

Proposta de implantação de eficiência energética em máquinas de fabricação de gelo de uma fábrica de pequeno porte no sertão Baiano

João Marcos Ferreira de Souza (UFAL) jmfs93@hotmail.com

Higor Vinícios de Oliveira Barborsa (UFAL) higorvbarbosa@gmail.com

Nathaly Silva de Santana (UFRN) nathalysilvaa@gmail.com

Paulo Ellery Alves de Oliveira (UFRN) pauloellery@hotmail.com

Resumo:

Sabe-se da importância extrema do processo de manutenção dentro de uma empresa de qualquer ramo. Com isso, tem-se em mente a importância de uma política de eficiência energética dentro das empresas, objetivando o aumento dos seus lucros bem como uma preocupação maior com o meio ambiente. Desse modo, o presente trabalho abordará técnicas usadas em uma empresa que trabalha no processo de fabricação de gelo comercial e fica situada na cidade de Paulo Afonso – BA. Utilizou-se dessa base como sendo o nosso ponto de partida para que mostrássemos, através de estudos, que se o uso de energia dentro da empresa puder ser diminuído de forma a não prejudicar o seu desenvolvimento, os ganhos de forma geral serão satisfatórios. Atrelando a ideia de eficiência energética junto com a manutenção industrial, temos assim uma dupla competente que enxugará boa parte do uso de energia em excesso.

Palavras chave: Eficiência Energética, Manutenção, Gelo e Redução de Custos.

Proposal of implementation of energy efficiency in ice-making machines of a small factory in the Baiano hinterland

Abstract

One knows the extreme importance of the process of maintenance within a company of any branch. With this, you have an importance of a policy of promoting energy within companies, aiming to increase their profits as a greater concern with the environment. Thus, the work in surveying techniques in a company that does not operate commercially and is in the city of Paulo Afonso - BA. Use this base as if it were our starting point to show, through studies, that the use of energy within the company is diminished so as not to hinder its development. Tying an idea of energy efficiency along with industrial maintenance, we have a double ability to wipe away some of the excess energy usage.

Key-words: Energy Efficiency, Maintenance, Ice and Cost Reduction

1. Introdução

Um dos principais fundamentos da atividade econômica de um país é a sua capacidade para fornecer meios que possibilitem ao mesmo o desenvolvimento de suas atividades econômicas de forma correta, tendo em conta questões de eficiência energética, ainda em condições competitivas e ambientalmente sustentáveis.

Pode-se dizer que o Brasil certamente está dentro das estatísticas positivas relacionadas ao setor de energia como um todo, sendo uma referência internacional na produção de petróleo em alto mar, etanol, usinas hidrelétricas para produção de energia, energia eólica, sistema de energia elétrica, e sua capacidade de renovação desses meios energéticos. Sabendo disso, se o

uso da eficiência energética for unido a todo esse aparato de tecnologias energéticas, o Brasil conseguirá tornar-se padrão de excelência na questão do uso de medidas eficientes que consigam diminuir percentualmente o uso de energia e aumentar consideravelmente a margem de lucro como um todo e também das empresas específicas.

No tocante do consumo de energia elétrica por classes em 2016, ocorreu queda generalizada no consumo de quase todas as classes, contudo a mais significativa registrada foi no comércio, uma redução de 3,2%. Em segunda colocação, nas reduções, ficou o consumo da classe industrial, com uma redução de 2,5% sobre o valor registrado em 2015. Na classe residencial houve expansão de 1,3%. Dessa forma, estas três classes somadas representam 83,6% do total de energia elétrica consumida pela rede de distribuição no ano de 2016, correspondendo a 385,3 TWh (Anuário Estatístico de Energia Elétrica, 2017).

Eficiência energética compreende a análise do consumo de energia elétrica, almejando redução de custos e maior economia da mesma, aliada a novas tecnologias, materiais e equipamentos, sem perda de conforto e qualidade do ambiente que se analisa.

A contratação da energia elétrica junto à concessionária também é outro fator de custo que pode ser otimizado. Dependendo do porte da empresa, do regime de trabalho e sazonalidade do consumo é possível optar por diferentes regimes tarifários e valores de demanda. Além disso, muitas vezes as empresas pagam multas por energia reativa excedente e/ou ultrapassagem de demanda que passam despercebidas ou não são bem compreendidas e podem ser resolvidas de modo relativamente simples. O fornecimento de energia elétrica pelas concessionárias às empresas é regulado pela Lei 414/2010 editado pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2016).

