

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**Uso Racional de Energia em Fazendas Leiteiras
com Bombas de Calor**

Autor: Ricardo Baldassin Junior
Orientador: Luís Augusto Barbosa Cortez

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

Uso Racional de Energia em Fazendas Leiteiras com Bombas de Calor

Autor: Ricardo Baldassin Junior
Orientador: Luís Augusto Barbosa Cortez

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Dissertação de Mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 2006
S.P - Brasil

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

B19u Baldassin Junior, Ricardo
Uso racional de energia em fazendas leiteiras com
bombas de calor / Ricardo Baldassin Junior. --
Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: Luís Augusto Barbosa Cortez
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Leite. 2. Bombas de calor. 3. Agricultura –
Consumo de energia. 4. Agricultura e energia. 5.
Energia elétrica – Racionamento. 6. Energia elétrica –
Consumo. Viabilidade econômica. I. Cortez, Luís
Augusto Luís. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Rational use of energy in dairy farms with heat pumps

Palavras-chave em Inglês: Milk, Energy, Heating process, Heat pump, Economic
viability

Área de concentração:

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Vivaldo Silveira Junior e Luiz Antonio Rossi

Data da defesa: 10/02/2006

Programa de Pós-Graduação: Planejamento de Sistemas Energéticos

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

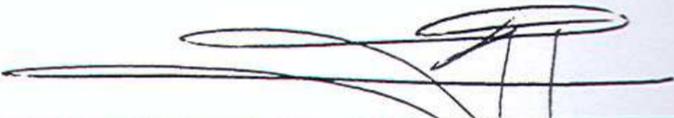
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Uso Racional de Energia em Fazendas Leiteiras
com Bombas de Calor**

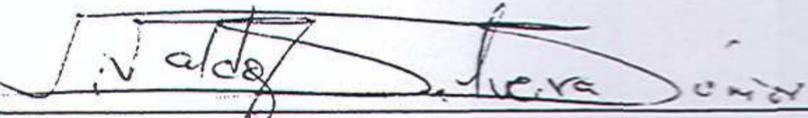
Autor: Ricardo Baldassin Junior

Orientador: Prof. Dr. Luís Augusto Barbosa Cortez

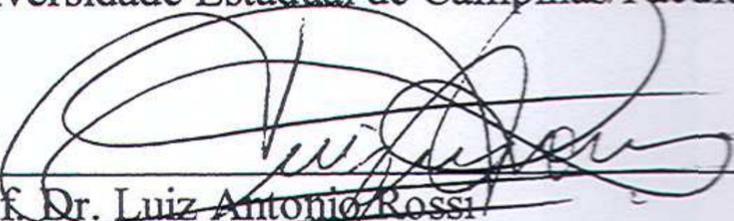
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



Prof. Dr. Luis Augusto Barbosa Cortez - Presidente
Universidade Estadual de Campinas/Faculdade de Engenharia Agrícola



Prof. Dr. Vivaldo Silveira Junior
Universidade Estadual de Campinas/Faculdade de Engenharia de Alimentos



Prof. Dr. Luiz Antonio Rossi
Universidade Estadual de Campinas/Faculdade de Engenharia Agrícola

Campinas, 10 de fevereiro de 2006

Dedicatória

Dedico este trabalho a quem o tornou possível, o Senhor Criador e meus familiares, Sr. Ricardo Baldassin Neto, Sra. Eni Sanae Taukeuti Baldassin e Srta. Luciene Baldassin. A vocês, dedico também a minha vida e todos os demais feitos alcançados. Obrigado pela vida, pela casa, pela educação, pelo carinho, pela confiança, pelas alegrias e pelo amor.

Agradecimentos

Ao Senhor Criador pela vida.

Ao Prof. Luís Augusto Barbosa Cortez pelo convívio, aprendizado e paciência.

À Faculdade de Engenharia Mecânica e à Comissão de Pós-Graduação pela oportunidade e confiança.

Aos Professores Lincoln de Camargo Neves Filho e Vivaldo Silveira Junior, pelo aprendizado, convívio, oportunidades e confiança depositada, e aos amigos na FEA, Carlão (Parreira) e Silmar.

Ao amigo e parceiro, Rodrigo Aparecido Jordan, pelo auxílio e aprendizado.

Ao amigo Pedro Luis Magna Fonte pelo convívio e aprendizado.

À todos os irmãos e amigos pela amizade e alegrias ao longo destes anos.

Á incrível pessoa de Juliana Silva Watanabe, namorada e companheira, pelo incentivo, crença e paciência.

E, em especial, à minha família, Papai, Mamãe e Irmã, pela crença, confiança e amor.

“Sejam fecundos, multipliquem-se, encham e submetam a terra; dominem os peixes do mar, as aves do céu e todos os seres vivos que rastejam sobre a terra. ... Houve uma tarde e uma manhã: era o sexto dia”

Gênesis 1, 28-31

Resumo

BALDASSIN JR, Ricardo, *Uso Racional de Energia em Fazendas Leiteira com Bombas de Calor*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006. 173 p. Dissertação (Mestrado)

O leite é um dos mais importantes produtos da agropecuária nacional, com cerca de 2/3 das propriedades rurais do país destinando-se à pecuária leiteira e com um dos maiores rebanhos do mundo. Apesar da grandiosidade, o setor ainda sofre com a baixa produtividade, os altos custos e a defasagem tecnológica. Como consequência, muitos produtores abandonaram suas atividades diante deste novo cenário competitivo. Atualmente, assuntos como uso racional de energia e aplicação intensiva de tecnologia tem sido intensamente discutidos e abordados, e indicados como aspectos importantes para a obtenção de ganhos de produtividade. Desta forma, visou-se neste trabalho avaliar o uso de energia no processamento de leite de três propriedades (leite pasteurizado tipo “A” e leite cru refrigerado), bem como, a representatividade dos diversos processos no consumo total, assunto este, ainda pouco conhecido e abordado no país. Objetivando ainda, promover a racionalização energética, avaliaram-se os potenciais de aproveitamento de calor de condensação de sistemas de refrigeração existentes para o aquecimento de água de limpeza e higienização, bem como, avaliou-se a viabilidade técnica e econômica da adequação dos sistemas (operação segundo um bomba de calor com geração simultânea de duas fontes térmicas) em substituição ao uso de resistências elétricas. Dentre as proposta, avaliou-se a adequação realizada em um planta piloto em operação. Com o uso de bomba de calor, a redução no consumo total de energia elétrica foi de até 15% com tempos de retorno dos investimentos variando entre 1,3 e 3,7 anos.

Palavras-chaves

Leite, Energia, Processo de Aquecimento, Bomba de Calor, Viabilidade Econômica

Abstract

BALDASSIN JR, Ricardo, *Rational Use of Energy in Dairy Farms with Heat Pumps*, Campinas, : Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006. 173 p. Dissertação (Mestrado)

Milk is one of the most important products of Brazilian agriculture, with about 2/3 of the rural properties dedicated to the milkmaid cattle breeding and with one of the largest flocks of the world. In spite of its size, the sector still suffers of low productivity, high costs and technological delay. As a consequence, many producers have abandoned its activities before this new competitive technology were introduced. Now, subjects as, the use rational of energy and intensive application of technology has been discussed intensely resulting in productivity gains. In this work , it was seek to evaluate the use of energy for milk processing in three different properties (pasteurized milk type " A " and refrigerated raw milk). It was also evaluated how representativive the several processes in the total consumption were, a problem, still not very well-known and trated in Brazil. To promote the energy rationalization, the potential use of condensation heat of refrigeration systems was evaluated for the cleaning water heating, as well as, the technical and economic viability of the adaptation of the systems was evaluated (operation according to a heat pump with simultaneous generation of cold and heat) in substitution to the use of electric resistances. In the midst of proposals, an adaptation was evaluated in a pilot plant in operation. With the use of heat pumps, there was a decreasing of 15% in the consumption of eletric energy with payback between 1,3 and 3,7 years.

Key Words

Milk, Energy, Heating Process, Heat Pump, Economic Viability

ÍNDICE

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas.....	xvii
Lista de Símbolos	xix
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica	6
2.1 Aspectos gerais da Agropecuária e da Pecuária Leiteira Brasileira.....	6
2.2 Resfriamento, Pasteurização e a Qualidade do Leite.	14
2.3 Energia e a Agropecuária	18
2.4 Bomba de Calor e a aplicação no Setor Leiteiro.....	26
3. Medições de grandezas elétricas e levantamento do uso de energéticos em propriedades leiteiras	30
3.1 Granja Leiteira 1.....	31
3.2 Granja Leiteira 2.....	32
3.3 Fazenda Leiteira 1	33
4. Processos produtivos de leite e o uso de tecnologias.....	35
4.1 Leite pasteurizado tipo A	35
4.2 Leite cru refrigerado.....	36
4.3 O arranjo produtivo e as tecnologias empregadas.....	38

4.3.1 Granja Leiteira 1.....	38
4.3.2 Granja Leiteira 2.....	42
4.3.3 Fazenda Leiteira 1	47
5. Resultados e Comentários	49
5.1 Uso de energia na Granja Leiteira 1	49
5.2 Uso de energia na Granja Leiteira 2.....	58
5.3 Uso de energia na Fazenda Leiteira 1	69
6. Racionalização energética com o uso de Bombas de Calor	75
6.1 Racionalização energética na Granja Leiteira 1	79
6.2 Racionalização energética na Granja Leiteira 2.....	92
6.3 Racionalização energética na Fazenda Leiteira 1 (Avaliação do Piloto).....	105
7. Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXO.....	123

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Consumo Acumulado Final de Energia por Setor (em milhões de tep)	18
Figura 2.2 – Estrutura do Consumo de Energéticos no Setor Agropecuário	19
Figura 2.3 – Evolução do Consumo Final de Energia por Setor (em milhões de tep).....	20
Figura 2.4 – Projeção da Oferta Interna de Energia por Fonte	21
Figura 2.5 – Projeção do Consumo Final de Energia por Fonte.	22
Figura 2.6 – Sistema Clássico de pasteurização de leite com caldeira de parede dupla.	28
Figura 2.7 – Sistema de pasteurização de leite com bomba de calor.....	29
Figura 3.1 – Medidor Eletrônico Digital ESB Medidores, família SAGA 4000, Modelo 1380... 31	
Figura 4.1 – Fluxograma simplificado do processamento do leite pasteurizado tipo “A”.....	36
Figura 4.2 - Fluxograma simplificado do processamento do leite cru refrigerado.	37
Figura 4.3 – Representação do processamento do leite pasteurizado tipo “A” – GL1	39
Figura 4.4 – Representação do processamento do leite pasteurizado tipo “A” – GL2	44
Figura 4.5 – Representação do processamento do leite cru refrigerado – FL1	47
Figura 5.1 – Curva de demanda acumulada – GL1	54
Figura 5.2 – Representação percentual do consumo de energia elétrica por equipamento no consumo total – GL1	55
Figura 5.3 – Representação percentual do consumo de energia elétrica dos Processos de Aquecimento e Resfriamento – GL1.....	56

Figura 5.4 – Curva de Demanda Acumulada – GL2.....	61
Figura 5.5 – Representatividade percentual do consumo mensal de energia elétrica por equipamento – GL2.....	62
Figura 5.6 - Representatividade percentual do consumo mensal de energia no processamento do leite – GL2.....	63
Figura 5.7 – Representatividade do uso de energia na geração de energia térmica na forma de “frio” e “calor” – GL2.....	63
Figura 5.8 – Representação percentual do uso de energia na produção, processamento e comercialização do leite por processo/atividade – GL2.....	65
Figura 5.9 – Curva de Demanda Acumulada – FL1	72
Figura 5.10 - Representatividade percentual do consumo mensal de energia no processamento do leite – FL1	73
Figura 6.1 – Representação das alterações no sistema de atual de resfriamento visando o aproveitamento do calor de condensação para o aquecimento de água – GL1	86
Figura 6.2 – Custo da água quente gerada na bomba de calor para uso na higienização – GL1 ..	89
Figura 6.3 – Receita anual da geração de água quente para uso na higienização – GL1	90
Figura 6.4 – Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL2	92
Figura 6.5 – Representação do Diagrama Pressão Entalpia para ciclo de refrigeração de simples estágio do Banco de Gelo (CoolPack versão 1.46).....	94
Figura 6.6 – Propriedades termodinâmicas do ciclo de refrigeração do Banco de Gelo para R717a (CoolPack, versão 1,46)	94
Figura 6.7 – Custo da água quente gerada no desuperaquecedor para uso na higienização ou na caldeira – GL2.....	100
Figura 6.8 – Receita anual da geração de água quente para uso na higienização – GL2.....	101
Figura 6.9 – Receita anual da geração de água quente para uso na caldeira – GL2	101
Figura 6.10 – Tanque resfriador de leite – FL1.....	105

Figura 6.11 – Representação da adequação do tanque de leite e do sistema de geração de água quente – FL1.....	107
Figura 6.12 – Sistema trocador de calor/bomba de água – FL1.....	107
Figura 6.13 – Quadro de controle do sistema – FL1.....	108
Figura 6.14 – Representação das curvas de demanda média diária total no modo de operação convencional e na pós-adequação – FL1.....	109
Figura 6.15 – Custo da água quente gerada no tanque resfriador para uso na higienização– FL1.....	111
Figura 6.16 – Receita anual da geração de água quente para uso na higienização – FL1.....	112
Figura A.Ex1 – Curva de carga do período avaliado.....	124
Figura A.Ex2 – Curvas sobrepostas dos dias avaliados.....	124
Figura A.Ex3 – Indicação da curvas excluídas.....	125
Figura A.Ex4 – Curvas semelhantes.....	126
Figura A.Ex5 – Curva representativa diária.....	126
Figura A.1 – Curva da demanda Total – GL1.....	127
Figura A.2 – Curvas sobrepostas da demanda Total – GL1.....	127
Figura A.3 – Curva de demanda representativa diária (dia 3) – GL1.....	128
Figura A.4 – Curva de demanda do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL1.....	128
Figura A.5 – Curvas sobrepostas de demanda do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL1.....	129
Figura A.6 – Curva de demanda representativa diária do Sistema de Refrigeração do Banco de Gel (dia 3) – GL1.....	129
Figura A.7 – Curva de demanda do Tanque Acumulador de Água Quente – GL1.....	130
Figura A.8 – Curvas sobrepostas de demanda do Tanque Acumulador de Água Quente – GL1.....	130
Figura A.9 – Curva de demanda representativa diária do Tanque Acumulador de Água Quente (dia 4) – GL1.....	131

Figura A.10 – Curva de demanda do Aquecedor Elétrico de Passagem – GL1	131
Figura A.11 – Curvas sobrepostas de demanda do Aquecedor Elétrico de Passagem – GL1	132
Figura A.12 – Curva de demanda representativa diária do Aquecedor Elétrico de Passagem (dia 2) – GL1	132
Figura A.13 – Curva de demanda da Câmara Fria 1 – GL1.....	133
Figura A.14 – Curvas sobrepostas de demanda da Câmara Fria 1 – GL1	133
Figura A.15 – Curva de demanda representativa diária da Câmara Fria 1 (dia 2) – GL1	134
Figura A.16 – Curva da demanda Total – GL2.....	135
Figura A.17 – Curvas sobrepostas da demanda Total – GL2.....	135
Figura A.18 – Curva da demanda representativa diária Total (dia 5) – GL2.....	136
Figura A.19 – Curva da demanda do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL2	136
Figura A.20 – Curvas sobrepostas da demanda do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL2.....	137
Figura A.21 – Curva da demanda representativa diária do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo (dia 5) – GL2	137
Figura A.22 – Curva da demanda dos Motores Elétricos das Bombas de Vácuo (Ordenha) e Resistência Elétrica de Aquecimento de água de higienização – GL2	138
Figura A.23 – Curvas sobrepostas da demanda dos Motores Elétricos das Bombas de Vácuo (Ordenha) e Resistência Elétrica de Aquecimento de água de higienização – GL2.....	138
Figura A.24 – Curva da demanda representativa diária dos Motores Elétricos das Bombas de Vácuo (Ordenha) e Resistência Elétrica de Aquecimento de água de higienização (dia 3) – GL2	139
Figura A.25 – Curva da demanda do Motor Elétrico do Sistema de Homogeneização – GL2 ..	139
Figura A.26 – Curva s sobrepostas da demanda do Motor Elétrico do Sistema de Homogeneização – GL2.....	140

Figura A.27 – Curva da demanda representativa diária do Motor Elétrico do Sistema de Homogeneização (dia 2) – GL2	140
Figura A.28 – Curva da demanda da Auto-Clave – GL2.....	141
Figura A.29 – Curvas sobrepostas da demanda da Auto-Clave – GL2.....	141
Figura A.30 – Curva da demanda representativa diária da Auto-Clave – GL2	142
Figura A.31 – Curva da demanda do Sistema de Ênvase e Bombas de leite da Pasteurização – GL2.....	142
Figura A.32 – Curvas sobrepostas da demanda do Sistema de Ênvase e Bombas de leite da Pasteurização – GL2.....	143
Figura A.33 – Curva da demanda representativa diária do Sistema de Ênvase e Bombas de leite da Pasteurização (dia 1) – GL2	143
Figura A.34 – Curva da demanda da Câmara Fria 1 – GL2.....	144
Figura A.35 – Curvas sobrepostas da demanda da Câmara Fria 1 – GL2	144
Figura A.36 – Curva da demanda representativa diária da Câmara Fria 1 (dia 5) – GL2	145
Figura A.37 – Curva da demanda da Câmara Fria 2 – GL2.....	145
Figura A.38 – Curvas sobrepostas da demanda da Câmara Fria 2 – GL2	146
Figura A.39 – Curva da demanda representativa diária da Câmara Fria 2 (dia 2) – GL2.	146
Figura A.40 – Curva da demanda da Câmara Fria 3 – GL2.....	147
Figura A.41 – Curvas sobrepostas da demanda da Câmara Fria 3 – GL2	147
Figura A.42 – Curva da demanda representativa diária da Câmara Fria 3 (dia 4) – GL2	148
Figura A.43 – Curva da demanda Total – FL1	149
Figura A.44 – Curvas sobrepostas da demanda Total – FL1	149
Figura A.45 – Curva da demanda representativa diária Total (dia 3) – FL1	150
Figura A.46 – Curva da demanda Total – FL1 (2).....	151
Figura A.47 – Curvas sobrepostas da demanda Total – FL1 (2).....	151

Figura A.48 – Curva da demanda representativa diária Total (dia 4) – FL1 (2)..... 152

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Recepção de leite pelos 15 maiores laticínios nacionais.....	7
Tabela 2.2 – Lista dos 100 maiores produtores nacionais de leite em 2003	8
Tabela 2.3 – Produção, preço recebido, custo operacional efetivo, margem bruta e taxa de remuneração do capital de produtores de leite do Estado do Rio de Janeiro (1994, dados corrigidos)	13
Tabela 2.4 – Produção, produtividade e custos de produção de produtores de leite do Estado de Minas Gerais (Dados de 1994/1995 corrigidos para 2001/2002)	13
Tabela 2.5 – Efeito da temperatura na multiplicação das bactérias no leite em função da higiene das vacas e utensílios de ordenha (contagem bacteriana em placas)	17
Tabela 2.6 – Relação entre a temperatura de armazenamento e o crescimento bacteriano no leite cru (ufc: unidade formadora de colônia).....	17
Tabela 2.7 – Consumo de energia elétrica de uma Fazenda típica de médio porte na Jordânia ...	23
Tabela 2.8 – Consumo anual de energia elétrica de uma fazenda leiteira do Estado de Nova York	24
Tabela 4.1 – Tecnologias empregadas no processo produtivo na GL1	42
Tabela 4.2 – Tecnologias empregadas no processo produtivo na GL2.....	46
Tabela 5.1 – Consumos de Energia Elétrica para os diversos equipamentos avaliados – GL1	49
Tabela 5.2 – Custos mensais segundo os consumos de energia elétrica dos processos no processamento de leite pasteurizado tipo “A” – Granja Leiteira 1	57
Tabela 5.3 - Consumos de Energia Elétrica para os diversos equipamentos avaliados – GL2.....	59
Tabela 5.4 – Consumo mensal energia na produção, processamento e comercialização do leite por processo/atividade – GL2.....	66
Tabela 5.5 – Preço médio de fontes energéticas	66

Tabela 5.6 – Custos mensais segundo o consumo de energéticos dos processos no processamento do leite pasteurizado tipo “A” – GL2.....	67
Tabela 5.7 – Custos mensais segundo o consumo de energéticos dos processos/atividades na produção, processamento e comercialização do leite pasteurizado tipo “A” – GL2	67
Tabela 5.8 - Consumos de Energia Elétrica para os diversos equipamentos avaliados – FL1	70
Tabela 5.8 – Custos mensais segundo os consumos de energia elétrica dos processos no processamento do leite cru refrigerado – FL1	73
Tabela 6.1 – Estimativa de investimentos para a adequação dos sistemas de refrigeração existente para o aproveitamento do calor de condensação – GL1	87
Tabela 6.2 – Fluxo de caixa a valor presente, MTIR, VPL e MC – GL1	91
Tabela 6.3 – Estimativa de investimentos para a adequação dos sistemas de refrigeração existente para o aproveitamento do calor sensível de condensação – GL2.....	99
Tabela 6.4 – Fluxo de caixa a valor presente, MTIR, VPL e MC – GL2	103
Tabela 6.5 – Investimento real para a adequação do tanque resfriador de leite existente para o aproveitamento do calor de condensação – FL1.	111
Tabela 6.6 - Fluxo de caixa a valor presente, MTIR, VPL e MC – FL1.....	113

Lista de Símbolos

C	Custo (em algumas situações representa os <i>valores líquidos negativos, em cada momeno “t” do fluxo de caixa</i>)	<i>[R\$/mês]</i> <i>[R\$/ano]</i>
CF	Capacidade de Refrigeração	<i>[W]</i>
COP	Coeficiente de Performance	<i>[-]</i>
Cp	Calor específico	<i>[kJ/kg.K]</i>
Cons	Consumo (Energia, água e outros)	<i>[kWh/mês]</i> <i>[kWh/ano]</i> <i>[l/dia]</i>
F	Valor Futuro	<i>[R\$]</i>
D	Demanda	<i>[W]</i>
FC	Fator de Carga	<i>[-]</i>
f	Fator de Recuperação de Capital (FRC)	<i>[-]</i>
H	Tempo	<i>[s]</i> <i>[h]</i> <i>[dias/ano]</i> <i>[dias/mês]</i>
h	Entalpia específica	<i>[kJ/kg]</i>
I	Custo do investimento	<i>[R\$]</i>
i	Taxa de juros	<i>[%]</i>
m	Massa	<i>[kg]</i>
<i>m</i>	Fluxo mássico	<i>[kg/s]</i>
MTIR	Taxa Interna de Retorno Modificada	<i>[%]</i>
MC	Margem Contábil	<i>[%]</i>
P	Valor Presente	<i>[R\$]</i>

PCI	Poder calorífico inferior	$[kJ/kg]$
PMT	Prestações periódicas	$[R\$/ano]$
Prod	Produção (Leite)	$[Litro/dia]$
Pr	Preço (Energia, Lenha e outros)	$[R\$/kWh]$ $[R\$/m^3]$
Q	Energia térmica	$[kJ]$
\dot{Q}	Taxa de energia térmica	$[kW]$
R	Receita (em algumas situações representa os valores líquidos positivos, em cada momeno "t" do fluxo de caixa)	$[R\$]$
Red	Redução de consumo em um certo período	$[kWh/mês]$
T	Temperatura	$[^{\circ}C]$
t	Período específico	$[anos]$
VPL	Valor Presente Líquido	$[R\$]$
\dot{W}	Potência elétrica	$[kW]$
η	Rendimento térmico	$[\%]$

Capítulo 1

Introdução

O leite é o sexto produto mais importante da agropecuária nacional, respondendo, em 2003, cerca de 6% e 16,6% do Valor Bruto de Produção Agropecuária e da Pecuária, respectivamente, em um setor que apresenta crescimento médio de 4,31 % a.a, contra uma taxa média de crescimento de 2,87 % a.a. da economia nacional, quando avaliado o PIB entre os anos de 1992 e 2002, com o setor industrial e de serviços, crescendo apenas 2,18 % e 1,99% a.a, respectivamente.

A produção nacional de leite acompanha o crescimento do setor agropecuário. Entre os anos de 1999 e 2003, constata-se um crescimento médio de 4,3% a.a, estando o país entre os seis maiores produtores mundiais.

Inerente ao crescimento econômico do setor agropecuário tem-se o crescimento do consumo de energia, apesar de não ser de forma intensiva, os custos associados a estes consumos, em muitos casos, representam, de forma significativa, a composição de preço dos produtos. No Brasil, o setor agropecuário, em 2002, apresentou um consumo de 4,5% do consumo nacional, com taxa de crescimento de 1,02% a.a, quando comparado os consumos dos 10 últimos anos (1993-2002), taxa de crescimento esta, igual ao valor observado para a evolução do consumo nacional, para este mesmo período.

Diversas questões são levantadas sobre os diferentes tipos de leite, em especial, entre os leites tipo UHT e pasteurizado. Entre as principais questões discute-se a qualidade nutricional dos produtos. De um lado, tem-se os produtores de leite pasteurizado, que defendem o consumo deste tipo de leite, uma vez que este apresenta características nutricionais superiores ao do leite UHT, como: vitaminas C e B6 e; “fermentos lácteos” (microorganismos importantes para o bom

funcionamento da flora intestinal, dentre outras coisas, como: sabor, odor e textura do leite). Segundo especialistas, a perda destes nutrientes e microorganismos se dá devido ao processo de ultrapasteurização, o qual é submetido o leite UHT. Por outro lado, os produtores de leite tipo UHT, alegam que esta perda não é relevante, uma vez que o leite não é fonte principal destes tipos de nutrientes, mas sim, de proteínas e cálcio. Desta forma, como não há alterações nestes tipos de nutrientes, mantêm-se o valor real do produto.

Se avaliado o consumo brasileiro de leite fluido, em 2002, destaca-se o leite UHT respondendo por cerca de 74,03% do mercado, seguido pelos leites tipo C, tipo B e tipo A, com 17,54%, 7,65% e 0,77%, respectivamente. Se avaliado o período compreendido entre os anos de 1990 e 2000, constata-se que o consumo do leite fluido cresceu cerca de 124%, bem como, o mercado de leite UHT constatou crescimento extraordinário no consumo de 1.956%, saindo de cerca de 184 milhões de litros em 1990 para cerca de 3,6 bilhões de litros em 2000. Já o leite pasteurizado (tipo A, B e C), constatou uma redução de cerca de 60% no volume consumido, sendo fortemente influenciado pela redução do consumo do leite pasteurizado tipo C. Quando avaliado o consumo dos leites tipo A e B, constata-se neste mesmo período que, apesar da redução do consumo de leite pasteurizado, estes apresentaram crescimentos no consumo de 143% e 115%, respectivamente.

O leite UHT ganhou o mercado nacional de leite devido a sua praticidade. Esta praticidade se dá diante do maior tempo de duração do produto quando comparado ao leite pasteurizado, onde, fala-se em meses de duração, contra, dias de duração, sem contar, ainda, a ausência da cadeia do frio durante a comercialização.

Logo, é fato que, a vantagem competitiva do leite UHT se dá diante da alta perecibilidade do leite pasteurizado, a qual, dentre outros fatores, se dá pelo fator temperatura, uma vez que diante da elevação da temperatura, tem-se um acelerado crescimento bacteriológico, o que pode levar a deterioração do produto.

Diante da importância da cadeia do frio na conservação e tempo de vida do leite pasteurizado, constata-se a importância do uso de energia nesta cadeia produtiva.

O leite, apesar do crescimento produtivo do setor, ainda sofre com o baixo preço de mercado. A título de exemplo, em 2003, o preço médio do leite tipo C para o produtor foi de 0,434 R\$/litro, onde, segundo estudos apresentados por REIS, MEDEIROS e ANDRADE (2001), o lucro líquido representa cerca de 9,45% ou seja, cerca de 0,041 R\$/litro.

Diante do panorama nacional do leite pasteurizado, constata-se que o leite tipo “A” apresenta o maior índice de crescimento do consumo, uma vez que, o leite tipo C vem perdendo mercado rapidamente, diante do crescimento do leite UHT, e, o leite B, apesar do crescimento, ainda caminha a passos lentos.

Desta forma, visando o uso de energia, busca-se neste trabalho avaliar o consumo de energia nos diferentes processos, e atividades, que constituem o processo produtivo do leite pasteurizado tipo A e do leite cru refrigerado, identificando os processos mais representativos, bem como, avaliando possíveis potenciais de racionalização do uso de energia com o uso de bombas de calor. Busca-se ainda, determinar as relações Energia/litro de leite e Custo com energia/litro de leite.

Resumidamente, no processamento do leite A, tem-se os seguintes processos, os quais demandam energia: ordenha (mecânica); resfriamento pós-ordenha; homogeneização; pasteurização (aquecimento e resfriamento); envase e; estocagem frigorificada.

Outras atividades podem ser identificadas, como consumidoras de energia, como: alimentação do gado (plantio, corte e transporte); limpeza do estabelecimento (remoção de resíduos) e; logística do leite (distribuição do leite para comercialização).

Já, o processamento de leite cru refrigerado, restringe-se somente aos processos de extração do leite (ordenha manual ou mecânica) e resfriamento, processos estes os quais são realizados no próprio estabelecimento. Outras atividades (locais) consumidoras de energia, como: alimentação do gado (plantio, corte, processamento e transporte) e; limpeza do estabelecimento (remoção de resíduos), também são verificadas, porém, neste trabalho, não foram abordadas.

Como proposta para a racionalização do uso de energia neste setor, avaliou-se as adequações dos sistemas de refrigeração existentes para o aquecimento de água de uso na limpeza e higienização. No caso da propriedade rural produtora de leite cru refrigerado, avaliou-se um “Piloto” instalado, o qual recupera o calor de condensação do sistema de refrigeração do tanques resfriador de leite.

Na produção de leite tipo A, foram realizados levantamentos do consumo de energia de duas granjas leiteiras da região de Campinas, estado de São Paulo, onde, o primeiro estabelecimento avaliado apresentava uma produção diária média de 4.000 litros de leite, e o segundo, uma produção média diária de 12.000 litros de leite. A propriedade produtora de leite

cru refrigerado localiza-se na região de Morungaba, estado de São Paulo, com produção diária de cerca de 1.000 litros de leite.

Desta forma, o presente trabalho é dividido em sete capítulos, os quais são, resumidamente, descritos a seguir.

O Capítulo 2 é constituído pela revisão bibliográfica, a qual aborda assuntos referentes à agropecuária e a pecuária nacional; aspectos relacionados a qualidade do leite diante dos processos de resfriamento e pasteurização; o uso de energia e os potenciais de racionalização e; aspectos relacionados ao uso de bombas de calor.

A metodologia empregada para a seleção das propriedades leiteiras, bem como, os materiais e métodos empregados no levantamento do consumo e uso de energia, são apresentados no Capítulo 3.

No Capítulo 4, são apresentados os processos básicos do processo produtivo do leite pasteurizado tipo A e do leite cru refrigerado, bem como, os estabelecimentos são caracterizados no que refere-se ao arranjo produtivo e o uso de tecnologias.

Os resultados do levantamento do uso de energia elétrica e energéticos, são apresentados no Capítulo 5

Diante dos consumos de energia dos estabelecimentos, busca-se no Capítulo 6, apresentar estudos de racionalização energética no sistema produtivo, visando, exclusivamente, o aproveitamento do calor de condensação de sistemas de refrigeração para o aquecimento de água de limpeza e higienização, em substituição à prática de aquecimento de água via resistência elétrica (direto e com termoacumulação). A visão focada em um único ponto de atuação (aquecimento de água através do princípio de bombas de calor) como proposta de racionalização do uso de energia, advém do fato deste trabalho ser parte complementar de um trabalho desenvolvido com o título “Desenvolvimento de uma Bomba de Calor água-água acionada a biogás para utilização em processos de aquecimento e resfriamento em sistemas de produção de leite”, projeto este o qual foi apresentado junto à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, na defesa de título de Doutorado (JORDAN, 2005). As avaliações econômicas foram realizadas segundo dois pontos de vista, o primeiro considerando o caso de obtenção de recursos financeiros de fontes externas (empréstimo), onde, neste caso, objetiva-se identificar o período ótimo de pagamento das parcelas do empréstimo, segundo a redução nos gastos com energia, empregando como sistema de amortização o Sistema Francês e;

o segundo, considerando o caso de aplicação dos recursos financeiros de origem própria, avaliando o retorno do investimento pelo método do Payback Descontado (Valor Presente), bem como, determinando outros índices (Taxa Interna de Retorno e Margem Contábil) os quais auxiliam na tomada de decisão. No caso das Granjas Leiteiras são realizadas análises de viabilidade técnica e econômica (teóricas) da proposta de racionalização, com base em custos estimados para a adequação dos sistemas de refrigeração e a estimativa na redução do uso de energia (exclusão do uso de resistências elétricas). No caso da Fazenda Leiteira produtora de leite cru refrigerado, são apresentados dados reais do “Piloto” instalado, bem como, a avaliação econômica desta adequação, diante da real redução do consumo de energia avaliado na pós implantação do sistema.

As conclusões e propostas para trabalhos futuros são apresentadas no Capítulo 7.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Aspectos gerais da Agropecuária e da Pecuária Leiteira Brasileira

No ano de 2003, o Brasil foi o sexto maior produtor de leite do mundo, respondendo por cerca de 66,5% do volume total de leite produzido pelos países que compõem o Mercosul, 15,9% do volume total produzido pelos países do Continente Americano e 4,6% da produção Mundial (EMBRAPA, 2004). Neste ano a produção nacional foi de cerca de 23,315 bilhões de litros, ou seja, 7,16% superior ao valor verificado em 2002, sendo as regiões mais produtivas a Região Sudeste (40%), Sul (26%), Centro-Oeste (16%), Nordeste (11%) e Norte (7%) (IBGE, 2004). Dentre os Estados mais produtivos, tem-se Minas Gerais (27,94%), Goiás (11,69%), Rio Grande do Sul (10,9%), Paraná (9,22%) e São Paulo (7,51%) (MMA, 2004). Apesar dos números expressivos, neste mesmo ano, o Brasil ainda importou 628 milhões de litros, ou seja, cerca de 2,7% da produção nacional. (EMBRAPA, 2004).

Em 2003, o Brasil apresentou o segundo maior rebanho mundial de vacas ordenhadas, cerca de 20,58 milhões de cabeças, ficando atrás somente da Índia, com 94,1 milhões de cabeças. A produtividade média anual do rebanho bovino nacional foi de 1.134 litros/vaca/ano, estando assim na 15^a posição do ranking mundial de produtividade, onde o primeiro lugar foi ocupado pelos Estados Unidos com uma produtividade de 8.226 litros/vaca/ano para um rebanho de cerca de 9,12 milhões de cabeças (EMBRAPA, 2004).

O consumo per capita/ano de leite, em 2003, foi de 122,6 litros/habitante, cerca da metade do consumo verificado em países desenvolvidos (EMBRAPA, 2004). Em 2002, do total de litros de leite produzidos no Brasil, cerca de 21,683 bilhões de litros, apenas 6,8% foi de leite pasteurizado tipo A,B e C; 19,5% de leite UHT; e 73,7% outros. Neste ano, o consumo brasileiro

de leite fluido foi de 5,702 bilhões de litros, onde, segundo estimativas, cerca de 17,54% foi de leite tipo C; 7,65% de leite tipo B; 0,77% leite tipo A e; 74,03% de leite UHT. Enquanto que, nos Estados Unidos e no Canadá apenas 1 em 200 pessoas consomem leite longa vida, na Inglaterra e País de Gales o leite pasteurizado representa quase 90% do total de leite comercializado (FAGUNDES, 2003).

Avaliando a recepção anual de leite dos 15 maiores laticínios nacionais, no ano de 2003, constata-se que cerca de 25,34% do leite produzido foi recepcionado por estas empresas. Quando avaliado o número de produtores de leite (considerando o total de produtores fornecedores de leite nas 15 empresas), constata-se um número de cerca de 94,6 mil produtores, ou seja, cerca de 5,25 % dos produtores nacionais. Verifica-se, ainda, que, diante do volume de leite coletado, a produção média diária dos produtores de leite é de 171 litros/produtor (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Recepção de leite pelos 15 maiores laticínios nacionais
Fonte: MARTINS (2004)

Class.	Empresa/Marca	Recepção Anual de Leite [mil litros]			Número de Produtores			Produção Média Diária [litros/dia/produtor]		
		2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
1	DPA	1.425.628	1.489.029	1.500.179	8.536	7.192	7.163	458	567	574
2	Parmalat	941.490	947.832	840.000	15.300	12.605	10.350	169	206	222
3	Itambé	832.000	732.000	750.000	7.990	6.010	5.991	285	334	343
4	Elegê	782.141	711.335	671.780	31.282	28.665	27.676	69	68	67
5	Centroleite	220.533	213.503	261.230	4.725	4.905	5.438	128	11	132
6	Leite Nilza	139.937	182.568	241.217	2.384	3.031	3.671	161	165	180
7	Batávia	225.659	165.276	232.311	6.820	6.529	5.111	91	69	125
8	SUDCOP	209.070	230.952	226.016	6.333	6.993	6.734	90	90	92
9	Danone	247.487	272.236	225.033	2.452	2.470	1.274	277	302	484
10	Embaré	180.081	192.378	218.687	3.203	2.884	4.413	154	183	136
11	Lat. Morrinhos	207.031	210.572	191.782	7.299	4.990	3.128	78	116	168
12	CCL	367.213	268.385	185.996	8.191	4.512	4.379	123	163	116
13	Grupo Vigor	209.743	154.158	153.145	2.039	1.525	1.413	282	277	297
14	Lider Alimentos	220.000	163.766	129.177	7.035	2.807	2.634	86	160	134
15	Confepar	102.664	109.239	115.834	2.771	3.743	5.256	102	80	60
Total		6.310.677	5.958.229	5.907.526	116.360	98.861	94.531	149	165	171

Segundo dados apresentados pela CNA (2004), registra-se aproximadamente 4,8 milhões de estabelecimentos rurais no setor agropecuário, destes, 49,4% possuem área até 10 hectares; 39,4% área entre 10 e 100 hectares e; apenas 1%, área acima de 1000 hectares. Cerca de 1,8 milhões de estabelecimentos destinam-se a produção leiteira, ou seja, cerca de 37,5%. Quando avaliado a relação dos 100 maiores produtores nacionais de leite, constata-se que a produção anual

soma um montante de 306,9 milhões de litros, o que representa apenas 1,32% da produção nacional no ano de 2003. Neste ranking a produção do centésimo produtor é, em média, de 4.225 litros/dia. Se considerado a produção média diária dos 100 produtores relacionados, tem-se um valor de 8,4 mil litros/dia/produtor (Tabela 2.2). Identifica-se que, cerca de 11 estabelecimentos destinam-se à produção de leite pasteurizado tipo “A”, conforme identificação na cor amarela. Se avaliado a quantia de leite produzida por estes estabelecimentos no ano de 2003, segundo valores apresentados, tem-se uma quantia de 64,6 milhões de litros. Quando avaliado o consumo anual estimado de leite pasteurizado tipo A no ano de 2002, contata-se um valor da ordem de 44 milhões de litros (FAGUNDES, 2003).

