 15 dias o refrigerador consumiu 26,89656 kWh o que referenciando para 30 dias equivale a 53,79312kWh.

● No dia 12/11/2014 as 20:30 quando as medições foram encerradas foi feita a leitura 42,42749 totalizando 24 dias o que referenciando para 30 dias equivale a 53,034kWh.

Como puderam ser observados em todos os casos os valores ficaram próximos aos 55 kWh apresentado na etiqueta ENCE o que demontra que o valor apresentado na etiqueta é confiável.

Nos dias 06/11/14 e 12/11/14 foram feitas as leituras no medidor da concessionária e subtraíndo os resultados obteu-se **40kWh** assim verificou-se que o novo refrigerador ficou responsável por **27,325%** do consumo total da energia da residência reduzindo de forma significativa os **48%** anteriormente registrados pelos eletrodomésticos substituídos.

Figura 16 – Medição executada no novo refrigerador

Figura 17 – Amostra de leitura

Cálculo do valor da energia:

De acordo com as folhas anexadas verifica-se que o valor do kWh para a classe Residencial comum > 50kWh (classe em que se enquadra a unidade consumidora em análise) é de 0,312570 reais com os respectivos percentuais de impostos, ICMS = 25%, PIS = 0,1961% e COFINS = 0,9037% ** mês de novembro de 2014.

● As alíquotas de PIS e COFINS têm variação mensal, e são aplicadas integralmente respeitando cada mês de competência, os valores acima descritos são referentes ao mês de novembro de 2014. Para fazer a análise utilizou-se a média do último ano.

Quadro 5 - Valores de PIS e COFINS do último ano

Mes/Ano	Perc. Pis	Perc. Cofins	Perc. Pis+Cofins
nov/14	0,1961	0,9037	1,0998
out/14	0,4339	2,0057	2,4396
set/14	0,1941	0,8939	1,088
ago/14	0,2035	0,9085	1,112
jul/14	0,2249	1,036	1,2609
jun/14	0,2607	1,2008	1,4615
mai/14	0,3444	1,5863	1,9307
abr/14	0,6396	2,9459	3,5855
mar/14	0,6852	3,1559	3,8411
fev/14	0,8533	3,9303	4,7836
jan/14	0,8481	3,9065	4,7546
dez/13	0,8453	3,8937	4,739
Média	**0,477425**	**2,197266667**	**2,674691667**

Fonte: CEEE-D

Aplicando-se na fórmula da tarifação de energia:

$$Preço\ kWh\ médio = \frac{Tarifa\ Homologada}{\{1 - (aliq.ICMS + aliq.PIS + aliq.COFINS)\}}$$

$$Preço\ kWh\ médio = \frac{0{,}312570}{\{1 - (0{,}25 + 0{,}00477425 + 0{,}02197266667)\}}$$

$$Preço\ kWh\ médio\ atual = 0{,}432172371\ reais/kWh$$

Sabendo-se que o consumo indicado pela etiqueta para o refrigerador duplex em análise é de 55 kWh/mês conforme figura 15, que o consumo mensal do refrigerador em conjunto com o congelador será de 120,6921kWh/mês, que o custo do refrigerador comprado foi de 1400 reais (R$1699 – R$199 pela compra à vista) e que o valor do kWh para o consumidor da classe residencial comum (tarifa em que se enquadra está unidade consumidora, com consumo maior que 50 kWh) com impostos é de 0,43217 reais/kWh, pode-se fazer uma análise para se saber a viabilidade e verificar em quanto tempo haverá o retorno do investimento.

