

UNESP

Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

Guaratinguetá

2002



1110000491



***"Conservação de Energia
na Indústria de Laticínios:
Estudo de Caso"***

HENRIQUE CÉSAR SAMPAIO

175

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA
DE LATICÍNIOS: ESTUDO DE CASO

HENRIQUE CÉSAR SAMPAIO

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia de Guaratinguetá da
Universidade Estadual Paulista, para a
obtenção do título de Mestre em
Engenharia Mecânica (Área de
concentração: "Transmissão e Conversão
de Energia")

Orientador: Prof. Dr. Oscar Armando Astorga Maldonado

Co-orientador: Prof. Dr. José Luz Silveira

491

FACULDADE DE ENGENHARIA
DE GUARATINGUETÁ

BIBLIOTECA

Guaratinguetá

2002

491



24/07/02

R\$ 20,00

Doação

S192c

Sampaio, Henrique César

Conservação de energia na indústria de laticínios: estudo de caso /
Henrique César Sampaio. – Guaratinguetá : [s.n.], 2002
156f. : il.

Bibliografia: f. 125-128

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade
de Engenharia de Guaratinguetá, 2002

– Orientador: Prof. Dr. Oscar Armando Astorga Maldonado
Co-orientador: Prof. Dr. José Luz Silveira

1. Conservação de energia I. Título

CDU 536.72



**“CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS:
ESTUDO DE CASO”**

HENRIQUE CÉSAR SAMPAIO

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

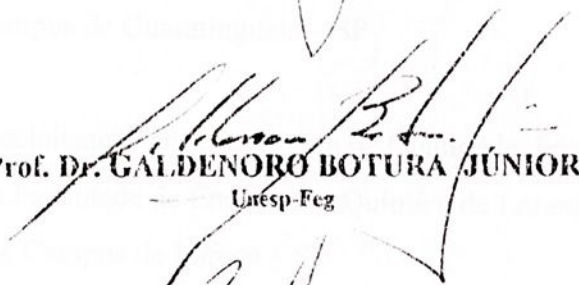
**ESPECIALIDADE: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TRANSMISSÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. José Luz Silveira
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. OSCAR ARMANDO MALDONADO ASTORGA
Orientador / Unesp-Feg


Prof. Dr. GALDENORO BOTURA JÚNIOR
Unesp-Feg


Prof. Dr. DEMÉTRIO BASTOS NETTO
INPE/Cach. Paulista

Maio de 2002

DADOS CURRICULARES

HENRIQUE CÉSAR SAMPAIO

NASCIMENTO 24.01.1971 – LORENA / SP

FILIAÇÃO Vicente Alves Sampaio
Geny Nunes da Silva Sampaio

FORMAÇÃO

1986/1988 Colégio Técnico Industrial
Técnico em Eletrônica
Campus de Guaratinguetá – UNESP

1989/1994 Curso de Graduação em Engenharia Elétrica
Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Campus de Guaratinguetá

1996/1997 Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do
Trabalho, Pós-Graduação na Faculdade de Engenharia
(UNESP), Campus de Guaratinguetá – SP

1998/1999 Curso de Especialização em Engenharia de Qualidade, Pós-
Graduação na Faculdade de Engenharia Química de Lorena
(FAENQUIL), Campus de Lorena – SP

2000/2002 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de
Mestrado na Faculdade de Engenharia (UNESP), (Área de
Concentração: “Transmissão e Conversão de Energia”),
Campus de Guaratinguetá – SP



ATIVIDADES PROFISSIONAIS

- 2000/dias atuais INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Unidade Cachoeira Paulista/SP
Função: Engenheiro de Qualidade
- 2000/dias atuais DANONE LTDA – LEITE PAULISTA
Unidade Industrial de Guaratinguetá/SP
Função: Engenheiro de Segurança do Trabalho
- 1995/2000 Cooperativa Central de Laticínios do Estado de São Paulo
(C.C.L.E.S.P.) - LEITE PAULISTA
Unidade Industrial de Guaratinguetá/SP
Funções: Estágios - 12 meses : Técnico em Eletrônica (1990)
e Engenharia Elétrica (1994); efetivação e funcionário a partir
de 1995.
Cargos: Oficial Eletrônico, Engenheiro Elétrico e Engenheiro
de Segurança do Trabalho, respectivamente.
- 1989/1990 ICI EXPLO
INDÚSTRIAS QUÍMICAS E EXPLOSIVOS S/A
Unidade Industrial de Lorena/SP
Função: Estagiário Técnico em Eletrônica

AGRADECIMENTOS

A LUIZENA FFG e a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Cláudio Antônio Azevedo e Prof. Dr. José Luiz Salazar, pela orientação e pelo estímulo a este trabalho.

A minha mãe, Maria Paula, e aos meus irmãos, pela compreensão e apoio durante este trabalho.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pelo apoio e contribuição ao desenvolvimento deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

A Deus por permitir que este trabalho viesse a público.

A Deus, à minha esposa Denise, aos meus pais (*in memoriam*), às minhas irmãs Cristiane e Tatiane, e a todas as pessoas que acreditaram em mim, apoiando-me em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

À UNESP-FEG e a todos os que colaboraram para a realização deste trabalho.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Oscar Armando Astorga Maldonado e Prof. Dr. José Luz Silveira, pela indicação segura do caminho a ser percorrido.

À empresa Leite Paulista e seus colaboradores pela disponibilização das informações necessárias.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, pelo apoio e contribuição na realização desta dissertação.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a execução deste trabalho.

A Deus por permitir que este trabalho realizasse.



CAPÍTULO 1 - A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA 20

1.1 Introdução 20

1.2 A participação da indústria no consumo de energia e a eficiência energética 21

CAPÍTULO 2 - AUDITORIA ENERGÉTICA NA FÁBRICA PAULISTA 24

2.1 Introdução 24

2.2 Análise dos dados de consumo de energia 26

2.3 Análise dos dados de consumo de energia elétrica 30

2.4 Análise dos dados de consumo de energia térmica 34

2.5 Análise dos dados de taxa de produção 41

CAPÍTULO 3 - CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE

ÁGUA OXIGENADA NA FÁBRICA PAULISTA 49

3.1 Introdução 49

3.2 Descrição do processo de produção de oxigênio de alta pureza 52

3.3 Descrição do sistema de produção de oxigênio de alta pureza 55

3.4 Análise econômica para avaliação de redução de consumo 56

3.5 Análise econômica para avaliação de redução de consumo 56

3.6 Análise econômica para avaliação de redução de consumo 56

CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA DE

DESEMPENHO DA SUBSTÂNCIA 69

4.1 Introdução 69

4.2 Descrição do processo de produção 69

4.3 Descrição do sistema de produção 70

4.4 Descrição do sistema de produção 71

4.5 Análise econômica para avaliação de redução de consumo 72

“Não basta ensinar ao Homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto”.

Albert Einstein

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

Resumo

Abstract

CAPÍTULO 1: A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	20
1.1 Introdução	20
1.2 A participação da indústria no contexto da conservação de energia e a situação energética atual	21
CAPÍTULO 2 : AUDITORIA ENERGÉTICA NA LEITE PAULISTA	26
2.1 Introdução	26
2.2 Análise dos dados de consumo de vapor	26
2.3 Análise dos dados de consumo de energia elétrica	30
2.4 Análise dos dados de demanda de energia elétrica	34
2.5 Análise dos dados de fator de potência	41
CAPÍTULO 3 : CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA GELADA DA LEITE PAULISTA	49
3.1 Introdução	49
3.2 Utilização do biogás da estação de tratamento de efluentes	53
3.3 Funcionamento da instalação de uma máquina de absorção amônia e água.....	55
3.4 Análise econômica para utilização de máquina de absorção	56
3.5 Análise econômica para automatização dos atuais compressores de refrigeração da sala de máquinas	61
CAPÍTULO 4 : AVALIAÇÃO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS DE VAPOR E DA SUBSTITUIÇÃO DO COMBUSTÍVEL DAS CALDEIRAS	68
4.1 Introdução	68
4.2 Carta de custo de vapor	69
4.3 Isolação de tubulação de vapor	70
4.4 Melhoria da eficiência da caldeira	72
4.5 Análise econômica para troca de combustível das caldeiras da Leite Paulista	72

CAPÍTULO 5 : O PRINCIPAL SISTEMA CONSUMIDOR DE ENERGIA (MOTORES ELÉTRICOS) E A UTILIZAÇÃO DE MOTORES DE ALTO RENDIMENTO	80
5.1 Introdução	80
5.2 Benefícios econômicos e tempo de retorno de investimento do motor de alto rendimento	84
CAPÍTULO 6 : CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA LEITE PAULISTA	93
6.1 Introdução	93
6.2 Definição da qualidade de iluminação	94
6.3 Políticas atuais de conservação de energia em iluminação	95
6.4 Utilização de produtos com tecnologias mais eficientes em iluminação	96
6.5 Projeto de substituição do sistema de iluminação atual por produtos mais eficientes	97
6.5.1 O sistema de iluminação da Leite Paulista	98
6.5.2 Avaliação dos custos	101
6.6 Proposta de utilização de novos equipamentos de iluminação	104
6.6.1 Substituição das lâmpadas mistas de 250 W por lâmpadas <i>Philips</i> modelo SON 150 W	106
6.6.2 Substituição das lâmpadas mistas de 500 W por lâmpadas <i>Philips</i> modelo SON 250 W	108
6.6.3 Substituição das lâmpadas vapor de mercúrio de 400 W por lâmpadas <i>Philips</i> modelo SON 250 W	111
6.6.4 Substituição das lâmpadas mistas de 160 W por lâmpadas <i>Philips</i> modelo SON 70 W	113
6.6.5 Substituição das lâmpadas HO 110 W, fluorescentes de 65 W e 58 W, por lâmpadas GE Cov-R-Guard	116
6.7 Considerações sobre os resultados obtidos no cálculo das propostas apresentadas....	117
CAPÍTULO 7 : CONCLUSÕES	121
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	125
ANEXO A : LEVANTAMENTO DE CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA ..	129
1 Planilha de levantamento de cargas elétricas com custo de energia	129

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Consumo médio de vapor no processo.....	28
FIGURA 2.2 Consumo de vapor por dia.....	29
FIGURA 2.3 kg vapor produzido por litro de óleo consumido	29
FIGURA 2.4 Consumo de energia elétrica no mês de junho/2001	31
FIGURA 2.5 Consumo de energia elétrica 2001.....	32
FIGURA 2.6 Consumo de energia elétrica 2000.....	33
FIGURA 2.7 Demanda de potência elétrica 2001	36
FIGURA 2.8 Demanda de potência elétrica 2000.....	39
FIGURA 2.9 Fator de potência 2001	42
FIGURA 3.1 Receita líquida anual esperada para as melhores condições financeiras dos casos analisados com o emprego de turbina a gás e turbina a vapor.....	52
FIGURA 3.2 Esquema da instalação do SRA proposto	54
FIGURA 3.3 Configuração do sistema de refrigeração por absorção	56
FIGURA 3.4 Economia anual obtida pela instalação de sistema de absorção em vez de <i>chiller</i> elétrico	59
FIGURA 3.5: Comparação do custo de equipamentos	60
FIGURA 3.6 Comparação dos custos de operação entre os sistemas	61
FIGURA 3.7 Esquema de ligação dos equipamentos de controle da Sabroe.....	65
FIGURA 4.1 Carta de custo de vapor	70
FIGURA 4.2 Perda de calor em tubulação sem isolação	71
FIGURA 4.3 Perdas de calor por ano em tubulações.....	71
FIGURA 4.4 Comparativo entre os valores gastos dos combustíveis analisados.....	78
FIGURA 5.1 Eficiência de motores elétricos.....	81
FIGURA 5.2 Tempo de Retorno de Investimento na aquisição de motor de alto rendimento ao invés de motor da linha padrão para carga nominal	90
FIGURA 6.1 Eficiência energética luminosa (lm/W)	97
FIGURA 6.2 Comparação entre custos e investimentos	102
FIGURA 6.3 Ilustração da evolução das despesas entre sistemas de iluminação incandescente e DULUX®.	103

FIGURA 6.4 Partes principais da lâmpada de sódio SON.....105

FIGURA 6.5 Comparação de custos entre lâmpadas Mistas 250W e SON 150W107

FIGURA 6.6 Comparação de custos entre lâmpadas Mistas 500W e SON 250W110

FIGURA 6.7 Comparação de custos entre lâmpadas Vapor de Mercúrio 400W e SON 250W112

FIGURA 6.8 Comparação de custos entre lâmpadas Mistas 160W e SON 70W115

FIGURA 6.9 Economia total em 10 anos de operação dos sistemas propostos.....118

FIGURA 6.10 Tempo de retorno de investimento para os sistemas propostos.....119

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 Consumo de energia elétrica no Brasil	23
TABELA 2.1 Perfil de consumo 2001	32
TABELA 2.2 Perfil de consumo 2000	33
TABELA 2.3 Perfil de demanda 2001	36
TABELA 2.4 Análise do contrato de demanda 2001	37
TABELA 2.5 Análise energia elétrica de agosto/2001	38
TABELA 2.6 Perfil de demanda 2000	40
TABELA 2.7 Análise do contrato de demanda 2000	40
TABELA 2.8 Análise do fator de potência de 1999 à 2001	44
TABELA 2.9 Perfil do fator de potência de 1999 à 2001	44
TABELA 2.10 Fatura de energia elétrica de março/2001	46
TABELA 2.11 Fatura de energia elétrica de junho/2001	47
TABELA 3.1 Investimentos em equipamentos Unisab II	66
TABELA 3.2 Investimentos em equipamentos Comsab II e Mastersab II	66
TABELA 3.3 Economia anual de energia elétrica	67
TABELA 4.1 Economias possíveis ao melhorar a eficiência da caldeira	72
TABELA 4.2 Características das caldeiras ATA MP 812 e ATA MP 813	73
TABELA 4.3 Consumo de combustíveis	74
TABELA 4.4 Composição volumétrica do gás natural	74
TABELA 4.5 Avaliação operacional do gerador de vapor do laticínio	75
TABELA 4.6 Investimentos para a troca do combustível das caldeiras da Leite Paulista ..	75
TABELA 4.7 Comparativo entre combustíveis sem desconto	76
TABELA 4.8 Comparativo entre combustíveis com desconto	77
TABELA 5.1 Economia de energia elétrica utilizando motores eficientes	82
TABELA 5.2 Tempo de retorno de investimento na aquisição de motor de alto rendimento ao invés de motor da linha padrão para carga nominal	90
TABELA 5.3 Comparativo de investimento entre de motores tipo convencional e alto rendimento	91



TABELA 5.4 Economia obtida na troca de motores da linha padrão por motores de alto rendimento da Leite Paulista 91

TABELA 6.1 Uso de produtos eficientes na iluminação 95

TABELA 6.2 Levantamento de energia elétrica de iluminação da Leite Paulista 98

TABELA 6.3 Tarificação de energia elétrica..... 100

TABELA 6.4 Custo das lâmpadas fluorescentes com difusores e COV-R-GUARD 117

TABELA 7.1 Valores consolidados de economia anual obtida 123

ANEL	- Conselho Anual de Gestão de Energia
CEMTEL	- Companhia de Gás de São Paulo
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
Dir	- Direção
ETB	- Estado de pagamento de energia
FDA	- Federação das Indústrias
FPA	- Fatura de energia
Fw	- Fatura
FSP	- Fatura de energia
fp	- Fatura de energia
FPS	- Fatura de energia
FPP	- Fatura de energia
GE	- General Electric
GLP	- Gás Liquefido de Petróleo
Im	- Imagem
Im	- Imagem
Im	- Imagem
Im	- Imagem
LTC	- Lâmpada fluorescente compacta
Leite	- Leite
Mu	- Muro
pad	- Padrão
N	- Normal - Conselho Nacional de Temperatura e Pressão (NTP)
NTP	- Normal
OSHA	- Occupational Safety and Health Administration

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a.	- ao ano
Abr	- Abril
Ago	- Agosto
a.m.	- ao mês
BPF 1A	- Baixo Ponto de Fulgor tipo 1A
CICE	- Comissão interna de conservação de energia
COMGAS	- Companhia de Gás de São Paulo
CONAMA	- Conselho Nacional de Meio Ambiente
Dez	- Dezembro
ETE	- Estação de tratamento de efluentes
FDA	- <i>Federal Drug Administration</i>
FVA	- Fator de valor anual
Fev	- Fevereiro
F	- Fluxo de caixa
Fp	- Fator de potência
FPS	- Fora de ponta seco
FPU	- Fora de ponta úmido
GE	- <i>General Electric</i>
GLP	- Gás Liquefeito de Petróleo
Jan	- Janeiro
Jun	- Junho
Jul	- Julho
LFC	- Lâmpada fluorescente compacta
Ltda	- Limitada
Mar	- Março
Mai	- Maio
N	- Normal – Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP)
Nov	- Novembro
OSHA	- <i>Occupational Safety and Health Administration</i>



Out	- Outubro
PCP	- Planejamento e controle de produção
PIB	- Produto interno bruto
PLF	- Produtos lácteos frescos
PROCEL	- Programa de Conservação de Energia Elétrica
PS	- Ponta seca
Qtd	- Quantidade
Set	- Setembro
SRA	- Sistema de refrigeração por absorção
THS	- Tarifação Horo-Sazonal
UHT	- <i>Ultra High Temperature</i> (Ultra Alta Temperatura)
USDA	- <i>United States Department of Agriculture</i>
UV	- Ultra violeta
VAr	- Volt Ampere reativo
Vgn	- Volume de gás natural
VSD	- Equipamento de velocidade variável

Subscritos

ar	- Alto Rendimento
el	- Elétrico
j	- Indexação, sendo $j = 1, 2, 3, \dots$
mec	- Mecânico
p	- Padrão
th	- Térmico
0	- Condição ambiente ou de referência (25°C e 101 kPa)

LISTA DE SÍMBOLOS

C	Valor de investimento	R\$
COP _a	Coefficiente de desempenho para sistema de absorção	[-]
COP _c	Coefficiente de desempenho para sistema de compressão	[-]
C _p	Calor específico a volume constante	J/kg K
E	Energia elétrica	kWh
EEA	Economia anual de energia	kWh
g	Aceleração da gravidade	m/s ²
H	Hora	h
i	Taxa de juros por períodos de capitalização	[-]
I	Intensidade da corrente elétrica	A
L	Comprimento, deslocamento	m
m	Massa	kg
m	Vazão mássica	kg/s
n	períodos	[-]
p	Pressão	Pa
P	Potência	W
P _{el}	Potência elétrica	W
P _{mec}	Potência mecânica	W
PCI	Poder Calorífico Inferior	kJ/Nm ³
Pr _{ar}	Preço do motor de alto rendimento	US\$
Pr _p	Preço do motor padrão	US\$
P _t	Potência total instalada	kW
r	Prazo de retorno de investimento	ano
t	Tempo	s
T	Temperatura	K, °C
T _{el}	Tarifa de energia elétrica	US\$/kWh
TRI	Tempo de retorno de investimento	ano
U	Voltagem, tensão elétrica, diferença de potencial	V
V	Volume	m ³

V	Vazão em volume	m^3/s
V _{gn}	Volume de gás natural	m^3

Letras gregas

η_{el}	Rendimento elétrico	%
η_{ar}	Rendimento de motor de alto rendimento	%
η_p	Rendimento de motor padrão	%
η_{th}	Rendimento térmico	%
η_w	Eficiência energética luminosa	lm/W

SAMPAIO, H. C. Conservação de Energia na Indústria de Laticínios: Estudo de Caso. Guaratinguetá, 2002. 156p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

Este trabalho mostra um estudo detalhado das diversas possibilidades para a conservação de energia encontradas em uma típica indústria de laticínios. Os estudos são acompanhados de propostas de melhoria da eficiência no uso de energia, que se mostram viáveis técnica e economicamente e que podem ser implantadas imediatamente. O trabalho parte da realização de uma auditoria energética, que identifica todos os pontos de consumo de energia térmica e elétrica na fábrica e analisa as seguintes oportunidades encontradas: melhoria de eficiência no setor de produção de água gelada, verificando a viabilização do uso de máquinas de absorção e a automatização dos compressores de amônia atualmente utilizados; substituição do óleo, combustível consumido nas caldeiras por gás natural, aproveitando a disponibilidade deste combustível em função da proximidade do gasoduto associada às vantagens econômicas e ambientais; substituição dos motores elétricos convencionais atualmente existentes na indústria por motores de alta eficiência energética e, finalmente, uma auditoria no sistema de iluminação existente de modo a propor um projeto de substituição desse sistema (atualmente constituído de lâmpadas tradicionais) utilizando lâmpadas de alta eficiência luminosa com melhoria em conservação de energia, eficiência luminosa e economia de recursos. Os resultados apresentados mostram claramente que a adoção das medidas propostas, além de resultar em uma economia considerável dos recursos energéticos, com retorno do investimento em curto período de tempo, traz vantagens no processo de produção e melhoria na relação com o meio ambiente. Os resultados podem também servir de base para estudos de melhoria energética em indústrias semelhantes.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação de energia, auditoria energética, substituição de sistemas por tecnologias mais eficientes, análise econômica.



SAMPAIO, H. C. *Conservation of Energy in the Dairy Industry: Case Study*. Guaratinguetá, 2002. 156p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

This work presents a detailed study of the different opportunities of energy conservation found in a traditional dairy industry. The studies are followed by suggestions of efficiency improvement which can be immediately executed. To this end an energetic auditing in the facility was undertaken to identify all points of electrical and thermal consumption in the facility and to analyse the following opportunities which were found in the process: viabilization of absorption machines for production of chilled water and the installation of systems with automatic management of the ammonia compressors in the machine room for efficiency improvement, fuel replacement in the boilers from oil to natural gas, to profit from the proximity of newly installed pipeline along with the economics and environmental advantages; replacement of the existing electric motors by others with better performance; finally another energetic auditing of the facility was undertaken, this time focusing in the facility lighting system only. This yielded a project of replacement of the present illumination system by another one, using high efficiency lamps along with the benefits of the suggested changes under the viewpoints of energy conservation, brightness efficiency and savings (quite substantial). The results display clearly the benefits of the suggested changes, under the viewpoint of considerable economy of the energetic sources, quick break even and benefits to both: production and environment. The results can be also used to improve the energetic efficiency of similar industries.

KEYWORDS: Energy conservation, energetic auditing, replacement of systems by more efficient technologies, economic analysis.

CAPÍTULO 1

A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

1.1 – Introdução

A energia é um bem essencial utilizado em todos os setores da sociedade. Nos setores produtivos, a energia constitui um dos elementos de peso na estrutura dos custos. Por isso, os gastos com o consumo de energia devem ser minimizados de modo a melhorar a estrutura de custos de produção.

O objetivo deste trabalho é mostrar as diversas alternativas de conservação de energia encontradas numa típica indústria de laticínios e propor soluções econômicas e tecnicamente viáveis que proporcionam imediata melhoria do sistema atual.

A conservação de energia visa reduzir o desperdício e o uso ineficiente de calor e eletricidade e de outras fontes de energia, sem com isso comprometer a produção. Em consequência, para o usuário tem-se a melhoria do uso da energia proporcionando redução do valor da conta de combustível e energia elétrica. Hoje, entretanto, tem-se uma ampla visão da conservação de energia, que está inserida no contexto da administração energética buscando o uso eficaz da mesma. A conservação de energia e seu uso eficiente na indústria nas áreas de uso final visa também:

- Diminuir os investimentos na expansão do suprimento de energia, como aumento de demanda contratada e instalação de transformadores de maior potência;
- Reduzir os impactos negativos ao meio ambiente, através de propostas de cogeração, por exemplo;
- Aumentar o desempenho financeiro e competitivo da empresa, reduzindo o custo da parcela de energia em seu produto final;
- Reduzir o risco de falta de eletricidade e racionamento, otimizando o uso;
- Melhorar o desempenho de equipamentos que usam eletricidade e garantir economia;
- Promover mudanças nos hábitos dos colaboradores em relação ao desperdício de energia.

No contexto desta ampla estratégia, pretende-se expandir e fortalecer os programas de eficiência energética dentro da empresa.

1.2 - A participação da indústria no contexto da conservação de energia e a situação energética atual

O setor industrial é o principal consumidor de óleo de combustível (71%) e gás natural (67%). Este grande consumo é preocupante tanto para o setor energético como para o meio ambiente (emissões de gases de efeito estufa, chuva ácida, etc) [1].

Com a crise energética e a recente reestruturação do setor de energia no Brasil, há tendências de se utilizar energia de usinas termoeletricas através de investimentos de iniciativa pública e privada para aumento de capacidade instalada. A iniciativa de construção de termoeletricas deve-se à necessidade de expansão do parque energético, aos riscos iminentes de falta de energia e ao tempo reduzido entre construção e operação destas usinas. O funcionamento interno de gás natural tem a previsão de aumento, após o início da operação da linha de gás Brasil-Bolívia e sua expansão prevista para 2003 (30 milhões Nm^3/dia) [1].

A cogeração é uma técnica alternativa de geração de energia que resulta num baixo consumo primário tendo em vista a geração conjunta de eletricidade e calor [2]. Esta modalidade de geração possui perspectivas de uso em expansão, focadas principalmente em plantas industriais que consomem quantidades significativas de vapor e potência frigorífica em seus processos, podendo possuir operação praticamente uniforme por período longo e em plena carga. O potencial técnico em cogeração é definido como sendo o potencial termodinâmico que poderia ser efetivamente usado através de equipamento e tecnologia disponíveis no mercado. Com a expansão da capacidade de fornecimento de gás natural é esperado também que os setores industrial e comercial mostrem interesse no consumo de gás natural, através de incentivos fiscais. Em outros setores energéticos, a situação é mais incipiente e o potencial da cogeração varia. A característica da concessionária supridora de gás natural sugere paralelos com a eletricidade.

Atualmente a geração de energia elétrica por usinas hidroelétricas corresponde a 91,4% da capacidade total instalada no Brasil [3]. Isto se deve ao fato de que o Brasil é um país potencialmente favorável à exploração deste tipo de geração de energia, pois possui uma grande quantidade de rios represáveis. Para aproveitar a energia hidráulica, uma das principais características que deve ser observada é a precipitação pluviométrica que está sujeita às variações sazonais e condições geográficas.

Aqui, no Brasil por exemplo, já temos problemas seríssimos, pois o país está enfrentando uma crise de energia. Isso significa que não há energia elétrica suficiente e que toda energia disponível deve ser usada de maneira inteligente. Há dificuldades no setor para produzir a quantidade necessária e manter constância no abastecimento. De acordo com o boletim informativo das companhias energéticas do país, a crise de energia tem quatro causas importantes [4]:

- Redução dos investimentos: nos últimos anos, os investimentos em geração no Brasil não acompanharam o crescimento da demanda;
- Aumento da demanda: o Brasil é um país em desenvolvimento e no último ano registrou um crescimento de 2,5%. Mas o crescimento da capacidade de geração não foi proporcional. Isto significa que o Brasil precisa e gasta cada vez mais energia, mas a produção desse insumo não cresce no mesmo ritmo, aumentando os riscos de crise energética;
- Dependência de usinas hidrelétricas e de linhas de transmissão: a dependência do Brasil em relação às usinas hidrelétricas é um fator agravante da crise. A energia produzida é transportada por meio de linhas de transmissão, porém nem todas as regiões estão interligadas, como é o caso das regiões norte e nordeste, que não estão ligadas às demais. Em relação à região sul, o problema é outro. Embora esteja ligada ao sudeste e ao centro-oeste, o sistema de transmissão limita o transporte de energia excedente gerada no sul;
- Clima: para que seja possível gerar energia nas usinas hidrelétricas é preciso que os reservatórios tenham volume suficiente de água para acionar as turbinas. Com a falta de investimentos na ampliação do parque gerador, as reservas de água das usinas em operação têm sido utilizadas de forma intensiva, reduzindo os níveis ideais de armazenamento dos reservatórios. Isso aumenta a dependência por índices de chuva mais altos para recompor o volume de água dos reservatórios.

Em abril de 2001, já no fim do período chuvoso, os reservatórios deveriam estar cheios, mas o armazenamento médio das represas da região sudeste era de 30% da capacidade.

O Panorama Econômico Brasileiro segundo a Secretaria de Política Econômica do Ministério da Fazenda [5] relata os efeitos do racionamento de energia elétrica sobre a oferta agregada. Foram realizadas simulações que isolam os efeitos da escassez de energia sobre a oferta agregada permitindo avaliar alternativas de racionamento. A estimativa dos impactos baseou-se nas elasticidades de demanda por energia de mais de quarenta setores, após ajustar-

se o consumo de energia dos respectivos setores para os efeitos esperados da racionalização. Este estudo analisou os impactos do racionamento de energia, o efeito direto no PIB (Produto Interno Bruto) na economia do país, autogeração de energia, efeito final sobre a produção, sobre os setores eletro-intensivos e outros. A principal conclusão do estudo é que transferências marginais de energia entre setores podem preservar o crescimento sem prejuízo das metas globais a serem alcançadas.

Assim sendo, a conservação de energia elétrica aplicada na indústria é extremamente atraente do ponto de vista dos usuários como das concessionárias, pois possibilita para o primeiro grupo vantagens econômicas e para o segundo grupo aumento da capacidade de fornecimento sem a necessidade de altos investimentos e num prazo bastante reduzido [6]. O setor industrial é responsável por quase a metade do consumo total de energia elétrica no país. A estrutura de consumo de energia elétrica no Brasil está mostrada na Tabela 1.1.

TABELA 1.1: Consumo de energia elétrica no Brasil

Industrial		Residencial		Comercial	Publico e Rural
Motores Elétricos	51 %	Refrigeração (geladeiras e <i>freezers</i>)	32 %	Refrigeração 17 %	Iluminação Publica, Saneamento, Prédios Públicos
Processos Eletroquímicos	21 %	Aquecimento de Água	26 %	Condicionamento Ambiental 20 %	
Aquecimento	20 %	Iluminação	24 %	Iluminação 44 %	
Refrigeração	6 %	Outros	18 %	Outros 19 %	
Iluminação	2 %				
% do total do consumo no Brasil					
45.2 %		26.9 %		13.4 %	14.5 %

Fonte: [PROCEL,1998]

Como pode-se verificar na Tabela 1.1, os motores elétricos representam, no país, o mais importante uso final de energia elétrica, representando 51% no setor industrial e 30% do consumo global [7].

Dentre os diversos tipos de motores elétricos, o mais representativo no mercado brasileiro é o motor de indução trifásico, com participação de 75% no consumo total de energia elétrica em força motriz [7]. No mercado brasileiro existem, para motores de potência até 250 cv, duas linhas distintas de fabricação: a linha de motores de alto rendimento e a linha padrão. Os motores de alto rendimento apresentam níveis de eficiência superiores aos da linha padrão e possuem um preço de venda também superior (cerca de 40%).

A conservação de energia desempenha um papel de extrema importância no setor industrial e em todos os outros setores de consumo, sendo objeto de diversos trabalhos de pesquisa.

Este trabalho pretende contribuir neste esforço, apresentando soluções e estudos das oportunidades de conservação encontrados numa indústria de laticínios, com avaliações econômicas de alternativas existentes no mercado que possibilitam a aplicação e a viabilidade do uso de equipamentos com tecnologias mais eficientes. Todas estas avaliações, aplicadas aos diversos setores de uma indústria de laticínios podem ser aproveitadas em outro segmento industrial.

Neste trabalho no capítulo 2 é apresentada uma auditoria energética completa na indústria de laticínios Leite Paulista, incluindo os valores de consumo de energia elétrica e energia térmica.

No capítulo 3, é apresentada a possibilidade de produção de água gelada utilizando o biogás da estação de tratamento de efluentes, além de estudo econômico para implantação de sistema de automatização dos compressores de amônia, visando economia de energia elétrica e melhor rendimento das máquinas compressoras.

No capítulo 4, são apresentadas técnicas de conservação de energia em sistemas de geração de vapor e estudo econômico para substituição do combustível óleo BPF das caldeiras por gás natural. No capítulo 5, é apresentado estudo econômico para troca dos atuais motores convencionais da empresa por motores de alto rendimento.

No capítulo 6, é apresentada a possibilidade de conservação de energia por iluminação, mostrando o sistema atualmente utilizado, cálculo da energia consumida e proposta de substituição do sistema atual por outro com maior eficiência energética e melhor qualidade de iluminação, atendendo tanto aspectos técnicos quanto econômicos. A iluminação é tão importante que corresponde a 17% do consumo total de energia elétrica no Brasil.

O combate ao desperdício de energia na iluminação consiste no emprego de sistemas de iluminação eficientes em projetos novos ou na substituição de sistemas convencionais ineficientes. Dentro deste contexto o capítulo 6, aborda a utilização de tecnologias mais eficientes em iluminação e apresenta os resultados imediatos, com rápido retorno de investimento, através das principais alternativas de iluminação eficientes apontadas pelo mercado atual e a simplicidade operacional da maioria dos sistemas de iluminação.

No contexto destes temas apresentados, são abordados aspectos de conservação de energia elétrica e energia térmica, através da otimização de recursos e utilização de equipamentos com tecnologias mais eficientes face a atual crise energética estabelecida no país, tornando este trabalho importante dentro do panorama apresentado.

Finalmente conclui-se no capítulo 7 que as medidas apresentadas resultam na diminuição da potência demandada, o que facilitará possíveis ampliações da indústria, ou diminuição do valor de contrato de demanda junto à concessionária, resultando numa menor conta de energia elétrica. Todas as alternativas propostas mostram a viabilidade de implantação com análise econômica através do tempo de retorno de investimento, seja em conservação de energia em motores elétricos ou em iluminação, que foram os sistemas avaliados.

No caso do estudo de conservação de energia na produção de água gelada, ressalta-se a possibilidade de utilização do biogás gerada na estação de tratamento de efluentes que é queimado e lançado na atmosfera, sendo uma fonte de energia residual da empresa e o processo de automatização dos compressores de amônia, trazendo benefícios econômicos e proporcionando otimização do funcionamento de cada compressor, mantendo todos os valores dentro de limites pré-determinados, fazendo com que os mesmos operem em carga nominal com o máximo de rendimento.

Na proposta de substituição do energético das caldeiras, além da viabilidade econômica, haverá contribuição para o meio ambiente e para o processo fabril, através de poluentes muito menos agressivos.

Todo este enfoque mostra que a visão inicial e simplificada da conservação de energia foi substituída por uma visão ampla de administração energética, resultando num uso eficaz tanto da energia elétrica quanto da energia térmica.

CAPÍTULO 2

AUDITORIA ENERGÉTICA NA LEITE PAULISTA

2.1 - Introdução

A Leite Paulista, situada em Guaratinguetá, estado de São Paulo, pertence ao Grupo DANONE Ltda, que é líder mundial em produtos lácteos frescos. Possui 170 fábricas em mais de 120 países. A unidade de Guaratinguetá consta de vários edifícios, dentre eles denominados: administração, refeitório, produção de iogurtes e sobremesas, produção de leite UHT, estoque de produtos acabados, estoque de matérias-primas, sala de máquinas, almoxarifado, caldeiras, laboratórios, recepção e beneficiamento de leite e estação de tratamento de água e efluentes. Esta planta industrial produz leite esterilizado UHT (*Ultra High Temperature*), e toda a linha de produtos lácteos frescos (PLF) da marca Paulista.

A auditoria energética, realizada nesta planta de Guaratinguetá, consistiu em verificar toda a produção de energia térmica e elétrica. Os dados colhidos foram analisados e através dos gráficos e tabelas pertinentes foram extraídos os valores para análise do perfil energético da empresa.

Neste capítulo, a análise dos dados obtidos, tanto na geração de vapor quanto na energia elétrica consumida, proporcionará um parâmetro crítico de estudo para viabilização de implantação de um programa de conservação de energia e conseqüente aumento da eficiência energética da empresa como um todo.

2.2 - Análise dos dados de consumo de vapor

A coleta de dados de consumo de vapor ocorreu durante todo o mês de abril de 2001. Durante este mês, a produção de produtos lácteos frescos e linha UHT foi típica, ou seja, dentro da média de produção anual da empresa. A produção da empresa trabalha de segunda à sexta, sendo que aos sábados e domingos há parada da produção de produtos lácteos frescos. Geralmente, sábado e domingo é realizada limpeza total da linha de produção.

Como pode-se observar na Figura 2.1, o consumo de vapor diminui acentuadamente nos finais de semana, chegando a diminuir em 50%. Isto ocorre devido a algumas linhas de



produção permanecerem operando, não necessariamente em sua capacidade máxima, que geralmente são: linha leite UHT, produção de iogurte com polpa de fruta e iogurte líquido.

O início da produção da semana se dá no domingo à noite, quando o processo começa com a preparação do leite e demais ingredientes para produção de base para todo o processo, conforme planejamento do setor PCP (Planejamento e Controle da Produção). Assim sendo, identifica-se um aumento de sábado para domingo no consumo de vapor, indicando o *start up* do processo de fermentação e mistura do iogurte.

A variação do consumo de vapor acompanha perfil da produção, que de acordo com o tipo de produto a ser envasado agrega maior ou menor consumo de vapor em seu processo de fabricação.

Há na planta industrial duas caldeiras utilizando óleo BPF 1A como combustível, sendo que uma, modelo ATA MP 812, tem capacidade nominal de 8.500 kg/h de produção de vapor. A outra, modelo ATA MP 813, tem capacidade nominal de 10.000 kg/h de produção de vapor.

Com uma capacidade instalada de 18.500 kg/h de vapor, há uma grande reserva de produção de vapor na unidade fabril. Isto decorre da desativação da Fábrica de Leite em Pó, cujo processo consumia significativa quantidade de vapor, chegando a fábrica a consumir cerca de 13.000 kg/h de vapor. Assim sendo, era necessário operar com as duas caldeiras para suprir a demanda de vapor do setor de Leite em Pó, linha UHT e linha de iogurtes e sobremesas, quando estas operavam simultaneamente.

Atualmente, trabalha-se com uma caldeira e a outra fica no modo *stand by*, pressurizada para que possa operar a qualquer momento, assegurando assim maior confiabilidade no sistema de geração de vapor, que é crucial para o processo produtivo.

O perfil de consumo de vapor reflete o perfil da produção como mostra a Figura 2.1 que relata o consumo médio de vapor por hora.



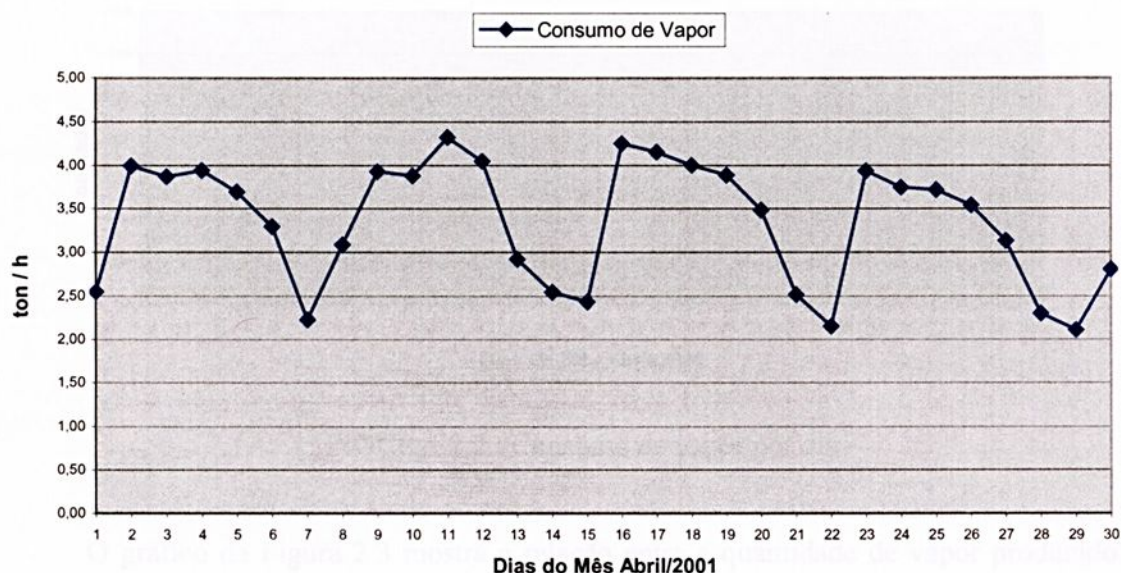


FIGURA 2.1 : Consumo médio de vapor/hora (1,08 MPa)

Os dados coletados foram retirados de um aparelho medidor e registrador gráfico FOXBORO. Este medidor utiliza-se de um dispositivo tipo placa de orifício e existe instalado, na linha de saída de vapor um transmissor de célula de pressão diferencial com sinal de saída 4 à 20 mA modelo IDP10-I *Intelligent Style A*; e associado a este equipamento, há um totalizador registrador gráfico circular digital modelo 740R *Style AA*, que recebe sinal de 4 à 20 mA do transmissor diferencial de pressão, totalizando o valor fornecendo em *display* o valor da vazão mássica de vapor e acumula este valor para fechamento diário do consumo de vapor.