Contudo, o uso de tecnologias inovadoras, a modernização dos equipamentos, a automação dos processos, a diversidade e a quantidade de componentes e acessórios nas indústrias favorecem o aumento da probabilidade e ocorrência de possíveis falhas que possam causar o mau funcionamento de determinado ambiente de trabalho. Sola e Kovalski (2004) ressaltam que uma performance eficaz e efetiva de todos os processos produtivos dentro de uma organização necessita estar apoiada em sistemas eficientes, para que dessa forma possam operar no seu melhor nível de desempenho.

De uma forma geral, a pesquisa teve como objetivo estudar os principais problemas energéticos identificados na indústria e sugerir soluções no âmbito sustentável e financeiro

Neste artigo serão abordados aspectos relevantes sobre a eficiência energética com o objetivo de estudar os principais problemas energéticos e propor medidas no âmbito sustentável e financeiro para suprir as necessidades de eficiência energética em uma fábrica de gelo e minimizar os pontos críticos inerentes ao sistema produtivo que resultam em aumento de custos e minimização da eficiência do processo produtivo, com a finalidade de consequentemente aumentar os lucros devido às mudanças no seu modo de trabalho, visto que atualmente as empresas precisam estar à frente de seus concorrentes e traçando metas organizacionais que as auxiliem a continuar no mercado drasticamente competitivo.

2. Fundamentação Teórica

2.1. A eficiência energética na indústria brasileira

Pesquisas realizadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) mostram que 46% da energia do nosso país são para uso do setor industrial que, por sua vez, é responsável por grande parte de seu desperdício (SILVA, 2007).

O consumo de energia voltou a crescer no ano de 2017 com taxa de 1,7%, após um recuo de 2,2% em 2016. No setor industrial, houve um aumento no consumo de energia de 2,6 %, ao comparar o ano de 2016 com o ano 2017. Na indústria, os principais destaques foram os aumentos de 6,5% no consumo de Ferro-Gusa e Aço e de 4,9% em Alimentos e Bebidas, e as baixas de 6,5% em Cimento e de 3,2% em "Outras Indústrias" (Ministério de Minas e Energia, 2018).

2.2. Eficiência Energética

De acordo com o Guia de eficiência energética nas micro, pequenas e médias empresas, publicado pelo SENAI (2005), entende-se por Sistema de Gestão Energética o conjunto de estratégias, táticas, ações e controles destinados a converter recursos em resultados e por uso eficiente de Energia a implementação de um conjunto integrado de ações que possibilite a melhoria do processo de utilização e consumo de energia, transformando resultados em lucro”.

Surge então, o termo eficiência energética que, segundo Silva (2007) consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização, ou seja, é tentar aproveitar o total da potência empregada para determinada carga, evitando ao máximo as suas perdas.

A utilização racional de energia chamada também simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização (ABESCO, 2018).

Com isso, a eficiência energética deve ser desenvolvida desde a alta direção da indústria até o colaborador de menor nível hierárquico, não menos importante no programa, visto que, uma ação isolada tende a perder o objetivo principal da eficiência dentro do sistema produtivo ao longo do tempo.

Portanto, é necessário o envolvimento do corpo funcional da indústria para que a eficiência energética seja uma mudança de hábito no sistema da organização e que tenha maior participação dos funcionários. Os ganhos com a eficiência energética devem ser quantificados e expostos toda a empresa, para demonstrar a relevância da eficiência energética e seus resultados. Não deve ser tratada somente a questão financeira, mas também a questão ambiental e social que está agregada ao consumo de energia.

O uso inteligente e eficiente da energia elétrica, bem como seu tratamento e controle feitos de maneira responsável e racional geram repercussão para as organizações, para a economia e para a sociedade. Logo, todos os stakeholders do sistema se beneficiam. Para os gestores, há uma redução dos custos operacionais e redução de desperdícios no processo produtivo. E a maior disponibilidade de energia impulsiona a economia (ENERGIA BRASIL, 2011).

A conservação da energia pode ocorrer desde a instalação de novas tecnologias, remodelação da utilização de equipamentos e máquinas, bem como uma correta manutenção e o transcorrer das operações (ENERGIA BRASIL, 2011).

