

Análise da viabilidade de substituição dos sistemas de refrigeração das câmaras frigoríficas de um laticínio no IFMG - campus Bambuí.

Rafhaela A. M. Silveira (Engenharia de Produção – IFMG/Bambuí) rafhaasilveira@hotmail.com

Karen D. Vitorino (Engenharia de Produção – IFMG/Bambuí) karen.danvit@hotmail.com

Calebe Giaculi Jr. (Departamento de Engenharia e Computação – IFMG/Bambuí) calebe.giaculi@ifmg.edu.br

Resumo:

O presente trabalho tem o objetivo de analisar o consumo energético de um laticínio localizado no Instituto Federal de Minas Gerais- Campus Bambuí, com o intuito de se estudar a viabilidade da troca do sistema de resfriamento de duas das câmaras frigoríficas lá existentes, pelo Sistema de Refrigeração a Gás *Freon*, visando assim obter uma melhor eficiência energética no laticínio. Para o estudo foram realizadas entrevistas com o técnico responsável local e demais funcionários a fim de se obter dados como o tempo de funcionamento de cada um dos equipamentos do laticínio, tanto no horário fora de ponta, quanto no horário de ponta, e também a potencia em kWh dos mesmos. Foi disponibilizado pelo IFMG- Campus Bambuí, uma conta de energia elétrica referente á todo campus, de onde foi possível se obter os valores tarifários já acrescidos de impostos para realização dos cálculos posteriores. Após obtenção destes dados foi então possível calcular o consumo energético de cada equipamento do laticínio no horário de ponta, e fora de ponta, e qual o valor pago mensalmente pelo consumo total do laticínio, bem como os valores pagos referentes ao consumo de cada equipamento separadamente. Desta forma foi possível provar que o sistema de resfriamento das câmaras frias era o de menor eficiência energética, e fora feito então o estudo da viabilidade de troca do mesmo, levando se em consideração a potencia energética, o horário de consumo, o valor do novo equipamento e o tempo de retorno do investimento.

Palavras chave: Eficiência energética, Laticínio, Consumo Energético.

Analysis of the feasibility of replacing the refrigeration systems of the cold rooms of a dairy in the IFMG - Bambuí campus.

Abstract

The present work has the objective of analyzing the energy consumption of a dairy located at the Federal Institute of Minas Gerais - Campus Bambuí, in order to study the feasibility of changing the cooling system of two of the existing refrigeration chambers, Freon gas refrigeration, in order to obtain a better energy efficiency in dairy. For the study, interviews were conducted with the local responsible technician and other employees in order to obtain data such as the operating time of each of the dairy equipment, both at off-peak hours and at peak hours, as well as at potency in kWh of them. An electric energy bill was issued by IFMG-Campus Bambuí, referring to all campuses, from which it was possible to obtain the tariff values already added to the taxes for subsequent calculations. After obtaining these data, it was then possible to calculate the energy consumption of each dairy equipment during peak and off-peak hours, and the amount paid monthly for the total dairy consumption, as well as the amounts paid for the consumption of each equipment separately. In this way, it was possible to prove that the cooling system of the cold rooms was the one with the lowest energy efficiency, and the feasibility study was then made for its exchange, taking into account the energy power, the consumption schedule, the value of the new equipment and the time of return on investment

Key-words: Energy Efficiency, Dairy, Energy Consumption

1. Introdução

O Brasil possui a energia hidrelétrica como a principal fonte de energia, a crise hídrica de 2001, mostrou a grande importância de ter uma gestão energética eficiente (JANNUZZI, 2002).

A energia é um custo e não um resultado para a indústria, em alguns segmentos a energia pode chegar a 60% do custo total de produção (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2011). Ainda segundo o Ministério de Minas e Energia (MME, 2011) o investimento na melhoria da eficiência energética é tão eficiente quanto aos investimentos em redução de custos da produção.

Pensando nisso, elaboramos o presente trabalho com o objetivo de analisar o consumo de energia em um laticínio no IFMG Campus Bambuí e verificar a viabilidade de troca do sistema de resfriamento das câmaras frigoríficas existentes.