A Figura 2.2 mostra o perfil do consumo de vapor por dia de produção típica (mês de abril de 2001). Identifica-se, então, a variação do consumo de vapor durante o mês de abril. Como no gráfico anterior, há diminuição nos finais de semana devido à queda de produção

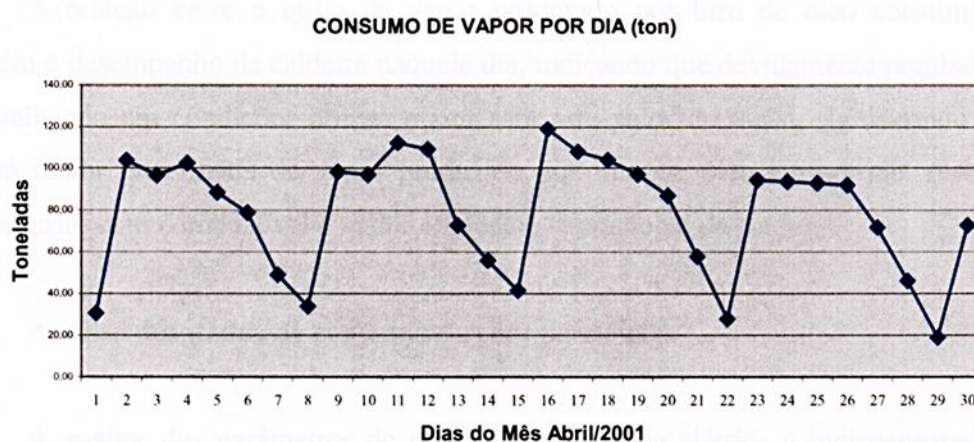


FIGURA 2.2 : Consumo de vapor por dia

O gráfico da Figura 2.3 mostra a relação entre a quantidade de vapor produzido e a quantidade de óleo consumido. O mês referenciado ainda é abril de 2001. No final do mês, verifica-se que houve um consumo de óleo bem acima do normal.

Ocorreu no dia 30 de abril de 2001, último dia do mês, um vazamento de óleo combustível, ficando este retido na bacia de contenção. O vazamento se deu na válvula de saída de um tanque intermediário de abastecimento, acarretando assim desperdício de óleo, pois a bacia estava suja, comprometendo a qualidade do óleo para ser reutilizado na caldeira.



FIGURA 2.3 : kg vapor produzido por litro de óleo consumido

A relação entre o quilo de vapor produzido por litro de óleo consumido mostra também o desempenho da caldeira naquele dia, indicando que devidamente regulada, ajustada e trabalhando em condições ótimas maior será este valor de razão, significando assim que haverá maior quantidade de vapor produzido por litro de óleo consumido, resultando em menor gasto com combustível e maior eficiência operacional da caldeira.

2.3 - Análise dos dados de consumo de energia elétrica

A análise dos parâmetros do consumo de energia elétrica é indispensável para uma tomada de decisão quanto ao uso eficiente desta.

A conta de energia é uma síntese dos parâmetros de consumo, refletindo a forma como a mesma é utilizada.

Uma análise histórica, com no mínimo 12 meses, apresenta um quadro rico de informações e torna-se a base de comparação para futuras mudanças, visando mensurar potenciais de economia. Nesse sentido, o estudo das contas de energia torna-se uma ferramenta importante para a execução de um gerenciamento energético em instalações.

Dentro deste escopo, deve-se fazer uma análise do perfil de uso da energia, verificando a utilização de produtos e processos de melhor desempenho energético, especialmente nos sistemas de iluminação e de condicionamento de ar.

A conservação de energia em tais sistemas, pode reduzir drasticamente o padrão médio atual de consumo de energia, tanto no horário da ponta como fora de ponta, podendo economizar cerca de 25% a 50%, em média da energia consumida, e atingindo um novo patamar de consumo.

Foram coletados dados referentes ao consumo, demanda e fator de potência da unidade industrial de Guaratinguetá/SP durante o ano de 2000 e 2001. Os dados de demanda e fator de potência serão especificamente abordados neste capítulo, porém em itens subseqüentes.

A auditoria de consumo de energia elétrica na fábrica foi realizada durante todo o mês de junho de 2001, sendo os valores mostrados no gráfico da Figura 2.4.



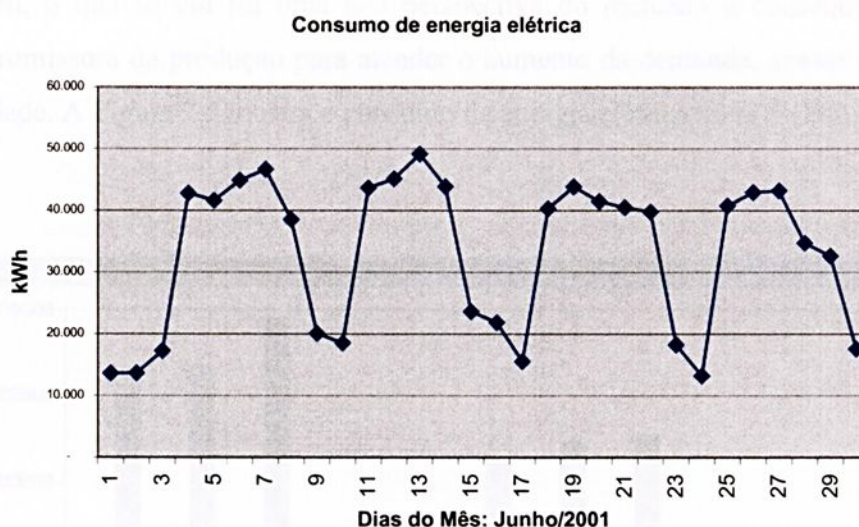


FIGURA 2.4 : Consumo de energia elétrica mês junho/2001

Da mesma forma que o perfil de consumo de vapor, a Figura 2.4 mostra as mesmas características para o perfil de consumo de eletricidade, ou seja, aumento da produção no início da semana atingindo valores maiores e nominais de segunda à sexta chegando a valores mínimos nos finais de semana.

Apesar da indústria de laticínios ser de produção sazonal, onde há maior oferta de leite no verão, o mês de junho, como pode-se observar teve um perfil típico de grande produção.

A energia gasta no período que não há nenhuma produção, é o suficiente para manter a fábrica nos níveis mínimos, que corresponde a manter o tanque de água gelada à temperatura de 1°C, câmara frigorífica à 8°C para armazenamento de produtos lácteos frescos, produção de alguma linha que excepcionalmente esteja produzindo como polpa de frutas ou UHT, estação de tratamento de água e efluentes e iluminação.

Verifica-se nitidamente que a produção decresce substancialmente de sexta para sábado e é mínima (ou até mesmo nula) no domingo, ficando apenas ligadas as máquinas para manutenção do frio da câmara frigorífica, iluminação em pontos estratégicos, algum serviço de manutenção com utilização de ferramentas de corte ou solda, por exemplo.

Conforme mostrado anteriormente na Figura 2.4 que representa o consumo de energia elétrica em junho de 2001, verificou-se que mesmo na época de inverno e supostamente com uma escassez de matéria-prima associada a uma menor demanda do mercado de produtos lácteos frescos, poderia haver queda da produção devido a queda das vendas.

Porém, o que se viu foi uma boa perspectiva do mercado e conseqüente resposta positiva e promissora da produção para atender o aumento da demanda, apesar da influência da sazonalidade. A Figura 2.5 mostra o consumo de energia elétrica ativa de 2001.

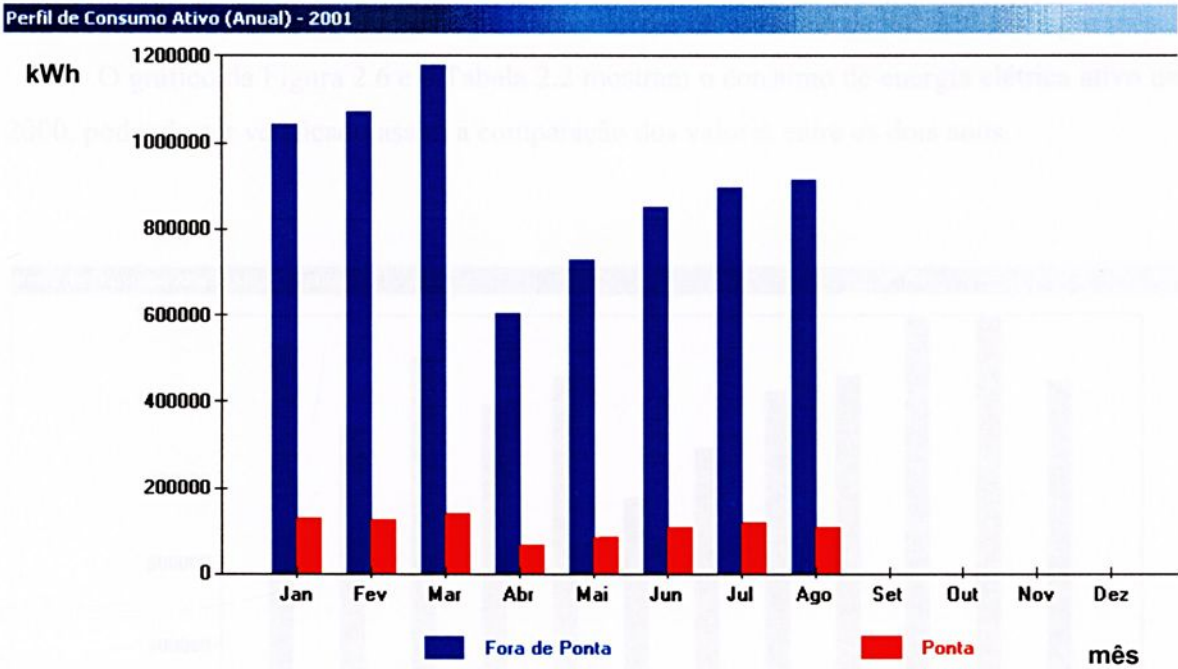


FIGURA 2.5 : Consumo de energia elétrica 2001

TABELA 2.1 : Perfil de consumo de energia 2001

Perfil Consumo Ano 2001	Horário Fora de Ponta	Horário de Ponta
Consumo Máximo (kWh)	(mar) 1.180.837	(mar) 138.749
Consumo Mínimo (kWh)	(abr) 602.856	(abr) 65.574
Consumo Médio (kWh)	832.168	113.664
Consumo Total (kWh)	6.657.351	909.312

Da Figura 2.5, verifica-se também que há sazonalidade na produção e isto ficará mais evidente comparando-se com o perfil de consumo de energia ativa do ano de 2000 (Figura 2.6).

A produção é maior nos meses de janeiro, fevereiro e março e depois decresce nos meses seguintes.

Deste modo, o comportamento do consumo de energia elétrica não é diferente, visto que o grande consumidor de energia elétrica são os motores elétricos de variados portes.

Através da soma dos valores do horário fora de ponta e horário de ponta, temos o consumo total no período analisado de 2001 que foi de 7.566.663 kWh, sendo que o valor máximo de consumo ocorreu no mês de março com 1.319.586 kWh e o mínimo ocorreu em abril com 668.430 kWh, tendo assim um índice médio de consumo de 945.832 kWh por mês.

O gráfico da Figura 2.6 e a Tabela 2.2 mostram o consumo de energia elétrica ativo de 2000, podendo ser verificado assim a comparação dos valores entre os dois anos.

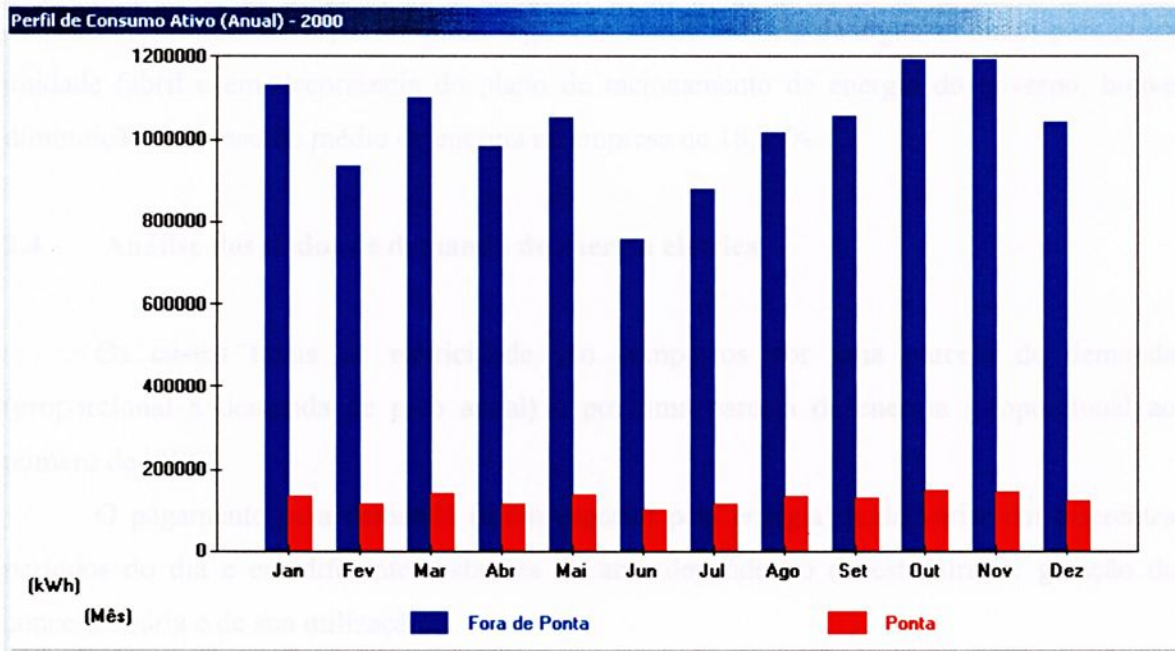


FIGURA 2.6 : Consumo de energia elétrica 2000

TABELA 2.2 : Perfil de consumo de energia elétrica 2000

Perfil Consumo Ano 2000	Horário Fora de Ponta		Horário de Ponta	
Consumo Máximo (Kwh)	(out)	1.192.837	(out)	149.209
Consumo Mínimo (Kwh)	(jun)	758.321	(jun)	100.742
Consumo Médio (kWh)		1.029.436		129.595
Consumo Total (kWh)		12.353.230		1.555.138

Verifica-se que o consumo de energia está atrelado à produção e é maior nos meses iniciais e finais do ano. Porém, apesar da oscilação entre janeiro e março, sendo fevereiro o mês com menor número de dias de consumo, a retomada da produção e do consumo se dá a partir de agosto, sendo junho o mês de menor consumo; a partir de junho há uma taxa crescente até novembro, chegando ao ápice em outubro.

Em 2000, o valor máximo de consumo no horário de ponta e fora de ponta ocorreu em outubro e foi de 1.342.046 kWh, sendo o mínimo registrado no mês de junho de 859.063 kWh. O valor total no ano foi de 13.908.368 kWh, atingindo o consumo médio de 1.159.031 kWh por mês.

O valor médio encontrado do ano de 2001 (945.832 kWh por mês) é menor do que o de 2000 (1.159.031 kWh por mês), ou seja, com a transferência de algumas linhas para outra unidade fabril e em decorrência do plano de racionamento de energia do governo, houve diminuição do consumo médio de energia na empresa de 18,39%.

2.4 - Análise dos dados de demanda de energia elétrica

Os custos totais de eletricidade são compostos por uma parcela de demanda (proporcional à demanda de pico anual) e por uma parcela de energia (proporcional ao número de kWh).

O pagamento pela demanda (e em especial pela energia) pode variar em diferentes períodos do dia e em diferentes estações do ano, dependendo da estrutura de geração da concessionária e de sua utilização.

Enquanto a parcela dos custos da eletricidade, que depende da quantidade de energia usada, é principalmente determinada pelo processo produtivo e pode sim ser remanejada conforme os períodos de tarifas diferenciadas (é necessária a mesma quantidade de energia para a mesma quantidade produzida, assumindo-se que todos os potenciais de economia de energia foram explorados plenamente), a tarifa de demanda pode ser influenciada pela estrutura do consumo da energia elétrica.

Como regra geral, deve-se tomar cuidado no sentido de que o consumo de energia elétrica seja tão uniforme quanto possível e que picos de demanda, em particular, sejam evitados.



A otimização da demanda de potência é realizada através da análise da demanda e tem por objetivo a sua adequação às reais necessidades da unidade consumidora. São analisadas as demandas de potência contratadas, registradas (ou medidas) e as efetivamente faturadas.

A premissa básica adotada na metodologia é a de se procurar reduzir ou mesmo eliminar as ociosidades e ultrapassagens de demanda. Assim, a unidade consumidora estará trabalhando adequadamente quando os valores de demanda de potência registrados, contratados e faturados tiverem o mesmo valor, ou, pelo menos, apresentarem valores próximos, pois assim ela estará pagando por aquilo que realmente necessita.

Deve-se, nesse ponto, considerar a possibilidade de reduções nas demandas contratadas em função de alterações nos principais sistemas consumidores, com a redução das cargas instaladas e a introdução de controles automatizados para a modulação ótima da carga.

Outro fator importante a ser considerado é a análise de opção tarifária, que é a escolha da tarifa mais conveniente para a unidade consumidora, considerando-se o seu regime de funcionamento, as características do seu processo de trabalho, bem como a oportunidade e possibilidade de se fazer modulação de carga.

O contrato de fornecimento de energia elétrica da Leite Paulista é do tipo horo-sazonal (THS) azul do grupo A-4, no qual existem valores diferenciados para a demanda e consumo conforme o horário (ponta e fora de ponta) e o período do ano (período seco de maio a novembro e úmido nos meses complementares).

A fábrica funciona em média 624 horas por mês, com 78 horas no horário de ponta e 546 horas no horário fora de ponta, sendo a opção tarifária utilizada em face às oferecidas pela concessionária para o regime de trabalho da empresa.

De acordo com a Figura 2.7, verifica-se que a demanda da fábrica vem decrescendo desde abril do ano de 2001. O maior valor registrado foi em março e o menor em agosto.

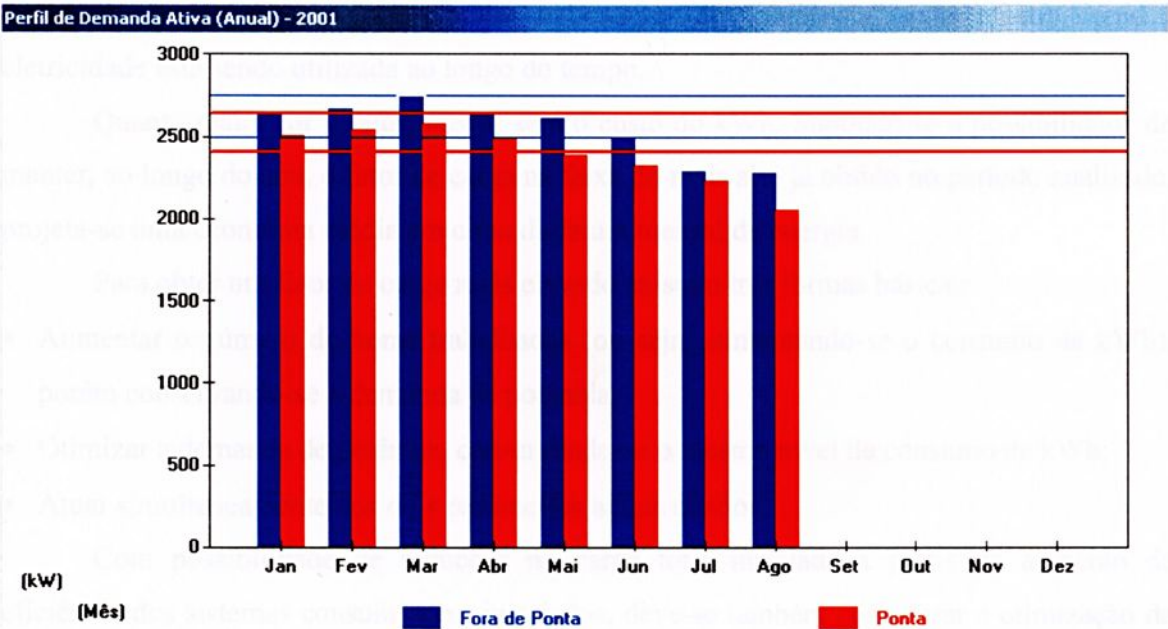


FIGURA 2.7 : Demanda de potência elétrica 2001

A Tabela 2.3 mostra os principais valores de demanda no ano de 2001, incluindo fator de carga.

TABELA 2.3 : Perfil de demanda de potência e energia elétrica 2001

Perfil da Demanda 2001	Horário Fora de Ponta	Horário de Ponta
Demanda Máxima (kW)	(mar) 2629	(mar) 2576
Demanda Mínima (kW)	(ago) 2276	(ago) 2052
Demanda Média (kW)	1581	1916
Contrato (kW)	2500	2400
Tolerância (%)	2750	2640
Consumo (kWh)	6.657.351	909.312
Fator de Carga (%)	53,70	74,36

Obs: valores correspondentes à 01/01/2001 à 30/08/2001

Analisar o fator de carga é verificar o custo médio de energia elétrica que depende grandemente da forma como ela é utilizada. Se está sendo usada eficientemente, seu custo médio é menor e, o contrário, se o uso não é eficiente. O fator de carga que é deduzido pelos

dados das contas de energia é um dos indicadores de “eficiência”, pois mostra como a eletricidade está sendo utilizada ao longo do tempo.

Quanto maior for o fator, menor será o custo do kWh. Supondo-se a possibilidade de manter, ao longo do ano, o fator de carga na faixa do mais alto já obtido no período analisado, projeta-se uma economia média em cima da fatura mensal de energia.

Para obter um fator de carga mais elevado existem três formas básicas:

- Aumentar o número de horas trabalhadas (ou seja, aumentando-se o consumo de kWh), porém conservando-se a demanda de potência;
- Otimizar a demanda de potência, conservando-se o mesmo nível de consumo de kWh;
- Atuar simultaneamente nos dois parâmetros acima citados.

Com possibilidade de reduções na carga total instalada a partir do aumento de eficiência dos sistemas consumidores instalados, deve-se também considerar a otimização da demanda de potência em função de níveis mais baixos de consumo de kWh. É importante considerar o possível remanejamento de operações da produção para o período fora de ponta, pois como mostra a Tabela 2.3, o fator de carga é cerca de 50% maior no período de ponta em relação ao período fora de ponta. Como o custo de consumo é maior no horário de ponta, há reflexo direto na conta de energia elétrica e isto pode ser minimizado se diminuir o fator de carga no horário de ponta. Com o reescalonamento de algumas operações da produção do horário de ponta para o horário fora de ponta, haverá otimização do fator de carga e diminuição do consumo no horário de ponta, diminuindo este índice na conta de energia elétrica. Foi também realizada análise do valor contratual de demanda, conforme mostra Tabela 2.4.

TABELA 2.4 : Análise contrato de demanda 2001

Período	Análise	Registrado (kW)	Contratado (kW)	Ideal (kW)
Fora de Ponta	Bem dimensionado	2743,4	2500	2478,8
Ponta	Bem dimensionado	2576,0	2400	2363

Conforme registrado, o maior valor de demanda refere-se ao mês de março com 2743.4 kW no horário fora de ponta e 2576 kW no horário de ponta. Comparando os valores da Figura 2.7 com o consumo anual de 2001 (Figura 2.5), verifica-se que março foi também o mês com maior consumo. Porém, em 2001, o mês de maior consumo foi abril, e neste mês houve alta demanda de energia elétrica na fábrica, implicando em uso de energia intenso em

alguns horários e baixo consumo em outros, havendo portanto oscilação nos valores de demanda. Considerando que a demanda registrada é obtida pelo valor discreto máximo ocorrido no mês, deve-se tomar cuidado para que um alto fator de carga num dado momento não comprometa o contrato de demanda, ultrapassando-o em 10% de tolerância, acarretando com isso multa.

A análise do perfil de demanda mostra que através dos valores registrados tem-se tanto no período fora de ponta quanto no período de ponta um bom dimensionamento do valor contratual de demanda conforme citado anteriormente. O valor ideal de contrato mais 10% deve ser maior que o valor máximo registrado para que não haja a incidência de multa. Este valor não pode ser extremamente crítico, pois uma pequena oscilação no controle de demanda pode acarretar em multa, refletindo sobre a conta de energia elétrica, mesmo havendo uma única incidência.

A Tabela 2.5 mostra a análise entre o valor faturado, o valor total, o valor ideal e o total economizado com o dimensionamento perfeito dos parâmetros de demanda (unidade kW) e consumo (unidade kWh) e sua influência na conta de energia, somente no mês de agosto de 2001.

TABELA 2.5 : Análise energia elétrica agosto/2001

Análise de 01/08/2001 00:00 a 29/08/2001 24:00				
Ítems	Faturado	Total	Ideal	Total
Demanda na Ponta	2400	44712.00	1882	35069.52
Ultrap. na Ponta	0	0.00	0	0.00
Demanda Fora Ponta	2500	15525.00	2088	12966.02
Ultrap. Fora Ponta	0	0.00	0	0.00
Consumo na Ponta	105924	11969.41	105924	11969.41
Consumo Fora Ponta	912603	46542.75	912603	46542.75
FDR na Ponta	0.0	0.00	0.0	0.00
FER na Ponta	0.0	0.00	0.0	0.00
FDR Fora Ponta	2236.3	0.00	0.0	0.00
FER Fora Ponta	425.3	21.69	0.0	0.00
FDR Reservado	0.0	0.00	0.0	0.00
FER Reservado	0.0	0.00	0.0	0.00
I.C.M.S.	18.0%	26071.65	18.0%	23388.52
Empréstimo Compulsório	1018527	0.00	1018527	0.00
TOTAL (R\$)		144842.50		129936.23
Economia na Ponta (R\$)	11759.12			
Economia Fora Ponta (R\$)	3147.15			
Economia Total (R\$)	14906.27			

Este exemplo realizado com os dados do mês de agosto de 2001, mostra que poderia haver uma economia de R\$14.906,27 se os valores contratuais fossem de 1882 kW no horário fora de ponta e 2088 kW no horário de ponta. Porém, estes valores não devem ser atribuídos como padrão, pois referencia somente um mês. Serve para se ter uma relação do quanto um contrato de demanda mal dimensionado pode acarretar em grande desperdício financeiro.

O valor mais apropriado é relacionado à análise anual, pois não há condições de mudar o contrato de demanda mensalmente, isto implica em disponibilidade da concessionária, além de se ter uma produção sazonal. A Tabela 2.4 mostra que a análise anual indica um bom dimensionamento dos valores contratuais atuais.

Verifica-se na Figura 2.8 que a demanda no ano de 2000 teve uma variação maior no mês de junho, mês de menor valor, assim como ocorreu para o parâmetro consumo, já analisado.

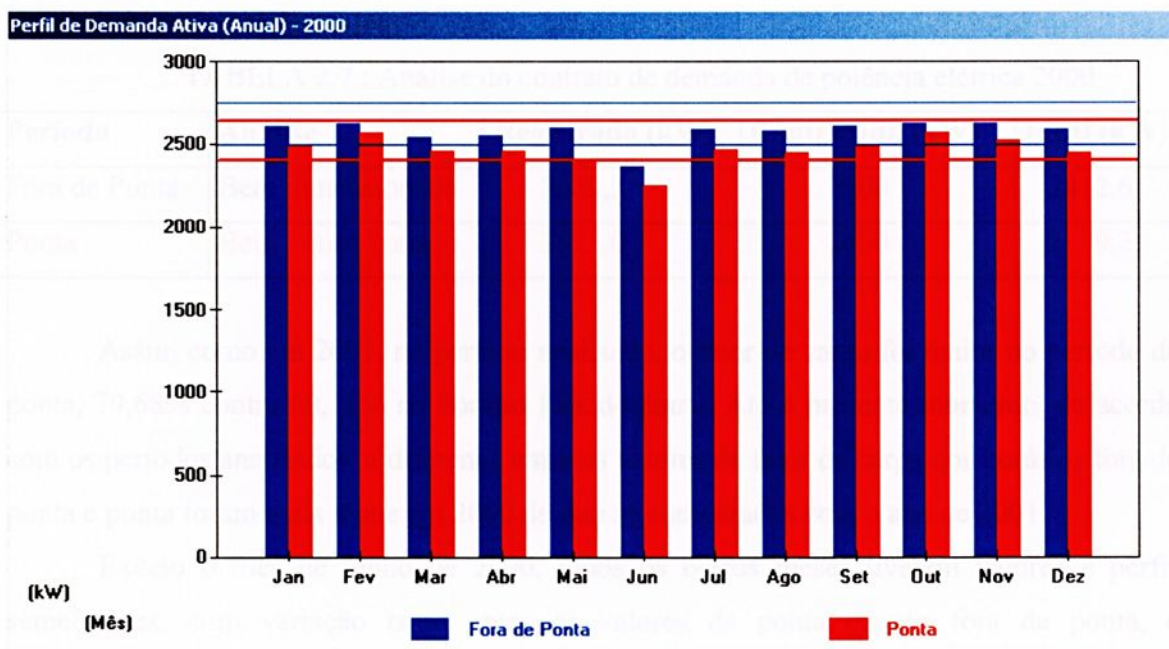


FIGURA 2.8 : Demanda de potência elétrica 2000

Como mostra a Tabela 2.6, no ano de 2000, o valor máximo registrado de demanda foi de 2630 kW no período fora de ponta e 2572 kW no período de ponta, sendo estes valores ocorridos nos meses de novembro e fevereiro respectivamente. A demanda mínima ocorreu em junho tanto no horário fora de ponta (2365 kW) quanto no horário de ponta (2253 kW).

TABELA 2.6 : Perfil da demanda de potência energia elétrica 2000

Perfil da Demanda 2000	Horário Fora de Ponta	Horário de Ponta
Demanda Máxima (kW)	(nov) 2630	(fev) 2572
Demanda Mínima (kW)	(jun) 2365	(jun) 2253
Demanda Média (kW)	1582	2049
Contrato (kW)	2500	2400
Tolerância (%)	(10%) 2750	(10%) 2640
Consumo (kWh)	12.353.230	1.555.138
Fator de Carga (%)	60,15	79,68

TABELA 2.7 : Análise do contrato de demanda de potência elétrica 2000

Período	Análise	Registrado (kW)	Contratado (kW)	Ideal (kW)
Fora de Ponta	Bem dimensionado	2629,3	2500	2412,6
Ponta	Bem dimensionado	2572,0	2400	2359,2

Assim como em 2001, no período analisado, o fator de carga foi maior no período de ponta, 79,68% contra 60,15% no horário fora de ponta. Até o presente momento, de acordo com os períodos analisados, a diferença entre os valores de fator de carga nos horários fora de ponta e ponta foram mais tênue em 2000 do que se comparados com o ano de 2001.

Exceto o mês de junho de 2000, todos os outros meses tiveram valores e perfis semelhantes, com variação tanto entre os valores de ponta quanto fora de ponta, e similarmente entre os meses durante o ano.

Comparando-se o gráfico de demanda ativa de 2000 (Figura 2.8) com o gráfico de consumo ativo de 2000 (Figura 2.6), verifica-se que a variação de consumo é consideravelmente maior, obtendo a conclusão de que operacionalmente nos meses de menor consumo muitos equipamentos não estavam em sua capacidade nominal.

De acordo com a Tabela 2.7, através da análise do contrato de demanda verificou-se que o mesmo se encontra bem dimensionado para o perfil apresentado. Estes valores correspondem a realidade, tanto que o valor registrado em nenhum momento ultrapassou o limite de tolerância (10%), porém chegou bem próximo ao mesmo.

Dentro as medidas de gerência pelo lado da demanda e atuação no uso final, pode-se destacar as alternativas tecnológicas no setor industrial, vistos abaixo:

- Controladores ajustáveis de frequência ou controladores de velocidade variável para motores;
- Compensação de potência reativa através de bancos de capacitores;
- Motores de alta eficiência;
- Dimensionamento ótimo de motores;
- Iluminação interior e exterior com lâmpadas de sódio a alta pressão;
- Recuperação de calor de processo;
- Cogeração industrial;
- Bombas de calor para processo;
- Equipamentos eletrotérmicos;
- Recondutoramento de instalações.

2.5 - Análise dos dados de fator de potência

Alguns aparelhos elétricos, como os motores e transformadores, além de consumirem energia ativa solicitam também energia reativa necessária para criar o fluxo magnético que seu funcionamento exige.

Com base na relação entre a energia reativa e ativa, determina-se o Fator de Potência Indutivo Médio num determinado período.

Nas instalações industriais, caso da Leite Paulista, onde predominam cargas indutivas e principalmente motores elétricos de indução, o fator de potência assume valores inferiores à unidade.

Um baixo fator de potência numa instalação significa sobrecarga em todo o sistema de alimentação, desde a rede da companhia concessionária até a parte interna da instalação, incluindo os equipamentos em uso.



Isto representa para instalações inadequadas substancial despesa extra, pois há uma sobretaxa cobrada pelas concessionárias se constatado um fator de potência de valor inferior a um mínimo pré fixado. Atualmente o valor é de 0,92. A concessionária especifica períodos de fator de potência, que são:

- Fator de Potência na Ponta : período das 17h30 às 20h30;
- Fator de Potência Fora de Ponta Indutivo : período das 5h30 às 17h30 e 20h30 às 23h30;
- Fator de Potência Fora de Ponta Capacitivo : período das 23h30 às 5h30.

Há também o problema de sobrecarga nos transformadores, nos alimentadores, bem como menor rendimento e maior desgaste nas máquinas e equipamentos em geral.

A Figura 2.9 mostra o perfil do fator de potência no ano de 2001 na Leite Paulista.

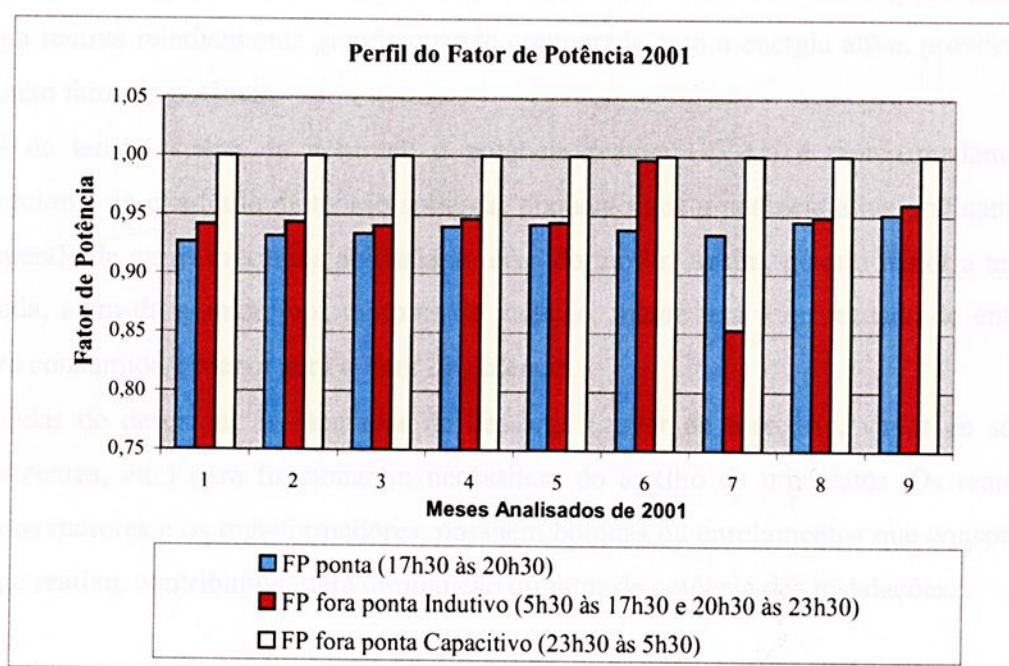


FIGURA 2.9 : Fator de potência 2001

A Leite Paulista possui banco de capacitores fixos na entrada de média tensão da empresa no valor de 250 kVAr instalados por linha de fase de tensão. O ideal seria utilizar bancos de capacitores variáveis controlados em painéis providos de tensão já transformada, ou seja, de baixa tensão.

O banco de capacitores fixos tem sido eficiente, pois como pode-se verificar na Figura 2.9, o valor mais crítico ocorreu em julho e foi de 0,853 no período fora de ponta indutivo, e

foi o único que esteve fora do estabelecido que é 0,92. Os demais valores estão dentro da faixa estabelecida.

As principais causas do baixo fator de potência são [8]:

- Motores operando em vazio e motores sobredimensionados: os motores consomem praticamente a mesma quantidade de energia reativa necessária à manutenção do campo magnético quando operam à vazio ou à plena carga. Entretanto, isso não acontece com a energia ativa, que é diretamente proporcional à carga mecânica aplicada ao eixo do motor. Assim, quanto menor a carga menor será a energia ativa consumida e consequentemente menor será o fator de potência. Deste modo, os motores devem estar o mais corretamente dimensionados para evitar tal desperdício de energia.
- Transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas: assim como os motores, os transformadores quando estão sobredimensionados consomem uma certa quantidade de energia reativa relativamente grande quando comparada com a energia ativa, provocando um baixo fator de potência.
- Nível de tensão acima da nominal: a potência reativa (kVAr) é, aproximadamente, proporcional ao quadrado da tensão aplicada, enquanto que a potência ativa praticamente só depende da carga mecânica aplicada ao eixo do motor. Assim, quanto maior a tensão aplicada, além da nominal aos motores de indução, maior será a quantidade de energia reativa consumida e menor será o fator de potência.
- Lâmpadas de descarga: as lâmpadas de descarga (vapor de mercúrio, vapor de sódio, fluorescentes, etc.) para funcionarem necessitam do auxílio de um reator. Os reatores, como os motores e os transformadores, possuem bobinas ou enrolamentos que consomem energia reativa, contribuindo para diminuição do fator de potência das instalações.

Os objetivos principais da melhoria do fator de potência são [9]:

- Redução dos custos de energia;
- Liberação da capacidade do sistema;
- Crescimento do nível de tensão, por diminuição das quedas;
- Redução das perdas no sistema.

Os métodos mais usados para a melhoria do fator de potência são os dos capacitores “shunt” e motores síncronos superexcitados [9].

Através da análise do fator de potência dos últimos anos, de 1999 à 2001, verifica-se na Tabela 2.8 o quanto seria necessário para controlar em potência aparente (kVAr) os valores atuais para atingirem o desempenho de 92% à 99% de fator de potência.

TABELA 2.8 : Análise do Fator de Potência de 1999 à 2001

Análise de 12/02/1999 a 29/08/2001

Fator de Potência	KVAR Necessário	KVAR Excedente	KVAR Fixo	KVAR Controlado
92.0 %	287.3	337.1	0.0	624.3
93.0 %	353.4	345.9	0.0	699.3
94.0 %	422.8	355.1	0.0	777.9
95.0 %	496.4	365.0	0.0	861.4
96.0 %	578.8	375.6	0.0	954.4
97.0 %	672.0	387.3	0.0	1059.3
98.0 %	780.0	401.0	0.0	1180.9

Verifica-se na Tabela 2.8 que conforme deseja-se melhorar o fator de potência de uma instalação elétrica predominantemente indutiva, maior o valor necessário de potência (kVAr) para atingir valor próximo à unidade. A Tabela 2.9 mostra o perfil do fator de potência desde 1999 até 2001.

TABELA 2.9: Perfil do fator de potência de 1999 à 2001

Perfil Fator de Potência (1999 à 2001)	Posto Indutivo	Posto Capacitivo
Fator Potência mais Capacitivo (%)		(Jun/99) - 82,96
Fator Potência mais Indutivo (%)	(Fev/99) 89,56	
Fator Potência Médio (%)	94,15	- 99,97

De acordo com a Tabela 2.9, verifica-se que em fevereiro e em junho a empresa ficou sujeita a multa por fator de potência, pois os valores incidentes foram $-82,96\%$ em junho e $89,56\%$ em fevereiro, porém no final do mês através de obtenção de valores médios este índice melhorou.

De acordo com a concessionária, no período das 5h30 às 24h00 horas só é considerado o fator de potência indutivo, sendo atribuído o valor 1 para o fator de potência capacitivo.

Das 23h30 às 5h30 horas considera-se então o fator de potência capacitivo. Isto deve-se ao fato de que com o funcionamento das cargas durante o dia e parte do período noturno, há incidência de potência reativa indutiva, pois como já mencionado predominam nas indústrias motores e transformadores, que são cargas indutivas.

Após 23h30, com o desligamento das máquinas e equipamentos há elevação da tensão, pois os capacitores, principalmente os fixos, armazenam energia e a tensão excedente é prejudicial à concessionária. Portanto, esta é a causa de se considerar 18 horas de período indutivo e 6 horas de período capacitivo. Ressalta-se que das 17h30 às 20h30 é considerado período de ponta.

A empresa Leite Paulista possui capacitores fixos na entrada em média tensão (13200 V), tem o inconveniente de suprir suas necessidades indutivas durante o dia, porém, se a produção de leite e iogurtes não for a nominal da fábrica, ou seja, não for tão intensa quanto durante o dia, à noite pode haver incidência de baixo fator de potência capacitivo, podendo acarretar em multa.

A Tabela 2.8 mostra a análise do fator de potência, onde se tem uma coluna denominada kVAr necessário, que é a quantidade de potência reativa capacitiva a acrescentar para balancear a potência reativa indutiva. Acrescentado este valor (kVAr) necessário, sanaria o problema com o posto indutivo, porém no período restante do dia (0h00 às 6h00 horas) haveria problema com o posto capacitivo, que teria então seu excedente em kVAr.

Assim sendo o valor de potência reativa a ser estabelecida para controle total do fator de potência no seu valor desejado seria o que determina a coluna de kVAr controlado, que é a soma do kVAr necessário com kVAr excedente.