2.3. Manutenção em Pequenas e médias organizações

Devido ao atual mercado competitivo as organizações passam a perseguir a qualidade total em seu sistema produtivo, de modo que tornou-se uma meta para todas as empresas que buscam a vantagem competitiva em relação a seus concorrentes. De modo a adotar indicadores o zero

defeito, lucratividade, produtividade, disponibilidade de máquina, aumento da competitividade, almejando satisfazer e fidelizar o cliente.

Contudo, esses indicadores estão diretamente associados à manutenção de equipamentos e instalações das organizações, eficiência do maquinário e eficiência energética e quanto mais favoráveis eles forem maiores são as possibilidades de se obter vantagens competitivas no mercado.

As organizações tem como objetivo principal o lucro, e a possibilidade de atender esse objetivo é minimizada quando se tem na planta industrial máquinas que realizam funções vitais que falham e interrompem todo um processo produtivo, tornando-o ineficiente

Os estudos de Slack et. al (2009) afirmam que o gerenciamento adequado do departamento de manutenção é capaz de garantir diversos benefícios para a organização, dentre eles é possível listar:

Segurança melhorada, na medida que o comportamento das instalações se comportam de maneira previsível, oferecendo menor risco para as operações. Confiabilidade aumentada, pois conduz a menores tempos perdidos de produção e menos tempo gasto em conserto. Maior qualidade, considerando que os equipamentos bem conservados garantem padrões de qualidade elevados. Custos de operações mais baixos, como consequência das vantagens anteriormente citadas. Tempo de vida mais longo pela preservação do equipamento. Valor final mais alto (FERREIRA et. al, 2009, p. 24).

Um indicador de que aproximadamente 5% do faturamento bruto da indústria é gasto com manutenção (ABRAMAN,2018).

O orçamento de manutenção das empresas tem 59 % de gastos com mão de obra de pessoal e 32% de gastos com materiais. Os materiais de manutenção em estoque (peças de reposição) representam 11,5% do custo total de manutenção. Atualmente, a média de indisponibilidade de máquina para a produção, devido a quebras está em apenas 5%. (ABRAMAN, 2018).

2.4. FMEA

O FMEA é uma técnica analítica, que tem por objetivo assegurar que todas as falhas em potencial devido a Projeto, Processo e Sistema da Qualidade tenham sido consideradas e analisadas e tenham sido tomadas as ações corretivas necessárias para evitá-las. Temos que a ferramenta FMEA busca melhorias no projeto do produto e do processo.

O Instituto da Qualidade Automotiva (2000) define FMEA como uma técnica sistematizada a qual identifica e classifica os modos potenciais de falha de um projeto ou processo de manufatura para priorizar ações de melhoria.

FMEA, do inglês (Análise dos Tipos de Falhas e Efeitos), sendo que a mesma pode ser caracterizada e objetivada como:

- a) Reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto/processo e seus efeitos;
- b) Identificar ações que podem eliminar ou reduzir a chance da falha potencial vir a ocorrer;
- c) Documentar o processo de análise.

Em resumo, FMEA é uma técnica que procura listar todas as possíveis falhas (de produto ou do Processo) e suas causas para que sejam analisadas e tomadas as ações preventivas necessárias.

3. Metodologia

3.1. Método de Pesquisa

Inicialmente ocorreu um Brainstorm com os colaboradores e gestor da organização para consultar quais problemas eram recorrentes no processo. Em seguida, foi realizada uma visita à fábrica de gelo, e aplicação do método de investigação conversa-ação, onde foram feitas perguntas aos operadores in loco e ao empresário com o intuito de coletar dados que fossem relevantes à pesquisa. Os questionamentos foram direcionados para se obter informações a respeito da manutenção do maquinário, o tipo de falha mais frequente, a causa desta falha, o setor responsável pela manutenção, a forma de manutenção, e o tempo de produção entre outras indagações.

