



**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: Panambi

**ESTUDO DE UM PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO
PROCESSO PRODUTIVO NA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA**

BIDINOTO, LUCAS FERREIRA ¹

SANTOS, ÍSIS PORTOLAN²

RESUMO

Eficiência energética e sustentabilidade são dois assuntos que caminham juntos quando se fala no atual aspecto econômico. Para isso, é necessário as organizações disporem de áreas específicas que trabalhem diretamente ligadas a este tema. Neste artigo, será mostrado o caso de uma empresa do segmento metal mecânico do noroeste do Rio Grande do Sul. Através de estudos realizados pela área de Manutenção desta empresa, foi possível desenvolver 04 projetos que levam em conta a eficiência energética e a sustentabilidade. O primeiro projeto mostrará o caso da utilização de coletores solares para aquecer a água do refeitório da empresa. O segundo caso diz respeito a economia de energia quando se usa

¹ Aluno pós-graduando. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS
² Professor(a) Orientadora. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS

inversores de frequência em compressores. O terceiro caso é referente a microgeração de energia elétrica utilizando placas fotovoltaicas. O quarto e último caso mostrará os ganhos em substituir lâmpadas convencionais por lâmpadas de tecnologia LED. Por isso torna-se cada vez mais importante ter uma área independente que possa pensar em alternativas de energia, eficiência e também a questão ambiental.

Palavras-chave: eficiência energética, empresa, energia

ABSTRACT:

Energy efficiency and sustainability are two issues that go together when it comes in the current economic aspect. Therefore is necessary the companies have special departments that work directly related to this theme. In this article will be shown the case of the segment mechanical metal company of the Northwest of the Rio Grande do Sul state. Through studies conducted by the maintenance area of the company, it was possible to develop 04 projects that think in energy efficiency and sustainability. The first project will show the case of using solar collectors to heat water in the company cafeteria. The second case relates to energy savings when using frequency inverters in compressors. The third case is related to electricity using photovoltaic microgeneration. The fourth and final event will show gains in replacing conventional light bulbs with LED technology lamps. Therefore it becomes increasingly important to have an independent area that can think of alternative energy, efficiency and also environmental issues.

Keywords: energy efficiency, company, energy

INTRODUÇÃO

Após o racionamento de energia em 2001 e as constantes ameaças de racionamento, ano a ano, o país está em alerta referente às necessidades e crises as quais está passando o setor elétrico brasileiro. Sabe-se que a indústria metal mecânica tem papel importante na economia e que a falta de energia pode acarretar em perda de produtividade, perda de mercado e principalmente pode trazer ao país

desemprego e agravamento das desigualdades sociais. Neste cenário em que cada um deve fazer a sua parte, cabe também a indústria desenvolver mecanismos e ferramentas para que, através da eficiência energética, tanto nas suas máquinas e insumos para a manufatura como também nos equipamentos por ela produzidos, possa contribuir para melhorar o sistema elétrico como também, através de pesquisa e desenvolvimento, possa contribuir com a desenvolvimento do país. Conforme o último Balanço Energético Nacional (BEN 2014) cerca de 66% do total de energia consumida no país refere-se a produção industrial, transporte de carga e mobilidade das pessoas. A figura 01 mostra o gráfico coma participação de consumo de energia em todos os segmentos no ano de 2013.

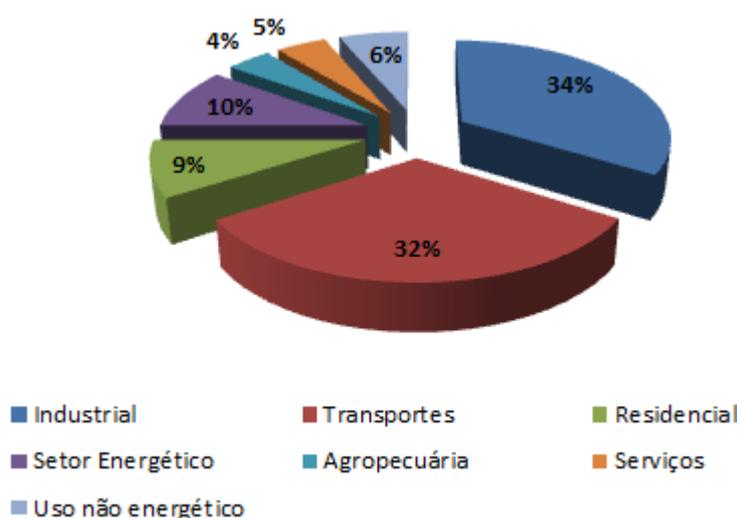


Figura 01 – Participação dos segmentos no consumo de energia em 2013. Fonte: BEN 2014

Mostra-se através do gráfico a parcela de energia consumida pelo setor industrial. Porém como fazer para melhorar a eficiência energética neste segmento? Resultados expressivos em economia de energia (elétrica e outras como em ar de compressores, utilização de menor força de corte em máquinas de corte de chapas, etc) e recursos financeiros podem ser obtidos utilizando as corretas práticas de fabricação, recomendações dos fornecedores das máquinas e equipamentos, cumprimento de orientações e com uma correta manutenção preventiva e corretiva dentro do chão de fábrica.

Acompanhar o consumo de eletricidade é primordial para que se possa ter o conhecimento em detalhes, saber quais os locais da fábrica onde se consome mais ou menos eletricidade. Através deste acompanhamento é possível elaborar um

plano para medir, depois quantificar e após este estudo, buscar melhores soluções para se obter a mesma produtividade porém com mais eficiência energética. Logo, deve-se gerenciar estes ganhos e expandi-los para o maior número de setores da empresa.

Este acompanhamento deve ser feito através de uma área específica da organização que tenha este compromisso. A área de manutenção industrial da empresa é a mais indicada para este tipo de serviço, pois detém o histórico de funcionamento de cada equipamento e não está envolvida diretamente com a produção e logística, ou seja, o seu produto não é a fabricação ou embarque de qualquer peça. O seu produto é ter os equipamentos disponíveis para que a produção e os embarques sejam realizados com o menor número possível de paradas e com a melhor eficiência (energética e produtiva) possível.