Quando o fator de potência apresenta valor baixo, a legislação de energia elétrica prevê a cobrança do ajuste devido ao baixo fator de potência para aquelas unidades consumidoras que apresentam este fator inferior a 0,92. A análise de contas de energia elétrica

aponta um fator de potência médio na ponta e fora de ponta, que comparado à 0,92, aponta ou não para a necessidade da implantação de medidas corretivas, tais como:

- Instalação de banco de capacitores estáticos ou automáticos;
- Através de motores síncronos;
- Aumento do consumo de energia ativa.

A energia elétrica é um importante insumo da Leite Paulista, assim sendo os gastos com o consumo de energia têm de ser minimizados de modo a melhorar a estrutura de custos de produção. As Tabelas 2.10 e 2.11 mostram exemplos de fatura de energia elétrica da Leite Paulista (Demanda de potência em kW e consumo de energia em kWh). Os meses analisados foram março e junho, sendo março o mês com um dos índices mais elevados de consumo e junho o mês com índice médio de consumo registrado no ano de 2001.

TABELA 2.10 : Fatura de energia elétrica março/2001

Fatura de 01/03/2001 00:00 a 31/03/2001 24:00					
Itens	Registro	Contrato	Faturado	Unitário	Total
Demanda na Ponta	2576	2400	2576	18.63	47990.88
Ultrapassagem na Ponta			0	55.85	0.00
Demanda Fora Ponta	2943	2500	2500	6.21	15525.00
Ultrapassagem Fora Ponta			443	18.63	8259.80
Consumo na Ponta Ativo	138749		138749	113.00	15678.63
Consumo Fora Ponta Ativo	1180837		1180837	51.00	60222.70
Empréstimo Compulsório			1319586	0.00	0.00
Fator de Carga na Ponta	81.30				
Fator de Carga Fora Ponta	61.37				
Consumo na Ponta Reativo	53641				
Consumo Fora Ponta Reat.	324961				
FDR na Ponta	0.0		0.0	18.63	0.00
FER na Ponta	0.0		0.0	113.00	0.00
FDR Fora Ponta	0.0		0.0	6.21	0.00
FER Fora Ponta	0.0		0.0	51.00	0.00
FDR Reservado	0.0		0.0	6.21	0.00
FER Reservado	0.0		0.0	51.00	0.00
Redução Empr. Compul.		0.0			0.00
I.C.M.S.		18.0			32416.90
TOTAL					180093.92

TABELA 2.11 : Fatura energia elétrica junho/2001

Fatura de 01/06/2001 00:00 a 31/06/2001 24:00

Itens	Registro	Contrato	Faturado	Unitário	Total
Demanda na Ponta	2325	2400	2400	18.63	44712.00
Ultrapassagem na Ponta			0	55.85	0.00
Demanda Fora Ponta	2500	2500	2500	6.21	15525.00
Ultrapassagem Fora Ponta			0	18.63	0.00
Consumo na Ponta Ativo	105841		105841	113.00	11960.05
Consumo Fora Ponta Ativo	852510		852510	51.00	43478.03
Empréstimo Compulsório			958352	0.00	0.00
Fator de Carga na Ponta	76.19				
Fator de Carga Fora Ponta	55.70				
Consumo na Ponta Reativo	39686				
Consumo Fora Ponta Reat.	238348				
FDR na Ponta	0.0		0.0	18.63	0.00
FER na Ponta	0.0		0.0	113.00	0.00
FDR Fora Ponta	0.0		0.0	6.21	0.00
FER Fora Ponta	0.0		0.0	51.00	0.00
FDR Reservado	0.0		0.0	6.21	0.00
FER Reservado	0.0		0.0	51.00	0.00
Redução Empr. Compul.		0.0			0.00
I.C.M.S.		18.0			25392.09
TOTAL					141067.17

De acordo com o consumo de energia elétrica dos respectivos meses, a fatura média de energia elétrica é da ordem de R\$ 140.000,00 por mês.

Se conseguisse abaixar o consumo e a demanda em 10%, por exemplo, haveria uma economia de R\$ 14.000,00 por mês, sendo suficiente para cobrir o gasto em energia com toda a área de iluminação da empresa.

Faz parte deste trabalho uma planilha completa de todos os equipamentos (anexo A) distribuídos em setores da unidade fabril, compreendendo a quantidade de equipamentos, tensão nominal, corrente medida, potência nominal, fator de potência calculado, valor calculado da correspondente parcela representativa na demanda, valor calculado de consumo considerando fator de carga e demanda e o total de energia gasta calculada por equipamento de cada setor da empresa.

Para evitar picos de demanda, incidência de multa com fator de potência e assim reduzir os gastos com eletricidade, as indústrias, e no caso específico da Leite Paulista, podem recorrer aos métodos de gerenciamento de cargas, um recurso que possibilita o uso ótimo dos potenciais de redução de demanda sem afetar significativamente os processos produtivos.

As possibilidades de conservação de energia são amplas e dependendo de muitos casos influenciam diretamente no custo do produto final da empresa, que tem como valor agregado a energia despendida da produção do mesmo.

Outro fator importante na conservação de energia através da otimização de recursos é o fato de se ter maior flexibilidade nas instalações, ou seja, em muitos casos, elimina-se, a curto prazo, a necessidade de ampliação da rede de distribuição interna, ou até mesmo um aumento do contrato de demanda junto a concessionária, quando há necessidade de aumento da capacidade de produção envolvendo aumento da estrutura da empresa, seja no número de equipamentos ou na carga de trabalho dos mesmos.

A conservação é uma forma de gestão de recursos de uma empresa e energia elétrica (calor, vapor de pressão) sempre que sua utilização é eficiente e responsável por energia de uma mesma fonte. Assim sendo, a conservação significa a utilização racional de recursos disponíveis dentro um todo [1].

De outro modo, a conservação é um método eficiente de conservação de energia elétrica, quando se aplica quando conscientemente se utiliza, por meios de operação, práticas técnicas e práticas técnicas de manutenção de instalações de uma forma racional. O uso racionalizado de parte do calor produzido. Desde então, a eficiência global de uma instalação de planta sempre varia entre 30% e 90% de eficiência energética, dependendo do tipo de tecnologia empregada no sistema de aplicação [1].

Para alcançar o processo industrial no processo técnico de aplicação de um sistema de aplicação, mediante a aplicação de um sistema de aplicação, o próprio sistema final gera a energia elétrica que necessita para sua aplicação e aplicação e para manter a produção de água quente ou água fria por aquecimento, vapor, ar quente ou frio, etc.

Os principais pontos de partida de uma empresa que apresenta todos os seguintes aspectos característicos:

- Fatores tecnológicos de valor como: tipo e estrutura arquitetônica construída e o layout do mesmo. A possibilidade de obter resultados de uma boa aplicação é mais alta quando se trata de uma planta de uma demanda de energia e quando se trata de uma planta.
- Tratamento em funcionamento por meio de 300 0 toneladas.
- Carga elétrica de aplicação que pode ser empregada como fonte de energia.

CAPÍTULO 3

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA GELADA DA LEITE PAULISTA

3.1 Introdução

Em determinados processos industriais e em centros de serviços há necessidades simultâneas de energia elétrica e energia térmica, em forma de calor ou frio.

A cogeração é uma forma de geração simultânea de eletricidade e energia térmica (calor/vapor de processo) através do uso sequencial e eficiente de quantidades de energia de uma mesma fonte. Assim sendo, a cogeração aumenta a eficiência térmica do sistema termodinâmico como um todo [10].

De outro modo, a cogeração é um método efetivo de conservação de energia primária, que pode ser aplicado quando economicamente justificado. Em plantas de cogeração, potência térmica e potência elétrica ou mecânica são produzidas a partir da queima de um único combustível, com recuperação de parte do calor rejeitado. Deste modo a eficiência global destas modalidades de plantas atingem valores entre 50% e 90% de eficiência energética, dependendo do tipo de tecnologia empregada bem como da aplicação a que se destina [11].

Pode alimentar o processo industrial ou fornecer serviço de calefação ou de climatização mediante o aproveitamento de calor residual. Do ponto de vista energético, o próprio usuário final gera a energia elétrica que necessite para suas atividades e aproveita o calor residual na produção de água quente (ou água fria por absorção), vapor, ar quente ou frio, etc.

Os usuários potenciais da cogeração são indústrias que apresentam todas ou algumas das seguintes características:

- Possuem necessidades de calor e/ou frio e eletricidade aproximadamente constantes ao longo do ano. A possibilidade de ceder excedentes de energia elétrica à rede faz com que a necessidade de uma demanda de energia contínua seja menos crítica;
- Trabalham em funcionamento por mais de 5000 horas/ano;
- Geram algum tipo de subproduto que pode ser empregado como combustível residual.

Assim, os setores industriais tais como papel, açúcar e álcool, cerâmico, têxtil e alimentação que trabalham de dois a três turnos por dia, sete dias na semana, são setores potencialmente cogeneradores. Estas indústrias combinam longos períodos de operação com demandas de calor e eletricidade praticamente constantes. Também se pode incluir neste grupo a indústria siderúrgica, automobilística, etc.

Outros tipos de indústrias claramente cogeneradoras são os setores dedicados ao refino, a indústria petroquímica e a madeireira, já que produzem subprodutos combustíveis de baixa qualidade que, não obstante, podem ser aproveitados em sistemas de cogeração. Por último há de se mencionar outros campos de aplicação não industriais do chamado setor terciário como hospitais, hotéis, residências, centros comerciais, etc.

Os projetos de cogeração se desenvolvem uma vez comprovado a viabilidade dos mesmos. O estudo de viabilidade inclui as seguintes fases:

- Registro de dados, em colaboração com o usuário;
- Estabelecimento das curvas de demanda de energia elétrica e de vapor ou calor (ou frio, conforme o caso) e previsão ou extrapolação das mesmas durante os subseqüentes anos;
- Análise das diversas soluções possíveis, relatadas nos diagramas de fluxos;
- Estabelecimento do balanço de energia elétrica com motores alternativos (gás, gasolina, etc.);
- Otimização da solução escolhida, pré-dimensionando e realizando estudo preliminar da implantação;
- Avaliação econômica, estudo de rentabilidade, etc.;
- Análise de viabilidade em função das possíveis trocas de preços das fontes de energia, ante aos organismos oficiais, para a solicitação de subvenções e ajudas oficiais;

A viabilidade econômica de um projeto de cogeração depende, em adição às características da própria unidade, da tarifa de energia elétrica e do custo do gás combustível (ex: biogás, gás natural) para o consumidor. Especificamente, a viabilidade de cada instalação é determinada no projeto conceitual onde se realizam estudos de fluxo de caixa considerando os fatores mencionados.

Uma vez determinada as análises anteriormente descritas, com o estudo de viabilidade satisfatório, o usuário pode eleger a realização do projeto mediante um contrato.

A eficiência de um sistema de cogeração depende da correta estimativa da variação de carga e a precisão da previsão de demanda estes são fatores essenciais para o sucesso da

performance deste sistema. Há a necessidade de agregar não só as demandas de calor, eletricidade e energia frigorífica, mas dados mensais e horários para uma devida simulação. Os dados são obtidos de medições atuais da demanda de energia existentes [12].

Estas análises fornecem indicadores de relativa importância para índices de demanda e identificam o que pode se tornar uma boa medida para avaliar a eficiência do sistema de cogeração para os objetivos propostos pela planta.

Através dos sistemas de cogeração obtém-se um alto índice de conservação de energia, pois simultaneamente há produção de eletricidade e energia térmica em uma planta única de fornecimento, que dependendo do caso pode satisfazer totalmente a escassez de demanda de energia da fábrica.

É essencial avaliar a eficiência do sistema de cogeração de acordo com a economia de energia ou viabilidade econômica. Para se avaliar um sistema de cogeração é necessário uma gama de dados e valores pontuais de todo o sistema de carga. Os dados obtidos devem assumir parâmetros próximos aos reais utilizados, baseados em resultados atuais das medidas de energia pertencentes a uma mesma categoria [13].

A cogeração é aplicável em plantas industriais que utilizam materiais orgânicos para gerar energia. Isto devido a ampla viabilidade e baixo custo da energia híbrida (hidroelétrica). A cogeração possui barreiras causadas por desfavorecimento no contexto institucional. Algumas dessas barreiras são: nível das tarifas, para energia fornecida excedente, contratos de retorno de energia e taxas de transmissão, entre outras.

Pela recente reestruturação do setor energético brasileiro e juntamente com iniciativas regulamentadoras tem aumentado o interesse da participação de capital privado na cogeração de energia. Com a crise da interrupção do sistema há uma preocupação entre áreas de geração e distribuição em relação a investimentos e expansão do fornecimento de energia. Houve aumento considerável da importância da tecnologia para produção tanto de eletricidade quanto de calor de uma única fonte, que é o caso da cogeração.

A eficiência global da conversão de energia através de sistemas de cogeração é relativamente alta, chegando a 90%, exceto as taxas de eficiência obtidas do calor e energia como caldeiras e plantas termoeletricas [14]. Então, a tecnologia de cogeração é eficiente em termos de energia e oferece uma geração descentralizada com opção para setores industriais. A cogeração reduz não somente o déficit de geração de energia, mas pode ter sua aplicabilidade na transmissão e distribuição de eletricidade, além de que pode ser

implementada quase que naturalmente em centros de carga onde o problema de abastecimento de energia é mais crítico.

Na área de cogeração, diversos trabalhos tem sido realizados [1] [2] [10] [12] [13] [14]. Pantalena [11] estudou a possibilidade de cogeração para laticínios de pequeno e médio portes, sendo também objeto do estudo a empresa Leite Paulista. A Figura 3.1 [11] mostra os melhores resultados para os casos analisados, tanto com o emprego de turbina a vapor como com o emprego de turbina a gás, sendo:

- Caso 1 : turbina a vapor suprindo somente o vapor de processo utilizando-se caldeira de 4,2 MPa;
- Caso 2 : turbina a vapor suprindo somente o vapor de processo e potência frigorífica utilizando-se caldeira de 6,3 MPa;
- Caso 3 : turbina a gás suprindo somente o vapor de processo - turbina MIT-23 da Kawasaki Heavy Industries;
- Caso 4 : turbina a gás suprindo o vapor de processo e a potência frigorífica – turbina T14000 da Solar Turbines;
- Caso 5 : turbina a gás suprindo somente a potência frigorífica – turbina M1A-23 da Kawasaki Heavy Industries.

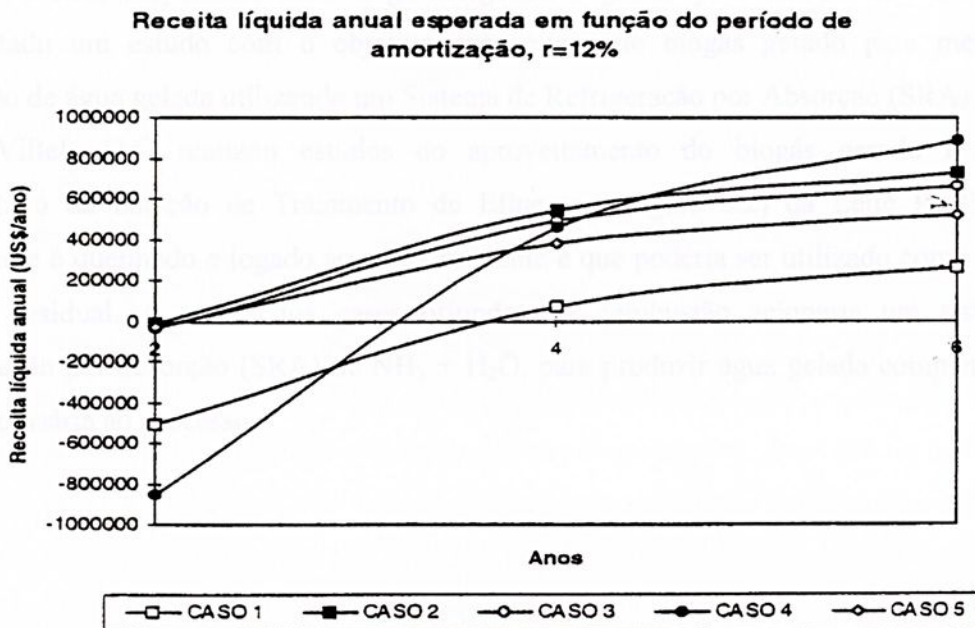


FIGURA 3.1: Receita líquida anual esperada para as melhores condições financeiras dos casos analisados com o emprego de turbina a gás e turbina a vapor [11]

Uma outra análise na planta da Leite Paulista indica um considerável potencial para geração de energia como um sub-produto da produção industrial, que poderia resultar num melhor uso as fontes de energia do ponto de vista termodinâmico: o biogás.

Em algumas indústrias o processo de biodigestão apresenta grande potencial e o biogás tem possibilidades de atuar como alternativa mais eficiente e mais econômica.

Entre as atividades industriais mais indicadas à utilização da biodigestão como geradora de combustíveis, tem-se o tratamento antipoluinte de resíduos e dejetos, através de avaliações de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Biológica de Oxigênio) e como produtora de adubos estariam os abatedouros, as indústrias de laticínios, as extratoras de óleos vegetais, as destilarias de álcool e usinas de açúcar, as agroindústrias produtoras de produtos alimentícios as criações de aves e suínos.

3.2 Utilização do biogás da estação de tratamento de efluentes

De acordo com situações presenciadas na Leite Paulista, verifica-se que a mesma possui um excelente energético (biogás) que é produzido no reator anaeróbico da estação de tratamento de efluentes (ETE). Esse biogás gerado é lançado à atmosfera e queimado num “flare”, havendo desperdício desta carga energética de grande potencial ao meio ambiente. É apresentado um estudo com o objetivo aproveitar este biogás gerado para melhorar a produção de água gelada utilizando um Sistema de Refrigeração por Absorção (SRA).

Villela [15] realizou estudos do aproveitamento do biogás gerado no Reator Anaeróbico da Estação de Tratamento de Efluentes (Figura 3.2) da Leite Paulista, que atualmente é queimado e jogado ao meio ambiente e que poderia ser utilizado como fonte de energia residual. A vazão dos gases oriundos da combustão acionaria um sistema de refrigeração por absorção (SRA) de $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, para produzir água gelada complementar a 1°C , necessária ao processo.

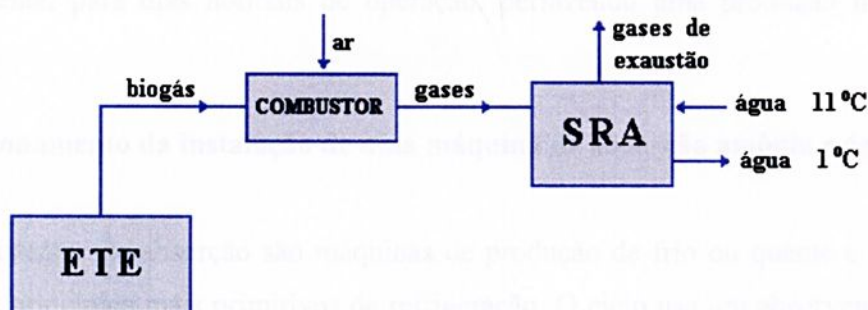


FIGURA 3.2: Esquema da instalação do SRA proposto.

Foi analisada a possibilidade do aproveitamento energético do biogás gerado no Reator Anaeróbico da Estação de Efluentes do laticínio Leite Paulista, com respectiva análise dos parâmetros termodinâmicos do sistema de refrigeração por absorção associado [15].

A produção média de biogás é de $80 \text{ Nm}^3/\text{h}$, com uma composição de mistura em base molar de metano (62,5 %), nitrogênio (13,4%), monóxido de carbono (5%), dióxido de carbono (2,4 %), vapor de água (2,4 %) e ácido sulfídrico (14,1%) [15].

O biogás gerado é simplesmente queimado num “flare”, seguindo as normas recomendadas e desperdiçando esse potencial energético para o uso no próprio processo industrial.

Nesse sentido, propôs-se a queima direta desse biogás para acionar um sistema de refrigeração por absorção utilizando como fluido de trabalho a amônia. De acordo com Silveira [16], o potencial residual permite a produção de cerca de $7,3 \text{ kg/s}$ de água gelada complementar a 1°C .

O material residual é normalmente misturado com água e enviado para tratamento. Durante o processo de limpeza é gerado biogás através da decomposição do material orgânico que se encontra presente na solução em condições anaeróbicas.

A produção do biogás resulta do processo da decomposição do material residual, normalmente misturado com água e enviado para o processamento. Este tipo de combustível poderia ser aproveitado como uma fonte alternativa de energia, pois é queimado e lançado na atmosfera, podendo contribuir no volume gerado para a produção de água gelada complementar para o processo produtivo, proporcionando uma alternativa de fonte de energia complementar utilizada nos picos de demanda de potência frigorífica da empresa.

A vazão mínima e máxima do biogás gerado na Estação de Tratamento de Efluentes da Leite Paulista apresentaram-se com índices variados, cerca de $58 \text{ Nm}^3/\text{h}$ para $102 \text{ Nm}^3/\text{h}$,

respectivamente, para dias normais de operação, perfazendo uma produção média de 80 Nm³/h [15].

3.3 Funcionamento da instalação de uma máquina de absorção amônia e água

Os sistemas de absorção são máquinas de produção de frio ou quente e que operam com um dos princípios mais primitivos de refrigeração. O ciclo usa um absorvente como um fluido secundário (H₂O) para absorver um fluido primário, sendo este um refrigerante que é vaporizado (NH₃).

O processo de evaporação absorve calor, suprimindo assim a refrigeração necessária. Geralmente os equipamentos de absorção de amônia e água são usados em grandes aplicações industriais, que requerem baixas temperaturas para o processo de resfriamento; nestes ciclos utiliza-se amônia como refrigerante e água como absorvente [17].

O sistema de refrigeração por absorção consiste basicamente de um evaporador, um absorvedor, um condensador, um gerador, um trocador de calor, uma pequena bomba e auxiliares. Na parte inferior do sistema é localizado o absorvedor e o evaporador, ocupando uma única carcaça, sendo que na parte superior, em uma outra carcaça estão localizados o gerador e o condensador.

A Figura 3.3 apresenta o esquema da instalação de uma máquina de absorção utilizando a mistura de amônia e água. No gerador ocorrerá a dissociação da amônia, mediante o calor fornecido pelos gases de exaustão no ponto 20.

Essa solução forte de amônia, dissociada no gerador, será então encaminhada ao retificador, onde ocorrerá seu enriquecimento em amônia, garantindo que uma pequena fração de água seja deslocada para o gerador no ponto 8.

Do retificador, a solução rica de amônia, será encaminhada para o condensador, onde será liquefeita e fluirá para o evaporador; sendo antes expandida isoentalpicamente (válvula de expansão), acarretando um decréscimo em sua temperatura e pressão.

No absorvedor, a solução fraca de amônia proveniente da solução não dissociada absorverá o vapor de amônia do evaporador, formando-se uma solução forte em amônia, recomeçando-se novamente o ciclo. Ocorre a produção de água quente através da passagem de água da rede pelo absorvedor e posteriormente pelo condensador aproveitando os calores cedidos, elevando a temperatura no caso de 25 °C para 36 °C.

A produção de água gelada é obtida através da passagem de água de retorno do processo, a uma temperatura de 11°C pelo evaporador, obtendo-se finalmente água gelada a 1°C [15].

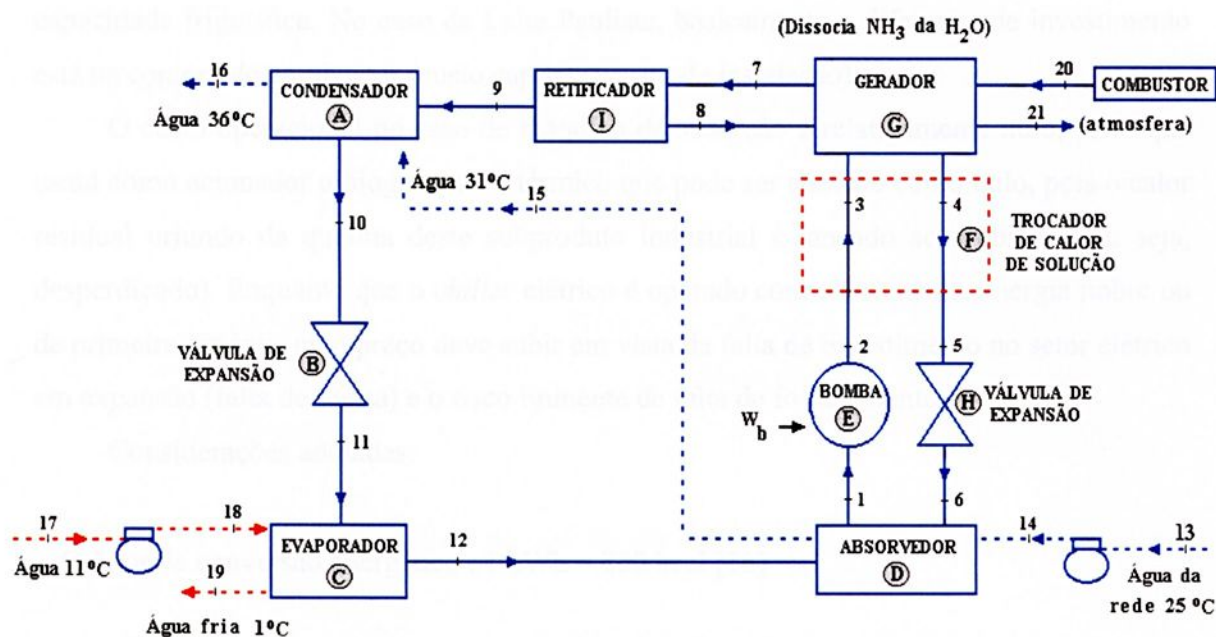


FIGURA 3.3 : Configuração do sistema de refrigeração por absorção.

Em geral, as máquinas de refrigeração por absorção são utilizadas em aplicações industriais, que requerem baixas temperaturas para o processo de resfriamento. Desse modo, a implantação de uma máquina de refrigeração por absorção na Leite Paulista tem uma grande vantagem, pois utiliza a energia térmica residual (queima do biogás gerado na estação de tratamento de efluentes).

3.4 Análise econômica para utilização de máquina de absorção

Atualmente há na Leite Paulista 5 compressores de 100 HP que geram cerca de 641.250 kcal/h. O sistema em estudo é composto por um combustor para um volume de queima de $58 \text{ Nm}^3/\text{h}$, com poder calorífico inferior de 5.368 kcal/m^3 , gerando potência frigorífica em torno de 311.000 kcal/h que alimentaria um sistema de refrigeração funcionando sob o princípio de ciclo de absorção de amônia, que pode ter Coeficiente de Desempenho de 0,5 a 1,0, podendo gerar no mínimo 155.000 kcal/h de potência frigorífica [16]. Assim sendo, acrescentando o sistema de absorção, aumentaria a capacidade de geração de água gelada em torno de 24,17%, sem acréscimo de consumo de energia elétrica.

Segundo informações de fabricantes [16], o custo de investimento (custo capital + custo de instalação + custo de serviços) de um sistema de refrigeração por absorção é igual ao custo de investimento de um sistema por compressão completo (*chiller* elétrico) de igual capacidade frigorífica. No caso da Leite Paulista, basicamente a diferença de investimento está na compra do combustor (custo capital + custo de instalação).

O custo operacional no caso de máquina de absorção é relativamente nulo, visto que usará como acionador o biogás (custo térmico que pode ser adotado como nulo, pois o calor residual oriundo da queima deste subproduto industrial é lançado ao ambiente, ou seja, desperdiçado). Enquanto que o *chiller* elétrico é operado com eletricidade, energia nobre ou de primeira espécie, cujo preço deve subir em vista da falta de investimento no setor elétrico em expansão (falta de oferta) e o risco iminente de falta de fornecimento de energia.

Considerações adotadas:

- O fator de conversão energético : $1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$ [16]
- Tarifa média consumida : $0,16 \text{ R\$/kWh} = 0,0001860 \text{ R\$/kcal}$ [16]
- Para uma capacidade de refrigeração de 155.000 kcal/h de água gelada a 1°C (para produção de $58 \text{ Nm}^3/\text{h}$ de biogás, considerando um Coeficiente de Desempenho $\text{COP}_a=0,5$ [16] para o sistema de refrigeração por absorção a ser acionado pelo biogás. Valor usual para o COP de sistema de absorção para a produção de frio situa-se entre 0,5 e 1,0) [16];
- Para o sistema de compressão de refrigeração por compressão de vapor (*chiller* elétrico), o Coeficiente de Desempenho $\text{COP}_c=2,0$ [16].
- Custo de manutenção e pessoal operacional do *chiller* elétrico por capacidade de refrigeração é de : $0,019 \text{ R\$/kWh (de frio)} = 0,0000223248 \text{ R\$/kcal}$ [16].
- Custo de manutenção e de pessoal de operação do sistema de refrigeração por absorção (por capacidade de refrigeração) : $0,016 \text{ R\$/kWh} = 0,0000186032 \text{ R\$/kcal}$ [16]

A seguir é utilizado um método simples para o cálculo do Tempo de retorno de Investimento. Tem-se assim os seguintes cálculos comparativos:

1. Energia elétrica anualmente consumida para produzir água gelada a 1° C, em caso de instalação do *chiller* elétrico = $\frac{\text{Capacidade frigorífica}}{\text{COP}_c} \times \text{Período de operação}$

$$\Rightarrow \frac{155.000 \text{ kcal/h}}{2} \times 8760 \text{ h/ano} = 678.900.000 \text{ kcal/ano}$$

2. Gasto anual com energia elétrica para produzir água gelada a 1°C, em caso de instalação do *chiller* elétrico : item 1 $\times$ tarifa de energia elétrica praticada $\Rightarrow$
 $\Rightarrow 678.900.000 \text{ kcal/ano} \times 0,0001860 \text{ R\$/kcal} = 126.306,97 \text{ R\$/ano}$

3. Gasto anual com manutenção e pessoal de operação, em caso de instalação do *chiller* elétrico:

$$\Rightarrow 155.000 \text{ kcal/h} \times 8760 \text{ h/ano} \times 0,0000223248 \text{ R\$/kcal} = 30.312,61 \text{ R\$/ano}$$

4. Gasto anual total em caso de instalação de *chiller* elétrico (item 2 + item 3):

$$126.306,97 \text{ R\$/ano} + 30.312,61 \text{ R\$/ano} = 156.619,59 \text{ R\$/ano}$$

5. Gasto anual com energia elétrica se o sistema de refrigeração por absorção for instalado (neste caso, a Leite Paulista terá um pequeno gasto com eletricidade, já que o sistema de absorção consome apenas cerca de 5% da energia do sistema elétrico) [16]:

$$(5/100) \times 126.306,97 \text{ R\$/ano} = 6.315,34 \text{ R\$/ano}$$

6. Gasto anual com manutenção e pessoal de operação se o Sistema de Absorção for instalado:

$$155.000 \text{ kcal/h} \times 8760 \text{ h/ano} \times 0,0000186032 \text{ R\$/kcal} = 25.259,42 \text{ R\$/ano}$$

7. Gasto anual total no caso de instalação de Sistema de Absorção (item 5 + item 6):

$$6.315,34 \text{ R\$/ano} + 25.259,42 \text{ R\$/ano} = 31.574,77 \text{ R\$/ano}$$

8. Receita (economia) anual devido a instalação do Sistema de Absorção em vez de *chiller* elétrico (item 4 – item 7), conforme mostrada na Figura 3.4:

$$156.619,59 \text{ R\$/ano} - 31.574,77 \text{ R\$/ano} = 125.044,81 \text{ R\$/ano}$$

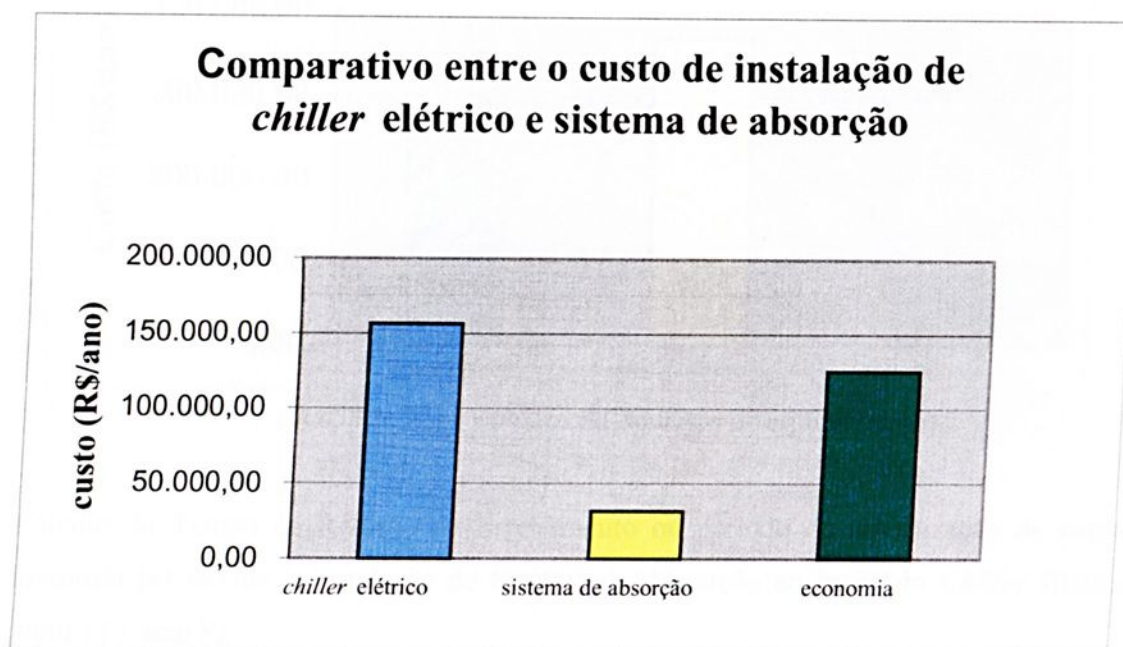


FIGURA 3.4: Economia anual obtida pela instalação de sistema de absorção em vez de *chiller* elétrico

9. Investimento necessário em caso de optar por instalação de *Chiller* Elétrico (sem nenhuma receita ou economia devido a energia elétrica) : R\$ 280.000,00
10. Investimento necessário em caso de optar por instalação de Máquina de Absorção (implicando numa receita anual, conforme item 8) : R\$ 370.000,00
11. Diferença de investimento (item 9 – item 10), conforme mostrada na Figura 3.5 :
- $$\text{R\$ } 370.000,00 - \text{R\$ } 280.000,00 = \text{R\$ } 90.000,00$$

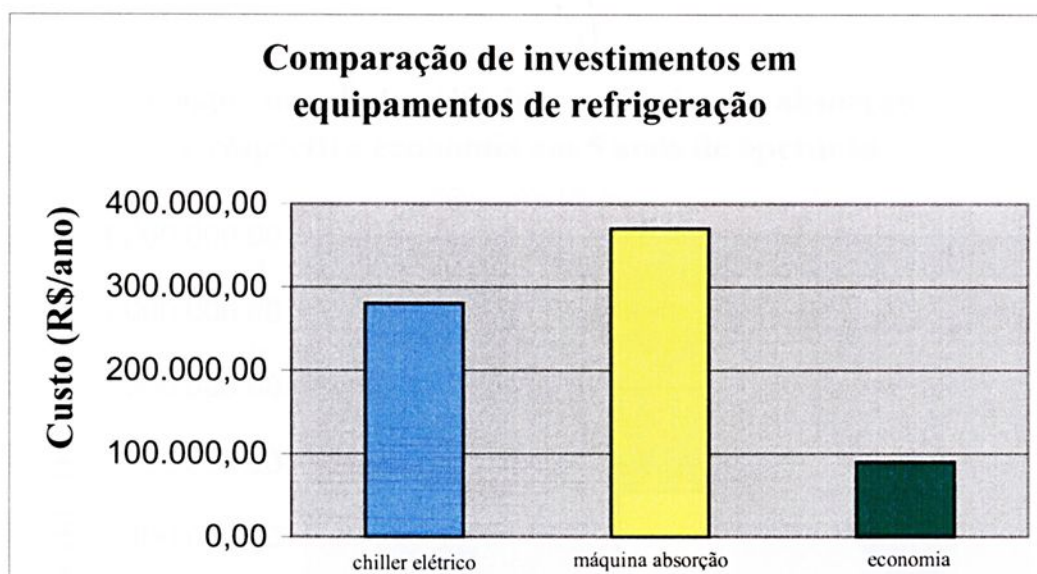


FIGURA 3.5: Comparação do custo de equipamentos

12. Cálculo do Tempo de Retorno de Investimento ou período de amortização de capital investido (k) devido a instalação de Sistema de Absorção ao invés do *Chiller* Elétrico (item 11 / item 8):

$$k = 90.000 \text{ R\$} / (125.044,81 \text{ R\$/ano}) = 0,72 \text{ anos}$$

$$\text{Tempo de retorno de investimento} = 8,64 \text{ meses}$$

13. Demonstrativo da receita devido a economia efetuada nos gastos com potência frigorífica depois de 5 anos:

- (a) Gasto no caso *Chiller* Elétrico (item 9 + 5 vezes o item 4) :

$$\text{R\$ } 280.000,00 + (5 \text{ anos} \times 156.619,59 \text{ R\$/ano}) = \text{R\$ } 1.063.097,95$$

- (b) Gasto no Caso de Máquina de Absorção (item 10 + 5 vezes item 7):

$$\text{R\$ } 370.000,00 + (5 \text{ anos} \times 31.574,77 \text{ R\$/ano}) = \text{R\$ } 527.873,85$$

- (c) Economia em 5 anos de operação se a opção for para máquina de absorção (item a – b), conforme mostrada na Figura 3.6:

$$\text{R\$ } 1.063.097,95 - \text{R\$ } 527.873,85 = \text{R\$ } 535.224,10$$

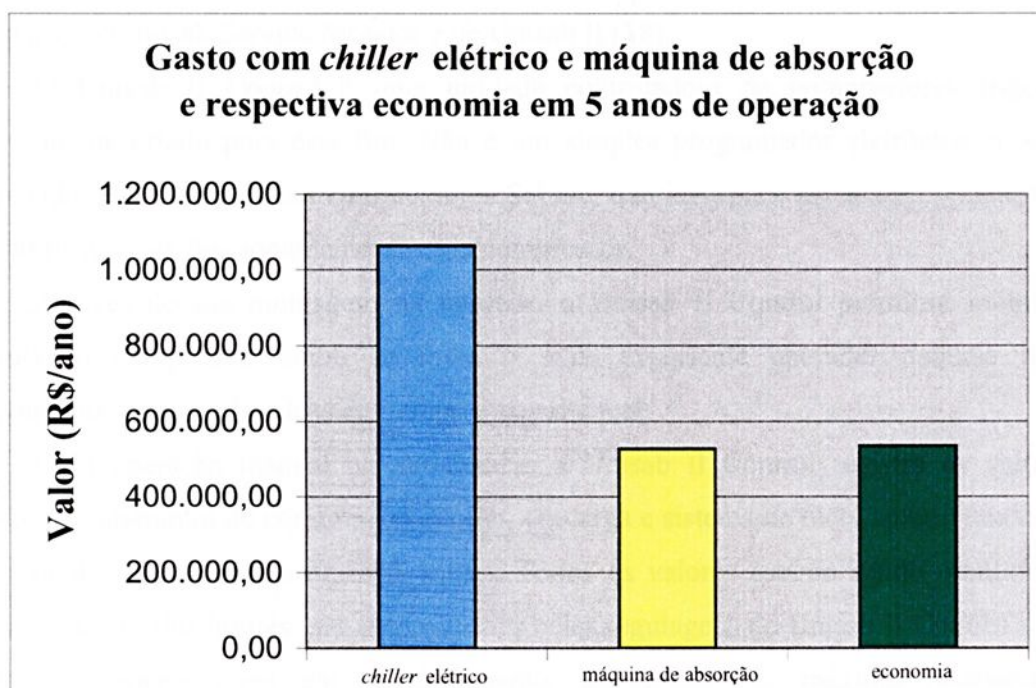


FIGURA 3.6: Comparação dos custos de operação entre os sistemas

3.5 Análise econômica para automatização dos atuais compressores de refrigeração da sala máquinas

Verificou-se também a viabilidade de instalação de um sistema de monitoramento dos compressores de modo a reduzir a operação de compressores em carga parcial. Em cargas parciais os compressores tem rendimentos baixos e implicam em maior consumo de eletricidade. Para a unidade de Guaratinguetá, será proposta a instalação de um sistema contendo UNISAB II e COMSAB II.

Ao analisar os dados obtidos dos compressores e da produção de água gelada, notou-se que os parâmetros se mantiveram, a produção segue o mesmo comportamento tanto em volume quanto em suas características, assim com este mesmo perfil associado aos mesmos equipamentos e processos durante os últimos anos.

O sistema de controle desenvolvido pela Sabroe, é constituído pelo *Unisab II*, *Comsab II* e *Mastersab*, sendo estes itens de estrutura dedicada ao controle de compressores frigoríficos. Foi realizada uma consulta na área comercial da York Refrigeration, que atualmente incorporou a Sabroe, e obtido orçamento do sistema contendo 10 unidades de

UNISAB II e I COMSAB II para formalização da proposta à Leite Paulista para implantação do sistema Mastersab Service Monitor e de Unisab II [18].

O Unisab II Control é uma unidade controladora de compressores frigoríficos especialmente criado para este fim. Não é um simples programador eletrônico, e sim um computador especializado em compressores Sabroe, que incorpora em sua programação toda uma otimização de funcionamento de cada compressor.