Com as informações:

- Consumo medido: $E_m = 120{,}6921 kWh/mês$

- Consumo indicado pela etiqueta: $E_{ie} = 55\ kWh/mês$

- Preço do kWh para esta unidade consumidora: $P_{kWh} = 0{,}432172371\ reais\ /\ kWh$

- Preço do novo refrigerador: $P_{ref} = 1400\ reais$

Calcula-se a economia de energia mensal:

$$E_{ec=}\ E_m - E_{ie} = 120{,}6921 - 55 = 65{,}6921\ kWh/mês$$

Transformando em reais:

$$V_{Eec} = E_{ec} \times P_{kWh} = 65{,}6921 \times 0{,}432172371 = \mathbf{28{,}39\ reais}$$

Pode-se calcular o tempo em que o investimento será equivalente ao gasto:

$$T_{ret} = \frac{P_{ref}}{V_{Eec}} = \frac{1400}{28{,}39} = \mathbf{49{,}31\ meses\ ou\ 4\ anos\ e\ 1\ mês}$$

Sabendo-se que o reajuste da energia é anual e considerando-se que em fevereiro de 2015 haverá um reajuste de 28,28% no kWh conforme publicado na imprensa. (Fonte – G1)

> "A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) recomenda um reajuste tarifário anual médio de 28,28% à Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE-RS). O percentual, que consta em nota técnica, será votado na manhã desta terça-feira (21/10) em reunião da diretoria da Aneel."
> Fonte: www.g1.com.br em 20/10/14.

$$Preço\ kWh\ médio = \frac{Tarifa\ Homologada}{\{1 - (aliq.ICMS + aliq.PIS + aliq.COFINS)\}}$$

$$Preço\ kWh\ médio = \frac{0{,}312570 * 1{,}2828}{\{1 - (0{,}25 + 0{,}00477425 + 0{,}02197266667)\}}$$

$$Preço\ kWh\ médio = \frac{0{,}400964796}{\{1 - (0{,}25 + 0{,}00477425 + 0{,}02197266667)\}}$$

$$Preço\ kWh\ médio = 0{,}55439\ reais/kWh$$

Transformando em reais:

$$V_{Eec} = E_{ec} \times P_{kWh} = 65{,}6921 \times 0{,}55439 = \mathbf{36{,}42\ reais}$$

Pode-se calcular o tempo em que o investimento será equivalente ao gasto:

$$T_{ret} = \frac{P_{ref}}{V_{Eec}} = \frac{1400}{36{,}42} = \mathbf{38{,}44\ meses\ ou\ 3\ anos\ e\ 2\ meses}$$

Como demonstrado nos cálculos com este aumento do valor do kWh programado o tempo de retorno do investimento reduzirá **11 meses**.

Cabe observar que como a energia é reajustada anualmente este tempo pode ser reduzido de acordo com os futuros reajustes por outro lado como 1400 reais estavam aplicados em uma conta poupança rendendo em torno de 6% ao ano este tempo aumentaria, mas os reajustes do preço da energia devem ser muito maiores que os juros da poupança reduzindo o tempo de retorno.

Sabe-se que a vida útil do refrigerador é superior a 10 anos conforme pesquisa mostrada, portanto a troca é promissora.

Admitindo-se que o preço do medidor a ser inserido no refrigerador seja o mesmo preço médio praticado pela CEEE-D nos últimos anos conforme calculado com os dados da tabela 1.

$$Preço\ un.\ do\ mee = 37{,}81\ reais$$

Este valor impactaria em:

$$Reajuste\ do\ Refrigerador = \frac{1400 + 37{,}81}{1400} = \mathbf{1{,}027}\%$$

Ou seja o refrigerador ficaria **2,7% mais caro.**

Cálculo utilizando-se o método do Valor de Presente Líquido (VLP).

Uma outra forma de se calcular a viabilidade antes de se efetuar a troca do refrigerador é pelo método do Valor Presente Líquido (VPL) que avalia um projeto transferindo para o momento presente todas as variações de caixa esperada no período considerado para o projeto, descontadas à taxa mínima de atratividade. Em outras palavras, seria o transporte para a data zero, do fluxo de caixa, de todos os recebimentos, R e desembolsos, D, esperados, descontados à taxa de juros considerada. O VPL pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$VPL = -I + A \times FVP_{(i,n)}$$

Neste caso, o VPL para cada investimento, considerando o instante zero, é a soma do investimento I, acrescido o valor presente da série correspondente ao valor resultante entre os desembolsos (dados pelos custos operacionais ou de manutenção do projeto) e os recebimentos auferidos no período considerado.

