Unisanta Science and Technology, **2015, 6, July**
Published Online 2015 Vol.4 N°1 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

A Medição e Verificação de Projetos de Eficiência Energética como Ferramenta do Desenvolvimento Sustentável

Fábio Almeida CHAVES, Mohamed HABIB e Deovaldo de MORAES JÚNIOR

Unisanta – Universidade Santa Cecília –Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica -PPGEMec
Rua Oswaldo Cruz, 266- Santos-SP, Brasil
E-mail*:* fabio.achaves@uol.com.br
Received may, 2015

Resumo: O presente estudo apresenta a complementação dos conceitos de um método de medição e verificação (M&V) que permite identificar de forma clara e objetiva a redução do consumo de energia elétrica e das emissões de gases de efeito estufa resultante de um projeto de eficiência energética orientado a sistemas motrizes. Como resultado, obteve-se uma otimização energética de 1.982 MWh/ano e consequentemente uma redução nos gases de efeito estufa de 136 toneladas equivalentes de CO_2. Além dos ganhos de sustentabilidade, a implantação do projeto de eficiência energética proporcionou uma economia anual de R$ 367.115,30.

Palavras chave: medição, verificação, eficiência energética, desenvolvimento sustentável.

Measurement and Verification of Energy Efficiency Projects as a Tool for Sustainable Development

Abstract: The present study shows complementation of the concepts of a method for measurement and verification (M&V) which identified a clear and objective way the reduction of energy consumption and greenhouse gases emissions resulting from an energy efficiency project focused in driving systems. As a result, there was obtained an energy optimization of 1.982 MWh/year and consequently a reduction in greenhouse gas emissions of 136 tonnes of CO_2 equivalent. In addition to the gains in sustainability, the implementation of energy efficiency project provided an annual savings of R$ 367.115.30.

Keywords: measuring, checking, energy efficiency, sustainable development

1. Introducão

Os efeitos do aquecimento global devido às emissões de gases de efeito estufa no século passado, só foram compreendidos recentemente. Várias foram as formas de comunicar tal problemática e isto culminou em inúmeras maneiras de compreender o assunto (MUNIZ, 2010). A maneira mais eficaz de controlar tal fenômeno é monitorar as emissões geradas, assim como medir as emissões evitadas. Este último está alinhado ao desenvolvimento e implantação de projetos de eficiência energética na indústria (RICHTER, 2012). Um aspecto de grande importância relacionado ao setor industrial, que é responsável por aproximadamente 46% do consumo de energia elétrica produzida no país, é que os sistemas motrizes (acionamentos eletrônicos, motores elétricos, acoplamento motor-carga e cargas mecânicas associadas) são responsáveis pelo consumo de 50% de energia elétrica (PROCEL, 2009). Em sintonia com o crescente esforço mundial em combater o aquecimento global, o governo brasileiro instituiu a Política Nacional sobre Mudança de Clima PNMC – (Lei 12.187/09 e decreto 7.390/10), que, dentre outras coisas, estabelece

Copyright © 2015 ISESC.

que devam ser elaborados planos setoriais para redução de emissão de gases de efeito estufa. Apesar do importante papel de iniciativas governamentais e o exemplo notório da lei de eficiência energética, a contabilização da energia economizada é pouco precisa.

2. Objetivo

Este estudo tem como objetivo geral complementar o conceito do método de medição e verificação (M&V) de um projeto de eficiência energética voltado aos sistemas motrizes de uma indústria de fertilizantes de Cubatão-SP. Como objetivo específico, tem-se a comprovação da economia de energia elétrica pela troca de motores padrão por de alto rendimento e a respectiva redução de emissão de gases de efeito estufa após a implantação do projeto.