Através de sua montagem na unidade, o Unisab II Control permitirá monitorar e controlar o compressor como se fosse o mais experiente operador daquele tipo de equipamento, acompanhando-o em tempo integral e real.

Com operação manual ou automática, o Unisab II Control registra os valores de pressão e temperatura do compressor, sucção, descarga e sistema de óleo, apresentando-os em um visor de cristal líquido de fácil leitura. Todos os valores estarão sendo monitorados e mantidos dentro dos limites pré-determinados pelas regulagens do Unisab II Control a fim de manter os compressores em funcionamento, procurando ao máximo protege-los de funcionamentos anormais.

O Unisab II Control faz as seguintes leituras:

- Pressão de sucção;
- Pressão de descarga;
- Pressão de óleo lubrificante;
- Pressão diferencial em filtros de óleo (em compressores parafuso);
- Pressão estágio intermediário (em compressores duplo estágio);
- Temperatura da sucção;
- Temperatura da descarga;
- Temperatura do óleo lubrificante;
- Temperatura do estágio intermediário (em compressor de duplo estágio);
- Temperatura de superaquecimento da sucção;
- Temperatura de superaquecimento da descarga;
- Temperatura das soluções resfriadas;
- Corrente do motor elétrico (cliente deve fornecer transformador de corrente);
- Horas de funcionamento.

Todos estes valores, lidos pelo Unisab II Control, irão possuir valores máximos e mínimos para advertências e desarmes do compressor, com indicação instantânea em seu



visor. Assim você poderá saber quando algum ponto fugir de seu valor normal através de uma indicação de advertência ou pela imobilização do compressor para sua proteção [18].

O Unisab II Control sempre informa, através de uma mensagem em seu visor, qual a situação que seu compressor se encontra:

- Parado;
- Em fase de partida;
- Funcionando;
- Interrompido;
- Em sobrecarga;
- % de capacidade;
- Aumentando ou diminuindo a capacidade;
- Limitando as capacidades.

O Unisab II Control possui uma função chamada “limitadora” que sempre evitará que o compressor desarme por baixa pressão de sucção, alta pressão de descarga ou alta corrente do motor, reduzindo sua capacidade e mantendo estes valores dentro da segurança, até que sejam solucionados os problemas. Caso contrário, o UNISAB II interromperá o funcionamento.

O Unisab II Control controlará os estágios de capacidade do compressor, através de pontos de ajuste pré-determinados, procurando manter seu funcionamento no melhor ponto possível para a carga térmica da obra, otimizando seu funcionamento, conseqüentemente reduzindo o consumo de energia, mantendo-o operando em condições ideais, reduzindo desgastes e desequilíbrios anormais.

O controle de capacidade poderá ser realizado pelos seguintes pontos individualmente:

- Pressão de sucção;
- Pressão de descarga;
- Corrente do motor elétrico;
- Temperatura de solução resfriada;
- Entrada externa (4 a 20 mA);
- (todos com 2 pontos opcionais de ajuste).

Além de suas funções de controle, o Unisab II Control substitui os quadros de comando dos compressores, permitindo a compactação de casa de máquinas, pela eliminação de painéis elétricos analógicos para a realização das mesmas funções descritas [18].



Para o caso da Leite Paulista, onde a casa de máquinas possui vários compressores montados em um sistema, é possível através da instalação dos Unisab II realizar a operação de todas as unidades automaticamente.

Através da simples interligação, por meio de um único cabo co-axial entre os UNISAB's, pode-se obter o funcionamento seqüencial dos compressores, que além das funções já descritas, para cada compressor pode-se:

- Definir através de simples programação, a seqüência de partida entre os compressores, para controle de horas de funcionamento;
- Checar a qualquer momento o estado de funcionamento de todos os compressores, pela tela de um único Unisab II;
- Através da definição de um compressor como líder, e os demais como escravos, otimizar o funcionamento das unidades, operando somente aquelas que realmente sejam necessárias para a carga térmica da planta, reduzindo o número de máquinas em operação, reduzindo o consumo de energia;
- Segurança na operação da planta. Caso algum compressor venha a desarmar por algum motivo, o sistema elege automaticamente um substituto do mesmo sistema, partindo e mantendo-o na mesma posição do substituído;
- Escalonamento das capacidades dos compressores de maneira a evitar a parada/partida sucessivas de compressores, com a melhor otimização de sua utilização;
- Interligação entre até 14 compressores em 14 sistemas diferentes.

Compressores com Unisab II individual ou interligados em rede podem ser monitorados através de microcomputadores tipo PC em sala externa. O programa de supervisão, apresenta em telas especialmente preparadas, o estado de funcionamento de sua casa de máquinas como um todo, e também isoladamente para cada compressor, indicando instantaneamente todos os valores lidos pelo(s) Unisab II (s) [18].

Tal sistema permite que apenas um operador monitore todos os seus compressores, em local fora da casa de máquinas. Será possível ainda registrar e arquivar os dados de funcionamento da planta a cada 10 segundos, permitindo a criação de curvas de funcionamento, estatísticas de desarmes, etc.

O módulo de serviço do sistema indicará na tela as datas de intervenção de manutenção periódica para cada compressor, através da monitoração das horas de funcionamento de cada unidade. Tudo isto através do módulo de comunicação Comsab II, que

receberá os dados enviados pelos Unisab II, transmitindo-os para um microcomputador tipo comercial (padrão 486) [18]. A Figura 3.7 mostra o esquema de ligação de todo o sistema de supervisionamento e controles da Sabroe.

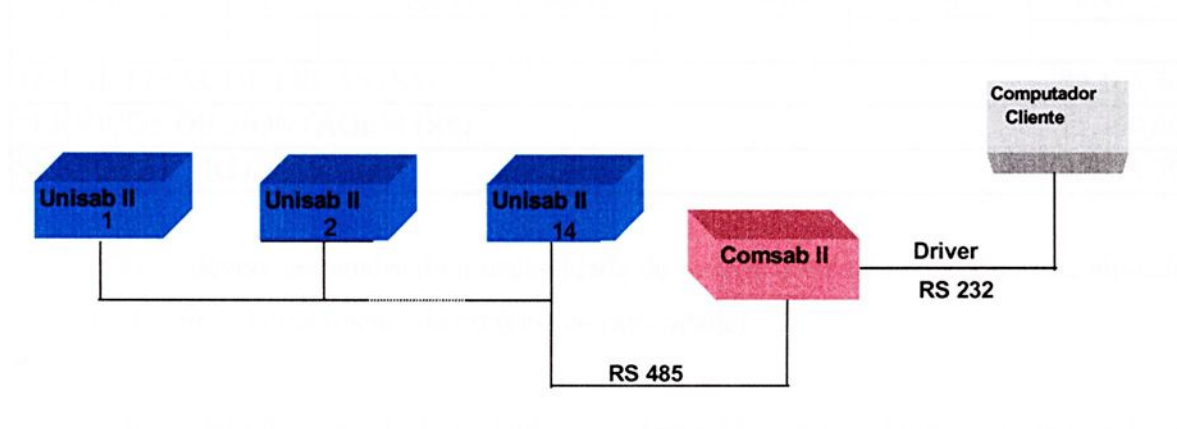


FIGURA 3.7 : Esquema de ligação dos equipamentos de controle da Sabroe

Na unidade fabril de Guaratinguetá, os compressores que utilizam a amônia como fluido de trabalho, operam em paralelo, existindo portanto a possibilidade do deslocamento das cargas mediante a otimização da operação dos equipamentos envolvidos, através da supervisão e controle proporcionado pelo sistema apresentado acima.

De acordo com o trabalho realizado por Dias [19], partindo-se da hipótese de que a operação dos compressores modelo 108S em funcionamento fosse equivalente ao compressor U-26, cujo rendimento isoentrópico foi de 79,4% com vazão em massa igual a 0,162 kg/s, seria possível desligar os compressores U-24 e U-25, que operam em capacidade parcial e que cujos motores elétricos apresentam um fator de carga inferior a 70%. Tal medida corresponderia à redução de aproximadamente 60 kW elétricos, proporcionado mais economia e uso racional de energia.

Tendo em vista este cenário, as Tabelas 3.1 e 3.2 apresentam o investimento em equipamentos e a Tabela 3.9 o retorno proveniente da redução de despesas com a energia elétrica.

A seguir é apresentado a proposta comercial da *York Refrigeration* para instalação de 10 UNISAB's na sala de máquinas da empresa Leite Paulista, sistema este compatível para os modelos de compressores utilizados para geração de frio, sendo atualmente a Sabroe incorporada pela *York Refrigeration*.

TABELA 3.1 : Investimentos em equipamentos Unisab II

Código Sabroe	Qtd	Descrição	Unisab II e Acessórios	Impostos Adicionais	Total com Imposto
0001+987	10	Conjunto Unisab II	8.416,57	2%	8.416,57
TOTAL FINAL DE PEÇAS (R\$)					84.165,70
SERVIÇOS DE MONTAGEM (R\$)					15.750,00
SUBTOTAL (R\$)					99.915,70

Obs. : deverá ser analisado a necessidade de instalar e/ou substituir a partida aliviada nos compressores (acionamento de estágios de capacidade).

Para instalação Comsab II, implantação software Mastersab, a proposta comercial foi a descrita na Tabela 3.2.

TABELA 3.2 : Investimentos em equipamentos Comsab II e Mastersab II

Código Sabroe	Qtd	Comsab II	Software	Imposto Adicionais	Total com Imposto
1572+019	1	6.835,75		5%	7.177,54
1572+998	1		8.956,33	0%	8.956,33
Serviço de Implantação -					2.000,00
SUBTOTAL (R\$)					18.133,87

TOTAL (R\$)	(Tabela 3.1 + Tabela 3.2)	118.049,57
--------------------	----------------------------------	-------------------

Fonte: York Refrigeration – setembro/2001

Como já mencionado anteriormente, a fábrica funciona em média 624 horas por mês, sendo 78 horas no horário de ponta e 546 horas no horário fora de ponta, sendo a tarifação horosazonal A4. A Tabela 3.3 mostra a energia elétrica anualmente economizada com uso do controle automático dos compressores, discriminando os valores de consumo e demanda na ponta e fora de ponta, e ao final a soma destas duas parcelas que resultam nos totais gastos. Estão identificados os horários de ponta e fora de ponta, além dos períodos úmido e seco, tendo em vista a tarifação diferenciada devido ao sistema energético do Brasil, predominantemente gerado via hidreletricidade.

TABELA 3.3 : Economia anual de energia elétrica

Descrição	horário / período	tarifa (R\$/kWh)	horas (h)	potência (kW)	número de meses	TOTAL (R\$)
Consumo	Ponta Seca	0,12211	78	60	7	4000,32
	Fora de Ponta Seca	0,05896	546	60	7	13520,70
	Ponta Úmida	0,11399	78	60	5	2667,36
	Fora de Ponta Úmida	0,05139	546	60	5	8417,68
TOTAL 1 (R\$)						28606,07
Descrição	horário	tarifa * (R\$/kW)		potência (kW)	número de meses	TOTAL (R\$)
Demanda	ponta	18,63		60	12	13413,60
	fora ponta	6,21		60	12	4471,20
TOTAL 2 (R\$)						15861,60

TOTAL 1 + TOTAL 2 (R\$) 46490,87

* Fonte de Tarifas: Empresa Bandeirante de Energia S.A. - junho de 2001.

O cálculo do tempo de retorno de investimento simplificado (TRI) leva em conta o valor do investimento e a economia anual de energia elétrica obtida.

TRI = $\frac{\text{R\$ 118049,57}}{\text{R\$ 46490,87 / ano}}$ = 2,54 anos

A partir do investimento em equipamentos e das receitas anuais devido à economia de energia elétrica, compõe-se o fluxo de caixa para um determinado período. Para uma melhor precisão desses prazos, pode-se lançar mão de uma metodologia financeira específica para este fim [20].

CAPÍTULO 4

AValiação DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS DE VAPOR E DA SUBSTITUIÇÃO DO COMBUSTÍVEL DAS CALDEIRAS

4.1 Introdução

A Leite Paulista possui 2 caldeiras flamotubulares com capacidade de produção de 8500 kg/h e 10000 kg/h.

As caldeiras flamotubulares são aquelas em que os gases de combustão passam no interior de tubos ou serpentinas submersas em água. As caldeiras flamotubulares geram somente vapor saturado, uma vez que este sai de um vaso com água líquida até pelo menos sua metade, sem receber qualquer aquecimento posterior [21].

As caldeiras, em operação no laticínio Paulista, são do tipo naval escocesa que é o modelo mais comum e consiste de um cilindro, por onde ocorre a combustão imerso na água e com tubos que permitem a saída dos gases de combustão, dentro de outro cilindro maior onde estão contidos todos estes elementos. Este vaso externo é o determinante da pressão de operação, quanto maior a espessura da chapa maior a pressão e o custo.

A avaliação de todo o sistema de geração e distribuição de vapor numa indústria deve ser realizada de tal modo a diagnosticar pontos de melhoria de eficiência energética.

A manutenção adequada e o ajuste das caldeiras pode conduzir a diferenças substanciais no consumo de combustível. A eficiência da combustão de evitar possíveis falhas merecem uma especial atenção para operar o equipamento com um bom rendimento [21].

A eficiência da combustão é uma medida que indica quão efetivamente o calor contido no combustível tem sido transferido para o processo de combustão ao vapor gerado. Fatores como atomização do combustível, fluxo de ar e temperatura de combustão afetam esta eficiência.

Outro fator que pode afetar a eficiência da caldeira é a facilidade com que o calor se transfere dentro da mesma. Neste sentido, incrustações ou depósitos sobre os tubos podem provocar um efeito isolante diminuindo a troca de calor. Tratamentos adequados de água para prevenir incrustações de sais no interior da caldeira são essenciais para manter a eficiência de



operação. Assim mesmo, o lado dos tubos da caldeira, expostos aos gases de combustão, se deve manter limpo de qualquer depósito de material.

É conhecido que grandes perdas de energia em uma linha de vapor ocorram por fugas nas junções das tubulações, válvulas ou soldas. Um aumento importante dos custos geralmente se deve a pequenas fugas, aparentemente sem importância, que não são reparadas por não ser consideradas sérias em termos de custo ou por tempo necessário para sua reparação.

A operação eficiente de qualquer sistema de vapor requer purgadores para o condensado bem definidos e com manutenções periódicas. Somente desta forma o vapor condensado e o ar serão removidos de forma automática tão rapidamente quando se acumularem, sem desperdiçar vapor.

4.2 - Carta de custo de vapor

Os custos dos combustíveis e a eficiência da caldeira afetam o custo do vapor que se produz em uma planta.

A carta de custo de vapor, Figura 4.1, permite a comparação dos equipamentos geradores de vapor que usam combustíveis distintos, assim como avaliar a economia que se pode obter mediante a eficiência de um mesmo equipamento [22].

A linha pontilhada do gráfico indica, por exemplo, as formas de estabelecer o preço da tonelada de vapor para um valor dado de combustível utilizado, indicando o preço no eixo vertical.

Variações na eficiência podem ser avaliadas, considerando os deslocamentos que ocorrem no ponto de intercessão da linha horizontal, que indicam o preço vigente com o deslocamento das situações de eficiência.



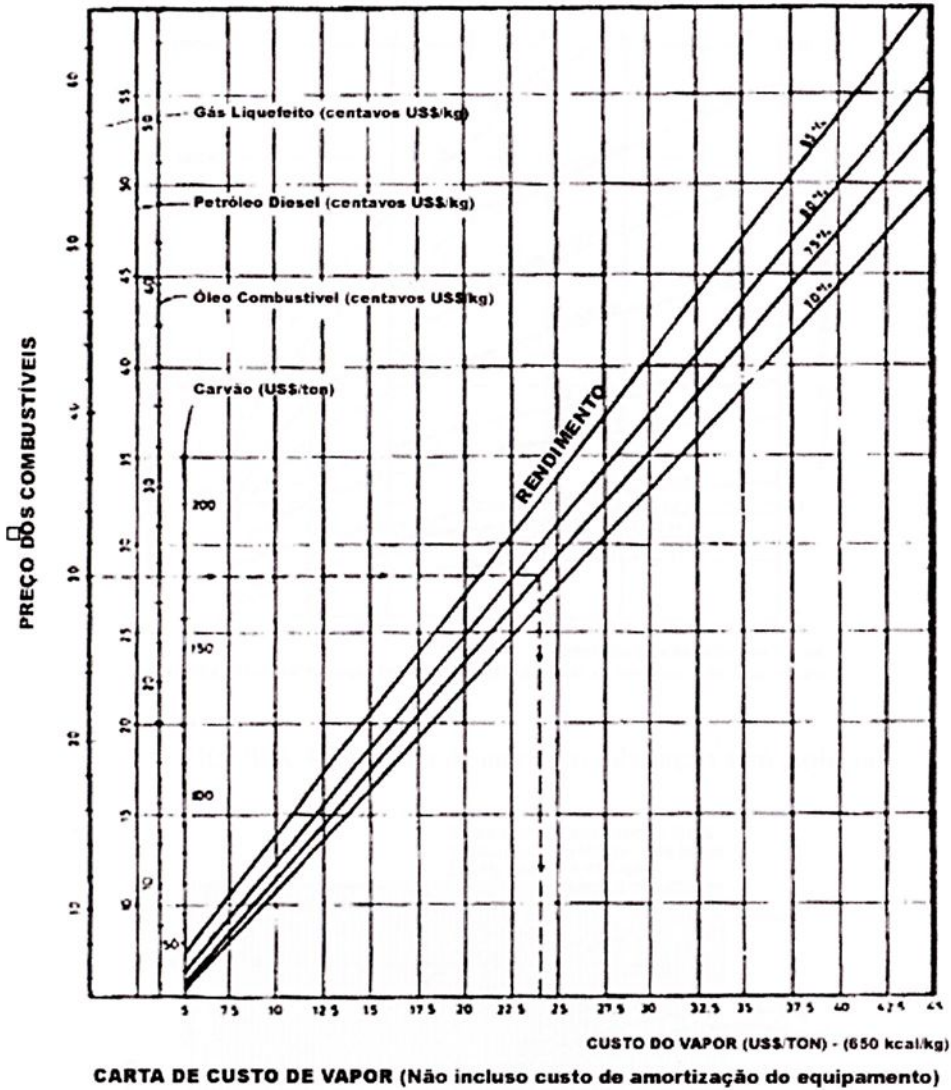


FIGURA 4.1 : Carta de custo de vapor [22]

4.3 Isolação de tubulação de vapor

As tubulações de vapor sem isolamento são uma constante fonte de perda de energia. A isolamento adequada pode reduzir significativamente estas perdas, contribuindo para assegurar uma pressão apropriada de vapor no equipamento utilizado. As Figuras 4.2 e 4.3 [22] indicam as perdas aproximadas por uma tubulação sem isolamento e as perdas de energia ocorridas em junções e válvulas sem isolamento, onde é possível recuperar 90% da energia mediante isolamento [22]. Para conversão, as perdas de energia contida em 1 kg de vapor é aproximadamente de 650 kcal/kg.

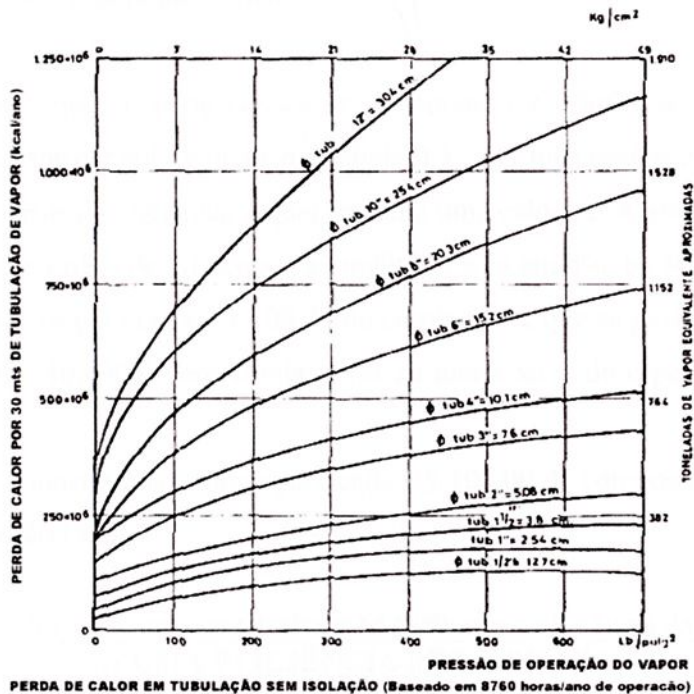


FIGURA 4.2 : Perda de calor em tubulação sem isolação

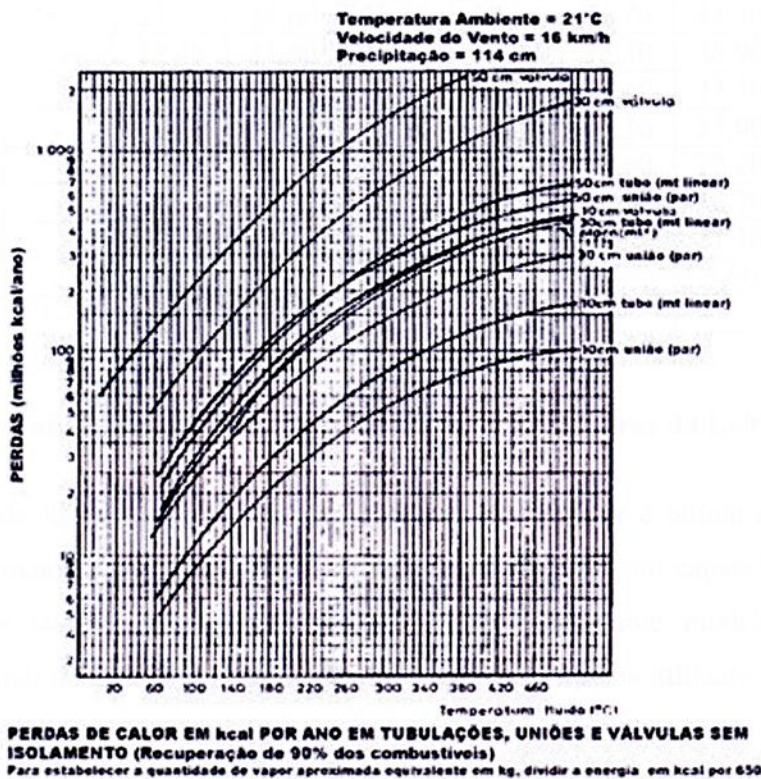


FIGURA 4.3 : Perdas de calor por ano em tubulações

4.4 Melhoria de eficiência da caldeira

As economias que se pode conseguir melhorando a eficiência das caldeiras estão mostradas de forma aproximada através da Tabela 4.1, que relaciona o efeito econômico de melhorar a porcentagem de eficiência a qual trabalha uma caldeira. Assim, por exemplo, uma caldeira que opera com 65% de eficiência, ao melhorar esta em 5%, ou seja, passando a 70%, se economizará R\$ 7,10 para cada R\$ 100,00 de combustível que se gastavam anteriormente, assim, se gastava R\$ 40.000,00 em combustível ao ano e se pode esperar economia de R\$ 2840,00 ao ano [22].

A Tabela 4.1 mostra a economia para cada R\$ 100,00 de combustível usado mediante melhoria na combustão (R\$).

TABELA 4.1 : Economias possíveis ao melhorar a eficiência da caldeira.

Eficiência original	A UMA EFICIÊNCIA MELHORADA DE:								
	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %
50 %	9.10	16.7	23.10	28.60	33.30	37.50	41.20	44.40	47.40
55 %	-	8.30	15.40	21.50	26.70	31.20	35.30	38.90	42.10
60 %	-	-	7.70	14.30	20.00	25.00	29.40	33.30	37.80
65 %	-	-	-	7.10	13.30	18.80	23.50	27.80	31.60
70 %	-	-	-	-	6.70	12.50	17.60	22.20	26.30
75 %	-	-	-	-	-	6.30	11.80	16.70	21.10
80 %	-	-	-	-	-	-	5.90	11.10	15.8
85 %	-	-	-	-	-	-	-	5.60	10.50
90 %	-	-	-	-	-	-	-	-	5.30

4.5 Análise econômica para troca de combustível das caldeiras da Leite Paulista

Na unidade fabril da Leite Paulista, a produção de vapor é obtida de uma caldeira flamotubular fabricada pela ATA Combustão, Modelo MP-812, com capacidade nominal de 8500 kg/h. Existe também uma outra unidade do mesmo fabricante, modelo MP-813, com capacidade nominal de 10000 kg/h que opera em *stand by*, ambas utilizam atualmente óleo combustível 1A.

As principais características das caldeiras ATA MP 812 e ATA 813 utilizando gás natural como combustível estão mostradas na Tabela 4.2.

TABELA 4.2 : Características das caldeiras ATA MP 812 e ATA MP 813

CARACTERÍSTICAS	MODELO MP 812	MODELO MP 813
Capacidade	8.500 kg/h	10.000 kg/h
Pressão de operação	15,8 kgf/cm ²	14,0 kgf/cm ²
Combustível	Gás Natural	Gás Natural
PCI do combustível	9,050 kcal/Nm ³	9,050 kcal/Nm ³
Vazão de gases	3,053 kg/s	3,592 kg/s
Temperatura de entrada dos gases	250 °C	250 °C
Temperatura de saída dos gases	86,01 °C	75,4 °C
Teor de CO ₂	10 %	13,21%
Vazão de água	2,361 kg/s	2,778 kg/s
Temperatura entrada de água	20 °C	20 °C
Temperatura de saída de água	76,39 °C	80,0 °C
Pressão	16,8 bar	15,0 bar
Tubos	Aletados	Aletados
Diâmetro dos tubos	38,1 mm	38,1 mm
Comprimento dos tubos	2.400 mm	2.400 mm
Tubos cruzados	6	6
Tubos paralelos	8	10
Calor transferido	482.804 kcal/h	604.064 kcal/h

Fonte: AALBORG Industries – Jun/2001

A adaptação possibilitará que a caldeira passe a utilizar gás natural no sistema de combustão, sendo que o sistema de óleo existente será mantido para eventual falha no fornecimento de gás natural [23].

O programador e o sensor de chama existentes seriam substituídos por outros com características de funcionamento e segurança adequados ao funcionamento com gás combustível. O sistema de ignição seria a gás natural quando da queima deste combustível, permanecendo o sistema de ignição a diesel existente quando da utilização de óleo combustível. O combustor existente seria adequado a queima mista de óleo combustível ou gás natural de forma alternada, sendo mantidas a capacidade térmica e demais características funcionais assegurando ótimo desempenho tanto na combustão do gás quanto do óleo. [23]

O combustor adequado seria do tipo atomização por fluido auxiliar (vapor ou ar comprimido). Desta forma numa eventual falta de gás natural, a substituição do queimador poderá ser realizada em aproximadamente 30 minutos, estando a caldeira pronta para a queima de óleo combustível, desde que todo o sistema de óleo esteja nas condições de operação [23]. A Tabela 4.3 mostra a comparação entre o consumo de combustíveis.

TABELA 4.3 : Consumo de combustíveis

MODELO	GÁS NATURAL	ÓLEO 1A
MP 812	806 Nm ³ /h	638 kg/h
MP 813	949 Nm ³ /h	751 kg/h

Fonte: AALBORG Industries – Jun/2001

O poder calorífico inferior (PCI) do óleo combustível 1A considerado para o cálculo do consumo foi de 9.750 kcal/kg, porém as características do gás deverão ser confirmadas na ocasião da execução do serviço para efeito de projeto do sistema [23]. O poder calorífico inferior do gás natural é de 9.050 kcal/Nm³, pressão considerada a montante do filtro de 1,0 a 2,0 kg/cm², e densidade (ar = 1,0) de 0,61. A Tabela 4.4 mostra as características de composição do gás natural.

TABELA 4.4 : Composição volumétrica do gás natural

Metano (CH ₄)	89,35 %
Etano (C ₂ H ₆)	8,03 %
Propano (C ₃ H ₈)	0,78 %
Butano (C ₄ H ₁₀)	0,07 %
Pentano (C ₅ H ₁₂)	0,01 %
Dióxido de Oxigênio (CO ₂)	0,48 %
Nitrogênio (N ₂)	1,28 %

Fonte: AALBORG Industries – Jun/2001

Deve-se considerar do custo operacional das caldeiras nas condições atuais, que inclui custo de combustível, mão-de-obra, manutenção e outros. A Tabela 4.5 apresenta os resultados da avaliação operacional, em termos de percentual de custos.

TABELA 4.5 : Avaliação operacional do gerador de vapor do laticínio

Descrição	Custo da operação
Aquecimento de tanque, bombeamento, aquecimento final e atomização à vapor	2,9 %
Manutenção com limpeza e manutenção do queimador	0,5 %
Manutenção de bombas, aquecedores e tanques	0,8 %
Encargo financeiro / estocagem	2,0 %
Controle ambiental, controle de emissão de poluentes, multas, lavador de gases	1,5 %
Redução de excesso de ar (20%)	1,4 %
TOTAL	9,1 %

Fonte: AALBORG Industries – abril/2001

A situação a ser analisada será a da substituição do combustível, no caso em questão o óleo combustível pelo gás natural. Na Tabela 4.6 encontram-se os valores referentes aos investimentos para transformar as caldeiras para gás natural e na eventual falta do mesmo para que esta possa operar com óleo BPF, através da substituição do queimador.

TABELA 4.6 : Investimentos para a troca do combustível das caldeiras

MATERIAIS / SERVIÇOS	CUSTO (R\$)
Transf. MP 812	39.130,00
Mão-de-obra	7.960,00
Transf. MP 813	41.565,00
Mão-de-obra	7.960,00
PAINEL ELÉTRICO	16.400,00
TOTAL	113.015,00

Fonte: AALBORG Industries – abril/2001

O volume de gás natural (Vgn) necessário para substituir o volume de óleo BPF (considerando 10% a mais no volume para compensar a diferença de transferência de calor por radiação) [23], utilizado atualmente pelas caldeiras é calculado da seguinte forma:

$$V_{gn} = (233.000 \text{ kg/mês} \times 9.750 \text{ kcal/kg}) / 9050 \text{ kcal/m}^3 = 251.022 \text{ m}^3/\text{mês} \quad (1)$$

O volume de gás natural (V_{gn}), necessário para substituir o volume de GLP, utilizado atualmente pelo refeitório e pelos laboratórios é calculado da seguinte forma:

$$V_{gn} = (2.138 \text{ kg/mês} \times 11.800 \text{ kcal/kg}) / 9050 \text{ kcal/m}^3 = 2.788 \text{ m}^3/\text{mês} \quad (2)$$

O volume total necessário de gás natural do mês é (1) + (2) :

$$251.022 \text{ m}^3/\text{mês} + 2.788 \text{ m}^3/\text{mês} = 253.810 \text{ m}^3/\text{mês}$$

O estudo comparativo entre o custo dos combustíveis, óleo BPF e gás natural, incluindo o valor gasto com GLP, é mostrado na Tabela 4.7.

TABELA 4.7 : Comparativo entre combustíveis sem desconto

Descrição	Óleo BPF 1A	Gás Natural sem desconto
Custo de Aquisição + Frete (R\$/kg ou m ³)	0,38064	0,3643
Custo de Operação (R\$)	0	0
Custo Final (R\$/kg ou m ³)	0,38064	0,3643
Volume (kg ou m ³ / mês)	233.000	251.022
Custo final / mês – (Subtotal)	88.689,12	91.447,35
Gasto (R\$) com GLP (refeitório + Laboratórios)	3.040,45	1.015,54
CUSTO FINAL / MÊS – (TOTAL)	91.729,57	92.462,89

Fonte: AALBORG Industries – abril/2001

A Comgas oferece desconto mensal de forma a amortizar o investimento realizado com os queimadores. Este desconto finalizará após 18 meses quando o preço do gás natural

será de R\$ 0,36430 / m³ atrelado ao preço do BPF por 5 anos [23]. Considerando a proposta da Comgas os valores seriam os seguintes:

$233.000 \text{ kg BPF/mês} \times 18 \text{ meses} = 4.194.000 \text{ kg (quantidade gasta em 18 meses)}$

Portanto, o valor do desconto a ser considerado por m³ de gás natural será:

$\text{R\$ } 92.462,89 / 4.194.000 = \text{R\$ } 0,022046 / \text{m}^3$

Ou seja, a tarifa a ser praticada por 18 meses seria:

$\text{R\$ } 0,36430 / \text{m}^3 - \text{R\$ } 0,022046 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 0,34225 / \text{m}^3 \text{ de gás natural.}$

O custo, agora, com os valores com desconto do gás natural é mostrado na Tabela 4.8 e no gráfico da Figura 4.4, tendo assim um comparativo entre os custos dos combustíveis analisados.

TABELA 4.8 : Comparativo entre combustíveis com desconto

Descrição	Óleo BPF 1A	Gás Natural com desconto
Custo de Aquisição + Frete (R\$/kg ou m³)	0,38064	0,34170
Custo de Operação (R\$)	0	0
Custo Final (R\$/kg ou m³)	0,38064	0,34225
Volume (kg ou m³ / mês)	233.000	251.022
Custo final / mês (Subtotal)	88.689,12	85.912,28
Gasto (R\$) com GLP (refeitório + Laboratórios)	3.040,45	954,19
CUSTO FINAL / MÊS – (TOTAL)	91.729,57	86.866,47

Fonte: AALBORG Industries – abril/2001



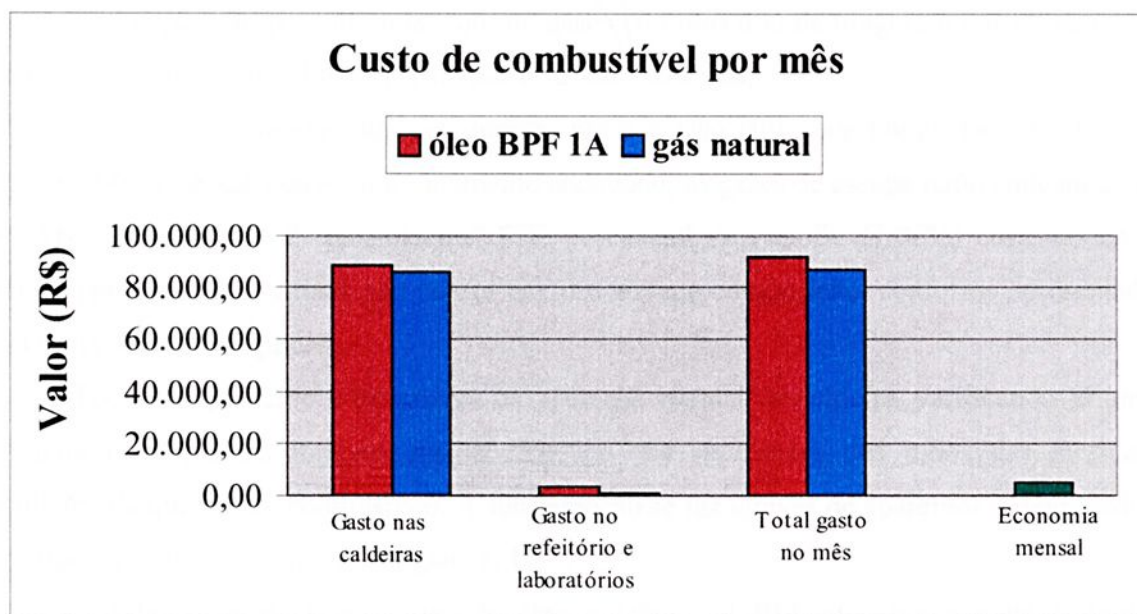


FIGURA 4.4: Comparativo entre os valores gastos dos combustíveis analisados

Assim sendo, haveria, nos 18 meses vigentes do desconto uma economia de R\$ 4.863,09 / mês na substituição dos combustíveis das caldeiras, perfazendo um total de R\$ 87.535,75 no final deste prazo, ou seja, 77,45% do investimento. Se a diferença entre o valor do gás natural e o óleo BPF for mantida, o tempo de retorno de investimento será de 1,93 anos, ou seja, 23,24 meses. A partir desta data, o gás natural passaria a custar R\$ 0,36430 / m³, independente do valor no óleo BPF no momento, porém atrelado a este a partir desta ocasião. O óleo em janeiro de 2000 custava R\$ 0,3461; em janeiro de 2001 custava R\$ 0,4520; e atualmente está em R\$ 0,4440, ou seja, 16,64 % mais caro que em abril de 2001.

Sendo economicamente viável a troca do energético das caldeiras, tem-se uma economia substancial no valor final gasto com combustível sem comprometer os índices de desempenho das caldeiras, visto que é considerado a diferença de transferência de calor por radiação [24] entre o combustível líquido e gasoso, ou seja, a queima do óleo combustível BPF e a queima de gás natural. Assim sendo, há necessidade de um consumo maior de gás para compensar esta perda, um valor prático estimado, segundo o fabricante da caldeira, é em torno de 10%.

Outro fator extremamente importante nesta conversão é a preservação do meio ambiente através dos gases emanados da combustão das caldeiras. Atualmente, com a utilização do óleo combustível, há formação de fuligem proveniente da combustão das

caldeiras, que por não possuírem lavador de gases ou outro tipo de tiragem todos os gases de escape espalham-se ao redor do prédio das referidas caldeiras.

Como o combustível utilizado atualmente é o óleo BPF, que possui teor de enxofre igual a 1,06 %, se não houver um tratamento adequado, os gases de escape terão concentração de SOx emanado, que é um poluente. Este percentual de enxofre (1,06%) corresponde a 10.600 ppm. Já o gás natural não possui enxofre em sua composição, conforme apresentado na Tabela 4.4 deste capítulo.

Toda este processo é decorrente da operação normal da caldeira, verificando-se uma contínua formação de fuligem que se deposita nas superfícies dos tubos das mesmas, resultante da queima do combustível. A sua remoção se faz através de aparelhos denominados ramonadores ou sopradores de fuligem. [21]

A fuligem formada pelo uso de óleo combustível BPF atua como meio isolante, dificultando a troca de calor dos gases com a água e o vapor. A sua remoção periódica, tanto na zona de radiação quanto na zona de convecção, é condição importantíssima, não somente no desempenho da caldeira como na preservação de material desta, evitando a corrosão e a erosão.

Assim sendo as caldeiras são fontes de poluição dentro da empresa, inclusive podendo comprometer o processo produtivo através da contaminação direta do produto, ou indireta, através de seu acúmulo e contaminação do ambiente fabril.

Há uma grande implicação da ramonagem com a emissão de fumaça negra. Todos os estados contam com uma legislação de proteção ao meio ambiente que contempla a emissão de fumaça negra.



CAPÍTULO 5

O PRINCIPAL SISTEMA CONSUMIDOR DE ENERGIA (MOTORES ELÉTRICOS) E A UTILIZAÇÃO DE MOTORES DE ALTO RENDIMENTO

5.1 - Introdução

Na área industrial da Leite Paulista, a energia elétrica é predominantemente consumida nos motores, utilizados para a movimentação mecânica de diversos tipos. Este capítulo visa trabalhar com os conceitos de engenharia econômica aplicados a conservação de energia, para que se tenha um estudo de viabilidade econômica na substituição dos atuais motores convencionais utilizados no laticínio por motores de alto rendimento. Conforme levantamento de cargas elétricas mostrado no anexo A deste trabalho, a maioria dos motores do laticínio está operando abaixo da sua capacidade nominal, influenciando no rendimento e fator de potência da fábrica.

Conforme mostrado na Tabela 1.2 do capítulo 1 deste trabalho, o consumo de motores representa 51% da energia consumida no setor industrial. De acordo com os fabricantes, 78% das vendas de mercado para este setor no Brasil são de motores de indução trifásicos. Considerando todos modelos trifásicos, 2% da capacidade instalada são inferiores a 1 hp, 38% são de 1 a 10hp, 26% de 10 a 40 hp, 14% entre 40 e 100 hp, 12% de 100 a 300 hp, e 8% com 300 hp [25].

Cerca de 24% dos motores utilizados pelas indústrias operam com cargas 50% abaixo de suas potências nominais: os motores representam 22,95% de todo o consumo de energia elétrica do país [26]. Este sobredimensionamento provoca a redução de eficiência efetiva do motor. Deste modo, um motor bem dimensionado proporcionará um consumo de energia devido à sua carga somente, não desperdiçando energia. Energia esta tão nobre principalmente face à crise de energia instaurada no país. Com isso, o consumo adequado dos motores provoca um efeito positivo na área de conservação de energia, pois seu dimensionamento correto também colabora para a disponibilização de potencial energético para ampliações da unidade fabril.



Os modelos eficientes fabricados no Brasil tem custos 40% superiores aos do tipo comum [27]. Todavia, os motores eficientes têm custo efetivo inferior quando avaliados pelo valor da energia economizada da ordem de 0,035 a 0,055 R\$/kWh [28]. O tempo de retorno do investimento simples é de 1 a 7 anos [27], dependendo do tamanho do motor e da tarifa de eletricidade praticada. Porém o custo inicial, a falta de familiaridade com a aplicação do modelo eficiente, a inexperiência neste tipo de venda (os motores eficientes normalmente não fazem parte do estoque de vendas dos distribuidores de motor) e a fraca infra-estrutura de bom atendimento ao consumidor no pós-venda, contribuem muito para reduzir a participação no mercado dos motores mais eficientes.