Tabela 2.2 – Lista dos 100 maiores produtores nacionais de leite em 2003
Fonte : MilkPoint, 2004

Posição 2003	Nome do proprietário	Produção anual [litros]	Cidade	Para quem comercializou
1	Orostrato Olavo Silva Barbosa	20000000	Tapiratiba/SP	<i>Leite Fazenda Bela Vista (próprio) e terceiros</i>
2	Huguette E. F. de Noronha Guarany	13854385	Inhaúma/MG	Nestlé
3	Agrindus S/A Empresa Agrícola e Pastoril	11069243	Descalvado/SP	<i>Leite Salute (próprio), Leite Nilza e outros</i>
4	Agropecuária Palma	7665000	Luziania/GO	<i>Leite Palma (próprio); excedente para Nestlé</i>
5	Lair Antonio de Souza	7200000	Araras/SP	<i>Leite Xandô (próprio) e Leite Nilza</i>
6	Taycir Ghader	6820000	Luz/MG	Embaré
7	Antonio Carlos Pereira	6668973	Carmo Rio Claro/MG	Vigor e Nestlé
8	Sebastião Antônio da Silva	6482725	Coromandel/MG	Embaré e Coronata
9	Família Amaral	6407500	Major Isidoro/AL	Ilpisa
10	Antônio Alves Capanema	5911720	Pará de Minas/ S. J. da Varginha/MG	Itambé
11	Antônio José Freire	4560000	Alpinópolis/ S. José da Barra/MG	Coop. Coral, Parmalat, Shefa, Mococa
12	Albertus Frederik Wolters	4402976	Castro/PR	Pool ABC
13	Agro-Pecuária CFM Ltda	4311783	Fernandópolis/SP	Nestlé
14	Celso Artuso e outros	4308598	Pontão/RS	Elegê
15	Antônio dos Reis	4015000	Leopoldo de Bulhões/GO	Nestlé

16	Waldir Junqueira de Andrade	3867895	Lins/SP	Nestlé e Laticínio Milklines
17	Acampo Agropecuária Ltda	3650000	Cachoeira/BA	<i>Leite Villa Rial (próprio)</i>
18	Santa Catarina Agroindustria	3645000	Canelinha/SC	<i>Laticínio Melken (próprio)</i>
19	Doris Maria H. Gonzales e outros	3473148	São Pedro/SP	Nestlé e Parmalat
20	Marcelo C. Araújo e José E. Araújo	3358000	São Vicente de Minas/MG	Serra Bela
21	Manoel T. P. de Carvalho Neto	3340000	Muriae/MG	Laticínios Da Matta
22	Maristella e Marcos Salgado	3331781	Porciúncula/RJ	Laticínios Da Matta
23	Ibrahin Faiad e outros	3263100	Cascavel/PR	Coopavel, Lactobom, PicNic, Cataratas
24	Franke Dijkstra	3252000	Carambei/PR	Pool ABC
25	Hans Jan Groenwold	3244676	Castro/PR	Pool ABC
26	Raul Anselmo Randon	3241175	Vacaria/RS	Produção própria de queijo tipo Grana Padano
27	Renato Rappa	3186889	Itatiba/SP	<i>Laticínio Ati Latte (próprio)</i>
28	Jose Coelho Vitor e filhos	3150000	Passos/MG	Laticínios Mococa-Kremon
29	Lucas Rabbers	2979187	Castro/PR	Pool ABC
30	Sebastião Nunes	2920000	Patrocínio/MG	Laticínios Letícia
30	João Coutinho	2920000	Rio Casca/MG	Cotochês
32	Renato Mauricio de Paula e Outro	2916470	Franca/SP	Colaba (Coop. Laticínios de Batatais) - CCL
33	Oswaldo Ferreira Godinho	2895308	S. J. Batista do Glória/MG	Laticínios Mococa e Leite Nilza (Casmil)
34	Custódio Andrade Rezende e filhos	2852165	Ingai/MG	Coop. Alto do Rio Grande
35	Ronald Rabbers	2708535	Castro/PR	Pool ABC
36	Helena F. Pereira/ Nelson F. Pereira	2703384	Três Corações/MG	Parmalat e Milênio
37	Raphael Jafet Jr.	2674015	São Carlos/SP	Nestlé
38	Lambert Petter	2660000	Castro/PR	Pool ABC
39	Paulo Emílio Rodrigues Amaral	2600000	Monteirópolis/AL	Parmalat
40	Roberto Cervigni Rossi	2580000	Luiziânia/SP	Cooplapp (Coop. Alta Paulista) - CCL
41	Leonildo Luigi Cerchi	2563272	Sacramento/MG	Laticínios Scala
42	Rafic Youssef El Mouallem	2555000	Brasópolis/MG	Parmalat
43	José Zeraick	2520000	Lorena/SP	Danone e CCL
44	Auke e Bauke Dijkstra	2500000	Carambei/PR	Pool ABC
45	Roberto Sleutjes	2489300	Castro/PR	Pool ABC
46	Irmãos Neto	2400000	Mococa/SP	Laticínios Mococa
47	Newton de Paiva Ferreira Filho	2368120	Pains/MG	Nestlé
48	Euripedes José da Silva	2347325	Paraopeba/MG	Itambé
49	Robin Vink	2322328	Carambei/PR	Pool ABC
50	José Mancilha Carvalho	2304060	Caçapava/SP	CCL
51	Frederico Kok	2300000	Arapoti/PR	Pool ABC
52	José Aprígio Brandão Vilela	2292906	Viçosa/AL	<i>Leite Boa Sorte (próprio)</i>
53	Antônio F. M. de Barros e Outros	2263000	Belmiro Braga/MG	Laticínios Bom Pastor
54	Ciro Vilela Siqueira	2190000	São Gonçalo do Sapucaí/MG	Laticínios Sulminas
55	George Fernando Hoffmann	2188744	Descalvado/SP	Nestlé
56	Hendrik de Boer	2160000	Castro/PR	Pool ABC
56	Fiorindo Pinatto	2160000	Herculândia/SP	Cooplapp (Coop. Alta Paulista) - CCL

58	Rubens A. Dias e Roberto A. Dias	2154969	Campestre/MG	Corples (Coop. Reg. Prod. Leite Serrania Ltda) - CCL
59	Antônio de Pádua Martins	2073706	São J. Batista do Glória/MG	Laticínios Mococa
60	Hendrik Noordegraaf/Jan Noordegraaf	2030000	Castro/PR	Pool ABC
61	Gerrit Verburg	2023850	Arapoti/PR	CCL
62	José Joaquim da Silva	2019097	Luz/MG	Itambé
63	Irmãos Strobel S/A	2017435	Condor/RS	Elegê
64	Agropecuária Paraíso Ltda	2000930	Santa Teresa/ES	<i>Laticínios Fiori (próprio)</i>
65	Fábio Pedro Fabretti	2000000	Paranapanema/S P	<i>Laticínios Realce (próprio) e Kremon</i>
66	Roelof Groenwold	1998421	Castro/PR	Pool ABC
67	Pecuária Anhumas Ltda.	1975000	Campinas/SP	<i>Leite da Granja (próprio)</i>
68	José Henrique Pereira	1972000	Três Corações/MG	Vigor
69	Agropecuária Boa Fé Ltda	1921944	Conquista/MG	Leite Nilza (Coonai)
70	Ismael Carnáuba Brandão	1910345	Viçosa/AL	Laticínios São Domingos
71	Embrapa Gado de Leite	1890000	Cel Pacheco e Bar. de Juparanã/MG	Laticínios Grupiara e Coop. de Conservatória
72	Henrique Antônio Stédile	1880000	Coxilha/RS	Parmalat
73	Theodoro George Degger	1868820	Carambei/PR	Vigor
74	Valdemar Silva Nunes	1861500	Patrocínio/MG	Laticínios Letícia, Nestlé e Coop. Agrop. de Patrocínio
75	Jan Willem Salomons	1855388	Arapoti/PR	Batávia
76	Roberto Jan de Jong	1842423	Carambei/PR	CCL
77	Adauto Barbosa Lima	1825000	Nepomuceno/M G	Capebe (Coop. Boa Esperança)
78	Marisa Lotti Novaes	1811233	Luz/MG	Nestlé
79	Jorge Vitor Rodrigues	1800000	Unai/MG	Itambé
80	Moacir Ignácio da Costa	1784290	Tupaciguara/M G	Nestlé
	Poço Pecuária Ltda	1.783.989	Maravilhas/MG	Coopergranel e Nestlé
82	Marcelo Gontijo Cardoso	1770980	Bom Despacho/MG	Itambé
83	José Lúcio Resende	1764000	Matozinhos/MG	Itambé
84	Julio Braz Serra Machado	1762187	Pompeu/MG	Cotochés
85	Francisco Fonseca Filho	1753800	Quatis/RJ	Coop. de Valença, Maraporã e Bom Cheff
86	Horácio Moreira Dias	1743487	Coronel Pacheco/MG	Indústrias Flórida
87	Flávio Ioch Savaris	1720000	André da Rocha/RS	Coop. Santa Clara
88	Eurico Dias Sobrinho	1700000	Paraopeba/MG	Itambé, Laticínios Dona Vaca
89	Olavo de Carvalho Junior	1685000	Araxá/MG	Nestlé
90	ABC Agricultura e Pecuária S/A	1683489	Uberlândia/MG	Calu (Coop. Laticínios de Uberlândia)
91	Armando Eduardo de Lima Menge	1640407	Pouso Alegre/MG	Corples (Coop. Reg. Prod. Leite Serrania Ltda) - CCL
92	Antonio Vital	1615998	Taiapu/SP	Nestlé
93	Géo Agropecuária Ltda	1800000	Esmeraldas/MG	Itambé
94	Raul Pereira de Carvalho	1574232	Parisi/SP	Nestlé

95	Vicente Antônio Marins	1560740	Três Corações/MG	Laticínios Sulminas
96	Francisco Van Wilpe (espólio)	1560000	Carambei/PR	CCL
97	Paulo Roberto Dutra e Outros	1549971	São Sebastião do Paraíso/MG	Vigor
98	Ivanir Rodrigues Ferreira	1549376	S. J. Batista do Glória/MG	Laticínios Mococa
99	Paulo Cesar de Alvim Resende	1543539	Pedro Leopoldo/MG	Itambé
100	Antônio Gabriel Taramelli e ou	1542115	São José do Rio Pardo/SP	Nestlé

Se considerado a produção de leite, por tamanho de propriedade, de acordo com os dados do Censo de 1996, constata-se que, do total da produção de leite em propriedades cujo rebanho é dedicado somente à produção de leite, 44,1% (5,9 bilhões de litros em um total de 13,4 bilhões) foi realizada em propriedades com até 50 ha, e se considerado propriedades com até 100 ha., este valor representou cerca de 61,9% (8,2 bilhões de litros) da produção nacional (FAGUNDES, 2003).

O setor agropecuário ocupou 15,3 milhões de pessoas, em 2001, destacando-se como o segmento econômico mais intensivo em mão-de-obra, equivale a 21 % do total nacional, superando inclusive os setores da indústria, serviços e comércio. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem no Brasil 1,8 milhão de propriedades leiteiras, sendo aproximadamente 800 mil comerciais. Somente o segmento da produção ocupa mais de 3,6 milhões de pessoas (CNA, 2004). De acordo com CAMPOS (2000) *apud* AGUIAR (2001), o setor emprega 3,5 vezes mais do que o Setor da Construção Civil, 3,02 vezes mais do que o Setor Siderúrgico e 4,77 vezes mais do que o Setor Automobilístico.

Com relação à Renda Nacional, estima-se que cerca de R\$ 18 bilhões são gerados pelos diferentes segmentos que compõem o setor (CNA, 2001 *apud* GOMES e ZOCCAL, 2001).

Em 2003, o Valor Bruto da Produção Agropecuária foi de R\$ 156,5 bilhões, destes, aproximadamente R\$ 99,8 bilhões são de Produtos Agrícolas e R\$ 56,7 bilhões são de Produtos Pecuários, tendo o leite uma posição de destaque, com um valor de R\$ 9,4 bilhões, ou seja, 16,6 % do Valor Bruto da Produção Pecuária, superado apenas pelo Valor Bruto da Produção da Carne Bovina, cerca de R\$. 26,9 bilhões. O Valor Bruto da produção de leite apresentou um crescimento de 16% quando comparado ao valor de 2002. O produto está entre os seis primeiros produtos mais importantes da agropecuária, ficando atrás, somente da Soja, Carne Bovina, Milho, Carne de Frango e da Cana de Açúcar, mas, por sua vez, a frente de produtos tradicionais da

agricultura brasileira como o Arroz, Café beneficiado, Carne Suína e Laranja (EMBRAPA, 2004).

Em 2003, o PIB nacional foi de R\$ 1.514,19 bilhões, com crescimento de 0,5% com relação ao ano anterior, tendo o Setor da Agropecuária uma representatividade 9,6%, contra 36,6% do Setor Industrial e 53,7% do Setor de Serviços, sendo que, o Setor da Agropecuária apresentou o maior índice de crescimento neste ano, chegando a 4,5 %, contra 0,7% do Setor de Serviços e a estabilidade do Setor da Indústria, quando comparado aos valores de 2002 (IBGE, 2004).

Apesar do crescimento econômico e de produção do setor agropecuário, cerca de 36% de pequenos produtores de leite foram excluídos do mercado nacional, devido a dificuldades de se adaptarem ao novo cenário competitivo, LEITE BRASIL (2001) *apud* MARTINS e GUILHOTO (2001).

Um dos fatores responsáveis pela exclusão se dá diante da sazonalidade de preços do produto ao longo do ano e as constantes baixas no valor pago ao produtor. Quando avaliado os preços médios do leite, recebido pelo produtor, no estado de Minas Gerais entre os anos de 1996 e 2004, constata-se uma redução da ordem de 2,44% a.a., onde, em 1996 o preço médio anual era de 0,67 R\$/litro, contra 0,53 R\$/litro em 2004 (GOMES, 2004a). Segundo o autor, a união destes dois efeitos, sazonalidade e redução dos preços (juntamente com uma pequena variação no preço da ração), sinalizam dificuldades dos sistemas de produção que praticam o mesmo custo médio todos os meses do ano e, ou, que não tenham reduzido custo médio nos últimos anos.

GOMES (2002) e (2004) apresenta que uma forma de reduzir custo médio de produção se dá com a intensificação do uso de tecnologias. As conclusões são baseadas em dados relativos a 485 fazendas produtoras do Estado do Rio de Janeiro (Tabela 2.3) e 1.000 fazendas de Minas Gerais (Tabela 2.4). Segundo o autor, o objetivo principal da tecnologia é aumentar a produtividade e, por extensão, esta prática reduz o custo médio de produção. Desta forma, menores custos e aumento da produção, promovem o crescimento do negócio e propiciam maior poder de competição a longo prazo.

Tabela 2.3 – Produção, preço recebido, custo operacional efetivo, margem bruta e taxa de remuneração do capital de produtores de leite do Estado do Rio de Janeiro (1994, dados corrigidos)

Indicadores	Estratos de produção/vaca em lactação - litros/dia			
	até 5	de 5 a 8	de 8 a 12	mais de 12
Produção média [litros/dia]	44	190	305	683
Preço do leite [R\$/litro]	0,5	0,5	0,54	0,54
Custo operacional efetivo [R\$/litro]	0,19	0,31	0,32	0,38
Margem Bruta [R\$/litro]	0,31	0,19	0,22	0,16
Margem Bruta [R\$/ano]	4.978,00	13.176,00	24.491,00	39.887,00
Remuneração do capital investido [% a.a]	6,13	6,92	10,23	10,42

Fonte: GOMES (2004) *apud* Diagnóstico da cadeia produtiva do leite do estado do Rio de Janeiro

Tabela 2.4 – Produção, produtividade e custos de produção de produtores de leite do Estado de Minas Gerais (Dados de 1994/1995 corrigidos para 2001/2002)

Indicadores	Estratos de produção [litros/dia]		
	até 50	51 a 250	mais de 250
Produção de leite [litros/dia]	28,15	129,09	552,45
Produção/vaca em lactação [litro/dia]	4,1	5,55	8,67
Custo variável [R\$/litro]	0,2022	0,2275	0,2475
Custo fixo [R\$/litro]	0,2495	0,1471	0,1022
Custo total [R\$/litro]	0,4571	0,3746	0,3488

Fonte: GOMES (2002) *apud* Pesquisa de Campo

De forma geral, contata-se, em ambos os casos, que: quanto mais tecnificada é a produção, maior é a produtividade; logo, maior é o custo operacional efetivo (custo variável) e; menores são os custos fixos e totais. O aumento do custo operacional se dá diante da maior produção, já a redução do custo fixo se dá diante do ganho de produção (produção em escala), que possibilitam maiores ganhos (margem bruta anual), logo, maior remuneração do capital investido.

No que refere-se a atratividade do negócio, GOMES (2002) diz que este índice permite a comparação com negócios alternativos. Segundo o autor, há evidências que confirmam maior taxa de retorno dos sistemas de produção mais tecnificados. Taxas que variam entre 10 e 15% a.a. são valores considerados atrativos, valores estes os quais são encontrados, com frequência, em sistemas tecnificados de produção, o que confirma a tese que, “produzir leite, com tecnologia, é um negócio atrativo”.

De acordo com SEBRAE/FGV (2001), apresentado na Sondagem Conjuntural de Micro e Pequenas Empresas elaborada em Março de 2001, onde foram pesquisadas 1.895 micro e pequenas empresas rurais, com áreas entre 10 e 100 ha, cerca de 50%, das micro e pequenas empresas rurais alegaram ter dificuldades de acesso a novas tecnologias; 44% alegaram ter problemas com assistência técnica especializada; 41% alegaram ter dificuldades ao acesso de informações; 34% relacionaram ter dificuldades para treinamento da mão-de-obra e; 37% descreveram ter dificuldades no treinamento gerencial.

2.2 Resfriamento, Pasteurização e a Qualidade do Leite.

Segundo o Decreto N^o. 66.183, de 05 de Fevereiro de 1970, o qual Regulamenta o Decreto Lei N^o. 923, de 10 de Outubro de 1969, que dispõe sobre a comercialização de leite cru, no Artigo 1^o, decreta proibida a venda de leite cru para consumo direto da população em todo território nacional, salvo - conforme Artigo 2^o-, autorizado por autoridade local, a comercialização do leite cru, comprovando-se: que a área da autoridade não possa ser abastecida permanentemente com leite beneficiado; e que o produto atenda às seguintes exigências: perfeitas condições de higiene das instalações da propriedade rural a qual fornece o produto; proceder de um rebanho leiteiro mantido em condições sanitárias satisfatórias; ser distribuído ao consumo até 3 horas após o término da ordenha; e ser integral e satisfazer aos padrões oficiais. No Artigo 4^o, especifica-se o critério para a comercialização do leite, classificando como “leite beneficiado”, o leite apropriado ao consumo humano, onde, no Parágrafo II, apresenta como requisito para leite beneficiado, este ser pasteurizado. Segundo a Instrução Normativa N^o. 51, de 18 de Setembro de 2002, o processo de pasteurização consiste em aquecimento do leite a uma temperatura entre 72°C e 75°C, permanecendo neste por período entre 15 e 20 segundos, seguido de refrigeração, onde a temperatura de saída do leite não deve ser superior a 4°C.

A pasteurização é um processo de suma importância, no que refere-se a qualidade do leite e a transmissão de doenças aos humanos. O leite é constituído por diversos elementos, dentre eles os microorganismos (bactérias, fungos, leveduras e vírus). Dentre estes microorganismos estão presentes os benéficos (fermentos lácteos) e os maléficos (patógenos). A quantidade destes é determinada por diversos fatores como: estado de saúde do animal, ambiente onde vive e condições de extração e processamento do leite. Os microorganismos classificados como maléficos, podem causar diversas doenças aos humanos, como: tuberculose, brucelose, shigelose,

salmonelose, dentre outras. O uso de altas temperaturas, cerca de 100°C, como base nos efeitos deletérios do calor sobre os microorganismos, causa a morte dos microorganismos maléficos, e infelizmente, parte dos benéficos, garantindo assim segurança e prolongamento no tempo de conservação do leite.

De acordo como o U.S. Center for Disease Control and Prevention (CDC), se for considerado apenas os casos de contaminação da população por alimentos, registra-se cerca de 6,5 a 33 milhões de casos/ano, com 9.000 óbitos/ano, o que provoca um custo com a saúde pública, da ordem de US\$ 1 a 10 bilhões/ano (PORTUGAL *et al.*, 2002).

A Instrução Normativa 51, de 18 de Setembro de 2002, regulamenta as técnicas de produção, identidade e qualidade do leite tipo A, do leite tipo B, do leite tipo C, do leite pasteurizado e do leite cru refrigerado e também, as técnicas da coleta de leite cru refrigerado e seu transporte a granel. Nos anexos I, II e III, desta legislação, abordam-se os leites do tipo A, B e C, respectivamente. Nos itens 8, dos anexos I e II, são estabelecidos, dentre outros fatores, os padrões de CCS (Contagem de Células Somáticas), sendo, os limites de 600.000 células por mililitro, para os leites tipo A e B. No item 7, Anexo III, é estabelecido em até 1.000.000 células por mililitro o limite para o leite tipo C. Estabelece-se uma nova classificação de leite, denominado “leite cru refrigerado”, que conforme apresentado no Item 2.1, do Anexo intitulado “Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite Cru Refrigerado”, é o leite que é refrigerado e mantido nas temperaturas máximas de 7°C na propriedade rural ou tanque comunitário e 10°C no estabelecimento processador, transportado em carro-tanque isotérmico da propriedade rural para um Posto de Refrigeração de leite ou estabelecimento industrial adequado, para ser processado. Para essa nova classificação, no Item 3, estabelece-se que o índice CCS deve ser de 1.000.000 células por mililitro, aplicados para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, em 2005, e nas Regiões Norte e Nordeste em 2008, sendo estes reduzidos para 750.000 em 2008 e 2010, e para 400.000 em 2011. Ainda nesta mesma Normativa no Anexo VI, intitulado “Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu transporte a Granel”, dentre outros aspectos, estabelece-se a obrigatoriedade do transporte do leite cru refrigerado em caminhões munidos de tanque isotérmico, com interior em aço inoxidável.

A contagem de células somáticas (CCS) é um padrão usado universalmente para definir a qualidade do leite cru, sendo parte do conjunto de atributos essenciais de qualidade que incluem: a composição (gordura, proteína, sólidos totais); aspectos sensoriais (sabor, odor e aparência);

número de bactérias e; presença ou ausência de drogas e resíduos químicos (HEESCHEN e REICHMUTH 1995 *apud* BRITO, 2002). A CCS é, também, o índice mais usado para estimar o nível de infecção da glândula mamária de vacas individualmente e de rebanhos (REBUHN, 1995 *apud* BRITO, 2002).

Segundo opinião de especialistas, o leite a ser classificado como “cru refrigerado” pela Instrução Normativa 51, deverá substituir nos próximos anos o leite cru tipo C e o leite refrigerado tipo C, uma vez que, a longo prazo, a legislação estabelece os mesmos padrões de qualidade. Se houver aplicação rigorosa desta nova legislação, a tendência é que, o leite cru refrigerado substitua também o leite refrigerado tipo B.

Segundo Celso Roberto Versiani Velloso, apresentado em LEITE & DERIVADOS (2003), chefe do Serviço de Inspeção de Leite e Derivados (SELEI/DOI/DIPOA), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a Instrução Normativa 51 busca reduzir o mercado de leite informal, sendo assim um importante instrumento atuante na melhoria da qualidade do leite nacional e conseqüentemente, sua melhor aceitação no comércio internacional.

Segundo ROBBS e CAMPELO (2002), o leite perde a qualidade, se mantido em temperatura acima de 4 °C, devendo, desta forma, estar nesta temperatura em um período de 3 horas após a ordenha (Tabela 2.5 e Tabela 2.6).

Em 2003, calcula-se, segundo dados do IBGE e CNA, que 46,9% do leite produzido foi de origem informal. Esse mercado de leite informal é constituído por leite sem tratamento térmico, o qual é consumido na própria fazenda e/ou vendido aos consumidores das cidades, e também por queijos e outros derivados lácteos.

A maior parte do leite produzido no Brasil chega até as usinas de processamento por meio de caminhões comuns (carrocerias de madeira), acondicionado em latões. O transporte é operado por autônomos e organizado em linhas ou rotas, com pontos de coleta definidos, onde os latões ficam expostos à temperatura ambiente, apesar de sua elevada perecibilidade. A coleta é feita diariamente e o custo desta operação corresponde entre 4 e 25% do preço do leite recebido pelo produtor (FROEDER, 1985 *apud* MARTINS, 1999).

Tabela 2.5 – Efeito da temperatura na multiplicação das bactérias no leite em função da higiene das vacas e utensílios de ordenha (contagem bacteriana em placas)

Condições	Temperatura [oC]	Leite Fresco	Leite após 24 h de ordenha	Leite após 48 h de ordenha
<i>Vacas e utensílios limpos</i>	4	4.300	4.300	4.600
	10	4.300	14.000	127.000
	15	4.300	1.600.000	33.000.00
<i>Vacas limpas e utensílios sujos</i>	4	39.000	88.000	121.000
	10	39.000	177.000	830.000
	15	39.000	4.500.000	99.000.000
<i>Vacas e utensílios sujos</i>	4	136.000	280.000	536.000
	10	136.000	1.200.000	13.600.000
	15	136.000	25.000.000	639.000.000

Fonte: FROEDER *apud* ROBBS e CAMPELO (2002)

Tabela 2.6 – Relação entre a temperatura de armazenamento e o crescimento bacteriano no leite cru (ufc: unidade formadora de colônia)

Contagem bacteriana	Tempo após ordenha	Temperatura de armazenamanto	Contagem bacteriana total
9.000 ufc/ml	3 h	4 °C	9.000
		15 °C	10.000
		25 °C	18.000
		35 °C	30.000
9.000 ufc/ml	9 h	4 °C	9.000
		15 °C	46.000
		25 °C	1.000.000
		35 °C	35.000.000
9.000 ufc/ml	24 h	4 °C	1.000.000
		15 °C	5.000.000
		25 °C	57.000.000
		35 °C	800.000.000

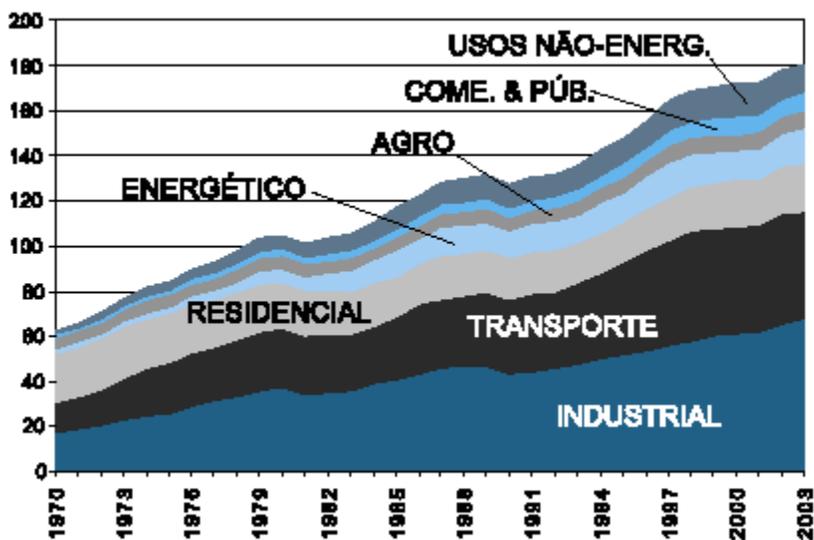
Fonte: JOHNSON e RETO (1996) *apud* ROBBS e CAMPELO (2002)

De acordo com VIEIRA DA SILVA, REIS e GOMES (1998) *apud* MARTINS (1999), o processo de refrigeração do leite exerce um forte impacto na redução do custo de transporte, e na melhoria da qualidade do leite. Foi observado uma redução de 39% no custo do frete do leite refrigerado em relação ao transporte por latão, pois, devido a refrigeração, a coleta a granel pode

ser realizada a cada dois dias, e não diariamente como no caso do transporte por latão. A melhoria da qualidade é devido ao efeito inibidor, da baixa temperatura, na proliferação bacteriológica.

2.3 Energia e a Agropecuária

No que se refere ao consumo de energia, o Setor da Agropecuária, em 2003, representou cerca de 4,5% do Consumo Final de Energéticos, cerca de 8,153 milhões tep. Em relação ao consumo avaliado no ano de 2002, constata-se um aumento de cerca de 4,4% do consumo de energia do setor (Figura 2.1).



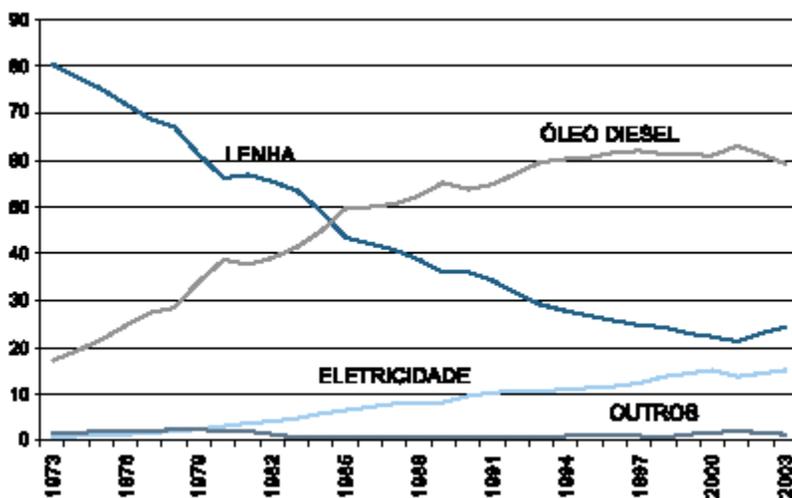
Fonte: MME (2004)

Figura 2.1 – Consumo Acumulado Final de Energia por Setor (em milhões de tep)

Quando avaliado os principais energéticos utilizados na Agropecuária, destaca-se o Óleo Diesel, a Lenha e a Eletricidade, representando 59,2%, 24,4% e 15%, do Consumo do Setor e 14,93%, 7,65% e 4,17%, do Consumo Final por Fonte, respectivamente. Neste mesmo ano, os consumos dos Setores de Serviço, da Indústria e o Residencial, representaram cerca de 42,3%, 37,7% e 11,6% do consumo total, respectivamente.

O setor apresentou um crescimento de 22,56% no consumo total de energia, quando comparado os valores do ano de 1994 e 2003. Quando avaliado o comportamento do consumo dos três principais energéticos, para estes anos, verifica-se: Óleo Diesel, crescimento de 20,25%;

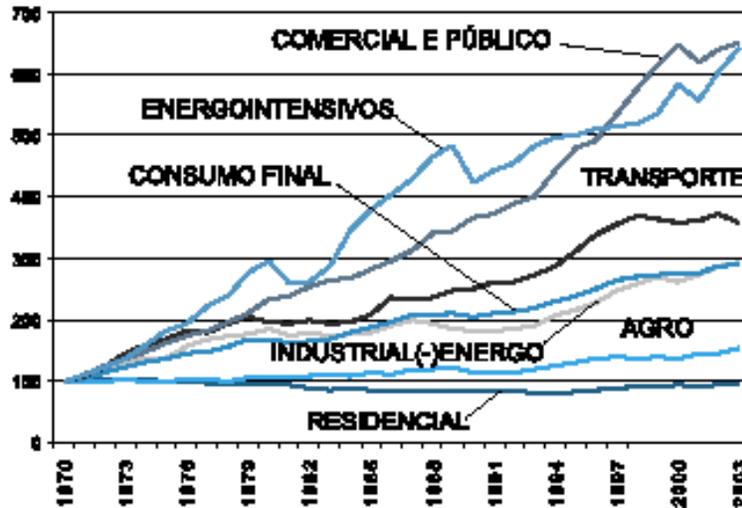
Lenha, crescimento no consumo de 7,7%; e Eletricidade, crescimento no consumo de 70,32% (Figura 2.2). Portanto, cabe ressaltar que, o consumo nacional de lenha vem reduzindo a cada ano, sendo fortemente influenciado pela redução no consumo deste energético no setor residencial e na agropecuária. Constata-se que, no setor agropecuário, a lenha tem perdido representação na matriz energética do setor, apresentando redução no consumo na ordem de 22,26% quando avaliado o consumo entre o ano de 1991 e 2000.



Fonte: MME (2004)

Figura 2.2 – Estrutura do Consumo de Energéticos no Setor Agropecuário

Os Setores da Indústria, Serviço e Residencial, quando avaliado os consumos dos anos de 1994 e 2003, verifica-se um crescimento no consumo de energia de 35,31%, 28% e 17,36%, respectivamente. Se avaliado a taxa de crescimento anual no consumo de energia, considerando os consumos dos anos de 1988 e 2003, verifica-se que o consumo do Setor da Agropecuária tem crescido cerca de 1,01% a.a, contra, as taxas de 1,02% a.a do Setor Industrial, 1,0% a.a do Setor Residencial e 1,03% a.a do Setor de Serviços. A taxa média de crescimento do consumo de energia nacional, para estes mesmo anos, foi de 1,02% a.a.



Fonte: MME (2004)

Figura 2.3 – Evolução do Consumo Final de Energia por Setor (em milhões de tep)

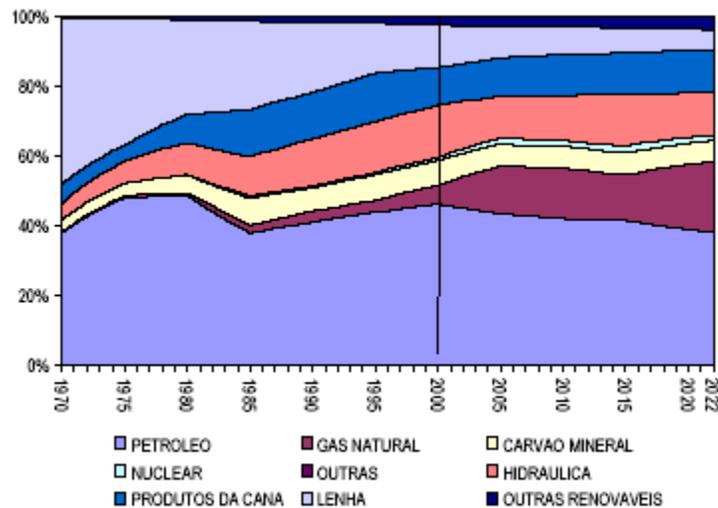
Quando avaliado o índice da Oferta Interna de Energia (OIE), comparado ao PIB, tem-se que, para o Brasil, este valor foi de 0,23 tep/mil US\$ em 2003, isto é, para cada aumento de 1,0 mil US\$ no PIB nacional, necessita-se aumentar a oferta interna de energia em 23%. Este índice indica a quantidade de energia demandada para atender as necessidades de transformação, distribuição e uso final, ou seja, a necessidade bruta de energia. Quando comparado o índice nacional com índice de outros países, como Argentina e Japão, constata-se que este se mostra superior aos valores destes países, 0,21 tep/mil US\$ e 0,09 tep/mil US\$, respectivamente, indicando que o Brasil apresenta uma estrutura produtiva intensiva em energia e de produtos com baixo valor agregado. Fato este verdadeiro, uma vez que o país é exportador de produtos como aço, alumínio, ferro liga, celulose, açúcar, dentre outros produtos. Porém, quando avaliado a composição da OIE nacional, constata-se que, em 2003, cerca de 43,8% da energia ofertada foi de origem renovável, composta principalmente de biomassa (29,6%) e hidráulica e eletricidade (14,5%), fator este relevante, uma vez que a média mundial da participação de fontes renováveis na OIE, em 2001, foi de apenas 13,6%, e nos países desenvolvidos de 6% (BRASIL, 2004).

Um importante fator a ser observado, refere-se a projeção do consumo nacional de energia. Quando avaliado o documento intitulado “Plano de Longo Prazo Projeções da Matriz – 2022”, constata-se projeções do consumo de energia para dois cenários, denominados de “A” e “B”. O Cenário “A” emprega como premissa um efeito tendencial da economia nacional, adotando como hipótese fundamental a consolidação da macroeconomia, com crescimento sustentado do PIB de

3,6% a.a, para o período compreendido entre 2001-2020. Neste cenário, foram geradas projeções para 42 setores e 80 produtos da economia brasileira, baseadas em hipóteses sobre o comportamento de agregados macroeconômicos, mudanças tecnológicas e de preferências, projeções demográficas, alterações no Cenário internacional e informações sobre tendências de investimentos setoriais. Já no cenário “B”, em termos contextuais, consideram-se a progressiva abertura comercial e redução de barreiras dos países centrais, a melhoria significativa da distribuição de renda e a redução do peso relativo da indústria na economia brasileira, com o incremento da orientação desta economia para o mercado interno.

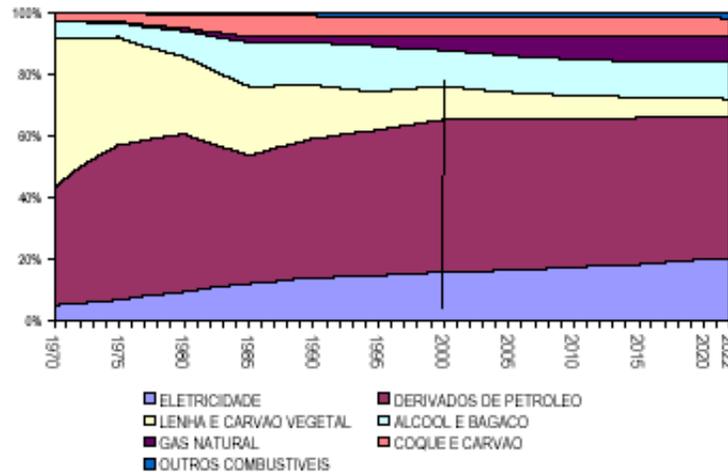
Desta forma, projeta-se para o ano de 2022 que a oferta interna de energia deverá alcançar cerca de 458 milhões tep e 422,8 milhões tep, para os cenários “A” e “B”, respectivamente. Estes valores representam um incremento na oferta de energia de cerca de 127% e 110%, para os cenários “A” e “B”, respectivamente, quando comprado ao valor de 2003.

Projeta-se que o consumo final de energia, conforme cenário “B”, seja de 358,3 milhões tep em 2022, ou seja, aumento de cerca de 198% do consumo avaliado no ano de 2003. Neste cenário, destaca-se o crescimento da participação na matriz energética nacional do gás natural, chegando a representar, em 2022, cerca de 8,7% e da eletricidade, 20,2% (Figura 2.5).



Fonte: MME (2002)

Figura 2.4 – Projeção da Oferta Interna de Energia por Fonte



Fonte: MME (2002)

Figura 2.5 – Projeção do Consumo Final de Energia por Fonte.

Quando avaliado, especificamente, o setor da agropecuária nacional, poucas são as informações sobre o uso de energia neste setor. Mesmo as informações contidas em literaturas específicas sobre o uso de energia, como o Balanço Energético Nacional e o Plano de Longo Prazo da Projeção da Matriz Energética, tratam o setor de forma bastante simplória, sem distinguir atividades específicas, bem como, abordar as diferentes aplicações do uso das fontes energéticas, suas projeções e perspectivas para o setor. Isto pode estar relacionado ao fato do setor ser constituído por uma grande diversidade de atividades, e também, devido ao fato da existência de um grande número de pequenas propriedades rurais, o que dificulta a coleta de informações. Também, pode estar relacionado ao fato do setor não ser intensivo em energia, quando comparado a setores como a siderurgia, alimentos e bebidas e dos transportes, o que pode tornar o estudo do setor insignificante, uma vez que apresentam baixa participação no consumo nacional. Porém, para um planejamento a nível microeconômico e local, um melhor estudo sobre o setor agropecuário pode ser necessário, uma vez que os produtos agropecuários apresentam baixo valor agregado, porém, um grande volume produzido, o que pode influenciar o consumo do setor de serviços, uma vez que, o transporte de carga nacional é, basicamente, rodoviário. Impactos locais podem ser vistos, pois os produtos do setor, normalmente, apresentam margem de lucro bastante reduzida, sendo assim, o conhecimento do uso de energia um fator relevante, uma vez que este pode atuar de forma representativa na formação de preço dos produtos.

No que se refere ao uso de energia no setor leiteiro, especificamente no processo produtivo de leite, não foi encontrado na literatura nacional trabalhos sobre o assunto, somente trabalhos

internacionais mencionam o uso da energia neste setor. ABURAS *et al.* (1996), apresenta dados relativos ao consumo de energia de uma fazenda leiteira típica da Jordânia. A referida fazenda é classificada como uma média propriedade, e apresenta um rebanho de 170 vacas leiteiras, 20 bezerros e 2 touros, com uma área de 25.000 m². Os pontos consumidores de energia, conforme apresentado na Tabela 2.7, são: Bombas de Vácuo; Unidades de refrigeração; Aquecimento de água; Iluminação e; Bombas de irrigação. Segundo dados apresentados, 42,82% do consumo de energia se dá nas Bombas de Vácuo; 14,27% nas Unidades de Refrigeração; 23,4% no Aquecimento de Água; 9,51% na Iluminação e; 9,98% nas Bombas de Irrigação.

Tabela 2.7 – Consumo de energia elétrica de uma Fazenda típica de médio porte na Jordânia

Item	Capacidade [kW]	Consumo Mensal [kWh]
1. Bombas de Vácuo	3	549
2. Sistemas de refrigeração	2	183
3. Aquecimento de água	2 (4 unidades)	300
4. Iluminação	1	122
5. Bombas de irrigação	8	128
<i>Total</i>		1282

Fonte: ABURAS et al. (1996)

PELLERIN *et al.* (1988), apresentam um estudo sobre a aplicação de biogás em sistemas de cogeração, um levantamento realizado em uma fazenda leiteira localizada no Estado de Nova York, a qual apresentava um rebanho de 300 cabeças, sendo 180 cabeças, os animais em lactação. Os dados apresentados são relativos aos anos de 1983 e 1984, conforme apresentado na Tabela 2.8. Segundo dados demonstrados, o consumo anual médio de energia por cabeça de animal em lactação (Contabilizando o consumo total da fazenda, sem o consumo doméstico), foi de 457 kWh/animal e 498 kWh/animal, para os anos de 1983 e 1984, respectivamente. Neste período, o consumo de energia do centro de processamento de leite representou cerca de 37,48% e 39,8% , do consumo total de energia e, 52,32% e 49,9%, do consumo de energia da fazenda. A representatividade média dos processos no consumo total de energia no Centro de processamento de leite foi de: 32,19%, Refrigeração; 30,55%, Bombas de Vácuo; 26,33%, Aquecimento de água e; 10,91%, Calefação.

Tabela 2.8 – Consumo anual de energia elétrica de uma fazenda leiteira do Estado de Nova York

TAREFA	1983		1984	
	[kWh/ano]	[% Total]	[kWh/ano]	[% Total]
Centro de Leite				
<i>Refrigeração</i>	13223	11,5	15047	13,4
<i>Bombas de Vácuo</i>	13036	11,3	13791	12,3
<i>Aquecimento de água</i>	12316	10,7	10800	9,6
<i>Calefação</i>	4499	3,9	5085	4,5
Centro de Estocagem de Alimento				
<i>Silos</i>	5470	4,8	6238	0,74
Área de Serviço				
<i>Bombas de água</i>	15474	13,5	9107	8,1
<i>Compressores</i>	1785	1,6	2807	2,5
<i>Estábulo de novilhas</i>	8155	7,1	7668	6,8
<i>Outros</i>	8543	7,4	19057	17
Total Fazenda	82325	71,8	89620	80
Residências				
<i>Calefação</i>	640	0,6	730	0,7
<i>Aquecimento de água</i>	5157	4,5	2918	2,6
<i>Iluminação e outros utensílios</i>	26612	23,1	18884	16,8
TOTAL	114734		112152	

Fonte: PELLERIN et al. (1998)

Segundo STOUT (2004), nos Estados Unidos, o consumo médio de energia no setor produtivo de leite por animal em lactação é de cerca de 550 kWh/animal. No que refere-se a representatividade percentual, sob o ponto de vista do consumo de energia, nas operações diárias do processo de produção de leite, tem-se:

- Aquecimento de água: 16%;
- Refrigeração do leite: 12%;
- Ordenhadeira: 10%;
- Iluminação: 3%;
- Ventilação e Aquecimento adicional: 4%;
- Processamento de Alimento e Distribuição: 8%;
- Remoção de resíduos (Limpeza): 26%;
- Transporte e afins: 21%.