Neste enfoque, propõem-se apresentar neste estudo casos bem sucedidos aplicados em uma indústria metal mecânica na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Através de buscas por ações que possam resultar na redução de consumo de energia elétrica implantou-se sistemas de otimização de consumo de energia elétrica no processo industrial através de equipamentos com tecnologias de controle mais eficientes como a utilização de compressores de ar comprimido com inversor de frequência bem como a utilização de fontes de energias renováveis como é o caso de um sistema para aquecimento de água para utilização no refeitório da empresa. Através destes projetos, foi possível também o desenvolvimento de estudos para microgeração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos distribuídos nos prédios e galpões da companhia. Outro caso a ser mostrado será a substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas com tecnologia LED. No entanto, o primeiro caso é referente ao aquecimento de água para o refeitório da empresa utilizando coletores solares. Neste projeto mostrará como é feito o cálculo de área necessária para os coletores considerando a vazão de água necessária e também o quanto em economia de energia este projeto proporciona à empresa. No caso dos compressores com inversores de frequência, também será mostrado a economia gerada. Para o projeto de microgeração de energia utilizando painéis fotovoltaicos será mostrado um estudo sobre o payback e sobre se o investimento é viável financeiramente ou não para a empresa. No projeto que visa a substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas com tecnologia LED o artigo apresentará o quanto seria gerado em economia de energia e financeira para a empresa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para elaboração deste trabalho, desenvolveu-se uma pesquisa para mostrar a importância de se manter uma área dentro da empresa que trabalhe na pesquisa e desenvolvimento não apenas visando a eficiência energética de máquinas e equipamentos, mas também para buscar novos métodos e processos para desenvolver a fabricação de seus produtos. A engenharia de manutenção é o ramo da engenharia que trabalha para a aplicação dos conceitos de engenharia a fim de otimizar os equipamentos, os processos e os projetos/orçamentos de melhorias.

Conforme RICOI (2009), no cenário de grandes mudanças tecnológicas, de resultados e de competitividade, que influenciam a sobrevivência das empresas, a manutenção representa um papel fundamental para o seu desempenho. Fazendo parte das mudanças de comportamento das organizações industriais, a Manutenção tem passado por alterações significativas no que concerne à sua concepção e atuação nas empresas.

De acordo com PINTO & NASCIF (2001), as mudanças ocorridas nas atividades de manutenção tem sido consequências do aumento da diversidade das instalações, equipamentos e edificações, da complexidade dos projetos, das novas técnicas de manutenção e dos novos enfoques sobre a organização da manutenção e suas responsabilidades.

Foi através do setor de Manutenção da empresa que foi possível desenvolver os projetos, orçamentos e mostrar a viabilidade de implantação dos projetos de redução de energia elétrica através da utilização de compressores de ar comprimido com inversor de frequência que faz com que o compressor trabalhe apenas para servir a demanda exigida no momento e não com o potencial completo. De acordo com SANTOS E. (2005) a utilização de motores de indução de média tensão em acionamentos de frequência variável ainda é reduzida devido ao elevado custo de inversores de frequência para tais tensões. O elevado custo destes inversores se deve ao fato de estar restrita a poucas empresas estrangeiras, a tecnologia de fabricação dos mesmos.

Da mesma forma, será possível mostrar de maneira prática os estudos de caso da implantação de coletores solares implantados no refeitório da empresa bem como a economia gerada e a possibilidade de investimento de um sistema de geração de energia utilizando painéis fotovoltaicos. A energia solar fotovoltaica se dá

através do efeito fotovoltaico. SANTOS P. (2009) mostra que esse fenômeno ocorre em alguns materiais semicondutores, a partir da incidência da luz solar, onde os fótons da luz estimulam os elétrons a saltar para a camada de condução, que sob condições favoráveis irá originar uma tensão e corrente elétrica. Para se calcular o tempo para se pagar o investimento e para fazer a tomada de decisão sobre se o investimento é atrativo ou não, foi utilizado o cálculo de *payback* e o método do valor presente líquido. A definição de *payback* ou prazo de retorno de um projeto, conforme DAMODARAN (2002) é a extensão de tempo necessária para que seus fluxos de caixa nominais cubram o investimento inicial. De acordo com CASAROTTO & KOPITKE (2000), o valor presente líquido consiste em calcular o valor presente dos demais termos do fluxo de caixa para somá-los ao investimento inicial, utilizando para descontar o fluxo uma taxa mínima de atratividade. O Valor Presente Líquido é a ferramenta mais utilizada pelas grandes empresas na análise de investimentos (COPELAND, 2001). Segundo EICK (2010) o VPL é um critério de referência nas decisões de investimentos. Quando o VPL é superior a zero, esse fato indica, de acordo com BRUNI & RUBENS (2003), que os fluxos futuros trazidos e somados a valor presente superam os investimentos. Logo, o projeto deverá ser aceito. Numa situação de VPL negativo, os investidores irão considerar novos projetos que tenham VPL positivo ou nulo, já que um resultado negativo não é atrativo.

Conforme PEREIRA, MARTINS, ABREU & RUTHER (2006) dada sua localização geográfica, o Brasil é particularmente privilegiado por ter níveis de irradiação solar superiores à maioria das nações desenvolvidas. Essa característica coloca o país em vantagem em relação aos países desenvolvidos, principalmente no que tange à utilização da energia solar. Sendo assim, estes estudos desenvolvidos pela área de manutenção da empresa são a base teórica deste trabalho além, é claro, de referências técnicas-teóricas citadas nas referências bibliográficas.

3 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Mostrar as vantagens e ganhos de implantar um programa que vise buscar

cada vez mais a eficiência energética dentro dos processos industriais e ter um departamento específico dentro da empresa para fazer este controle.

Objetivo Específico

Mostrar como são os projetos que visam a eficiência energética através de 04 casos (02 consolidados e 02 em fase de implantação) e os ganhos que uma empresa tem na implantação destes. Os 04 projetos são os seguintes:

- 01) Aquecimento de água para ser utilizado no refeitório da empresa;
- 02) Utilização de compressores com inversores de frequência para regular a utilização de energia elétrica através deste equipamento;
- 03) Utilização de energia solar fotovoltaica para a geração de energia no setor de almoxarifado da empresa.
- 04) Utilização de lâmpadas Led mais econômicas em relação às lâmpadas fluorescentes e incandescentes.

4 METODOLOGIA

Conforme a CNI (Confederação Nacional da Indústria, 2009), as iniciativas nacionais para ações de eficiência energética industrial ainda são muito tímidas. Contudo, a existência de metas de eficiência energética no Plano Nacional de Energia 2030 e a iniciativa do Ministério de Minas e Energia em desenvolver uma estratégia nacional de eficiência energética confirmam que esse é o momento para firmar parcerias, reorganizar esforços, estabelecer metas e priorizar recursos.

Apesar de o setor industrial no Brasil representar cerca de 34% de toda energia consumida em 2013 não existe uma política governamental de longo prazo específica para o uso eficiente da energia na indústria. Isso se reflete na baixa prioridade dos programas federais de eficiência energética, nos investimentos de fundos setoriais de eficiência energética e nas condições de financiamento. Os setores residencial, comercial e público, que têm recebido maior prioridade nas políticas governamentais, respondem por menos do que é consumido pela indústria do total do consumo de energia no País.

Um estudo da CNI (2009) mostra que em uma análise de 217 projetos de eficiência energética de 13 setores industriais, o custo médio do MWh economizado foi de R\$ 79/MWh. Considerando o custo marginal de expansão do sistema de energia elétrica dois valores é o ganho médio dos projetos. A economia obtida possibilita ao governo e ao empresário direcionar recursos para outras prioridades. Ações de eficiência energética agregam importantes ganhos sociais, ambientais e de competitividade.