2. Referencial Teórico

2.1 Eficiência Energética

A preocupação com o uso da energia de maneira eficiente se iniciou nos anos 1970 com a crise petrolífera, nesta época havia uma preocupação de cunho financeiro que atingia a uma pequena parcela da população. Já há um futuro próximo a este citado, a preocupação que antes atingia apenas a uma pequena parcela tornou-se algo de proporção mundial devido aos impactos que os diversos tipos de produção de energia elétrica gerava ao meio ambiente, contexto este que também fez com que os custos de energia elétrica aumentassem.

Segundo o conceito apresentado pela International Energy Agency (IEA, 2007) – a eficiência energética é a obtenção de serviços energéticos, como produção, transporte e calor, por unidade de energia utilizada, como gás natural, carvão ou eletricidade. Já Patterson (1996) demonstra o entendimento de “eficiência energética” como um processo associado a um menor uso de energia por cada unidade de produção.

Olhando-se por um ponto de vista diferente Oikonomou et al. (2009) afirmam que a eficiência energética está ligada à adoção de uma tecnologia específica que reduz o consumo de energia, sem mudança de comportamento.

2.2 Sistemas de Refrigeração

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego (2004), um sistema de refrigeração pode ser definido como um processo que reduz a temperatura de um corpo. O desenvolvimento crescente de tecnologias de refrigeração possibilitou para as indústrias alimentícias, frigoríficos, laticínios uma maior manutenção de sua gama de produtos.

Os sistemas de refrigeração mais utilizados em laticínios operam com fluidos confinados em tubulações. Os fluidos mais utilizados são a amônia e alguns compostos orgânicos que contêm carbono, hidrogênio, flúor e em alguns casos outros halogênios especialmente o cloro (GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS, 2014).

O fluido refrigerante que contém nas câmaras frigoríficas é definido por Ferraz e Gomes (2008), como um fluido que ao passar pelo ambiente que precisa ser refrigerado, absorve calor do mesmo.

2.2.1 Refrigeração por Amônia

O sistema de refrigeração por amônia consiste em uma série de tubulações interconectados que comprimem e bombeiam o gás para os locais que precisam ser resfriados. É utilizados a

muito tempo, mas perdeu parte do seu lugar na indústria para os CFCs a partir da década de 30. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2004).

2.2.2 Refrigeração por gás Freon

Gás *freon* é nome dado pela sua fabricante Dupont de Nemours, para uma família de clorofluorcarbonetos (CFC). Nessa família existem inúmeras variedades como R12, R22, R11, R502 cada um possui um tipo de aplicação, sendo um gás a temperatura ambiente e um líquido quando pressurizado. (Portal São Francisco, 2016).

2.3. Horário de Ponta (HP) e fora de Ponta (HFP)

O horário de ponta pode ser definido como o conjunto de três horas consecutivas, que são definidos pela distribuidora de energia, não sendo válido para finais de semana e feriado (ANEEL, 2011). Ainda segundo Agência Nacional de Energia Elétrica (2011), o horário fora de ponta compreende as 21h consecutivas do dia restantes.

2.4 Modalidades tarifárias

A Agência Nacional de Energia Elétrica (2011) define modalidade tarifária como um conjunto de tarifas aplicadas sobre o consumo de energia elétrica e a demanda de potência ativa dos consumidores do grupo A. Podendo ser dividida em três tipos, sendo eles azul, verde e convencional. Cada tipo possui seus critérios de cobrança que são mostrados na figura 1.

Tipo	Demanda (R\$/kW)		Consumo (R\$/kWh)			
			Ponta		Fora de ponta	
	Ponta	Fora de ponta	Seco	Úmido	Seco	Úmido
Azul	44,69	12,54	0,26	0,23	0,16	0,15
Verde	12,54		1,29	1,27	0,16	0,15
Convencional	44,72		0,16			

Fonte: Manual de Gerenciamento de energia (2011)

Figura 1: Modalidade tarifária

2.5 Banco de Gelo

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2008), o banco de gelo é um conjunto composto por um tanque de água e serpentina com amônia evaporando a -10°C, onde a água é resfriada através da troca de calor com a serpentina. O banco de gelo é utilizado para resfriamento do leite para o envase, onde o leite deve estar em uma temperatura aproximada de +4°C.