No que refere-se a conservação e potencial de racionalização do uso de energia, o PROCEL estima que caso seja mantido a estrutura atual do uso de energia elétrica projeta-se uma necessidade de suprimento, em 2015, em torno de 780 TWh/ano. Diminuindo os desperdícios,

estima-se uma redução anual de até 130 TWh, ou seja, uma redução anual 16,6% a.a do suprimento de energia projetado. Das frentes de atuação do PROCEL, destacam-se: Redução nas perdas técnicas das concessionárias; Racionalização do uso de energia elétrica; e aumento da eficiência energética de equipamentos elétricos. Tem-se como meta de redução das perdas técnicas na transmissão e distribuição das concessionárias um valor próximo a 10%, no que refere ao aumento da eficiência energética dos aparelhos elétricos, tem-se como meta um aumento médio de 10% no desempenho destes. Quanto à racionalização do uso de energia para os diversos setores consumidores de energia, estima-se um desperdício de 14% do total de energia consumido pelo Setor Comercial. Estima-se reduzir cerca 20% do consumo de energia no Setor de Saneamento básico. No Setor Industrial, o programa visa atuar em 2000 indústrias de médio e pequeno porte, até o final de 2005, proporcionando uma economia de 2 TWh/ano, valor este equivalente a 1/3 do potencial de conservação do setor. Em Edificações, considerando o Setor Comercial e Residencial, estima-se uma possível conservação de energia em prédios já construídos em torno de 30%, já em novas construções, este valor pode chegar a 50%. Estimativas da implantação de medidas técnicas e gerenciais de baixo investimento, no uso de energia em prédios públicos, podem reduzir os custos com energia em 15% a 20%, acarretando numa redução de consumo de aproximadamente 1.407 TWh/ano. Na iluminação pública estima-se uma redução média de 30 a 40% no consumo de energia elétrica dos municípios, representando uma economia de aproximadamente 2.400 milhões de kWh/ano (PROCEL, 2004). A CEMIG (2003), estima que o potencial de conservação de energia, em todos os setores, seja da ordem de 18%. Segundo a ELETROPAULO (2003), o desperdício de energia em prédios comerciais pode chegar a 15 %. O CONPET (2003), tem como objetivo obter um ganho de eficiência energética de 25 % no uso dos derivados de petróleo e do gás natural nos próximos vinte anos.

Segundo um levantamento feito recentemente pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) *apud* MOREIRA (2001), acredita-se que há possibilidade de reduzir o consumo de energia nos diferentes setores de uso final em 2010 e 2020. Estima-se que haja, no setor de edificações, um potencial de redução de 2,09 %/ano, ou seja, 23% até o ano 2010. No setor da industrial, estima-se que a redução seja de 1,6 %/ano (17 % até o ano 2010).

Segundo STOUT (1984), nos Estados Unidos, o potencial de conservação de energia nas operações diárias no processamento de leite está entre 10 e 20%.

2.4 Bomba de Calor e a aplicação no Setor Leiteiro

Pouco conhecidas no Brasil, as bombas de calor são empregadas no aquecimento de residências e processos industriais em países mais desenvolvidos. São equipamentos muito eficientes, pois utilizam racionalmente a energia que as aciona, podendo gerar um efeito 3 a 5 vezes superior a energia elétrica utilizada, pois recupera-se calor de uma fonte térmica, como o ar ou a água, fazendo pouco uso de trabalho mecânico (CORTEZ e NEVES FILHO, 1996).

Segundo BOUMA (2002), nos Estados Unidos existem cerca de 1,4 milhões de Bombas de Calor instaladas em residências e prédios comerciais até o ano 2001, sendo que no ano de 1999 foram vendidas aproximadamente 50.000 unidades. No Canadá, foram instaladas na década de 90 aproximadamente 30.000 Bombas de calor, onde cerca de 20% desta, em setores comerciais e institucionais, principalmente em escolas. No Japão, estima-se que haja aproximadamente 5,0 milhões de unidades. Estima-se cerca de 5,58 milhões de unidades instaladas na China, como um potencial de crescente de mercado, tendo em vista, que existe aproximadamente 800 milhões de m² com residências e prédios comerciais e institucionais que necessitam de aquecimento e refrigeração. Na Europa até 2001, os números são de 4,5 milhões de unidades instaladas em residências e 1,5 milhões em prédios comerciais, excluindo o Europa Oriental. Na região Nordeste da Europa, as Bombas de Calor residenciais são empregadas no aquecimento de água e calefação do ambiente, enquanto que no Sul da Europa, são empregadas no arrefecimento do ambiente. Na Europa, os países mais representativos em números de bombas de calor instaladas, são a Espanha, a Suécia e a França, com 500.000, 36.000 e 15.000, respectivamente, sendo que os quatro países que mais venderam unidades em 2001, foram a Suécia, a Áustria, a Alemanha e Suíça, com 27.000, 4.800, 3.600 e 2.800, respectivamente.

ALMIN (1980) *apud* ARAÚJO e ROCHA (1990), analisa o funcionamento de uma bomba de calor de um estágio empregada em laticínios. O sistema utiliza como refrigerante R114 e possui um sub-resfriamento. Para cada kW utilizado no compressor, obtem-se 1,95 kW de potência frigorífica e 2,85 kW de potência calorífica.

LANG (1979) *apud* ARAÚJO e ROCHA (1990), cita um sistema instalado em uma queijaria em Ausnang, Bavária (Alemanha). O queijo produzido é do tipo Emmental. Cerca de 90.000 litros de soro são produzidos diariamente a 50 °C, que juntamente com o calor obtido da planta de refrigeração, dá um total de 16,5 milhões de Joules por dia. As necessidades de calor são para aquecer o leite a 32 °C e pré aquecer água de limpeza a 45 °C. O período de geração de

calor não coincide com o de consumo e é utilizado um sistema fechado, que usa água como portadora de calor, constituído por um trocador de calor e um tanque de estocagem de água (45 °C). O tempo de retorno de investimento suplementar foi de 2 anos.

VALLOT (1981) *apud* ARAÚJO e ROCHA (1990), descreve um sistema de bomba de calor aplicado em Ludres, França. O sistema é em cascata. No primeiro circuito, obtêm-se água gelada na fonte fria, temperatura de evaporação de -2 °C, utilizando R22. O segundo circuito utiliza R114 como refrigerante e a fonte quente é de 95 °C.

EDF (1987) *apud* ARAÚJO e ROCHA (1990), descreve um sistema de bomba de calor instalado na queijaria Guillhoteau, França, com temperatura de evaporação compreendida entre -5 °C e 0 °C e uma temperatura de condensação média de 45 °C. O compressor demanda uma potência de 180 kW. O sistema apresenta um COP de 3,1 e utiliza R22 com fluido refrigerante. A água a 40 °C obtida é estocada e tem funções como: pré-aquecer o leite a 32 °C, em uma das seções do pasteurizador; aquecimento do ambiente e pré-aquecimento da água de limpeza.

A EDF (1987) *apud* ARAÚJO e ROCHA (1990), descreve também a transformação ocorrida na queijaria Roussey, França, em decorrência da ampliação da sua capacidade. Antes da transformação, a indústria possuía um gerador de vapor, com capacidade de 1 t/h e pressão média de 6 bar. O calor gerado permitia aquecer a água a 60 °C, para pré-aquecer o leite de 4 °C a 25 °C; aquecer a cuba de queijo e a água de lavagem. Foram instalados uma bomba de calor água-água e dois tanques de estocagem, de 30 m³ cada. O novo sistema utiliza R22 como fluido refrigerante, apresenta uma potência absorvida (compressor) de 52 kW; uma potência calorífica de 170 kW e um COP de 3,2.

O gerador de vapor foi mantido para assegurar o aquecimento das cubas de queijo, sendo que a maior necessidade térmica é assegurada pela bomba de calor, no processo de aquecimento do leite.

Os resultados foram:

- 1983: antes da transformação:

Quantidade de leite ano: 7.271.500 l;

Custo do leite tratado: 6,3 centavos de US\$/litro.

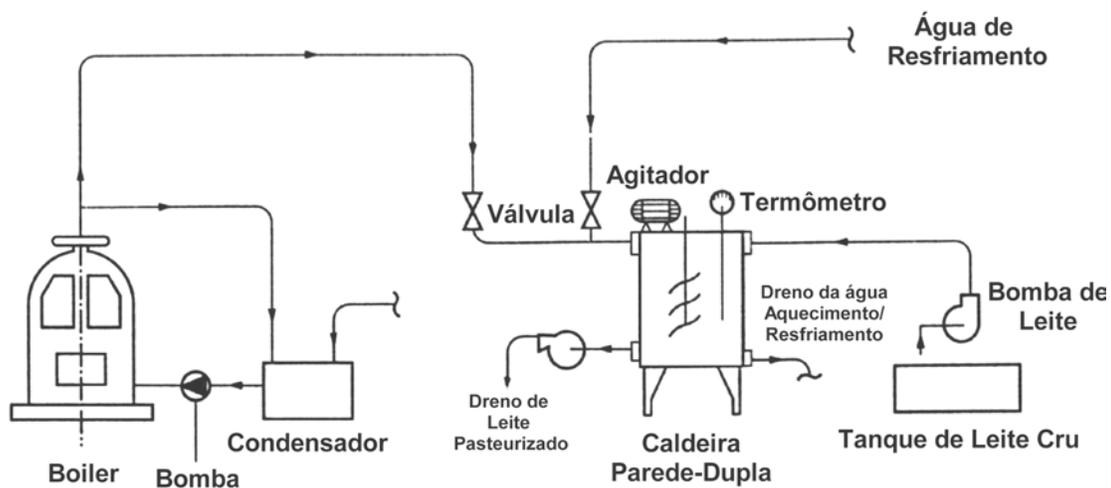
- 1985: depois da transformação:

Quantidade de leite ano: 10.918.220 litros;

Custo do leite tratado: 4,9 centavos de US\$/litro.

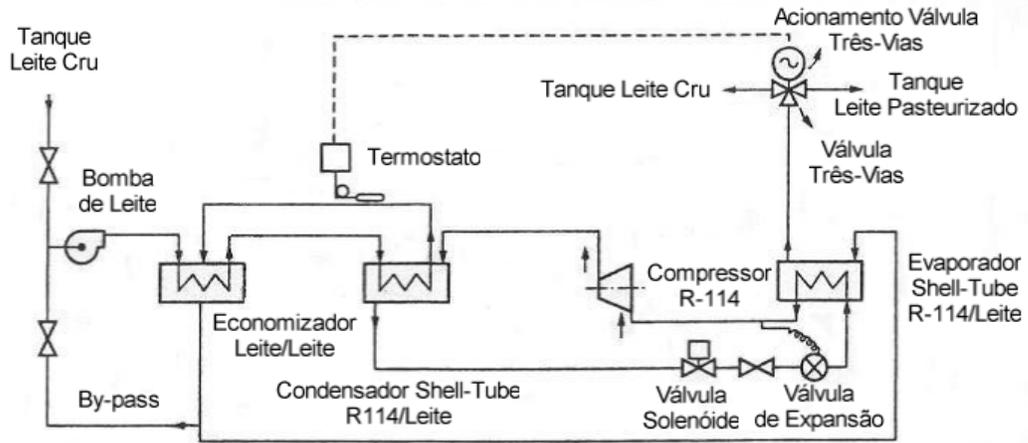
Segundo ARAÚJO e ROCHA (1990), diversos autores descreveram sistemas de bomba de calor aplicados em Laticínios. Dentre as diversas citações, foram obtidos valores de coeficiente de desempenho acima de 3. O tempo de retorno do investimento, foi citado por alguns autores, como sendo 2 anos, porém sendo verificado em alguns casos 4 a 5 anos. Sob o ponto de vista de consumo energético a faixa de economia de energia dos sistemas estão entre 13% e 45%.

ÇOMAKLI *et al.*, (1994) apresentam um estudo experimental comparativo do consumo de energia de um sistema clássico de pasteurização de leite e um sistema utilizando bomba de calor para realizar o mesmo efeito. Segundo descrito, o processo de pasteurização consiste no aquecimento do leite até 67°C e resfriamento até a temperatura de inoculação de 32°C. O Sistema clássico, conforme apresentado na Figura 2.6, é constituído por uma caldeira com parede dupla, a qual é alimentada com água para aquecimento (Boiler) e água para resfriamento, realizando inicialmente o aquecimento e posteriormente o resfriamento. O sistema operando com uma bomba de calor, conforme Figura 2.7, opera com sistema de refrigeração a R-114, com um compressor do tipo rotativo de 10 hp, onde, no condensador tem-se a carga térmica requerida para o aquecimento do leite e no evaporador, a carga térmica requerida no processo de resfriamento. Com relação ao consumo dos dois sistemas, segundo o autor, o sistema operando com bomba de calor apresentou um consumo de 4 a 5 vezes inferior ao consumo do sistema clássico.



Fonte: ÇOMAKLI *et al.*, (1994)

Figura 2.6 – Sistema Clássico de pasteurização de leite com caldeira de parede dupla.



Fonte: ÇOMAKLI *et al.*, (1994)

Figura 2.7 – Sistema de pasteurização de leite com bomba de calor.

Porém, não foram encontrados na literatura casos brasileiros de aplicação de bomba de calor em laticínios.

Capítulo 3

Medições de grandezas elétricas e levantamento do uso de energéticos em propriedades leiteiras

Na seleção das propriedades produtoras de leite pasteurizado tipo “A”, buscou-se identificar estabelecimentos localizados na região de Campinas. Necessitou-se avaliar estabelecimentos localizados na proximidade da cidade de Campinas, uma vez que o fator distância foi relevante, pois, foi necessário deslocar-se aos estabelecimentos avaliados a cada intervalo de 7 dias, durante cerca de 4 meses para cada estabelecimento avaliado. A necessidade constante de visitas aos locais de medição foi necessária, uma vez que as medições de consumo de energia elétrica, dos diferentes processos os quais constituem o processo produtivo, não foram realizadas de forma simultânea, ou seja, cada equipamento/processo foi avaliado individualmente, isto é, as medições não correspondem aos mesmos dias de operação.

Para este tipo de estabelecimento, foram selecionadas e avaliadas duas propriedades, as quais serão denominadas de “Granja Leiteira 1” e “Granja Leiteira 2”, para a primeira e a segunda propriedade, respectivamente.

Na seleção da propriedade produtora de leite cru refrigerado, buscou-se identificar um estabelecimento que fornecesse leite a um laticínio de grande porte (produção de leite UHT), com produção diária de leite de 1.000 litros ou superior, e dotada de ordenhadeira mecânica (tipo espinha de peixe), tanque resfriador de leite (expansão direta) e; aquecedor elétrico. Este estabelecimento foi denominado de “Fazenda Leiteira 1”.

No levantamento das grandezas elétricas das propriedades leiteiras foi empregado um Medidor Eletrônico Digital Portátil da ESB Medidores, família SAGA 4000, Modelo 1380, conforme mostrado na Figura 3.1.



Figura 3.1 – Medidor Eletrônico Digital ESB Medidores, família SAGA 4000, Modelo 1380.

Em ambos os casos, foram geradas “curvas diárias representativas de demanda, para cada equipamento/processo avaliado, as quais tem como função auxiliar na visualização da participação dos equipamentos na curva de carga dos estabelecimentos. Por não se tratar de medições realizadas simultaneamente, ou seja, todos os pontos avaliados não correspondem ao mesmo período medido, as curvas geradas apresentadas, tem somente um efeito ilustrativo. A metodologia empregada para a geração das “curvas médias representativas” é apresentada no ANEXO I.

3.1 Granja Leiteira 1

A referida granja leiteira localiza-se na cidade de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil, onde consta um plantel de 220 vacas em lactação, produzindo, em média, 4.000 litros de leite pasteurizado tipo “A” por dia.

Das 220 vacas em lactação, cerca de 100 são criadas em regime totalmente confinadas, sendo, as demais, criadas em regime semi-estabulado.

A granja trabalha em regime de 2 ordenhas, uma no período da manhã, por volta das 5:00 horas, e a outra no período da tarde, por volta das 15:00 horas, coletando aproximadamente 2.200 e 1.800 litros de leite, respectivamente.

Segundo MILKPOINT (2004), o referido estabelecimento, pelos dados de produção de

2003 (Tabela 2.2), apresenta-se na 67^a posição dos 100 maiores produtores nacionais de leite.

Neste primeiro estudo, as medições das grandezas elétricas foram realizadas com intervalo de integração de 5 minutos, durante um período de 7 dias, entre os meses de maio e agosto de 2004. Cada processo foi medido individualmente e de forma não simultânea, ou seja, os dados coletados não referem-se, para cada processo, aos mesmos dias de operação.

O consumo de eletricidade mensal, total e por processo, foi estimado como sendo 30 (trinta) vezes o valor médio diário do consumo de energia elétrica avaliado nos 7 dias medidos. Neste tipo de processo, processamento de leite tipo "A", verifica-se que este tipo de estimativa se mostra coerente, uma vez que não há variações significativas na quantidade de leite ordenhado e processado diariamente.

O referido estabelecimento está enquadrado no "Grupo A4 (Residencial e Rural) – Horosazonal Verde" de tarifas de energia elétrica, pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), com tarifa na demanda de 8,226 R\$/kW e nos consumos de 0,751 R\$/kWh e 0,097 R\$/kWh (Período Seco) e 0,736 R\$/kWh e 0,0865 R\$ (Período Úmido), para consumo na ponta e fora da ponta, respectivamente. Os valores das tarifas apresentadas, segundo ANEEL (2004), tem vigência entre 07 de Abril de 2004 e 08 de Abril de 2005.

3.2 Granja Leiteira 2

A segunda granja leiteira estudada localiza-se na cidade de Itatiba, Estado de São Paulo, Brasil, onde consta um plantel de 400 vacas em lactação, produzindo, em média, 12.000 litros de leite pasteurizado tipo "A" por dia. Todas as 400 cabeças são criadas em regime de confinamento total.

A granja trabalha em regime de 3 ordenhas, a primeira no período compreendido entre as 4:00 e 11:00 horas, a segunda, entre as 12:00 e 18:00 horas e a terceira, entre as 20:00 e 02:00 horas, coletando, aproximadamente, 4.000 litros de leite em cada ordenha.

Segundo MILKPOINT (2004), o referido estabelecimento, pelos dados de produção de 2003 (Tabela 2.2), apresenta-se na 27^a posição dos 100 maiores produtores de leite nacional.

Neste levantamento, as medições das grandezas elétricas foram obtidas com intervalo de integração de 5 minutos, durante um período de 5 dias, entre os meses de setembro/2004 e janeiro/2005. Similarmente ao realizado na Granja Leiteira 1, cada processo foi medido individualmente e de forma não simultânea, ou seja, os dados coletados não referem-se, para cada

processo, aos mesmos dias de operação.

O consumo de eletricidade mensal, total e por processo, foi estimado como sendo 30 (trinta) vezes o valor médio diário do consumo de energia elétrica avaliado nos 5 dias medidos.

Os dados referentes ao consumo de óleo diesel e lenha, e outras informações referentes ao estabelecimento, foram fornecidos pelo proprietário durante o desenvolvimento do estudo.

O referido estabelecimento está enquadrado no “Grupo A4 (Residencial e Rural) – Horosazonal Verde” de tarifas de energia elétrica, pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), similarmente à Granja Leiteira 1, com tarifas na demanda de 8,226 R\$/kW e nos consumos de 0,751 R\$/kWh e 0,097 R\$/kWh (Período Seco) e 0,736 R\$/kWh e 0,0865 R\$ (Período Úmido), para consumo na ponta e fora da ponta, respectivamente. Os valores das tarifas apresentadas, segundo ANEEL (2004), tem vigência entre 07 de Abril de 2004 e 08 de Abril de 2005.

3.3 Fazenda Leiteira 1

A fazenda leiteira estudada localiza-se na cidade de Morungaba, Estado de São Paulo, Brasil, onde consta um plantel de 53 vacas em lactação, produzindo, em média, 1.000 litros de leite por dia. Todas as 53 cabeças são criadas em regime de confinamento total.

A fazenda trabalha em regime de 2 ordenhas, a primeira no período compreendido entre as 6:00 e 8:00 horas, a segunda, entre as 16:00 e 18:00 horas, coletando, aproximadamente, 600 litros e 400 litros de leite na primeira e segunda ordenha, respectivamente.

Neste levantamento, as medições das grandezas elétricas foram obtidas com intervalo de integração de 5 minutos, durante um período de 5 dias, entre os meses de agosto/2005 e dezembro/2005. Neste estabelecimento, foi avaliado somente o consumo total de energia, uma vez que o processo produtivo do leite cru refrigerado, apresenta, basicamente, três pontos consumidores de energia: ordenhadeira mecânica, tanque resfriador e *boiler* (aquecedor elétrico), sendo assim, facilmente identificados durante a operação da planta.

No levantamento do consumo de energia no pós-implantação do sistema de recuperação de calor no tanque resfriador, os mesmos procedimentos realizados anteriormente foram empregados.

O consumo de eletricidade mensal, total e por processo, foi estimado como sendo 30 (trinta) vezes o valor médio diário do consumo de energia elétrica avaliado nos 7 dias medidos.

Neste estabelecimento, somente foi avaliado o uso de energia no processamento do leite, ou seja, outros pontos consumidores de energia como: alimentação (plantio, corte, processamento e transporte) e limpeza (remoção de resíduos), não foram abordados.

Este estabelecimento está sujeito às tarifas do “Grupo B - Rural Agropecuário Trifásico”, pela CPFL, com tarifa, somente sobre o consumo, de 0,185 R\$/kWh. O valor da tarifa apresentada, segundo ANEEL (2005), tem vigência entre 08 de Abril de 2005 e 07 de Abril de 2006.

Capítulo 4

Processos produtivos de leite e o uso de tecnologias.

4.1 Leite pasteurizado tipo A

Este tipo de leite é caracterizado por um processo produtivo que é realizado completamente dentro do próprio estabelecimento onde o leite é extraído, ou seja, desde a extração até o envase. Segundo a legislação do setor, este tipo de propriedade é denominada de “Granja Leiteira”.

Na Figura 4.1, apresenta-se um fluxograma simplificado do processo produtivo de leite tipo A.

Neste tipo de processo produtivo o leite não sofre qualquer contato manual ou com o ambiente externo. Após ordenhado, necessariamente via ordenha mecânica, o leite deve ser resfriado de 35°C para cerca de 4°C em um período não superior a 4 horas e permanecer nesta temperatura até o processo de pasteurização e ênvase. O processo de pasteurização e ênvase pode ser realizado logo após o resfriamento do leite no pós-ordenha (várias vezes ao dia, dependendo do número de ordenhas) ou somente uma vez ao dia (volume coletado de várias ordenhadas). Quando estes processos ocorrem somente uma vez ao dia, empregam-se tanques refrigerados os quais são responsáveis pela manutenção da temperatura de 4°C no leite.

Antes da pasteurização, faz-se necessário submeter o leite ao processo de homogeneização, o qual tem como finalidade destruir os glóbulos de gordura formados durante o processo de resfriamento, homogeneizando o produto e dando uma melhor aparência ao leite.

Em seguida segue-se o processo de pasteurização que consiste no aquecimento do leite a cerca de 75°C seguido de resfriamento rápido para 4°C.

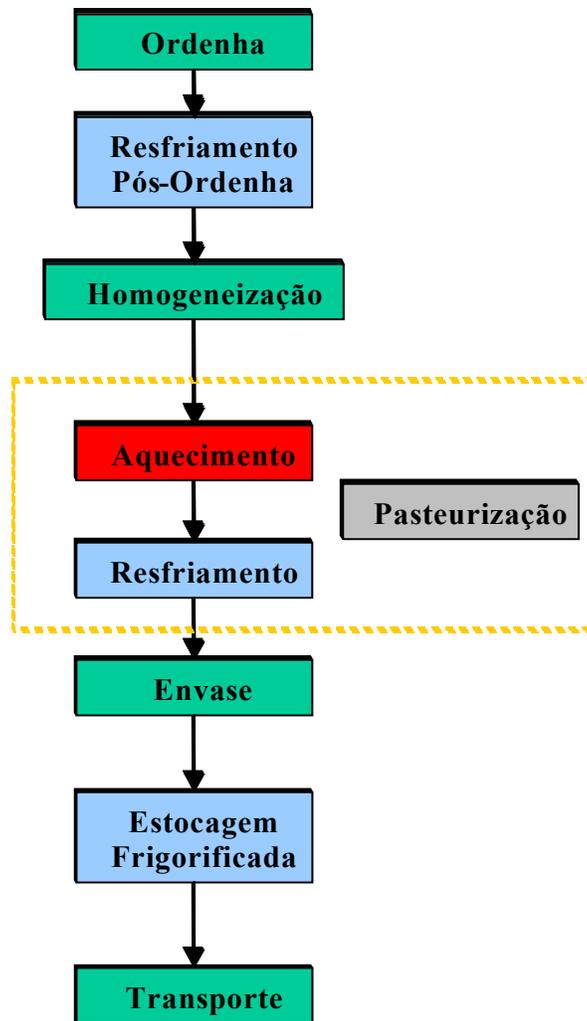


Figura 4.1 – Fluxograma simplificado do processamento do leite pasteurizado tipo “A”

Na seqüência tem-se o processo de ênvase, o qual consiste no acondicionamento do produto em algum tipo de embalagem. No caso deste tipo de leite, geralmente as embalagens são do tipo “saquinhos plásticos” ou garrafas plásticas.

Após devidamente embalado, o produto é armazenado em câmaras frias, que devem manter o produto a 4°C. Numa fase posterior, o produto é transportado por um caminhão frigorificado aos pontos de venda.

4.2 Leite cru refrigerado

Esta classificação de leite foi inserida recentemente no setor leiteiro nacional através da Instrução Normativa 51, que traz: “2.1.2. Entende-se por Leite Cru Refrigerado, o produto

definido em 2.1.1., refrigerado e mantido nas temperaturas constantes da tabela 2 do presente Regulamento Técnico, transportado em carro-tanque isotérmico da propriedade rural para um Posto de Refrigeração de leite ou estabelecimento industrial adequado, para ser processado”. Geralmente, este tipo de leite é fornecido a laticínios, para a produção de leite pasteurizado ou de outros produtos lácteos.

De forma simplificada, o processo produtivo deste tipo de leite é apresentado na Figura 4.2.

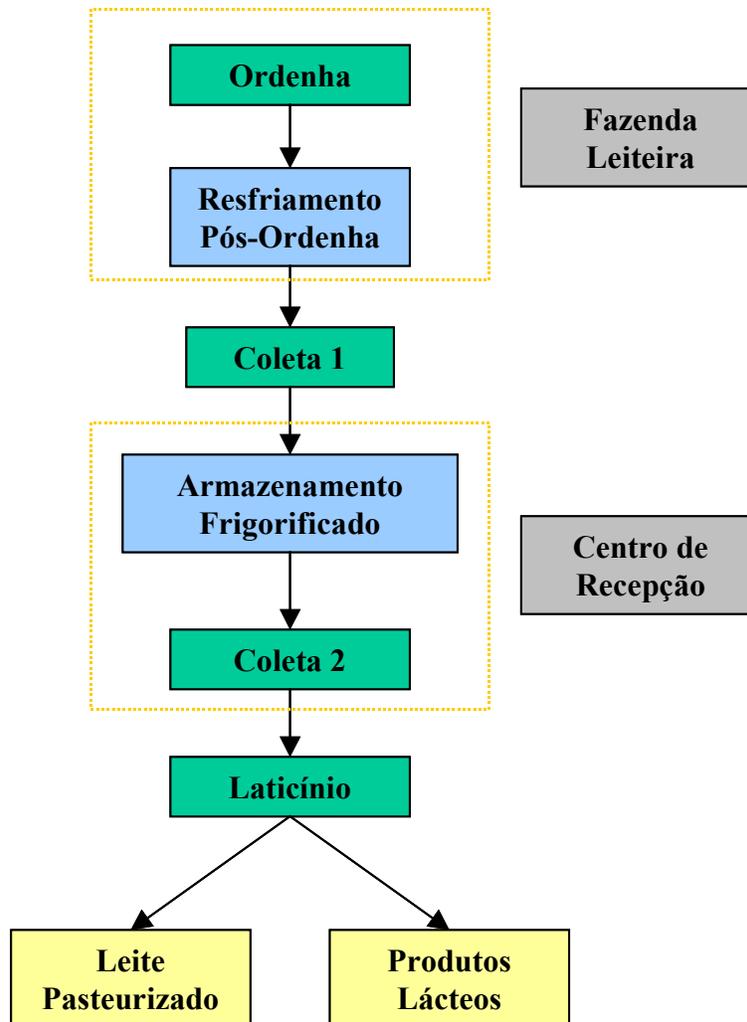


Figura 4.2 - Fluxograma simplificado do processamento do leite cru refrigerado.

Neste tipo de leite, a ordenha pode ser realizada manualmente ou mecanicamente, desde que mantido um padrão de qualidade determinado pela legislação do setor (qualidade esta avaliada no momento da coleta).

Pela nova legislação, após ordenhado, o leite deve ser resfriado a pelo menos 7°C (temperaturas inferiores podem ser obtidos com o limite de 2°C) em um período de até 4 horas após a ordenha e mantido, no mínimo, a esta temperatura até o momento da coleta pelo caminhão tanque.

Neste tipo de leite o processo realizado na propriedade rural restringe-se à ordenha e o resfriamento. Geralmente, devida à baixa produção de leite neste tipo de propriedade, emprega-se no resfriamento do leite, tanques resfriadores com expansão direta.

A fase intitulada de Coleta 1, refere-se à coleta do leite nas propriedades rurais por um caminhão com tanque isotérmico, dotado ou não de um sistema frigorífico. Nesta coleta, os volumes produzidos pelas propriedades são misturados e encaminhados a um Centro de recepção ou entregue diretamente a um estabelecimento processador (Laticínio). Nesta etapa, o leite deve ser entregue a uma temperatura mínima de 10°C. No caso de um centro de recepção, este deve estar dotado de um sistema de armazenamento de leite, o qual propicie a manutenção deste a esta temperatura ou inferior.

No caso de existência da fase Coleta 2, tem-se o encaminhamento do volume total recepcionado pelo centro de recepção à unidade processadora (Laticínio), o qual pode ser transformado em leite pasteurizado ou em algum tipo de produto lácteo.

4.3 O arranjo produtivo e as tecnologias empregadas

4.3.1 Granja Leiteira 1

Na Figura 4.3 é representado o arranjo produtivo do leite pasteurizado tipo “A” da primeira granja leiteira avaliada. O nível de detalhamento técnico das tecnologias empregadas no processamento do leite, em alguns casos, restringiram-se às informações fornecidas pelos proprietários e administradores, uma vez que a visita a alguns setores, como a Sala de Pasteurização, era restrita aos funcionários do local, não possibilitando assim, a visualização e constatação dos equipamentos e dos modelos empregados. Cabe ressaltar que, esta observação é válida para as duas Granjas Leiteiras.

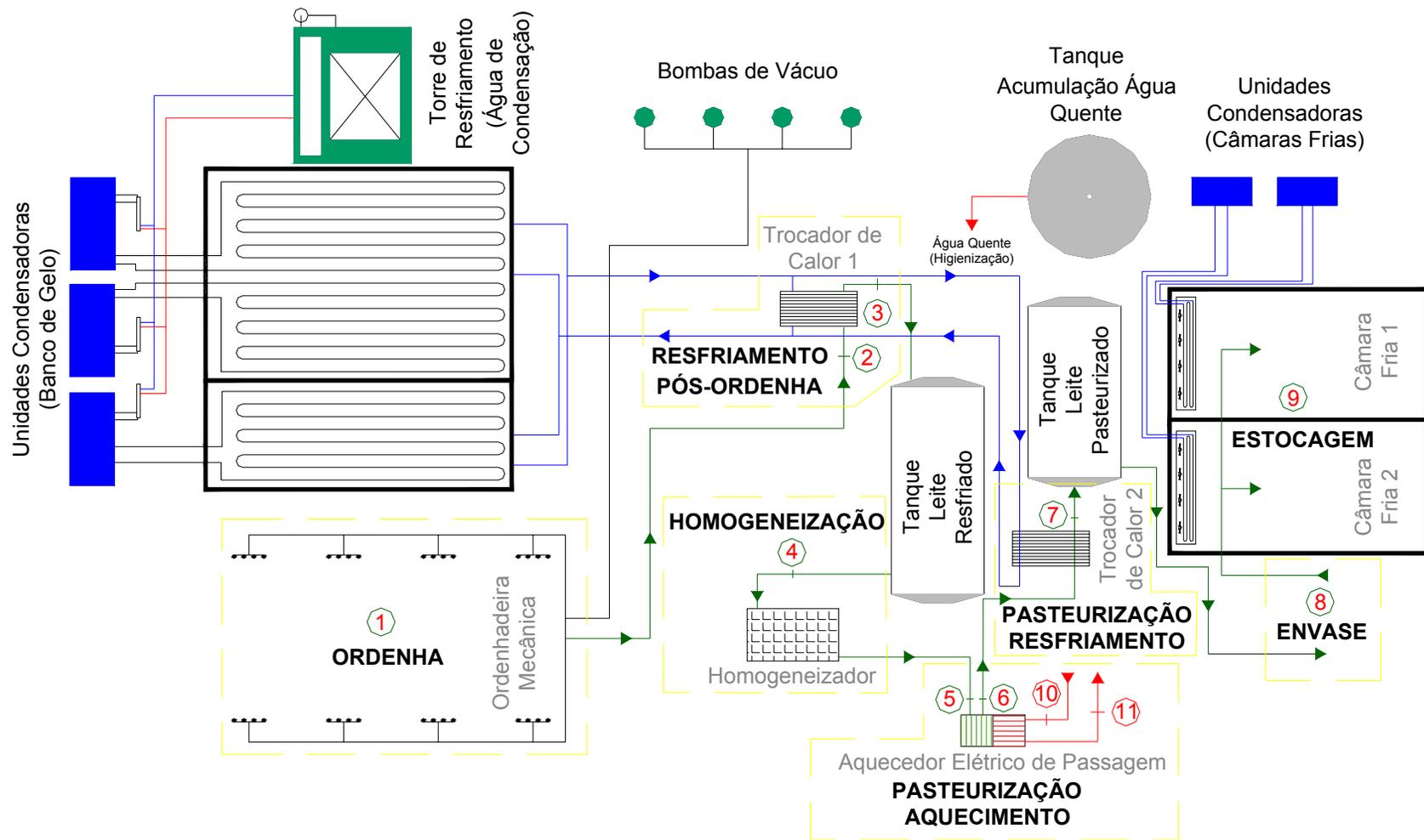


Figura 4.3 – Representação do processamento do leite pasteurizado tipo “A” – GL1

No ponto 1, tem-se o início do processo de produção do leite, onde o leite é ordenhado mecanicamente (ordenhadeira mecânica tipo espinha e peixe com 12 pontos de extração simultâneos), as quais operam com 4 conjuntos de bombas de vácuo (4 motores elétricos de 2,2 kW). É denominada 1ª ordenha, a ordenha das 15:00 horas e 2ª ordenha, a ordenha das 5:00 horas.

No processo denominado “resfriamento pós-ordenha” (Ponto 2 a 3), o leite é resfriado de 35°C para 4°C (Trocador de Calor 1). Neste processo utiliza-se como fonte de energia a carga termo-acumulada em um banco de gelo. O sistema de refrigeração do banco de gelo consiste de duas unidades condensadoras, operando com R-22, com compressores herméticos de 6,8 kW de potência elétrica; condensação a água com trocadores de calor tipo *tube-in-tube* (resfriamento da água de condensação em torres de resfriamento com ar forçado) e; evaporador com expansão direta em serpentina imerso em um tanque de água. O reservatório do banco de gelo tem um volume de 7150 litros.

Após resfriado o leite é encaminhado ao tanque de leite cru refrigerado, onde permanece armazenado a temperatura de 4°C, aguardando o volume de leite coletado na segunda ordenha. Este tanque tem capacidade de 10.000 litros. Neste estabelecimento, o processo de pasteurização é realizado somente uma vez ao dia, ou seja, sempre com o volume de leite coletado nas duas ordenhas. O processo de pasteurização sempre é realizado após o término da ordenha das 5:00 horas.

Antes do processo de pasteurização, o leite é submetido ao processo de homogeneização (Pontos 4 a 5).

No processo de pasteurização (aquecimento - Pontos 5 a 6-; e resfriamento rápido -Pontos 6 a 7), emprega-se um aquecedor elétrico de passagem com potência elétrica de 45 kW, aquecendo água a 80°C em circuito fechado (Pontos 10 e 11), e a energia termo-acumulada no banco de gelo, para o aquecimento e resfriamento, respectivamente.

Após a pasteurização o leite é encaminhado a um tanque de leite pasteurizado, com capacidade de 4000 litros, onde posteriormente é submetido ao processo de envase (Ponto 8), em embalagens do tipo “Tetra Pack”, e finalmente, é acondicionado em câmaras frias (Ponto 9), aguardando o transporte.

O armazenamento é feito em duas Câmaras frias, as quais operam com duas unidades condensadoras, com compressores herméticos de 2,9 kW de potência elétrica e condensação a ar.

Consome-se cerca de 1000 litros de água quente/dia, a uma temperatura de aproximadamente 65°C, na limpeza e higienização da sala de pasteurização e a ordenhadeira mecânica, bem como os tanques de armazenamento de leite. Esta água quente é obtida através de um tanque acumulador elétrico com volume de 2000 litros, o qual opera com uma resistência elétrica de 2,7 kW.

A limpeza do estábulo é parte feita por raspagem, parte feita através de calhas (fluxo por gravidade). Os dejetos coletados por raspagem são submetidos a secagem ao ar livre. Já a outra parte do dejetos (fezes + urina), os quais escoam por efeito da gravidade pelas calhas, é encaminhado a tanques de decantação, onde é realizada a separação da parte sólida e da parte líquida. Após a obtenção da parte sólida (seca), em ambos os tratamentos, emprega-se este subproduto na silagem e na pastagem.

Na Tabela 4.1 é apresentado um resumo das tecnologias empregadas na Granja Leiteira 1.

Tabela 4.1 – Tecnologias empregadas no processo produtivo na GL1

Granja Leiteira 1	
Ordenha Mecânica	4 x bombas de vácuo
<i>Potência elétrica</i>	2,2 kW/motor
Pré-resfriamento Pós-Ordenha	NE
Resfriamento Pós-Ordenha	Banco de Gelo
<i>Sistema de Refrigeração</i>	2 x Unid. Condensadora
<i>Potência Elétrica</i>	7,4 kW (10 hp)/unid.cond
<i>Compressores</i>	Maneurop (Hermético)
<i>Gás Refrigerante</i>	R-22
<i>Condensação</i>	Água (Torre de resfriamento)
Homogeneizador	
<i>Potência elétrica</i>	NA
Pasteurização	
Aquecimento	Resistência Elétrica
<i>Tipo</i>	Aquecedor Elétrico Passagem
<i>Potência elétrica</i>	45 kW
<i>Temperatura de operação</i>	Água a 80°C (Circuito fechado)
Pré-resfriamento	NE
Resfriamento	Banco de Gelo
Câmara Fria	Acondicionamento de leite
<i>Temperatura de operação</i>	4°C
<i>Quantidade</i>	2
<i>Sistema de Refrigeração</i>	2 x Unid. Condensadora
<i>Potência Elétrica</i>	2,9 kW (4 hp)/cada
<i>Compressores</i>	Maneurop (Hermético)
<i>Condensação</i>	Ar Forçado
Aquecimento de água (Limpeza e Higienização)	Resistência Elétrica
<i>Tipo</i>	Tanque acumulador
<i>Temperatura</i>	65°C
<i>Potência Elétrica/Consumo Lenha</i>	2,7 kW
<i>Consumo diário de água</i>	1.000 litros
<i>Emprego</i>	Sala de ordenha e utensílios
Ventilação	Ventiladores axiais
<i>Quantidade</i>	NA
<i>Potência Elétrica</i>	NA
Iluminação	NA

NA - Não avaliado
 NE - Não empregado
 [-] - Não aplicável

4.3.2 Granja Leiteira 2

Na Figura 4.4 é representado o processamento do leite pasteurizado tipo “A” da segunda granja leiteira avaliada.

Neste estabelecimento a ordenha é realizada mecanicamente (Ponto 1), com o uso de 4 conjuntos de bombas de vácuo operando com motores elétricos de 2,2 kW (2 cv) de potência nominal.

Após a ordenha, tem-se o processo denominado “Resfriamento Pós-ordenha” (Ponto 2 a 4), onde, neste estabelecimento, este resfriamento ocorre em duas etapas. Na primeira etapa, tem-se um pré-resfriamento (Trocador de Calor 1), que consiste em resfriar o leite de 35°C (Ponto 2) para valores entre 25 e 30°C (Ponto 3) utilizando água de poços a uma temperatura média de 20°C. Na segunda etapa, que consiste no resfriamento do leite até a temperatura de 4°C (Ponto 4), emprega-se como carga térmica o volume termo-acumulado no Banco de Gelo. Após o resfriamento, o leite é encaminhado a um reservatório, denominado “Tanque de Leite Resfriado” aguardando o término da ordenha.

O Banco de Gelo opera com um sistema de refrigeração por compressão de vapor. Emprega-se um compressor aberto marca SABROE, Modelo CMO14, operando com R-717 (Amônia), acionamento com um motor elétrico com potência nominal de 15 kW (20 cv), condensação evaporativa em torre de resfriamento com aspersão de água (Bomba d’água com potência nominal de 2,2 kW) e evaporador com expansão direta em serpentina imersa em um tanque de água. Empregam-se duas bombas d’água com potência nominal de 2,2 kW (3,0 cv) para circulação de água gelada nos trocadores de calor empregados nos processos de resfriamento.

Após o término de cada ordenha, todo o leite armazenado no Tanque de Leite Resfriado é submetido ao processo de homogeneização (Pontos 5 e 6). O Homogeneizador opera como um motor elétrico de 18,3 kW (25 cv).

Em seguida, inicia-se o processo de pasteurização. Entre os Pontos 6 e 7 (Trocador de calor 3), tem-se o processo de aquecimento da pasteurização, com o uso de vapor d’água superaquecido obtido de uma Caldeira a Lenha. A Caldeira empregada é Tipo Fogotubular Vertical, com pressão de trabalho de 4 kgf/cm² (72 psi) e vazão de 400 kg_{vapor}/hora, Fabricante Maritec. No que refere-se à tecnologia empregada no aquecimento da pasteurização, devido a não possibilidade de visualização do processo, não foi possível a constatar a tecnologia empregada e o detalhamento deste processo.