3. Métodos

O cálculo da economia de energia pela troca de motores é baseado no método do "Uso Evitado de Energia", definido no item 4.6.1 do IPMVP *(International Performance Measurement and Verification Protocol)*. O consumo evitado é a diferença entre a energia que o equipamento iria consumir caso não houvesse a ação de eficiência e a energia efetivamente consumida após a implantação da medida. Enquanto esta última pode ser facilmente obtida através das medições e do registro de consumos de energéticos, a primeira deve ser calculada da seguinte forma:

a) Mede-se e registra-se o consumo energético e a produção em um período pré-execução da medida de eficiência energética, definido como período de referência;

b) Constrói-se a curva e obtém-se a equação de consumo médio (ou consumo específico médio) em função da produção do equipamento (linha de base);

c) Mede-se e registra-se as produções do período pós-execução;

d) Substituindo-se as produções do período pós-execução nas equações do período pré-execução

e) (referência), obtém-se a energia que o equipamento iria consumir caso não houvesse a ação de eficiência energética;

f) Calcula-se o impacto da economia de energia nas emissões de gases de efeito estufa utilizando-se de fatores de emissão conhecidos.

4. Resultados e Discussões

Os resultados apresentados pela aplicação do método de M&V estão aderentes ao que se denomina "Plano de Medição e Verificação". Este plano seguiu o Volume I do IPMVP, EVO *(Efficiency Valuation Organization)* 10000 - 1:2010 (Br).

A economia do projeto foi determinada dentro de uma fronteira de medição que incluiu apenas os doze motores elétricos compreendidos no sub-processo de moagem da unidade de acidulação de uma indústria de fertilizantes em Cubatão-SP.

Tratou-se de motores elétricos que acionavam seis moinhos e seis ventiladores do sub-processo citado. Em virtude dos equipamentos do processo trabalharem em regime constante, ou seja, não apresentarem variáveis independentes, foram realizadas somente as medições das potências elétricas requeridas pelos motores elétricos nos períodos de referência e de determinação da economia (pós-execução). Para complementar o processo, uma vez que não houve o registro do consumo elétrico dos equipamentos, foi estimado o regime de operação dos mesmos com base nas horas operadas por ano de outro equipamento do mesmo processo, que operava junto com o sistema em questão e que possuía registros de parâmetros de processo que possibilitavam distinguir os momentos de operação e parada. Para tanto, selecionou-se a Opção A de medição do PIMVP Vol. 1, 2010, uma vez que esta ofereceu a melhor oportunidade para minimizar os custos da avaliação do desempenho da economia do projeto. A potência foi medida no eixo dos doze motores que acionavam os moinhos e ventiladores, ou seja, o processo permaneceu isento de amostragem. Tal grandeza elétrica foi medida por um analisador de energia modelo RE 6000 de marca Embrasul, empresa WMO, nº de série 96000751, subsidiado pelo certificado de calibração nº 15073/2013 da empresa WEG.

Este medidor foi usado tanto no período de referência como no período de determinação da economia (pós-execução). Sua precisão relativa foi de 0,2 % da leitura. Além da incerteza associada com a estimativa das horas de funcionamento, a precisão de medição combinada seguindo o PIMVP Vol. 1 2010 foi estabelecida da seguinte maneira:

1. Erro padrão (EP) da potência no período de referência e no período de determinação da economia (pós-execução)

Copyright © 2015 ISESC

$$EP\ total = \sqrt{(EP\ amostragem)^2 + (EP\ medição)^2 + (EP\ modelagem)^2} \quad (1)$$

2. O EP amostragem foi zero, pois foram medidos os doze motores padrões e os doze motores de alto rendimento.

3. De forma semelhante, o EP modelagem foi zero, pois pelo processo ser em regime constante, não houve regressão linear e por consequência não houve modelagem.

Assim, entendeu-se que EP total = EP medição.

Este último foi subsidiado pelo EP do medidor (+/- 2%). De maneira análoga, a precisão dos períodos de referência e de determinação da economia (pós-execução) foi no máximo de ± 2%.

A figura 1 demonstra o comportamento do consumo de energia elétrica mensal dos moinhos antes e após a implantação do projeto.

A figura 2 demonstra o comportamento do consumo de energia mensal dos ventiladores antes e após a implantação do projeto.