A Figura 5.1 [27] mostra a comparação da eficiência de motores elétricos convencionais e de alta eficiência tanto no Brasil quanto na América do Norte.

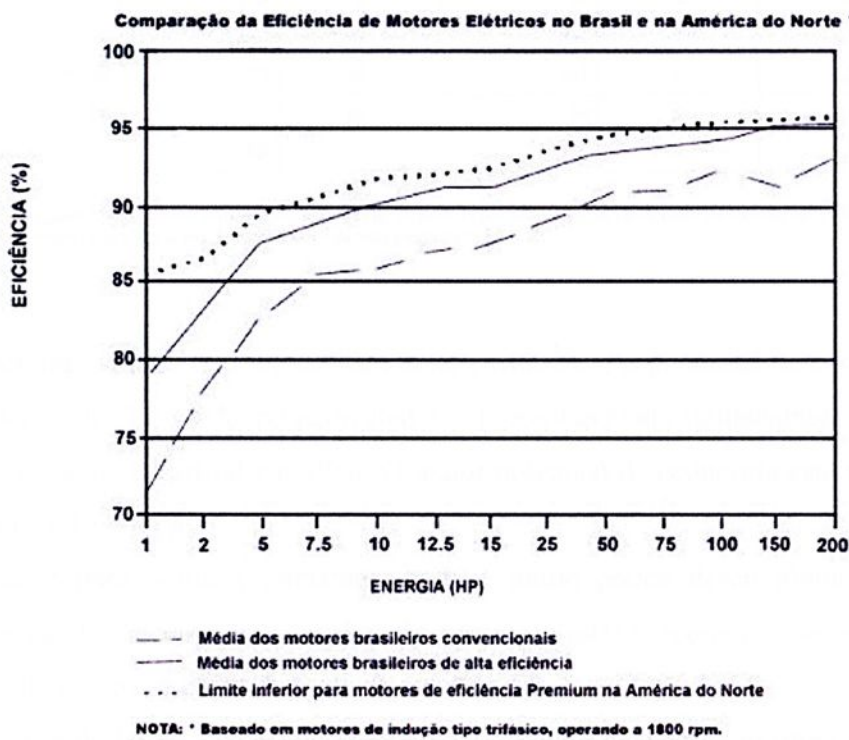


FIGURA 5.1: Eficiência de Motores Elétricos

Segundo o PROCEL é possível calcular a redução no consumo de eletricidade no setor industrial se fossem substituídos todos os motores existentes, eventualmente, por modelos mais eficientes.

A Tabela 5.1 apresenta os detalhes deste cálculo, assumindo que todos os motores são tão eficientes quanto os produtos da linha eficiente fabricados pela WEG.

TABELA 5.1: Economia de energia elétrica utilizando motores eficientes
(Fonte: PROCEL 1988)

**Potencial de Economia de Energia Elétrica com o Uso de
Motores de Indução mais Eficiente no Setor Industrial, a partir de 1988**

Potência (hp)	Energia total * (TWh)	Modelo Comum * (%)	Modelo Eficiente * * (%)	Potencial de Economia (%)	(TWh)
<1	1,0	68	75	9	0,1
1-10	19,4	76	86	12	2,3
10-40	13,3	87	90,5	4	0,5
40-100	7,2	90	92,5	3	0,2
100-200	3,1	91	94	3	0,1
TOTAL	43,9	-	-	-	3,2

NOTAS: * Admitindo que motores trifásicos abaixo de 200 hp respondem por 80% de uso de eletricidade nos motores no setor industrial

* * Desempenho a carga plena usando o procedimento de teste brasileiro (NBR-5383).

Considerando apenas os motores de indução trifásicos, o potencial de economia total seria aproximadamente 3,2 TWh/ano equivalente, representando aproximadamente 3% de uso de eletricidade no setor industrial em 1988. O maior potencial de economia está nos motores com potência entre 1 e 10 hp.

O mercado para motores eficientes ainda é muito pouco desenvolvido no Brasil, entretanto é necessário incentivar sua aplicação para estimular a economia de energia neste importante uso final como é o uso de motores no setor industrial.

Logo, além da baixa eficiência de motores elétricos no Brasil, existem dois fatores adicionais que se somam ao baixo desempenho dos motores no setor industrial: especificação técnica imprópria (uso de motores maiores que o necessário, dito como fator de segurança dos projetistas) e o fraco sistema de operação e manutenção dos motores.

Uma pesquisa de campo mostrou que cerca de 71% de todos os motores na indústria operam abaixo da capacidade indicada pelo fabricante [29], o que resulta em maiores perdas na eficiência total. O uso de motores eficientes e motores com velocidade controlada,

acrescida da manutenção preventiva regular e o uso do nível de tensão apropriado podem reduzir significativamente o consumo de energia nos motores do setor industrial.

Um número significativo de bombas, compressores, sopradores e outras máquinas operam abaixo da capacidade indicada de fabricação e com cargas variáveis. Quando a carga no sistema funciona inferior ao seu valor máximo, o motor é operado comumente a velocidade constante e uma válvula reguladora de pressão ou amortecedor é usada para reduzir a taxa de fluxo e a potência fornecida.

Na prática, isto ocorre especialmente em equipamentos de centrifugação como bombas, ventiladores e compressores, produzindo uma grande pressão e perdas de energia. Isto pode ser resolvido utilizando motores de velocidade variável.

Pode ser economizada energia durante a operação em carga parcial, usando um motor com controlador de velocidade. A economia de energia depende da tecnologia de aplicação e controle.

A tecnologia de motores com velocidade variável está disponível no Brasil, inclusive com o uso de acoplamentos hidráulicos, acoplamentos magnéticos, motores de corrente contínua e conversores estáticos, motores de indução com rotores e resistores variáveis, e motores de indução e inversores de frequência eletrônicos. As três últimas tecnologias são as mais eficientes, porém também as mais caras.

Equipamento de velocidade variável (VSD), empregando um inversor de frequência, é o tipo mais sofisticado e popular de controle de motores de velocidade em países industrializados.

O gerenciamento de carga é um processo de otimização das cargas de modo a reduzir o consumo de energia e a demanda máxima. Quando se refere à otimização de cargas, implica dizer em otimização do processo em si, para melhorar o fator de carga do sistema. Os procedimentos de gerenciamento de cargas envolvem mudanças de equipamento e perfil de consumo adequado.

Há muitos métodos de gerenciamento de carga, os quais podem ser utilizados pela indústria, como armazenamento, deslocamento de carga, rodízio de energia, instalação de equipamentos e processos energeticamente eficientes, dispositivos acumuladores de energia, cogeração, fontes não convencionais de energia e controle de potência reativa.



5.2 – Benefícios econômicos e tempo de retorno de investimento do motor de alto rendimento

O custo de um motor envolve seu preço inicial e seu custo operacional, sendo que o preço inicial do motor de alto rendimento é superior ao motor da linha padrão, porém consome menos energia para executar o mesmo trabalho realizado por outro de linha padrão por possuir maior rendimento. A economia no consumo de energia e o tempo de retorno de investimento do motor de alto rendimento é função do rendimento, tempo de operação, potência solicitada pela carga, tarifa de energia elétrica e dos preços iniciais.

Com relação à economia de energia, se um motor opera H horas por ano, solicitando da rede elétrica uma potência elétrica P_{el} (em kW), a energia elétrica em kWh por ano é [30]:

$$E = H \times P_{el}$$

A potência elétrica P_{el} se relaciona com a potência mecânica P_{mec} (em cv) desenvolvida no eixo através do rendimento η e de um fator de conversão entre unidades. Desta maneira, o consumo de energia pode ser calculado por:

$$E = 0,736 \times H \times P_{mec} \times (1/\eta_p)$$

Considerando, respectivamente, os rendimentos η_p e η_{ar} para os motores da linha padrão e de alto rendimento e ambos desenvolvendo a mesma potência mecânica, a economia de energia anual EEA (kWh/ano) no consumo de energia elétrica será:

$$EEA = 0,736 \times H \times P_{mec} \times [(1/\eta_p) - (1/\eta_{ar})]$$

A equação acima se aplica ao regime contínuo (carga constante), com os motores operando nas mesmas tensão e velocidade. Para vários níveis de carga, deve-se calcular os valores de economia obtida em cada intervalo de carga e somá-los para a obtenção da economia anual.

O cálculo do tempo de retorno de investimento simplificado leva em conta a tarifa de energia elétrica T_{el} (em R\$/kWh), a economia de energia anual EEA obtida e a diferença de

preços entre os motores ($Pr_{ar} - Pr_p$ em R\$). Assim o tempo de retorno de investimento (TRI) em anos, pode ser estimado por:

$$TRI = \frac{Pr_{ar} - Pr_p}{EEA \times T_{el}} \quad (1)$$

Observa-se que o tempo de retorno do investimento será tanto menor quanto maior for a tarifa de energia, o número de horas de operação, a diferença entre os rendimentos e a potência da carga.

Destaca-se que após o tempo de retorno do investimento a economia em cada ano é convertida diretamente em lucro (R\$) multiplicando-se EEA pela tarifa T_{el} .

A seguir são apresentados cálculos de economia para substituição de seis tipos de motores com potência de 1 cv, 3 cv, 5 cv, 10 cv, 15 cv e 20 cv, que constituem o corpo principal de motores atualmente utilizados na Leite Paulista:

- Considerando dois motores de 1 cv, 4 pólos, 220 V, um de linha padrão e outro de alto rendimento. Seus rendimentos nominais valem $\eta_p = 72,0\%$ e $\eta_{ar} = 79,0\%$. Se eles desenvolverem potência nominal, operando com tensão nominal e mesma velocidade durante 4000 horas por ano, então a economia anual de energia ao se optar pelo uso do motor de alto rendimento será:

$$EEA = 0,736 \times 4000 \times 1 \times [(1/0,72) - (1/0,79)]$$

$$EEA = 362,30 \text{ kWh/ano}$$

Admitindo que os preços dos motores são: $Pr_p = \text{R\$ } 142,00$ e $Pr_{ar} = \text{R\$ } 185,00$ [31] e que a tarifa de energia elétrica (T_{el}) é igual a R\$ 0,16/kWh. Para as condições citadas, o tempo de retorno do investimento pela opção de compra do motor de alto rendimento será:

$$TRI = \frac{185,00 - 142,00}{362,30 \times 0,16}$$

$$TRI = 0,74 \text{ ano} = 8,90 \text{ meses}$$

O lucro anual após o TRI será $= 362,30 \times 0,16 = \text{R\$ } 57,97/\text{ano}$

- Considerando dois motores de 3 cv, 4 pólos, 220 V, um de linha padrão e outro de alto rendimento. Seus rendimentos nominais valem $\eta_p = 81,0\%$ e $\eta_{ar} = 86,0\%$. Se eles desenvolverem potência nominal, operando com tensão nominal e mesma velocidade durante 4000 horas por ano, então a economia anual de energia ao se optar pelo uso do motor de alto rendimento será:

$$EEA = 0,736 \times 4000 \times 3 \times [(1/0,81) - (1/0,86)]$$

$$EEA = 633,93 \text{ kWh/ano}$$

Admitindo que os preços dos motores são: $Pr_p = R\$ 220,00$ e $Pr_{ar} = R\$ 300,00$ [31] e que a tarifa de energia elétrica (T_{el}) é igual a $R\$ 0,16/\text{kWh}$. Para as condições citadas, o tempo de retorno do investimento pela opção de compra do motor de alto rendimento será:

$$TRI = \frac{300,00 - 220,00}{633,93 \times 0,16}$$

$$TRI = 0,79 \text{ ano} = 9,48 \text{ meses}$$

O lucro anual após o TRI será $= 633,93 \times 0,16 = R\$ 101,43/\text{ano}$

- Considerando dois motores de 5 cv, 4 pólos, 220 V, um de linha padrão e outro de alto rendimento. Seus rendimentos nominais valem $\eta_p = 82,0\%$ e $\eta_{ar} = 87,0\%$. Se eles desenvolverem potência nominal, operando com tensão nominal e mesma velocidade durante 4000 horas por ano, então a economia anual de energia ao se optar pelo uso do motor de alto rendimento será:

$$EEA = 0,736 \times 4000 \times 5 \times [(1/0,82) - (1/0,87)]$$

$$EEA = 1031,68 \text{ kWh/ano}$$

Admitindo que os preços dos motores são: $Pr_p = R\$ 298,00$ e $Pr_{ar} = R\$ 417,00$ [31] e que a tarifa de energia elétrica (T_{el}) é igual a $R\$ 0,16/\text{kWh}$. Para as condições citadas, o tempo de retorno do investimento pela opção de compra do motor de alto rendimento será:

$$TRI = \frac{417,00 - 298,00}{1031,68 \times 0,16}$$

$$TRI = 0,72 \text{ ano} = 8,64 \text{ meses}$$

O lucro anual após o TRI será = $1031,68 \times 0,16 = \text{R\$ } 165,07/\text{ano}$

- Considerando dois motores de 10 cv, 4 pólos, 220 V, um de linha padrão e outro de alto rendimento. Seus rendimentos nominais valem $\eta_p = 81,0\%$ e $\eta_{ar} = 90,0\%$. Se eles desenvolverem potência nominal, operando com tensão nominal e mesma velocidade durante 4000 horas por ano, então a economia anual de energia ao se optar pelo uso do motor de alto rendimento será:

$$EEA = 0,736 \times 4000 \times 10 \times [(1/0,81) - (1/0,90)]$$

$$EEA = 3634,56 \text{ kWh/ano}$$

Admitindo que os preços dos motores são: $Pr_p = \text{R\$ } 520,00$ e $Pr_{ar} = \text{R\$ } 712,00$ [31] e que a tarifa de energia elétrica (T_{el}) é igual a $\text{R\$ } 0,16/\text{kWh}$. Para as condições citadas, o tempo de retorno do investimento pela opção de compra do motor de alto rendimento será:

$$TRI = \frac{720,00 - 512,00}{3634,56 \times 0,16}$$

$$TRI = 0,33 \text{ ano} = 3,96 \text{ meses}$$

O lucro anual após o TRI será = $3634,56 \times 0,16 = \text{R\$ } 581,53/\text{ano}$

- Considerando dois motores de 15 cv, 4 pólos, 220 V, um de linha padrão e outro de alto rendimento. Seus rendimentos nominais valem $\eta_p = 88,3\%$ e $\eta_{ar} = 91,7\%$. Se eles desenvolverem potência nominal, operando com tensão nominal e mesma velocidade durante 4000 horas por ano, então a economia anual de energia ao se optar pelo uso do motor de alto rendimento será:

$$EEA = 0,736 \times 4000 \times 15 \times [(1/0,88) - (1/0,92)]$$

$$EEA = 2181,81 \text{ kWh/ano}$$

Admitindo que os preços dos motores são: $Pr_p = \text{R\$ } 625,00$ e $Pr_{ar} = \text{R\$ } 925,00$ [31] e que a tarifa de energia elétrica (T_{el}) é igual a $\text{R\$ } 0,16/\text{kWh}$. Para as condições citadas, o tempo de retorno do investimento pela opção de compra do motor de alto rendimento será:

$$TRI = \frac{925,00 - 625,00}{2181,81 \times 0,16}$$

$$TRI = 0,86 \text{ ano} = 10,32 \text{ meses}$$

O lucro anual após o TRI será = $2181,81 \times 0,16 = \text{R\$ } 349,09/\text{ano}$

- Considerando dois motores de 20 cv, 4 pólos, 220 V, um de linha padrão e outro de alto rendimento. Seus rendimentos nominais valem $\eta_p = 89,0\%$ e $\eta_{ar} = 93,0\%$. Se eles desenvolverem potência nominal, operando com tensão nominal e mesma velocidade durante 4000 horas por ano, então a economia anual de energia ao se optar pelo uso do motor de alto rendimento será:

$$EEA = 0,736 \times 4000 \times 20 \times [(1/0,89) - (1/0,93)]$$

$$EEA = 2845,45 \text{ kWh/ano}$$

Admitindo que os preços dos motores são: $Pr_p = \text{R\$ } 890,00$ e $Pr_{ar} = \text{R\$ } 1130,00$ [31] e que a tarifa de energia elétrica (T_{el}) é igual a $\text{R\$ } 0,16/\text{kWh}$. Para as condições citadas, o tempo de retorno do investimento pela opção de compra do motor de alto rendimento será:

$$TRI = \frac{1130,00 - 890,00}{2845,45 \times 0,16}$$

$$TRI = 0,52 \text{ ano} = 6,24 \text{ meses}$$

O lucro anual após o TRI será = $2845,45 \times 0,16 = \text{R\$ } 455,27/\text{ano}$

O cálculo do TRI apresentado anteriormente considera a tarifa de energia elétrica média, e ainda, constante ao longo desse tempo. Uma boa estimativa de tarifa pode ser obtida dividindo o valor da conta pela energia consumida, incluindo assim a demanda. O cálculo do TRI não leva em conta um aspecto importante que é o valor da depreciação da moeda no tempo e a taxa de amortização dos juros.[30]

Sabe-se que o valor atual de uma receita futura precisa ser corrigido através de um fluxo de caixa, que tenha todos os períodos (n) desta receita à uma taxa de juros (i) igual à

taxa de atratividade das aplicações do mercado financeiro. Então a receita deve ser corrigida através do seguinte fator de valor anual (FVA) [30].

$$FVA = 1 / (1 + i)^n$$

Com esta consideração, o tempo de retorno do investimento relaciona com a diferença de preços, a tarifa de energia elétrica, a economia de energia anual e os juros anuais pela relação:

$$Pr_{ar} - Pr_p = \left\{ 1 - \left[\frac{1}{(1+i)^{TRI}} \right] \right\} \times \frac{EEA \times T_{el}}{i} \quad \text{ou}$$

$$TRI = \log \left\{ \frac{EEA \times T_{el}}{EEA \times T_{el} - i \times (Pr_{ar} \times Pr_p)} \right\} / \log(1 + i) \quad (2)$$

Os procedimentos de cálculo do TRI apresentados anteriormente não levam em consideração tarifas diferenciadas, ponta e fora de ponta, e a demanda para alguns grupos tarifários [30]. Para considerar a demanda no cálculo do TRI, a parcela calculada a partir da diferença entre as potências dos motores padrão e alto rendimento, tarifa da demanda T_d e número de meses no ano, deve ser somada à parcela $EEA \times T_{el}$ das equações 1 e 2. A seguir são mostradas, respectivamente, as equações dos procedimentos de cálculo do TRI, *payback* simples e valor de economia atualizado, levando em consideração a parcela de demanda.[30]

$$TRI = (Pr_{ar} - Pr_p) / EEA \times T_{el} \times 0,736 \times P_{mec} \times T_d \times 12 \times [(1/\eta_p) - (1/\eta_{ar})]$$

$$TRI = \log \left\{ \frac{(EEA \times T_{el}) + \{0,736 \times P_{mec} \times [(1/\eta_p) - (1/\eta_{ar})] \times T_d \times 12\}}{(EEA \times T_{el}) + \{0,736 \times P_{mec} \times [(1/\eta_p) - (1/\eta_{ar})] \times T_d \times 12\} - ix(Pr_{ar} - Pr_p)} \right\} / \log(1+i)$$

Finalmente ressalta-se que os métodos possuem algumas simplificações, mas são considerados como boas ferramentas na análise do investimento [30].

A Tabela 5.2 e a Figura 5.2 mostram os valores de Tempo de Retorno de Investimento (TRI) na substituição de motores convencionais por motores de alto rendimento. Nos cálculos apresentados são considerados dois períodos de funcionamento, de 4000 e 8000 horas por ano. A tarifa de energia elétrica considerada é de R\$ 0,16 / kWh e a carga do motor é constante e nominal.

TABELA 5.2 : Tempo de Retorno de Investimento na substituição de motores convencionais por motores de alto rendimento para carga nominal.

Potência (cv)	TRI (anos) para 4000 horas/ano de operação	TRI (anos) para 8000 horas/ano de operação	Lucro anual após TRI para 4000 horas/ano de operação (R\$/ano)	Lucro anual após TRI para 8000 horas/ano de operação (R\$/ano)
1,0	0,74	0,37	57,97	115,94
3,0	0,79	0,39	101,43	202,86
5,0	0,72	0,36	165,07	330,14
10,0	0,33	0,17	581,53	1163,06
15,0	0,86	0,43	349,06	698,12
20,0	0,52	0,26	455,27	910,54

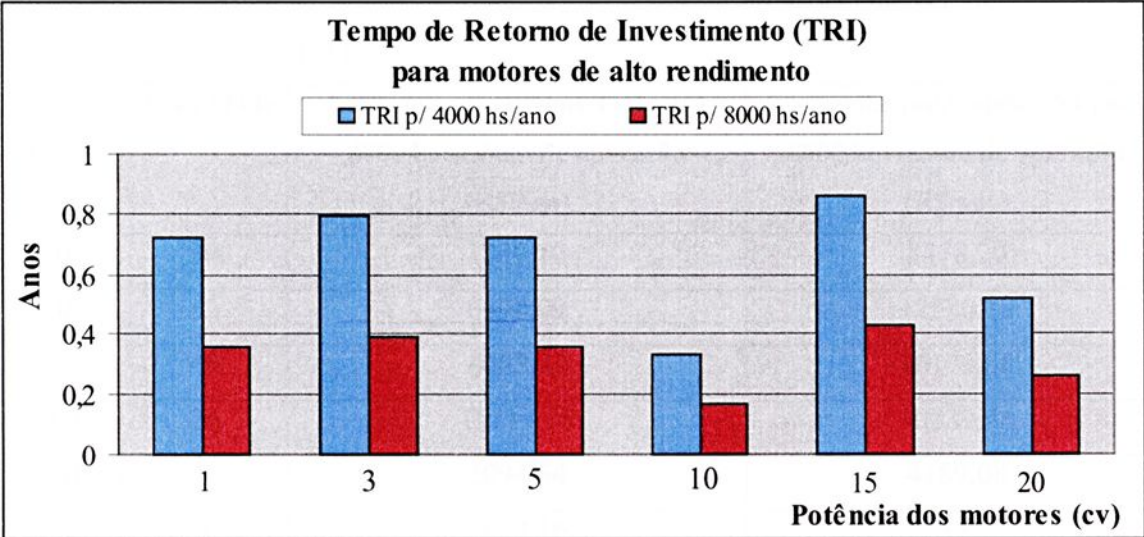


FIGURA 5.2 Tempo de Retorno de Investimento na aquisição de motor de alto rendimento ao invés de motor da linha padrão para carga nominal

A Tabela 5.3 mostra os valores de investimento nos motores de alto rendimento, comparando-os com os motores convencionais e a Tabela 5.4 mostra o valor economizado com esta substituição.

TABELA 5.3 : Comparativo de investimento entre de motores tipo convencional e alto rendimento.

Potência (cv)	Quantidade	Investimento em motores de alto rendimento (R\$)	Investimento em motores convencionais (R\$)	Diferença de custo entre os motores (R\$)
1,0	30	5550,00	4290,00	1260,00
3,0	63	18900,00	13860,00	5040,00
5,0	49	20433,00	14602,00	5831,00
10,0	26	18512,00	13520,00	4992,00
15,0	6	5550,00	3750,00	1800,00
20,0	8	9040,00	7120,00	1920,00
TOTAL	182	R\$ 77.985,00	R\$ 57.142,00	R\$ 20.843,00

TABELA 5.4 : Economia obtida na troca de motores da linha padrão por motores de alto rendimento da Leite Paulista.

Potência (cv)	Quantidade	Economia anual após TRI para 4000 horas/ano de operação (R\$/ano)	Economia anual após TRI para 8000 horas/ano de operação (R\$/ano)
1,0	30	1739,10	3478,20
3,0	63	6390,09	12780,18
5,0	49	8088,43	16176,86
10,0	26	15119,78	30239,56
15,0	6	2094,54	4189,08
20,0	8	3642,16	7284,32
TOTAL	182	R\$ 37.074,10 / ano	R\$ 74.148,20 / ano

A economia de energia na utilização de motores eficientes deve ser avaliada separadamente em três situações distintas:[32]

- Instalar um motor eficiente numa nova aplicação no lugar de um motor convencional;
- Instalar um motor eficiente quando o motor convencional em uso necessitar ser rebobinado;
- Instalar um motor eficiente em substituição a um motor convencional em operação.

Atualmente a seleção do tipo de motor que irá compor um determinado equipamento é normalmente realizada pelo critério de menor custo inicial, desprezando-se os custos de operação do equipamento ao longo de sua vida útil. Os resultados obtidos neste capítulo mostram que é importante considerar além do custo inicial, os custos de operação.

Da mesma forma é comum encontrar equipamentos operando em vazio, ou superdimensionados, agravando o cenário de desperdício característico dos sistemas de força motriz, como verificado neste trabalho. É necessário portanto, um dimensionamento correto dos motores a serem utilizados.

As observações anteriores diminuem os gastos com energia elétrica da instalação, pois grande parte do consumo de energia elétrica das indústrias, assim como é o caso da Leite Paulista, destina-se a alimentação de motores, conforme apresentado no anexo A deste trabalho.

A utilização de motores de alto rendimento deve ser considerada como uma medida importante de racionalização do uso de energia. Conforme valores apresentados na Tabela 5.4, a atratividade torna-se mais evidente nos casos de motores de baixa potência, devido ao maior número de exemplares na Leite Paulista, elevado fator de carga e alto número de horas de operação.



CAPÍTULO 6

CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA LEITE PAULISTA

6.1 - Introdução

A iluminação representa cerca de 17% do consumo de energia elétrica no Brasil. No setor comercial/serviços, é responsável por cerca de 44% do total. Dentro desse setor, em atividades bancárias ou educacionais, por exemplo, representa mais de 50% da energia elétrica total consumida [33].

Hoje em dia, lâmpadas fluorescentes compactas e reatores eletrônicos são opções comuns para elevar a eficiência dos sistemas, além de serem freqüentemente utilizados controladores de presença, tanto em instalações novas quanto nas reformas das já existentes.

Apesar do uso de componentes de alta eficiência e de controladores ter apresentado progressos substanciais, ainda há espaço para novos aperfeiçoamentos.

A primeira geração de projetos de iluminação geralmente preocupa-se com a economia de energia, mas não contemplava totalmente questões relativas à qualidade da iluminação, tais como níveis de iluminância e uniformidade.

Em vista disso, deve-se incrementar simultaneamente a eficiência energética e a qualidade da iluminação.

As exigências quanto à qualidade se intensificaram no final da década passada, quando se tornou claro que a redução de produtividade do trabalho estava relacionada com os baixos níveis de iluminação dos ambientes, sendo este fato, às vezes, mais importantes do que a eventual economia de energia obtida.

Nos últimos anos, significativas inovações em iluminação e tecnologias ajudaram a promover enormes mudanças na indústria de iluminação comercial.

Muitos componentes de alta eficiência energética desenvolvidos nesse período estão hoje começando a ser empregados em larga escala.

Luminárias e controles foram aperfeiçoados para produzir sistemas energeticamente eficientes e capazes de atender uma série de novas exigências da iluminação comercial, no que se refere a sua qualidade.

Muito embora ainda não existam critérios que definam uma iluminação boa e eficiente, existe uma concordância geral de que qualidade é diferente de quantidade. Lesley Wheel [34] disse que “... projetar uma iluminação (...) consiste em criar um ambiente agradável e então verificar se você tem luz suficiente para enxergar”.

Stein, Reynolds e Mc Guinness [35] têm um ponto de vista semelhante, definindo qualidade de iluminação como “um termo usado para descrever todos os fatores numa instalação de iluminação não diretamente relacionados com a quantidade de luz”.

A metodologia para análise do sistema de iluminação consiste em avaliar a qualidade de luz que determinado ambiente necessita, levando em consideração o tipo de atividade que nele se desenvolve, além do estudo do tipo de lâmpada e luminária mais adequados ao ambiente. Um sistema de iluminação energeticamente eficiente traz benefícios econômicos sem comprometer a qualidade de vida e trabalho do usuário.

6.2 - Definição da qualidade em iluminação

A análise de um conceito como a qualidade de iluminação não pode basear-se numa simples medida ou numa simples técnica de medição [36]. A qualidade de um ambiente iluminado consiste em entender as diversas necessidades do ser humano.

A qualidade da iluminação, portanto, não é diretamente mensurável e, sim, um estado emergente criado pela interação entre o ambiente iluminado e a pessoa que está no ambiente.

No sistema de iluminação existe uma boa qualidade quando:

- cria boas condições de visão;
- permite o desempenho de tarefas ou comportamentos adequados;
- favorece a comunicação e a interação adequadas;
- contribui para estados de espírito apropriados;
- proporciona boas condições para a saúde e evita efeitos prejudiciais às pessoas;
- contribui para a apreciação estética do ambiente.

Avaliar a qualidade de um ambiente iluminado é medir seus efeitos nas pessoas, levando em consideração todos os resultados relevantes para o local e para os indivíduos que

o utilizam. A qualidade de iluminação não é inerente a um local ou a um projeto de iluminação, e sim a seus efeitos nas pessoas.

Embora não possua uma medida absoluta, é possível utilizar métodos padronizados de estudo de comportamento para prever os efeitos de um dado projeto nos prováveis usuários do local.

6.3 - Políticas Atuais de Conservação em Iluminação

Muitas empresas aumentaram a eficiência energética da iluminação, através das várias tecnologias de iluminação eficientes que foram introduzidas no Brasil na última década.[37] A propagação das lâmpadas fluorescentes compactas foi motivada pela crise de energia elétrica, abrangendo os setores industriais, comerciais e residenciais.

A Tabela 6.1 mostra as estimativas do número de medidas de eficiência em uso e as economias de eletricidade resultantes até 1996. O total de economia de eletricidade dessas seis medidas foi de aproximadamente 2.800 GWh por ano até 1996, cerca de 6% do uso total de eletricidade para iluminação ou 1,1% do consumo nacional de eletricidade [38].

A maior parte da economia resulta do uso de lâmpadas de sódio (alta pressão) e LFCs (Lâmpadas Fluorescentes Compactas).

TABELA 6.1 : Uso de produtos eficientes na iluminação (Fonte: PROCEL 1997)

Economia de Eletricidade Resultante do uso de Produtos Eficientes de Iluminação - 1996

Produto	Quantidade (milhões)	Economia Média (W)	Uso Médio (hr/ano)	Economia (GWh/ano)
LFCs	7,2	45	2 500	810
Lâmpadas fluorescentes circulares	1,2	60	1 000	71
Lâmpadas T8	5,8	10	3 000	173
Reatores eletrônicos	2,0	28	3 000	171
Refletores espelhados	0,5	52	3 000	83
Lâmpada de sódio (alta pressão)	2,2	150	4 500	1 499
TOTAL	18,9	-	-	2.807

A aceitação das lâmpadas de sódio (alta pressão) está crescendo regularmente para a iluminação industrial, de ruas e ambientes abertos.

As LFCs são usadas especialmente em hotéis, restaurantes, bancos e outros tipos de edifícios, inclusive industriais que oferecem um período de retorno de menos de um ano, devido ao número elevado de horas de operação [39].

A consequência do aumento deste segmento é favorecido pela crise de energia estabelecida no país atualmente.

Dado o grande potencial de economia e as tarifas de eletricidade, a adoção de iluminação eficiente pode compensar muito em termos de custo para os consumidores comerciais, industriais e do setor público.

Instalações de lâmpadas fluorescentes compactas, reatores eletrônicos e/ou refletores espelhados normalmente tem um período de retorno simples de menos de dois anos [40].

6.4 - Utilização de produtos com tecnologias mais eficientes em iluminação

A utilização de produtos mais eficientes de conservação de energia elétrica em iluminação implica fundamentalmente na substituição de lâmpadas incandescentes, mista e vapor de mercúrio por lâmpadas de menor potência e maior eficiência luminosa, como por exemplo as lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) e as de vapor de sódio.

Com o panorama atual da crise energética brasileira, acentuou-se o incentivo a utilização de lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) em residências, estabelecimentos comerciais e administrativos. Dentro desse item, destacam-se também a utilização de reatores eletrônicos e luminárias reflexivas.

As lâmpadas se diferenciam entre si não só pelos diferentes fluxos luminosos que elas irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem.

Para poder compará-las, é necessário que se saiba quantos lúmens são gerados por *watt* absorvido. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Energética (antigo “Rendimento Luminoso”) [41], como mostra a Figura 6.1.



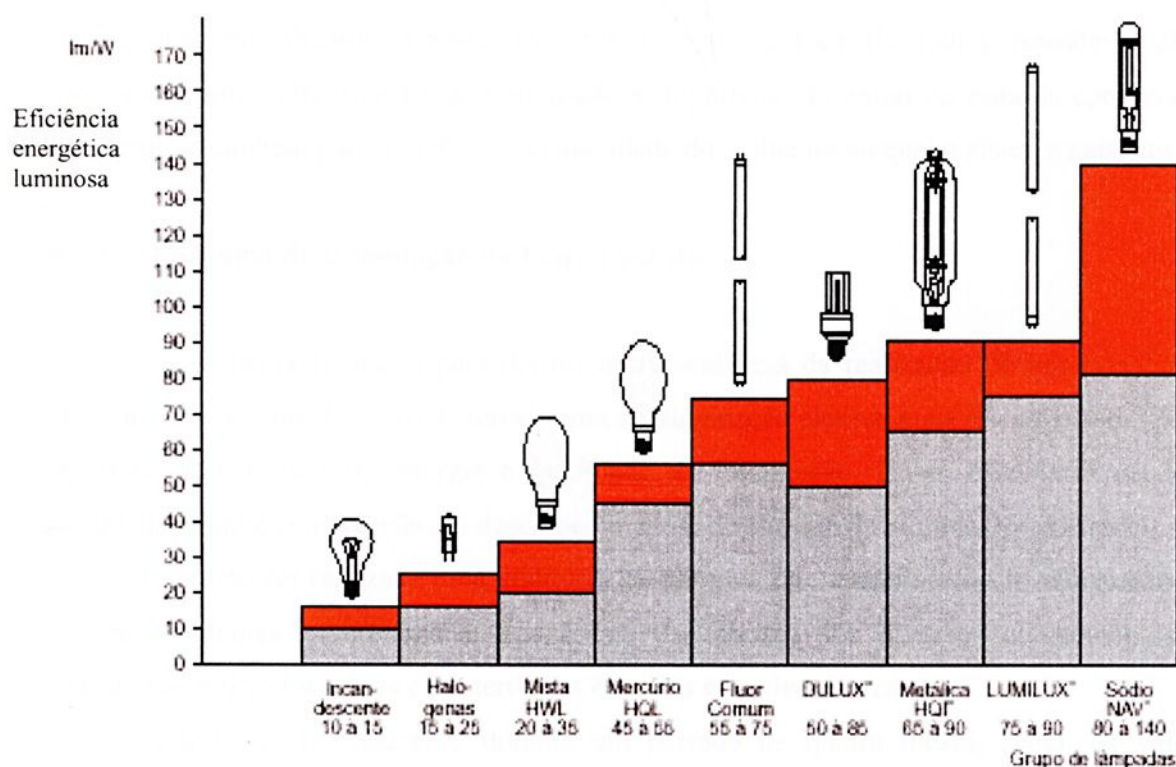


FIGURA 6.1 : Eficiência energética luminosa (lm/W) - Fonte: OSRAM/2001

6.5 - Projeto de substituição do sistema de iluminação atual por produtos mais eficientes

Um termo bastante utilizado é o “*retrofitting*”, que pode ser interpretado como a reforma de algum sistema de iluminação onde se incorporam novas tecnologias voltadas para a conservação de energia, com melhoria significativa no seu desempenho [42]. Uma correta análise das alternativas e da avaliação dos investimentos se torna necessária para a execução do “*retrofitting*”.

Sabe-se que várias considerações devem ser feitas para que se consiga determinar com o menor erro possível o valor presente e/ou o tempo de retorno do investimento em análise. Dentre estas estimativas, citam-se a vida útil de lâmpadas e reatores, implicando em um maior ou menor custo de manutenção no período considerado; o período de funcionamento do sistema em análise, implicando num aumento ou diminuição do custo de energia elétrica alternativa.

Outros fatores também podem ser relevantes, tais como a variação do custo da energia (demanda e consumo no horário de ponta e fora de ponta), variação no preço das lâmpadas e

reatores a serem substituídos e seus respectivos custos de troca. Em muitas ocasiões, realizar um “retrofitting” em sistemas de iluminação é importante do ponto de vista da conservação de energia e também para a melhoria da qualidade do ambiente no qual o sistema participa.

6.5.1 - O Sistema de Iluminação da Leite Paulista

Como primeiro passo para definir a conveniência da realização de um *retrofitting*, visando dotar a unidade fabril de um sistema de iluminação elétrica mais eficiente sob o ponto de vista de consumo de energia e qualidade de iluminação, faz-se necessário conhecer detalhadamente a composição e o desempenho atual do sistema de iluminação existente.

Para isto foi realizada uma auditoria do sistema, que constituiu no levantamento nas plantas existentes e diretamente nos locais da fábrica, dos diversos equipamentos de iluminação utilizados e suas características elétricas e luminotécnicas.

O trabalho foi realizado durante um período de quatro meses, sendo os valores consolidados na Tabela 6.2. Foi verificada toda a parte de iluminação incluindo potência da lâmpada, quantificação das lâmpadas, fator de demanda e utilização, cálculo de consumo e demanda respectiva, e finalmente o valor atribuído à energia total gasta no mês pelo respectivo setor.

TABELA 6.2 : Levantamento de energia elétrica de iluminação da Leite Paulista

ÁREAS								CONSUMO	DEMANDA	ENERGIA
	40 W	58 W	65 W	110 W	160 W	250 W	500 W	mensal (R\$)	mensal (R\$)	mensal (R\$)
Estoque do UHT				38				117,18	103,83	221,01
Acondicionamento UHT		40	40					137,93	122,21	260,14
Envase UHT				36				111,02	98,37	209,38
Sala Estoque de Material				10				30,84	27,32	58,16
Uperização		46						74,80	66,27	141,07
Preparação UHT				4				12,34	10,93	23,26
Preparação logurte				52				160,36	142,08	302,44
Envase logurte				50				154,19	136,62	290,81
Preparação Liq./Petti				24				74,01	65,58	139,59
Envase Líquido / Petti				26				80,18	71,04	151,22
Antigo Leite em Pó	2			10	2			42,05	37,26	79,31
Beneficiamento				22				67,84	60,11	127,96
Recepção de Carretas				18				55,51	49,18	104,69
Corredor das Frutas				8				24,67	21,86	46,53

ÁREAS								CONSUMO	DEMANDA	ENERGIA
	40 W	58 W	65 W	110 W	160 W	250 W	500 W	mensal (R\$)	mensal (R\$)	mensal (R\$)
Fábrica de Frutas	26							29,16	25,83	54,99
Estocagem de Insumos	6							6,73	5,96	12,69
Estocagem de Barricas	6							6,73	5,96	12,69
Lavagem de Barricas	2							2,24	1,99	4,23
Estamparia	10							11,21	9,94	21,15
Depósito Intermediário	106			2	0			125,03	110,79	235,82
Máquina de Sucrilhos	10							11,21	9,94	21,15
Bandeja	78							87,47	77,50	164,97
Dep. Almozar. Intermed.	50				4			74,01	65,58	139,59
Frigorífico	186							208,57	184,81	393,38
Depósito Morumbi	8						70	990,17	877,35	1867,52
Manutenção	116			24	5			226,52	200,71	427,22
Almoxarifado	112			24				199,60	176,86	376,46
Financeira	32							35,88	31,80	67,68
PCP	36							40,37	35,77	76,14
Expedição	40							44,85	39,74	84,60
Gerência	84							94,20	83,46	177,66
Barracão					9			40,37	35,77	76,14
ITM	16							17,94	15,90	33,84
Transporte	16							17,94	15,90	33,84
Banco	16				1			22,43	19,87	42,30
SESMT	8							8,98	7,94	16,92
Ambulatório	8							8,97	7,95	16,92
Copa				4	1			16,82	14,90	31,72
DAL	4							4,49	3,97	8,46
PABX	4							4,49	3,97	8,46
Banheiros (PABX)	6							6,73	5,96	12,69
Arquivo Morto	16							17,94	15,90	33,84
Assistente Social	4							4,49	3,97	8,46
Departamento Pessoal	32							35,88	31,80	67,68
Bicicletário	8							8,97	7,95	16,92
Portaria	24			2	1	6		79,62	70,55	150,16
Vestiários	86							96,44	85,45	181,89
Refeitório	74			2	7		1	134,56	119,23	253,80
Sala de Máquinas							19	266,33	235,98	502,31
Caldeiras				16	12			103,17	91,41	194,58
Laboratório Central	124				8			174,93	155,00	329,94
Laborat. Análise Processo	24							26,91	23,85	50,76
Auditório/Insp.Fed.	72							80,74	71,54	152,28
Plataforma Prod./Frigor.	8			38	48	6		383,51	339,81	723,32
Comp.Petti/Cabine Elét.	10			4				23,55	20,87	44,41

ÁREAS								CONSUMO	DEMANDA	ENERGIA
	40 W	58 W	65 W	110 W	160 W	250 W	500 W	mensal (R\$)	mensal (R\$)	mensal (R\$)
Áreas externas	30			2	6	4		94,76	83,96	178,71
Empreiteiras	34			16	3			100,92	89,42	190,35
Estacionamento/Relógio					7	3		52,42	46,45	98,87
E.T.A. / E.T.E. / Pátio	6		2		27	27	47	979,52	867,91	1847,43
Logoplaste	2			20	0	0	20	344,26	305,04	649,30
A.D.C.	52			30	5			173,25	153,51	326,76
Labotatório E.T.A./E.T.E.	6			2	1			17,38	15,40	32,78
Banheiros do Pátio	18							20,18	17,88	38,07
Iluminação de Emergência	40							44,85	12,92	57,77
Lâmpadas – Potência (W)	40	58	65	110	160	250	500	VALOR CALCULADO / MÊS		TOTAL GASTO
QTE TOTAL LÂMPADAS	1628	86	42	482	141	42	157	CONSUMO	DEMANDA	ENERGIA
POTÊNCIA TOTAL Instalada (W)	65120	4988	2730	53020	22560	10500	78500	mensal (R\$)	mensal (R\$)	mensal (R\$)
Nº TOTAL DE LÂMPADAS :	2578		Total de	Po-tência	237418	W		6655,84	5870,64	12526,47

A partir dos resultados apresentados, a seguinte observação importante pode ser obtida: o atual sistema de iluminação representa cerca de 9% do consumo de energia da unidade por mês, o que em termos de custo, representa R\$ 12.526,47. A Tabela 6.3 mostra o valor das tarifas utilizadas durante os cálculos [43].