A partir da análise das informações foi identificado uma problemática no processo, das nove máquinas, quatro possuem as mesmas funcionalidades, porém tem diferenças no tempo de produção. Então, buscando analisar a eficiência energética das máquinas, foi utilizado as seguintes fórmulas matemáticas e métodos de proporção:

Foram consultadas diversas bibliografias referentes à Eficiência, com a finalidade de desenvolver base teórica para análise das falhas, visando adequar as informações à realidade da organização. Portanto, buscando analisar a eficiência energética das máquinas, foi utilizado as seguintes fórmulas matemáticas e métodos de proporção:

$$\text{Consumo} = \text{Potencia do aparelho} * \text{horas de funcionamento por dia} \quad \text{Equação 01}$$

$$\text{Custo elétrico (máquina)} = \text{Consumo} \times \text{dias trabalhados por mês} \times \text{preço(kwh)} \quad \text{Equação 02}$$

3.2. Caracterização da empresa escolhida

A empresa escolhida para análise atua a mais de 30 anos no ramo de alimentos e bebidas. Seu processo é composto por 9 máquinas e uma câmara de refrigeração. E seu mix de produtos envolve a fabricação de gelo em barra, gelo em cubo e gelo triturado.

A fábrica dispõe de um total de 9 máquinas, sendo 2 trituradores, 4 máquinas de gelo em barra e 3 máquinas de gelo em cubo. As máquinas de gelo em cubo são ligadas automaticamente às 21h da noite, enquanto que as máquinas referentes a produção do gelo em barra inicia por volta das 9 horas da manhã, com o processo de higienização do maquinário e do ambiente. Após a finalização da etapa de limpeza as máquinas de gelo em cubo são descarregadas e o produto é levado para câmara de resfriamento, esse processo dura em média 1h:30, e por volta de 11horas da manhã as máquinas de gelo em barra A1 e A2 também são descarregadas e seu produto também é levado para a câmara de resfriamento.

E por volta das 14h da tarde a outra metade das máquinas de gelo em barra (B1 e B2) passam pelo mesmo processo de retirada do produto final e transportado para a câmara fria, em seguida uma parte do gelo em barra é retirado da câmara, triturado e embalado. Com todas as máquinas desocupadas as formas são preenchidas com água, o gelo da câmara é embalado e pesado e retorna para ser estocado na câmara de resfriamento, como apresentado na figura 1:

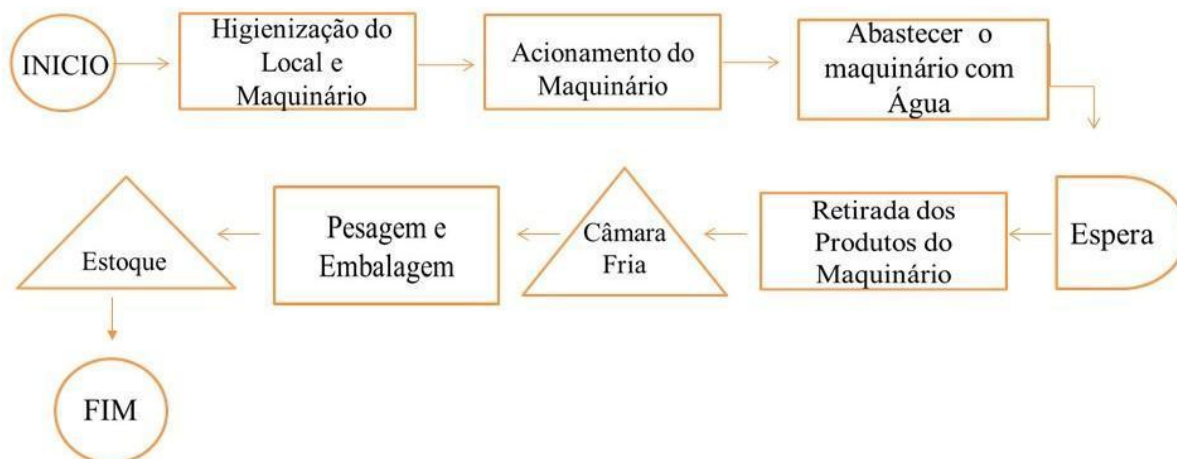


Figura 1- Fluxograma do processo produtivo do gelo

4. Resultados e Discussões

4.1. Problema da pesquisa

Das nove máquinas, quatro são específicas para a produção do gelo em barra (A1, A2, B1, B2), sendo que duas dessas gastam em média três horas extras para produzir a mesma quantidade do produto. Para diferenciá-las no estudo houve a denominação das máquinas que estavam em condições consideradas ideias para instalação pelo fabricante de A1 e A2 e as máquinas instaladas em ambiente distinto, não especificado pelo fabricante de B1 e B2.