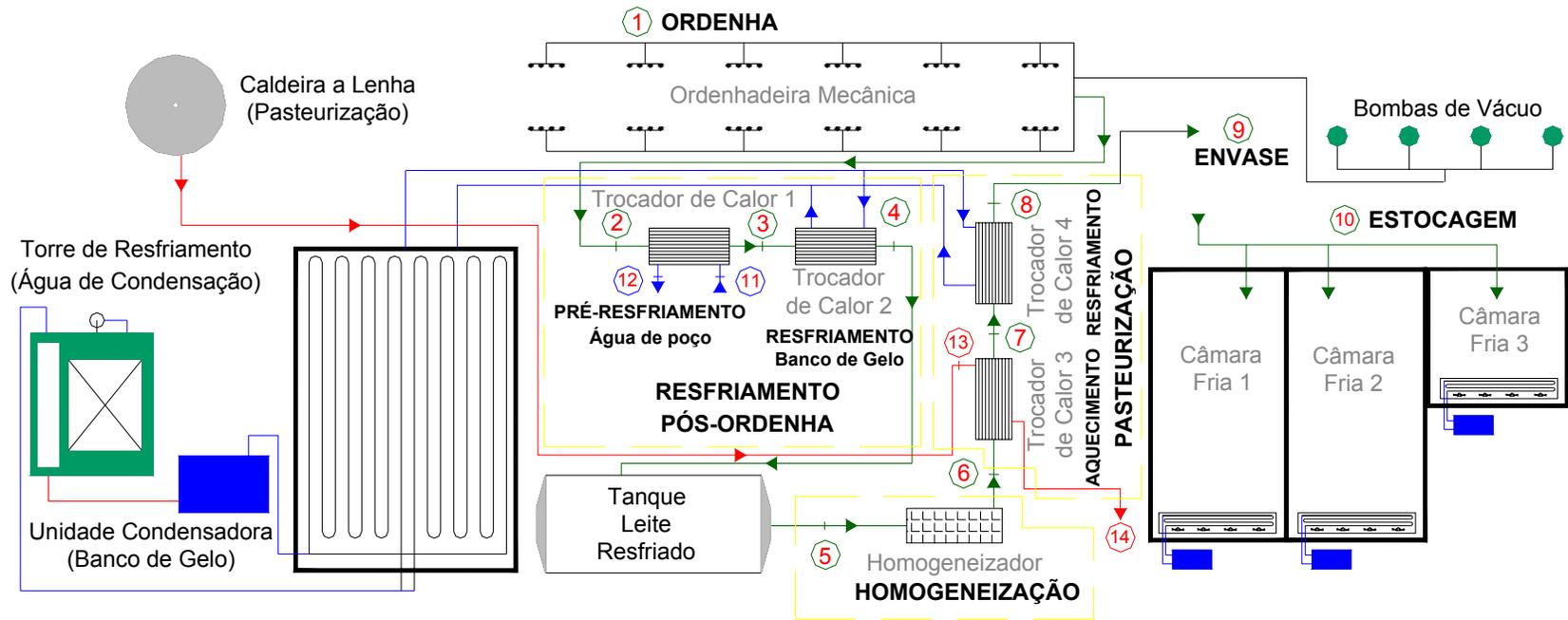


Figura 4.4 – Representação do processamento do leite pasteurizado tipo “A” – GL2

Após o aquecimento, tem-se o resfriamento da pasteurização (Pontos 7-8) realizado no Trocador de Calor 4. A demanda térmica do resfriamento é suprida pela energia termo-acumulada no Banco de Gelo

Após pasteurização, o leite é submetido ao processo de envase (Ponto 9), onde o produto é acondicionado numa embalagem plástica (“saquinho”), onde posteriormente é estocado (Ponto 10) em câmaras frias, onde aguarda o transporte.

Na estocagem do leite envasado, faz-se uso de três câmaras frias, denominadas Câmaras Fria 1, 2 e 3. As Câmaras Frias 1 e 2, utilizam unidades condensadoras Marca Bitzer (uma unidade para cada Câmara Fria), com compressores abertos Bloco V a R-22, acionados com motor elétrico de 5 cv e condensação a ar. A Câmara Fria 3, opera com uma unidade condensadora tipo “plug-in”, marca Techno System, modelo VTM 120BN a R-22, como potência elétrica de 1,0 kW (1,2 cv) e condensação a ar.

Constatou-se, segundo levantamento, que é consumido cerca de 200 litros/ordenha (cerca de 600 litros/dia) de água quente, a uma temperatura de 65°C, na lavagem da ordenhadeira. No aquecimento desta água, empregam-se três grupos de resistências elétricas de 6 kW/cada (total de 18 kW). O aquecimento deste volume de água é realizado em cerca de 25 minutos, e sempre, nos 25 minutos que antecedem o término de cada ordenha.

Emprega-se a carga térmica do vapor de água que sai do Trocador de Calor 3 (Ponto 14) no aquecimento de uma solução ácida de limpeza. Onde, ambos são empregados na limpeza e higienização da sala e dos equipamentos de pasteurização e envase. Segundo RAPPA (2005), consome-se cerca de 300 litros de água/dia neste processo de limpeza e higienização a uma temperatura média de 70°C.

O Consumo diário de lenha na caldeira é de cerca de 1,3 metro cúbico, aproximadamente 390 kg. Toda a lenha consumida é originária da própria fazenda, oriunda de reflorestamento de eucaliptos.

Segundo levantamento, existe no local cerca de 36 ventiladores acionados com motores elétricos com potência de 0,5 cv. Estes ventiladores são empregados nos locais de confinamento dos animais em lactação, tendo como função o condicionamento do ambiente.

Na Tabela 4.2 é apresentado um resumo das tecnologias empregadas na GL2.

Tabela 4.2 – Tecnologias empregadas no processo produtivo na GL2

Granja Leiteira 2	
Ordenha Mecânica	4 x bombas de vácuo
<i>Potência elétrica</i>	2,2 kW/motor
Pré-resfriamento Pós-Ordenha	Água a 20°- 25°C
Resfriamento Pós-Ordenha	Banco de Gelo
<i>Sistema de Refrigeração</i>	1 x Unid. Condensadora
<i>Potência Elétrica</i>	15 kW
<i>Compressores</i>	Sabroe (Aberto)
<i>Gás Refrigerante</i>	R-717
<i>Condensação</i>	Evaporativo
Homogeneizador	
<i>Potência elétrica</i>	18,3 kW
Pasteurização	
Aquecimento	Caldeira a Vapor
<i>Tipo</i>	Fogotubular Vertical
<i>Potência elétrica</i>	-
<i>Temperatura de operação</i>	140°C (0,5 MPa)
Pré-resfriamento	Contra-fluxo leite frio
Resfriamento	Banco de Gelo
Câmara Fria	Acondicionamento de leite
<i>Temperatura de operação</i>	4°C
<i>Quantidade</i>	3
<i>Sistema de Refrigeração</i>	3 x Unid. Condensadora
<i>Potência Elétrica</i>	2 x 3,65 kW
	1 x 1,0 kW
<i>Compressores</i>	2 x Bitzer (Aberto)
	1 x Unid. "Plug-in" (Hermético)
<i>Condensação</i>	Ar Forçado
Aquecimento de água (Limpeza e Higienização)	Resistência Elétrica e Vapor Caldeira (pós-pasteurização)
<i>Tipo</i>	Aquecedor de passagem e Trocador de calor
<i>Temperatura</i>	65°C
	70°C
<i>Potência Elétrica/Consumo Lenha</i>	18 kW
	390 kg (1,3 m ³)/dia
<i>Consumo diário de água</i>	600 litros e
	300 litros
<i>Emprego</i>	Sala de ordenha e equipamentos
Ventilação	Ventiladores axiais
<i>Quantidade</i>	36
<i>Potência Elétrica</i>	0,37 (0,5 cv)/cada
Iluminação	NA

NA - Não avaliado
 NE - Não empregado
 [-] - Não aplicável

4.3.3 Fazenda Leiteira 1

Na Figura 4.5, é representado o processamento do leite cru refrigerado realizado na fazenda avaliada.

Neste estabelecimento, a ordenha é realizada mecanicamente (Ponto 1), com o uso de uma ordenhadeira mecânica tipo espinha de peixe (10 pontos de extração, sendo 5 simultâneos), operando com uma bomba de vácuo com um motor elétrico de 2,2 kW (2 cv) de potência nominal.

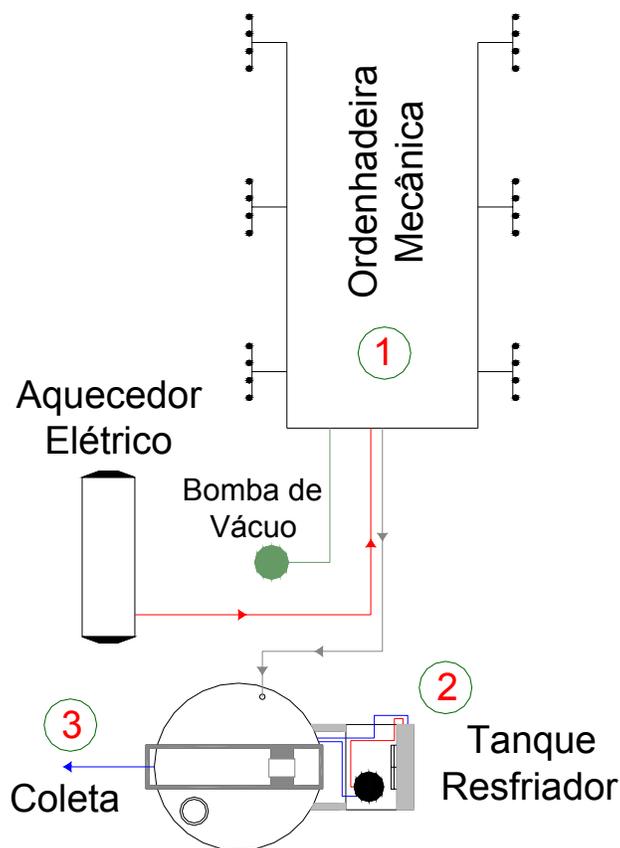


Figura 4.5 – Representação do processamento do leite cru refrigerado – FL1

Ao ser ordenhado o leite é encaminhado ao tanque resfriador (Ponto 2), onde sofre o processo de resfriamento até 4°C. O tanque de resfriamento é do tipo aberto, Marca DeLaval, Modelo DXO, capacidade de 1.920 litros, para operação em 4 ordenhas. O sistema de refrigeração empregado compõe-se de unidade condensadora Marca Danfoss, Modelo

HGM028B30N, com um compressor hermético com potência elétrica de 2,7 kW, operando com R-22 e condensação a ar.

A coleta é realizada após a ordenha da tarde, por um caminhão dotado de um tanque isotérmico, por volta das 20:00 horas, coletando o leite extraído nas duas ordenhas, cerca de 1.000 litros. O volume total de leite coletado pelo caminhão, cerca de 26 propriedades da região, é entregue em um centro de recepção localizado na cidade de Socorro, estado de São Paulo, que coleta diariamente cerca de 55.000 litros de leite.

Após cada ordenha, todo o sistema de ordenha passa por um processo de limpeza com o uso de água quente a 65°C. Emprega-se neste processo 150 litros de água quente por ordenha, ou seja, 300 litros/dia. A água quente é gerada, por termoacumulação, em um boiler elétrico, Marca Cumulus, Modelo LXHZ, com capacidade de 150 litros e potência elétrica de 1.500 W.

Toda a limpeza do tanque resfriador, sala de ordenha e dos tetos dos animais é realizada com o uso de água a temperatura ambiente.

No local de confinamento dos animais em lactação não empregam-se ventiladores para o acondicionamento do ambiente, uma vez que este encontra-se localizado em um local bem ventilado e totalmente aberto.

Todo o dejetos gerado é coletado diariamente com o uso de carreta e armazenado (secagem ao ar) onde posteriormente é distribuído pela pastagem com adubo. Coleta-se diariamente cerca de 1.000 kg de dejetos.

Capítulo 5

Resultados e Discussões

5.1 Uso de energia na Granja Leiteira 1

Neste estabelecimento foram medidos os seguintes consumos de energia elétrica:

- Consumo Total de Energia Elétrica da Granja Leiteira;
- Consumo das Unidades de Refrigeração do Banco de Gelo;
- Consumo do Tanque Acumulador de Água Quente;
- Consumo do Aquecedor Elétrico de Passagem;
- Consumo da Câmara Fria 1.

As curvas de demanda dos pontos avaliados, para o período total medido (7 dias) e a diária representativa, bem como, a metodologia empregada para a geração desta curva, é apresentada no ANEXO I (Figura A.1 a Figura A.15).

São apresentados, na Tabela 5.1, os consumos de energia elétrica dos equipamentos/processos para as curvas de carga apresentadas no ANEXO I, para o período avaliado (7 dias), bem como, o consumo médio diário e consumo médio mensal de energia elétrica.

Tabela 5.1 – Consumos de Energia Elétrica para os diversos equipamentos avaliados – GL1

Equipamento	Consumo de Energia [MWh]		
	7 dias	Média Diária	Mensal
<i>Aquecedor Elétrico de Passagem (Pasteurização)</i>	1,199	0,171	5,140
<i>Sistema de Refrigeração (Banco de Gelo)</i>	0,980	0,245	7,350
<i>Tanque Acumulador Elétrico (Aq. Higienização)</i>	0,461	0,066	1,975
<i>Câmara Fria 1</i>	0,262	0,037	1,122
<i>Consumo Total</i>	7,450	1,064	31,930

Na Figura 5.1 é apresentada a curva de demanda acumulada dos equipamentos avaliados. Pode-se verificar a significativa representação do Aquecedor Elétrico de Passagem na demanda entre as 8:00 e 18:00 horas, representando valores mínimos de 37,5% e máximos de 75% da demanda total para o período avaliado (Potência nominal de 45 kW). O sistema de refrigeração do banco de gelo, apesar de representar 23,01% do consumo total de energia elétrica (maior consumo), neste mesmo período, representa valores entre 8,75% e 17,5% da demanda total (Potência média de 10,5 kW).

Verifica-se que o sistema de refrigeração do banco de gelo opera 24 horas/dia, ou seja, não há desligamento do sistema. Isto indica que não havia geração da carga térmica suficiente para atender a demanda dos processos de resfriamento, uma vez que o desligamento era realizado via termostato, localizado no interior do tanque (erro de dimensionamento). Verificou-se durante as medições que não havia formação de gelo na serpentina do evaporador, bem como, a água no interior do tanque encontrava-se a temperaturas entre 1°C e 4°C.

Foi considerado na curva de demanda acumulada, que a Câmara Fria 2 apresenta a mesma curva de demanda levantada para a Câmara Fria 1, uma vez que ambas apresentam unidades condensadoras de mesma potência e desempenham a mesma função, ou seja, estocagem frigorificada de leite envasado.

Outro importante fator a ser avaliado, nos casos onde há pagamento da energia elétrica consumida sobre a demanda e o consumo (tarifa binômica), é o Fator de Carga do estabelecimento. O Fator de Carga (FC) é determinado pela razão entre a demanda média de um determinado período e a demanda máxima observada neste período (demanda contratada). O valor da demanda média é obtido da razão entre o consumo mensal avaliado e o número de horas mensais de operação ($horas_{mês}$), que é de 730 horas. O valor de FC deve estar compreendido entre 0 e 1 e sinaliza a constância das cargas. Valor de FC igual a 1, significa que a demanda média é igual à demanda máxima, o que é praticamente impossível de se obter, no caso de indústrias, uma vez que equivaleria a manter a mesma carga ligada durante todo o período avaliado. Quanto maior a diferença de FC do valor 1, menos constante é a carga em operação, sinalizando assim a existência de operações de altas cargas em curtos intervalos de tempo. De forma geral, o Fator de Carga mensal pode ser dado pela seguinte relação:

$$FC = \frac{Cons_{mensal} / horas_{mês}}{D_{máxima}} = \frac{D_{média}}{D_{máx}} \quad (1)$$

No caso de tarifação binômia, a expressão que dita o custo da energia elétrica apresenta dois termos. O primeiro relaciona a demanda elétrica (kW) avaliada e o preço unitário da demanda (R\$/kW) e o segundo termo, o consumo de energia elétrica (kWh) e o preço unitário do consumo (R\$/kWh), conforme apresentado na expressão (2).

$$C_{energ.binômia} = D_{máx} \cdot Pr_{energ.demanda} + Cons_{mensal} \cdot Pr_{energ.consumo} \quad (2)$$

Visando avaliar o impacto de suavizações da curva de demanda no gasto mensal com energia elétrica, pode-se determinar a expressão (2) em termos de FC. Para isto, substitui-se o termo $D_{máx}$ pela relação obtida na expressão (1), logo, tem-se:

$$C_{energ.binômia} = \frac{Pr_{energ.demanda} \cdot D_{med}}{FC} + Pr_{energ.consumo} \cdot Cons_{mensal} \quad (3)$$

Assim, pode-se verificar na expressão (4), que o valor de FC é inversamente proporcional ao gasto mensal com energia elétrica, obtendo assim gasto mínimo quando FC é igual a 1.

Como segunda forma de avaliar o impacto do FC nos gastos com energia elétrica é escrever a expressão (2) em termos do custo unitário da energia. Para isto, deve-se substituir os termo $D_{máx}$ e $Cons_{mensal}$, na expressão (2), pelas suas unidades correspondentes, e dividir toda a expressão por kWh , logo, tem-se:

$$\frac{C_{energ.binômia}}{kWh} = \frac{kW \cdot Pr_{energ.demanda}}{kWh} + \frac{kWh \cdot Pr_{energ.consumo}}{kWh} \quad (4)$$

Ou pode-se escrever ainda:

$$\frac{C_{energ.binômia}}{kWh} = \frac{kW \cdot 730 \cdot Pr_{energ.demanda}}{kWh \cdot 730} + Pr_{energ.consumo} = \frac{kW \cdot 730}{kWh} \cdot Pr_{energ.demanda} \cdot \frac{1}{730} + Pr_{energ.consumo} \quad (5)$$

Ou seja, utilizando da relação apresentada na expressão (1):

$$\frac{C_{energ.bin\acute{o}mia}}{kWh} = \frac{Pr_{energ.demanda}}{730.FC} + Pr_{energ.consumo} \quad (6)$$

Onde, o termo $\frac{C_{energ.bin\acute{o}mia}}{kWh}$ é o custo unitário da energia elétrica consumida $U_{energ.bin\acute{o}mia}$ (R\$/kWh) e sendo todos os demais termos constantes, escreve-se ainda:

$$U_{energ.bin\acute{o}mia} = \frac{A}{FC} + B \quad (7)$$

Onde:

$$A = \frac{Pr_{energ.demanda}}{730} \quad (8)$$

$$B = Pr_{energ.consumo} \quad (9)$$

Desta forma, se avaliado para GL1, verifica-se que o consumo mensal de energia é de 31,930 MWh, ou seja, para um período de 730 horas, a demanda média é da ordem de 43,74 kW ($D_{m\acute{e}dia_GL1}$). Quando avaliada a curva da demanda acumulada, Figura 5.1, verifica-se que a demanda máxima é da ordem de 115 kW ($D_{m\acute{a}x_GL1}$). Sendo assim, tem-se que os valores de FC_{mensal_GL1} e $U_{energ.bin\acute{o}mia_GL1}$ são:

$$FC_{mensal_GL1} = \frac{43,74}{115} = 0,38$$

$$U_{energ.bin\acute{o}mia_GL1} = \frac{8,226}{0,38} + 0,097 = 21,74 \text{ R\$/kWh}$$

O valor encontrado de FC para a GL1, confirma o observado na Figura 5.1 (grande oscilação de demanda ao longo do dia), onde o baixo valor encontrado, se dá, principalmente, devido à demanda do aquecedor elétrico de passagem (potência nominal de 45 kW) e sua operação em curtos intervalos de tempo, concentradas entre o período das 7:00 e 15:00 horas. O

baixo valor de FC impacta diretamente sobre o custo unitário da energia elétrica consumida, gerando um alto valor do kWh consumido, demonstrando falhas de gerenciamento e operação da demanda elétrica instalada.

Verifica-se, segundo os dados apresentados na Tabela 5.1, que a representatividade percentual do consumo de energia elétrica dos diferentes equipamento avaliados, representa cerca de 48,81% do consumo total. No consumo de energia do sistema de refrigeração, somente foram considerados os consumos dos três primeiros dias, ou seja, a média foi calculada para o consumo avaliado nestes dias, pois, nos dias seguintes, (4^o ao 7^o dia), verificou-se variações bruscas de carga, aspectos estes, os quais não puderam ser justificados.

Para verificar a representação percentual de cada equipamento avaliado perante o consumo total, foi considerado um consumo de energia elétrica da Câmara Fria 2, igual ao medido para a Câmara Fria 1, uma vez que possuíam unidades condensadoras de mesma capacidade e também, desempenhavam as mesmas funções (acondicionamento de leite envasado). Na Figura 5.2, é apresentado uma representação percentual de cada equipamento avaliado no consumo de energia no processamento do leite.

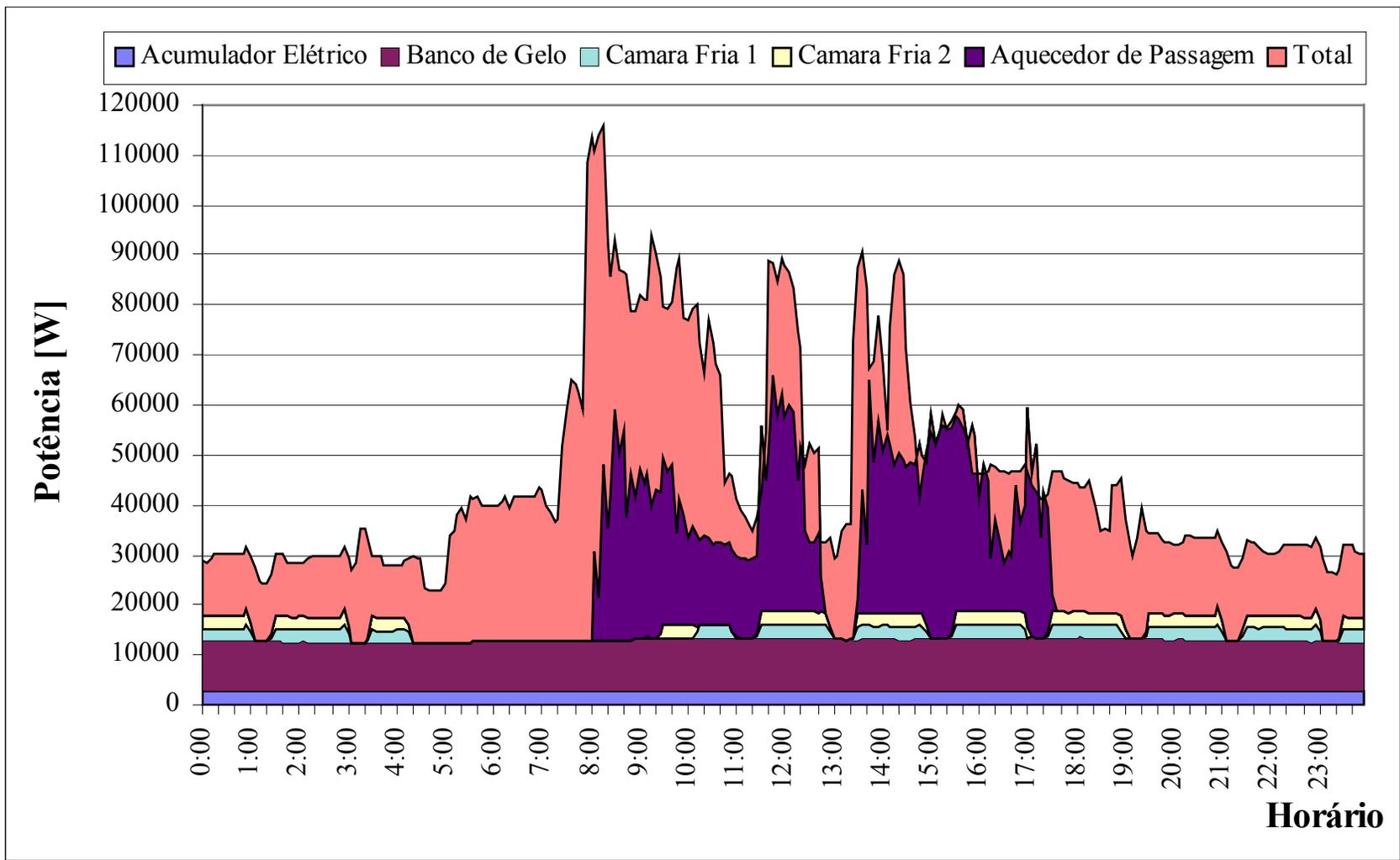


Figura 5.1 – Curva de demanda acumulada – GL1

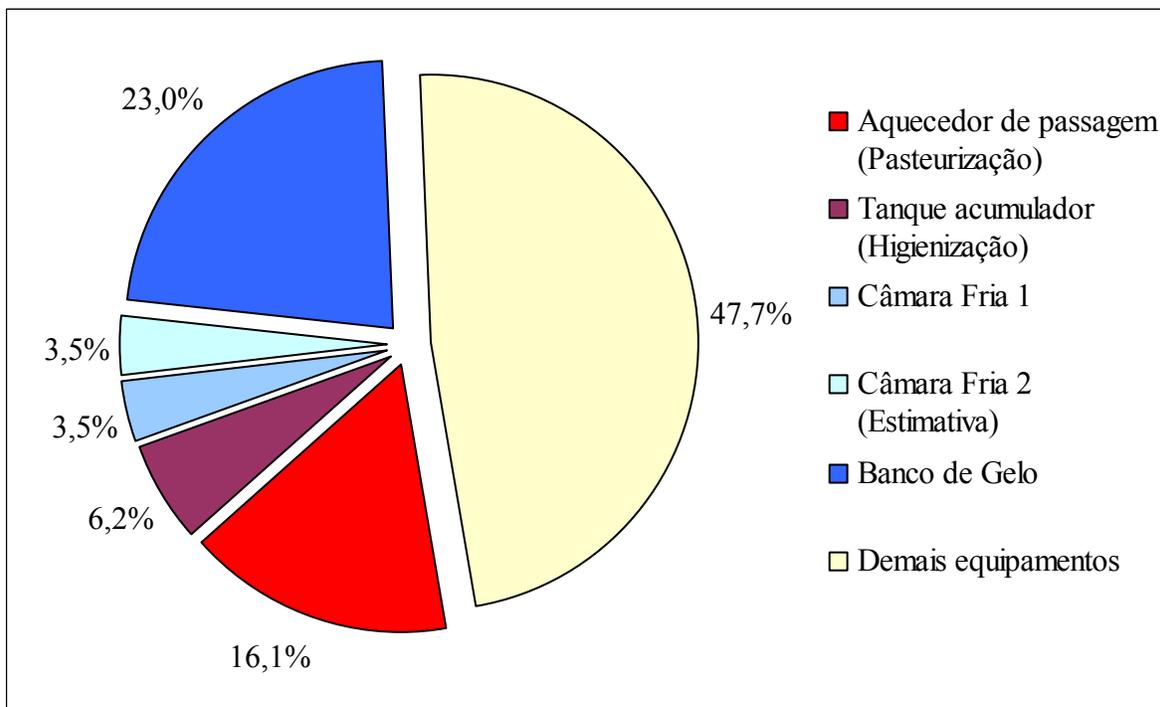


Figura 5.2 – Representação percentual do consumo de energia elétrica por equipamento no consumo total – GL1

Diante dos dados levantados, pode-se verificar que cerca de 30,0% do consumo de energia elétrica provêm de equipamentos aplicados na geração de energia térmica na forma de “frio” (resfriamento e estocagem frigorificada) e, cerca de 22,3% provêm de equipamentos aplicados na geração de energia térmica na forma de “calor” (aquecimento de água), conforme apresentado na Figura 5.3. Porém, para determinar a representação total do consumo de energia elétrica empregada na geração de energia térmica na forma de “frio”, para o processo produtivo de leite, necessitar-se-ia ainda, avaliar o consumo do Tanque de leite resfriado.

O restante do consumo de energia elétrica, 47,7%, refere-se aos demais equipamentos/processos empregados no processo produtivo do leite, como: unidade condensadora (Tanque de leite refrigerado); motores elétricos das bombas de vácuo (Ordanhadeira); motor elétrico do homogeneizador (Homogeneização); Compressor e Máquina de envase (envase); motores elétricos dos ventiladores (Ventilação); Iluminação; Bombas de circulação de leite; Bombas d’água; Escritório; dentre outros.

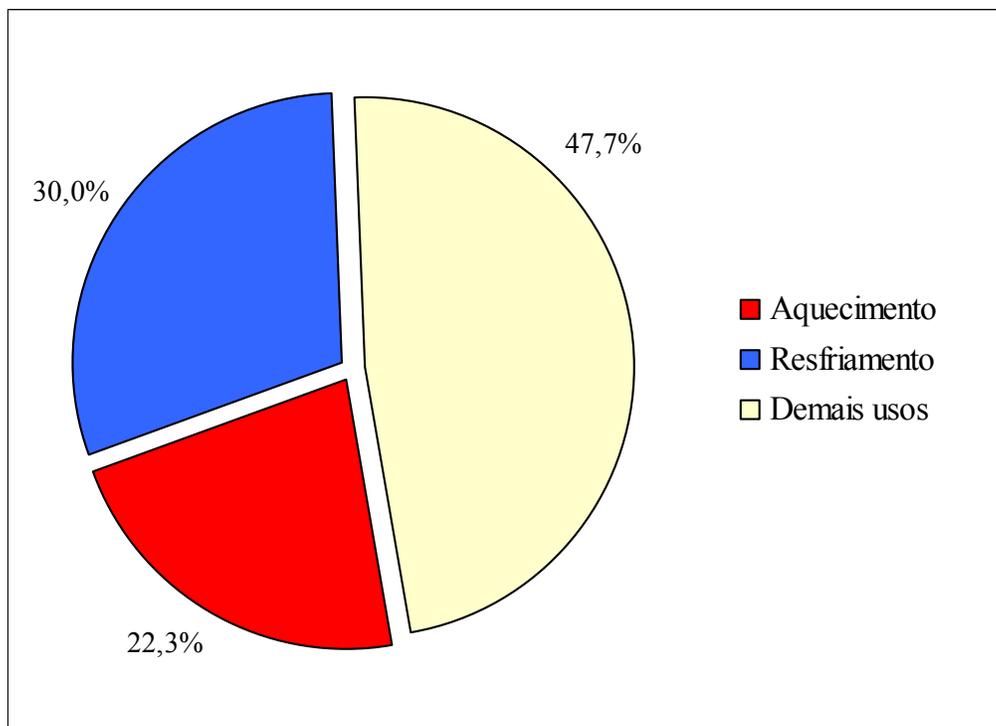


Figura 5.3 – Representação percentual do consumo de energia elétrica dos Processos de Aquecimento e Resfriamento – GL1

Outro importante fator a ser avaliado, refere-se aos custos associados ao uso da energia, uma vez que a atividade leiteira trabalha com margem de lucro extremamente baixa. Desta forma, se avaliado em termos monetários, o consumo de energia elétrica no processamento do leite (Tabela 5.2), pode-se verificar que o processo que apresenta o maior custo é o processo de aquecimento do leite na pasteurização (Aquecedor elétrico de passagem) com 21,9% do custo total, apesar de ser o segundo processo com maior consumo de energia elétrica, ficando atrás do resfriamento do leite, o qual representa, em custo, cerca de 19,8% do custo total. O alto custo associado ao processo de aquecimento da pasteurização, dá-se devido ao uso de resistências elétricas de alta potência elétrica (47,2 kW), representando cerca de 40,8% da demanda total no horário de pico.

Tabela 5.2 – Custos mensais segundo os consumos de energia elétrica dos processos no processamento de leite pasteurizado tipo “A” – Granja Leiteira 1

Processo/Atividade		Demanda [kW]	Consumo Mensal [MWh]	Custo Total [R\$/mês]	% Custo Total
Energia Elétrica	Resfriamento do leite	10,8	7,350	801,791	19,8
	Aquecimento de água (Higienização)	2,8	1,975	214,595	5,3
	Pasteurização (Aquecimento)	47,2	5,140	886,837	21,9
	Estocagem Frigorificada de leite	6,8	2,244	273,574	6,8
	Outros usos	48,2	15,222	1.872,979	46,2
TOTAL				4.049,775	100,0

Desta forma, segundo o levantamento realizado, é possível determinar a relação $\frac{Energia_{processamento}}{Leite_{produzido}}$, que representa a quantidade de energia empregada no processamento de leite pasteurizado tipo “A” e a relação $\frac{C_{energia_processamento}}{Leite_{produzido}}$, que representa o custo associado ao consumo da energia no processamento de leite pasteurizado tipo “A”. Logo, tem-se as seguintes relações:

$$\frac{Energia_{processamento}}{Leite_{produzido}} = \frac{Cons_{energ_GL1}}{H_{prod_GL1} \cdot Prod_{leite_GL1}} \quad (10)$$

$$\frac{C_{energia_processamento}}{Leite_{produzido}} = \frac{C_{energia_processamento_GL1}}{H_{prod_GL1} \cdot Prod_{leite_GL1}} \quad (11)$$

Onde:

$Cons_{energ_GL1}$: Consumo total de energia no processamento do leite pasteurizado tipo “A” na Granja Leiteira 1 [kWh/mês];

$Prod_{leite_GL1}$: Produção diária de leite [Litro/dia];

$C_{energ_processamento_GL1}$: Custo associado ao consumo de energia no processamento de leite pasteurizado tipo “A” na Granja Leiteira 1 [R\$/mês];

H_{prod_GL1} : Número de dias de operação no mês [dia/mês];

Será considerado neste cálculo que número de dias de operação no mês é de 30 dias. Logo, tem-se:

$$\frac{Energia_{processamento}}{Leite_{produzido}} = 0,266 \text{ kWh/litro}$$

$$\frac{C_{energia_processamento}}{Leite_{produzido}} = 0,034 \text{ R\$/litro}$$

Logo, pode-se concluir que para cada redução no gasto com energia de R\$ 0,001, no processamento do leite, necessita-se de uma redução de cerca de 2,9% no consumo de energia.

5.2 Uso de energia na Granja Leiteira 2

Neste estabelecimento foram medidos os seguintes consumos de energia elétrica:

- Consumo Total de Energia Elétrica da Granja Leiteira;
- Consumo da Unidade de Refrigeração do Banco de Gelo;
- Consumo dos Motores Elétricos das Bombas de Vácuo (Ordenha) e Resistência Elétrica de Aquecimento de água de higienização;
- Consumo do Motor Elétrico do Homogeneizador;
- Consumo da Auto-Clave (Laboratório);
- Consumo do Sistema de Ênvase e Bombas de leite da Pasteurização;
- Consumo da Câmara Fria 1;
- Consumo da Câmara Fria 2;
- Consumo da Câmara Fria 3.

As curvas de demanda dos pontos avaliados, para o período total medido (5 dias) e a média diária, bem como, a metodologia empregada para a geração desta curva, é apresentada no ANEXO I (Figura A.16 a Figura A.42).

São apresentados na Tabela 5.3 os consumos de energia elétrica dos equipamentos segundo as curvas de demanda apresentadas no ANEXO I, para o período avaliado (5 dias), bem como, o consumo médio diário e consumo médio mensal de energia elétrica.

Tabela 5.3 - Consumos de Energia Elétrica para os diversos equipamentos avaliados – GL2

Equipamento	Consumo de Energia Elétrica [MWh]		
	5 dias	Média Diária	Mensal
<i>Sistema de Refrigeração (Banco de Gelo)</i>	1,625	0,325	9,751
<i>Motores Elétricos das Bombas de Vácuo (Ordenhadeira)</i>	0,941	0,188	5,647
<i>Resistência Elétrica (Aquecimento de água higienização)</i>	0,138	0,028	0,830
<i>Motor Elétrico do Homogeneizador</i>	0,457	0,091	2,740
<i>Laboratório (Auto-Clave)</i>	0,198	0,040	1,187
<i>Sistema de Ênvase e Bombas de circulação de leite (Pasteurização)</i>	0,081	0,016	0,484
<i>Câmara Fria 1</i>	0,410	0,082	2,462
<i>Câmara Fria 2</i>	0,216	0,043	1,297
<i>Câmara Fria 3</i>	0,055	0,011	0,332
Consumo Total da Granja Leiteira	14,644	1,046	31,380

Com base nas curvas médias diárias de demanda apresentadas no ANEXO I, tem-se na Figura 5.4, a representação da curva de demanda acumulada para todos os processos/equipamentos avaliados.

Verifica-se que a alta demanda de energia ocorre no horário compreendido entre 6:00 e 18 horas, com o pico de demanda entre as 11:00 e 12:00 horas. Neste período, tem-se que 25% da demanda é originária do sistema de refrigeração do banco de gelo e, as resistências elétricas, responsáveis pelo pico de demanda, representando cerca de 18% da demanda, conforme apresentado na Figura 5.4.

No que refere-se ao valor do Fator de Carga, similarmente ao realizado para a GL1, tem-se que a demanda média ($D_{média_GL2}$) para a GL2 é da ordem de 43,58 kW (31,380 MWh/mês e 730 horas de operação/mês) e a demanda máxima ($D_{máx_GL2}$), segundo Figura 5.4, é da ordem de 100 kW. Desta forma tem-se que:

$$FC_{mensal_GL2} = \frac{42,98}{100} = 0,43$$

$$U_{energ.binomia_GL2} = \frac{8,226}{0,43} + 0,097 = 19,23 \text{ R\$/kWh}$$

Com um valor superior ao encontrado para a GL1, o FC da GL2 ainda é baixo, sendo fortemente influenciado pelo grupo de resistências elétricas, empregas no aquecimento de água de limpeza (potência nominal de 18k W), e pelo sistema de refrigeração do banco de gelo +

bombas de circulação. Verifica-se ainda que o pico de demanda ocorre por volta das 11:30 horas e tem como responsável o grupo de resistência empregadas no aquecimento de água de higienização, com um tempo de operação não superior a 30 minutos. Em vista disso, o custo unitário da energia elétrica consumida na GL2 é inferior à verificada na GL1.

Outro aspecto verificado, refere-se à operação do Banco de Gelo (sistema de refrigeração), o qual opera em média 12 horas/dia, durante o período compreendido entre às 6:00 horas e 18:00 horas. Por operar com termoacumulação, o sistema apresenta flexibilidade de operação, podendo, neste caso, facilmente operar durante o período mais ocioso da curva de carga (noturno), ou seja, das 18:00 horas às 6:00 horas, reduzindo assim, com custo nulo, a demanda máxima obtida. Quando avaliado a possível redução, constata-se a retirada de cerca de 28kW da demanda máxima, reduzindo esta de 100 kW para 72 kW. Com isto, o novo valor obtido para FC seria da ordem de 0,61, uma vez que a demanda média permanece inalterada. Cabe ressaltar que, este maior valor de FC não significa que haverá, neste caso, redução nos gastos com energia elétrica, uma vez que, se realizada a alteração, o equipamento operará durante o horário de ponta, onde verificam-se incidências de tarifas com preços elevados, cabendo assim, uma avaliação prévia destes custos, para determinar a viabilidade desta proposta.

Segundo consumos apresentados na Tabela 5.3, verifica-se que os consumos de energia elétrica dos equipamentos avaliados representam cerca de 78,7% do consumo total. Destaca-se, entre os equipamentos com maior consumo de energia o Sistema de refrigeração do banco de gelo e a Ordenha, com 31,0% e 18,0% do consumo, respectivamente. Verifica-se que cerca de 21,3% do consumo de energia elétrica não foi identificado. Porém, constata-se o uso de cerca de 35 ventiladores (potência dos motores elétricos de 0,37 kW) operando cerca de 8 horas/dia. Desta forma, estima-se que o consumo mensal com ventilação seja da ordem de 3,11 MWh, ou seja, 9,9% do consumo total de energia elétrica.

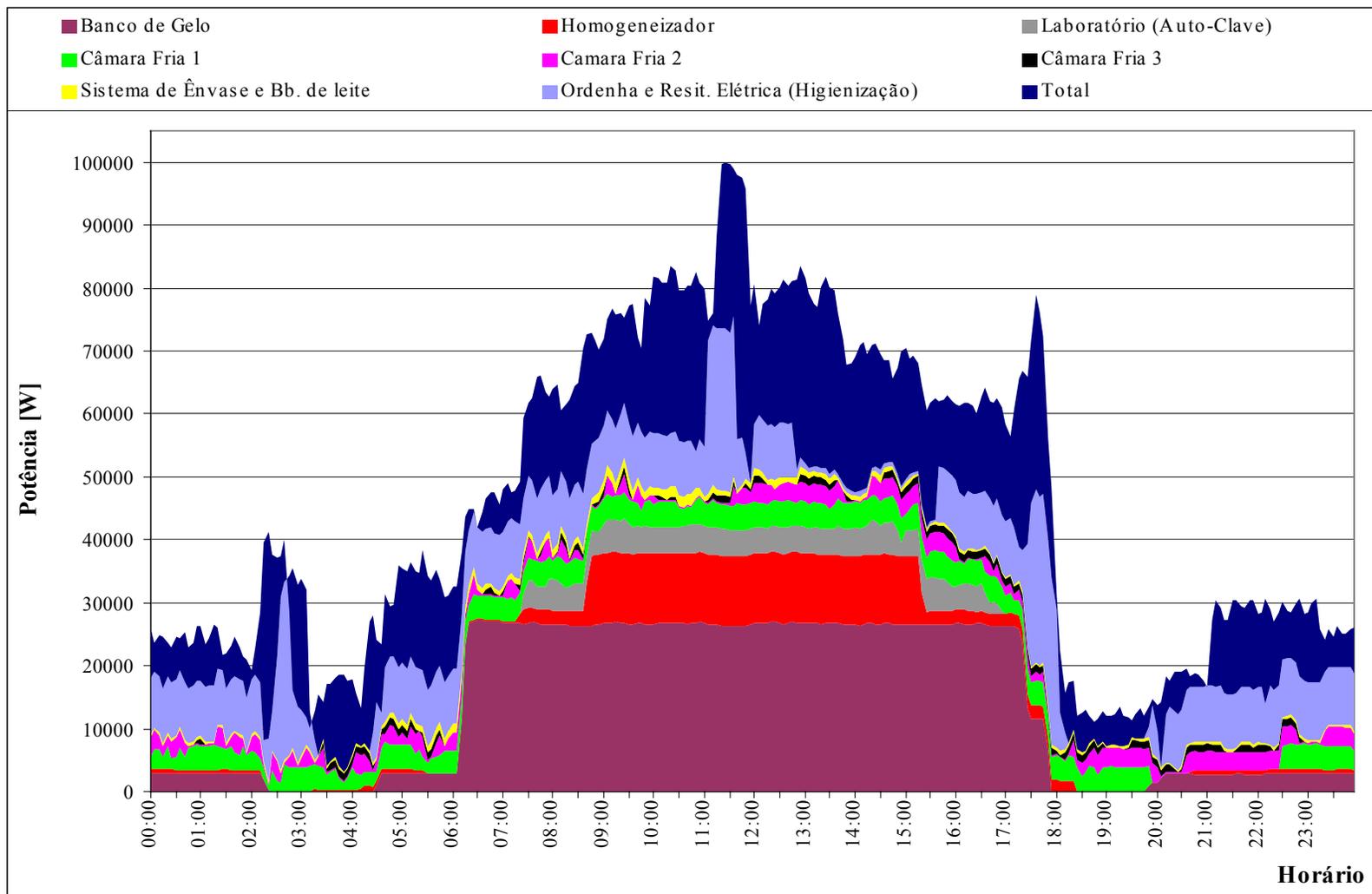


Figura 5.4 – Curva de Demanda Acumulada – GL2

Na Figura 5.5 é representado o consumo percentual dos equipamentos avaliados.