Onde o FVP (i, n) é o Fator de Valor Presente, obtido por:

$$FVP_{(i,n)} = \frac{P}{A} = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

Poderemos calcular a partir dos seguintes dados:

- Preço pago pelo refrigerador novo: *R$ 1400,00.*
- Custo médio do medidor eletrônico a ser inserido no refrigerador: *R$ 37,81*.
- Vida útil do refrigerador novo: Aproximadamente *10 anos*.
- Consumo anual de energia dos refrigeradores antigos:

$$Cons.Ano\ Refr.Ant. = 12 \times 120{,}69 = 1448{,}28kWh$$

- Consumo anual de energia do refrigerador novo:

$$Cons.Ano\ Refr.Novo. = 12 \times 55 = 660kWh$$

- Diferença no consumo entre os refrigeradores antigos e o novo:

$$Diferença\ de\ Consumo = 1448{,}28 - 660 = 788{,}28kWh$$

- Preço do kWh atual: *R$ 0,432172371*.
- Economia anual de consumo de energia:

$$Economia\ anual\ de\ energia = 788{,}28\ \times 0{,}432172371 = R\$\ 340{,}67\ Reais$$

- Considerando uma taxa de *12%a.a..*

Aplicando na fórmula obtemos:

$$FVP_{(i,n)} = \frac{P}{A} = \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

$$FVP_{(i,n)} = \frac{P}{A} = \frac{(1+0{,}12)^{10} - 1}{0{,}12 \times (1+0{,}12)^{10}}$$

$$FVP_{(i,n)} = \frac{P}{A} = \frac{2{,}10585}{0{,}372702} = 5{,}6502$$

$$VPL = -I + A \times FVP_{(i,n)}$$

$$VPL = -(1400 + 37{,}81) + 340{,}67 \times 5{,}6502 =$$

$$VPL = -1437{,}81 + 1924{,}85 =$$

$$\boldsymbol{VPL = +487{,}04\ Reais}$$

Obtendo-se um **VPL positivo** significa que a alternativa de investimento é economicamente interessante à taxa mínima de atratividade considerada, tornando-se mais atrativa quanto maior for o seu resultado.

5. CONCLUSÃO

Com a conclusão deste trabalho obteve-se as seguintes conclusões:

- A importância deste estudo está no fato de que como alguns eletrodomésticos se degradam ao longo do tempo como é o caso dos refrigeradores; equipamento comum em quase todas as residências; e que se não for observada essa degradação isto acarretará em desperdício de energia, pois como a medição de energia em uma residência é única e engloba todos os eletrodomésticos é complicado para um consumidor leigo no assunto saber quais equipamentos estão sendo eficientes e quais não; por isso oportunizando o monitoramento do consumo de energia essa realidade seria diferente.

- Quando não se sabe o que um eletrodoméstico está gastando de energia não se pode fazer uma análise do que efetivamente poderia estar sendo economizado em relação a energia consumida por outro aparelho. De acordo com o Protocolo Internacional de Medição e Verificação, a economia de energia não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência de consumo de energia. Nesse caso a economia é determinada pela comparação do consumo medido antes e depois da implementação de um projeto, com ajustes adequados, tendo em vista as alterações nas condições, portanto conseguindo-se fazer o monitoramento do consumo da energia a preços baixos se obteria resultados expressivos com ações de eficiência energética.

- Quando se pode acompanhar o consumo de energia de um determinado equipamento tende-se a economizar energia reduzindo custos. Por exemplo, uma dona de casa poderá ver que sua máquina de lavar está ineficiente, se utilizada para lavar com quantidade reduzida de roupa. Para reduzir custos, poderá esperar e só utilizá-la em sua capacidade máxima conseguindo assim uma relação **custo com energia por kg de roupa lavada** menor.