TABELA 6.3 : Tarificação de energia elétrica

TARIFICAÇÃO AZUL - A4 :	VALOR (R\$)
DEMANDA PONTA	18,63
DEMANDA FORA DE PONTA	6,21
ULTRAPASSAGEM PONTA	50,02
ULTRAPASSAGEM FORA DE PONTA	16,68
CONSUMO PONTA ÚMIDA	101,21
CONSUMO FORA DE PONTA ÚMIDA	45,95
CONSUMO PONTA SECA	122,11
CONSUMO FORA DE PONTA SECA	58,08
Período Úmido = Dezembro à Abril	
Período Seco = Maio à Novembro	

Fonte: Empresa Bandeirante de Energia - setembro/2001

A partir do levantamento é possível uma melhoria através da substituição total ou parcial dos equipamentos atuais utilizados por outros mais eficientes.

6.5.2 - Avaliação dos custos

Um projeto luminotécnico somente é considerado completo quando se atentar para o cálculo de custos, que são:

a) Custos de investimento

É a somatória dos custos de aquisição de todos os equipamentos que compõem o sistema de iluminação, tais como lâmpadas, luminárias, reatores, transformadores, ignitores e a fiação, acrescidos dos custos de mão-de-obra dos profissionais envolvidos, desde a elaboração do projeto à instalação final [41].

b) Custos operacionais

É a somatória de todos os custos apresentados após a completa instalação do sistema de iluminação, concentrados nos custos de manutenção das condições luminotécnicas do projeto e os custos de energia consumida.

O custo mensal de manutenção das lâmpadas engloba o custo de aquisição de novas unidades e o custo da mão de obra necessária a executar a manutenção.

Esse custo resulta da soma das horas mensais de utilização das lâmpadas dividida pela sua vida útil.

O quociente que assim se obtém informa o número de lâmpadas que serão repostas, e seu valor deve ser multiplicado pelo preço da lâmpada nova.

O custo da mão de obra para realizar essa reposição é dado em função da remuneração por hora de trabalho do respectivo profissional.

O tempo de reposição por lâmpada deve ser multiplicado pelo número de lâmpadas repostas por mês.

Esse custo é bastante significativo nas instalações de difícil acesso, como iluminação pública, quadras de esporte, etc.

O fator decisivo no custo operacional é o custo de energia elétrica, que corresponde à Potência Total Instalada (Pt), multiplicada pelas horas de uso mensal e pelo preço do kWh. Ao se optar por um sistema mais eficiente, este custo sofre substancial redução [41].



A Figura 6.2 [41] mostra tanto a comparação entre os custos de investimentos quanto a comparação entre os custos operacionais. Verifica-se nesta Figura 6.2 que no caso dos custos de investimentos tem-se 60% a mais no investimento inicial em lâmpadas fluorescentes compactas, porém economiza-se 60% com as despesas mensais com manutenção, que inclui gastos com consumo de energia, reposição das lâmpadas e mão-de-obra.

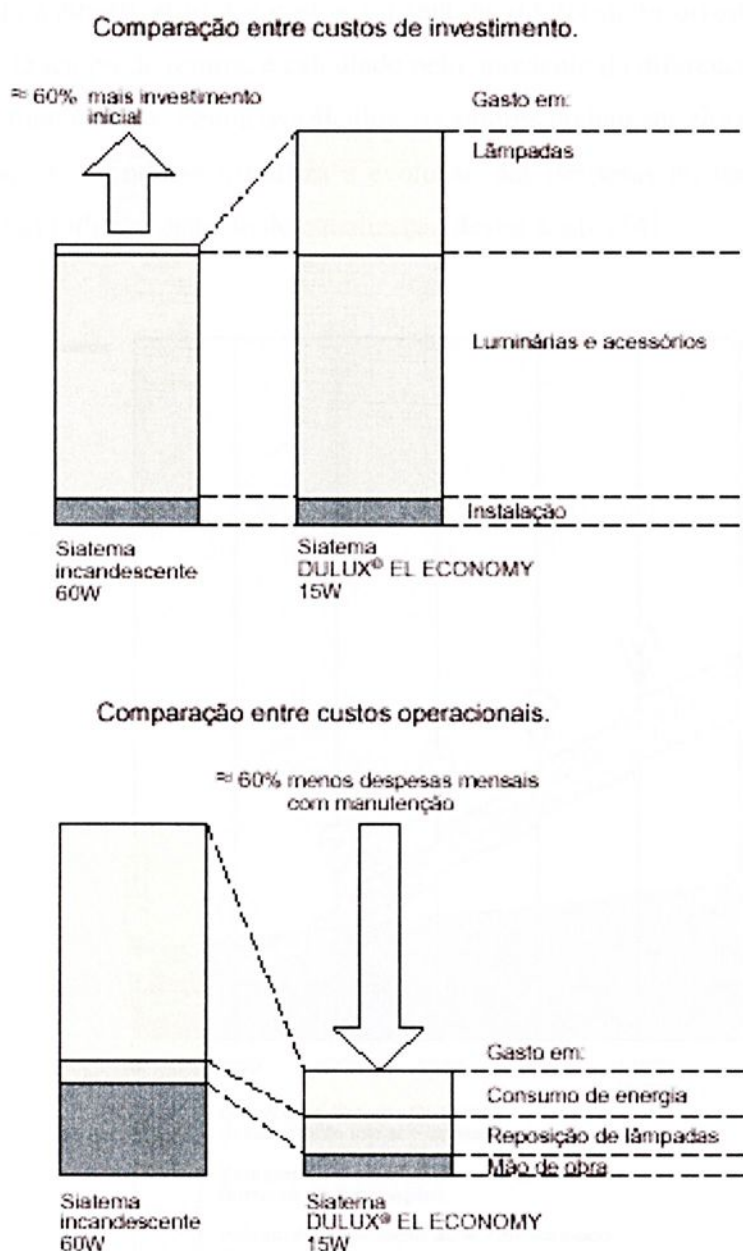


FIGURA 6.2 : Comparação entre custos - Fonte OSRAM/2001

c) Cálculo de rentabilidade

A análise comparativa de dois sistemas de iluminação, para se estabelecer qual eles é o mais rentável, leva em consideração tanto os custos de investimento quanto operacionais. Geralmente o uso de lâmpadas de melhor Eficiência Energética leva a um investimento maior, mas proporciona economia nos custos operacionais.

Decorre daí a amortização dos custos, ou seja, há o retorno do investimento dentro de um dado período. O tempo de retorno é calculado pelo quociente da diferença no investimento pela diferença na manutenção. Feitos os cálculos, os valores podem ser alocados em gráficos, como no da Figura 6.3, onde se visualiza a evolução das despesas no tempo. O ponto de interseção das linhas indica o instante de equalização destes custos [41].

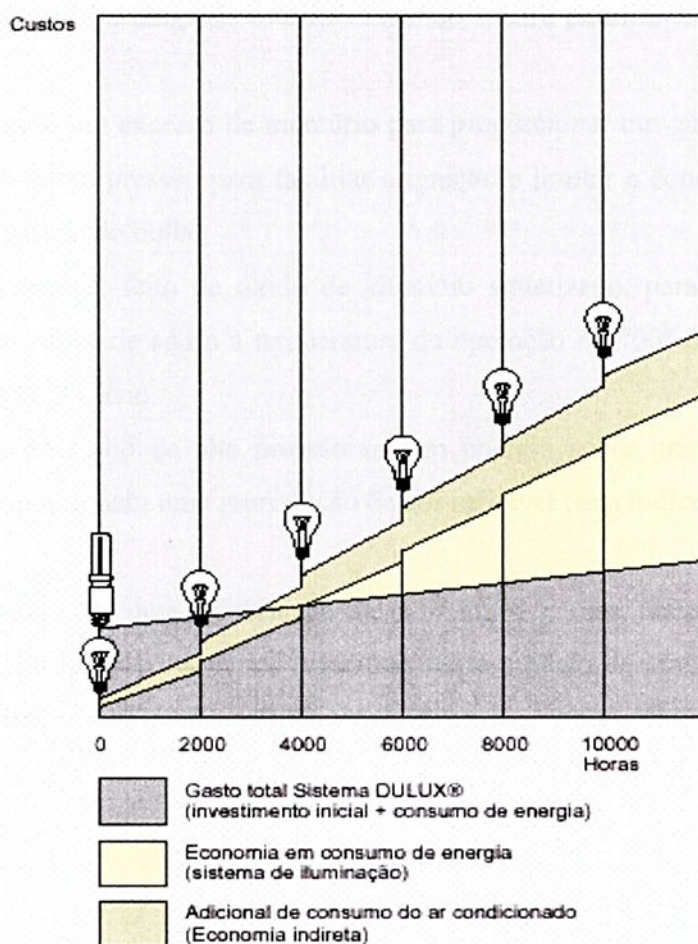


FIGURA 6.3: Ilustração da evolução das despesas entre sistemas de iluminação incandescente e DULUX®. – Fonte OSRAM/2001

6.6 Proposta de utilização de novos equipamentos de iluminação

Utilizando equipamentos com tecnologias eficientes disponíveis no mercado, pode-se verificar a variedade de fabricantes e modelos.

Como exemplo, se utilizarmos lâmpadas de sódio, que são mais eficientes, obtém-se uma iluminação média superior e uma diminuição no consumo, conseqüentemente uma redução na conta de energia.

A proposta consiste em selecionar um modelo de lâmpada e fazer a análise econômica para verificar a viabilidade de implantação do sistema proposto e seu respectivo tempo de retorno.

Neste projeto será utilizado a lâmpada *Philips* modelo SON. O tubo de descarga de uma lâmpada de sódio, de alta pressão *Philips*, contém excesso de sódio para dar condições de saturação do vapor quando a lâmpada está funcionando e para permitir absorção interna na superfície.

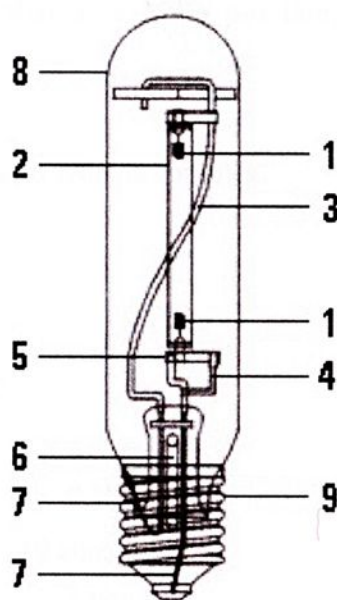
Também é usado um excesso de mercúrio para proporcionar um gás de proteção, e o xenon é incluído sob baixa pressão para facilitar a ignição e limitar a condução do calor do arco de descarga da parede do bulbo.

O tubo de descarga, feito de óxido de alumínio sintetizado, para resistir a intensa atividade química do vapor de sódio à temperatura de operação de 700° C, é colocado num invólucro de vidro duro à vácuo.

As lâmpadas de sódio de alta pressão radiam energia sobre uma grande parte do espectro visível e proporcionam uma reprodução de cor razoável (tem índice de reprodução de cores IRC 23).

São disponíveis com uma eficácia de até 130 lm/W e uma temperatura de cor de aproximadamente 2100 K [44]. As partes principais deste modelo de lâmpada de sódio está mostrado na Figura 6.4.





- 1 - Eletrodos com Nióbio**
- 2 - Tubo de descarga feito de óxido de alumínio sinterizado**
- 3 - Conjunto de montagem do tubo de descarga. Ele tem um formato especial para evitar sombras no sistema ótico da luminária.**
- 4 - Conexão elétrica flexível**
- 5 - Anel no qual o material de condução é armazenado durante o seu funcionamento**
- 6 - Tubo de esgotamento do bulbo externo**
- 7 - Conexões elétricas**
- 8 - Tubo de vidro duro externo**
- 9 - Base**

FIGURA 6.4: Partes principais da lâmpada de sódio SON

Foram analisados quatro cenários para troca parcial do conjunto de iluminação da Leite Paulista. Parte desse conjunto foi selecionado através das lâmpadas de maior potência no atual sistema, ou seja, lâmpadas Mistas de 500W, 250W e 160W, e as lâmpadas de Vapor de Mercúrio (400W). Estas lâmpadas estão localizadas em depósitos, pátio e plataformas, onde a altura entre o piso e as mesmas são da ordem de 4 metros. Os cálculos para substituição destes sistemas parciais são apresentados a seguir, podendo ser aplicados em outros setores.

6.6.1 - Substituição das lâmpadas Mistas de 250W por lâmpadas *Philips* modelo SON 150W.

Valores considerados para troca do sistema completo:

- Número de pontos: 46
- Horas de utilização por dia: 12
- Dias do mês: 30
- Custo de energia (R\$/kWh): 0,16
- Tempo considerado: 43.200 horas = 10 anos
- Vida útil da lâmpada Mista 250W: 8.000 horas
- Custo da lâmpada Mista 250W: R\$ 11,43
- Custo da lâmpada SON 150W: R\$ 25,14
- Custo reator externo para SON 150W: R\$ 32,00
- Vida útil da lâmpada SON 150W: 18.000 horas
- Fluxo luminoso da lâmpada Mista 250W: 5.500 lm
- Fluxo luminoso da lâmpada SON 150W: 14.500 lm
- Potência reator externo para SON 150W: 17 W

Com relação ao fluxo luminoso há uma grande diferença, com 263,63% a mais de luz, da SON 150W em relação à Mista 250W.

Cálculo da Potência (kW)

$$\text{Mista 250W} \Rightarrow 46 \times 250 / 1.000 = 11,5 \text{ kW}$$

$$\text{SON 150W} \Rightarrow 46 \times (150 + 17) / 1.000 = 7,59 \text{ kW}$$

Cálculo do Custo Inicial (R\$)

(1)

$$\text{Mista 250W} \Rightarrow 46 \times 11,43 = \text{R\$ } 525,55$$

$$\text{SON 150W} \Rightarrow 46 \times (25,14 + 32,00) = \text{R\$ } 2.628,44$$



Cálculo do Custo de troca para 43.200 horas de operação (R\$) (2)

$$\text{Mista 250W} \Rightarrow (43.200/8.000) \times 11,43 \times 46 = \text{R\$ } 2.839,21$$

$$\text{SON 150W} \Rightarrow (43.200/18.000) \times 24,14 \times 46 = \text{R\$ } 2.775,45$$

Cálculo do Custo de Energia (R\$) (3)

$$\text{Mista 250W} \Rightarrow 11,5 \times 43.200 \times 0,16 = \text{R\$ } 79.463,16$$

$$\text{SON 150W} \Rightarrow 7,59 \times 43.200 \times 0,16 = \text{R\$ } 52.462,08$$

Analisando os dois cenários, através do cálculo do custo de energia, verificou-se um economia na conta de energia de R\$ 27.001,08.

Cálculo do Custo Total (R\$):

Cálculo do Custo Inicial (1) + Cálculo do Custo de troca para 43.200 horas de operação (2) + Cálculo do Custo de Energia (3)

$$\text{Mista 250W} \Rightarrow \text{R\$ } 82.827,92$$

$$\text{SON 150W} \Rightarrow \text{R\$ } 57.865,97$$

Economia total em 10 anos de operação $\Rightarrow$ R\$ 24.961,95

A Figura 6.5 mostra todos os custos analisados para este cenário.

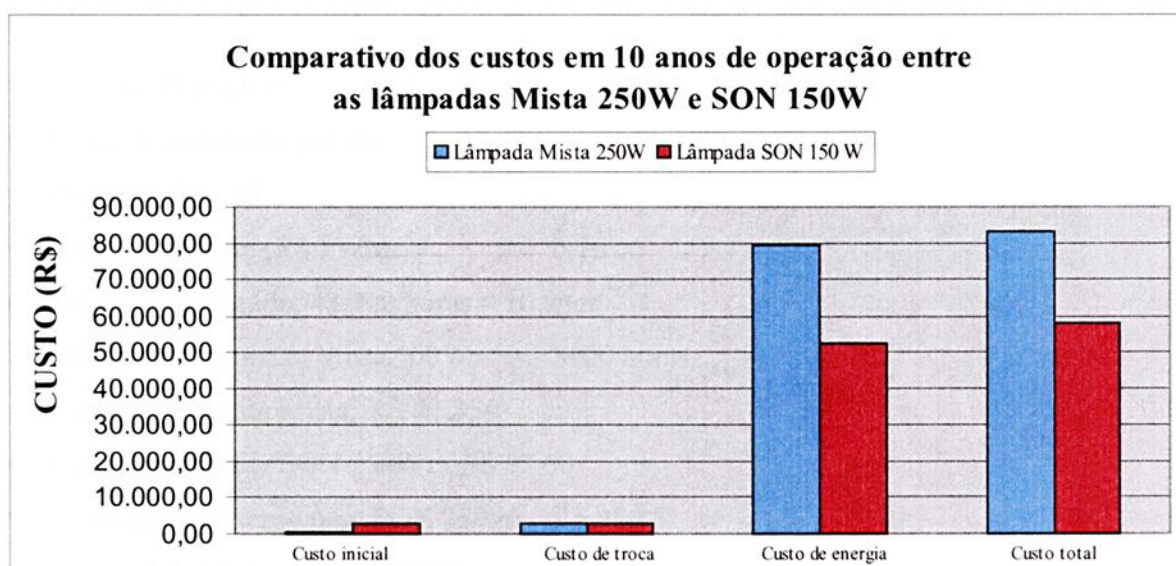


FIGURA 6.5: Comparação de custos entre lâmpadas Mistas 250W e SON 150W

O tempo de retorno do investimento é o ponto em horas onde o custo inicial mais o gasto de energia (custo de energia vezes o consumo, este sendo a potência elétrica vezes o tempo de operação) dos dois sistemas são iguais. Assim sendo, tem-se:

Cálculo do Tempo de Retorno do Investimento :

$$\text{Sistema Mista 250W : } 525,55 + (0,16 \times 11,5 \text{ t}) = 525,55 + 1,84 \text{ t}$$

$$\text{Sistema SON 150W : } 2628,44 + (0,16 \times 7,59 \text{ t}) = 2628,44 + 1,214 \text{ t}$$

$$525,55 + 1,84 \text{ t} = 2628,44 + 1,214 \text{ t} \Rightarrow \quad \text{t} = 3.361,39 \text{ horas}$$

$$\text{Tempo de Retorno do Investimento} = (3.361,39 \text{ h} / 12 \text{ h /dia}) / 30 \text{ dias/mês}$$

Tempo de Retorno do Investimento = 9,33 meses.

6.6.2 - Substituição das lâmpadas Mistas de 500W por lâmpadas *Philips* modelo SON 250W.

Valores considerados para troca do sistema completo:

- Número de pontos: 110
- Horas de utilização por dia: 12
- Dias do mês: 30
- Custo de energia (R\$/kWh): 0,16
- Tempo considerado: 43.200 horas = 10 anos
- Vida útil da lâmpada Mista 500W: 8000 horas
- Custo da lâmpada Mista: R\$ 22,85
- Custo da lâmpada SON 250W: R\$ 32,00
- Custo reator externo para SON 250W: R\$ 38,85
- Vida útil da lâmpada SON 250W: 18.000 horas
- Fluxo luminoso da lâmpada Mista 500W: 12.500 lm

- Fluxo luminoso da lâmpada SON 250W: 26.500 lm
- Potência reator externo para SON 250W: 23 W

Com relação ao fluxo luminoso há uma grande diferença, com 212,00% a mais de luz, da SON 250W em relação à Mista 500W.

Cálculo da Potência (kW)

$$\text{Mista 500W} \Rightarrow 110 \times 500 / 1.000 = 55 \text{ kW}$$

$$\text{SON 250W} \Rightarrow 110 \times (250 + 23) / 1.000 = 30,03 \text{ kW}$$

Cálculo do Custo Inicial (R\$) (1)

$$\text{Mista 500W} \Rightarrow 110 \times 22,85 = \text{R\$ } 2.513,50$$

$$\text{SON 250W} \Rightarrow 110 \times (32,00 + 38,85) = \text{R\$ } 7.037,80$$

Cálculo do Custo de troca para 43.200 horas de operação (R\$) (2)

$$\text{Mista 500W} \Rightarrow (43.200/8.000) \times 22,85 \times 110 = \text{R\$ } 13.572,90$$

$$\text{SON 250W} \Rightarrow (43.200/18.000) \times 32,00 \times 110 = \text{R\$ } 8.445,36$$

Cálculo do Custo de Energia (R\$) (3)

$$\text{Mista 500W} \Rightarrow 55 \times 43.200 \times 0,16 = \text{R\$ } 380.041,20$$

$$\text{SON 250W} \Rightarrow 30,03 \times 43.200 \times 0,16 = \text{R\$ } 207.567,36$$

Através da comparação do cálculo do custo de energia das lâmpadas Mista 500W e SON 250W, verificou-se um economia na conta de energia de R\$ 172.473,84.

Cálculo do Custo Total (R\$):

Cálculo do Custo Inicial (1) + Cálculo do Custo de troca para 43.200 horas de operação (2) + Cálculo do Custo de Energia (3)

$$\text{Mista 500W} \Rightarrow \text{R\$ } 396.127,60$$

$$\text{SON 250W} \Rightarrow \text{R\$ } 223.050,52$$

$$\text{Economia total em 10 anos de operação} \Rightarrow \text{R\$ } 173.077,08$$

A Figura 6.6 mostra todos os custos analisados para este cenário.

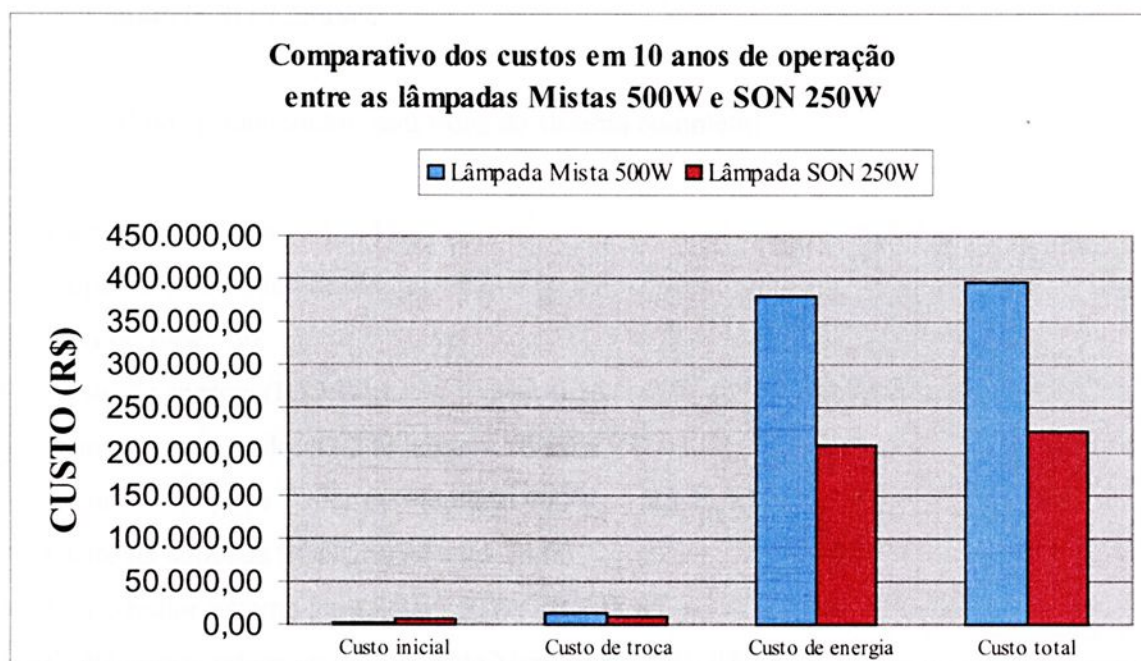


FIGURA 6.6: Comparação de custos entre lâmpadas Mistas 500W e SON 250W

O tempo de retorno do investimento é o ponto em horas onde o custo inicial mais o gasto de energia (custo de energia vezes o consumo, sendo este a potência elétrica vezes o tempo de operação) dos dois sistemas são iguais. Assim sendo tem-se:

Cálculo do Tempo de Retorno de Investimento:

$$\text{Sistema Mista 500W} : 2513,50 + (0,16 \times 55 \text{ t}) = 2513,50 + 8,8 \text{ t}$$

$$\text{Sistema SON 250W} : 7037,80 + (0,16 \times 30,03 \text{ t}) = 7037,80 + 4,80 \text{ t}$$

$$2513,50 + 8,8 \text{ t} = 7037,80 + 4,80 \text{ t} \Rightarrow \text{t} = 1132,43 \text{ horas}$$

$$\text{Tempo de retorno do investimento} = (1132,43 \text{ h} / 12 \text{ h/dia}) / 30 \text{ dias/mês}$$

$$\text{Tempo de retorno do investimento} = 3,15 \text{ meses.}$$

6.6.3 - Substituição das lâmpadas vapor de mercúrio de 400W por lâmpadas *Philips* modelo SON 250W.

Valores considerados para troca do sistema completo:

- Número de pontos: 47
- Horas de utilização por dia: 12
- Dias do mês: 30
- Custo de energia (R\$/kWh): 0,16
- Tempo considerado: 43.200 horas = 10 anos
- Custo da lâmpada Vapor de Mercúrio 400W: R\$ 25,15
- Custo da lâmpada SON 250W: R\$ 32,00
- Custo reator externo para SON 250W: R\$ 38,85
- Custo reator externo para Vapor de Mercúrio 400W: R\$ 27,75
- Vida útil da lâmpada SON 250W: 18.000 horas
- Vida útil da lâmpada Vapor de Mercúrio 400W: 12.000 horas
- Fluxo luminoso da lâmpada Vapor de Mercúrio 400W: 22.000 lm
- Fluxo luminoso da lâmpada SON 250W: 26.500 lm
- Potência reator externo para Vapor de Mercúrio 400W: 26 W
- Potência reator externo para SON 250W: 23 W

Com relação ao fluxo luminoso há uma diferença de 20% a mais de luz, da SON 250W em relação Vapor de Mercúrio 400W.

Cálculo da Potência (kW)

Vapor de Mercúrio 400W $\Rightarrow 47 \times (400 + 26) / 1.000 = 20 \text{ kW}$

SON 250W $\Rightarrow 47 \times (250 + 23) / 1.000 = 12,83 \text{ kW}$

Custo Inicial (R\$)

(1)

Vapor de Mercúrio 400W $\Rightarrow 47 \times (25,15 + 27,75) = \text{R\$ } 2.486,30$

SON 250W $\Rightarrow 47 \times (32,00 + 38,85) = \text{R\$ } 3.329,25$



Custo de troca para 43.200 horas de operação (R\$) (2)

Vapor Mercúrio 400W $\Rightarrow (43.200/12.000) \times 25,15 \times 47 = \text{R\$ } 4.255,38$

SON 250W $\Rightarrow (43200/18000) \times 32,00 \times 47 = \text{R\$ } 3.608,47$

Custo de Energia (R\$) (3)

Vapor de Mercúrio 400W $\Rightarrow 20 \times 43.200 \times 0,16 = \text{R\$ } 138.196,80$

SON 250W $\Rightarrow 12,83 \times 43.200 \times 0,16 = \text{R\$ } 88.687,87$

Analisando os dois cenários no cálculo do custo de energia, verificou-se uma economia na conta de energia de R\$ 49.508,93.

Cálculo do Custo Total (R\$):

Cálculo do Custo Inicial (1) + Cálculo do Custo de troca para 43.200 horas de operação (2) + Cálculo do Custo de Energia (3)

Vapor de Mercúrio 400W $\Rightarrow \text{R\$ } 144.938,48$

SON 150W $\Rightarrow \text{R\$ } 95.625,59$

Economia total em 10 anos de operação $\Rightarrow \text{R\$ } 49.312,89$

A Figura 6.7 mostra todos os custos analisados para este cenário.

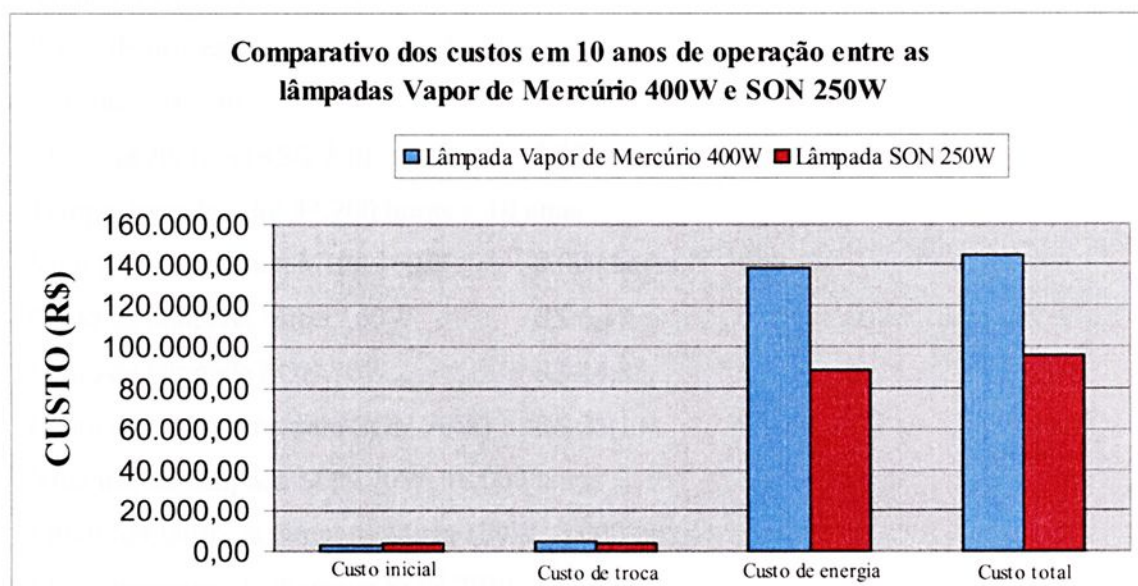


FIGURA 6.7: Custos entre lâmpadas Vapor de Mercúrio 400W e SON 250W

O tempo de retorno do investimento é o ponto em horas onde o custo inicial mais o gasto de energia (custo de energia vezes o consumo, sendo este a potência elétrica vezes o tempo de operação) dos dois sistemas são iguais. Assim sendo tem-se:

Cálculo do Tempo de Retorno de Investimento :

$$\text{Sistema Vapor de Mercúrio 400W: } 2486,30 + (0,16 \times 20 \text{ t}) = 2486,30 + 3,2 \text{ t}$$

$$\text{Sistema SON 250W : } 3329,25 + (0,16 \times 12,83 \text{ t}) = 3329,25 + 2,05 \text{ t}$$

$$2486,30 + 3,2 \text{ t} = 3329,25 + 2,05 \text{ t} \quad \Rightarrow \quad t = 734,79 \text{ horas}$$

$$\text{Tempo de retorno do investimento} = (734,79 \text{ h} / 12 \text{ h/dia}) / 30 \text{ dias/mês}$$

Tempo de retorno do investimento = 2,04 meses.

6.6.4 - Substituição das lâmpadas Mistas de 160W por lâmpadas *Philips* modelo SON 70W.

Valores considerados para troca do sistema completo:

- Número de pontos: 159
- Horas de utilização por dia: 12
- Dias do mês: 30
- Custo de energia (R\$/kWh): 0,16
- Tempo considerado: 43.200 horas = 10 anos
- Vida útil da lâmpada Mista 160W: 8.000 horas
- Custo da lâmpada Mista 160W: R\$ 6,17
- Custo da lâmpada SON 70W: R\$ 14,85
- Custo reator externo para SON 70W: R\$ 25,13
- Vida útil da lâmpada SON 70W: 18.000 horas
- Fluxo luminoso da lâmpada Mista 160W: 3.000 lm
- Fluxo luminoso da lâmpada SON 70W: 5.600 lm
- Potência reator externo para SON 70W: 13,8 W

Com relação ao fluxo luminoso há uma grande diferença, com 86,66% a mais de luz, da SON 70W em relação à Mista 160W.

Cálculo da Potência (kW)

$$\text{Mista 160W} \Rightarrow 159 \times 160 / 1.000 = 25,44 \text{ kW}$$

$$\text{SON 70W} \Rightarrow 159 \times (70 + 13,8) / 1.000 = 13,32 \text{ kW}$$

Custo Inicial (R\$)

(1)

$$\text{Mista 160W} \Rightarrow 159 \times 6,17 = \text{R\$ } 980,95$$

$$\text{SON 70W} \Rightarrow 159 \times (14,85 + 25,13) = \text{R\$ } 6.358,01$$

Custo de troca para 43.200 horas de operação (R\$)

(2)

$$\text{Mista 160W} \Rightarrow (43.200/8.000) \times 6,17 \times 159 = \text{R\$ } 5.297,13$$

$$\text{SON 70W} \Rightarrow (43.200/18.000) \times 14,85 \times 159 = \text{R\$ } 5.667,71$$

Custo de Energia (R\$)

(3)

$$\text{Mista 160W} \Rightarrow 25,44 \times 43.200 \times 0,16 = \text{R\$ } 175.786,33$$

$$\text{SON 70W} \Rightarrow 13,32 \times 43.200 \times 0,16 = \text{R\$ } 92.096,87$$

Analisando os dois cenários de custo de energia, verificou-se um economia na conta de energia de R\$ 83.689,46.

Cálculo do Custo Total (R\$):

Cálculo do Custo Inicial (1) + Cálculo do Custo de troca para 43.200 horas de operação (2) + Cálculo do Custo de Energia (3)

$$\text{Mista 160W} \Rightarrow \text{R\$ } 182.064,41$$

$$\text{SON 70W} \Rightarrow \text{R\$ } 104.122,59$$

$$\text{Economia total em 10 anos de operação} \Rightarrow \text{R\$ } 77.941,82$$

A Figura 6.8 mostra todos os custos analisados para este cenário.

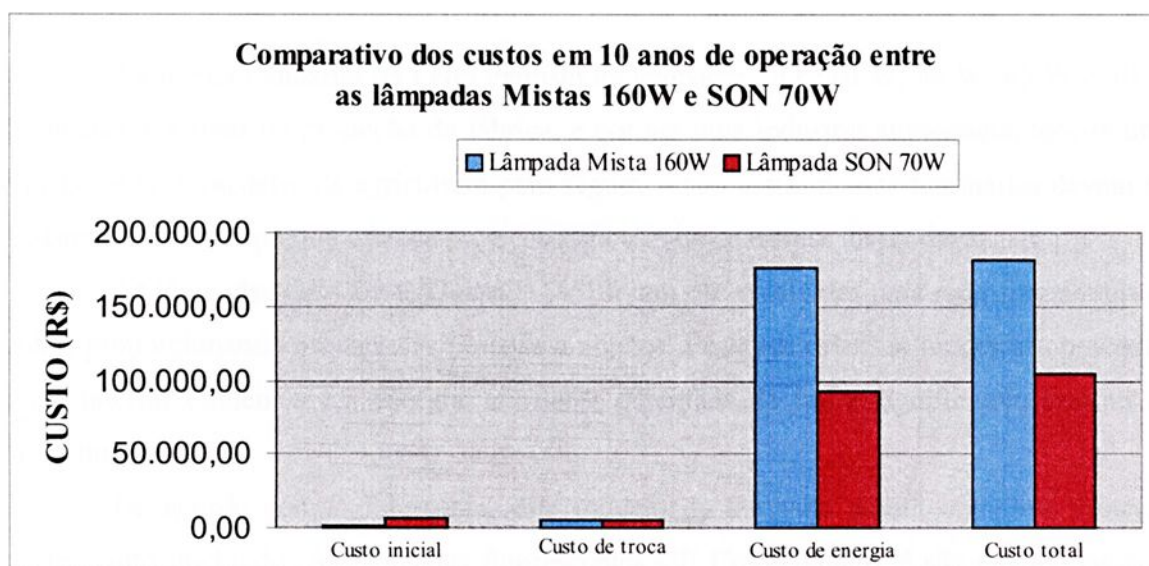


FIGURA 6.8: Comparação de custos entre lâmpadas Mistas 160W e SON 70W

O tempo de retorno de investimento é o ponto em horas onde o custo inicial mais o gasto de energia dos dois sistemas são iguais. Compreende por gasto de energia o custo de energia vezes o consumo, que é a potência elétrica vezes o tempo de operação.

Cálculo do Tempo de Retorno de investimento :

$$\text{Sistema Mista 160W : } 980,95 + (0,16 \times 25,44 \text{ t}) = 980,95 + 4,07 \text{ t}$$

$$\text{Sistema SON 150W : } 6.358,01 + (0,16 \times 13,32 \text{ t}) = 6.358,01 + 2,13 \text{ t}$$

$$980,95 + 4,07 \text{ t} = 6.358,01 + 2,13 \text{ t} \Rightarrow t = 2.773,39 \text{ horas}$$

$$\text{Tempo de retorno do investimento} = (2.773,39 \text{ h} / 12 \text{ h} / \text{dia}) / 30 \text{ dias/mês}$$

Tempo de retorno do investimento = 7,70 meses.

6.6.5 - Substituição das lâmpadas HO 110 W, fluorescentes de 40 W, 58 W e 65 W, por lâmpadas GE Cov-R-Guard

Na planta industrial da Leite Paulista há lâmpadas HO 110 W, 58 W, 65 W e 40 W instaladas nas áreas de produção da fábrica, e por ser uma indústria alimentícia, tem-se uma legislação do ministério da agricultura para seguir, sendo assim nossas luminárias devem ter difusores ou outro tipo que ofereça proteção para a linha de envase de produtos.

As lâmpadas GE Cov-R-Guard™ [45] foram desenvolvidas para reter fragmentos de vidro, proporcionando proteção às pessoas e objetos. Possuem diversos modelos e potências com superior eficiência em energia, excelente qualidade de luz e significativo retorno do investimento.

De acordo com o fabricante, este modelo de lâmpada possui completa proteção contra vidro quebrado. As lâmpadas fluorescentes GE Cov-R-Guard™ são envolvidas com uma cobertura de policarbonato que retém os fragmentos de vidro em caso de quebra de lâmpadas.

Possui revestimento estabilizado a Ultra Violeta (UV) de policarbonato virgem na espessura de 0,4 mm, mantendo sua transparência durante a vida da lâmpada.

O revestimento das lâmpadas Cov-R-Guard™ proporciona a máxima proteção com mínima perda de luz. Nenhuma montagem é requerida para instalação, pois podem ser instaladas diretamente nas luminárias sem necessitar de inconvenientes montagens adicionais e sem alterar o seu comprometimento máximo total, como acontece com alguns revestimentos mais grosseiros. Possui proteção contra Ultra Violeta, ideal para indústria alimentícia, fábricas de semicondutores e áreas relacionadas à saúde. Cumpre as normas FDA (*Federal Drug Administration*) e OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) e é aprovada pela USDA (*United States Department of Agriculture*).

Seu descarte é simples, revestimento protetor das lâmpadas Cov-R-Guard é facilmente removível em caso de reciclagem, com grande benefício nas etapas de manuseio e transporte.

Assim sendo, foi elaborada uma proposta para substituição das referidas lâmpadas. Porém o custo das lâmpadas modelo Cov-R-Guard da GE ainda é alto, perante as luminárias fluorescentes convencionais com difusores, como mostra a tabela 6.4.



TABELA 6.4 : Custo das lâmpadas fluorescentes com difusores e COV-R-GUARD

Descrição	Fluorescente c/ difusor	COV-R-GUARD
Fluorescente 40 W	R\$ 2,95	R\$ 24,10
Fluorescente 58 W ou 65 W	R\$ 4,70	R\$ 24,10
Fluorescente HO 110 W	R\$ 10,50	R\$ 56,20

O valor da lâmpada COV-R-GUARD é muito maior que o valor da lâmpada fluorescente com difusor, como mostrado na tabela 6.4. Além de terem em comum as dimensões, os reatores e as potências demandadas, tendo como vantagem a concepção e a tecnologia citada acima não é suficiente para que todo o sistema seja modificado neste momento, pois passa a não ter um retorno de investimento de curto ou médio prazo, além destas lâmpadas serem lançamento no mercado, por isso difíceis de serem encontradas.

No caso da Leite Paulista, foi elaborada uma proposta comercial com representante da GE [46], e o valor para troca destas lâmpadas fluorescentes convencionais pela COV-R-GUARD foi de R\$ 4.397,80.