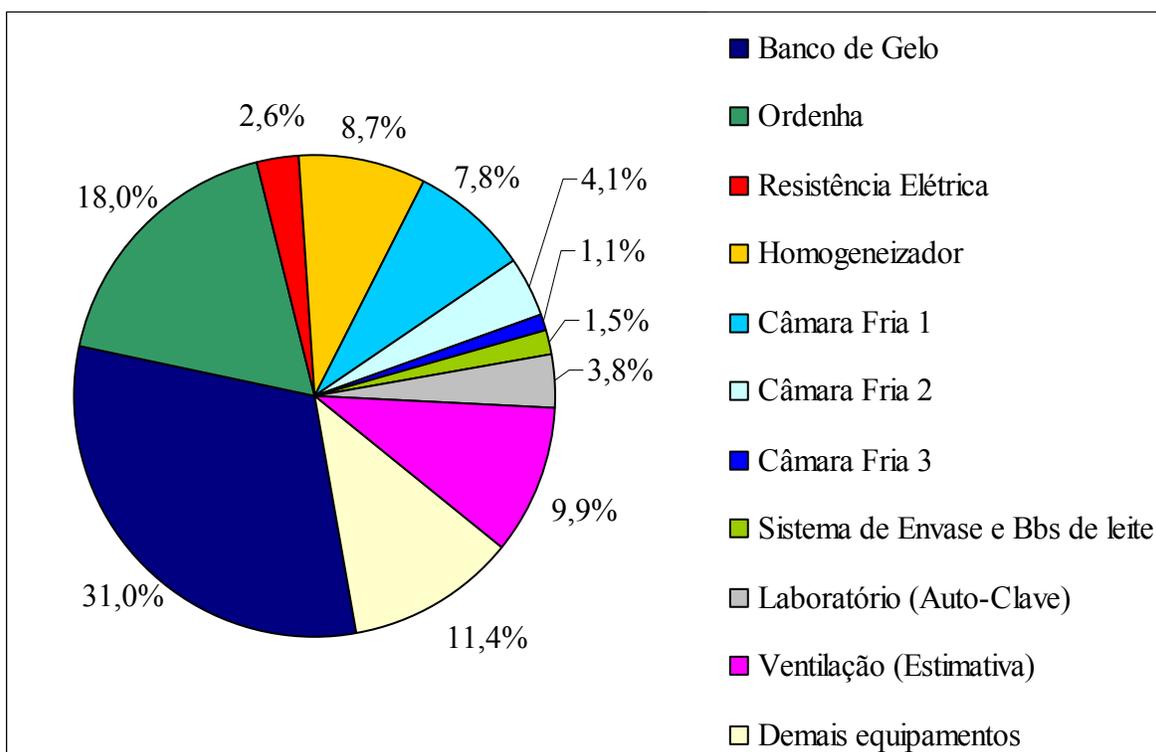


Figura 5.5 – Representatividade percentual do consumo mensal de energia elétrica por equipamento – GL2

Se avaliado o consumo de energia no processamento do leite, necessita-se ainda, incluir neste consumo a energia empregada na caldeira devido à queima da lenha. Segundo mencionado anteriormente, o consumo médio diário de lenha é de 1,3 metros cúbicos, ou seja, admitindo valores de 300 kg/m³ e 12,97 MJ/kg, como sendo o valor da densidade e do poder calorífico inferior, respectivamente, tem-se que a energia empregada na caldeira seja da ordem de 42.174 kWh/mês. Desta forma verifica-se que a representação percentual energética da lenha, representa cerca de 57,3% da energia consumida no processo produtivo de leite (Figura 5.6), consumo este, o qual totaliza em um valor de 75.598 kWh/mês.

Segundo os dados apresentados na Figura 5.6, pode-se verificar que o consumo de energia para a geração de energia térmica na forma de “frio” (resfriamento e estocagem frigorificada) representa cerca de 18,8% e a para a geração de energia térmica na forma de “calor” cerca de 58,4% (Figura 5.7).

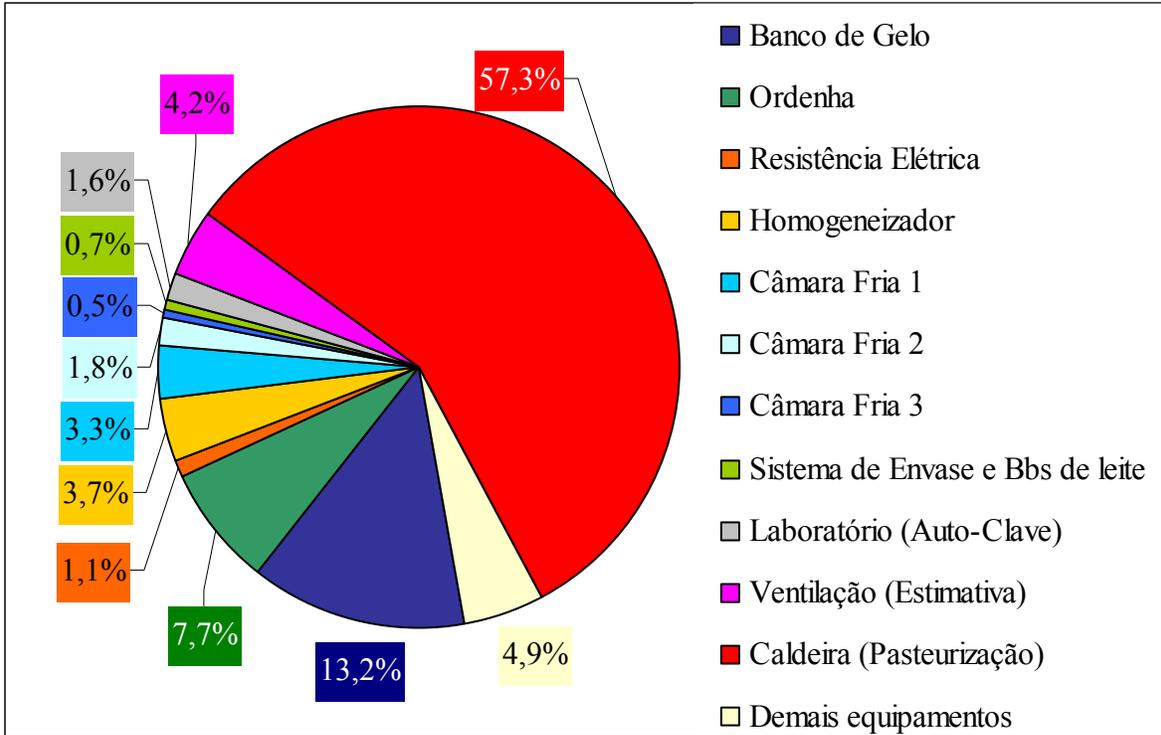


Figura 5.6 - Representatividade percentual do consumo mensal de energia no processamento do leite – GL2

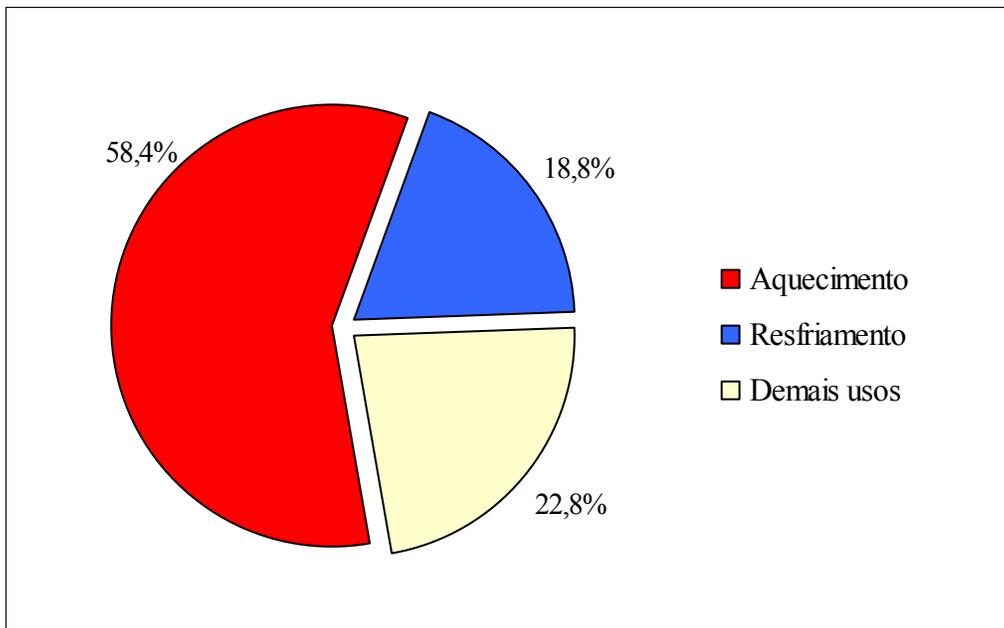


Figura 5.7 – Representatividade do uso de energia na geração de energia térmica na forma de “frio” e “calor” – GL2

Avaliando o uso de energia na cadeia produtiva de leite tipo “A”, pode-se constatar que

uma quantia significativa de energia é empregada em atividades relacionadas ao uso de maquinário agrícola e de caminhões de transporte de leite. O uso de maquinário agrícola se faz em atividades relacionadas à alimentação do gado (plantio, corte e transporte); limpeza de estábulos (remoção de dejetos); corte e transporte de lenha; serviços internos diversos (transporte interno de carga e pessoas); dentre outros. O transporte do leite, da granja até o ponto de venda, se faz em caminhões munidos de carroceria frigorificada. O transporte do leite é realizado diariamente a diversas cidades da região de Campinas.

Segundo dados apresentados pelo proprietário (RAPPA, 2005), o consumo de combustível (óleo diesel) do maquinário agrícola (a ser denominado como “Serviços Internos”) é de cerca de 3.200 litros/mês, e dos caminhões (a ser denominado como “Distribuição do Leite”) é de 6.000 litros/mês.

Desta forma, admitindo os valores de 840 kg/m^3 e $42,28 \text{ MJ/kg}$ como a densidade e o poder calorífico inferior do óleo diesel (MME, 2003), tem-se que a energia mensal empregada em “Serviços Internos” e “Distribuição do leite” é de cerca de 90.758 kWh. Se somado esta quantidade de energia à energia consumida no processamento do leite, tem-se que a consumo energético total é de 164,357 MWh/mês, com o combustível (óleo diesel) representando cerca de 55,2% da energia consumida (Figura 5.8).

Na Tabela 5.4, é apresentado um resumo do consumo de energia, em números, por processo/atividade.

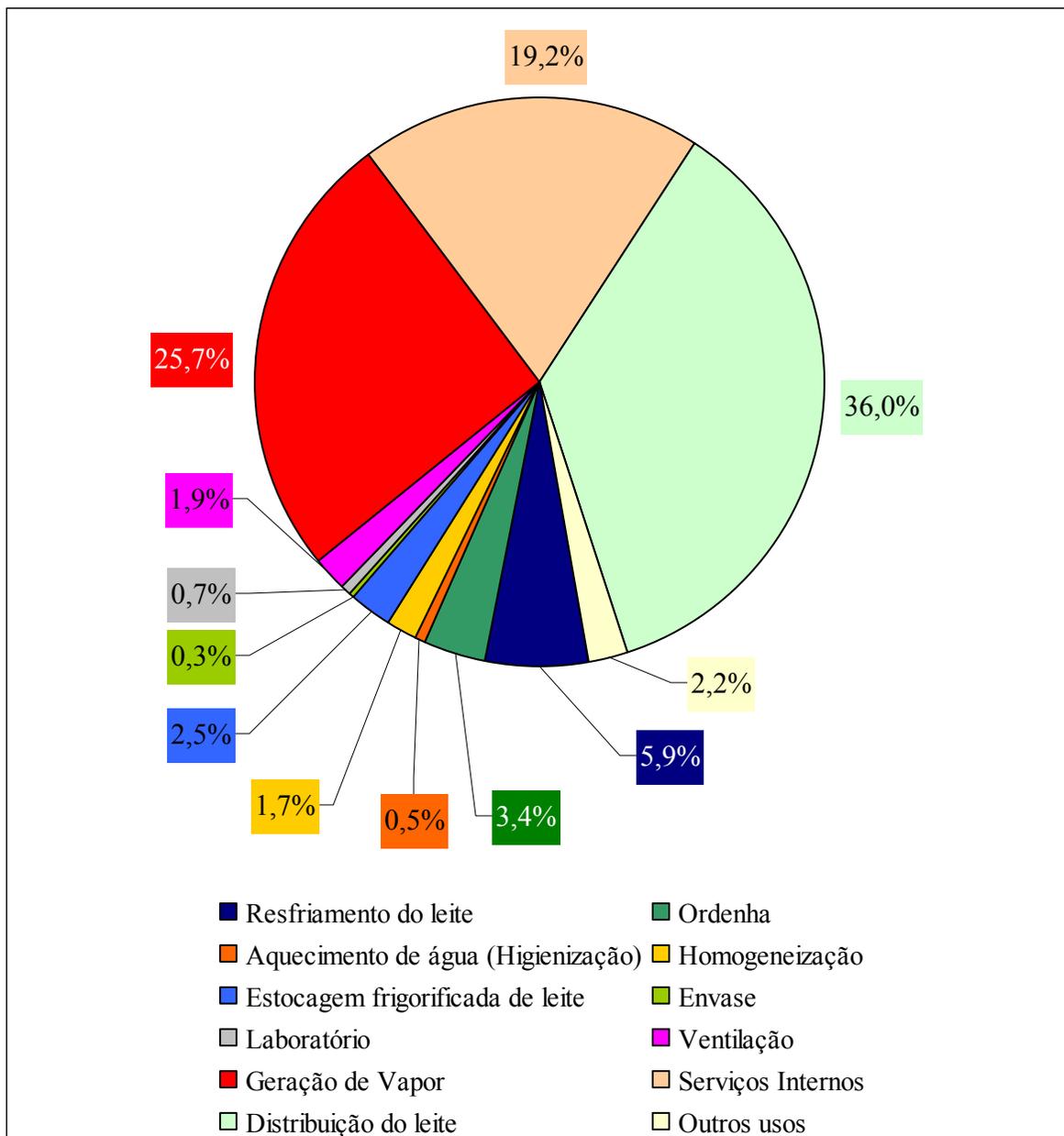


Figura 5.8 – Representação percentual do uso de energia na produção, processamento e comercialização do leite por processo/atividade – GL2

Tabela 5.4 – Consumo mensal energia na produção, processamento e comercialização do leite por processo/atividade – GL2

Processo/Atividade	Consumo Mensal de Energia [kWh/mês]
<i>Resfriamento do leite</i>	9750,9
<i>Ordenha</i>	5647,1
<i>Aquecimento de água (Higienização)</i>	829,8
<i>Homogeneização</i>	2740,3
<i>Estocagem frigorificada de leite</i>	4091,1
<i>Envase</i>	484,5
<i>Laboratório</i>	1187,4
<i>Ventilação</i>	3110,0
<i>Geração de Vapor</i>	42174,4
<i>Serviços Internos</i>	31568,4
<i>Distribuição do leite</i>	59190,7
<i>Outros usos</i>	3582,5
TOTAL	164357,1

A fim de avaliar os custos associados ao uso desses energéticos, com base nos custos das fontes energéticas empregadas (Tabela 5.5), tem-se na Tabela 5.6 apresentados os custos associados ao uso direto de energia no processamento do leite pasteurizado tipo “A” e na Tabela 5.7, os custos associados ao uso de energia na produção, processamento e comercialização do leite pasteurizado tipo “A”.

Tabela 5.5 – Preço médio de fontes energéticas

Fonte Energética	Unidade	Preço
<i>Eletricidade</i>	Consumo Ponta	[R\$/kWh] 0,751
	Consumo Fora Ponta	[R\$/kWh] 0,097
	Demanda	[R\$/kW] 8,226
<i>Lenha</i>	[R\$/m ³]	38,304 ^[1]
<i>Óleo Diesel</i>	[R\$/l]	1,625 ^[2]

Fonte: CPFL (2004), ANP (2005), BRASIL (2004)

^[1] Preço médio da lenha de reflorestamento em 2003, com dólar cotado a R\$.3,04;

^[2] Preço na bomba de óleo diesel.

Tabela 5.6 – Custos mensais segundo o consumo de energéticos dos processos no processamento do leite pasteurizado tipo “A” – GL2

Processo/Atividade		Demanda	Consumo Mensal	Custo [R\$/mês]	% Custo
Energia Elétrica Demanda [kW] Consumo [MWh]	Resfriamento do leite	27	9,751	1.167,937	21,8
	Ordenha	9	5,647	621,802	11,6
	Aquecimento de água (Higienização)	18	0,830	228,560	4,3
	Homogeneização	11,1	2,740	357,114	6,7
	Estocagem frigorificada de leite	8,8	4,091	469,229	8,7
	Envase	1,8	0,484	61,802	1,2
	Laboratório	5,6	1,187	161,246	3,0
	Ventilação	12,95	3,110	408,197	7,6
	Outros usos	5,75	3,583	394,802	7,4
Lenha [m ³]	Geração de vapor	-	39	1.493,856	27,8
TOTAL				5.364,544	100,0

Tabela 5.7 – Custos mensais segundo o consumo de energéticos dos processos/atividades na produção, processamento e comercialização do leite pasteurizado tipo “A” – GL2

Processo/Atividade		Demanda	Consumo Mensal	Custo [R\$/mês]	% Custo
Energia Elétrica Demanda [kW] Consumo [MWh]	Resfriamento do leite	27	9,751	1.167,937	5,7
	Ordenha	9	5,647	621,802	3,1
	Aquecimento de água (Higienização)	18	0,830	228,560	1,1
	Homogeneização	11,1	2,740	357,114	1,8
	Estocagem frigorificada de leite	8,8	4,091	469,229	2,3
	Envase	1,8	0,484	61,802	0,3
	Laboratório	5,6	1,187	161,246	0,8
	Ventilação	12,95	3,110	408,197	2,0
	Outros usos	5,75	3,583	394,802	1,9
Subtotal (1)				3.870,688	19,1
Lenha [m ³]	Geração de vapor	-	39	1.493,856	7,4
Subtotal (2)				1.493,856	7,4
Óleo Diesel [litro]	Serviços Internos	-	3200	5.200,000	25,6
	Distribuição do leite	-	6000	9.750,000	48,0
	Subtotal (3)				14.950,000
TOTAL				20.314,544	100,0

Na Tabela 5.6, pode-se constatar que, nos custos associados ao uso de energéticos no processamento de leite, destaca-se o processo de geração de vapor, respondendo por cerca de 27,8% do custo com energia, o processo de resfriamento, com 21,8%, seguido do processo de

ordenha, com 11,6%. Verifica-se que, apesar de representar 57,3% do consumo de energia, o uso da lenha representa apenas 27,8% do custo da energia no processamento do leite, fato este justificado pelo baixo custo da lenha quando comparado ao da energia elétrica. Avaliando os custos associados à energia empregada na geração de energia térmica na forma de “frio” e “calor”, verifica-se que estes representam 30,5% e 32,1%, respectivamente.

Quando avaliados os custos associados ao uso de energéticos na produção, processamento e comercialização do leite, conforme Tabela 5.7, pode-se constatar que os maiores custos estão associados ao uso de óleo diesel em maquinários e caminhões, representando cerca de 25,6% e 48,0%, respectivamente, somando um total de 73,6% do custo total. Constata-se ainda que, o uso de lenha representa apenas 7,3% do custo total, uma vez que, sob o ponto de vista de consumo de energia, a lenha se apresenta como o segundo maior consumo, ficando atrás somente do uso de óleo diesel na distribuição do leite. No que refere ao uso de energia para a geração de energia térmica na forma de “frio” e “calor”, estes representam 8,1% e 8,5% do custo total, respectivamente.

Similarmente ao desenvolvido no Item 3.1.5, diante dos consumos de energia e os custos associados ao uso de energia, pode-se determinar as relações $\frac{Energia_{processamento}}{Leite_{produzido}}$ e

$\frac{C_{energia_processamento}}{Leite_{produzido}}$ - expressões (10) e (11). Porém, tendo em vista a disponibilidade de dados

referentes ao uso de energia em maquinário agrícola e caminhões, serão determinadas as relações

$\frac{Energia_{prod_proc_comerc}}{Leite_{produzido}}$ e $\frac{C_{energia_prod_proc_comerc}}{Leite_{produzido}}$, que representam o uso e o custo associado da

energia na produção, processamento e comercialização do leite pasteurizado tipo “A”, com :

$$\frac{Energia_{prod_proc_comerc}}{Leite_{produzido}} = \frac{Cons_{energ_prod_proc_comerc_GL2}}{H_{prod_GL2} \cdot Prod_{leite_GL2}} \quad (12)$$

$$\frac{C_{energia_prod_proc_comerc}}{Leite_{produzido}} = \frac{C_{energ_prod_proc_comerc_GL2}}{H_{prod_GL2} \cdot Prod_{leite_GL2}} \quad (13)$$

Onde:

$Cons_{energ_prod_proc_comerc_GL2}$: Consumo total de energia na produção, processamento e comercialização do leite pasteurizado tipo “A” na Granja Leiteira2 [kWh/mês];

$Prod_{leite_GL2}$: Produção diária de leite [Litro/dia];

$C_{energ_prod_proc_comerc_GL2}$: Custo associado ao consumo de energia na produção, processamento e comercialização do leite pasteurizado tipo “A” na Granja Leiteira 2 [R\$/mês];

H_{prod_GL2} : Número de dias de operação no mês [dia/mês]:

Considerando o número de dias de operação no mês como sendo 30 dias, tem-se:

$$\frac{Energia_{processamento}}{Leite_{produzido\ GL2}} = 0,204 \text{ kWh / litro}$$

$$\frac{C_{energia_processamento}}{Leite_{produzido\ GL2}} = 0,015 \text{ R\$ / litro}$$

$$\frac{Energia_{prod_proc_comerc}}{Leite_{produzido\ GL2}} = 0,456 \text{ kWh / litro}$$

$$\frac{C_{energia_prod_proc_comerc}}{Leite_{produzido\ GL2}} = 0,056 \text{ R\$ / litro}$$

Logo, conclui-se que para se reduzir cerca de R\$ 0,001 nos gastos associados ao uso dos energéticos necessitaria-se de uma redução de: 6,7% no consumo mensal de energia no processamento do leite ou; 2,4% no consumo mensal de óleo diesel ou; 1,8% no consumo total de energia.

5.3 Uso de energia na Fazenda Leiteira 1

Neste estabelecimento, foi medido somente o consumo total de energia no processamento do leite (ordenha, resfriamento e aquecimento de água). Por haver somente três processos envolvidos no processamento do leite no local, estes foram facilmente identificados, uma vez que foi acompanhado um dia de operação do estabelecimento e identificado o início e o fim de funcionamento de cada equipamento.

As curvas de demanda total, para o período total medido (6 dias) e a representativa diária, são apresentadas no ANEXO I (Figura A.43 e Figura A.45).

São apresentados na Tabela 5.8 os consumos de energia elétrica estimados dos equipamentos segundo a curva de demanda apresentada no ANEXO I, para o período avaliado (6 dias), bem como, o consumo médio diário e consumo médio mensal de energia elétrica.

Tabela 5.8 - Consumos de Energia Elétrica para os diversos equipamentos avaliados – FL1

Equipamento	Consumo de Energia [kWh]		
	6 dias	Média Diária	Mensal
<i>Tanque Resfriador</i>	217,500	36,250	1087,500
<i>Boiler (Resistência Elétrica)</i>	116,667	19,444	583,333
<i>Ordenhadeira e outros</i>	103,689	17,282	518,446
<i>Consumo Total</i>	437,856	72,976	2189,279

Na Figura 5.9 é apresentada a curva de demanda diária acumulada, estimada, para o processamento de leite na Fazenda Leiteira 1.

Verifica-se que as altas demandas de energia ocorrem nos horários compreendidos entre 7:30 e 9:00 horas e as 17:00 e 18:00 horas. Os dois picos de demanda verificados nestes horários correspondem ao processo de lavagem da ordenhadeira mecânica pela bomba de vácuo. Este processo primeiramente é realizado com o uso de água a temperatura ambiente e em uma segunda etapa água a 65°C, obtida no aquecedor elétrico, conforme apresentado na Figura 4.34. Constatou-se que o tanque resfriador de leite permanece em funcionamento até cerca de 15:30 horas. Este procedimento é comumente realizado, uma vez que resfria-se o volume ordenhado na manhã até 2°C. Com esta prática, reduz-se o tempo de resfriamento do volume coletado na ordenha das 16:00, em cerca de uma hora, possibilitando a coleta por volta das 19:00 horas.

Pode-se constatar o longo período de funcionamento da resistência elétrica, em torno de 13 horas diárias. Em alguns dias, foi possível verificar o funcionamento da resistência por períodos de até 18 horas. Este fato se deve ao fato da baixa temperatura da água, uma vez que esta é obtida de uma nascente localizada próxima ao local e, também, devido ao fato do estudo ter sido realizado durante o período frio.

No caso deste estabelecimento, como não há um contrato de energia por demanda e consumo, o fator de carga não se mostra relevante, uma vez que a conta paga de energia incide somente no consumo de energia. Porém, neste tipo de contrato (consumo) incidem tarifas que pode alcançar até 2 vezes o valor de uma tarifa horosazonal no horário fora da ponta. Neste caso, seria necessário avaliar o enquadramento tarifário e os possíveis benefícios das outras formas de contrato, antes de qualquer alteração.

Segundo consumos apresentados na Tabela 5.8, verifica-se que, do consumo total de energia elétrica no processamento do leite, o consumo do tanque resfriador representa cerca de 49,7%; do aquecedor elétrico, 26,6% e; da ordenhadeira e outros, 23,7%. O item outros, neste caso, refere-se a iluminação. As representatividades percentuais dos processos são apresentadas na Figura 5.10.

Como o contrato de energia é somente sobre o consumo, a representatividade percentual dos gastos com energia nos processo/equipamentos permanece a mesma do apresentado anteriormente para a representatividade percentual do consumo de energia, ou seja, 49,7%, 26,6% e 23,7%, para o processo de resfriamento, aquecimento de água e ordenha e outros, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 5.8. O mesmo pode ser dito a respeito do consumo de energia para a geração de energia térmica na forma de frio e calor, onde entende-se que no resfriamento do leite faz-se a geração de energia térmica na forma de “frio” e no aquecimento de água a geração de energia térmica na forma de “calor”, mantendo-se assim, a representatividade percentual apresentada anteriormente.

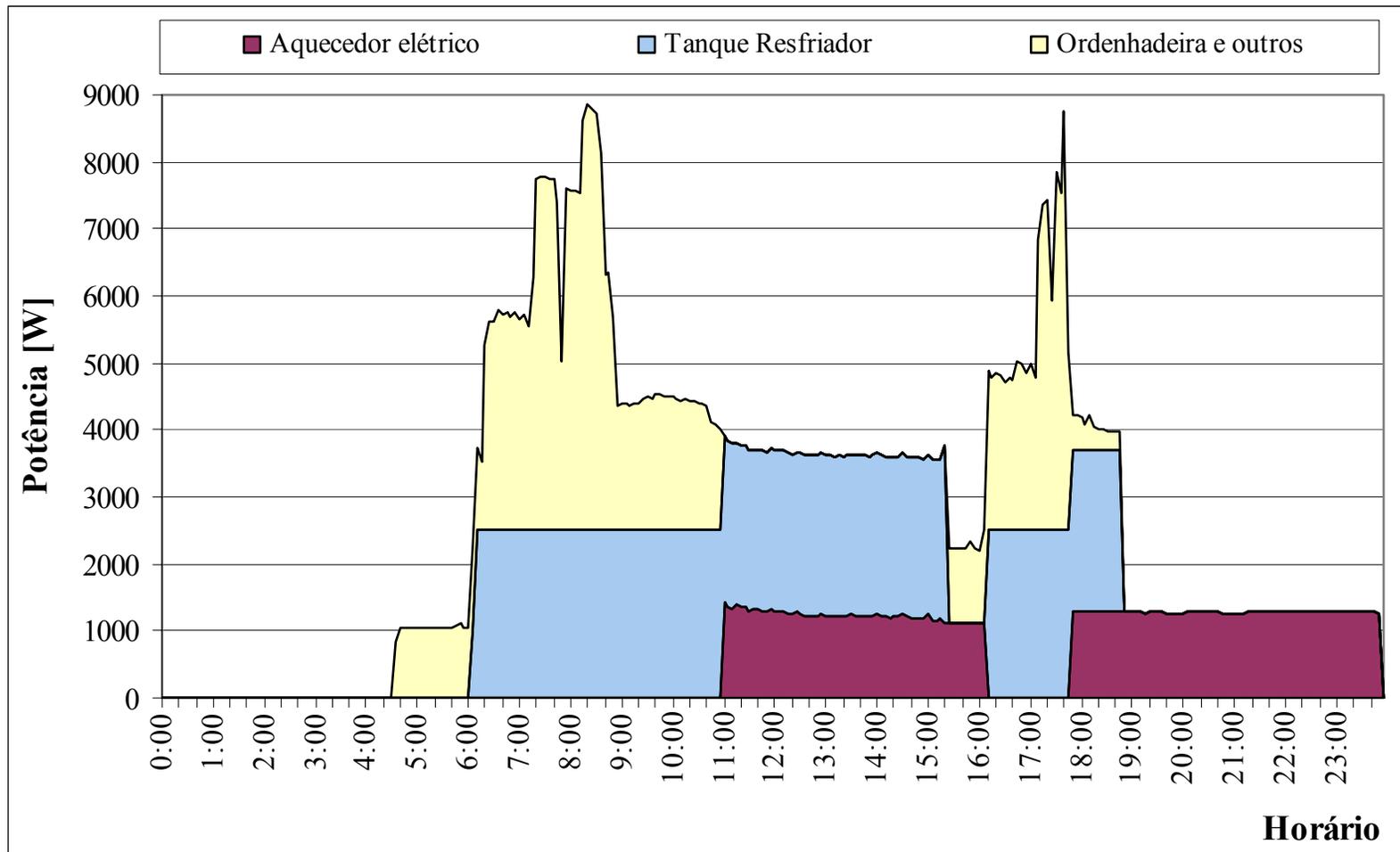


Figura 5.9 – Curva de Demanda Acumulada – FL1

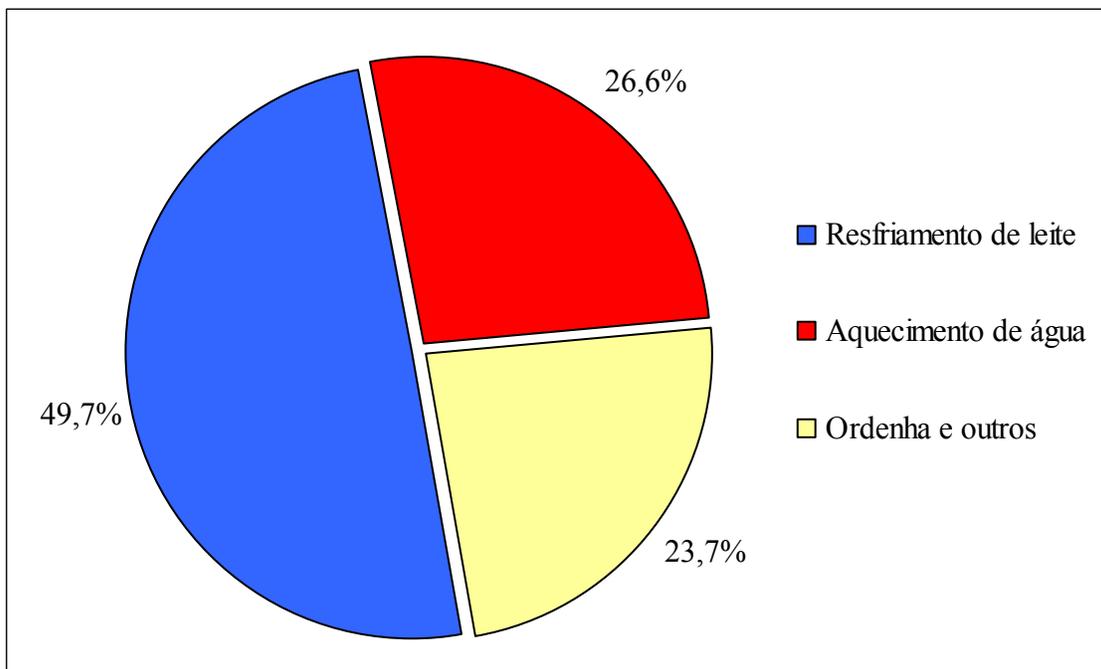


Figura 5.10 - Representatividade percentual do consumo mensal de energia no processamento do leite – FL1

Tabela 5.8 – Custos mensais segundo os consumos de energia elétrica dos processos no processamento do leite cru refrigerado – FL1

Processo/Atividade		Consumo Mensal [kWh]	Custo Total [R\$/mês]	% Custo
Energia Elétrica	Resfriamento do leite	1087,500	201,318	49,7
	Aquecimento de água (Higienização)	583,333	107,987	26,6
	Ordenhadeira e Outros	518,446	95,975	23,7
TOTAL			405,279	100,00

Tarifa de R\$ 0,18512/kWh (Rural agropecuário trifásico)

Similarmente ao desenvolvido no Item 5.1, diante dos consumos de energia e os custos associados ao uso de energia, pode-se determinar as relações $\frac{Energia_{processamento}}{Leite_{produzido}}$ e

$\frac{C_{energia_processamento}}{Leite_{produzido}}$ - expressões (10) e (11) - para o processamento do leite cru refrigerado na

Fazenda Leiteira 1. Desta forma, tem-se:

$$\frac{\text{Energia}_{\text{processamento}}}{\text{Leite}_{\text{produzido}} \text{ FL1}} = 0,073 \text{ kWh/litro}$$

$$\frac{C_{\text{energia_processamento}}}{\text{Leite}_{\text{produzido}} \text{ FL1}} = 0,014 \text{ R\$/litro}$$

Logo, conclui-se que para se reduzir cerca de R\$ 0,001 nos gastos associados ao uso de energia seria necessário uma redução de 7,1% no consumo mensal de energia.

Capítulo 6

Racionalização energética com o uso de bombas de calor

Segundo apresentado no capítulo anterior, pode-se verificar que, os processamentos de leite pasteurizado tipo “A” e leite cru refrigerado consomem uma quantia significativa de energia elétrica para a geração de energia térmica (quente). Dentre as utilizações de água quente verifica-se o uso para a limpeza e higienização. A temperatura desta água, segundo avaliado em ambos os casos, situa-se entre 60 e 65°C e, em ambos os estabelecimentos avaliados, obtêm-se através de resistências elétricas (uso na limpeza da ordenhadeira e outros). Verifica-se também, em ambos os estabelecimentos que, a geração de energia térmica na forma de frio, é obtida através do uso de sistemas de refrigeração por compressão de vapor, com condensação a água, evaporativa e a ar. Esta energia trocada no condensador, pela água ou pelo ar, é dissipada para o ambiente, uma vez que empregam-se torres de resfriamento, com ar forçado e com aspersão de água e, trocadores de calor aletados com ar forçado.

Verifica-se, segundo literatura sobre bombas de calor, que para cada uma unidade de energia adicionada ao compressor, gera-se cerca de duas unidades de energia térmica no evaporador (frio) e três unidades no condensador (quente). Logo, verifica-se um potencial de racionamento do uso de energia, quando aproveitado o calor de condensação das unidades de refrigeração para aquecimento de água, água esta, a qual pode ser utilizada no processo de higienização.

Desta forma, diante do potencial de conservação de energia mencionado acima, faz-se neste capítulo avaliações técnicas e econômicas para as duas granjas leiteiras para a adequação dos sistemas de refrigeração existentes (Bancos de Gelo) para o aproveitamento do calor de condensação, visando o aquecimento de água. No caso da Fazenda Leiteira 1, avalia-se a

viabilidade econômica da adequação realizada no tanque de resfriamento de leite para operação, segundo uma bomba de calor. Neste caso, trata-se de um “Piloto”, já em funcionamento.

Em ambos os casos, diante das propostas de substituições das tecnologias existentes, para efeito de cálculo, serão consideradas as seguintes premissas:

- Tanto a tecnologia substituída como a tecnologia a ser implantada, apresentam valor de sucata igual a zero no final da vida útil;

- Os custos atuais de geração de água quente consideram somente os gastos referentes ao consumo de energia, ou seja, considera-se que as tecnologias atuais empregadas já encontram-se amortizadas;

- No caso das Granjas Leiteiras, não são considerados os custos associados ao consumo incremental de energia elétrica das bombas de água no processo de aquecimento;

- Em ambos os casos não são considerados o efeito da sazonalidade (variação da temperatura ambiente) nas condições de operação dos sistemas de refrigeração;

- Não é considerado o aumento do preço das tarifas de energia elétrica ao longo do tempo, ou seja, emprega-se por todo o período avaliado um valor fixo anual de redução no gasto com energia (Fluxos de caixa positivos e constantes por todo o período).

As avaliações econômicas serão desenvolvidas segundo duas visões distintas. Em uma primeira avaliação, será avaliado o caso de captação de recursos financeiros via empréstimo para a compra da tecnologia (Amortização segundo o Sistema Francês) e, na segunda, o caso de investimento próprio (Método de Análise de Investimento com Período de Payback Descontado), com valor presente. Os conceitos, os termos e as equações empregados foram baseados em BALARINE (2004).

No caso da captação de recursos via empréstimo, objetiva-se determinar o período ótimo no qual tal empréstimo deve ser realizado, segundo taxas anuais entre 6 e 14%, uma vez que, por se tratar de substituição de tecnologia com redução de gastos, o pagamento das parcelas deve ser efetuado pela redução nos gastos com energia, ou seja, não será necessário a retirada de recursos financeiros da atividade, para o pagamento do investimento (Fluxo de caixa líquido igual a zero), ou seja, amortização e remuneração do capital devem ser obtidas segundo a receita (redução no gasto com energia). Nesta avaliação, será considerado que os fluxos ocorrem sempre nos finais dos períodos e que a prestação (PMT) vence um período após a realização do Investimento (P). De modo geral, o Fator de Recuperação de Capital (f) e o Valor das Prestações ($PMT_{postecipada}$),

são determinadas pelas seguintes relações:

$$f = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (14)$$

$$PMT_{postecipada} = P \cdot f \quad (15)$$

Onde:

i : taxa anual de juros [%];

n : período de amortização [anos].

Com:

i assumindo os valores de 6%; 8%; 10%; 12% e; 14%;

Na avaliação do Investimento via Payback Descontado, todos os fluxos serão avaliados a Valor Presente (VP), ao longo de 10 anos, com Taxa de Atratividade (i_r) de 10% a.a e 15% a.a e, Taxa de captação de recursos (i_c) de 14% a.a. Nesta análise o Valor Presente do Fluxo de Caixa é dado pela seguinte relação:

$$P = \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (16)$$

Onde:

F_n : Valor futuro no ano n [R\$];

Na avaliação da viabilidade do investimento, serão utilizados os seguintes índices: O Valor Presente Líquido (VPL); a Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR) e; a Margem Contábil (MC).

O Valor Presente Líquido (VPL) representa a diferença entre o valor presente das entradas e saídas de caixa, é dado pela seguinte relação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{|C_t|}{(1+i)^t} \quad (17)$$

Onde:

R_t : Receitas (valores líquidos positivos, em cada momento “t” do fluxo de caixa) [R\$];

C_t : Custos (valores líquidos negativos, em cada momento “t” do fluxo de caixa) [R\$].

Neste caso, o valor de i deverá assumir o valor da taxa de atratividade, ou seja, $i = i_r$. Quando $VPL \geq 0$, tem-se retorno do capital investido e este valor sendo maior que zero, indica o lucro.

A Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR) é um parâmetro que demonstra a taxa de remuneração interna do capital, a qual quando comparada à taxa de atratividade sinaliza se o investimento é mais ou menos atrativo que aplicações externas com rendimento a i_r . Desta forma, para verificar a atratividade do investimento será necessário que $MTIR > i_r$. A MTIR é dada pela seguinte relação:

$$MTIR = \left[\frac{\sum_{t=0}^n R_t \cdot (1+i_r)^{n-t}}{\sum_{t=0}^n \frac{|C_t|}{(1+i_c)^t}} \right]^{1/n} - 1 \quad (18)$$

No caso da MTIR, não se considera que os Fluxos (Receitas e Custos) sejam descontados a mesma taxa. Na MTIR as Receitas são submetidas às taxas de atratividade (taxa de aplicação de recursos ociosos) e os Custos às taxas de custo de captação (custo do financiamento).

A Margem Contábil (MC) é uma medida relativa dos retornos, que sinaliza qual será o percentual de lucro sobre o capital investido no final do período. A MC é uma razão entre o VPL e a somatória das receitas, ou seja,:

$$MC = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{|C_t|}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^m \frac{R_t}{(1+i)^t}} \cdot 100 \quad (19)$$

Quando $MC \geq 100\%$, tem-se que o capital investido será recuperado e que no final do período (vida útil), a receita líquida será suficiente para a aquisição de um novo equipamento.

6.1 Racionalização energética na Granja Leiteira 1

Verificou-se nas medições realizadas que as unidades condensadoras empregadas no banco de gelo operavam 24 horas/dia, ou seja, não havia desligamento dos sistemas de refrigeração. Outro fato verificado foi a não existência de gelo no evaporador. Desta forma, pode-se concluir que o sistema de refrigeração empregado não atendia a demanda térmica dos processos de resfriamento do leite no pós ordenha e na pasteurização.