3. Metodologia

Foi realizado um estudo de caso no laticínio do IFMG campus Bambuí para verificar a viabilidade de troca dos sistemas de refrigeração das câmaras frigoríficas.

Para a coleta dos dados foi realizada uma visita ao local e foram feitas entrevistas com o responsável técnico do laticínio e alguns funcionários com o objetivo de obter o tempo em que os equipamentos são utilizados semanalmente. Para facilitar os cálculos, o tempo semanal foi transformado em diário e em seguida em mensal.

A pesquisa realizada é caracterizada como quantitativa e baseou-se em uma pesquisa bibliográfica para análise dos resultados obtidos.

4. Resultados

4.1 Potências dos equipamentos

A Tabela 1 apresentada a seguir, demonstra os valores das potências em kW dos motores de cada equipamento presente no laticínio, bem como o seu tempo de uso apresentado em horas semanais.

Motor	Potência (kw)	Tempo (horas por semana)
Bomba de água gelada p/ iogurteira	0, 552	8
Iogurteira	0, 368	4
Bomba de água gelada p/ pasteurizador	1, 472	7,5
Pá do taxo	1, 472	6
Sugador de vapor do taxo	0, 368	6
Desnatadeira	0, 3725	0,5
Envase	0, 0894	2,5
Compressor de amônia	7, 355	120
Compressor de ar	3, 68	5
Bomba da caldeira	3, 68	2,5
Bomba de água gelada p/ pasteurizador	0, 552	7,5
Sistema refrigeração por Freon	2, 942	28

Fonte: (Rodrigues *et al.* 2016) adapta.

Tabela 1: Potência e tempo de utilização dos equipamentos

Conforme observado na tabela, o Compressor de amônia apresenta maior tempo de uso semanal comparado aos demais equipamentos, pois o mesmo tem a necessidade de estar em funcionamento 24h por dia e 5 dias por semana, o que resulta em 120 horas semanais. O tempo elevado de uso deste equipamento se dá ao fato de que é através do compressor de amônia que se faz a refrigeração de duas, das três câmaras frigoríficas existentes no laticínio, que precisam permanecer ligadas para que as câmaras frigoríficas fiquem entre 0° e 5°, de segunda a sexta-feira, isso por se tratarem de armazenadoras e refrigeradoras de alimentos, tais como leite, iogurtes e afins. O compressor de amônia também é usado para formação do banco de gelo que é utilizado para o resfriamento e envase de leite.

A terceira câmara fria é resfriada através do sistema que utiliza o gás Freon, também descrito na tabela e também é responsável por armazenar os alimentos durante o fim de semana. O diferencial na forma de resfriamento desta câmara, se deu pelo fato de que no passado era necessário que o compressor de amônia ficasse ligado continuamente, a fim de que as três câmaras frias fossem refrigeradas 24h por dia e 7 dias por semana, para a conservação dos alimentos, sendo que era inviável o desativamento do compressor de amônia, mesmo que só

durante o fim de semana, sem que houvesse uma substituição do mesmo ou um novo lugar para armazenamento.

A substituição do sistema de compressor de amônia pelo gás *Freon*, permitiu que o compressor de amônia fosse desligado durante os fins de semana, reduzindo assim o seu consumo durante o mês de 5.295,6 kWh para 3.530,4 kWh, o equivalente a 33,32%. Mesmo com essa redução, o compressor de amônia, ainda é hoje responsável por 89,7 % do valor de kWh, tendo então a necessidade do melhoramento da eficiência energética, motivo este, do presente estudo.

4.2 Consumo energético HP e HFP

A tabela 2 apresenta o consumo energético diário de cada equipamento do laticínio, separados em horário de ponta e horário fora de ponta, é apresentado também o consumo total mensal nas duas modalidades.

É importante ressaltar que para o cálculo do consumo no horário de ponta foram consideradas 3 horas, correspondentes ao horário de 17 h às 20 h em que compressor de amônia fica em funcionamento, multiplicado por 5 dias da semana. E para o horário fora de ponta foi levado em consideração as 21 horas restantes multiplicadas por 5 dias da semana. A importância da distinção entre as modalidades de consumo HP e HFP se dá ao fato de que o Instituto Federal de Minas Gerais Campus Bambuí se enquadra na modalidade tarifária tipo verde, modalidade a qual é cobrado valores diferentes para o horário fora e dentro do pico.