Porém como já foi mencionado, as lâmpadas convencionais com difusores atendem a legislação vigente e a empresa já optou pela compra dos difusores, pois não haverá economia de energia visto que as lâmpadas da GE possuem igualdade de potência consumida em relação às lâmpadas convencionais, e a facilidade de se encontrar no mercado, conforme necessidade e disponibilidade. Levou-se em consideração o fato de que estas novas lâmpadas da GE são dedicadas para uso específico e consequentemente de alto valor comercial, além de ainda terem pouca oferta no mercado.

6.7. Considerações sobre os resultados obtidos no cálculo das propostas apresentadas

Através dos cálculos apresentados tem-se um cenário onde possa ter as quatro propostas sendo executadas simultaneamente, e assim sendo, após 9 meses teria uma economia anual total de R\$ 32.529,37 com a mudança dos respectivos sistemas analisados, cujos cálculos foram realizados com as lâmpadas de maior potência e que se situam em áreas externas.

A Figura 6.9 mostra a economia total em 10 anos de operação que se pode obter na substituição dos sistemas propostos pelos atuais na Leite Paulista.

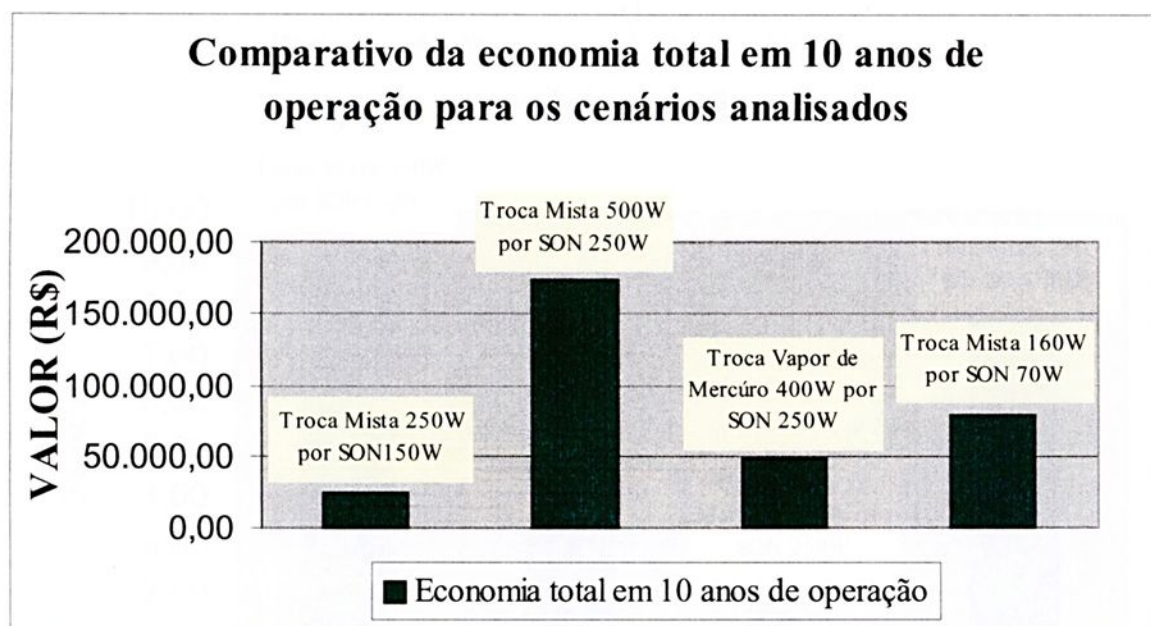


FIGURA 6.9: Economia total em 10 anos de operação dos sistemas propostos

O levantamento realizado no sistema de iluminação mostra que é possível uma melhoria no mesmo, a partir da substituição total ou parcial dos equipamentos atualmente utilizados por outros mais eficientes, além de possibilitar a oportunidade de um estudo que pode ser feito, com cálculos em outras áreas e/ou empresas, respeitando as características intrínsecas das mesmas.

O atrativo desta mudança aumenta quando se sabe que os preços atuais de energia elétrica, conforme amplamente divulgado, deverá sofrer um considerável aumento com a entrada em operação da geração térmica a gás natural e com a variação da nossa moeda diante do dólar.

Apesar do investimento necessário para a mudança ser alta, a amortização do capital inicial investido e o retorno através da diminuição dos custos na energia, será sem dúvida compensado.

A Figura 6.10 mostra o curto tempo de retorno de investimento para os casos analisados na Leite Paulista. A isto acrescenta-se sob o ponto de vista da qualidade, com o novo sistema de iluminação, com maior conforto para os usuários, sem dúvida poderá resultar em melhorias na produtividade fabril.

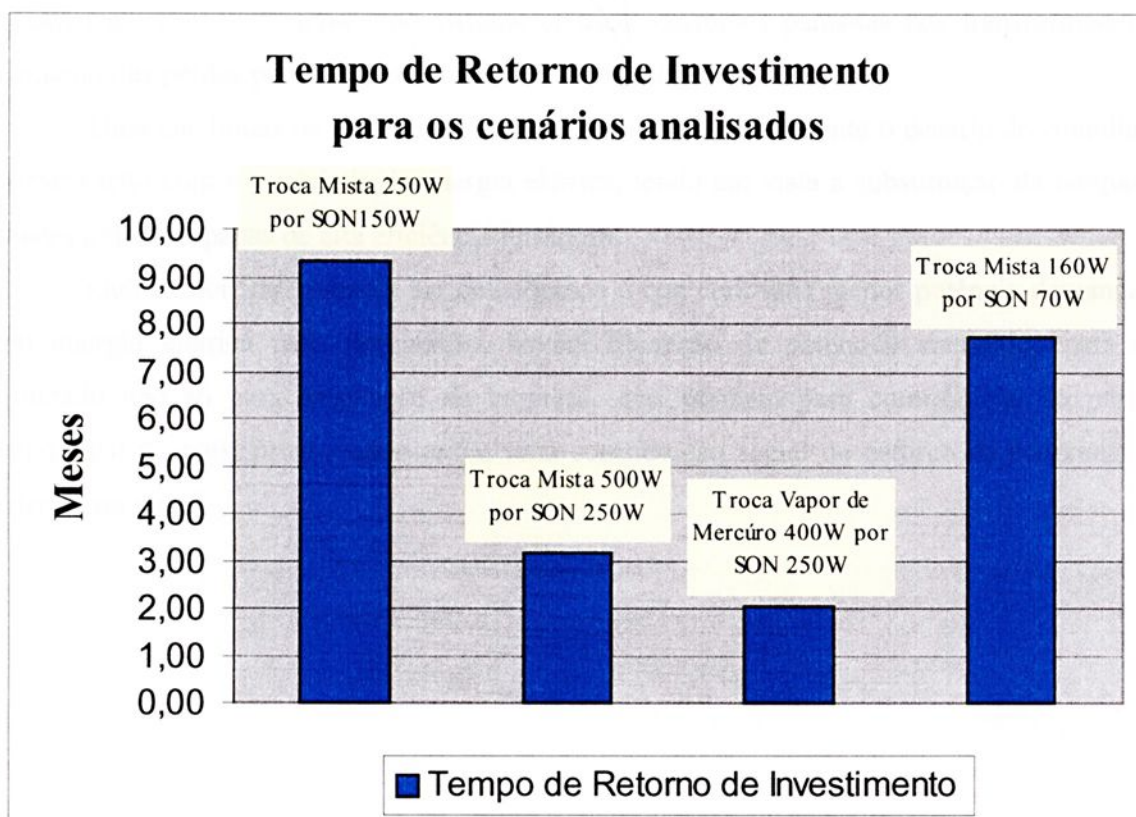


FIGURA 6.10: Tempo de retorno de investimento para os sistemas propostos

Além do custo do novo projeto, decorrente da compra de novos equipamentos e de sua instalação, deveriam ser considerados os custos resultantes da inutilização do sistema de iluminação a ser substituído. No caso em estudo, portanto, considera-se que após três décadas de uso, o custo desta instalação já está amortizado, sendo inclusive necessária a sua substituição.

A substituição das lâmpadas mistas por lâmpadas de alta eficiência luminosa representa, sem dúvida, uma grande contribuição no esforço de conservação de energia. [47] É importante no entanto alertar para o fato de que a utilização em grande escala de lâmpadas compactas de alta eficiência representa um novo desafio no campo da qualidade da energia elétrica que alimentará a nova instalação. O problema atinge desde os aparelhos de medição de energia que podem ter as suas leituras comprometidas [48], [49], até ocorrências de problemas graves de sobretensões em equipamentos, e aquecimento nos dispositivos de proteção da instalação.

Estudos recentes [50] mostram que as lâmpadas compactas fluorescentes de alta eficiência apresentam altos níveis harmônicos de corrente implicando em efeitos como a

queda significativa de tensão no sistema elétrico, correntes parasitas nos transformadores, aumento das perdas por histerese e baixo fator de potência.

Uma das linhas de continuidade deste trabalho é precisamente o desafio de conciliar a conservação com a qualidade de energia elétrica, tendo em vista a substituição de lâmpadas mistas pelas lâmpadas de alta eficiência luminosa.

Outro fator importante a ser considerado é que com uma menor potência demandada em energia elétrica para iluminação, haverá liberação de potencial energético para ser utilizado não só para ampliação da empresa, mas também para contribuição ao parque energético do país, promovendo assim uma contribuição social no esforço de economia de energia no país.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

A conservação de energia tornou-se imprescindível à medida em que os recursos das fontes de energia se tornam esgotáveis e/ou com poder de renovação menor do que a taxa de crescimento estabelecida pelo setor produtivo. Desempenha, também, papel de extrema importância em todos os setores de consumo, principalmente numa situação de crise do setor elétrico.

É nesta conjuntura que este trabalho propôs diversas alternativas para otimizar o uso de energia, procurando minimizar custos e tornar os sistemas energéticos analisados na indústria de laticínios mais eficientes.

Com esta finalidade, foram realizadas auditorias energéticas nos diversos setores da indústria de laticínios para detectar pontos críticos e ter um diagnóstico energético global da empresa, de modo a reunir informações que permitiram orientar as propostas em conservação de energia, identificando a natureza da energia consumida e seus possíveis desperdícios.

No capítulo 3, verificou-se a viabilidade econômica do uso da máquina de absorção, por meio da utilização de sistema de refrigeração por absorção acionado pelo biogás da estação de tratamento de efluentes. Este sistema possui custo operacional relativamente nulo, pois utiliza o calor residual proveniente da queima de subproduto industrial lançado na atmosfera. Atualmente a refrigeração se dá por meio de *chiller* elétrico, que é operado com a nobre eletricidade. Com a utilização da máquina de absorção, através dos cálculos realizados, pode-se obter uma economia anual de R\$ 107.044,20, após o tempo de retorno de investimento, que é de cerca de 8 meses.

Outra proposta também estudada no caso da refrigeração foi a implantação de um sistema automatizado para monitoramento dos compressores da sala de máquinas do laticínio, proporcionando assim um controle que otimize o funcionamento de cada compressor, mantendo todos os valores dentro de limites pré-determinados, fazendo com que os compressores operem em suas respectivas cargas nominais, com o máximo de rendimento. O sistema proposto oferece melhoria de operação com economia anual de R\$ 46.490,87, somente com a economia de energia obtida, após um tempo de retorno de investimento de 2,54 anos, ou seja, cerca de 30 meses.

Na utilização de energia térmica, principalmente na sua geração, e neste caso referindo-se a geradores de vapor, o capítulo 4 deste trabalho contribuiu mostrando a necessidade de se preservar o meio ambiente em conjunto com a minimização de custos, por meio da substituição do combustível das caldeiras (óleo BPF) por gás natural. Além da vantagem econômica apresentada, o gás natural é um combustível muito mais limpo e ajuda, neste caso, a preservar o meio ambiente e eliminar o inconveniente da contaminação do processo produtivo provocada pela fuligem proveniente da combustão de óleo BPF.

A substituição do energético não compromete o desempenho das caldeiras, se respeitados os índices termodinâmicos de transferência de calor. Numa caldeira há transferência de calor por condução, convecção e radiação, sendo esta última bastante diferenciada para combustível gasoso (gás natural) e líquido (óleo BPF). O gás natural possui em sua composição 89,38% de metano (Tabela 4.4), um excelente energético, menos poluente e mais barato, que resultaria numa economia mensal de R\$ 4.863,09 durante os 18 meses de custo com desconto (R\$ 58.357,08/ano). Se mantida a diferença entre o custo dos combustíveis, o tempo de retorno de investimento seria de 23,24 meses devido a substituição proposta do energético. A troca do energético das caldeiras traz benefícios econômicos, ambientais e liberação de espaço físico, pois pode-se eliminar o reservatório de óleo BPF (150 m³), que ocupa uma área estratégica da empresa de 100 m².

Com relação à economia de energia elétrica, a alternativa proposta no capítulo 5 foi a substituição de motores convencionais por motores de alto rendimento, dimensionados adequadamente à carga através de sua respectiva capacidade nominal. Conforme pode-se verificar no anexo A deste trabalho, é comum encontrar equipamentos operando em vazio, ou superdimensionados, agravando o cenário de desperdício característico dos sistemas de força motriz e onerando os gastos com energia elétrica da instalação. Verificou que a atratividade econômica aumenta para os casos de motores de menor potência, cujo número é consideravelmente maior.

De suma importância também neste trabalho foi a proposta para a substituição parcial do sistema de iluminação atual por um sistema que utilize equipamentos com tecnologias mais eficientes, apresentadas no capítulo 6. Apesar do investimento inicial ser relativamente alto, seu tempo de retorno é curto, tendo resultados imediatos e sem dúvida compensadores tanto do ponto de vista econômico quanto da qualidade de iluminação. O estudo apresentou a viabilidade econômica dos cenários apresentados para troca parcial do sistema de iluminação

da Leite Paulista, com tempo de retorno de investimento curto, variando de 2 à 9 meses, implicando numa economia anual de R\$ 32.529,37 considerando a implantação dos sistemas propostos.

Todas as propostas resultantes são apresentadas na Tabela 7.1, onde é possível verificar claramente a economia obtida, os investimentos necessários e o tempo de retorno de investimento.

Tabela 7.1: Valores consolidados de economia anual obtida

Sistema Proposto (Técnica de Conservação)	Investimento (R\$)	Tempo de Retorno de Investimento - TRI (anos)	Economia Anual após TRI (R\$/ano)
Utilização do Biogás no Sistema de Refrigeração por Absorção ao invés de utilizar <i>Chiller</i> Elétrico	370.000,00	0,7197	107.044,20
Automatização dos Compressores Amônia (Refrigeração)	118.049,57	2,54	46.490,87
Troca de Combustível da Caldeiras (Óleo BPF por Gás Natural)	113.015,00	1,93	58.357,08
Troca de Motores Elétricos da linha Padrão por linha de Alto Rendimento	20.843,00 (diferença entre custo de compra dos motores)	0,56	37.074,10 (p/ 4000 horas/ano de operação)
		0,28	74.148,20 (p/ 8000 horas/ano de operação)
Utilização de Sistema de Iluminação mais Eficiente	19.353,50	0,59	32.529,37

Conforme mostrado na Tabela 7.1, todas as alternativas de conservação de energia encontradas numa típica indústria de laticínios, no caso Leite Paulista, apresentaram-se

economicamente viáveis. Contudo, o menor tempo de retorno de investimento é consequência da troca de motores convencionais por motores de alto rendimento, quando da necessidade de compra devido a novas instalações ou comprometimento total do motor utilizado. A substituição do atual sistema de iluminação por outro de maior eficiência mostra uma diminuição na conta de energia, além de promover liberação de potência demandada pela empresa e proporcionar maior qualidade de iluminação.

Os valores apresentados podem servir de critério para implantação das propostas de conservação de energia na indústria analisada.

Todas as alternativas podem ser analisadas em conjunto ou separadamente, pois representam significativa contribuição para o processo de modernização e melhoria dos custos de energia da empresa, alinhando-se às diretrizes de diminuição de consumo e gastos dentro e fora da mesma, resultando num uso eficaz tanto da energia elétrica quanto térmica, mostrando que a conservação de energia pode estar inserida no contexto da administração empresarial.

Esta dissertação não visa esgotar o assunto em pauta. Nesse sentido, apresentam-se as seguintes linhas de trabalho que podem vir a ser desenvolvidas:

- Estudo da utilização do biogás produzido para atender outras demandas de energia;
- Análise da eficiência da produção de vapor com o combustível gás natural, através de avaliação termodinâmica;
- Estudo dos impactos das lâmpadas de alta eficiência na qualidade de energia do sistema elétrico;
- Desenvolvimento de programas para realização de análises energoeconômicas e exergoeconômicas;
- Aplicações das análises efetuadas para outros tipos de sistemas térmicos e/ou elétricos;
- Aplicação do estudo realizado em outros segmentos industriais, com análise e projeção da demanda de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOARES, J. B.; SZKLO, A. S.; TOLMASQUIM, M.T.; “Incentive policies for natural gas-fired cogeneration in Brazil’s industrial sector – case studies: chemical plant and pulp mill”; *Applied Energy* 29, pg 205-215; 2000.
- [2] OLANO, J. F.; “Aspectos técnicos e econômicos e situação da cogeração nos EUA e União Européia”; *Elettricidade Moderna* 258, pg 104-117; 1995.
- [3] ELETROBRAS; 1989b, Sinopse de informações sócio-econômicas e de energia elétrica; Departamento de Utilização Energia Elétrica, Rio de Janeiro.
EPRI 1981. Impact of Advanced Power Semiconductor Systems on Utilities and Industry. EPRI EM-2112. Palo Alto, CA.; Electric Power Research Institute. Ferreira, W. - Divisão de Aplicação e Conservação de Energia. São Paulo: CESP, comunicação pessoal, novembro, 1989.
- [4] <http://www.criseenergetica.com.br/tudosobre/acrise.htm>; Crise Energética; 2002.
- [5] SPE, Secretaria de Política Econômica;
http://www.energiabrasil.gov.br/estudos_pesquisas/bmo_acionamento.pdf ;
Panorama Macroeconômico Brasileiro, Efeitos do Racionamento de Energia Elétrica sobre a Oferta Agregada, Ministério da Fazenda, 24p., Brasil, 2001.
- [6] SOUZA, J. G. M.; MOREIRA, J. R.; Conservação de Energia no Brasil,
http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/cenerg.htm;
Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo; 2001.
- [7] <http://www.pagina.de/energia>; Conservação de Energia; Fundação Liberato Salzano Vieira da Cunha, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil, 2002.
- [8] COTRIM, A. A. M. B.; Instalações Elétricas, 3ª edição, Editora Mc Graw Hill, São Paulo, 1992, 887p.
- [9] CREDER, H.; Instalações Elétricas, 13ª edição, Editora Afiliada, São Paulo, 1995, 515p.
- [10] <http://www.cogeracao.com.br>; Cogeração; 2001.
- [11] PANTALENA, A.; Cogeração para Laticínios de Pequeno e Médio Portes, dissertação de mestrado, UNESP, 1997, 140p.
- [12] JOSKOW, P.; JONES, D.; “The simple economics of industrial cogeneration”; *The Energy Journal* 1(4), pg 1-22; 1983.



- [13] TAKAHASHI, K.; ISHIZAKA, T.; "Application of information theory for the analysis of cogeneration-system performance"; *Applied Energy* 61, pg 147-162; 1998.
- [14] SZKLO, A. S.; SOARES, J. B.; TOLMASQUIM, M. T.; "Economic potential of natural gas-fired cogeneration in Brazil: two case studies"; *Applied Energy* 67(3), pg 245-267; 2000.
- [15] VILLELA, I. A. C.; *Modelagem Termoeconômica de Sistemas de Refrigeração: Produção de Água Gelada para um Laticínio*, dissertação de mestrado, UNESP, 1998, 102p.
- [16] SILVEIRA, J. L.; CARVALHO Jr, J. A.; *Proposta de Assessoria Técnica: Estudo para melhorar em 30% o sistema de geração de água gelada na Leite Paulista*, maio 1997, 26p.
- [17] COSTA, Ê. C.; *Física Industrial – Refrigeração*, editora Meridional EMMA, v.II, Porto Alegre, 175p., 1976.
- [18] SABROE LATIN AMERICA, *Informativo técnico e produtos*, proposta comercial da York Refrigeration, 8p., 2001.
- [19] DIAS, R.; *Impactos da Substituição de Equipamentos na Conservação de Energia*, dissertação de mestrado, UNESP, 1999, 94p.
- [20] HIRSCHFELD, H.; *Engenharia Econômica e Análise de Custos*, São Paulo, Editora Atlas, 1992, 453p.
- [21] PEREIRA, C. A. A., SANTÉRIO, E.L., LAGEMANN, V.; *Geração e Distribuição de Vapor*, apostila do Serviço de Recursos Humanos, PETROBRÁS, 159p.
- [22] GÁLVEZ, C. M.; *Manual de Ahorro de Energia en la Industria*; Corporacion de Fomento de la Produccion, Editorial Universitaria, Santiago, Chile, 1999, 204p.
- [23] ATA COMBUSTÃO, *Informativo técnico e produtos*, proposta comercial do grupo AALBORG Industries, Petrópolis, 2001, 45p.
- [24] HOLMAN, J. P.; *Heat Transfer*; Editora McGraw Hill; fifth edition; Tokyo, 1981, 570p.
- [25] GELLER, H. S.; *Efficient Electricity Use: A Development Strategy for Brazil*, American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, D.C., 1991.
- [26] TABOSA, R. P.; *Comunicação pessoal*. PROCEL/Eletronbras, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1997.

- [27] SOARES, J. A. e TABOSA, R. P.; Motores Elétricos: Uma Análise Comparativa de Mercado e Eficiência; Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia, pg 2019-2028, Rio de Janeiro, RJ, Brasil,: COPPE/UFRJ, 1996.
- [28] SOARES, G.A., HERSZTBERG, I. e AROUCA, M.C.; Avaliação Econômica da Utilização de Motores Elétricos Industriais de Indução de Alto Rendimento. Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia, pg 2059-2073, Rio de Janeiro, RJ, Brasil,: COPPE/UFRJ, 1996.
- [29] HENRIQUES, JR. M.; Uso de Energia na Indústria Energo-Intensiva Brasileira: Indicadores de Eficiência e Potencial de Economia de Energia, dissertação de mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1995.
- [30] TABOSA, R.P.; SOARES, G. A.; SHINDO, R.; Guia Técnico de Motor de Alto Rendimento, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, PROCEL/Eletrobras/Cepel, 1998, 28p.
- [31] ELETRO BUSCARIOLI, Informativo técnico e produtos, proposta comercial, São Paulo, 2002, 4p.
- [32] Manual de Administração de Energia, Força Motriz nº 2, Agência para Aplicação de Energia, CESP/CPFL/ELETROPAULO/COMGÁS, 1997, 31p.
- [33] PROCEL; Resultados do PROCEL 1996: Economia de Energia e Redução de Demanda na Ponta. Rio de Janeiro, RJ, Brasil,: PROCEL/Eletrobras, 1997.
- [34] WAGNER, W, F; Mesa – redonda: Lighting – an art supported by a technology. Architectural Record, 173(4), pp 156 –163. Abril de 1995.
- [35] STEIN, B, REYNOLDS, J, S; E MCGUINNESS, W, J: Mechanical and electrical equipament for buildings (7^a. Ed) Nova York, Wiley. 1986.
- [36] TILLER, D. K.; Towards a deeper understanding of psychological effects of lighting. Journal of the Illuminating Engineering Society, 1992, 59 – 65. 1990.
- [37] LINS, M.P.E. e A.C.M. SILVA; Conditional Demand Analysis for Estimating Regional Variation in Appliance Specific Electricity Consumption for Brazilian Household Sector. In Proceedings of the 1996 European-Latin American Forum on Energy Research, 1996.
- [38] GELLER, H. S., P. LEONELLI, R. M., ABREU, E. I. ARAÚJO; Energy-Efficient Lighting in Brazil: Market Evolution, Electricity Savings, and Public Policies, Washington, D.C.,: American Council for an Energy-Efficient Economy, 1997b.

- [39] LEONELLI, P. A.; Comunicação Pessoal. Rio de Janeiro, R.J., Brasil: PROCEL/Eletronbras, 1996.
- [40] POOLE, D.C. e GELLER, H.; The Emerging ESCO Industry in Brazil Washington, D.C.: American Council for an Energy-Efficient Economy- ACEEE, 1997.
- [41] OSRAM do Brasil; Manual Luminotécnico Prático, <http://osram.com.br>, 2001, 28p.
- [42] GAMA, P. H. R. P.; A Conservação de Energia e sua Relação com a Qualidade da Energia Elétrica, dissertação de mestrado, EFEI, 1998, 211p.
- [43] <http://www.bandeirante.com.br>, setembro 2001.
- [44] <http://www.lighting.philips.com/americalatina/products/son3.shtml>, 2001.
- [45] http://www.gelighting.com/br/business/business_fluorescent.htm, 2002.
- [46] REXEL Distribuição Ltda; Informativo técnico e produtos, proposta comercial do representante GE (General Electric do Brasil), São José dos Campos/SP, 2001, 8p.
- [47] MALDONADO, O. A. A.; CAMPOS, E. C. D; FUJINO K.; SILVA, D. R. M; KOBAYASHI, M. H.; "Um estudo da substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas em instalações elétricas residenciais e o compromisso entre conservação e a qualidade de energia.", XVI SNPTEE, Campinas, S. P. Brasil, Outubro 2001.
- [48] PAGAN, C. J.; JANUZZI, G. M.; "Os impactos das lâmpadas incandescentes de 120V para o país", Revista Eletricidade Moderna, pgs 108-115, setembro de 1998.
- [49] RODRIGUES, J. W. A.; "Proposição de um protocolo de aferição de medidores de energia elétrica submetidos a sinais distorcidos"; Dissertação de Mestrado, EFEI, setembro de 2000, 95p.
- [50] GAMA, P. H. R. P.; et. Alii; "Interferência no Sistema Elétrico Causado pela Utilização de Lâmpadas Fluorescentes Compactas em Consumidores Residenciais", II SBQEE, EFEI, 1997.



ANEXO A

LEVANTAMENTO DE CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

1 - Planilha do levantamento de cargas elétricas com custo de energia

O levantamento de cargas, elaborado durante quatro meses em 2000 e totalmente revisado em 2001 mostra os custos com eletricidade especificados por setor e equipamento.

Foram analisados os valores de potência nominal de cada equipamento, sendo estes mostrados em cv (cavalo vapor), convertidos em kW.

A planilha mostrada a seguir contempla valores de tensão nominal e valores de corrente medida, sendo esta a média de valores três valores encontrados em situações de operações distintas e reais no processo, em horários aleatórios, seguindo as orientações de usuários e operadores do sistema. Foram atribuídos valores de fator de demanda para os motores a partir de informações obtidas na prática.



LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

SALA DE MÁQUINAS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA (R\$) / MÊS	CONSUMO (R\$) / MÊS	ENERGIA (R\$) / MÊS
COMP. SABROE - nº 24	1	380	117	75	55,2	0,72	76,92	685,58	1094,35	1779,93
COMP. SABROE - nº 25	1	380	104	75	55,2	0,81	68,37	685,58	1094,35	1779,93
COMP. SABROE - nº 13	1	380	117	75	55,2	0,72	76,92	685,58	1094,35	1779,93
COMP. SABROE - nº 12	1	380	112	75	55,2	0,75	73,63	685,58	1094,35	1779,93
COMP. SABROE - nº 26	1	380	140	100	73,6	0,80	92,04	914,11	1459,13	2373,24
COMP. SABROE - nº 19	1	380	141	100	73,6	0,79	92,69	914,11	1459,13	2373,24
COMP. SABROE - nº 11	1	380	136	100	73,6	0,82	89,41	914,11	1459,13	2373,24
COMP. SABROE - nº 23	1	380	140	100	73,6	0,80	92,04	914,11	1459,13	2373,24
COMP. SABROE - nº 28	1	380	144	100	73,6	0,78	94,67	914,11	1459,13	2373,24
COMP. SABROE - nº 29	1	380	137	100	73,6	0,82	90,06	914,11	1459,13	2373,24
CÂMARA DO PETTI										
COMP. SABROE Nº 22	1	220	137	50	36,8	0,71	52,14	457,06	729,56	1186,62
COMP. SABROE Nº 27	1	220	120	50	36,8	0,81	45,67	457,06	729,56	1186,62
COMP. GA 710	1	220	244	100	73,6	0,79	92,87	914,11	1459,13	2373,24
GA1210	1	380	253	250	184	1,11	166,32	2285,28	3647,82	5933,10
GA1210	1	380	253	250	184	1,11	166,32	2285,28	3647,82	5933,10
ATLAS COPCO - mod. DR2	1	380	163	100	73,6	0,69	107,16	914,11	1459,13	2373,24
BB .A. GEL. (20CV)	3	380	87	60	44,16	0,77	57,19	548,47	875,48	1423,94
BB. A. GEL. (10CV)	2	380	32	20	14,72	0,70	21,04	182,82	291,83	474,65
BB. A. GEL.(3CV)	2	380	10,4	6	4,42	0,65	6,84	54,85	87,55	142,39
BB. BUSTER BENEFICIAM.	1	380	17,5	5	3,68	0,32	11,50	45,71	72,96	118,66
AGITADOR TQ. AG. 5CV	2	380	16,2	10	7,36	0,69	10,65	91,41	145,91	237,32
4CV	3	380	21,6	12	8,83	0,62	14,20	109,69	175,10	284,79
5CV	2	380	16,2	10	7,36	0,69	10,65	91,41	145,91	237,32
BB. AMÔNIA LIQ. 6CV	2	380	20	12	8,83	0,67	13,15	109,69	175,10	284,79
5CV	2	380	17,4	10	7,36	0,64	11,44	91,41	145,91	237,32
PETTI 5CV	2	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
FOR. CAM. PETTI 1,5CV	12	220	60	18	13,25	0,58	22,84	164,54	262,64	427,18



LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

TORRE RESF PETTI 7CV	1	220	24,5	7	5,15	0,55	9,32	63,99	102,14	166,13
\\ SALA MAQUIN. 30CV	1	380	78	30	22,08	0,43	51,28	274,23	437,74	711,97
BB. RESF. HERO (PÓ)	1	220	69	25	18,40	0,70	26,26	228,53	364,78	593,31
BB. RESF. HERO (PÓ)	1	220	104	40	29,44	0,74	39,58	365,64	583,65	949,30
BB. REP. AG. TORRE 7,5	2	220	44	15	11,04	0,66	16,75	137,12	218,87	355,99

SALA DE MÁQUINAS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
BB D'ÁGUA BRESSER	1	220	4,5	2	1,47	0,86	1,71	18,28	29,18	47,46
MOTOR EVAPOR. 1,5 CV	12	220	48	18	13,25	0,73	18,27	164,54	262,64	427,18
MOTOR EVAPOR. - 2 CV	2	220	9	4	2,94	0,86	3,43	36,56	58,37	94,93
MOTOR EVAPOR. - 3 CV	6	220	47	18	13,25	0,74	17,89	164,54	262,64	427,18

CÂMARA FRIGORÍFICA

MOTOR EVAPORAD. - 1,5 CV	32	220	112	48	35,33	0,83	42,63	438,77	700,38	1139,16
--------------------------	----	-----	-----	----	-------	------	-------	--------	--------	---------

TÚNEL DE RESFRIAM.

VENTILADOR TÚNEL 1	12	220	165	60	44,16	0,70	62,80	548,47	875,48	1423,94
MOTOR REDUTOR ESTEIRA	1	220	2,5	1	0,74	0,77	0,95	9,14	14,59	23,73
VENTILADOR TÚNEL 2	12	220	139	72	52,99	1,00	52,90	658,16	1050,57	1708,73
BB RACHINE (ÓLEO)	1	220	3,4	2	1,47	1,14	1,29	18,28	29,18	47,46

TOTAL	134		3634,2	2215	1630,24	0,81	2012,43	2056,75	32319,71	34376,46
--------------	------------	--	---------------	-------------	----------------	-------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------

CAIXA D' ÁGUA PRINCIPAL

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMP	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
BB PRESSÃO - 1,5 CV	2	220	8	3	2,21	0,73	3,04	27,42	43,77	71,20
BB RECOLIÇÃO DA CAIXA	1	220	26	10	7,36	0,74	9,90	91,41	145,91	237,32
BB HERO 126 H 50	1	220	19	7,5	5,52	0,76	7,23	68,56	109,43	177,99

LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

BB HERO 126 H 51	1	220	15	6	4,42	0,77	5,71	54,85	87,55	142,39
BB DOSADORA ROTAU	1	220	2,5	1	0,74	0,77	0,95	9,14	14,59	23,73
BB PRESSÃO UHT HERO	1	220	8	3	2,21	0,73	3,04	27,42	43,77	71,20
POÇOS ARTESIANOS										
COMP. ATLAS COPCO BT 4	1	220	97	40	29,44	0,80	36,92	365,64	583,65	949,30
BB HERO 126 H 50	1	220	7	3	2,21	0,83	2,66	27,42	43,77	71,20
BB SUBMERSA ÉBARA	1	220	19	7,5	5,52	0,76	7,23	68,56	109,43	177,99
TOTAL	10		201,5	81	59,62	0,78	76,69	740,43	1181,89	1922,33
BOMBAS TORRE / SALA DE MÁQUINAS										
EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA (R\$)	CONSUMO (R\$)	ENERGIA (R\$)
BOMBA D'ÁGUA	1	380	12	7,5	5,52	0,70	7,89	68,56	109,43	177,99
BOMBA D'ÁGUA	1	380	12	7,5	5,52	0,70	7,89	68,56	109,43	177,99
BOMBA D'ÁGUA	1	380	57	40	29,44	0,79	37,47	365,64	583,65	949,30
BOMBA D'ÁGUA	1	380	57	40	29,44	0,79	37,47	365,64	583,65	949,30
\\ \\ P/ GA 1210	1	380	5,2	3	2,21	0,65	3,42	27,42	43,77	71,20
FORC. TUNEL 1 6CV	12	220	150	72	52,99	0,93	57,09	658,16	1050,57	1708,73
\\ \\ 2 6CV	12	220	150	72	52,99	0,93	57,09	658,16	1050,57	1708,73
CAMARA FRUTAS 2CV	2	220	14	4	2,94	0,55	5,33	36,56	58,37	94,93
VENT. TORRE RESFRIAM.	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
VENT. TORRE RESFRIAM.	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
VENT. TORRE RESFRIAM.	1	220	38	15	11,04	0,76	14,46	137,12	218,87	355,99
VENT. CONDENSADOR	1	220	62	25	18,40	0,78	23,60	228,53	364,78	593,31
BB D'ÁGUA CONDENS.	1	220	14	5	3,68	0,69	5,33	45,71	72,96	118,66
TORRE VTIS										
VENT. TORRE VTIS - 2 CV	2	220	9	4	2,94	0,86	3,43	36,56	58,37	94,93
BB D'ÁGUA TORRE - 5 CV	2	220	22	10	7,36	0,88	8,37	91,41	145,91	237,32
BB D'ÁGUA TORRE - 3 CV	2	220	16	6	4,42	0,73	6,09	54,85	87,55	142,39



LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

TORRE DO BENEFIC.										
BB. RECALC. AGUA	1	220	40	15	11,04	0,73	15,22	137,12	218,87	355,99
BB. RECALC. AGUA	1	220	62	25	18,40	0,78	23,60	228,53	364,78	593,31
BB. RECALC. AGUA	1	220	40	15	11,04	0,73	15,22	137,12	218,87	355,99
\\ AGUA P/ PÓ	1	220	62	25	18,40	0,78	23,60	228,53	364,78	593,31
\\ AGUA P/ PÓ	1	220	16	7,5	5,52	0,91	6,09	68,56	109,43	177,99
\\ AGUA P/ PÓ	1	220	16	7,5	5,52	0,91	6,09	68,56	109,43	177,99
BB VÁCUO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB VÁCUO	1	220	14	5	3,68	0,69	5,33	45,71	72,96	118,66
BB VÁCUO	1	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
BB VÁCUO	1	220	62	25	18,40	0,78	23,60	228,53	364,78	593,31
BB VÁCUO	1	220	63	25	18,40	0,77	23,98	228,53	364,78	593,31
\\ AGUA CIP BENEF.	1	220	3,2	1	0,74	0,60	1,22	9,14	14,59	23,73
TOTAL	54		1063,4	485	356,96	0,80	444,37	4433,44	7076,78	11510,22
CALDEIRAS										
EQUIPAMENTO	QTD	V	AMP	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
(MP812)										
BB. HERO HEROIL	1	220	43,7	12,5	9,20	0,55	16,63	114,26	182,39	296,66
VENTILADOR PRINC.	1	220	104	40	29,44	0,74	39,58	365,64	583,65	949,30
BB. OLEO PRINCIPAL	1	220	3,15	1	0,74	0,61	1,20	9,14	14,59	23,73
TANQUE DE SERVIÇO	1	220	3,15	1,63	1,20	1,00	1,20	14,90	23,78	38,68
AQUECEDOR DE OL. BPF	1	220	9,45	4,90	3,61	1,00	3,60	44,79	71,50	116,29
BB. QUEROZENE	1	220	1,8	0,5	0,37	0,54	0,69	4,57	7,30	11,87
QUEIMADOR ROTATIVO	1	220	2,8	0,75	0,55	0,52	1,07	6,86	10,94	17,80
BB. AGUA ALIM. 25CV	2	220	104	50	36,80	0,93	39,58	457,06	729,56	1186,62
BB. OLEO HERO	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
SUBTOTAL	10		278,55	113,28	83,37	0,79	106,02	1035,51	1652,90	2688,41

LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

(MP813)										
VENTILADOR ATA	1	220	130	50,00	36,80	0,74	49,48	457,06	729,56	1186,62
TANQUE DE SERVIÇO	1	220	3,15	1,63	1,20	1,00	1,20	14,90	23,78	38,68
BB. OLEO BPF	1	220	5	1,50	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
BB AGUA KSB 20CV	2	220	104	40,00	29,44	0,74	39,58	365,64	583,65	949,30
BB. QUEROZENE	1	220	2	0,50	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
AQUECEDOR OLEO	1	220	9,45	4,89	3,60	1,00	3,60	44,70	71,35	116,05
BB. OLEO PRINCIPAL	1	220	5	1,50	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
VENT. DE TETO 0,5 CV	2	220	3,5	1,00	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
BB. ALIMENTAÇÃO BPF	2	220	14	4,00	2,94	0,55	5,33	36,56	58,37	94,93
SUBTOTAL	12		276,1	105,02	77,29	0,74	105,08	960,00	1532,38	2492,38
BB OSMOSE REVERSA	1	220	77	30,00	22,08	0,75	29,31	274,23	437,74	711,97
BB DOSADORA	1	220	0,15	0,06	0,04	0,77	0,06	0,55	0,88	1,42
BB ALIM. OSMOSE	1	220	7,3	3	2,21	0,79	2,78	27,42	43,77	71,20
TOTAL	25		639,1	251,36	185,00	0,76	243,24	1262,21	2014,77	3276,97
E.T.E.										
EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
AGITADOR L. CAL	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. CENTRAL P/ CAL	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
BB. LEITO DE SECAGEM	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB.DESCARTE LODO	1	220	17	6	4,42	0,68	6,47	54,85	87,55	142,39
(TRATAMENTO ANTIGO)										
AGITADOR FALK	1	220	125	50	36,80	0,77	47,58	457,06	729,56	1186,62
BB. CIRCULAÇÃO LODO	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. CIRCULAÇÃO LODO	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. CIRCULAÇÃO LODO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20

LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

BB. CIRCULAÇÃO LODO	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. F. ASSÉPTICA 2CV	2	220	13	4	2,94	0,60	4,95	36,56	58,37	94,93
(DEGREMONT - REATOR)										
BB EFLUENTE BRUTO	1	220	67	25	18,40	0,72	25,50	228,53	364,78	593,31
BB. SUBMERSIVEL	5	220	32,5	10	7,36	0,60	12,37	91,41	145,91	237,32
MIX TQ EQUALIZ.	2	220	17	12	8,83	1,37	6,47	109,69	175,10	284,79
BB. EFLUENTE EQUAL.	2	220	14	8	5,89	1,11	5,33	73,13	116,73	189,86
MIX TQ ACIDIFICAÇÃO	2	220	17	12	8,83	1,37	6,47	109,69	175,10	284,79
AGIT. NEUTRALIZ.	1	220	14,8	5,5	4,05	0,72	5,63	50,28	80,25	130,53
BB. ALIM. REATOR	1	220	14	4	2,94	0,55	5,33	36,56	58,37	94,93
COMPRES. GAZ LIFT	1	220	14	5	3,68	0,69	5,33	45,71	72,96	118,66
BB CAIXA AREIA/GORD.	1	220	12	3	2,21	0,48	4,57	27,42	43,77	71,20
BB PENEIRA ESTÁTICA	2	220	40	15	11,04	0,73	15,22	137,12	218,87	355,99
BB SEPARADORA OMEL	1	220	1,4	0,5	0,37	0,69	0,53	4,57	7,30	11,87
EXAUSTOR TRUE	1	220	8,3	3	2,21	0,70	3,16	27,42	43,77	71,20
LABORATÓRIO E.T.E.										
ESTUFA FABRE	1	220	3	1	0,74	0,64	1,14	9,14	14,59	23,73
ESTUFA FANEN	1	220	1,5	0,5	0,37	0,64	0,57	4,57	7,30	11,87
FORNO FABREM	1	220	14	5,5	4,05	0,76	5,33	50,28	80,25	130,53
FORNO FURLAM	1	220	14	5,5	4,05	0,76	5,33	50,28	80,25	130,53
TOTAL	35		297,5	205,5	151,25	0,75	201,53	1878,50	2998,51	4877,01

LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

E.T.A.										
EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
BB. DARKA ECE10 7,5CV	2	220	44	15	11,04	0,51	16,75	137,12	218,87	355,99
BB. ABAST. CAIXA 15CV	2	220	80	30	22,08	0,73	30,45	274,23	437,74	711,97
BB. KSB 5CV	2	220	30	10	7,36	0,64	11,42	91,41	145,91	237,32
BB.KSB 10CV	3	220	81	30	22,08	0,72	30,83	274,23	437,74	711,97
BB.KSB 10CV	2	220	54	20	14,72	0,72	20,55	182,82	291,83	474,65
\\ \\ 15CV	2	220	80	30	22,08	0,73	30,45	274,23	437,74	711,97
AGITADOR 0,75CV	2	220	5,6	1,5	1,10	0,52	2,13	13,71	21,89	35,60
BB. FILTRAL 0,33CV	3	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
BB. FILTRAL 0,5CV	2	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
BB. DARKA 10CV	2	220	54	20	14,72	0,72	20,55	182,82	291,83	474,65
BB. ALIMEN. CAIXA 15CV	2	220	80	30	22,08	0,73	30,45	274,23	437,74	711,97
TOTAL	24		518,6	189,5	139,47	0,71	197,38	1732,24	2765,05	4497,29
BENEFICIAMENTO / RECEPÇÃO LEITE										
EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
AGITADOR TQ HCI 1CV	7	220	21	7	5,15	0,64	7,99	63,99	102,14	166,13
DESNATADEIRA 30CV	2	220	156	60	44,16	0,74	59,37	548,47	875,48	1423,94
BB. PASTEUR. CREME	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. TQ. CREME	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
MONO BB.PAST. CREME	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. PAST CREME	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. PAST LEITE T. EQUIL.	1	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
BB. T. HCI 10 CV	2	220	56	20	14,72	0,69	21,31	182,82	291,83	474,65
BB. APV HCI - 7	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
BB. APV HCI - 7	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. T. CLOVER TQ. EQUIL.	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20



LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

BB. AG. Q. PAST. III	1	220	35	12,5	9,20	0,69	13,32	114,26	182,39	296,66
BB. AG. Q. PAST. CREME	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. POS. PAST. CREME	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. A. Q. PAST. III	1	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
AGIT. SILO 100000 LT 5 CV	2	220	30	10	7,36	0,64	11,42	91,41	145,91	237,32
BB. RET. CIP SILO	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. APV DESC. CARRETA	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. RET. CIP CARRETA	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. TRANF. L. IOGURTE	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. TRANF. L. PETTI	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. TRANF. L. BENEF.	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. DESC. CARRETA	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
AGIT. TQ. 75,000 L 2CV	2	220	13	4	2,94	0,60	4,95	36,56	58,37	94,93
BB. CREME P/ CARRETA	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20

BB. LEITE C/ INIBIDOR	1	220	14	5	3,68	0,69	5,33	45,71	72,96	118,66
AGITADOR TANQUE	1	220	5,4	2	1,47	0,72	2,06	18,28	29,18	47,46

TOTAL	37		656,4	231,5	170,38	0,68	249,83	2116,17	3377,88	5494,05
--------------	-----------	--	--------------	--------------	---------------	-------------	---------------	----------------	----------------	----------------

CAIXA D' ÁGUA CENTRAL

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
BOMBA D'ÁGUA	1	220	20	5	3,68	0,48	7,61	45,71	72,96	118,66
BOMBA D'ÁGUA	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BOMBA D'ÁGUA	1	220	36	15	11,04	0,81	13,70	137,12	218,87	355,99
BOMBA D'ÁGUA	1	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
BOMBA D'ÁGUA	1	220	6,2	2	1,47	0,62	2,36	18,28	29,18	47,46
BOMBA D'ÁGUA	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
SIRENE	1	220	1,6	0,5	0,37	0,60	0,61	4,57	7,30	11,87
TOTAL	7	220	118,8	41,5	30,54	0,68	45,22	379,36	605,54	984,90

FABRICA DE FERMENTO

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
VENT.AR PRESS.	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BANHO MARIA GRANDE	1	220	20	6,8	5,00	0,66	7,61	62,16	99,22	161,38
GELADEIRA DOMESTICA	1	220	2,2	0,68	0,50	0,60	0,84	6,22	9,92	16,14
GELADEIRA COMERCIAL	1	220	8	1,35	0,99	0,33	3,04	12,34	19,70	32,04
BANHO MARIA PEQUENO	1	220	1,36	0,4	0,29	0,57	0,52	3,66	5,84	9,49
AUTO CLAVE	1	220	18	9,5	6,99	1,02	6,85	86,84	138,62	225,46
BB. APV PUMA	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
AGIT. TQ. FERMENTO	1	220	6,4	1,6	1,18	0,48	2,44	14,63	23,35	37,97
AGIT. TQ. FERMENTO	1	220	6,4	1,6	1,18	0,48	2,44	14,63	23,35	37,97
BB. CIP REGINOX	1	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
BB. DO FUNIL	1	220	9	2	1,47	0,43	3,43	18,28	29,18	47,46
BB. RETORNO CIP	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
AGITADOR WEG TQ.	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
BB. AGUA	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. TRI CLOVER	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
CORTINA DE AR	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
PAINEL ELÉTRICO PLC	1	220	2	0,68	0,50	0,66	0,76	6,22	9,92	16,14
TOTAL	17	220	171,36	57,61	42,40	0,65	65,22	526,62	840,60	1367,22

PREPARAÇÃO DE FRUTAS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
MOTOR DA PENEIRA	1	220	50	20	14,72	0,77	19,03	182,82	291,83	474,65
BB. MONO	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
EXAUSTOR	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
DESPOUPADEIRA	1	220	50	20	14,72	0,77	19,03	182,82	291,83	474,65
BB. MONO	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46

LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

MOTOR ELEVADOR HID.	1	220	9,2	3	2,21	0,63	3,50	27,42	43,77	71,20
BB. APV	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. MONO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
AGITADOR SEW 1,8 KW	2	220	9,45	5	3,68	1,02	3,60	45,71	72,96	118,66
AGITADOR SEW 2,2 KW	2	220	11,56	6	4,42	1,00	4,40	54,85	87,55	142,39
TACHO DE CARAMELO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
EXAUSTOR 1CV	2	220	7	2	1,47	0,55	2,66	18,28	29,18	47,46
CORTINA DE AR	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
EXAUSTOR 2CV	2	220	13	4	2,94	0,60	4,95	36,56	58,37	94,93
VENTIL.PAREDE	1	220	1	0,5	0,37	0,97	0,38	4,57	7,30	11,87
ELEVADOR M. CARGA	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. AG. POÇO ELEVAD.	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
TOTAL	21	220	224,21	84	61,82	0,72	85,33	767,85	1225,67	1993,52

PROCESSO GLUDEX

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
BB. INOXIL	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. NETZ 5/8 CV	3	220	66	24	17,66	0,70	25,12	219,39	350,19	569,58
BB. REGINOX	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
BB. POSITIVA DEDINE	1	220	13	4	2,94	0,60	33,30	36,56	58,37	94,93
TOTAL	6	220	100,5	35	25,76	0,77	33,30	319,94	510,70	830,63



BANDEJA

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
ELEV. M. CARGA	2	220	30	10	7,36	0,64	11,42	91,41	145,91	237,32
DATADOR WILLETI	4	220	4	1,7	1,25	0,82	1,52	15,54	24,81	40,35
ESTEIRA DA WILLETI	1	220	1,6	0,5	0,37	0,60	0,61	4,57	7,30	11,87
VENT. PAREDE	8	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
SELADORAS PLAST. 15A	16	220	255	87,5	64,40	0,66	97,05	799,85	1276,74	2076,59
ESTEIRA P/ TUNEL 0,5CV	2	220	4	1	0,74	0,48	1,52	9,14	14,59	23,73
TUNEL DE ENC. 50A	4	220	100	45	33,12	0,87	38,06	411,35	656,61	1067,96
MAQ. SOCO 1,1A - ADES.	4	220	4,4	1,5	1,10	0,66	1,67	13,71	21,89	35,60
MESA ROTATIVA	2	220	2,4	0,66	0,49	0,53	0,91	6,03	9,63	15,66
MÂQ. RIVER WOOD	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
ESTEIRA R. WOOD	1	220	4,3	1,5	1,10	0,67	1,64	13,71	21,89	35,60
EXAUSTOR	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
MAQ. SOCO 1,1A - ADES.	4	220	4,4	1,5	1,10	0,66	1,67	13,71	21,89	35,60
MESA ROTATIVA	2	220	2,4	0,66	0,49	0,53	0,91	6,03	9,63	15,66
MAQ RIVER WOOD	1	380	9	3	2,21	0,37	5,92	27,42	43,77	71,20
ESTEIRA WELDOTRON	1	220	14	5,47	4,03	0,76	5,33	50,00	79,81	129,82
ESTEIRA DA WILLET	1	220	1,6	0,5	0,37	0,60	0,61	4,57	7,30	11,87
TOTAL	55	220	454,6	165,99	122,17	0,70	175,51	1517,33	2422,01	3939,34

UHT - VTIS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
BOMBA	1	380	8,7	5	3,68	0,64	5,72	45,71	72,96	118,66
BOMBA	1	380	12,8	7,5	5,52	0,66	8,41	68,56	109,43	177,99
BOMBA	1	380	5,2	3	2,21	0,65	3,42	27,42	43,77	71,20
BOMBA	1	380	4,5	4	2,94	1,00	2,96	36,56	58,37	94,93
BB. VÁCUO	1	380	4	4	2,94	1,12	2,63	36,56	58,37	94,93
BB. LEITE	1	380	5,2	3	2,21	0,65	3,42	27,42	43,77	71,20
BB. LEITE	1	380	8,7	5	3,68	0,64	5,72	45,71	72,96	118,66
BB. OLEO DO HOMO	1	380	1,1	0,33	0,24	0,34	0,72	3,02	4,82	7,83
HOMOGENEIZADOR VTIS	1	380	87	60	44,16	0,77	57,19	548,47	875,48	1423,94
VENT. AR CONDICON.	1	380	15,7	10	7,36	0,71	10,32	91,41	145,91	237,32
FORÇADOR AR COND.	1	380	5,2	3	2,21	0,65	3,42	27,42	43,77	71,20
COMPRES. AR COND.	2	380	58	40	29,44	0,77	38,13	365,64	583,65	949,30
TBA-8	1	380	86	60	44,16	0,78	56,54	548,47	875,48	1423,94
TBA -19 58 A	3	380	174	120	88,32	0,77	114,39	1096,93	1750,96	2847,89
BB. CIP TBA	1	380	5,2	3	2,21	0,65	3,42	27,42	43,77	71,20
BB. DOSADORA 0,75 CV	2	380	2,9	1,5	1,10	0,58	1,91	13,71	21,89	35,60
BB. CIP TBA 3 CV	2	380	10,4	6	4,42	0,65	6,84	54,85	87,55	142,39
ESTEIRA TRANSP. 1,5 KW	7	380	15	8	5,89	0,60	9,86	73,13	116,73	189,86
MULT SHIRING 7 KW	3	380	42	28	20,61	0,75	27,61	255,95	408,56	664,51
TETRA CARDBOARD 9 KW	3	380	18	36	26,50	2,24	11,83	329,08	525,29	854,37
TETRA CARDBOARD 1L	1	380	6	4	2,94	0,75	3,94	36,56	58,37	94,93
TETRA SHIRING 1,000 ML	1	380	21	19	13,98	1,01	13,81	173,68	277,23	450,92
TETRA SHIRING 200 ML	1	380	21	19	13,98	1,01	13,81	173,68	277,23	450,92
ESTEIRA TELESCÓPICA	1	220	4,9	2	1,47	0,79	1,86	14,96	23,88	38,85
TOTAL	39		622,5	451,33	332,18	0,81	407,88	4122,34	6580,19	10702,53

LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

UPERIZAÇÃO

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
BB. TQ. EQUILIBRIO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. AGUA	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. LEITE	1	220	35	12,5	9,20	0,69	13,32	114,26	182,39	296,66
BB. LEITE	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. VÁCUO	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
HOMOGENEIZADOR	1	220	310	125	92,00	0,78	117,99	1142,64	1823,91	2966,55
BB. CIP	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. CIP	1	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
AGIT. TQ. AR ESTERIL	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
BB. HVA HOMO	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
TOTAL	10	220	457	175,5	129,17	0,74	173,93	1604,27	2560,77	4165,04

PCP - DEPÓSITO INTERMEDIÁRIO

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
MÁQ EMB.GRANOLA	1	220	20,5	3	2,21	0,28	7,80	27,42	43,77	71,20
EXAUSTOR 0,5 CV	3	220	6	1,5	1,10	0,48	2,28	13,71	21,89	35,60
TALHA ELÉTRICA	1	220	6	0,75	0,55	0,24	2,28	6,86	10,94	17,80
MÁQ.DOBRAR CAIXA	8	220	14	0,54	0,40	0,07	5,33	4,94	7,88	12,82
AP. AR CONDICIONADO	1	220	15	3	2,21	0,39	5,71	27,42	43,77	71,20
COMPUTAD./IMPRESS.	4	110	10	1,4	1,03	0,54	1,90	12,80	20,43	33,23
TOTAL	18		71,5	10,19	7,50	0,30	25,31	93,15	148,69	241,83

LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

UHT

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
BB. CIP	1	380	12,8	7,5	5,52	0,66	8,41	68,56	109,43	177,99
BB. CIP	1	380	8,7	5	3,68	0,64	5,72	45,71	72,96	118,66
EXAUSTOR 2CV	2	380	7,6	4	2,94	0,59	5,00	36,56	58,37	94,93
BB.MIST, LONGUINHO	1	380	12,8	7,5	5,52	0,66	8,41	68,56	109,43	177,99
BB.MIST, LONGUINHO	1	380	8,7	5	3,68	0,64	5,72	45,71	72,96	118,66
BB. MONO	1	380	7,6	4	2,94	0,59	5,00	36,56	58,37	94,93
BB. CIP 5 CV	2	380	17,4	10	7,36	0,64	11,44	91,41	145,91	237,32
BB. REGINOX	1	380	15,7	10	7,36	0,71	10,32	91,41	145,91	237,32
BB. AGUA	1	380	3,8	2	1,47	0,59	2,50	18,28	29,18	47,46
AGITADOR EBERLE 3CV	3	380	15,6	9	6,62	0,65	10,26	82,27	131,32	213,59
AGIT. VERTICAL 5,5 KW	2	380	25,6	15	11,04	0,66	16,83	137,12	218,87	355,99
BB. DOSADORA 1,5CV	2	380	2,8	3	2,21	1,20	1,84	27,42	43,77	71,20
APLIC. CANUDO 5A	3	380	15	10	7,36	0,75	9,86	91,41	145,91	237,32
HOMO MINGAU/KIB.	1	380	106	75	55,20	0,79	69,68	685,58	1094,35	1779,93
BB. ÓLEO HOMO	1	380	3,15	2	1,47	0,71	2,07	18,28	29,18	47,46
HVA HOMO	1	380	1,62	1	0,74	0,69	1,06	9,14	14,59	23,73
EXAUSTOR	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
ESTUFA LONG P. TOTAL	1	220	15	4,5	3,31	0,58	5,71	41,14	65,66	106,80
EXAUSTOR C. BATERIA	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
CARREGAD.BAT. GD.	5	220	50	15	11,04	0,58	19,03	137,12	218,87	355,99
CARREGAD.BAT. PQ.	2	220	10	3	2,21	0,58	3,81	27,42	43,77	71,20
EXAUSTOR BRASIL	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
ESTEIRA CARG.CARRETA	1	220	2,6	0,75	0,55	0,56	0,99	6,86	10,94	17,80
EXAUSTOR PAREDE	2	220	5,2	1,5	1,10	0,56	1,98	13,71	21,89	35,60
TOTAL	38	220	366,67	200,75	147,75	0,69	212,87	1835,08	2929,20	4764,28



DEPÓSITO MORUMBI

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA (R\$)	CONSUMO (R\$)	ENERGIA (R\$)
LUMINÁRIAS V. M. 500W	76	220	49	51,63	38,00	2,04	21,1	471,96	753,35	1225,30
\\ FLUOR. 2X40W	12	220	12	1,30	0,96	0,21	4,57	11,88	18,97	30,85
CARREGADOR BAT.15A	4	220	60	18,00	13,25	0,58	22,84	164,54	262,64	427,18
PRENSA P/ PLASTICO	1	220	40	15	11,04	0,73	15,22	137,12	218,87	355,99
EXAUSTOR S. BAT.	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
COMPUTAD./IMPRESS.	2	110	8	1,25	0,92	0,60	1,52	11,43	18,24	29,67
AR CONDICIONADO	1	220	12	3,8	2,80	0,61	4,57	34,74	55,45	90,18
TOTAL	97		164,5	86,93	63,98	0,69	43,96	840,80	1342,11	2182,91

REFEITORIO

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA (R\$)	CONSUMO (R\$)	ENERGIA (R\$)
LÂMPADA FLUOR. 40W	74	220	12,5	3,80	2,80	0,59	4,76	34,74	55,45	90,18
LÂMPADA HO 110W	2	220	1	0,30	0,22	0,58	0,38	2,74	4,38	7,12
LÂMPADA INC. 100W	7	220	2	0,93	0,68	0,90	0,76	8,50	13,57	22,07
LÂMPADA FLUOR. 20W	4	220	0,3	0,10	0,10	0,88	0,11	1,24	1,98	3,22
BEBEDOURO D'ÁGUA	1	220	2,1	0,40	0,29	0,37	0,80	3,66	5,84	9,49
MÂQ.REFRIGERANTE	1	220	2,1	0,4	0,29	0,37	0,80	3,66	5,84	9,49
BANHO MARIA	1	220	18	5,43	4,00	0,58	6,85	49,64	79,23	128,87
VENTILADOR PRESSUR.	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
BB. AGUA PRESSURIZ.	1	220	2,8	0,75	0,55	0,52	1,07	6,86	10,94	17,80
MÂQ. FRITAR BATATA	1	220	4,5	1,36	1,00	0,58	1,71	12,43	19,84	32,28
VENTILADOR DA COIFA	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
FREEZER HORIZONTAL	1	220	2,1	0,25	0,18	0,23	0,80	2,29	3,65	5,93
MÂQ.CORTAR BATATA	1	220	4,9	0,5	0,37	0,20	1,86	4,57	7,30	11,87
MÂQ.CORTAR BATATA	1	220	2,9	0,25	0,18	0,17	1,10	2,29	3,65	5,93
GELADEIRA COMERCIAL	2	220	2,8	0,66	0,49	0,46	1,07	6,03	9,63	15,66



LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

MAQUINA MOER CARNE	1	220	2,1	0,25	0,18	0,23	0,80	2,29	3,65	5,93
MÁQUINA DE SUCO	1	220	0,6	0,25	0,18	0,81	0,23	2,29	3,65	5,93
MÁQUINA DE CAFÉ	1	220	9,6	2,8	2,06	0,56	3,65	25,60	40,86	66,45
VENTILADORES DE TETO	7	220	4,5	1,4	1,03	0,60	1,71	12,80	20,43	33,23
TOTAL	109	220	87,8	23,83	17,57	0,53	33,42	218,16	348,23	566,39

FERMENTAÇÃO DO IOGURTE

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA (R\$)	CONSUMO (R\$)	ENERGIA (R\$)
BB. APV	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. REGINOX	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. APV	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. APV	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. REGINOX	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
EXAUSTOR 5CV	2	220	30	10	7,36	0,64	11,42	91,41	145,91	237,32
BB. APV	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. AGUA KSB	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. TQ. EQUILIBRIO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. APV IMPORTADA	1	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
HOMO GAULIN	1	220	104	40	29,44	0,74	39,58	365,64	583,65	949,30
BB. APV IMPORTADA	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
HOMO GAULIN	1	220	185	75	55,20	0,78	70,41	685,58	1094,35	1779,93
BB. AGUA QUENTE	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
HOMO GAULIN	1	220	104	40	29,44	0,74	39,58	365,64	583,65	949,30
BB. APV AGUA QUENTE	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. APV	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. APV	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. TQ. EQUILIBRIO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
AGITADOR TVI 303	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
\\ 302	1	220	8	2	1,47	0,48	3,04	18,28	29,18	47,46
\\ 301	1	220	8	2	1,47	0,48	3,04	18,28	29,18	47,46



LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

\\ \\ 201	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
AGITADOR TV I 502	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
\\ \\ SEW ,9KW	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
\\ M. BRASIL	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
\\ M. BRASIL	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. HVA HOMO 0,75CV	3	220	8,4	2,25	1,66	0,52	3,20	20,57	32,83	53,40
BB. OLEO HOMO 0,5CV	3	220	6	1,5	1,10	0,48	2,28	13,71	21,89	35,60
BEBEDOURO DE AGUA	1	220	2,1	2,85	2,10	2,62	0,80	26,05	41,59	67,64
PAINEL PCII	1	220	5	2,85	2,10	1,10	1,90	26,05	41,59	67,64
BB. APV	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
BB. REGINOX	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20

FERMENTAÇÃO DO IOGURTE

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA (R\$)	CONSUMO (R\$)	ENERGIA (R\$)
BB. APV	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. 513 MONOB. GELIFIC.	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
AGITADOR 2 RPM 3CV	3	220	27	9	6,62	0,64	10,28	82,27	131,32	213,59
AR COND. PC 2	1	220	15	4	2,94	0,52	5,71	36,56	58,37	94,93
BB. APV	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. MONO TVI 310	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. MONO 311	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. MONO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. MONO BP 320	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
BB. MONO	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
BB. APV	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. MONO	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
BB. MONO 870 RPM	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. MONO BP 330	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
AGITADOR SEW	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
AGITADOR SEW	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60



LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

AGITADOR WEG	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
AGITADOR SEW	1	220	7,4	3	2,21	0,78	2,82	27,42	43,77	71,20
AGITADOR WEG	1	220	7,4	3	2,21	0,78	2,82	27,42	43,77	71,20
AGIT.ANTIGO MANZOLI	7	220	51,8	21	15,46	0,78	19,72	191,96	306,42	498,38
TOTAL	66	220	970,1	350,95	258,30	0,70	369,22	3208,08	5120,81	8328,89
IOGURTE - MÁQUINAS DE ENVASE										
EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
HB-5	1	220	12	5,80	4,27	0,93	4,57	53,02	84,63	137,65
BK -8	1	220	18	7,90	5,81	0,85	6,85	72,21	115,27	187,49
HB-3	1	220	12	5,80	4,27	0,93	4,57	53,02	84,63	137,65
BK -1/2	1	220	15	4,48	3,30	0,58	5,71	40,95	65,37	106,32
BK-5/6	1	220	15	4,48	3,30	0,58	5,71	40,95	65,37	106,32
MONDOMIX	1	220	58	17,34	12,76	0,58	22,07	158,51	253,01	411,52
SERAC-3	1	220	25	7,50	5,52	0,58	9,52	68,56	109,43	177,99
TETRA REX	1	220	70	36,00	26,50	0,99	26,64	329,08	525,29	854,37
PREPAC-1/2	1	220	10	3,00	2,21	0,58	3,81	27,42	43,77	71,20
ROTULAD. BOSCH 4,5 KW	2	220	12	12,30	9,05	1,98	4,57	112,44	179,47	291,91
REMY - LÍQUIDO	1	220	72	32	23,55	0,86	27,40	292,52	466,92	759,44
POSIMAT	2	220	9,4	4	2,94	0,82	3,58	36,56	58,37	94,93
ERCA 470	1	220	136	51	37,54	0,73	51,76	466,20	744,16	1210,35
ERCA 470 R - (PETTI)	1	220	134	51	37,54	0,74	51,00	466,20	744,16	1210,35
ENCAIXOTADORA REMY	2	220	23	8,75	6,44	0,74	8,75	79,98	127,67	207,66
FORMADORA CAIXA RKIII	1	220	7,9	2,5	1,84	0,61	3,01	22,85	36,48	59,33
RK III - A	1	220	139	55,7	41,00	0,77	52,90	509,16	812,73	1321,90
RK III - B	1	220	139	55,7	41,00	0,77	52,90	509,16	812,73	1321,90
TOTAL	11		247	104,60	76,99	0,82	94,01	3338,79	5329,47	8668,26



MANUTENÇÃO / PÁTIO

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
BB. DESCARGA SORO	1	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
BB. TRANSF. SORO	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
AGITADOR	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
SERRA ELÉTRICA	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
EXAUSTOR SOLDA	1	220	0,87	0,25	0,18	0,56	0,33	2,29	3,65	5,93
TOTAL	5		50,87	17,25	12,70	0,66	19,36	157,68	251,70	409,38

OFICINA DE MANUTENÇÃO

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
CALANDRA	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
TORNO NARDINE	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
TORNO SANCHES B.	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
TORNO ROMY	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
TORNO IMOR	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
PLAINA	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
SOLDA ELÉT. ARGONIO	1	220	76	27,00	19,87	0,69	28,93	246,81	393,96	640,78
RETIFICA	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
FURADEIRA	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
ESMERIL	1	220	2,8	0,75	0,55	0,52	1,07	6,86	10,94	17,80
ESMERIL	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
ESMERIL	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
ESMERIL	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
SERRA DE FITA	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
VENTILADOR	2	220	2,9	0,66	0,49	0,44	1,10	6,03	9,63	15,66
AR COND. 21,000 BTU	1	220	14	5	3,68	0,69	5,33	45,71	72,96	118,66



LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

EXAUSTOR (AUTOMAÇ.)	1	220	1,2	0,25	0,18	0,40	0,46	2,29	3,65	5,93
FRESADORA (TOTAL)	1	220	9	2,75	2,02	0,59	3,43	25,14	40,13	65,26
BB. OLEO LIMPEZA	1	220	1,2	0,25	0,18	0,40	0,46	2,29	3,65	5,93
LAVA JATO	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
SERRA POLICORTE	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
MÁQ. SOLDA ELÉTRICA	1	220	40	20,00	14,72	0,97	15,22	182,82	291,83	474,65
SOLDA ELETR. 250A	1	220	25	8,00	5,89	0,62	9,52	73,13	116,73	189,86
AR COND.AUTOMAÇÃO	1	220	8	3	2,21	0,73	3,04	27,42	43,77	71,20
COMPUT./IMPRESS.	3	110	8	1,4	1,03	0,68	1,52	12,80	20,43	33,23
TOTAL	25		295,1	104,66	77,03	14,28	112,32	969,51	1547,55	2517,06

IOGURTE ENVASE

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
MONO BB.ALIM.ERCA 470	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
MONO BB.ALIM.ERCA 470	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
BB. RESFRIAD. CREME	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. APV	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. APV	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. APV	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
HOMOGENEIZ. GAULIN	1	220	125	50	36,80	0,77	47,58	457,06	729,56	1186,62
BB. OLEO HVA	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
BB. OLEO LUB. HOMO.	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
BB. AG. Q. PAST.	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. TQ. EQUILIBRIO	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
BB. TRICLOVER	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. MONO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
BB. MONO	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. MONO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
TOTAL	23		409	147	109,64	0,70	155,66	891,26	1422,65	2313,91



TORRES DE RESFRIAMENTO DO UHT

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
TORRE UHT										
VENTILADOR 2CV	2	220	13	4	2,94	0,60	4,95	36,56	58,37	94,93
BB. AGUA 5CV	2	220	30	10	7,36	0,64	11,42	91,41	145,91	237,32
BB. AGUA 4CV	2	220	26	8	5,89	0,60	9,90	73,13	116,73	189,86
VENTILADOR 12,5 CV	3	220	111	37,5	27,60	0,65	42,25	342,79	547,17	889,97
BB.AG.INSUFLADOR 1CV	3	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
TOTAL	12		189	62,5	46,00	0,64	71,93	571,32	911,96	1483,28

EMBALAGEM PETTI / LIQUIDO

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
BB. AG. POTAVEL	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
BB. AG. POTAVEL	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
DATADOR IOG. LIQUID.	1	220	1,8	0,5	0,37	0,54	0,69	4,57	7,30	11,87
CORTINA DE AR	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
PAINEL PLC PC-4	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
AGITADOR FUNIL FRUTA	1	220	1,5	0,5	0,37	0,64	0,57	4,57	7,30	11,87
\\ 1,6/3,3	1	220	14	4	2,94	0,55	5,33	36,56	58,37	94,93
\\ 1,1/1,8	1	220	8,5	2,5	1,84	0,57	3,24	22,85	36,48	59,33
\\ 1,1/1,9	1	220	8,5	2,5	1,84	0,57	3,24	22,85	36,48	59,33
\\ 1,1/1,10	1	220	8,5	2,5	1,84	0,57	3,24	22,85	36,48	59,33
AGITADOR 1,6/2,5	1	220	8,5	2,5	1,84	0,57	3,24	22,85	36,48	59,33
\\ 2,2	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
\\ 2,3	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20

LEVANTAMENTO CARGAS ELÉTRICAS DA LEITE PAULISTA

\\ 2,4	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
\\ 2,5	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
\\ 2,6	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
\\ 2,7	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
AGITADOR	1	220	8,5	2,5	1,84	0,57	3,24	22,85	36,48	59,33
AGITADOR 1,5/3	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
AGITADOR BRASIL 2/3	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
\\ SEW 0,9/1,8	1	220	8,5	2,5	1,84	0,57	3,24	22,85	36,48	59,33
\\ SEW 0,9/1,9	1	220	8,5	2,5	1,84	0,57	3,24	22,85	36,48	59,33
BB. PRODUTO PETTI LIQ.	1	380	13,82	10	7,36	0,81	9,09	91,41	145,91	237,32
TOTAL	22		189,8	59	44,16	0,61	72,23	612,46	977,62	1590,07
EMBALAGEM IOGURTE										
EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
MONO BOMBA	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
MONO BOMBA	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
MONO BOMBA	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
AGIT. FUNIL FRUT. 0,15CV	3	220	2,8	0,75	0,55	0,52	1,07	6,86	10,94	17,80
MONO BOMBA	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
MONO BOMBA	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
MONO BOMBA	1	220	2,8	0,75	0,55	0,52	1,07	6,86	10,94	17,80
MONO BOMBA	1	220	1,16	0,33	0,24	0,55	0,44	3,02	4,82	7,83
MONO BOMBA	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
MONO BOMBA	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
VENTI. EST. IOG. NAT.5CV	2	220	28	10	7,36	0,69	10,66	91,41	145,91	237,32
AR COND. CHEFE IOG.	1	220	14	3	2,21	0,41	5,33	27,42	43,77	71,20
BOMBA DE CIP ERCA 470	1	220	12	5	3,68	0,81	4,57	45,71	72,96	118,66
TOTAL	16		79,26	24,83	18,27	0,61	30,17	226,97	362,30	589,28



FRIGORÍFICO

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
PLAST PALLET CICLOP	1	220	5,9	1,5	1,10	0,49	2,25	13,71	21,89	35,60
ESTEIRA LICKT 0,75 CV	2	220	5,9	1,5	1,10	0,49	2,25	13,71	21,89	35,60
CORTINA DE AR 1 CV	3	220	10,5	3	2,21	0,55	4,00	27,42	43,77	71,20
TOMAD. CARRETA MED.	25	220	620	250	184,00	0,78	235,97	2285,28	3647,82	5933,10
ESTEIRA TELESCÓPICA	1	220	4,9	2	1,47	0,79	1,86	18,28	29,18	47,46
TOTAL	32		647,2	258	189,89	0,77	246,32	2358,41	3764,55	6122,96

CANTEIRO DE OBRAS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
SERRA POLICORTE	1	220	15	5	3,68	0,64	5,71	45,71	72,96	118,66
FURADEIRA	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
ESMERIL	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
CONV.ALTA FREQ.BOSCH	1	220	37	12,5	9,20	0,65	14,08	114,26	182,39	296,66
SOLDA ARGONIO 160 A	1	220	23	5,60	4,12	0,47	8,75	51,19	81,71	132,90
SOLDA ARGONIO 160 A	1	220	23	5,60	4,12	0,47	8,75	51,19	81,71	132,90
BB. TRANSF. ÁCIDO	1	220	5,6	1,5	1,10	0,52	2,13	13,71	21,89	35,60
BB. \ \ SODA	1	220	5	1,5	1,10	0,58	1,90	13,71	21,89	35,60
BB. AG. EST. NAT. 0,75CV	2	220	5,6	1,5	1,10	0,52	2,13	13,71	21,89	35,60
CORTINA DE AR IOG. 1CV	5	220	14	5	3,68	0,69	5,33	45,71	72,96	118,66
PRENSA	1	220	38	15	11,04	0,76	14,46	137,12	218,87	355,99
CORTADOR DE PLÁSTICO	1	220	26	10	7,36	0,74	9,90	91,41	145,91	237,32
MOTOBOMBA	1	220	3,9	1,5	1,10	0,74	1,48	13,71	21,89	35,60
TOTAL	18		203,1	66,7	49,09	0,64	77,30	609,71	973,24	1582,95

DIVERSOS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA (R\$)	CONSUMO (R\$)	ENERGIA (R\$)
BB. AG. RESFRIAD. UHT	1	220	6,5	2	1,47	0,60	2,47	18,28	29,18	47,46
BB. RET. COND. UPERIZ.	1	220	22	7,5	5,52	0,66	8,37	68,56	109,43	177,99
COMP. AR ESTÉRIL UPER..	1	220	40	15	11,04	0,73	15,22	137,12	218,87	355,99
PORTÃO ELÉTRICO 0,5CV	2	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
EXAUSTOR CABINE Nº 1	1	220	3,5	1	0,74	0,55	1,33	9,14	14,59	23,73
TRITURAD. DE PLASTICO	1	220	52	20	14,72	0,74	19,79	182,82	291,83	474,65
BB. IOG. TRITURADOR	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
PICADOR DE PLÁSTICO	1	220	8,2	3	2,21	0,71	3,12	27,42	43,77	71,20
CHUVEIRO MASC. 2.500 W	6	220	68	20	14,72	0,57	25,88	182,82	291,83	474,65
CHUVEIRO FEMIN. 2.500 W	4	220	45	13,5	9,94	0,58	17,13	123,41	196,98	320,39
BOMBA DE INCÊNDIO	1	220	80	30	22,08	0,73	30,45	274,23	437,74	711,97
BOMBA DE INCÊNDIO	1	220	9	3	2,21	0,64	3,43	27,42	43,77	71,20
TOTAL	21		346,7	119	87,58	0,66	131,95	1087,79	1736,36	2824,16

ESTAMPAGEM

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA (R\$)	CONSUMO (R\$)	ENERGIA (R\$)
MAQ. CORTE TAMPA	2	220	5,6	1,5	1,10	0,52	2,13	13,71	21,89	35,60
MAQ. CORTE TAMPA	2	220	2,3	0,6	0,44	0,50	0,88	5,48	8,75	14,24
MOTOR CORREÇÃO 0,33	2	220	2,3	0,6	0,44	0,50	0,88	5,48	8,75	14,24
ASPIRADOR	1	220	1,9	0,33	0,24	0,34	0,72	3,02	4,82	7,83
MOTOR PRINCIPAL	1	220	1,9	0,33	0,24	0,34	0,72	3,02	4,82	7,83
TOTAL	8		14	3,36	2,47	0,46	5,33	30,71	49,03	79,74

LABORATÓRIO MICROBIOLOGIA

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
QF1 AMPS TOTAL	1	220	23	6,90	5,08	0,58	8,75	63,07	100,68	163,75
QF2 AMPS TOTAL	1	220	88	26,30	19,36	0,58	33,49	240,41	383,75	624,16
QL- CORREDOR	1	220	8	2,50	1,84	0,60	3,04	22,85	36,48	59,33
QL- CORREDOR	1	220	7	2,10	1,55	0,58	2,66	19,20	30,64	49,84
AR CONDIC. (JANELA)	2	220	32	10	7,50	0,62	12,18	93,15	148,69	241,84
TOTAL	6		158	47,80	35,32	0,59	60,13	438,68	700,24	1138,92

LAB. INSPEÇÃO E TESTES DE MATERIAIS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
ESTUFA FANEN	1	220	1,3	0,5	0,37	0,74	0,49	4,57	7,30	11,87
AR COND. (JANELA)	2	220	28	8,40	6,18	0,58	10,66	76,79	122,57	199,35
TESTE P/ SOLDA	1	220	2	0,70	0,52	0,68	0,76	6,40	10,21	16,61
GELADEIRA DOMESTICA	1	220	1,5	0,40	0,29	0,52	0,57	3,66	5,84	9,49
COMPUTAD./IMPRESS.	3	110	6,4	1,00	0,74	0,60	1,22	9,14	14,59	23,73
TECH-COLR	1	220	5	1,40	1,03	0,54	1,90	12,80	20,43	33,23
TOTAL	9		44,2	12,40	9,13	0,58	15,60	113,35	180,93	294,28

QUADRO FORÇA ALMOX. DE MATERIAIS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
SERRA ELÉTRICA	1	220	2	0,5	0,37	0,48	0,76	4,57	7,30	11,87
DISJUNTOR A.D.C.	1	220	32	9,60	7,07	0,58	12,18	87,75	140,08	227,83

ALMOXARIF. ESTOQUE DE MATERIAIS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
AR CONDICIONADO	3	220	42	12	8,83	0,55	15,99	109,69	175,10	284,79
COMPUTADORES	8	110	21	3,3	2,43	0,61	4,00	30,17	48,15	78,32
IMPRESSORAS	5	110	1	0,15	0,11	0,58	0,19	1,37	2,19	3,56

ESCRITÓRIO ADMINISTRATIVO

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
QL1 AMPS TOTAL	1	220	32	9,50	6,99	0,57	12,18	86,84	138,62	225,46
AR CONDICIONADO	7	220	98	28	20,61	0,55	37,30	255,95	408,56	664,51
COMPUTADORES	13	110	36	5,3	3,90	0,57	6,85	48,45	77,33	125,78
IMPRESSORAS	12	110	2	0,3	0,22	0,58	0,38	2,74	4,38	7,12
FAX	2	110	1,5	0,25	0,18	0,64	0,29	2,29	3,65	5,93
								0,00	0,00	
COMPUTADORES	7	110	24,5	2,8	2,06	0,44	4,66	25,60	40,86	66,45
IMPRESSORAS	6	110	1,3	0,3	0,22	0,89	0,25	2,74	4,38	7,12
MAQ. XEROX	1	110	16	2,5	1,84	0,60	3,04	22,85	36,48	59,33
BEBED/ESTUFA/CRACHÁ	3	110	2,7	0,4	0,29	0,57	0,51	3,66	5,84	9,49
AR CONDICIONADO	6	110	84	14,5	10,67	0,67	15,99	132,55	211,57	344,12
PABX	1	110	1	0,2	0,15	0,77	0,19	1,83	2,92	4,75
TOTAL	123		829,4	216,72	159,79	0,58	276,89	113,35	934,57	1047,92

FÁBRICA DE GARRAFAS E SILOS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	F.P.	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
MÁQUINA UNILOY	1	380	197	118,20	87,00	0,67	129,51	1080,48	1724,69	2805,17
MÁQUINA UNILOY	1	380	197	118,20	87,00	0,67	129,51	1080,48	1724,69	2805,17
MÁQUINA SUNILOY	1	380	124,5	81,52	60,00	0,73	81,85	745,18	1189,48	1934,67
MOINHOS	1	380	210	95,1	69,99	0,51	138,05	869,32	1387,63	2256,95
ILUMINAÇÃO	1	220	33,5	13,58	9,99	0,78	12,75	124,14	198,15	322,29
COMPRESSOR	1	220	106	40,76	30,00	0,74	40,34	372,59	594,74	967,33
REFRIGERADOR	1	220	182	72,96	53,70	0,78	69,27	666,94	1064,58	1731,52
SECADOR	1	220	12	3,53	2,60	0,57	4,57	32,27	51,51	83,78
TORRE DE REFRIGERAÇ.	1	220	9	2,99	2,20	0,64	3,43	27,33	43,63	70,96
BOMBA	1	220	11	5	3,68	0,88	4,19	45,71	72,96	118,66
BOMBA	1	220	12	5	3,68	0,81	4,57	45,71	72,96	118,66
SIST. TRANSP. FRASCO	1	380	75	40,76	30,00	0,61	49,31	372,59	594,74	967,33
SILOS	1	380	2,5	1,63	1,20	0,73	1,64	14,90	23,78	38,68
CENTRAL ALIM.- PEAD	1	380	19	11,55	8,50	0,68	12,49	105,58	168,53	274,11
MOINHO	1	380	23	15,62	11,50	0,76	15,12	142,78	227,92	370,70
MOINHO	1	380	9	6,11	4,50	0,76	5,92	55,85	89,15	145,01
TOTAL	16		1222,5	632,51	465,53		702,50	5781,85	9229,14	15010,99

VALOR TOTAL ESTIMADO GASTO COM ENERGIA ELÉTRICA POR MÊS

EQUIPAMENTO	QTD	V	AMPS	CV	KW	FP	KVA	DEMANDA	CONSUMO	ENERGIA
								(R\$)	(R\$)	(R\$)
TOTAL	1149		15745,37	7218,77	5315,65	0,74	7168,34	46954,58	104740,42	151695,00

POTÊNCIA TOTAL DOS TRANSFORMADORES = 5.242 KVA