Logo, com o objetivo de corrigir o tempo de operação e avaliar uma possível necessidade de instalação de mais unidades de refrigeração, a fim de atender a demanda térmica de resfriamento, fez-se necessário realizar o seguinte balanço termodinâmico para a produção de 4000 litros/dia (volume de duas ordenhas):

$$Q_{ordenha1} = m_{leite_ord1} \cdot Cp_{leite} \cdot \Delta T_{pósordenha} \quad (20)$$

$$Q_{ordenha2} = m_{leite_ord2} \cdot Cp_{leite} \cdot \Delta T_{pósordenha} \quad (21)$$

$$Q_{resf_past} = m_{leitetotal} \cdot Cp_{leite} \cdot \Delta T_{pasteur} \quad (22)$$

Onde:

$Q_{ordenha1}$: Calor demandado no resfriamento do leite na pós ordenha 1 [kJ];

$Q_{ordenha2}$: Calor demandado no resfriamento do leite na pós ordenha 2 [kJ];

Q_{resf_past} : Calor demandado do resfriamento na pasteurização [kJ];

m_{leite_ord1} : Massa de leite extraído na ordenha 1 [kg];

m_{leite_ord2} : Massa de leite extraído na ordenha 2 [kg];

$m_{leitetotal}$: Massa de leite total [kg]

$\Delta t_{pósordenha}$: Diferença de temperatura no processo de resfriamento na pós ordenha;

$\Delta t_{pasteur}$: Diferença de temperatura no processo de resfriamento na pasteurização;

Cp_{leite} : Calor específico do leite [kJ/kg.K].

Os volumes de leite ordenhados na 1^a e 2^a ordenha são de 1200 e 1800 litros, respectivamente. O resfriamento pós ordenha consiste em baixar a temperatura do leite de 35°C para 4°C, logo, tem-se uma diferença de temperatura de 31°C. No resfriamento da pasteurização, deve-se resfriar o leite de 75°C para 4°C, tendo assim, uma diferença de temperatura de 71°C. A

massa específica do leite é de 1,036 kg/l e o calor específico (C_p) é 3,851 kJ/kg.°C. Desta forma tem-se:

$$Q_{ordenha1} = 222,60 \text{ MJ (53.184 kcal)}$$

$$Q_{ordenha2} = 272,15 \text{ MJ (65.002 kcal)}$$

$$Q_{resf_past} = 1101,38 \text{ MJ (263.061 kcal)}$$

As unidades condensadoras empregadas são unidades Marca Danfoss para R22, alta temperatura de condensação, modelo HGM 80, com potência elétrica de 6,8 kW (\dot{W}_{unid_cond}). Segundo catálogo Danfoss (2001), estima-se que, para temperatura de condensação de 58°C e evaporação de -10°C, a capacidade de refrigeração (\dot{Q}_{GL1}) é de 8,75 kW (7.524 kcal/h).

Desta forma, para se determinar o tempo de operação (corrigido) das unidades condensadoras, bem como avaliar a massa de gelo necessária para o resfriamento pós ordenha, tem-se:

$$H_{oper_ordenha1} = \frac{Q_{ordenha1}}{\dot{Q}_{GL1} \cdot 0,9} \quad (23)$$

$$m_{gelo_ordenha1} = \frac{Q_{ordenha1}}{h_{lv\ gelo}} \quad (24)$$

$$H_{oper_ordenha2} = \frac{Q_{ordenha2}}{\dot{Q}_{GL1} \cdot 0,9} \quad (25)$$

$$m_{gelo_ordenha2} = \frac{Q_{ordenha2}}{h_{lv\ gelo}} \quad (26)$$

Onde:

$H_{oper_ordenha1}$: Tempo de operação da unidade condensadora para o volume de leite da ordenha 1 [s];

$H_{oper_ordenha2}$: Tempo de operação da unidade condensadora para o volume de leite da ordenha 2 [s];

$m_{\text{gelo_ordenha1}}$: Massa de gelo necessária para atender a demanda térmica de resfriamento da ordenha 1 [kg];

$m_{\text{gelo_ordenha2}}$: Massa de gelo necessária para atender a demanda térmica de resfriamento da ordenha 2 [kg];

h_{lvgelo} : Calor latente do gelo [kJ/kg];

\dot{Q}_{GL1} : Capacidade de Refrigeração da Unidade Condensadora [kW].

Com o calor latente do gelo (h_{lv}) de 334,94 kJ/kg e considerando um rendimento de 90% na troca de calor no evaporador, tem-se:

$$H_{\text{oper_ordenha1}} = 28.266 \text{ s} = 7,85 \text{ h}$$

$$m_{\text{gelo_ordenha1}} = 664 \text{ kg}$$

$$H_{\text{oper_ordenha2}} = 34.558 \text{ s} = 9,60 \text{ h}$$

$$m_{\text{gelo_ordenha2}} = 812 \text{ kg}$$

Desta forma, verifica-se que o tempo de operação diária de uma unidade condensadora, para atender a demanda de frio para o processo de resfriamento pós-ordenha é de aproximadamente 17,45 horas, com uma produção de gelo de aproximadamente 1476 kg.

Realizando o mesmo procedimento, a fim de avaliar o tempo de operação da unidade de refrigeração para o resfriamento no processo de pasteurização, tem-se:

$$H_{\text{oper_past}} = \frac{Q_{\text{resf_past}}}{\dot{Q}_{GL1} \cdot 0,9} \quad (27)$$

$$m_{\text{gelo_resf.past}} = \frac{Q_{\text{resf.past}}}{h_{\text{lvgelo}}} \quad (28)$$

Onde:

$H_{\text{oper_past}}$: Tempo de operação da unidade condensadora para o resfriamento do leite na pasteurização [s];

$m_{\text{gelo_resf.past}}$: Massa de gelo necessária para atender a demanda térmica de resfriamento na pasteurização [kg].

Tem-se:

$$H_{\text{oper_past}} = 139.875 \text{ s} = 38,84 \text{ h}$$

$$m_{\text{gelo_resf.past}} = 3.288 \text{ kg}$$

Como o tempo de operação obtido excede 24 horas, ou seja, um dia, porém é inferior a 48 horas (2 dias), verifica-se a necessidade de incluir mais uma unidade condensadora de mesma capacidade. Desta forma, o novo tempo de operação do sistema de refrigeração para atender a carga térmica de resfriamento na pasteurização, é:

$$H_{\text{oper_past2}} = 69.937 \text{ s} = 19,42 \text{ h}$$

A fim de calcular o consumo diário total de energia ($Cons_{\text{energ_bancogelo}}$), corrigido, das unidades condensadoras, com base na potência nominal ($\dot{W}_{\text{unid.cond}}$) e os tempos de operação obtidos acima, tem-se:

$$Cons_{\text{energ_bancogelo_GL1}} = (H_{\text{oper_ordenha1}} + H_{\text{oper_ordenha2}}) \cdot \dot{W}_{\text{unid.cond}} + H_{\text{oper_past2}} \cdot (2 \cdot \dot{W}_{\text{unid.cond}}) \quad (29)$$

$$Cons_{\text{energ_bancogelo_GL1}} = 336,53 \text{ kWh/dia}$$

Desta forma, verifica-se que o consumo mensal de energia corrigido, seria de cerca de 11,48 MWh/mês, ou seja, aumento de 156% quando comparado ao consumo avaliado no banco de gelo. Este aumento de consumo se mostra coerente uma vez que houve a necessidade da inclusão de mais uma unidade condensadora, a fim de atender a demanda térmica nos processos de resfriamento, bem como, a correção do tempo de operação do sistema de refrigeração como um todo.

Para obter o potencial de geração de água quente, inicialmente necessita-se determinar o Coeficiente de Performance do sistema de refrigeração (COP_{refrig}), e quando utilizado como bomba de calor (COP_{bomba_calor}). Os COP's teóricos podem ser calculados da seguinte forma:

$$COP_{refrig} = \frac{\dot{Q}_{GL1}}{\dot{W}_{unid.cond}} \quad (30)$$

$$COP_{bomba_calor} = COP_{refrig} + 1 \quad (31)$$

A fim de determinar a energia total disponível nos condensadores dos sistemas de refrigeração, do banco de gelo, para aquecimento de água, considerando o tempo total de operação, calculado anteriormente, tem-se:

$$Q_{unid.ordenhas} = COP_{bombacalor} \cdot \dot{W}_{unid.cond} \cdot (H_{oper_ordenha1} + H_{oper_ordenha2}) \quad (32)$$

$$Q_{unid.past} = 2 \cdot (COP_{bombacalor} \cdot \dot{W}_{unid.cond} \cdot H_{oper_past2}) \quad (33)$$

Onde:

$Q_{unid.ordenhas}$: Energia disponível no condensador da unidade condensadora empregada no resfriamento pós-ordenha [kJ];

$Q_{unid.past}$: Energia disponível no condensador da unidade condensadora empregada no resfriamento na pasteurização [kJ].

Para as equações acima, tem-se os seguintes resultados:

$$COP_{refrig} = 1,29$$

$$COP_{bomba\ calor} = 2,29$$

$$Q_{unid.ordenhas} = 978,23 \text{ MJ} = 233.646 \text{ kcal}$$

$$Q_{unid.past} = 2.177,34 \text{ MJ} = 520.048 \text{ kcal}$$

Considerando a possibilidade de aquecer água de 20°C para 55°C, tem-se que o volume diário de água disponível ($\dot{m}_{\acute{a}gua_quente_GL1}$), pode ser calculado pela seguinte equação:

$$\dot{m}_{\text{água_quente_GL1}} = \frac{(Q_{\text{unid.ordenhas}} + Q_{\text{unid.past}}) \cdot 0,9}{Cp_{\text{água}} \cdot (55 - 20)} \quad (34)$$

Onde:

$Cp_{\text{água}}$: Calor específico da água [kJ/kg.K].

Empregando o valor de 4,186 kJ/kg.K, como sendo o valor do Calor específico da água ($Cp_{\text{água}}$) e considerando um rendimento de 90% na troca de calor no condensador, tem-se:

$$\dot{m}_{\text{água_quente_GL1}} = 19.384 \text{ litro / dia}$$

Esta estimativa da capacidade de geração de água quente, foi determinada segundo uma condição de operação com condensação a 58°C. Cabe ressaltar que, no caso de se realizar um processo de aquecimento com termoacumulação, esta capacidade sofrerá alterações, uma vez que no início do processo, tem-se maiores valores do COP, logo maior capacidade de geração. Outro fator a ser observado, neste caso, refere-se ao aumento do consumo de energia dos sistemas de refrigeração, devido à operação em temperaturas de condensação superiores (em certas fases do processo de aquecimento). Nos cálculos, estes efeitos não serão considerados.

No caso do aquecimento de água, como ainda há a necessidade de aquecimento suplementar, pois a temperatura da água utilizada na higienização (T_{higieniz}) é de 65°C e a adquirida das unidades condensadoras ($T_{\text{água_cond}}$) de 55°C, tem-se a necessidade de calcular a energia adicional de aquecimento ($Q_{\text{aq.adic}}$); o consumo diário de energia elétrica ($Cons_{\text{aq.adic_GL1}}$), o custo do aquecimento suplementar ($C_{\text{aq.supl_GL1}}$) e o tempo de operação da resistência elétrica ($H_{\text{oper_resist.ele_GL1}}$), que podem ser obtidos pelas seguintes equações:

$$Q_{\text{aq.adic}} = \dot{m}_{\text{água_higieniz}} \cdot Cp_{\text{água}} \cdot (T_{\text{higieniz}} - T_{\text{água_cond}}) \quad (35)$$

$$Cons_{\text{aq_resist.elet_GL1}} = \frac{Q_{\text{aq.adic_GL1}}}{3600} \quad (36)$$

$$C_{\text{aq.supl_GL1}} = 30 \cdot C_{\text{aq_resist.ele_GL1}} \cdot Pr_{\text{ele.con_consumo}} + \dot{W}_{\text{resist.elet_GL1}} \cdot Pr_{\text{ele.con_demanda}} \quad (37)$$

$$H_{oper_resist.elet} = \frac{Q_{aq.adic}}{\dot{W}_{resist.elet_GL1}} \quad (38)$$

Onde:

$m_{\text{água_higieniz}}$: Massa de água utilizada diariamente no processo de higienização [kg/dia];

$\dot{W}_{resist.elet_GL1}$: Potência da resistência elétrica do tanque acumulador [W];

$Pr_{ele.con_consumo}$: Preço da energia incidente no consumo [R\$/kWh];

$Pr_{ele.con_demanda}$: Preço da energia incidente na demanda [R\$/kW];

Verificou-se que o consumo médio diário de água no processo de higienização é de 1.000 litros e a potência elétrica empregada no tanque acumulador é de 2.700 W. Desta forma, tem-se:

$$Q_{aq.adic} = 41,86 \text{ MJ/dia}$$

$$Cons_{aq.resist.el_GL1} = 11,675 \text{ kWh/dia}$$

$$C_{aq.supl_GL1} = 51,89 \text{ R\$/mês}$$

$$H_{oper_resist.ele} = 15.000 \text{ s} = 4,17 \text{ horas}$$

Verifica-se assim, uma redução de cerca de 82,26% no consumo mensal de energia do Tanque Acumulador, ou seja, cerca de 1,625 MWh/mês.

Segundo levantado no local, as únicas alterações a serem realizadas corresponderão a alterações na rede hidráulica (1); a instalação de uma bomba de água de circulação da água entre o reservatório do acumulador elétrico e os trocadores de calor das unidades condensadoras (2); a instalação de uma válvula três vias (3); uma válvula de retenção (4) e; um sistema de controle, conforme ilustrado na Figura 6.1. A válvula três vias deverá ser do tipo “On/Off” com pilotagem via termostato, a qual deverá ser instalada na linha de retorno de água, entre a torre de resfriamento e o tanque acumulador, tendo como objetivo monitorar a geração de água quente armazenada no tanque acumulador.

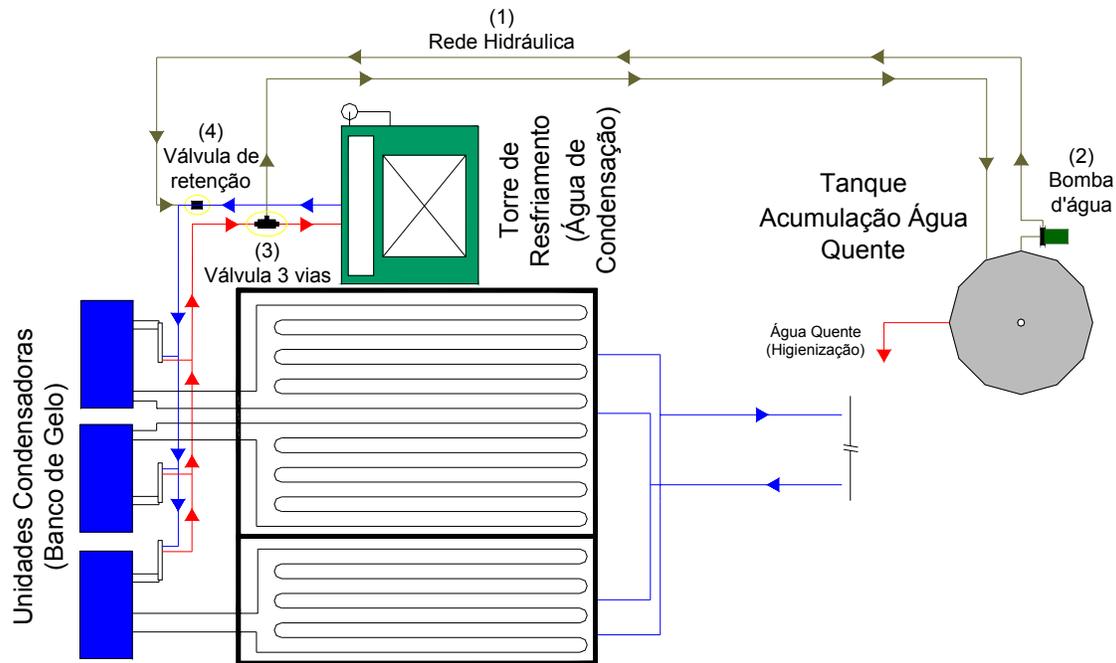


Figura 6.1 – Representação das alterações no sistema de atual de resfriamento visando o aproveitamento do calor de condensação para o aquecimento de água – GL1

Segundo as tarifas de energia elétrica, apresentadas na Tabela 4.5, para uma redução de 1.625 kWh/mês no consumo de energia elétrica ($Red_{consumo_GL1}$), ou seja, 5,01% no consumo total (processamento do leite), porém, ainda empregando a resistência elétrica para o aquecimento suplementar, tem-se que a economia mensal ($R_{en_resist.ele_GL1}$) pode ser dada pela seguinte equação:

$$R_{en_resist.ele_GL1} = (Red_{consumo_GL1} \cdot Pr_{ele.con_consumo}) \quad (39)$$

$$R_{en_resist.ele_GL1} = 158,28 \text{ R\$/mês}$$

Ou seja, para um custo mensal estimado com energia elétrica no processamento do leite de R\$ 4.049,775, tem-se uma redução no custo de cerca de 3,9%.

Os investimentos estimados para a adequação proposta são apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Estimativa de investimentos para a adequação dos sistemas de refrigeração existente para o aproveitamento do calor de condensação – GL1

Descrição	Investimento [R\$]	Oper. e Manut. [%]
Válvula 3 vias + retenção (I_{valv})	1.000,00	0,0
Instalação ($I_{inst.outros}$)	400,00	0,0
Sistema de Controle ($I_{sist.cont}$)	200,00	0,0
Bomba de água ($I_{b.água}$)	500,00	10,0
TOTAL	2.100,00	

Conforme apresentado anteriormente, primeiramente será avaliado o retorno do investimento tendo em vista a captação de recursos financeiros externamente para a aquisição da tecnologia, com pagamento das prestações via os fluxos positivos de caixa (receita). Para isto, faz-se necessário determinar o custo de geração da água quente pela bomba de calor ($C_{água_hig_b.calor_GL1}$), mediante os investimentos necessários e a receita líquida esperada com a economia de energia ($RL_{hig_b.calor_GL1}$) obtida com a redução no tempo de uso da resistência elétrica. Considera-se neste caso, que o custo da água quente gerada pela tecnologia propostas, se dá sobre o consumo atual de água, ou seja, não é considerado o potencial total de geração estimado. Desta forma, tem-se as seguintes relações:

$$C_{água_hig_b.calor_GL1} = \frac{[(I_{valv} + I_{inst.outros} + I_{sist.cont}) \cdot f] + [I_{b.água} \cdot f(1 + C_{b.água})]}{H_{oper_GL1} \cdot Cons_{água_hig_GL1}} + C_{aq.supl_água_GL1} \quad (40)$$

$$RL_{hig_bc_GL1} = 12 \cdot R_{en_resist.ele_GL1} - (H_{oper_GL1} \cdot Cons_{água_hig_GL1} \cdot C_{água_hig_en.ele_GL1}) \quad (41)$$

Onde:

I_{valv} : Custo de aquisição da válvula três vias [R\$];

$I_{inst.outros}$: Custo de adaptação da rede hidráulica, material e mão-de-obra [R\$];

$I_{b.água}$: Custo de aquisição da bomba de água [R\$];

$I_{sist.cont}$: Custo do sistema de controle [R\$];

f : Fator de Recuperação de Capital;

$C_{b.água}$: Custo anual de operação e manutenção da bomba de água [%];

H_{oper_GL1} : Número de dias de operação no ano da GL1 [dias/ano];

$Cons_{água_hig_GL1}$: Consumo diário de água quente na higienização –GL1 [litro/dia];

$C_{aq.supl_água_GL1}$: Custo do aquecimento suplementar da água de higienização via resistência elétrica – GL1 [R\$/litro].

Com:

$$C_{aq.supl_água_GL1} = \frac{C_{aq.supl_GL1}}{30.Cons_{água_hig_GL1}} \quad (42)$$

Desta forma, os custos da água quente gerada via bomba de calor e a receita anual esperada são apresentados nas Figuras 6.2 e 6.3.

Verifica-se, na Figura 6.2, que o custo atual da geração de água quente para a higienização via resistência elétrica é de 0,0071 R\$/litro, uma vez que consome-se cerca de 1.000 litros de água dia, com um consumo medido de energia elétrica de 65,83 kWh/dia, o que representa um custo de 7,15 R\$/dia. Com o uso da bomba de calor, já verificam-se custos de geração de água quente inferiores aos custos da geração via resistência elétrica para períodos de amortização de 2 anos para todas as taxas anuais de juros consideradas.

Na Figura 6.3, tem-se as curvas das receitas estimadas mediante os custos da água quente gerada via bomba de calor e a redução no uso de energia via resistência elétrica. Nesta relação busca-se identificar o tempo de retorno do investimento, juntamente com a taxa ótima de juros e o período de amortização ideal, ou seja, assumindo uma situação, onde haja a capacitação de recursos financeiros de um terceiro (instituições financeiras, programas nacionais para o setor, dentre outros) para o pagamento a vista da tecnologia (postecipada), tem-se o pagamento das parcelas deste investimento com a parcela mensal obtida na redução dos gastos com energia. Neste caso, o período de amortização não significa o tempo de vida útil do equipamento, mas sim o período ótimo sob qual tal empréstimo deve ser quitado, uma vez que tais parcelas devem ser pagas pela economia mensal obtida, ou seja, não é necessário o proprietário rural retirar recursos financeiros da atividade, mas sim da redução de gastos. Desta forma, constata-se que o tempo de retorno do investimento ocorre entre 2,0 e 2,4 anos, para taxas anuais de juros entre 4 e 14%.

Tendo em vista que o tempo de vida útil do sistema é da ordem de 10 anos, conclui-se que, nesta avaliação, a adequação é viável economicamente.

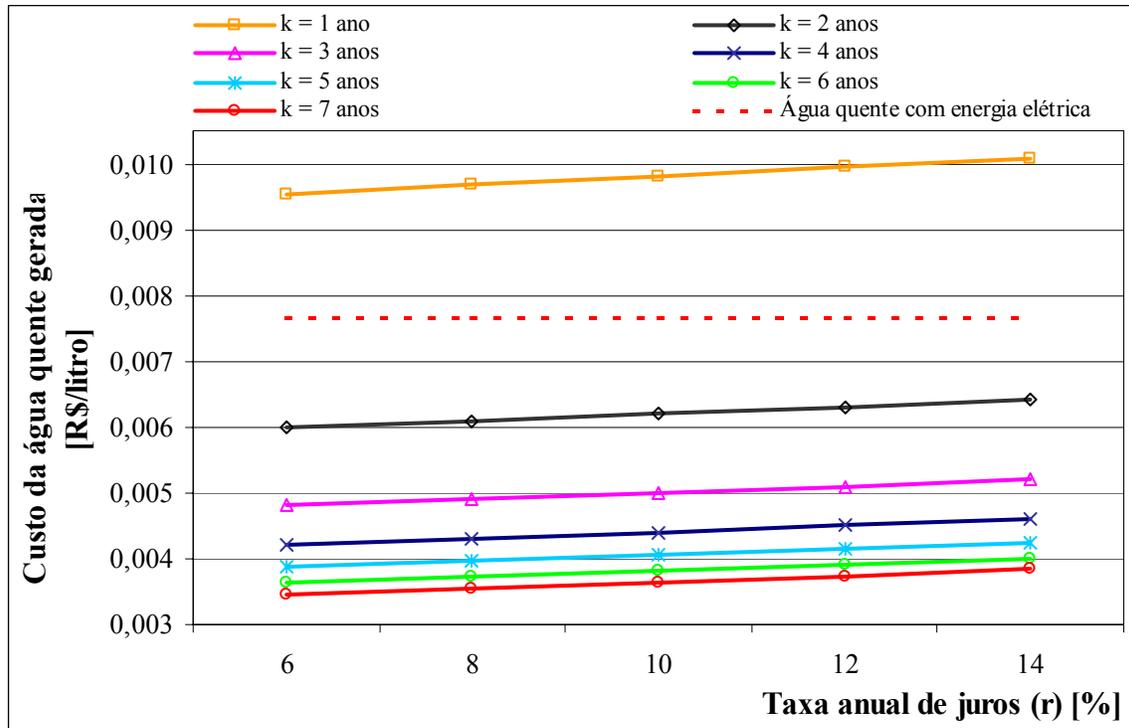


Figura 6.2 – Custo da água quente gerada na bomba de calor para uso na higienização – GL1

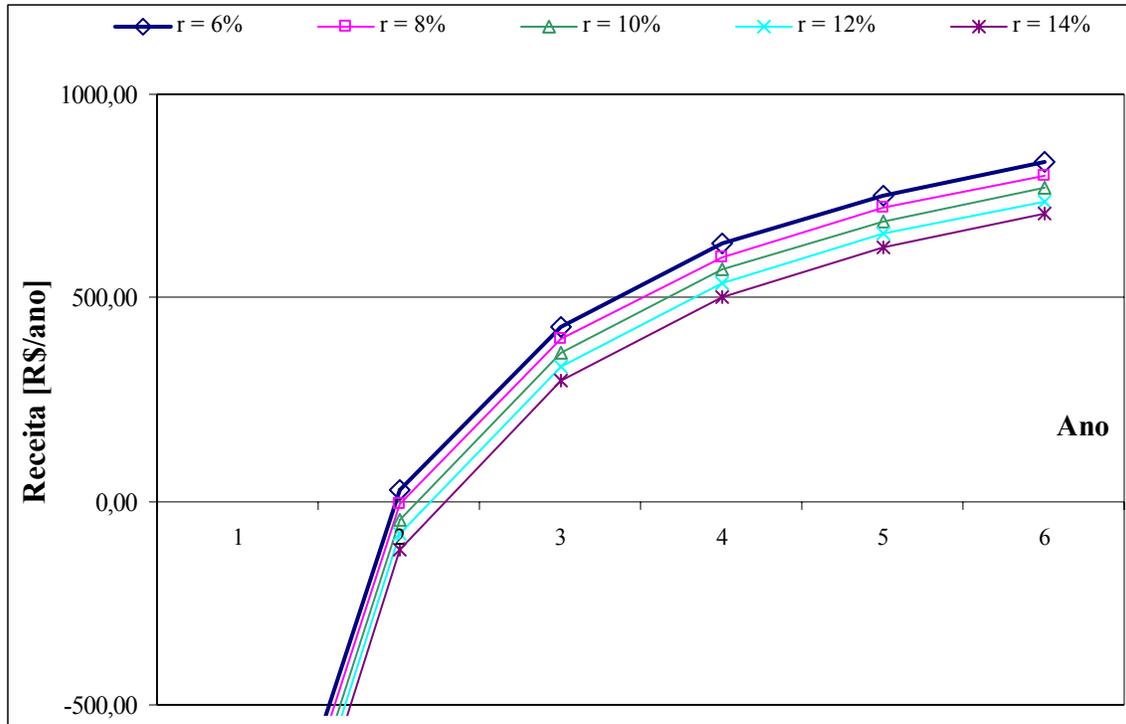


Figura 6.3 – Receita anual da geração de água quente para uso na higienização – GL1

Verificada a viabilidade econômica na primeira avaliação, busca-se nesta segunda parte da avaliação econômica, analisar o caso de retorno do investimento, considerando o método do Payback Descontado, bem como, determinar outros índices que auxiliem na tomada de decisão. Para este caso, é considerado que os valores futuros da receita de cada ano são constantes e iguais ao valor anual estimado de redução de gastos com energia ($12 \times R_{en_resist.ele_GL1}$). Os custos são constantes e, neste caso, são da ordem de 10%/ano sobre o custo da bomba de água. Considera-se que a taxa de captação de recursos (i_c) é 14% e taxa de atratividade (i_r) assume valores de 10% e 15%, com o valor presente descontado a i_r . Desta forma, segundo as equações apresentadas anteriormente, tem-se na Tabela 6.2, os resultados obtidos para a GL1.

Tabela 6.2 – Fluxo de caixa a valor presente, MTIR, VPL e MC – GL1

Ano (t)	Investimento	Receita (R)	Despesas (C)	Fluxo de Caixa (R - C)	Valor Presente (R-C)/(1+i _t) ^t		Fluxo de caixa líquido	
	[R\$]	[R\$]	[R\$]	[R\$]	i _t = 10%	i _t = 15%	i _t = 10%	i _t = 15%
0	-2.100,00			-2.100,00			-2.100,00	-2.100,00
1		1.899,30	-50,00	1.849,30	1.681,18	1.608,09	-418,82	-491,91
2		1.899,30	-50,00	1.849,30	1.528,35	1.398,34	1.109,53	906,42
3		1.899,30	-50,00	1.849,30	1.389,41	1.215,94	2.498,94	2.122,37
4		1.899,30	-50,00	1.849,30	1.263,10	1.057,34	3.762,03	3.179,71
5		1.899,30	-50,00	1.849,30	1.148,27	919,43	4.910,30	4.099,14
6		1.899,30	-50,00	1.849,30	1.043,88	799,50	5.954,18	4.898,64
7		1.899,30	-50,00	1.849,30	948,98	695,22	6.903,17	5.593,86
8		1.899,30	-50,00	1.849,30	862,71	604,54	7.765,88	6.198,40
9		1.899,30	-50,00	1.849,30	784,28	525,69	8.550,16	6.724,09
10		1.899,30	-50,00	1.849,30	712,99	457,12	9.263,15	7.181,21

Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR)		30,23%		33,42%
Taxa de Juros ao custo de captação (i _c)		14,00%		14,00%
Taxa de Atratividade (i _t)		10,00%		15,00%
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$	9.263,15	R\$	7.181,21
Margem Contábil (MC)		441,10%		341,96%

Desta forma, constata-se que, pelo método do Payback Descontado, que há retorno do capital investido, pois $VPL > 0$, e que o retorno se dá em 1,27 anos e 1,35 anos, para as taxas de atratividade de 10% e 15%, respectivamente. Quando avaliado a atratividade do negócio, verifica-se que os valores de MTIR encontrados são superiores a taxa de atratividade, logo, o negócio é atrativo. Em MC, encontram-se valores superiores a 10%, indicando que no final do período (após 10 anos), haverá recursos suficientes para a compra de um novo equipamento.

Em se tratando de racionalização energética, outro importante fator a ser avaliado, refere-se reavaliação do Fator de Carga. Quando avaliada a redução no consumo de energia no processo de aquecimento de água, constata-se que, segundo estimativas, este deverá ser da ordem de 1,625 MWh/mês ($Red_{consumo_GL1}$). Valor este, que reduziria o consumo total avaliado para 30,305 MWh/mês. Logo, para a existência de 30 dias no mês, o novo valor da demanda média ($D_{média_GL1_pós}$) seria da ordem de 42,1 kW. No que refere-se à demanda máxima, para o valor apresentado anteriormente de 115 kW, haveria uma redução para um valor da ordem de 112,2 kW ($D_{máx_GL1_pós}$), uma vez que avalia-se, segundo Figura A.9, uma demanda máxima do Tanque Acumulador de 2,8 kW. A retirada total da demanda do Tanque acumulador na demanda máxima se mostra possível, apesar deste continuar em operação, uma vez que o tempo estimado de operação das resistências elétrica (processo de aquecimento suplementar) é de 4,17 horas/dia,

operação que pode ser programa para os períodos mais ociosos, neste caso, o noturno. Assim, diante dos novos valores obtidos, tem-se que:

$$FC_{mensal_GL1_pós} = 0,37$$

Verifica-se que o novo valor encontrado do FC, praticamente não difere do valor encontrado anteriormente (FC=0,38), sendo este, até inferior. A reduzida diferença entre os valores encontrados, bem como, a inferioridade do FC na pós-adequação, se justifica, uma vez que o processo de aquecimento apresenta baixa representatividade na demanda máxima e um alto consumo de energia ao longo do dia (termoacumulação), ou seja, a demanda média sofreu maior influência da redução do uso da resistência elétrica (redução de consumo) que a demanda máxima (redução de demanda). De modo geral, a redução no tempo de operação, de 24 horas/dia para 4,17 horas/dia, gerou uma maior ociosidade na curva de carga, gerando assim, redução no valor de FC (maior centralização de demanda no período de demanda máxima).

6.2 Racionalização energética na Granja Leiteira 2

Conforme avaliado, o sistema de refrigeração empregado no banco de gelo apresenta a seguinte configuração (Figura 6.4).

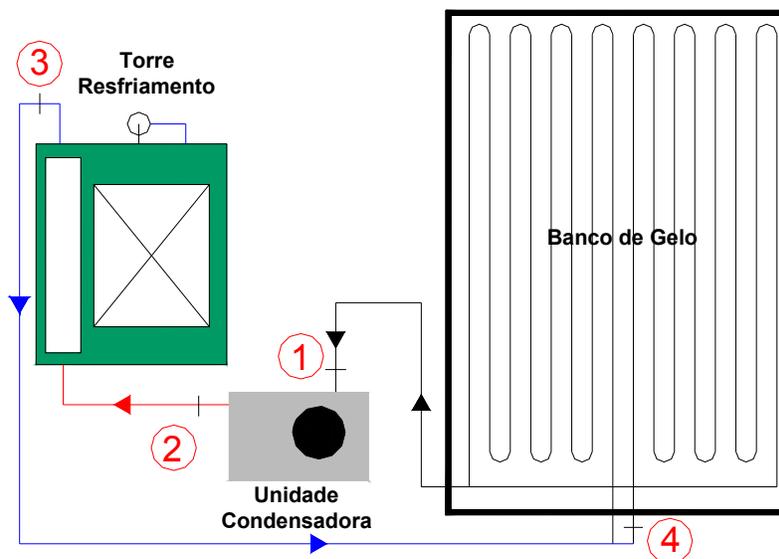


Figura 6.4 – Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL2

A fim de avaliar a disponibilidade de energia para o aquecimento de água, foram medidas as temperaturas do sistema de refrigeração com termopares tipo “T” conectados a uma placa condicionadora de sinal da Lynx Tecnologia, Modelo MCS1000. Segundo medições, os pontos apresentados da Figura 5.3 (Ponto 1 ao 4), apresentaram as seguintes temperaturas:

$$T_1 = -1,5 \text{ }^\circ\text{C (sucção do compressor)}$$

$$T_2 = 98 \text{ }^\circ\text{C (descarga do compressor)}$$

$$T_3 = 35 \text{ }^\circ\text{C (saída do condensador)}$$

$$T_4 = -3,5 \text{ }^\circ\text{C (entrada do evaporador, após válvula de expansão)}$$

As pressões de alta e baixa, segundo apresentado nos manômetros, eram de 14 bar e 3 bar, respectivamente.

O compressor empregado é do tipo alternativo Modelo CMO 14, YORK, simples estágio com R717, rotação máxima de 1800 rpm e deslocamento volumétrico $93 \text{ m}^3/\text{h}$ (máxima rotação). Na determinação das propriedades termodinâmicas em cada ponto do ciclo de refrigeração, foi empregado o software CoolPack, versão 1,46, ano 2000. Segundo as temperaturas medidas, tem-se a seguinte representação do ciclo de refrigeração no Diagrama Pressão x Entalpia (Figura 6.5) com as respectivas propriedades termodinâmicas de cada ponto avaliado (Figura 6.6). Na determinação das propriedades termodinâmicas, logo, no ciclo de refrigeração representado no diagrama P-h, foi considerado que o sistema opera sob as condições ideais. Para efeito de cálculo esta consideração se mostra coerente, uma vez que trata-se de uma estimativa da capacidade de geração do sistema de refrigeração em questão.

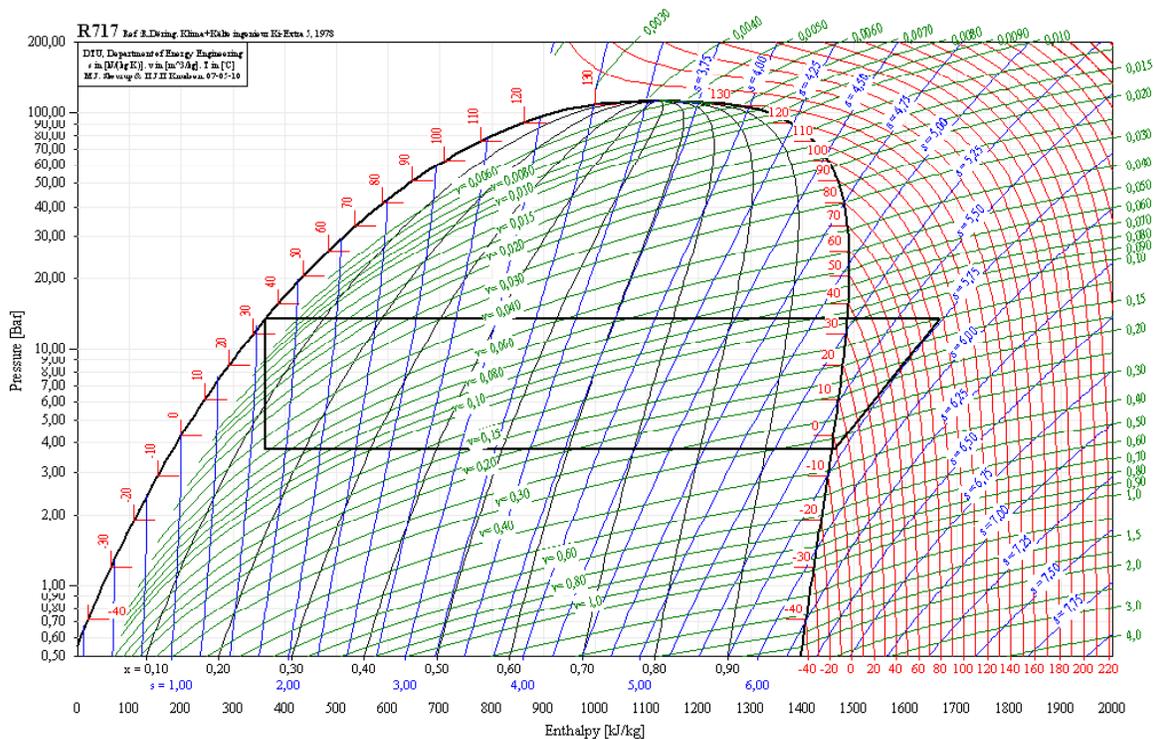


Figura 6.5 – Representação do Diagrama Pressão Entalpia para ciclo de refrigeração de simples estágio do Banco de Gelo (CoolPack versão 1.46)

Ponto	Temperatura [°C]	Pressão [bar]	Entalpia [kJ/kg]
1	-1,5	3,76	1426,1
2	98	13,5	1666,9
3	35	13,5	362,6
4	-3,5	3,76	362,6

Figura 6.6 – Propriedades termodinâmicas do ciclo de refrigeração do Banco de Gelo para R717a (CoolPack, versão 1,46)

Pode-se determinar a quantidade de calor sensível disponível ($Q_{\text{sensível}}$), para aquecer água de 20°C para 65°C, com o uso de um desuperaquecedor, pela seguinte equação:

$$\dot{Q}_{\text{sensível}} = \dot{m}_{\text{refrigerante}} \cdot (h_{70^{\circ}\text{C}} - h_2) \quad (43)$$

Onde:

$\dot{m}_{\text{refrigerante}}$: Vazão mássica de refrigerante [kg/s];

$h_{70^{\circ}\text{C}}$: Entalpia do vapor na linha de condensação a 70°C [kJ/kg];

h_2 : Entalpia do vapor na descarga do compressor a 98°C [kJ/kg];

Segundo software CoolPack versão 1.46, o valor da entalpia específica do vapor superaquecido (R717a) para pressão de 13,5 bar e temperatura de 70°C é de 1591,96 kJ/kg. Para efeito de cálculo, foi empregado que o deslocamento volumétrico do compressor é de 93 m³/h, ou seja, para o sistema em questão, uma vazão mássica de 0,076 kg/s. Desta forma, tem-se que o calor sensível disponível da linha de condensação é de :

$$\dot{Q}_{\text{sensível}} = 4,43 \text{ kW} = 15,95 \text{ MJ/h}$$

Se considerado esta energia para aquecimento de água, de 25°C para 65°C e considerando um rendimento de 90% na troca de calor no dessuperaquecedor, o volume diário de água gerado ($\dot{m}_{\text{água. quente}_{GL2}}$) pode ser dados pela seguinte equação:

$$\dot{m}_{\text{água. quente}_{GL2}} = \frac{\dot{Q}_{\text{sensível}} \cdot H_{\text{oper.unid.condensadora}} \cdot 0,9}{Cp_{\text{água}} \cdot (T_{\text{final.água}} - T_{\text{ambiente}})} \quad (44)$$

Onde:

$H_{\text{oper.unid.condensadora}}$: Tempo de operação da unidade condensadora [horas/dia];

$T_{\text{final.água}}$: Temperatura final da água aquecida, considerada em 65°C [°C];

T_{ambiente} : Temperatura da água a temperatura ambiente [°C].

Segundo apresentado no Item 5.2 (Figura 5.4) o tempo de operação da unidade condensadora é de aproximadamente 12 horas/dia, e considerando que a água a temperatura

ambiente esteja a 20 °C, tem-se que a geração diária de água é de:

$$m_{\text{água. quente_GL2}} = 914,3 \text{ kg / dia}$$

A fim de estimar o volume diário de água consumido na caldeira ($m_{\text{água_caldeira}}$), tem-se a seguinte equação:

$$m_{\text{água_caldeira}} = \frac{Cons_{\text{lenha}} \cdot PCI_{\text{lenha}} \cdot \eta_{\text{cald_lenha}}}{Cp_{\text{água}} \cdot (T_{0,4} - T_{\text{água_ambiente}}) + h_{\text{lv_0,4}}} \quad (45)$$

Onde:

$Cons_{\text{lenha}}$: Consumo diário de lenha [kg/dia];

PCI_{lenha} : Poder calorífico inferior da lenha [kJ/kg];

$\eta_{\text{cald.lenha}}$: Rendimento térmico da caldeira a lenha [%];

$T_{0,4}$: Temperatura de saturação do vapor de água a 0,4 MPa [°C];

$T_{\text{água_ambiente}}$: Temperatura da água a temperatura ambiente [°C];

$h_{\text{lv_0,4}}$: Entalpia de evaporação da água a 0,4 MPa [°C].