Pretende-se assim mostrar de forma abrangente a importância de se desenvolver pesquisas para desenvolvimento de projetos e programas de manutenção que visem investimentos em eficiência energética. Isto gera retorno real financeiro para as empresas mantendo-as mais competitivas no mercado além é claro de estar contribuindo para o desenvolvimento do país através da pesquisa, patentes, ganhos para o sistema elétrico nacional além e de um fator bastante difundido nos dias de hoje e que já agrega valor as empresas: a sustentabilidade.

A importância de ter uma área da empresa voltada para o estudo e desenvolvimento de projetos que visem a eficiência energética é o primeiro passo para a implantação de um programa que trate do assunto. Esta área tem por missão acompanhar os processos fabris, medir a quantidade de energia gasta por processo, avaliar onde estão os locais com os melhores potenciais de ganho em eficiência energética e só a partir deste instante desenvolver o projeto, desenvolver fornecedores, solicitar orçamentos e fazer um cálculo de viabilidade de implantação do projeto.

Dentro da Engenharia de Manutenção as tarefas são baseadas em indicadores que avaliam o desempenho dos equipamentos utilizando algumas medições e históricos como, por exemplo, o tempo médio entre falhas e o tempo médio para reparo. A avaliação destes indicadores é feita de forma sistêmica e busca conhecer a causa das falhas dos equipamentos e atualizar seus planos de manutenção.

Conforme a revista TÉCHNE (Novembro, 2011), a partir da avaliação desses dados, o engenheiro tem condições de elaborar uma matriz de criticidade dos equipamentos, que considera a perda de produção no caso de falhas de

equipamentos; no caso de falha, o que afeta a qualidade; os custos de manutenção; o tempo de intervenção do equipamento; e finalmente os riscos voltados à saúde e meio ambiente dos equipamentos.

A definição da criticidade dessa matriz é elaborada pelo engenheiro de manutenção. Com a matriz consegue-se identificar, daquele universo de equipamentos, quais são realmente críticos para a operação. Faz parte das atribuições da engenharia de manutenção monitorar a todo tempo esses indicadores dos equipamentos críticos. Ou seja, as avaliações são feitas diariamente.

Outra oportunidade que vem surgindo nos últimos anos é a elaboração de projetos dentro da área de manutenção que visem não somente melhorar e diminuir a manutenção corretiva e ser mais aderente na manutenção preditiva e preventiva, mas também a busca por soluções que demonstrem preocupação com a sustentabilidade e eficiência energética de todos os equipamentos da empresa.

Por isso, faz-se necessário que esta área atue buscando estas alternativas que representam ganhos reais para a empresa através de economia em energia e também em sustentabilidade. Inclusive existe a família de normas ISO 14000 que trata do gerenciamento ambiental, indicando às empresas o que devem fazer para minimizar os impactos ambientais de suas atividades e melhorar continuamente seu desempenho ambiental.

Neste artigo será mostrado 04 casos de projetos desenvolvidos pela área de manutenção de uma empresa metal mecânica no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O primeiro destes projetos visa o aquecimento de água para ser utilizado no refeitório da empresa utilizando painéis solares também será apresentado indicando os ganhos em energia desde o seu lançamento. O segundo projeto mostrará como compressores com inversor de frequência podem contribuir para melhorar a eficiência energética e representar oportunidades de ganhos para a organização. Estes dois projetos acima já estão em funcionamento e são casos de sucesso dentro da organização. O terceiro caso diz respeito a utilização de painéis fotovoltaicos espalhados em cima de alguns prédios e galpões da empresa para gerar energia para o turno da noite. Este projeto ainda está em fase de aprovação porém através de cálculos apresentados, será possível mostrar que o investimento, se concretizado, é viável para a empresa. O quarto projeto mostrará as vantagens de se utilizar lâmpadas Led no lugar de lâmpadas fluorescentes e/ou incandescentes.

Para realizar estas pesquisas a fim de que possam ser aprovadas e desenvolvidas como projetos, é necessário seguir as seguintes etapas:

(i) Identificação da possibilidade de ganho em eficiência energética dentro das áreas da empresa referente a algum problema ou medição realizada anteriormente;

(ii) Pesquisar as soluções para o problema a fim de desenvolver potenciais fornecedores para ajudar a desenvolver uma melhor situação para o modelo atual;

(iii) Solicitar a estes fornecedores orçamentos que após recebidos possam ser analisados a nível de custo, benefício, tempo de vida útil e economia de energia tendo como base o valor presente líquido do equipamento ou solução a ser apresentada;

(iv) Concluir qual o melhor investimento a ser utilizado e enviar proposta para aprovação da diretoria da empresa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do programa de eficiência energética aplicada pela área de manutenção da empresa foi possível o desenvolvimento de vários projetos. Neste artigo vamos apresentar 04 casos. O primeiro mostrará um projeto já desenvolvido e o quanto em energia elétrica foi economizado no ano de 2013 através de um sistema de aquecimento de água para o refeitório da empresa. O segundo projeto mostrará a utilização de inversores de frequência para a utilização de compressores fazendo com que os mesmos melhorem em eficiência energética. O terceiro projeto mostrará a viabilidade de instalação de placas fotovoltaicas para a iluminação do pátio para os trabalhadores do turno da noite.

5.1 Primeiro caso

O Brasil é um país com clima muito favorável à energia solar. O sol que brilha na maior parte dos dias permite um excelente aproveitamento da sua energia para o aquecimento de água. Um sistema de aquecimento solar é um kit composto de placas solares que bem posicionadas em relação ao sol captam sua energia aquecendo a água. Esta água aquecida é então enviada para o boiler solar, um reservatório térmico, que conserva a água aquecida até o momento do consumo da água quente na cozinha industrial da organização.

Funcionamento básico

O funcionamento se dá a partir do momento que se necessita de água aquecida na cozinha do refeitório. A água para aquecer fica armazenada em uma caixa d'água de onde sai para o reservatório térmico. Do reservatório térmico, a água passa entre as placas coletoras de radiação solar e através da termossifão, a água é aquecida e retorna ao reservatório térmico. CARVALHO (2011) descreve que no sistema de termossifão a água aquecida pelo sol no coletor sobe empurrando a água mais fria do depósito, forçando-a a tomar o seu lugar, descendo, para subir novamente quando, por sua vez for aquecida. A figura 02 mostra um croqui de todo o sistema de aquecimento de água por coletores solares.