Foi observado que as mesmas possuem especificações técnicas semelhantes, instalações elétricas semelhantes, contudo se encontram em lugares diferentes. Com isso surge a questão: Qual o fator crítico que interfere na eficiência do maquinário para produção do gelo em barra?

Por meio da análise do processo produtivo, bem como das instalações elétricas e do gasto com eletricidade, foi percebido que a empresa tem um gasto mensal com eletricidade em torno de R\$ 8.000, o que resulta em R\$ 96.000 anuais. Cada máquina tem uma potência de 10.800 Kcal/h, convertendo para Watts, temos que:

$$0.859845227859 \text{ Kcal/h} \text{-----} 1\text{W}$$

$$10.800 \text{ Kcal/h} \text{-----} X$$

Equação 3

$$X=12.558,14 \text{ W}$$

Os mesmos aparelhos nas mesmas condições elétricas gastam tempos diferentes para produzir as mesmas quantidades de gelo. Cada máquina consome mensalmente 12.558,14 w.

Entretanto, duas máquinas gastam além desse valor, por necessitar de 3h extras para produzir a mesma quantidade das outras duas máquinas. Logo, existe um custo adicional embutido no custo operacional do processo.

4.2. Cálculo do Consumo Elétrico de Energia

Sabendo que a empresa produz apenas em dias úteis, ou seja, de segunda a sexta-feira, e a energia elétrica é cobrada como horo-sazonal verde, logo a demanda contratada deve ser inferior a 69 kv e sendo o preço do KWh de R\$0,32 centavos no estado da Bahia, logo, as 4 máquinas consumirão por mês:

	I	II	III	IV	V	I*II*III*IV*V
	Quant. De Máquinas	Potencia (KW)	Tempo de funcionamento (h/d)	Dias de funcionamento (Dias/mês)	Preço do KWh (R\$)	Custo do consumo das maquinas/mês (R\$)
A	2	12,55814	14 h/d	20	0,32	2.250,42
B	2	12,55814	17 h/d	20	0,32	2.732,65

Fonte: Autores (2018)

Tabela 1- Consumo mensal em R\$ por tempo de produção.

Sendo assim, pode-se perceber que as duas máquinas (B1 e B2) gastam 21,4% de energia a mais do que as outras máquinas (A1 e A2) instaladas em condições normais, segundo indicação do fabricante. Deste modo, ocorre um acréscimo no tempo de produção das máquinas B1 e B2 que em termos financeiros resulta em 6% na conta de energia, o que se solucionado gerará economia de R\$ 5.786,88 anuais.

4.3. Proposta de solução de eficiência energética no processo

A partir da problemática identificada na indústria analisada, iniciou a investigação das causas da falha de eficiência nas máquinas. No primeiro momento, foi levantado informações mecânicas nas próprias máquinas, verificação da instalação elétrica e realizou-se contato com o fabricante das máquinas.

O fabricante disponibilizou o manual de instalação referente ao modelo específico das máquinas estudadas. Então realizou-se um estudo para definir como seria o ambiente ideal para instalação de modo que não haja interferência na capacidade e eficiência do maquinário.

O estudo definiu que o ambiente ideal para instalação possui as seguintes características:

- A tomada deverá ser de 20 amperes, padrão ABNT 14136;
- Os equipamentos necessitam de 20 cm de espaços entre máquinas e paredes;
- Não instalar a máquina próximo de equipamentos que geram calor;
- Evitar colocar pesos sobre as coberturas da máquina de gelo;
- A mangueira do dreno deve estar em um ponto de esgoto que esteja abaixo do nível da máquina e tenha capacidade mínima de absorver 3 litros por minuto;
- O equipamento deve estar nivelado.

Após a definir o ambiente padrão de instalação, houve um estudo comparativo com a situação real da organização. Resultando que o fator crítico causador da redução de eficiência dos maquinários é o ambiente em que as mesmas estão instaladas. As máquinas A1 e A2 estão em locais espaçosos, com boa ventilação e temperatura ambiente. As máquinas B1 e B2 estão em locais fechados, úmidos, com temperatura elevada em relação às condições normais e com ventilação precária necessitando o uso de ventiladores.

Durante o processo de resfriamento ocorre naturalmente o aumento da temperatura e pressão do fluido refrigerante. Entretanto, é preciso que o gás se esfrie e condense, virando líquido.