- Neste trabalho observamos que tanto os preços quanto o tamanho dos medidores de energia eletrônicos não tornariam a compra de um refrigerador inviável pelo contrário a inserção deste equipamento nos refrigeradores se justificaria, pois no transcorrer dos anos ele mostrará as informações do consumo deste equipamento informando assim quando este estará desperdiçando energia.

- Como puderam ser observados nas medições executadas no refrigerador novo os valores referênciados ficaram próximos aos 55 kWh apresentado na etiqueta ENCE o que demontra que o valor apresentado na etiqueta é confiável quando o refrigerador apresenta boas condições de uso, mas na medida em que este refrigerador apresentar desgaste ou com a evolução tecnológica dos equipamentos o monitoramento de seu consumo pode ser útil sendo que a inserção do medidor de energia nos refrigerador por parte dos fabricantes impactaria na margem de **2,7%** do seu preço total. Este percentual pode variar dependendo do custo do refrigerador.

- Verificou-se que o novo refrigerador ficou responsável por **27,325%** do consumo total da energia da residência reduzindo de forma significativa os **48%** anteriormente registrados pelos eletrodomésticos substituídos.

- Sabendo-se a energia que está se gastando com um eletrodoméstico em comparação com os eletrodomésticos que possuam o selo PROCEL, pode-se recalcular o valor que efetivamente será gasto na compra de um novo eletrodoméstico através da diferença nos consumos de energia.

- Se a capacidade do refrigerador não está de acordo com o tamanho da família, estando este super utilizado ou subutilizado é muito importante que seja feito o monitoramento dos consumos tendo em vista a troca por um novo refrigerador que possua o selo PROCEL. Além de facilitar a organização podem-se conservar melhor os alimentos e economizar com a energia elétrica consumida.

- Com o monitoramento algumas decisões erradas como, por exemplo, expor o refrigerador ao sol ou ao lado do fogão ou não observar que a borracha de vedação da porta está gasta poderiam ser mais facilmente detectadas prevenindo despesas desnecessárias.

- Como observado nos cálculos o **VPL positivo** significa que a alternativa de investimento é economicamente interessante à taxa mínima de atratividade considerada, tornando-se mais atrativo quanto maior for o seu resultado.

- Caso os fabricantes adotem a utilização de medidores embutidos em refrigeradores propiciará aos consumidores o monitoramento da energia do equipamento em tempo real com isso quando este apresentar desgaste que influencie negativamente no consumo de energia o proprietário ficará informado a respeito do desperdício. Verificamos pelos dois tipos de cálculos mostrados no transcorrer do trabalho que a troca efetuada no exemplo mostrado é viável e que a

inserção de medidores de energia em refrigeradores é útil e não causa um impacto negativo no preço total do refrigerador a ponto de não torná-lo usual sob o ponto de vista comercial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balbinot, Alexandre; Brusamarello, Valter João. Intrumentação e Fundamentos de Medidas. Editora LTC, 2ª Edição, Volume 1, 2010.

- Helfrick, Albert D.; Cooper, William D.. Intrumentação Eletrônica Moderna e Técnicas de Medição. Editora PHB, 1990.

- CEGALA, Domingos Paschoal. Novíssima Gramática da Língua Portuguesa. Editora: Companhia Editora Nacional, 46ª Edição, 2007.

- Regulamento para concessão do selo PROCEL Eletrobrás de economia de energia (Revisão – IV) 09/08/2013.

- Regulamento específico para uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE (Linha de refrigeradores e assemelhados), 2003.

- http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeObjetivo.asp, acessado dia 26/09/2014.

- http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeSelo.asp, acessado dia 26/09/2014.

- Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance. Vol.1 2012.

-Sítio da ELO Sistemas Eletrônicos:

- http://www.elonet.com.br/produto.php?id=14, acessado dia 25/10/2014.

- Sítio da Associação Nacional de Construtores de Casas dos Estados Unidos *"National Association of Home Builders"*. http://www.nahb.org/default.aspx, acessado em 25/10/2014.

- Material de estudo da disciplina de Economia, Gestão e Auditorias da Energia do Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos da UFSM oferecido no segundo semestre de 2014.