Para obtenção do consumo mensal, o consumo diário do compressor de amônia foi multiplicado por vinte e o restante dos equipamentos por trinta, devido ao fato da Tabela 1 conter os valores relativos a sete dias da semana (exceto o compressor de amônia).

Motor	Potência (kw)	Tempo (horas por dia)	Energia (KWh dia) HFP	Energia (KWh dia) HP
Bomba de água gelada p/ iogurteira	0,552	1,142857143	0, 630857143	
Iogurteira	0,368	0,571428571	0, 210285714	
Bomba de água gelada p/ pasteurizador	1,472	1,071428571	1, 577142857	
Pá do taxo	1,472	0,857142857	1, 261714286	
Sugador de vapor do taxo	0,368	0,857142857	0, 315428571	
Desnatadeira	0,3725	0,071428571	0, 026607143	
Envase	0,0894	0,357142857	0, 031928571	
Compressor de amônia	7,355	24	154, 455	22, 065
Compressor de ar	3,68	0,714285714	2, 628571429	

Bomba da caldeira	3,68	0,357142857	1, 314285714	
Bomba de água gelada p/ pasteurizador	0,552	1,071428571	0, 591428571	
Sistema CFC R12	2,942	4	11, 768	
Total consumido por dia			174,81	22,065
Total consumido ao mês			3.699,75	441,3

Fonte: (Rodrigues *et al.* 2016) adapta.

Tabela 2: Energia consumida HFP e HP

Conforme observado na tabela e citado anteriormente, o compressor de amônia mais uma vez tem seu destaque, sendo o único equipamento utilizado no horário de ponta, e por se tratar do equipamento de maior potência, o mesmo gera um grande peso na conta de energia conforme mostrado a seguir.

4.3 Valor mensal pago pelo laticínio

A tabela 3 apresenta os valores pagos mensalmente pelo consumo de cada equipamento presente no laticínio, tanto no horário de ponta quanto no horário fora de ponta.

Motor	KWh (por mês)	Valor pago HFP mensal (R\$)	Valor pago Hp mensal (R\$)
Bomba de água gelada p/ iogurteira	18,92571429	7,79143666	
Iogurteira	6,308571429	2,597145553	
Bomba de água gelada p/ pasteurizador	47,31428571	19,47859165	
Pá do taxo	37,85142857	15,58287332	
Sugador de vapor do taxo	9,462857143	3,89571833	
Desnatadeira	0,798214286	0,328613016	
Envase	0,957857143	0,394335619	
Compressor de amônia	3530,4	1272,070247	687,9882666
Compressor de ar	78,85714286	32,46431942	

Bomba da caldeira	39,42857143	16,23215971	
Bomba de água gelada p/ pasteurizador	17,74285714	7,304471869	
Sistema refrigeração <i>Freon</i>	353,04	145,3413465	
Total		1.523,481259	687,9882666
Total a pagar por mês		2.211, 469526	

Fonte: (Rodrigues *et al.* 2016) adapta

Tabela 3: Valor a pagar

Esses valores são obtidos multiplicando-se o consumo energético em KWh mensal pelos valores das tarifas retirados da conta de energia da Cemig disponibilizada pelo Instituto Federal de Minas Gerais- Campus Bambuí para fins de consulta. Os valores tarifários que já são inclusos de impostos são 0,41168521 para o horário fora de ponta e 1,55900355 para o horário de ponta, como mostra a imagem a seguir:

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)
Demanda Ativa kW HFP/Único	199	11,87828269	2.363,76
Demanda Ativa kW HFP s/ ICMS	1	9,60008249	9,58
Energia Ativa kWh HFP/Único	77.760	<u>0,41168521</u>	32.012,61
Energia Ativa kWh HP	9.360	<u>1,55900355</u>	14.592,24

Fonte: Fatura CEMIG (Junho, 2016)

Figura 2: Preço pago pelo KWh

Depois de feitos os cálculos obteve-se um total de R\$ 1.523,48 a ser pago mensalmente pelo consumo no horário fora de ponta e um total de R\$ 687,99 a ser pago pelo consumo no horário de ponta. Com a soma de ambos se obteve então o valor a ser pago mensalmente pelo consumo total no laticínio, em ambos os horários, que foi de R\$ 2.211, 469526, que representa um valor significativo por se tratar de apenas um do setores presentes no Instituto.