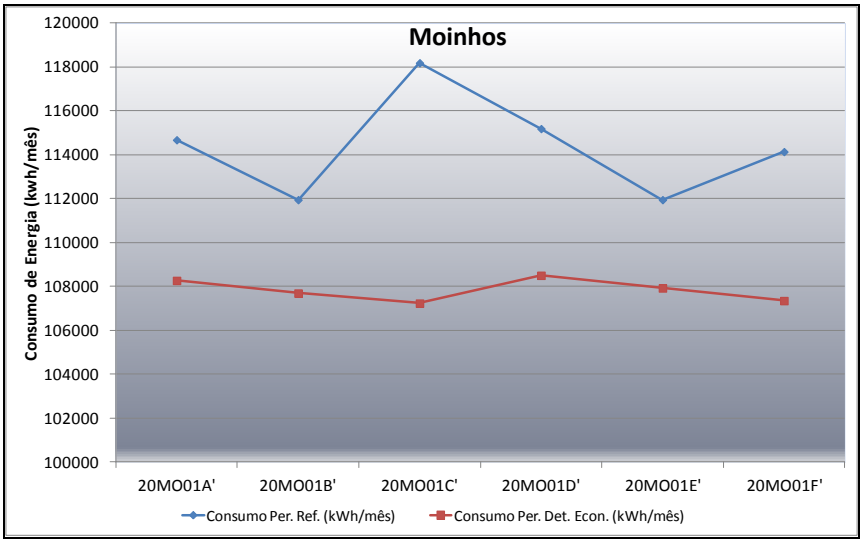


Figura 1. Consumo de energia dos moinhos antes e após a implantação do projeto.

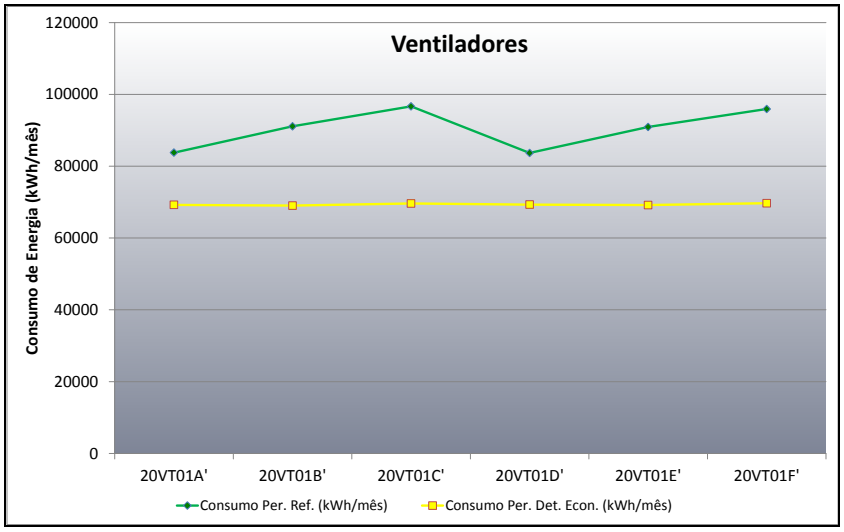


Figura 2. Consumo de energia dos ventiladores antes e após a implantação do projeto.

Copyright © 2015 ISESC

A redução de demanda de energia foi calculada da seguinte maneira:

$$RD = [(Wb - Wr).Nr] \quad (2)$$

Sendo,
RD a Redução da demanda de energia (kW/mês)
Wb a Potência média mensal dos motores padrão no consumo de referência (kW)
Wr a Potência média mensal dos motores de alto rendimento no período de determinação da economia (kW)
Nr o Número de motores instalados.

Empregou-se a equação 3 para quantificar a redução do consumo de energia.

$$EE = \left[\left(\frac{\frac{P1.N1}{\eta 1}}{1000}\right) - \left(\frac{P2.\frac{N2}{\eta 2}}{1000}\right)\right].t.12 \quad (3)$$

Em que,
EE é a Energia anual economizada (MWh/ano)
P1 é a Potência operacional do motor existente no mês (kW)
P2 é a Potência operacional do novo motor no mês (kW)
t é o Tempo de funcionamento do motor no mês (h)
η1 é a Eficiência operacional do motor existente
η2 é a Eficiência operacional do novo motor
N1 é a Quantidade de motores existentes
N2 é a Quantidade de motores novos.