Segundo BRASIL (2004), a “lenha catada” apresenta densidade de 300 kg/m³ e poder calorífico inferior de 12,98 MJ/kg (3.100 kcal/kg). O consumo diário de lenha na geração de vapor de processo é de 1,3 m³. A temperatura de saturação da água a 0,4 MPa é de 143,3°C e a entalpia de evaporação de 2.134,8 kJ/kg. Segundo fabricante, (MARITEC, 2004), o rendimento térmico da caldeira a lenha empregada é de 70%. Desta forma tem-se:

$$m_{\text{água_caldeira}} = 1.335 \text{ kg / dia}$$

Desta forma, tem-se que a demanda de água (higienização + alimentação da caldeira) é de aproximadamente 1.940 litros/dia, uma vez que utiliza-se cerca de 200 litros de água por ordenha, ou seja, 600 litros/dia ($C_{\text{água_hig}}$). Como verifica-se que a geração de água quente no desuperaquecedor é inferior a quantia demandada, será avaliada, separadamente, a viabilidade econômica de cada aplicação, visando determinar o melhor uso do recurso.

Se avaliado o uso da água quente para a higienização, uma vez que a geração de água quente no desuperaquecedor atende a demanda de 600 litros/dia, a economia de energia diária com as resistências, referente ao uso da resistência elétrica, seria de 27,66 kWh (Item 2.2.5), ou seja, 9,432 MWh/ano, considerando 341 dias de operação/ano.

Se empregado a água quente como água de alimentação na caldeira, como não há atendimento da demanda diária na caldeira, faz-se necessário acrescentar cerca de 420 litros de água ($m_{\text{água_acresc}}$) a temperatura ambiente. Desta forma, determina-se a temperatura final da água de alimentação da caldeira ($T_{\text{final.água_aliment}}$), a economia diária de energia na caldeira ($Red_{\text{en_cald_GL2}}$) e a quantidade de lenha economizada ($Red_{\text{lenha_cald_GL2}}$), pelas seguintes relações:

$$T_{\text{final.água_aliment}} = \frac{(m_{\text{água.quente_GL2}} \cdot T_{\text{final.água}}) + (m_{\text{água_acresc}} \cdot T_{\text{ambiente}})}{m_{\text{água.quente_GL2}} + m_{\text{água_acresc}}} \quad (46)$$

$$Red_{\text{en_cald_GL2}} = \frac{m_{\text{água_caldeira}} \cdot Cp_{\text{água}} \cdot (T_{\text{final.água_aliment}} - T_{\text{ambiente}})}{\eta_{\text{cald_lenha}}} \quad (47)$$

$$Red_{\text{lenha_cald_GL2}} = \frac{E_{\text{en_cald_GL2}}}{PCI_{\text{lenha}}} \quad (48)$$

Logo, tem-se:

$$T_{\text{final.água_aliment}} = 50,8 \text{ } ^\circ C$$

$$Red_{\text{en_cald_GL2}} = 245,94 \text{ MJ/dia} = 68,29 \text{ kWh/dia}$$

$$Red_{\text{lenha_cald_GL2}} = 18,95 \text{ kg/dia} = 0,06 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

Ou seja, considerando 341 dias de operação/ano ($H_{\text{oper_GL2}}$), tem-se uma economia anual de energia de 23,276 MWh e de lenha de 6.461 kg (20,5 m³).

Avaliando a representação da economia de energia da resistência elétrica e da lenha, diante do consumo total de energia no processamento do leite, tem-se que a redução do consumo seria de aproximadamente 1,12% e 4,38%, respectivamente. Porém, se avaliado o impacto sob os custos com energia, considerando os preços as fontes energéticas apresentadas na Tabela 4.5 , ter-

se-ia uma economia de R\$ 228,56/mês, na resistência elétrica ($R_{en_resist.ele_GL2} = C_{hig_GL2}$) e R\$ 65,44/mês na lenha, ou seja, 4,87% e 1,22% do custo total, respectivamente.

Similarmente ao realizado no Item 6.1, será avaliada a viabilidade econômica do uso do desuperaquecedor para o aproveitamento do calor sensível de condensação no aquecimento de água, segundo o conceito de amortização, para os custos da água quente gerada para a higienização ($C_{\acute{a}gua_hig_GL2}$) e para a caldeira ($C_{\acute{a}gua_cald_GL2}$), através das receitas líquidas anuais na higienização (RL_{hig_GL2}) e a na caldeira (RL_{cald_GL2}). Neste caso, foi considerado o custo da água quente gerada via desuperaquecedor, segundo a capacidade de geração total e não diante do consumo atual de água quente. Desta forma, o custo da água quente gerada será igual para a aplicação na caldeira ou na limpeza e higienização. Porém, no caso da receita obtida com a economia nos gastos com energia, será determinada para cada caso em particular. Desta forma, tem-se as seguintes relações:

$$C_{\acute{a}gua_hig/cald_desup_GL2} = \frac{[I_{desuper} \cdot f \cdot (1 + C_{desuper})] + [I_{acess\acute{o}rios} \cdot f \cdot (1 + C_{acess\acute{o}rios})] + (I_{instal.contr_GL2} \cdot f)}{H_{oper_GL2} \cdot m_{\acute{a}gua.quente_GL2}} \quad (49)$$

$$RL_{hig_GL2} = H_{oper_GL2} \cdot Cons_{\acute{a}gua_hig_GL2} \cdot (C_{\acute{a}gua_hig_en.ele_GL2} - C_{\acute{a}gua_hig/cald_desup_GL2}) \quad (50)$$

$$RL_{cald_GL2} = H_{oper_GL2} \cdot m_{\acute{a}gua.quente_GL2} \cdot (C_{\acute{a}gua_cald_lenha} - C_{\acute{a}gua_hig/cald_desup_GL2}) \quad (51)$$

Onde:

$I_{desuper}$: Custo de aquisição do desuperaquecedor [R\$];

$I_{acess\acute{o}rios}$: Custo de aquisição do reservatório térmico e bombas de água [R\$];

$I_{instal.contr}$: Custo com materiais/instalações e sistema de controle [R\$];

f : fator de recuperação de capital;

$C_{desuper}$: Custo anual de operação e manutenção do desuperaquecedor [%];

$C_{acess\acute{o}rios}$: Custo anual de operação e manutenção do reservatório térmico e bomba de água [%];

H_{oper_GL2} : Número de dias de operação no ano [dia/ano];

$Cons_{\acute{a}gua_hig_GL2}$: Consumo diário de água quente na higienização na GL2 [litro/dia];

$C_{\text{água_hig_en.ele_GL2}}$ Custo da geração de água quente por energia elétrica para higienização [R\$/litro];

$C_{\text{água_cald_lenha}}$: Custo de geração de água quente com lenha na caldeira [R\$/litro].

Com:

$$C_{\text{água_hig_en.ele_GL2}} = \frac{C_{\text{hig_GL2}}}{30 \cdot \text{Cons}_{\text{água_hig_GL2}}} \quad (52)$$

$$C_{\text{água_cald_lenha}} = \frac{\text{Red}_{\text{lenha_cald_GL2}} \cdot \text{Pr}_{\text{lenha}}}{m_{\text{água_caldeira}}} \quad (53)$$

Onde:

$C_{\text{hig_GL2}}$: Custo mensal da geração de água quente para higienização [R\$/mês];

Pr_{lenha} : Preço da lenha [R\$/m³].

A estimativa de investimentos necessários para a adequação proposta é apresentada na Tabela 6.3:

Tabela 6.3 – Estimativa de investimentos para a adequação dos sistemas de refrigeração existente para o aproveitamento do calor sensível de condensação – GL2

Descrição	Investimento [R\$]	Oper. e Manut. [%]
Desuperaquecedor (I_{desuper})	1.000,00	0,0
Acessórios ($I_{\text{acessórios}}$)	1.380,00	5,0
Instalação e Sist. Controle ($I_{\text{instal.contr}}$)	4.000,00	0,0
TOTAL	6.380,00	

O custo do desuperaquecedor (I_{desuper}) refere-se à capacidade 4,43 kW, conforme dimensionado anteriormente. No mercado nacional pode-se encontrar este tipo de equipamento, o qual é produzido e comercializado pela GEA do Brasil Intercambiadores Ltda.

O custo com acessórios ($I_{\text{acessorios}}$) refere-se a necessidade de aquisição de um reservatório térmico com capacidade de 1.000 litros e uma bomba de água. Segundo HS AQUECEDORES (2004), o custo de um reservatório desta capacidade é de R\$ 1.200,00 e de uma bomba d'água de ¼ cv de R\$.180,00. Estima-se que o custo de operação e manutenção do reservatório e da bomba de água ($C_{\text{acessorios}}$) seja de 5%.

Os custos com instalações/material e sistema de controle ($I_{\text{instal.contr}}$) refere-se aos custos associados ao material, instalações elétricas e hidráulicas, serviços de montagem do desuperaquecedor e o sistema de controle da geração de água quente.

Não será considerado o consumo de energia elétrica da bomba de circulação de água entre o reservatório térmico e o desuperaquecedor.

Logo, para as equações apresentadas e a estimativa de investimento necessário, tem-se os custos de geração de água quente com o uso de um desuperaquecedor para usos na higienização ou para uso na caldeira, bem como, o tempo de retorno do investimento esperado em ambas as aplicações, apresentados na Figuras 6.7, 6.8 e 6.9.

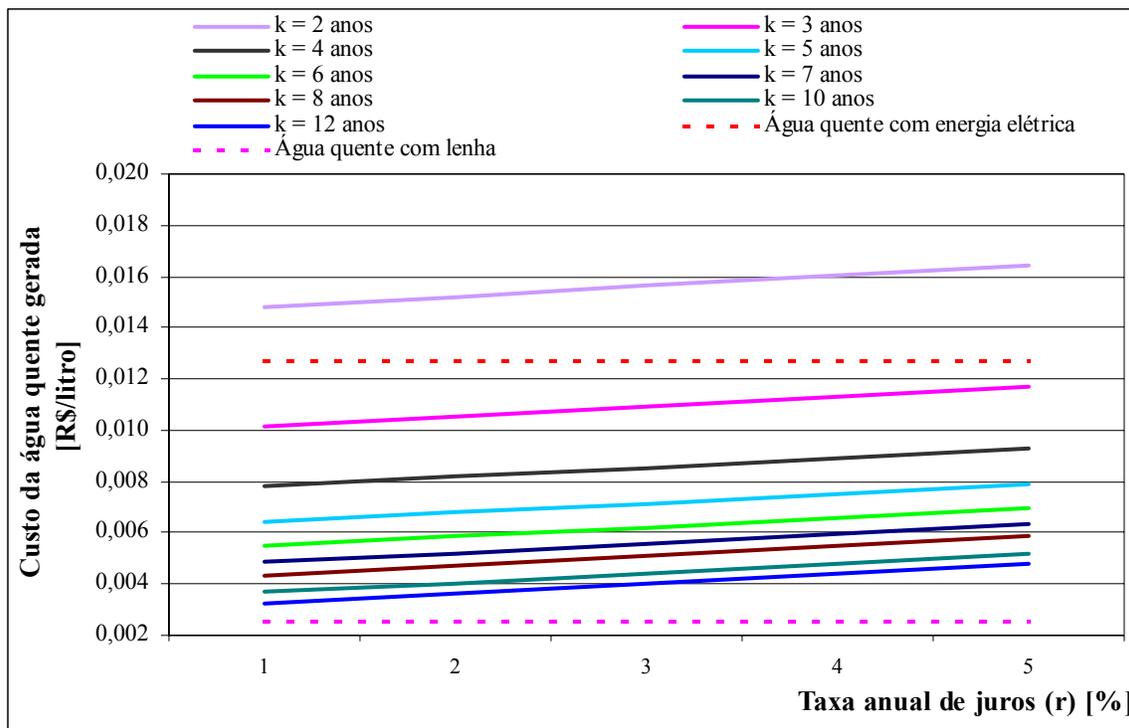


Figura 6.7 – Custo da água quente gerada no desuperaquecedor para uso na higienização ou na caldeira – GL2

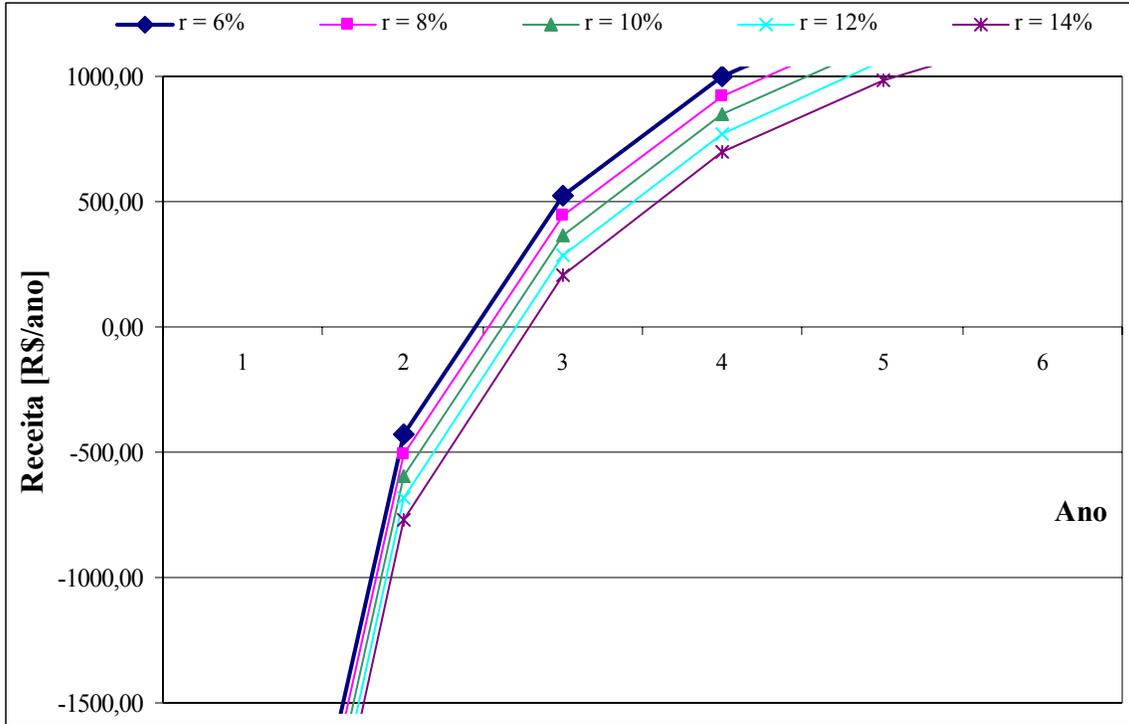


Figura 6.8 – Receita anual da geração de água quente para uso na higienização – GL2

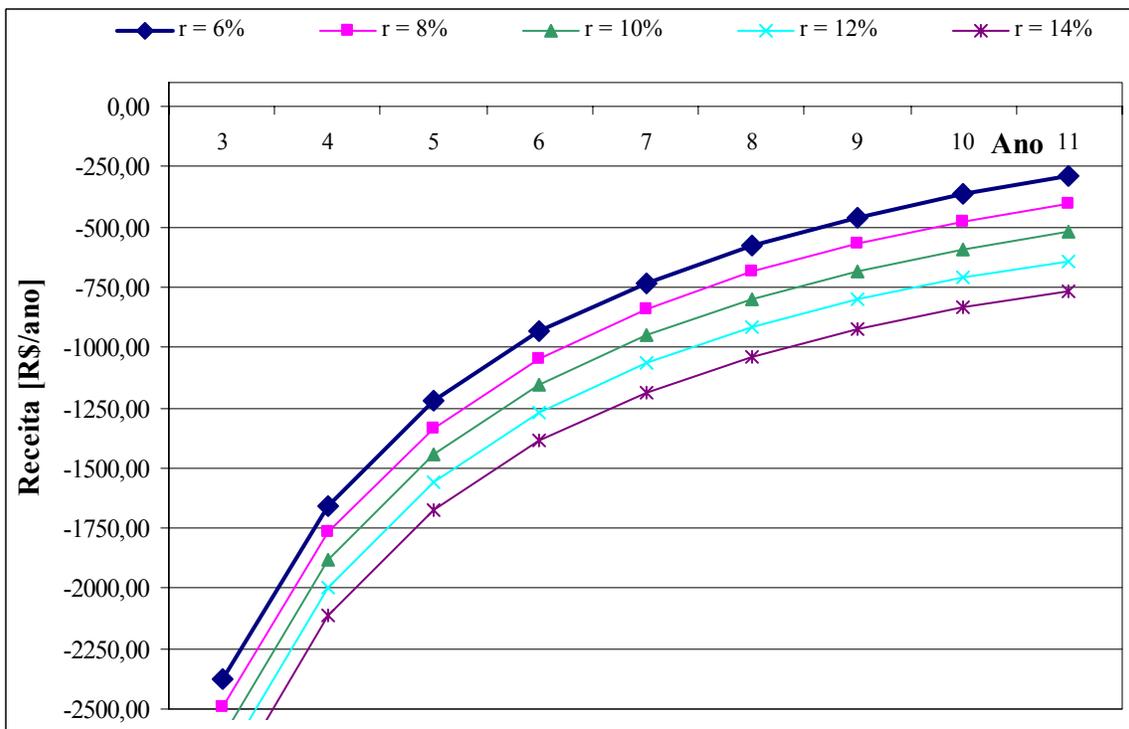


Figura 6.9 – Receita anual da geração de água quente para uso na caldeira – GL2

Verifica-se na Figura 6.7 que o custo atual da geração de água quente para a higienização é de 0,013 R\$/litro, uma vez que consome-se cerca de 600 litros de água dia, com um consumo medido de energia elétrica de 27,66 kWh/dia, o que representa um custo de 7,62 R\$/dia. Com o uso do desuperaquecedor, verifica-se custo de geração de água quente (com base na geração de 914 litros/dia) inferior ao custo da geração a energia elétrica para período de amortização de 3 anos para todas as taxas de juros consideradas. No caso da aplicação na caldeira, estima-se que o custo de geração de 914 litros de água na caldeira a 65°C, seja de 0,0025 R\$/litro, diante de um consumo diário estimado de lenha de 0,06 m³, com custo de cerca de 2,298 R\$/dia. Desta forma, verifica-se que, diante do baixo custo da lenha, para os períodos de amortização considerados, máximo de 14 anos, tem-se que os custos de geração de água quente no desuperaquecedor são superiores ao custo da água gerada na caldeira a lenha, para todas as taxas anuais de juros consideradas.

Quanto ao retorno do investimento, verifica-se que, neste caso, somente tem-se retorno do investimento na geração da água quente para uso na higienização (Figura 6.8), uma vez que não verifica-se receita zero para a o uso desta água na caldeira (Figura 6.9). O tempo de retorno investimento, para aplicação de um desuperaquecedor no aquecimento de água para higienização, se daria entre o segundo e o quarto trimestre do ano 2, para as taxas de juros consideradas. Tendo em vista um tempo de vida útil de 10 anos do sistema, conclui-se que a adequação é viável economicamente.

Apesar dos baixos consumos de água no processo de higienização e de energia elétrica no processo de aquecimento de água, via resistência elétrica, e, conseqüentemente, baixo gasto com energia, verifica-se que é possível operar os sistemas de refrigeração existentes como bombas de calor com baixo investimento inicial, gerando assim água quente com custos inferiores a geração via resistência elétrica.

No caso do uso da geração de água quente para uso na caldeira, não verifica-se retorno do investimento. Este fator está relacionado ao baixo preço da lenha, quando comparado ao da energia elétrica, bem como, trata-se apenas do uso de água pré aquecida (calor sensível). Verifica-se que, para a pressão de trabalho da caldeira (0,4 MPa), o calor sensível total de aquecimento da água de 20 a 143,3°C representa apenas 19,4% do calor de geração do vapor (sensível + latente).

Similarmente ao realizado para a proposta de adequação na Granja Leiteira 1, faz-se a segunda avaliação econômica, onde, através do método de Payback descontado, avalia-se o tempo de retorno do investimento, juntamente com os demais índices os quais auxiliam na tomada de decisão. Neste caso, foram empregados os mesmos valores de i_c e i_r do Item 6.1, bem como, foi determinado que os valores futuros das receitas são iguais e constantes ao longo dos dez anos e referem-se a 12 vezes o valor do gasto mensal com aquecimento de água para higienização ($12 \times R_{en_resist.ele_GL2}$). Como custo anual, neste caso, tem-se um valor de 5% do custo do item acessórios (reservatório + bomba de água). Desta forma, tem-se na Tabela 6.4, os resultados obtidos para a GL2.

Tabela 6.4 – Fluxo de caixa a valor presente, MTIR, VPL e MC – GL2

Ano (t)	Investimento	Receita (R)	Despesas (C)	Fluxo de Caixa (R - C)	Valor Presente (R-C)/(1+i _r) ^t		Fluxo de caixa líquido	
	[R\$]	[R\$]	[R\$]	[R\$]	i _r = 10%	i _r = 15%	i _r = 10%	i _r = 15%
0	-6.380,00			-6.380,00			-6.380,00	-6.380,00
1		2.742,72	-69,00	2.673,72	2.430,65	2.324,97	-3.949,35	-4.055,03
2		2.742,72	-69,00	2.673,72	2.209,69	2.021,72	-1.739,66	-2.033,31
3		2.742,72	-69,00	2.673,72	2.008,81	1.758,01	269,15	-275,30
4		2.742,72	-69,00	2.673,72	1.826,19	1.528,71	2.095,33	1.253,41
5		2.742,72	-69,00	2.673,72	1.660,17	1.329,31	3.755,50	2.582,72
6		2.742,72	-69,00	2.673,72	1.509,25	1.155,92	5.264,75	3.738,65
7		2.742,72	-69,00	2.673,72	1.372,04	1.005,15	6.636,79	4.743,80
8		2.742,72	-69,00	2.673,72	1.247,31	874,04	7.884,10	5.617,84
9		2.742,72	-69,00	2.673,72	1.133,92	760,04	9.018,02	6.377,88
10		2.742,72	-69,00	2.673,72	1.030,83	660,90	10.048,85	7.038,78
Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR)					20,91%		23,88%	
Taxa de Juros ao custo de captação (i_c)					14,00%		14,00%	
Taxa de Atratividade (i_r)					10,00%		15,00%	
Valor Presente Líquido (VPL)				R\$	10.048,85	R\$	7.038,78	
Margem Contábil (MC)					157,51%		110,33%	

Constata-se na Tabela 6.4 que, pelo método do Payback Descontado, há retorno do capital investido, pois $VPL > 0$, e que o retorno se dá em 2,86 anos e 3,18 anos, para as taxas de atratividade de 10% e 15%, respectivamente. Quando avaliada a atratividade do negócio, verifica-se que os valores de MTIR encontrados são superiores a taxa de atratividade, logo, o negócio é atrativo. Em MC, encontram-se valores superiores a 100%, indicando que no final do período (após 10 anos), haverá recursos suficientes para a compra de um novo equipamento.

Re-avaliando o fator de carga da GL2 na pós-adequação, estima-se que a redução no consumo de energia seria da ordem de 0,830 MWh/mês (redução total do consumo), o que geraria um novo consumo mensal da ordem de 30,55 MWh/mês. Desta forma, ter-se-ia um valor de demanda média, empregando 30 dias/mês, de 42,43 kW ($D_{\text{méd_GL2_pós}}$). Quando avaliado a possível redução na demanda máxima, é possível constatar, pela Figura 5.4, que a demanda do grupo de resistências empregadas no aquecimento de água, compõem o pico de carga, observado no período entre 11:00 e 12:00 horas. Se empregada a potência nominal do grupo de resistências, 18 kW, ter-se-ia que a demanda máxima reduziria para cerca de 82 kW ($D_{\text{máx_GL2_pós}}$). A demanda real do grupo de resistência não pode ser obtida, uma vez que a medição realizada avaliou, juntamente, a operação do conjunto de bombas de vácuo da ordenhadeira e o grupo de resistências. Desta forma, tem-se que o novo valor do FC é:

$$FC_{\text{mensal_GL2_pós}} = 0,52$$

Para o novo valor encontrado na GL2, constata-se uma melhora substancial do FC, com um aumento da ordem de 21%. Apesar da baixa representatividade do consumo mensal de energia do grupo de resistências no consumo total de energia, houve redução no valor do FC, evidenciando o apresentado na Figura 5.4, a qual demonstra a participação representativa da demanda das resistências elétricas na demanda contratada, chegando a representar cerca de 18% da carga total máxima.

No caso da retirada do Banco de Gelo do horário atual de operação (6:00 às 18:00) e transferindo-a para as doze horas seguintes (18:00 às 6:00 horas), seria possível reduzir a demanda máxima (considerando os valores na pós-adequação) para um valor da ordem de 54 kW, obtendo assim, um valor de Fator de Carga de aproximadamente 0,79. Quanto às possíveis reduções nos gastos com energia e a viabilidade desta alteração, segue-se o comentado anteriormente (Item 5.2).

6.3 Racionalização energética na Fazenda Leiteira 1 (Avaliação do Piloto)

Neste item, visa-se avaliar os resultados obtidos na adequação de um tanque resfriador de leite para operação segundo uma bomba de calor, operando via energia elétrica, de forma a gerar, simultaneamente, dois efeitos térmicos. Com esta prática visa-se a retirada do uso da resistência elétrica no processo de aquecimento de água via termoacumulação.

O tanque adequado é do tipo aberto com expansão direta, Marca DeLaval, Modelo DXO, capacidade de 1.920 litros (para operação em 4 ordenhas), operando com uma unidade condensadora Marca Danfoss, Modelo HGM028B30N com R-22 e condensação a ar (Figura 6.10).



Figura 6.10 – Tanque resfriador de leite – FL1

Diante da capacidade da unidade condensadora empregada no tanque (Potência elétrica nominal do compressor de 2,7 kW; Capacidade frigorífica de 6,8 kW, a -10°C de evaporação e 38°C de condensação), foi estimado que a geração de água quente para cada ciclo de resfriamento, ou seja, para cada ordenha, seja da ordem de 450 litros, quando considerado o

aquecimento de água de 16°C a 60°C. Para isto, foi empregado que o tempo de operação do tanque, no resfriamento do leite, é de aproximadamente 2,55 horas por ordenha.

Diante da estimativa realizada a capacidade de geração de água quente há um excedente de 300 litros/ordenha, uma vez que o uso atual na limpeza e higienização da ordenhadeira é de 150 litros/ordenha.

Diante da existência de um boiler com capacidade de 150 litros, inicialmente, foi proposta o aproveitamento de, somente, o volume consumido diariamente, ou seja, 150 litros/ordenha. Sendo assim, foi necessária a permanência do condensador a ar, uma vez que este entra em operação após o aquecimento de 150 litros (cerca de uma hora após o início do funcionamento).

Empregou-se uma instalação em série dos trocadores de calor (trocador a placas e trocador aletado), onde durante o processo de aquecimento de água via bomba de calor o sistema de ventilação do condensador permanece desligado. Na Figura 6.11, é representada a adequação realizada no tanque resfriador e no sistema de aquecimento de água.

Como trocador de calor, empregou-se um trocador do tipo placas, com capacidade de 9,0 kW (2,5 TR). Como há circulação forçada de água, empregou-se uma bomba de água com potência elétrica de 0,37 kW (0,5 cv). Na automação do sistema de geração de água quente, foram empregados termostatos digitais, os quais tem como função controlar a temperatura da água no reservatório e a temperatura da linha de líquido (Temperatura de condensação). Nas Figuras 6.12 e 6.13, apresentam-se as instalações trocador de calor/bomba de água e o quadro de controle do sistema.

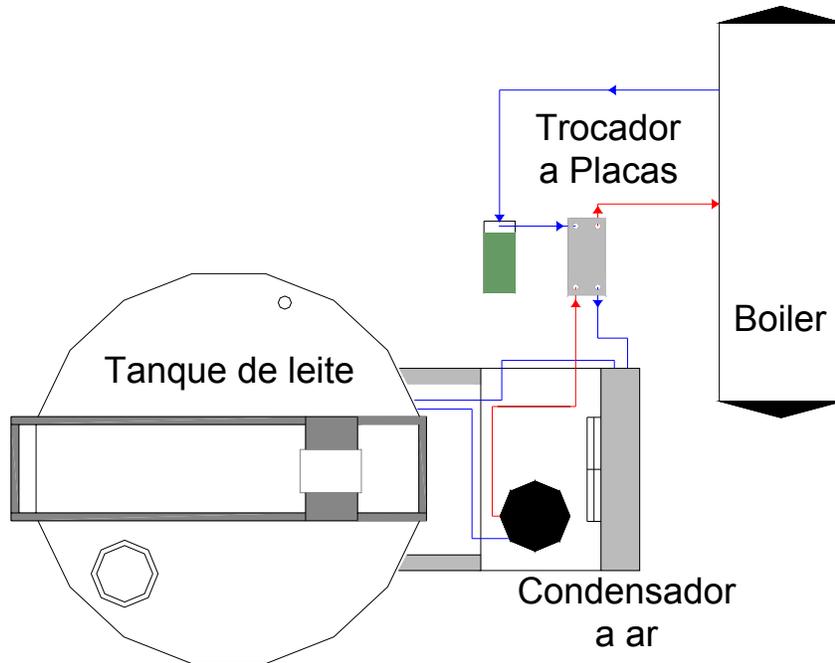


Figura 6.11 – Representação da adequação do tanque de leite e do sistema de geração de água quente – FL1



Figura 6.12 – Sistema trocador de calor/bomba de água – FL1



Figura 6.13 – Quadro de controle do sistema – FL1

Visando avaliar a real redução no consumo de energia, devido à inserção da tecnologia proposta, foi levantado o consumo de energia elétrica na pós-adequação e comparado ao consumo avaliado anteriormente. A medição do consumo de energia elétrica foi realizada durante um intervalo de 6 dias consecutivos, com período de integração de 5 minutos, durante o mês de Dezembro de 2005. Da mesma forma, como realizado anteriormente, foi avaliado o consumo total dos 6 dias e gerado um consumo médio diário, o qual foi utilizado como base para a estimativa do consumo mensal. A representação gráfica da redução na curva de demanda pode ser vista na Figura 6.14. A metodologia empregada para a geração da curva média diária de demanda é apresentada no ANEXO I (Figura A.46 a Figura A.48).

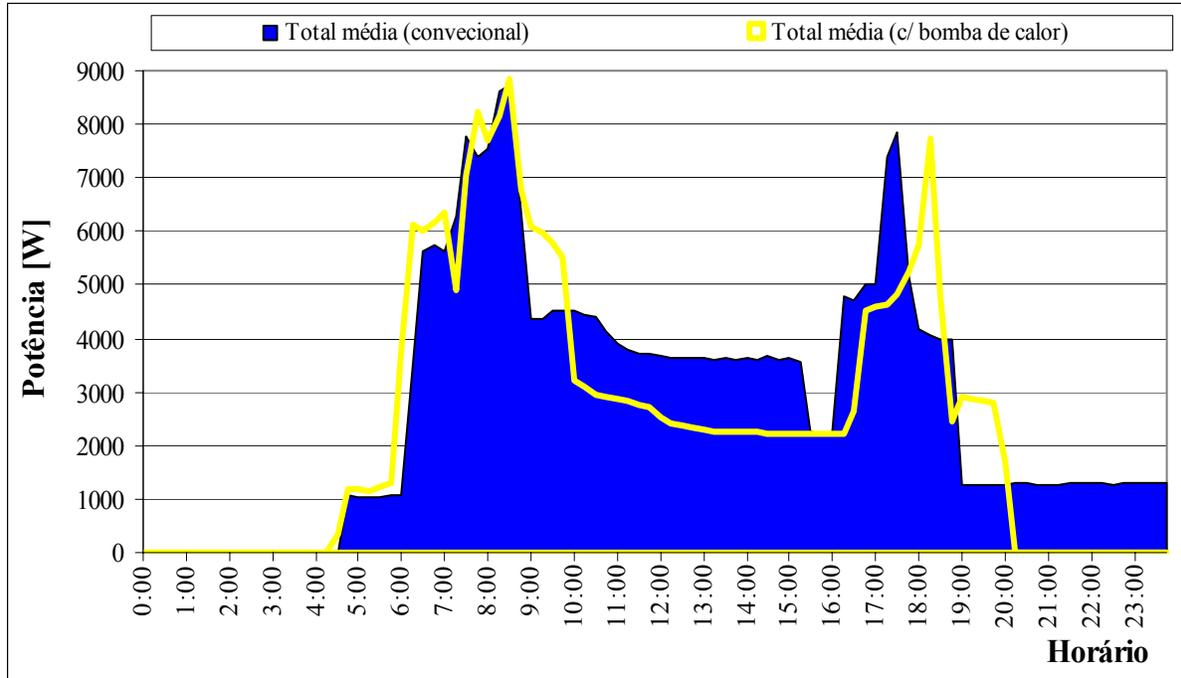


Figura 6.14 – Representação das curvas de demanda média diária total no modo de operação convencional e na pós-adequação – FL1

Quando avaliado a redução no consumo de energia elétrica, contata-se um valor da ordem de 278 kWh/mês, que representa cerca de 12,7% do consumo total avaliado (2.189 kWh/mês) e 47,65% do consumo avaliado no processo de aquecimento, representado uma economia média nos gastos de 51,51 R\$/mês.

Desta forma, verifica-se que as relações $\frac{Energia_{processamento}}{Leite_{produzido}}$ e $\frac{C_{energia_processamento}}{Leite_{produzido}}$ para o processamento do leite cru refrigerado na Fazenda Leiteira 1, passam a ter os seguintes valores:

$$\frac{Energia_{processamento}}{Leite_{produzido}}_{FL1_pós} = 0,064 \text{ kWh/litro}_{leite}$$

$$\frac{C_{energia_processamento}}{Leite_{produzido}}_{FL1_pós} = 0,012 \text{ R\$/litro}_{leite}$$

Similarmente ao realizado nas Granjas Leiteiras, será avaliada a viabilidade econômica do investimento realizado, tendo em vista a amortização+juros e a receita obtida na redução do

consumo de energia. Para isto foi determinado o custo da água quente gerada na pós-adequação ($C_{\text{água_hig_FL1_pós}}$) e a receita líquida gerada diante da redução no consumo de energia ($RL_{\text{hig_FL1_pós}}$), objetivando identificar receita nula, onde ter-se-á o período ótimo de financiamento, segundo as taxas de juros consideradas. Na determinação do custo da água quente gerada, foi empregado o consumo diário de água quente ($Cons_{\text{água_hig_FL1}} = 300$ litros/dia) e não o potencial estimado de geração via bomba de calor, bem como, o impacto da redução nos gastos com energia, como sendo a diferença entre o consumo no processo de aquecimento de água antes da adequação do tanque ($C_{\text{hig_FL1}} = 107,99$ R\$/mês) e a redução do gasto anual com energia ($R_{\text{energ_FL1}} = 51,51$ R\$/mês). Assim, tem-se:

$$C_{\text{água_hig_FL1_pós}} = \frac{I_{\text{tecn}} \cdot f \cdot (1 + C_{\text{tecn}}) + 12 \cdot (C_{\text{hig_FL1}} - R_{\text{energ_FL1}})}{H_{\text{oper_FL1}} \cdot Cons_{\text{água_hig_FL1}}} \quad (54)$$

$$RL_{\text{hig_FL1_pós}} = (12 \cdot R_{\text{energ_FL1}}) - [I_{\text{tecn}} \cdot f \cdot (1 + C_{\text{tecn}})] \quad (55)$$

Onde:

I_{tecn} : Investimento total real realizado no Piloto [R\$];

C_{tecn} : Custo anual de operação e manutenção da tecnologia [%];

$H_{\text{oper_FL1}}$: Número de dias de operação no ano da FL1 [dias];

$Cons_{\text{água_hig_FL1}}$: Consumo diário de água na FL1 [litros/dia];

O termo I_{tecn} refere-se ao gasto total com a adequação realizada na FL1 e confere a aquisição de um trocador de calor; sistema de controle + material elétrico; material hidráulico + bomba de água e; material de refrigeração. Estima-se que o custo anual de operação e manutenção seja da ordem de 5% do capital investido. Emprega-se que o número de dias de operação/ano é de 341 dias ($H_{\text{oper_FL1}}$). Desta forma, os custos destes itens são apresentados na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Investimento real para a adequação do tanque resfriador de leite existente para o aproveitamento do calor de condensação – FL1.

Descrição	Investimento [R\$]	Oper. e Manut. [%]
Trocador de calor	350,00	
Sistema de controle + Mat. Elétrico	618,00	5,0
Mat. Hidráulico + Bomba d'água	400,00	
Mat. Refrigeração	95,50	
TOTAL	1.463,50	

O custo do trocador de calor apresentado acima, refere-se a um trocador tipo *tube-in-tube* em aço inox de mesma capacidade do trocador empregado. O uso de um trocador deste tipo é justificado, uma vez que este apresenta um custo relativamente baixo quando comparado a um trocador tipo placas, reduzindo assim o tempo de retorno do investimento.

Desta forma, são apresentados nas Figuras 6.15 e 6.16 os custos da água quente gerada via bombas de calor e o tempo de retorno do investimento esperado.

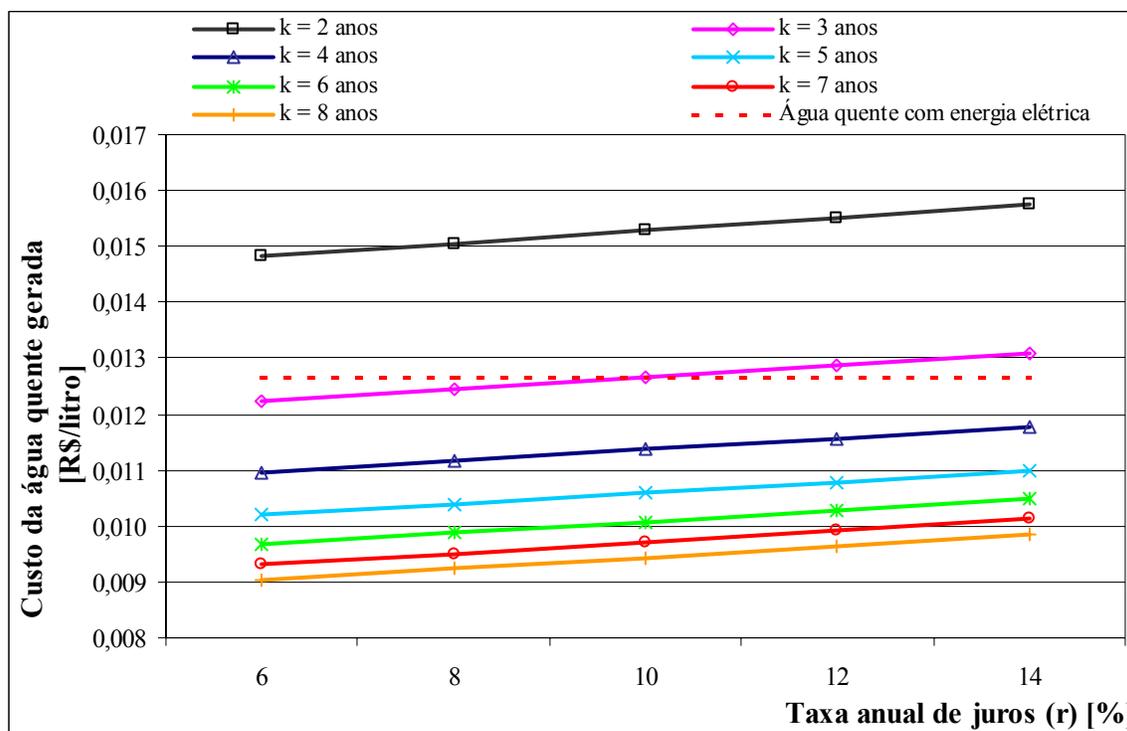


Figura 6.15 – Custo da água quente gerada no tanque resfriador para uso na higienização– FL1.

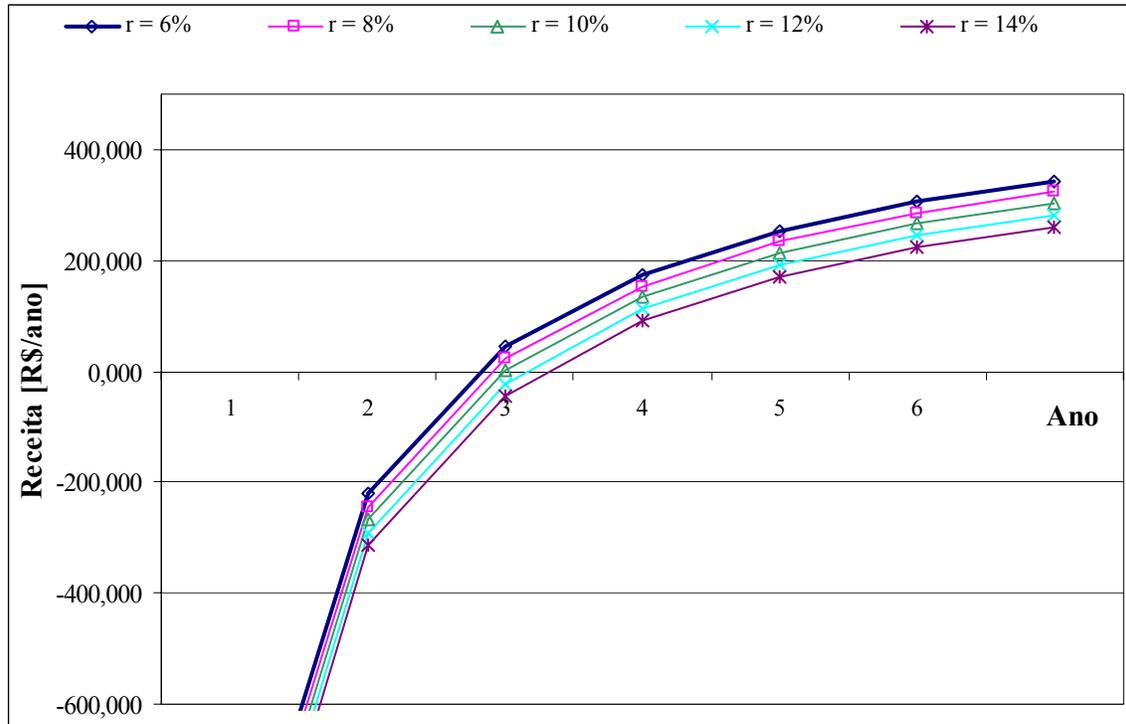


Figura 6.16 – Receita anual da geração de água quente para uso na higienização – FL1

Verifica-se na Figura 6.15, que para um período de amortização de 3 anos e taxa anual de juros inferior a 10%, já se tem custo da água quente gerada via bomba de calor inferior ao custo da água quente gerada via resistência elétrica.