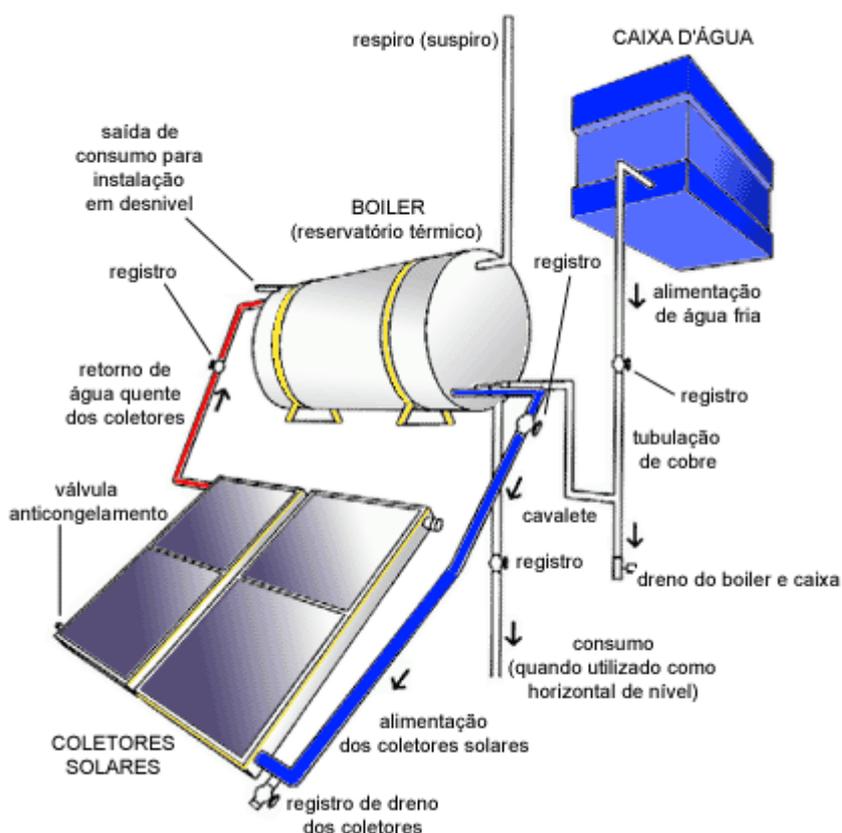


Figura 02 de um croqui para um sistema de aquecimento de água utilizando placas solares.

Fonte: SOLETROL – Aquecedores Solares de Água

Principais elementos de um aquecedor solar, conforme a empresa Tuma, fabricante do sistema:

a) **COLETORES SOLARES:** Normalmente instalados nos telhados das casas, os coletores solares devem ser posicionadas bem orientadas para o sol, evitando-se áreas de sombreamento. Cada coletor solar absorve a energia do sol e aquece a água que circula em seu interior.

b) **RESERVATÓRIO TÉRMICO:** Na maioria das instalações solares ou reservatório (armazenador) térmico é instalado dentro dos telhados, entre a caixa de água fria e o topo das placas dos coletores solares. Sua principal função é a de armazenar a água aquecida pelas placas conservando-a quente até o momento do consumo. No caso do refeitório da empresa, os boilers foram colocados perto do local de

consumo em cima de torres.

c) CAIXA D'ÁGUA: Geralmente, é uma caixa de água fria comum encontrada em qualquer residência. No caso deste projeto não é diferente.

d) APOIO ELÉTRICO: É sistema composto por um sensor, termostato ou controlador de temperatura e resistência elétrica. Entra em ação, automaticamente, para aquecer a água usando a energia elétrica em períodos prolongados de mau tempo. O uso do apoio elétrico é utilizado quando a temperatura da água que vai para a cozinha fica inferior a 50° C. Conforme a Norma Técnica Brasileira, NB 128/ABNT, que rege a instalação de água quente no Brasil, as seguintes especificações para o aquecimento de água em cozinhas (dissolução de gorduras) são: 60° a 70°C.

e) ABASTECIMENTO ÁGUA FRIA: Tubulação que liga a caixa de água fria ao boiler, abastecendo-o de água fria.

f) ABASTECIMENTO DAS PLACAS: Tubulação que liga o boiler às placas, abastecendo-as de água fria.

g) RETORNO DAS PLACAS: Tubulação que leva a água aquecida nas placas para o boiler.

h) ÁGUA PARA CONSUMO: A água quente armazenada no boiler sai por aqui para os pontos de consumo.

i) SUSPIRO: Funciona como suspiro e alivia a pressão do boiler no caso de superaquecimento.

j) O SOL – Energia solar, natural e limpa que oferece conforto, economia e preserva outros recursos naturais.

5.1.1. Dimensionamento

Número de torneiras da cozinha a utilizar a água aquecida através do sistema: 03 torneiras;

Consumo/dia: 04 horas diárias;

Vazão de cada torneira: 5,5 litros/minuto;

Para saber-se o consumo diário de água através destas 03 torneiras deve-se fazer o seguinte calculo:

04 h = 240 min;

Consumo diário = 5,5 l/min x 240 min x 3

Consumo diário = 3960 litros

Considerando uma margem de segurança no dimensionamento, será considerado como consumo diário 4000 litros.

Para o cálculo da área dos coletores, utilizaremos a seguinte fórmula:

$$S = \frac{Q}{I * \eta}$$

onde:

S = área dos coletores solares;

Q = Quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de uma determinada quantidade de água em n°C;

I = Intensidade da radiação solar;

η = Rendimento do coletor (será considerado rendimento de 80%).

Considera-se que a temperatura natural da água é em torno de 20 °C. Para chegar-se até a temperatura de 65 °C é necessário que a água seja aquecida em 45 °C. A intensidade de radiação solar considerada é de 0,86 cal/cm².min. Desta forma, pode-se dizer que a intensidade da radiação solar considerada neste cálculo será de 51,6 cal/cm².h que equivale a 0,0516 kcal/cm².h.

No cálculo da quantidade de calor necessária para aquecer esta quantidade de água na temperatura que se quer alcançar tem-se:

$$Q = 1000 \text{ kg/h} * 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * 45^\circ\text{C} = 45000 \text{ kcal/h}$$

Para o cálculo da área, tem-se:

$$S = \frac{45000}{0,0516 * 80\%}$$

$$S = 109 \text{ m}^2$$

A figura 03 mostra como foi montado o sistema de aquecimento de água para o refeitório da empresa:



Figura 03 – Sistema de aquecimento de água instalado. Fonte: arquivo pessoal.

A figura 04 mostra o local onde foram instalados parte dos coletores solares.



Figura 04 – Coletores solares do sistema de aquecimento de água. Fonte: arquivo pessoal.