O compressor de amônia representa em meio a quantia total a ser paga, um valor de R\$ 1.960,058514, resultado da soma do seu valor a ser pago dentro e fora do horário de ponta. Esse valor representa uma porcentagem de 89 % do valor total a ser pago.

4.4 Substituição do Compressor de amônia pelo Sistema de refrigeração *Freon*

Como foi verificado ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, só será possível obter uma eficiência energética trazendo uma solução que possa reduzir e otimizar o consumo energético resultante do uso do compressor de amônia. Desta forma foi proposto que haja a substituição do sistema de refrigeração das duas câmaras frias que fazem o uso do compressor de amônia, pelo Sistema de Refrigeração *Freon*, já utilizado em uma câmara fria.

O sistema de refrigeração *Freon*, é um sistema independente, e desta forma será necessária a instalação de um do mesmo em cada câmara fria, porém como já foi apresentado na Tabela 1, esse sistema possui 2,942kW de potência, o que mesmo multiplicado por dois não ultrapassa a potência do compressor de amônia, que é de 7.355kW.

Outro ponto positivo do novo Sistema de Refrigeração, é o seu funcionamento. Graças a um termostato presente no sistema, o mesmo consegue verificar o momento em que a câmara fria chega a sua temperatura ideal, sendo que a mesma pode oscilar entre 0° e 5°. Desta forma, quando o termostato verifica que a câmara chegou a 0°, o sistema se desliga, fazendo com que o mesmo só volte a funcionar quando o termostato verificar a temperatura de 5° no interior da câmara, fazendo com que o sistema fique em maior parte do tempo desligado.

O tempo estimado de funcionamento do Sistema de Refrigeração *Freon* é de 4h diárias, e foi considerado apenas o HFP para os cálculos, por ser difícil estimar o horário exato em que o termostato acionará o sistema.

A tabela 4 mostra o preço e consumo para a instalação em uma câmara fria, que é o preço já calculado na Tabela 3.

Refrigeração por <i>Freon</i>				
Potencia (kW)	Tempo (Por dia)	KWh (por dia)	KWh (por mês)	Preço
2,9828	4	11,9312	357,936	147,3569573

Fonte: Autores, 2017.

Tabela 3: Consumo e valor a pagar sistema de refrigeração por *Freon*

Desta forma a instalação de dois novos Sistemas de Refrigeração, teria um custo mensal de R\$ 294,7139, e um consumo energético de 715,872 kWh por mês.

O compressor de amônia não será extinto por completo pois o banco de gelo que é utilizado para o resfriamento e envase de leite, ainda dependerá deste sistema, que passará a funcionar apenas dois dias por semana, por um período de oito horas diárias e no HFP, passando a ter um consumo de 470,72 kWh mensais, o que significa uma diminuição de 86,667 % em relação ao seu consumo sem a instalação dos novos sistemas.

4.5 Novo valor a ser pago mensalmente

Com base nas mudanças planejadas para o laticínio, foi elaborada uma nova tabela com os valores do consumo energético, e os novos valores a serem pagos mensalmente. Nesta nova tabela não está distinguido os valores pagos no HP e no HFP, pois como mencionado anteriormente, o compressor de amônia não funcionará mais no horário de ponta, e para o Sistema de Refrigeração *Freon* só será considerado o HFP devido a improbabilidade de que o sistema funcione nesse horário e a dificuldade de medição do mesmo.

Motor	KWh (por mês)	Valor pago Mensal (R\$)
Bomba de água gelada p/ iogurteira	18, 92571429	7, 79143666
Iogurteira	6, 308571429	2, 597145553

Bomba de água gelada p/ pasteurizador	47, 31428571	19, 47859165
Pá do taxo	37, 85142857	15, 58287332
Sugador de vapor do taxo	9, 462857143	3, 89571833
Desnatadeira	0, 798214286	0, 328613016
Envase	0, 957857143	0, 394335619
Compressor de amônia	470,72	193, 7884621
Compressor de ar	78, 85714286	32, 46431942
Bomba da caldeira	39, 42857143	16, 23215971
Bomba de água gelada p/ pasteurizador	17, 74285714	7, 304471869
Sistema Freon(Câm1)	353,04	145, 3413465
Sistema Freon (Câm 2)	353,04	145, 3413465
Sistema Freon(Câm3)	353,04	145, 3413465
TOTAL	1787, 4875	R\$ 735, 8821668