A estrutura de cálculo supramencionada se faz necessária, face os desafios para se desenvolver uma padronização das documentações do processo de medição e verificação (GOLDBERG e VETROMILE, 2013).

O custo marginal de energia foi de R$185,24/MWh. Tal índice foi subsidiado pela fatura de energia de fevereiro de 2013.

A tabela 1 apresenta a economia anual do consumo de energia dos motores.

Tabela 1. Economia anual do consumo de energia dos motores

Motores	Custo Evitado (R$)	Consumo (MWh)
20MO01A'	14.237,55	76,86
20MO01B'	9.449,46	51,01
20MO01C'	24.331,64	131,35
20MO01D'	14.851,06	80,17
20MO01E'	8.933,75	48,23
20MO01F'	15.084,46	81,43
20VT01A'	32.318,45	174,47
20VT01B'	49.116,76	265,15
20VT01C'	60.133,35	324,62
20VT01D'	31.953,90	172,50
20VT01E'	48.352,09	261,02
20VT01F'	58.352,82	315,01
TOTAL	**367.115,30**	**1.981,84**

A tabela 2 mostra o impacto da economia de energia nas emissões de gases de efeito estufa.

Nota-se que os benefícios energéticos ficaram em torno do que se pretendia, entretanto os benefícios não energéticos superaram as expectativas (RICHTER, 2012).

Copyright © 2015 ISESC

Tabela 2. Emissão evitada anual dos gases de efeito estufa dos motores

Itens	Motores	Economia de Energia Elétrica (MWh)	Fator de Emissão médio 2012	Emissões Evitadas (t CO_2)
1	20MO01A	77	0,0686	5,27
2	20MO01B	51	0,0686	3,50
3	20MO01C	131	0,0686	9,01
4	20MO01D	80	0,0686	5,50
5	20MO01E	48	0,0686	3,31
6	20MO01F	81	0,0686	5,58
7	20VT01A	174	0,0686	11,97
8	20VT01B	265	0,0686	18,18
9	20VT01C	325	0,0686	22,26
10	20VT01D	173	0,0686	11,83
11	20VT01E	261	0,0686	17,90
12	20VT01F	315	0,0686	21,60
Total		**1982**		**136**

5. Conclusão

Com base nas medições feitas imediatamente antes e depois da implantação do projeto de eficiência energética voltado aos sistemas motrizes, obteve-se uma economia anual de R$ 367.115,30. Ao se considerar a vida útil dos novos motores de alto rendimento de aproximadamente 10 anos, teve-se uma economia acumulada de R$ 3.671.153,01. Tal montante correspondeu a uma otimização no consumo de energia de 1.982 MWh/ano. Ao considerar os aspectos de sustentabilidade, as emissões evitadas foram da ordem de 136 t equivalente de CO2. Não obstante, houve ainda uma redução na demanda de energia elétrica de R$ 1.565,17/mês (considerando os horários de ponta e fora ponta) que deverá ser oportunamente avaliada pela indústria em questão.

Referências

GOLDBERG, M. e VETROMILE, J. International Approaches to Measurement and Verification of Continual Improvement in Industrial Facilities, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2013. 14P.

MUNIZ, M.R. Aquecimento Global: Uma investigação das representações sociais e concepções de alunos da escola básica, São Paulo, USP, 2010. 159p. (dissert.).

PROGRAMA Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL. Motor elétrico: guia básico, Eletrobrás, Brasília, 2009. 190p.

PROTOCOLO Internacional para Medição e Verificação de Performance - Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água. Volume 1, EVO (Efficiency Valuation Organization), IPMVP, 2010.

RICHTER, B. Além da fumaça e dos espelhos: mudança climática e energia no século XXI. Trad. Luiz Claudio de Queiroz Faria. 1ed. Rio de Janeiro, 2012. 230p.

RIO+20, Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável - http://www.rio20.gov.br/ Acesso em 10 set. 2014.

Copyright © 2015 ISESC