A economia de energia foi acompanhada mês a mês pela área de Engenharia de Manutenção e a economia que se chegou neste caso está detalhada na figura 05 abaixo através de um gráfico:

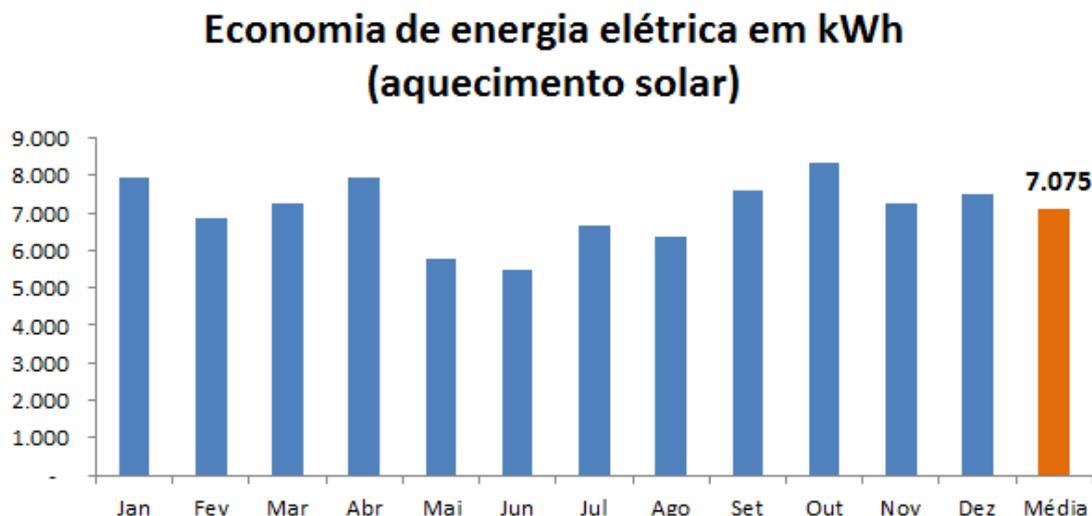


Figura 05 – Gráfico da economia gerada em energia elétrica (kW). Fonte: Arquivo pessoal.

Pode-se dizer que a média de economia mensal foi de 7075 kW. Considerando que o preço do kWh fica em torno de R\$ 0,45, a economia anual chegaria a R\$ 38.205,00.

5.2 Segundo caso

Os compressores que estão instalados na maioria das indústrias trabalham em regime intermitente, isso quer dizer, eles alternam o funcionamento com carga e com alívio. Quando estão em alívio, no entanto, os compressores estão apenas consumindo energia elétrica fazendo com que contribuam para baixar o fator de potência das instalações industriais acelerando o desgaste mecânico e reduzindo a vida útil do equipamento. Assim os custos com manutenção do equipamento aumentam bem como suas paradas e quebra na produtividade da fábrica. Conforme estudos da ATLAS COPCO (um dos principais fabricantes de compressores), cerca de 70% do custo de vida útil de um compressor diz respeito a sua vida útil.

Portanto, em especial na indústria, o uso do ar comprimido deve ser estritamente monitorado. A operação e a manutenção dos sistemas devem procurar sempre a maximização da eficiência energética. Pensando nisso e considerando que o consumo de energia elétrica representa grande parcela nos custos de alguns segmentos industriais (como é o caso da indústria metal mecânica), é proposto

neste trabalho a otimização das linhas de ar comprimido, modulando a operação dos compressores de ar tipo parafuso com o uso de conversores de frequência para acionamento dos motores de indução trifásicos (MIT) e utilizando transdutores de pressão junto com um controlador lógico programável (CLP) para a automação do sistema.

Elevando a pressão do ar através de sistemas mecânicos, os compressores são acionados por motores elétricos ou de combustão interna. Os compressores classificam-se em dois grupos basicamente: os de deslocamento positivo e os dinâmicos.

Compressores de deslocamento positivo

Nesse tipo de compressor o aumento de pressão é obtido quando se encerra o volume de um gás num espaço fechado, onde posteriormente o volume é reduzido por ação mecânica. Os tipos mais conhecidos são os compressores alternativos de pistão e os compressores rotativos de parafuso, conforme ilustram as figuras 2 e 3. A capacidade não é afetada pela pressão de trabalho, exceto pelas alterações de vazamento interno e na eficiência volumétrica. Nas figuras 06 e 07 pode-se observar um modelo de compressor de deslocamento positivo do tipo parafuso.



Figura 06 – Compressor de deslocamento positivo. Fonte: Atlas Copco.

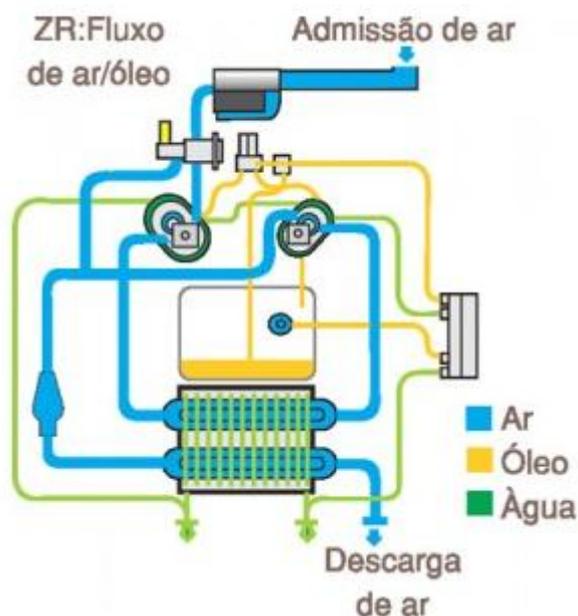


Figura 07 – Croqui de um compressor de deslocamento positivo. Fonte Atlas Copco.

Na figura 08, pode-se observar um croqui de um compressor de pistão. Chama à atenção a semelhança com os motores mais comuns de combustão interna através da utilização de um pistão, sucção e descarga.

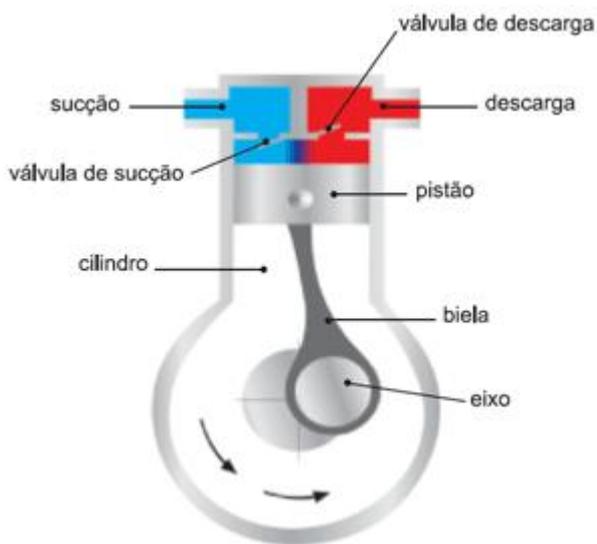


Figura 08 – Croqui de um compressor de pistão. Fonte: Máquinas Missão.

Compressores dinâmicos

Nesse tipo de compressor o aumento da pressão é obtido imprimindo-se energia cinética ao gás que tem um fluxo contínuo e convertendo-se essa energia em pressão através de um difusor. Como exemplos desse tipo de compressores

tem-se os ejetores, os centrífugos e os axiais.