Fonte: (Rodrigues et al. 2016) adapta

Tabela 5: Novo valor a pagar

Com a instalação do novo sistema de refrigeração nas outras duas câmaras, o laticínio passará a consumir 1787,4875 kWh mensais, tendo uma diminuição de 69,74% em relação ao consumo anterior, e passará a pagar o equivalente a R\$ 735,88 por mês.

Como pode ser observado através do gráfico a seguir, haverá uma economia de aproximadamente R\$ 1.475,58 por mês posterior a instalação dos novos sistemas, o equivale a 66.73% de economia.

4.6 Retorno do investimento

Pensando na real viabilidade das mudanças no laticínio, foi feito o cálculo para se saber o tempo de retorno do investimento.

O valor para se investir em cada novo sistema gira em torno de R\$ 6.000,00, para os dois novos sistemas seria necessário um investimento de R\$ 12.000,00. O laticínio atualmente tem um gasto de R\$ 2.211,47, e com a implantação dos novos sistemas esse valor passaria a ser de aproximadamente R\$ 735,88 por mês. Com a redução o laticínio pagará seu investimento em aproximadamente oito meses e teria o seu retorno total no final de um ano e meio.

5. Conclusão

Após analisados os resultados, podemos concluir que com a substituição do compressor de amônia, que foi visto como o equipamento menos eficiente ao se tratar de consumo energético na refrigeração das duas câmaras frigoríficas, reduzimos o consumo energético do mesmo em 86,667 %, além de extinguir seu funcionamento no horário de ponta, o que influencia ainda mais na economia do laticínio. Com a instalação dos dois novos sistemas, o laticínio passaria a ter um consumo energético mensal de aproximadamente 1787,49 kWh, o que significa uma redução de 69,74%. Em relação ao consumo anterior, e consequentemente uma economia de 66.73%, no valor a ser pago mensalmente pelo consumo energético do laticínio, que seria o equivalente a R\$735,88.

Com base em todos esses dados fica extremamente visível a viabilidade e necessidade de se investir na troca e instalação do novo sistema, ainda mais tendo-se em mente que o retorno para tal investimento se daria por completo em apenas um ano e meio.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL), *Modalidades tarifárias*. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/modalidade/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em: 16 de maio de 2017.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. : *Estrutura Tarifária das Concessionárias de Distribuição*. 2011. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/Excel/PRORET_Submódulo_7_1_-_Procedimentos_Gerais.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Uso de fluidos naturais em sistemas de refrigeração e ar-condicionado*. São Paulo, 2008. 348 p.

FERRAZ, Fábio; GOMES, Marcio. *Fluidos Refrigerantes*. Santo Amaro, 2008.

GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. 2014. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_laticinios.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. MINDTHE GAP: *Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency*. Paris (França): IEA, 2007.

JANNUZZI, Gilberto De Martino. *Aumentando a eficiência nos usos finais de energia no Brasil. Sustentabilidade na Geração e o Uso da Energia no Brasil: os próximos 20 anos*, p. 35, 2002.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. *Plano Nacional de Eficiência Energética*, 2001. Disponível em: <http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-dos-pes/Plano_Nacional_de_Eficiencia_Energetica.pdf>. Acesso em: 21 maio 2017.

MINISTERIO DO TRABALHO E EMPREGO. *Refrigeração Industrial por Amônia: Riscos, Segurança e Auditoria Fiscal*. Brasília, 2004. 18 p. (Nota Técnica 3)

PATTERSON, M. *What is Energy Efficiency? - Concepts, Indicators and Methodological Issues*. *Energy Policy* v. 24, n.5, p. 377-390, 1996.

PORTAL SÃO FRANCISCO (Brasil). *Gás Freon*. 2016. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/gas-freon>>. Acesso em: 16 jun. 2016.



VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Ponta Grossa, PR, Brasil, 06 a 08 de dezembro de 2017