Contudo, devido ao ambiente externo que a máquina se encontra, ter uma temperatura maior do que normalmente ocorre interferência na capacidade e eficiência, resultando na necessidade de um maior período de tempo para finalizar a produção. Que são três horas de diferenças.

A estratégia que deve ser adotada é a correção do ambiente das máquinas B1 e B2 para o ambiente da A1 e A2, adequando as instalações da máquina com a definida pelas especificações do estudo, gerando redução de consumo de energia e consequentemente redução do custo operacional.

5. Considerações Finais

Com base nas pesquisas e aplicação dos métodos escolhidos, comprovou-se claramente que o modo como o maquinário é disposto e utilizado dentro da empresa é o que influencia no seu bom ou mau funcionamento. É importante frisar que depois que as causas da problemática forem encontradas, a equipe propôs a empresa métodos de melhoria onde cabe à mesma aplicar de modo com que seu processo seja aperfeiçoado, fazendo com que tudo passe a fluir da forma mais correta possível, eliminando desperdícios e minimizando os custos.

A satisfação é saber que com o estudo realizado poderá haver uma melhoria significativa nos lucros dessa empresa de gelo e o proprietário verá que vale a pena investir em técnicas que pareçam por muitas vezes tão simples, mas que mudam em um piscar de olhos a forma de trabalho de uma máquina. Seremos causadores de sucesso em um estabelecimento desse porte é algo extremamente valioso e que nos dá bastante gratidão por todas as técnicas e ensinamentos passados e aproveitados.

Referências

ABESCO. *O que é eficiência energética?* Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>.

ABRAMAN. Disponível em: <http://www.abraman.org.br>.

ANEEL – Associação Nacional de Energia Elétrica. *Revisão das Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica – Resolução nº 414/2010.* Disponível em: http://www.aneel.gov.br/destaques-distribuicao/-/asset_publisher/zRFisxBAsbz9/content/condicoes-gerais-de-fornecimento-introducao/656827?inheritRedirect=false

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA. *Ano base 2016.* Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>.

COMPANHIA ELÉTRICA DO ESTADO DA BAHIA (COELBA). *Dados da instituição, 2013.* Disponível em <http://www.coelba.com.br/Pages/Efici%C3%o-que-e-ef-energetica.aspx>.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA (IQA). *Processo de Aprovação de Peça de Produção (PPAP).* 3. ed. Brasil, Brasil, 2000.

ENERGIA BRASIL. *Guia de Eficiência Energética nas Micro, Pequenas e Médias Empresas.* Governo Federal, Casa Civil da Presidência da República, 2011.

FERREIRA, C. A., Perrone, F. P. D., Moreira, M. A. R. G., Oliveira, H. L., Pinto, A. B. A., Sobral, A. S., Motta, B. R., Moya, C. H., Spera, M. R., Vilela, L. C. T., Góes, R. R. A., Teixeira, M. V. P., Sobral, R. L. *Atuação da Eletrobrás, através do Procel, na Eficiência Energética de Indústrias Brasileiras.* Anais do 8th Latin American Congress on Electricity Generation and Transmission, CLAGTEE, 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). *Resenha energetica Brasileira*, 2017. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Ener%C3%A9tica+Brasileira+2018+-+ano+ref.+2017+%28PDF%29/6f00cc7c-be9a-4257-ab5d-8ab1935611aa;jsessionid=CB2DD7CC0293C8DB087B7D624FBCD879.srv155?version=1.0>>.

MENDES, J. E. A. *Eficiência Energética aplicada na indústria de bebidas em sistemas de refrigeração e ar comprimido – Estudo de casos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). *Dados da instituição*, 2012. Disponível em <www.eletrobras.gov.br/procel>.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SENAI . *Guia de eficiência energética nas micro, pequenas e médias empresas*. 2005.

SILVA, C. R. C. DA, DESCHAMPS, E. PÉRES, A. *Aplicativo computacional para simulação da obtenção de eficiência energética na indústria têxtil de felpudos*. In Proc. of ICECE 2007.

SOLA, A. V. H., Kowaleski, J. L. *Eficiência Energética nas Empresas: Cenários & Oportunidades*. Anais do XXIV ENEGEP. Florianópolis, 2004.

TASSINI, J.O. *Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial: Estudo de Caso*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.