Compressores da organização com inversores de frequência instalados

Compressores utilizados na empresa são do tipo parafusos do tipo de deslocamento positivo.

Conforme GRIPP JUNIOR (2005) na verdade o equipamento inversor de frequência em questão é um acionador (ou *drive* em inglês, como é comumente chamado no exterior). Porém, a palavra acionador está ligada a uma gama de tipos diferentes de equipamentos, que possuem como característica fundamental o acionamento de máquinas. Os acionamentos, no entanto, são divididos em grupos de equipamentos, como por exemplo, os estáticos, de partida dentre outros, sendo que em uma dessas categorias se encontram os conversores de frequência (acionamento de frequência ajustável), que utilizam o método de variar a frequência da tensão elétrica para se dar a partida e variar a velocidade dos motores.

O projeto de automatização para linhas de ar comprimido alimentadas por compressores tipo parafuso, evitando operações em vazio do referido equipamento e conseqüentemente, economizando energia elétrica e reduzindo os custos de manutenção fabril. São instalados os conversores de frequência para acionamento dos compressores de ar comprimido. É possível observar que a automatização trará ganhos com o uso racional de energia elétrica para a geração de ar comprimido, fazendo com que os compressores trabalhem exatamente o necessário de acordo com a demanda da fábrica.

A figura 09 (a, b e c) mostra como era a situação anterior a instalação dos inversores de frequência. Já a figura 10 (a, b e c) mostra a situação atual após a instalação dos inversores de frequência.



Figura 09 (a, b e c) – Situação anterior a instalação dos inversores de frequência. Fonte: Arquivo da empresa.



Figura 10 (a, b e c) – Situação atual. Fonte: Arquivo da empresa.

Conforme pesquisas realizadas em outras empresas e de acordo com a proposta do fabricante Weg, pode-se economizar na ordem de 50% do total de energia que se gastaria além é claro de também contribuir para o aumento da vida útil, menor desgaste dos componentes, portanto menores paradas para manutenção e quebra de produtividade na fábrica.

Os resultados do ganho em economia de kWh foram medidos pela área de manutenção da companhia durante o ano de 2013 e foi possível chegar na economia informada através do gráfico da figura 11 abaixo:

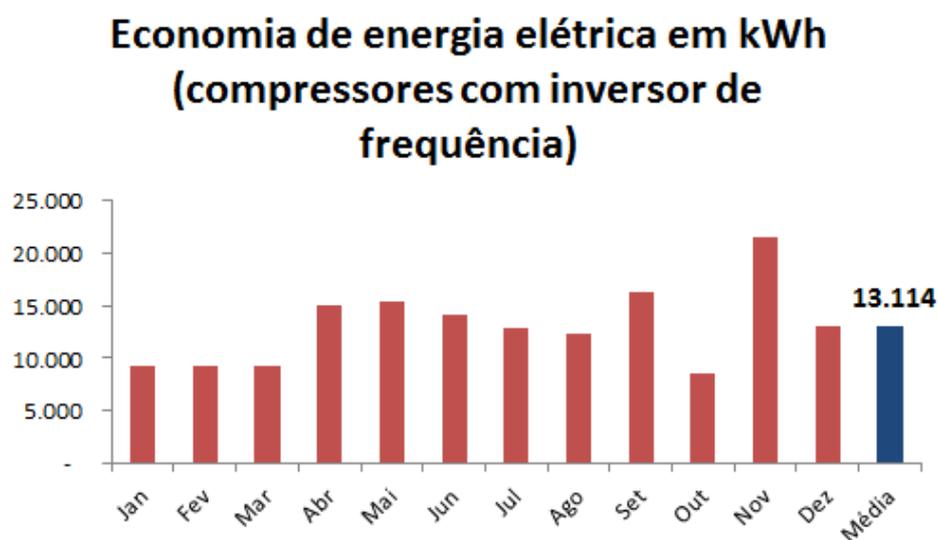


Figura 11 – Economia de energia kWh. Fonte: Dados da área de manutenção da companhia.

De acordo com a economia ganha na média de 13114 kWh ao mês e considerando que o preço do kWh em R\$ 0,45, conclui-se que a economia gerada neste período é de R\$ 70.815,00.

5.3 Terceiro caso

Energia Solar Fotovoltaica

No Brasil, existem poucos sistemas com painéis fotovoltaicos instalados conectados à rede, mesmo havendo um grande potencial energético. A queda nos preços dos painéis fotovoltaicos e a recente resolução da Aneel número 482, aprovada em abril de 2012 e que entrou em vigor em dezembro de 2012, acelerou a procura e impulsionou ainda mais a adoção dessa tecnologia. Conforme MONTENEGRO (2013), a unidade geradora instalada produzirá energia e o que não for consumido será injetado no sistema da distribuidora, que utilizará o crédito para abater o consumo dos meses subsequentes.

SIQUEIRA (2013) cita algumas vantagens em se utilizar a energia do sol para gerar energia elétrica:

- a) Redução de perdas por transmissão e distribuição de energia, já que a eletricidade é consumida onde é produzida;
- b) Redução de investimentos em linhas de transmissão e distribuição;
- c) É uma fonte inesgotável;
- d) O impacto ambiental gerado é menor do que o provocado pelas fontes de energia como carvão, petróleo e gás, já que não produzem dióxido de carbono ou outros gases com “efeito de estufa”;
- e) Os painéis fotovoltaicos são cada dia mais potentes ao mesmo tempo que seu custo decai (isso torna cada vez mais a energia solar uma solução economicamente viável);
- f) É excelente em lugares remotos ou de difícil acesso, pois sua instalação em pequena escala não obriga a enormes investimentos em linhas de transmissão;
- g) Em países tropicais, como o Brasil, a utilização da energia solar é viável em praticamente todo o território, e, em locais longe dos centros de produção energética sua utilização ajuda a diminuir a procura energética nestes (e conseqüentemente a perda de energia que ocorreria na transmissão).

A estrutura dos painéis fotovoltaicos é constituída basicamente de módulos com células fotovoltaicas, como pode ser visto na Figura 12 abaixo:

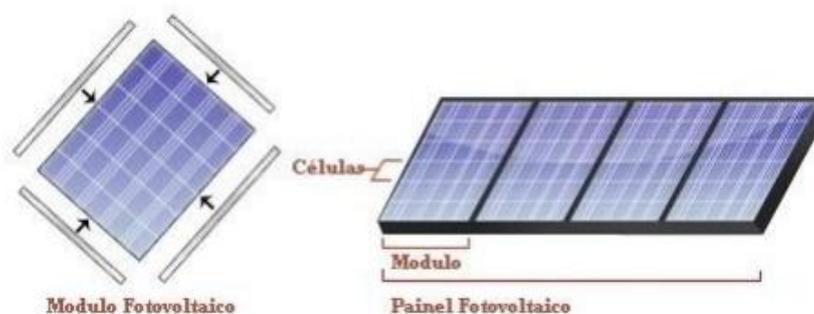


Figura 12 - Painéis fotovoltaicos - Fonte: <http://www.eletronica-pt.com/painel-solar-fotovoltaico>.

A figura 13 e 14 mostram um caso de microgeração de energia.



Figura 13 e 14 – Placas Fotovoltaicas para microgeração de energia. Fonte: Kyocera

No estudo realizado pela área de Manutenção da empresa, foram considerados para implantação das placas 42 módulos fotovoltaicos de 245W, 01 inversor fotovoltaico modelo Sunny Tripower, 01 módulo de comunicação Sunny Webbox e 01 quadro de proteções VVC e VCA. A figura 15 mostra um esquema de como funciona este sistema de microgeração de energia.



Figura 15 – esquema de funcionamento de microgeração de energia através de módulos fotovoltaicos. Fonte: Arquivo da área de Manutenção da empresa.

A figura 16 mostra o possível local para a instalação das placas caso este projeto seja aprovado no orçamento da empresa. Este local refere-se ao Almaxarifado da companhia.



Figura 16 – Local analisado para instalação de placas fotovoltaicas. Fonte: Arquivo próprio

5.3.1. Análise Técnica Financeira

Para uma situação em que a empresa optasse por instalar uma potência de geração de 10kW, teria-se a capacidade de geração anual de energia através do cálculo abaixo. O investimento para este sistema conforme orçamento com o fabricante fica em torno de R\$ 125.000,00

- 30 dias ao mês;
- Média de 06 horas de sol por dia;
- 12 meses.

OBS: Será considerado a média de 06 horas diárias para compensar os dias que não se tem luz solar disponível o bastante. Também utilizaremos um rendimento de 80% para o sistema.

Capacidade = 30d * 06h * 12m * 10kW * 0,8 = 17280 kW ao ano.

Considerando R\$ 0,45 o preço do kWh temos uma economia em R\$ 7.776,00.

Cálculo de viabilidade econômica:

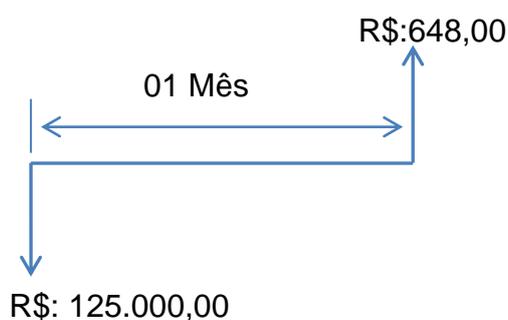
Economia em energia no ano (kW): 17280kW

Economia em energia no ano (R\$): 7.776,00

Economia em energia ao mês (R\$): 648,00

Investimento (R\$): 125.000,00

O diagrama abaixo representa de forma simples o investimento inicial e o quanto se economiza ao mês com a microgeração de energia.



$$\text{Número de meses a pagar o investimento} = \frac{125.000,00}{648,00} = 193 \text{ meses.}$$

Ou seja, o payback do investimento ficaria em torno de 16 anos.

5.3.2. Cálculo da Viabilidade de Investimento Através do Método do Valor Presente Líquido

O fabricante do sistema de microgeração de energia alega uma vida útil em

torno de 35 anos e fornece uma garantia de 25 anos. Desta forma, se adotará um tempo de vida estimado em 30 anos.

Vida útil estimada: 30 anos;

Taxa de atratividade: 20% ao ano.

Para o cálculo do valor atual da série, utilizaremos o do fator de valor presente por operação única (F.V.P.).

$$FVP = \frac{(1 + i)^n - 1}{i \cdot (1 + i)^n}$$

$$FVP = \frac{(1 + 0,15)^{30} - 1}{0,15 \cdot (1 + 0,15)^{30}} = 6,5672$$

O próximo passo é determinar qual é o Valor Presente Líquido (VPL) e determinar se o investimento é atrativo ou não.

$$VPL = -Investimento + FVP \cdot Economia \text{ anual}$$

$$VPL = -125000 + 6,5672 * 7776 = -73933,45$$

De acordo com a análise de um Valor Presente Líquido, o investimento não é atrativo para a empresa pois o valor do VPL é negativo

5.4 Quarto Caso

Light Emitting Diode – LED que traduzindo para o português quer dizer diodo emissor de luz ou seja, emitem luz a partir da eletroluminescência fazendo com que a energia elétrica seja transformada em radiação visível (que é a luz propriamente dita).

Observou-se que a organização poderia ter benefícios com a implantação desta fonte mais sustentável de energia e para isso começaram-se os estudos neste projeto.

Situação Atual (iluminação convencional 48 luminárias de 432 W):

- Consumo por hora de operação: 20,74 kWh
- Custo da energia consumida anual (22d*19h*12m)
= R\$ 46.814,32
- Vida útil média = 30.000 horas de operação

Situação LED (100 luminárias 82W):

- Consumo por hora de operação: 8,2 kWh
- Custo da energia consumida anual (22d*19h*12m)
= R\$ 18.509,04
- Vida útil média = 50.000 horas de operação

Análise Técnica Financeira – Solução Fluorescente

- Situação contratada (iluminação convencional 48 luminárias de 432 W vapor metálico). Eficiência adotada para o sistema: 80%

- Consumo por hora de operação: 20,74 kWh;
- Consumo anual de energia: 104.031,84
- Custo da energia consumida anual
(22d*19h*12m*0,8) = R\$ 46.814,32
- Vida útil média = 30.000 horas de operação
- Situação FLUORESCENTE T5 (124 luminárias 118W)
 - Consumo por hora de operação: 14,63 kWh
 - Custo da energia consumida anual (22d*19h*12m)
= R\$ 33.027,35
 - Vida útil média = 37.500 horas de operação

A solução LED necessitaria de 100 luminárias distribuídas em 04 linhas, 02 controladores, 16 sensores, 01 interface e 01 software. A Figura 17 (a, b e c) mostra um tipo de controladores disponível no mercado. A iluminação convencional não leva em consideração as condições de luminosidade e ocupação do ambiente no horário pré-definido.



Figura 17 (a, b e c) – Fonte: Arquivo da área de Manutenção da empresa.

A solução de Fluorescente necessita de 124 luminárias distribuídas em 04 linhas, 01 controlador, 16 sensores, 01 interface e 01 software.

Com base nestes estudos, a área de Manutenção da empresa concluiu que a solução LED representa uma possibilidade de 60% de redução no consumo de energia no mesmo período de operação. Aumento de vida útil em 66% e payback estimado em 05 anos (retorno de investimento).

A solução utilizando fluorescentes apresentou uma redução de consumo em energia de 30% para o mesmo período de operação, aumento da vida útil em 25% em relação ao que se tem hoje e payback estimado em 6,5 anos (retorno de investimento).

5.5. Economia em energia elétrica utilizando os 04 casos

A contar por estes 04 projetos a empresa economizaria em energia elétrica e financeiramente conforme a figura 18 abaixo:

Projetos - Economia ao ano	Energia (kW)	Valores (R\$)
Aquecedores Solares	84.900	38.205,00
Compressores com Inversores de Frequência	157.368	70.815,00
Microgeração de Energia	17.280	7.776,00
Substituição de Lâmpadas Convencionais por LED	62.901	28.305,28
Total	322.449	145.101,28

Figura 18 – Economia gerada com os 04 casos. Arquivo próprio.

Estes projetos mostram o quanto a empresa se preocupa com eficiência energética e o quanto está disposta a continuar com os projetos e pesquisas de novas alternativas.

6 CONCLUSÕES

É importante as organizações olharem para a questão ambiental e também para os assuntos referentes a eficiência energética. Em muitos casos não se trata apenas de olhar se o projeto é economicamente viável ou não, mas se a empresa possui compromisso com a sustentabilidade (e muitos clientes avaliam positivamente empresas deste tipo). Assim, projetos como o da microgeração de energia elétrica que nos cálculos do Valor Presente Líquido (VPL) se mostrou inviável economicamente ainda está em análise para implantação devido ao forte impacto que teria se for levada em conta a questão ambiental.

A partir dos projetos desenvolvidos pela área de Engenharia de Manutenção, pode-se verificar que nos 04 casos a principal busca era sempre em função do que se considerava a melhor opção em eficiência energética e sustentabilidade. O caso do aquecedor de água utilizando coletores solares para aquecer a água do refeitório da empresa e o caso dos inversores de frequência aplicado nos compressores são projetos implantados e consolidados. Facilmente pode-se notar os benefícios em redução de energia que a empresa desfruta hoje.

Para o caso da microgeração de energia fotovoltaica e da substituição das lâmpadas convencionais por lâmpadas LED, a solução mais sustentável e em termos de eficiência energética seria aliar os 02 investimentos referentes a instalação de placas fotovoltaicas e sistema de iluminação LED. O sistema de iluminação LED já foi aprovado e irá agora para a parte de implantação do sistema. O investimento que diz respeito à instalação de placas fotovoltaicas ainda está em fase de análise já que, conforme foi mostrado, o projeto é economicamente inviável porém tem um grande impacto quando o assunto é sustentabilidade.

Neste caso a empresa analisada tem apenas a ganhar porque recentemente conquistou a certificação ISO 14000 que diz respeito a questão sustentável, eficiente e ambiental.

7 REFERÊNCIAS

ATLAS COPCO DO BRASIL. Atlas Copco Compressores de ar ZR 250. São Paulo: Atlas Copco, 2003.

ATLAS COPCO - <http://www.atlascopco.com.br/brbr/navigationbyservice/ctservices> acessado em 25/11/2014 às 21:11h.

BRUNI, A. L; RUBENS, F. As Decisões de Investimentos - Com aplicações na HP12C e Excel. São Paulo: Atlas, 2003.

CARVALHO FICHE, C. H. – PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA PARA Pousadas, UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2011.

CASAROTTO Filho, Nelson; KOPITTKE, Bruno H. Análise de Investimentos. 9ed. São Paulo: Atlas, 2000.

COPELAND, Tom E.; ANTIKAROV, Vladimir. OPÇÕES REAIS: UM NOVO PARADIGMA PARA REINVENTAR A AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS. Tradução de Maria José Cyhlar. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

CIMM – Centro de Informação Metal Mecânica em <http://www.cimm.com.br/portal/verbetes/exibir/498-manutencao-preventiva> acessado em 25/11/2014 às 05:45h.

CNI, ELETROBRAS & PROCEL – Eficiência Energética na Indústria, Publicação da Confederação Nacional da Indústria, 2009.

DAMODARAN, Aswath – FINANÇAS CORPORATIVAS APLICADAS – MANUAL DO USUÁRIO. Tradução Jorge Ritter. Porto Alegre: Bookman, 2002.

EICK, Guilherme - VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DE UMA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA NO BRASIL, UFSC, 2010.

EMPRESAS TUMA COMERCIAL - <http://www.empresastuma.com.br> acessado em 26/11/2014 às 00:33h.

FRANÇA, Júnia Lessa et al. MANUAL PARA NORMALIZAÇÃO DE PUBLICAÇÕES

TECNO-CIENTÍFICAS. 6. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: UFMG, 2003. 230 p.

GRIPP JUNIOR, Percy E. - ESTUDO DAS TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES DOS INVERSORES DE FREQUÊNCIA DE MÉDIA TENSÃO, UFES, 2005.

KYOCERA DO BRASIL – disponível em <http://www.kyocerasolar.com.br>, acessado em 27/12/2014;

MECATRÔNICA ATUAL - <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/970-aplicao-de-conversores-de-freqncia-em-compressores> acessado em 25/11/2014 às 20:32h.

MONTENEGRO, Albuquerque Alexandre – AVALIAÇÃO DO RETORNO DO INVESTIMENTO EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INTEGRADOS A RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES URBANAS NO BRASIL, UFSC, 2013.

NORONHA SANTOS, H. - COLETOR SOLAR COM GARRAFAS PET: UTILIZANDO CONHECIMENTO DE TERMODINÂMICA COMO MEIO DE PROMOVER A RESPONSABILIDADE SOCIAL, UFPA, 2011.

PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO - Disponível em: <http://www.electronica-pt.com/index.php/content/view/271/202> acessado em 24/11/2014.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. & RUTHER, R. – ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, INPE, 2006.

PINTO, Alan Kardec; NASCIF, Julio. – MANUTENÇÃO: FUNÇÃO ESTRATÉGICA, Rio de Janeiro, Qualitmark Ed., 2001.

REVISTA TÉCNICA – Destaques, Novembro, 2011

RICCI MARIA, Rosa – A FORMAÇÃO PROFISSIONAL DOS TRABALHADORES DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E SUA ADEQUAÇÃO AOS NOVOS PROCESSOS DE TRABALHO: UM ESTUDO NAS EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVIÇO DA INDÚSTRIA, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), 2009.

SANTOS EUSTÁQUIO, Manoel – ANÁLISE E PROJETO DE UM INVERSOR TRIFÁSICO PARA APLICAÇÕES EM MÉDIAS TENSÕES INDUSTRIAIS, UFMG, 2005.

SANTOS ÍSIS, Portolan - INTEGRAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E SUA CONTRIBUIÇÃO EM UM ALIMENTADOR DE ENERGIA DE ZONA URBANA MISTA, UFSC, 2009.

SOLETROL – Aquecedores Solares de Água, disponível em -

<http://www.soletrol.com.br/educacional/comofunciona.php>, acessado em 30/12/2014;

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO em
<http://www.usp.br/mudarfuturo/cms/?p=212> acessado em 25/11/2014 às 06:25h.