Quando avaliada a Figura 6.16, verifica-se que o tempo de retorno do investimento (amortização+juros), com base na redução real nos gastos com energia, ocorre entre 2,8 e 3,4 anos, para taxas de juros entre 6% e 14%, respectivamente. Logo, tendo em vista o tempo de vida útil de 10 anos da tecnologia, a adequação realizada se mostra viável economicamente.

Avaliando o retorno do investimento com o método do Payback Descontado, tem-se na Tabela 6.6, os valores encontrados. Como receitas anuais, foram considerados valores iguais e constantes ao longo de todo o período, com um valor de 12 vezes a economia mensal obtida ($12 \times R_{\text{energ_FL1}}$), bem como, os custos anuais representam 5% do capital investido. Como taxas de juros (atratividade e captação) foram empregadas os mesmos valores empregados anteriormente, ou seja, 14% e 15% e; 14%, respectivamente.

Tabela 6.6 - Fluxo de caixa a valor presente, MTIR, VPL e MC – FL1

Ano (t)	Investimento [R\$]	Receita (R) [R\$]	Despesas (C) [R\$]	Fluxo de Caixa (R - C) [R\$]	Valor Presente (R-C)/(1+i _t) ^t		Fluxo de caixa líquido	
					i _t = 10%	i _t = 15%	i _t = 10%	i _t = 15%
0	-1.463,50			-1.463,50			-1.463,50	-1.463,50
1		618,20	-73,17	545,03	495,48	473,94	-968,02	-989,56
2		618,20	-73,17	545,03	450,44	412,12	-517,58	-577,44
3		618,20	-73,17	545,03	409,49	358,37	-108,09	-219,07
4		618,20	-73,17	545,03	372,26	311,62	264,17	92,55
5		618,20	-73,17	545,03	338,42	270,98	602,59	363,53
6		618,20	-73,17	545,03	307,66	235,63	910,25	599,16
7		618,20	-73,17	545,03	279,69	204,90	1.189,93	804,05
8		618,20	-73,17	545,03	254,26	178,17	1.444,19	982,22
9		618,20	-73,17	545,03	231,15	154,93	1.675,34	1.137,16
10		618,20	-73,17	545,03	210,13	134,72	1.885,47	1.271,88
Taxa Interna de Retorno Modificada (MTIR)					19,49%		22,42%	
Taxa de Juros ao custo de captação (i_c)					14,00%		14,00%	
Taxa de Atratividade (i_a)					10,00%		15,00%	
Valor Presente Líquido (VPL)				R\$	1.885,47	R\$	1.271,88	
Margem Contábil (MC)					128,83%		86,91%	

Para o caso da FL1, constata-se pela Tabela 6.6 que, pelo método do Payback Descontado, há retorno do capital investido, pois $VPL > 0$, e que o retorno dar-se-á em 3,26 anos e 3,7 anos, para as taxas de atratividade de 10% e 15%, respectivamente. Quando avaliado a atratividade do negócio, verifica-se que os valores de MTIR encontrados são superiores a taxa de atratividade, logo, o negócio é atrativo. Em MC, encontra-se valor superior a 100%, somente para a taxa de atratividade de 10%, indicando que no final do período (após 10 anos), haverá recursos suficientes para a compra de um novo equipamento somente no caso da incidência desta taxa.

Capítulo 7

Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros

As conclusões aqui apresentadas se dividirão em duas partes: em uma primeira, abordando o assunto uso de energia nas propriedades avaliadas e na segunda, abordando os resultados, teóricos e reais, obtidos na racionalização do uso de energia com o uso de bombas de calor.

Uso de energia

Em ambos os estabelecimentos avaliados foi possível constatar que grande parte do consumo de energia se dá na geração de energia térmica na forma de “frio” e “calor”. Esta representação chega a ser superior a 70%, com exceção da GL1, onde esta participação foi da ordem de 53% (não contabilizado o consumo de um tanque de armazenamento de leite resfriado).

No caso da GL2, pode-se verificar que o uso de lenha representa metade do consumo de energia empregado no processamento de leite (com base no poder calorífico da lenha), porém, quando observado sobre o ponto de vista de gastos, devido ao baixo custo deste energético, a representação é de apenas 27%. Sobre a uso de energia (óleo diesel) em maquinários e caminhões (Serviços Internos e Externos), somente foi levantado na GL2, onde se mostrou extremamente significativo, uma vez que sua participação no consumo total de energia (processamento, produção e distribuição) foi da ordem de 55%, com um custo da ordem 73%.

No caso da FL1, o processo de resfriamento se mostra como o principal ponto consumidor de energia, e por ser tarifada somente sobre o consumo, o mesmo se dá sobre os gastos com energia. Diante do reduzido número de pontos consumidores de energia (somente 3 processos), tem-se que neste tipo de estabelecimento (produção de leite cru refrigerado) o processo de aquecimento de água de limpeza e higienização, apresenta alta representatividade no consumo total, chegando a um valor da ordem de 27%.

No que refere-se às relações de uso de energia e gastos com energia por litro de leite produzido, obteve-se, no caso da Granjas Leiteiras (leite pasteurizado tipo “A”) que os valores são de 0,204 kWh/litro e 0,266 kWh/litro, com relação de gastos de 0,034 R\$/litro e 0,015 R\$/litro. No caso da Fazenda Leiteira (leite cru refrigerado) estas relações foram de 0,073 kWh/litro e 0,014 R\$/litro. A diferença significativa encontrada entre a relação de gastos com energia e produção de leite nas Granjas Leiteiras se deu devido à otimização no processamento de leite na GL2 e devido ao baixo custo da energia empregada na caldeira (lenha). Se avaliado o valor de 0,015 R\$/litro de GL2 com 0,014 R\$/litro da FL1, verifica-se que praticamente eles não se diferem, apesar da relação 0,266 kWh/litro da GL2 ser 3,6 vezes superior ao valor de 0,073 kWh/litro da FL1, logo, pode concluir que, neste caso, a uma tarifação binômica pode trazer resultados atraentes, desde que devidamente avaliada a curva de demanda local, bem como, o uso de uma fonte energética mais barata (como é o caso da lenha).

No que tange os valores de fator de carga das Granjas Leiteiras, pode-se constatar que estes encontram-se relativamente baixos (0,38 para a GL1 e 0,43 para a GL2), indicando concentração de cargas e ociosidade do sistema. No caso da GL2, foi possível identificar, claramente, a possibilidade de remoção da carga do Banco de Gelo do período atual de operação para um período posterior sem qualquer alteração no processo produtivo, porém, a real viabilidade desta proposta não é certa, uma vez que haverá operação do sistema dentro do horário de ponta.

No que refere-se ao uso de energia no processo de aquecimento de água de limpeza e higienização, constatou-se que este é relativamente baixo, quando comparado aos outros processos empregados, salvo o caso da FL1. Constatou-se que o consumo de água quente é baixo nas Granjas Leiteiras e o emprego se dá somente da limpeza da ordenhadeira mecânica e nos equipamentos da pasteurização e envase. Não encontrou-se uma relação muito bem definida entre o uso de água quente e parâmetros de produção, como produção de leite ou animais ordenhados. No caso da GL1 o consumo diário é da ordem de 1.000 litros e na GL2 da ordem de 900 litros, para produções diárias de leite de 4.000 litros e 12.000 litros, respectivamente. Na FL1, o consumo diário era de 300 litros, com uso somente da limpeza de ordenhadeira. Em ambos os casos não foram constatados o uso de água quente na limpeza da sala de ordenha e dos úberes dos animais, apesar destas práticas serem de interesse de ambos os produtores, porém, segundo eles, não essencialmente necessárias.

Racionalização energética

Para todas as avaliações realizadas, verifica-se, segundo as estimativas, que há possibilidade do aproveitamento de calor de condensação para aquecimento de água e, que o potencial de geração supera os consumos atuais. Na GL1, a capacidade de geração foi estimada em mais de 19.000 litros/dia, já na GL2, por ser possível somente o aproveitamento do calor sensível de condensação, a estimativa de geração foi de apenas 914 litros/dia e na FL1, a geração diária chegaria a ser da ordem de 900 litros/dia. Pode verificar que, mediante os baixos consumos de água quente e o alto potencial de geração, o custo da água quente gerada via bomba de calor é alto, uma vez que este foi determinado com base no consumo de água e não potencial de geração. Este fator, impacta diretamente nos tempos de retorno dos investimentos, uma vez que os investimentos necessários para as adequações são independentes do volume de água gerada, mas, dependentes das capacidades dos sistemas de refrigeração empregados, ou seja, como as estimativas de receitas foram realizadas mediante os consumos mensais no processo de aquecimento os tempos de retorno são maiores (Sistemas são sub-utilizados). Tomando como exemplo a FL1, tanto faz gerar 300 litros/dia (atual) como gerar 900 litros /dia (potencial estimado) via bomba de calor, uma vez que o investimento inicial mantém-se constante, porém, o custo da água quente gerada poderia ser até 3 vezes inferior. Cabe ressaltar que, neste caso, haverá acréscimo no consumo de energia devido à bomba de circulação de água, mas como o COP de aquecimento é maior que 1 e o consumo de energia da bombas de água é inferior ao calor trocado no condensador (geração), a quantidade de energia gerada é maior que o consumo.

Se avaliado o potencial de redução no consumo total de energia elétrica no processamento, através da substituição, parcial ou total, do uso de resistências elétricas, constata-se que os valores podem alcançar até 5% na GL1 e 3,7% na GL2. No caso da FL1, diante de uma participação do consumo da resistência elétrica de 27% no consumo total, a redução real obtida com o uso de bomba de calor foi de 12,7% no consumo total e cerca de 47% no processo de aquecimento.

Quando avaliada a viabilidade econômica da tecnologia, constata-se, em ambos os casos, que haverá retorno do capital investido (diante da redução dos gastos com energia) e estes ocorreram entre 1,3 e 3,7 anos. Constatou-se também que, em ambos os casos, tem-se no final do tempo de vida útil da tecnologia, a receita gerada é suficiente para a compra de um novo equipamento, salvo o caso da FL1, onde incide-se uma taxa de atratividade de 15%. Quando avaliada a atratividade do negócio, segundo os valores de MTIR, obtêm-se que ambas as

propostas são atrativas pois todos os valores de MTIR são superiores aos valores considerados para a taxa de atratividade (10% e 15%). Cabe ressaltar, novamente, que, os tempos de retorno seriam inferiores e, conseqüentemente, a tecnologia mais atrativa, caso fosse aproveitado todo o potencial de geração de água quente.

No que refere-se aos valores do FC na pós-adequação, as melhorias foram significativas somente no caso da GL2, onde estima-se que é possível aumentar a relação demanda média/demanda máxima em até 21% do valor atual. Isto ocorreu uma vez que na GL2 tem-se processo de aquecimento de passagem (direto), demanda alta potência em curtos intervalos de tempo (alta representação na demanda máxima), e na GL1, tem-se o processo de aquecimento por termo-acumulação, demanda baixa potência em longos intervalos de tempo (baixa representação na demanda máxima).

De modo geral, conclui-se que: o uso de energia nas propriedades avaliadas está diretamente relacionada às tecnologias empregadas, bem como, os gastos com energia e energéticos estão relacionados aos energéticos empregados, ou seja, uma maior relação kWh/litro de leite produzido nem sempre significa maior relação R\$/litro de leite produzido; há um grande potencial de aproveitamento de calor de condensação para aquecimento de água, superando até os consumos atuais; apesar do baixo consumo de água quente, verifica-se em todos os casos avaliados a viabilidade econômica do uso de bombas de calor na substituição de resistência elétricas, bem como, a geração de receita suficiente para a compra de um novo equipamento do final de vida útil; no caso da FL1 (Piloto) verificou-se, também, a viabilidade técnica da proposta e, no caso de aquecimento direto, é possível aumentar o valor do FC dos estabelecimentos.

Como propostas de trabalhos futuros, segundo o avaliado neste trabalho, tem-se:

- Avaliações de tecnologias empregadas; consumo de energia/energéticos e; potencial de aproveitamento de calor de condensação para aquecimento de água, objetivando uma visão macro do setor (Setor Leiteiro Regional, Estadual e Nacional). O reduzido número de propriedades avaliadas, bem como, a grande diversidade das tecnologias empregadas não permitiram a realização de estimativas para o setor e;
- Avaliações de outras propostas de racionalização do uso de energia no setor (processos, logística e outros).

Referências Bibliográficas

- ABURAS, R. *et al.* **Construction and operation of a demonstration biogas plant, problems and prospects.** Energy Conversion & Management. Elsevier Science Ltd. V. 37, n. 5, p. 611-614, 1996.
- AGUIAR, A. P. A. Sustentabilidade Técnica, Econômica e Social dos Sistemas de Produção de Leite a Pasto. In: MARTINS, C. E. et al. **Sustentabilidade de Sistemas de Produção de Leite a Pasto e Confinamento.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001, p. 27-60.
- ARAÚJO, M. L.; ROCHA, N. R. **Aplicação de Bomba de Calor em Laticínios.** Revista Instituto de Laticínios Cândido Tostes. Juiz de Fora/MG, V. 45, n. 267/272, 33-37p, 1990.
- BALARINE, O. F. O. **Tópicos de Matemática Financeira e Engenharia Econômica.** 2 a. Edição – Revista e Ampliada. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004, 77p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional.** Brasília: MME, 2003.
- BRASIL. CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Perfil da Agropecuária Brasileira II.** Número 2, 2002. Arquivo on-line, disponível em : <<http://www.cna.org.br>>. Acesso em: 20 Nov. 2004.

BRASIL. **Decreto n. 66.183, de 05 de Fevereiro de 1970.** Dispõe sobre a comercialização do leite cru. Disponível em : <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 30 Março 2004.

BRASIL. **Instrução Normativa 51, de 18 de Setembro de 2002.** Aprova os Regulamentos Técnicos de Produção, Identidade e Qualidade do Leite tipo A, do Leite tipo B, do Leite tipo C, do Leite Pasteurizado e do Leite Cru Refrigerado e o Regulamento Técnico da Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. Disponível em : <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 30 Março 2004.

BRITO, J. R. F. **Células somáticas no Leite: Uma revisão.** CBQL em Revista. Sessão: Leite em Questão. Ano I, n. 2, Jan/Fev/Mar 2002. Texto on-line, disponível em : <<http://www.cbql.com.br/revista/n2/index.htm>>. Acesso em: 03 Abril 2004.

BOUMA, J. **Heat Pump – Better by Nature.** IEA Heat Pump Centre Newsletter. Holanda, v(20), n. 2, 10-27p, 2002. Disponível em: <<http://www.heatpumpcentre.org/nwlettr/download/N2002.pdf>>. Acesso em: 01 Set. 2003.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Disponível em : <<http://www.cemig.com.br>>. Acesso em: 15 Ago. 2003.

CONPET. Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural. Disponível em : <<http://www.conpet.gov.br/htm/index4.htm>>. Acesso em: 15 Ago. 2003.

CORTEZ, L. A. B.; NEVES FILHO L. C. **Aplicação de bombas de calor na agricultura e na agroindústria brasileira.** Anais do III Congresso Nacional de Energia. La Serena, Chile. 17-19 de abril de 1996. p. 337-343.

ÇOMAKLI, Ö., *et al.* **Heat pump utilization in milk pasteurization.** Energy Conversion & Management. Elsevier Science Ltd. V. 35, n. 2, p 91-96. 1994.

DANFOSS. Danfoss do Brasil Industria e Comercio Ltda. Catálogo de Seleção e Aplicação - Linha Blue Star. Agosto 2001.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Disponível em: <<http://www.eletronbras.gov.br/procel/site/home/index.asp>>. Acesso em: 15 Ago. 2003.

ELETROPAULO. Disponível em : <<http://www.eletrapaulo.com.br>>. Acesso em: 12 Ago. 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Gado de Leite. Disponível em : <<http://www.cnpql.embrapa.br>>. Acesso em: 20 Nov. 2004.

FAGUNDES, M. H. **Leite : Situação atual e perspectivas para o setor**. Conjunturas Agropecuárias, Estudos Especiais. Brasília: CONAB, 2003. 32p. Disponível em <<http://www.conab.gov.br/downloads/cas/especiais/LEITE%2026%20AGOSTO.pdf>>. Acesso em: 27 Ago. 2003.

GOMES, A. T.; ZOCCAL, R. Caracterização da produção de leite nas principais regiões produtoras do País. In: MARTINS, C. E.; ALENCAR, C. A. B.; BRESSAN, M. **Sustentabilidade da produção do leite no Leste Mineiro**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001, p. 7-17.

GOMES, S. T. **Adoção de Tecnologia aumenta o custo de produção do leite ?**. Viçosa/MG, 2002, 4 p. Texto disponível on-line no endereço <http://www.ufv.br/der/docentes/stg/stg_artigos/stg_artigos.htm >. Acesso em 27 de Dezembro de 2005.

GOMES, S. T. **Preço do leite x Custo: Como conjugar esta relação**. Viçosa/MG, 2004, 6 p. Texto disponível on-line no endereço <http://www.ufv.br/der/docentes/stg/stg_artigos/stg_artigos.htm >. Acesso em 27 de Dezembro de 2005.

HS AQUECEDORES. Orçamento de reservatórios térmicos. Mensagem recebida por <jordan@agr.unicamp.br> em 14 de Junho de 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, 2003. V. 31, 31p. Disponível em : <<http://www.ibge.gov.br>>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de Contas Nacionais**. Rio de Janeiro, 2004. n. 12, 138p. Disponível em : <<http://www.ibge.gov.br>>.

LEITE & DERIVADOS. **Últimos Ajustes para 2005**. Revista do Leite e Derivados. São Paulo, SP, Ed. 72, Ago. 2003. Disponível em: <http://www.dipemar.com.br/leite/72/materia_perfil_leite.htm>. Acesso em: 08 Set. 2003.

MARITEC. Maritec Indústria e Comércio Ltda. Contato via telefone pelo número (14) 3456-1610 com o Sr. “Alemão”, em 10 de Janeiro de 2005.

MARTINS, P. C. **O Sistema Agroindustrial do leite: Transações e Incentivos à Adoção de Tecnologias**. II Workshop Brasileiro de Gestão de Sistemas Agroalimentares, Universidade de São Paulo, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Ribeirão Preto, Brasil, 1999. Disponível em <<http://www.fearp.usp.br/EGNA/arquivo/22.pdf>>. Acesso em: 27 Ago. 2003.

MARTINS, P. C.; GUILHOTO, J. J. M. Geração de Emprego e Renda no Sistema Agroindustrial do Leite Brasileiro. In: PORTUGAL, J. A. B. **O Agronegócio do Leite e os Alimentos Lácteos funcionais**. Juiz de Fora: EPAMIG – Centro Tecnológico - ILCT, 2001, p. 37-54.

MARTINS, M. C. **Competividade da cadeia produtiva de leite do Brasil**. Revista de Política Agrícola. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Ano XII, n. 3, Jul/Ago/Set 2004. Texto digital, disponível em: <http://www.agronegocios-e.com.br/agronegocios/art/artigos/Pol_agr_03p38_51.pdf>. Acesso em: 10 Jan. 2005.

MILKPOINT. Disponível em : <<http://www.milkpoint.com.br/mn>>. Acesso em: 20 Maio 2004.

- MOREIRA, J. R. **Potencial de Conservação de Energia**. Estudo Técnico. Brasília: CGEE, Julho 2001, 10p. Disponível em <<http://www.cgee.org.br/nis/energia.htm>>. Acesso em: 18 Set. 2003.
- PELLERIN, R. A., *et al.* **Operation and performance of Biogas-Fueled Cogeneration System**. Energy in Agriculture. Elsevier Science Publishers Ltd. V. 6, p 295-310, 1988.
- PORTUGAL, J. A. B. *et al.* **Segurança Alimentar do leite**. Juiz de Fora: EPAMIG/CT/ILCT; Embrapa Gado de leite, 2002, 226p.
- RAPPA, R. Proprietário do estabelecimento denominado nesta dissertação como “Granja Leiteira 2”. Contato pessoal. Set. 2004 a Jan. 2005.
- REIS R. P.; MEDEIROS A. L.; ANDRADE L. A. **Custo de produção da atividade leiteira no Sul de Minas Gerais**. Organizações Rurais e Agroindustriais. Revista de Administração da UFLA Vol. 3, n. 2, Jul/Dez 2001. Arquivo on-line em <<http://dae2.ufla.br/revista>>.
- ROBBS, P. G.; CAMPELO, J. C. F. Produção Segura do leite. In: PORTUGAL, J. A. B. *et al.* **Segurança Alimentar do leite**. Juiz de Fora: EPAMIG/CT/ILCT; Embrapa Gado de leite, 2002, p. 53-76.
- SEBRAE/FGV. **Sondagem Conjuntural – Micro e Pequenas Empresas**. Ano 6, n. 17, 2001, 6p. Disponível em : <<http://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 06 Ago. 2003.
- STOUT, B. A. **Energy – Use and Management in Agriculture**. Breton Publishers, North Scituate. Massachussets, 1984, 318p.

Anexo

Curvas de Carga

Metodologia empregada na determinação da “Curva de demanda representativa diária”

Segundo apresentado no Capítulo 3 - Medições de grandezas elétricas e levantamento do uso de energéticos em propriedades leiteiras, as medições das grandezas elétricas via Analisador digital não correspondem aos mesmos dias de operação para os diversos processos/equipamentos avaliados, ou seja, as medições não ocorrem simultaneamente, mas sim ao longo de um determinado período. Este fato foi decorrente da carência de um número maior de analisadores, uma vez que era disponível somente um equipamento, o qual possibilita somente a avaliação de um único ponto de medição por vez.

Buscou-se neste trabalho, além da determinação percentual do consumo de energia por processo/equipamento, a representação destes na demanda local. Logo, fez-se necessário a geração de curvas médias diárias de carga de cada processo/equipamento, de modo a gerar a curva média diária de carga total dos estabelecimentos. Porém, diante da não simultaneidade das medições e, da não similaridade no tempo de execução dos processos e nos horários de processamento do leite, a sobreposição aleatória das curvas de carga de cada processo/equipamento tornou-se incoerente mediante a curva total de carga avaliada.

Desta forma, buscou-se a geração do que foi intitulado de “curvas representativas diárias”, as quais visaram apresentar um comportamento “padrão” da demanda local ao longo de um dia de operação. Tais curvas foram obtidas analiticamente, mediante sobreposição dos dias avaliados (para cada processo/equipamento), onde posteriormente, excluiu-se as curvas não semelhantes e selecionou-se um perfil que foi adotado como sendo a curva representativa do processo (a

semelhança dos perfis foi feita visualmente).

De forma resumida, o processo de geração da curva média seguiu as seguintes etapas:

- **Etapa 1** – Sobreposição dos dias avaliados;

Mediante a curva de carga do período avaliado (Figura Ex.1), faz-se a sobreposição dos dias avaliados (Figura Ex.2).

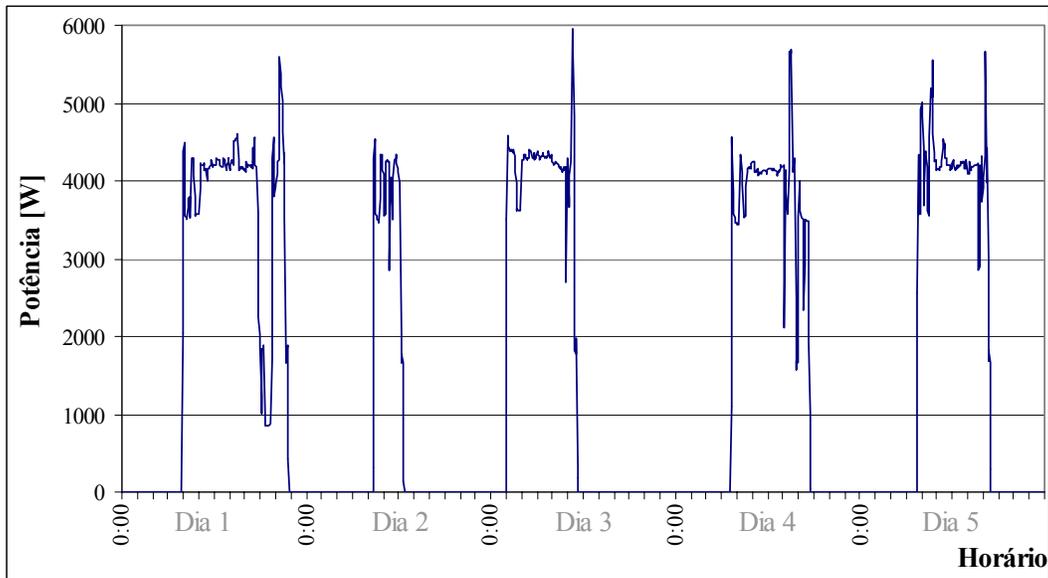


Figura A.Ex1 – Curva de carga do período avaliado

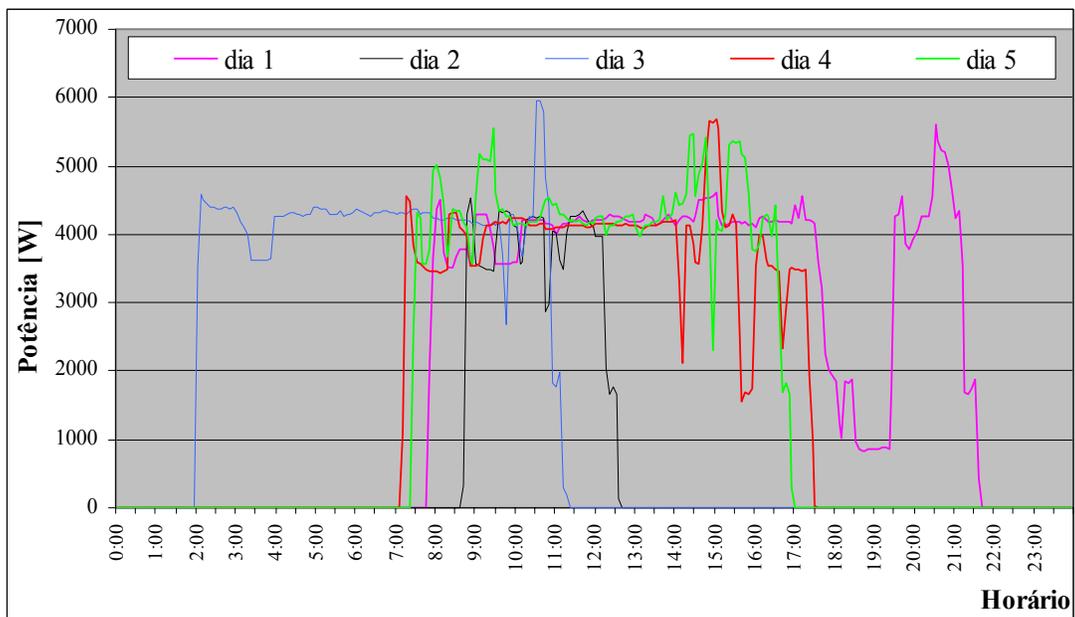


Figura A.Ex2 – Curvas sobrepostas dos dias avaliados

• **Etapa 2** – Exclusão das curvas não semelhantes (Visual)

Visualmente, excluem-se as curvas não semelhantes, que são as do dia 1, dia 2 e dia 3 (Figura Ex.3).

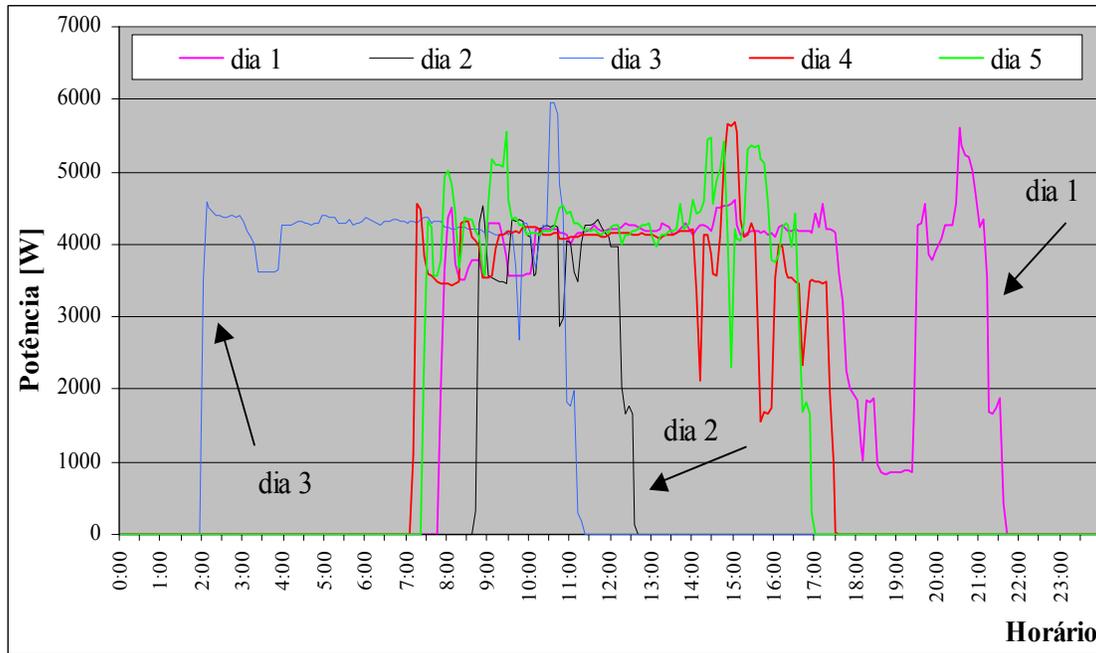


Figura A.Ex3 – Indicação das curvas excluídas

Seleciona-se dentre as curvas restantes a que melhor representa a curva de demanda diária (Figura Ex.4).

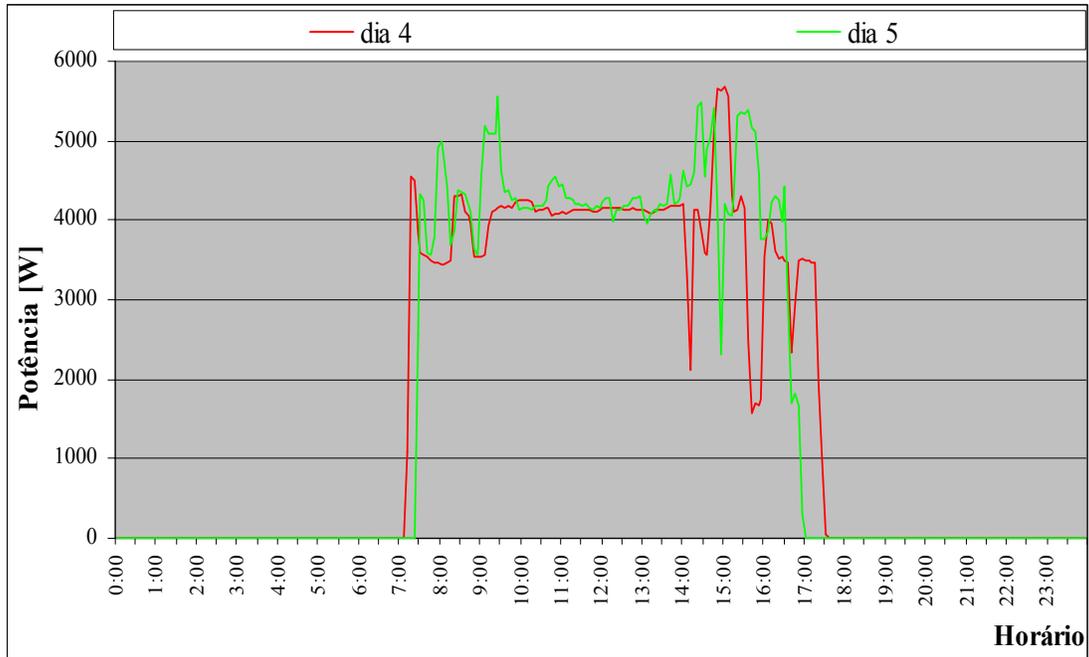


Figura A.Ex4 – Curvas semelhantes

• **Etapa 3** – Seleção da curva representativa diária.

A partir da Figura Ex.5, seleciona-se a curva para representar a curva de demanda diária. Neste caso, a curva do dia 5 por apresentar menor oscilação no final do processo. Assim, tem-se a curva final (Figura Ex.5).

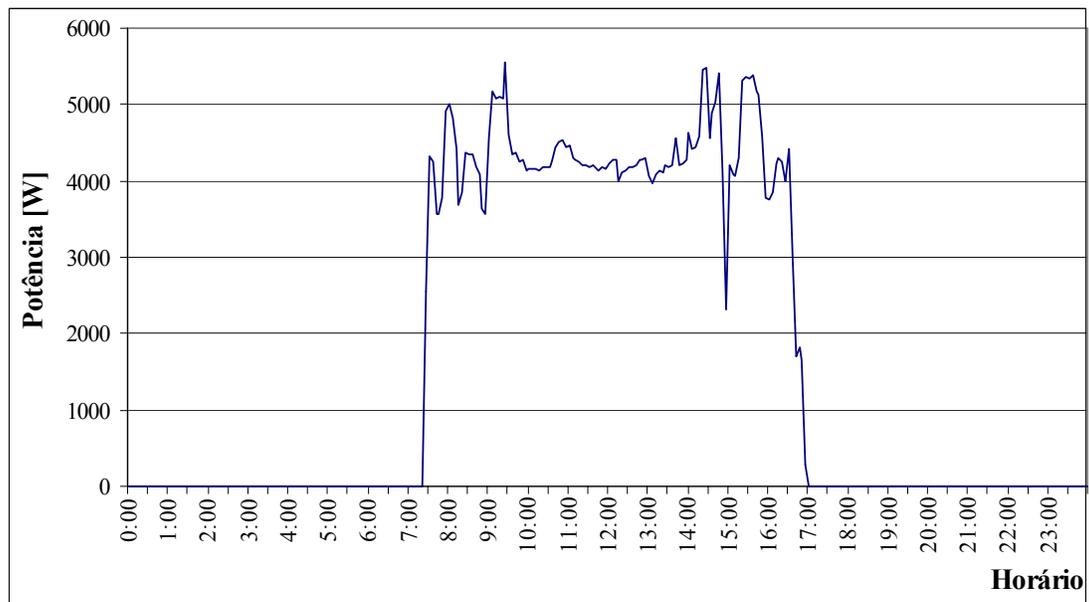


Figura A.Ex5 – Curva representativa diária

Granja Leiteira 1

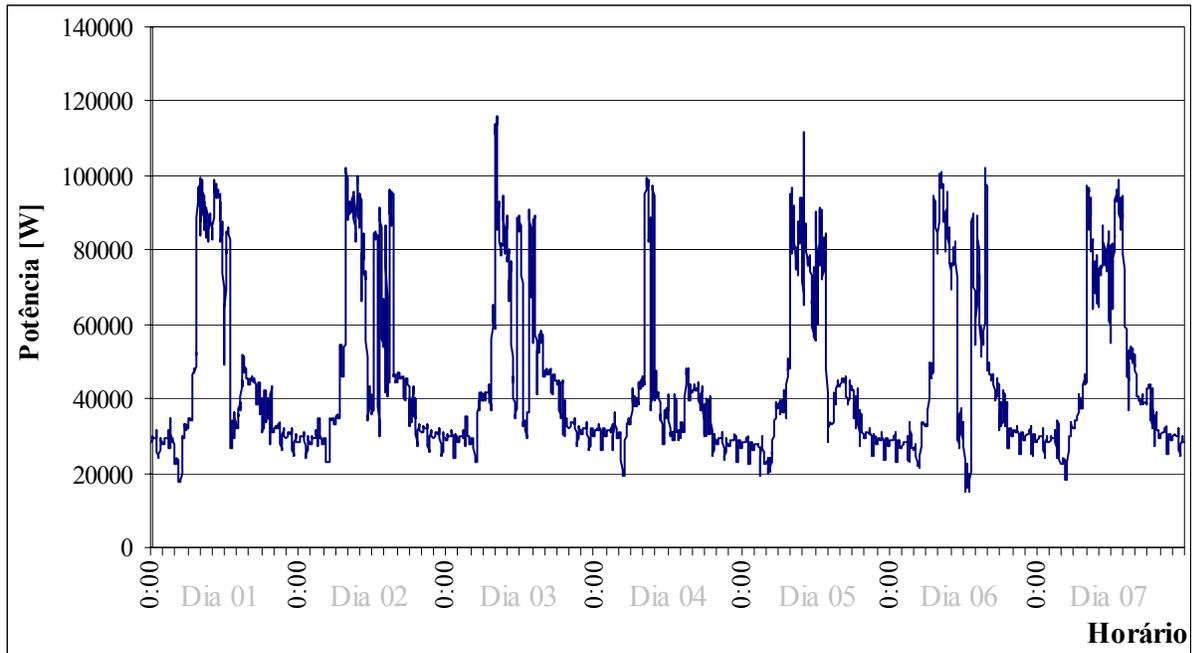


Figura A.1 – Curva da demanda Total – GL1

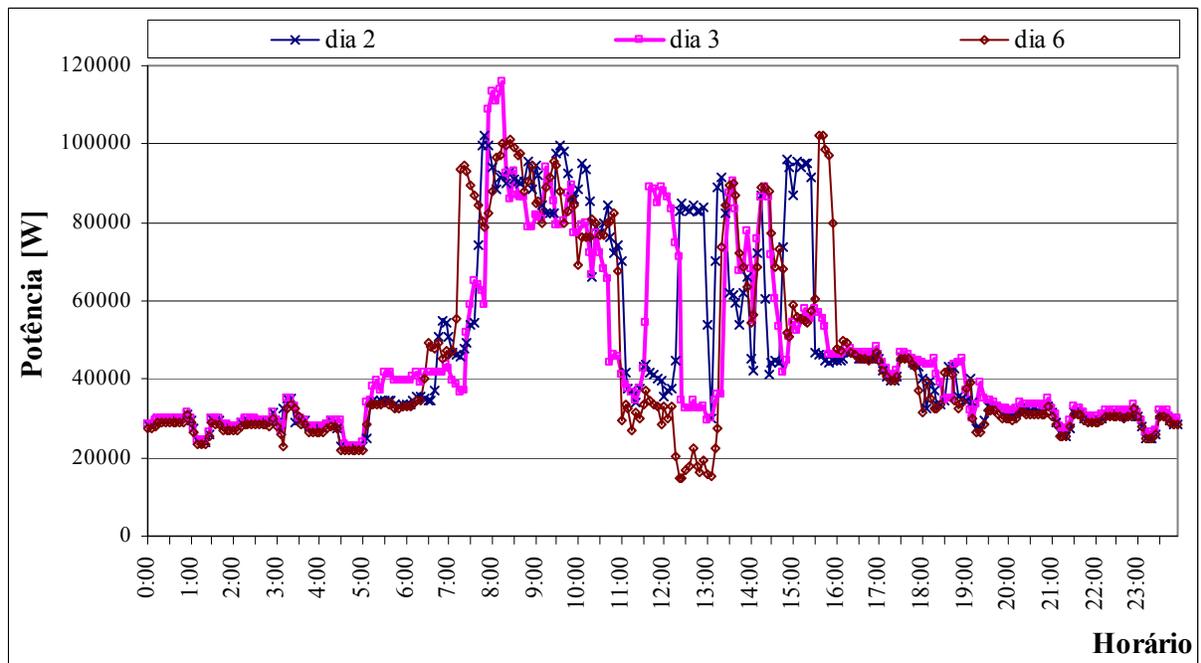


Figura A.2 – Curvas sobrepostas da demanda Total – GL1

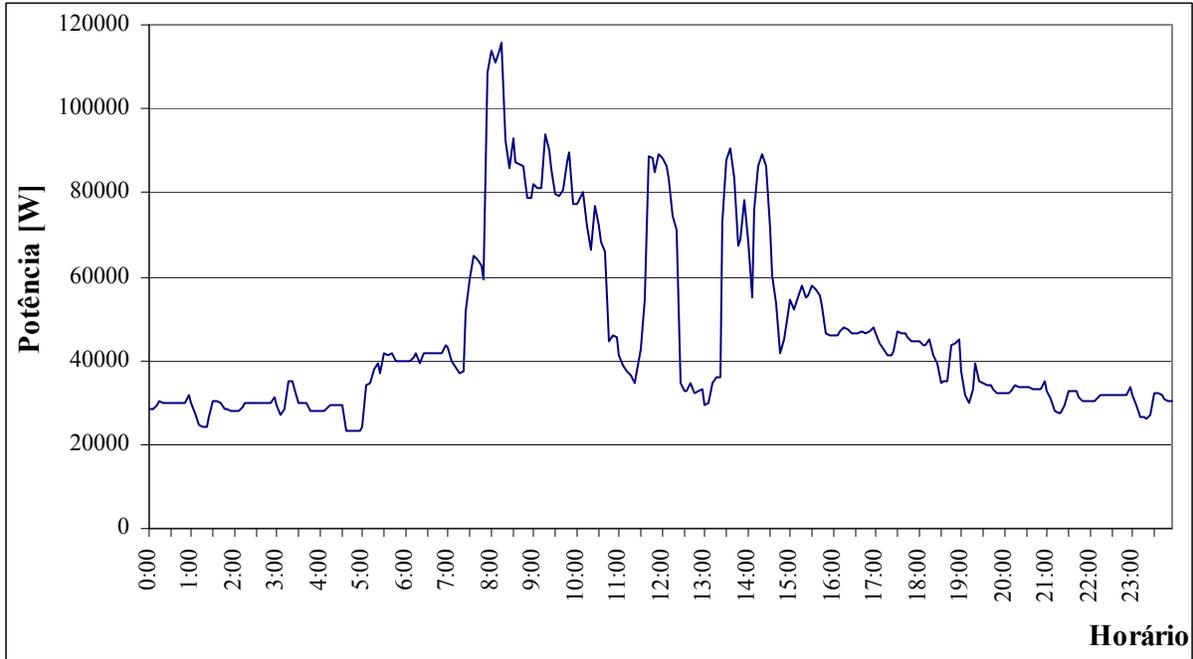


Figura A.3 – Curva de demanda representativa diária (dia 3) – GL1

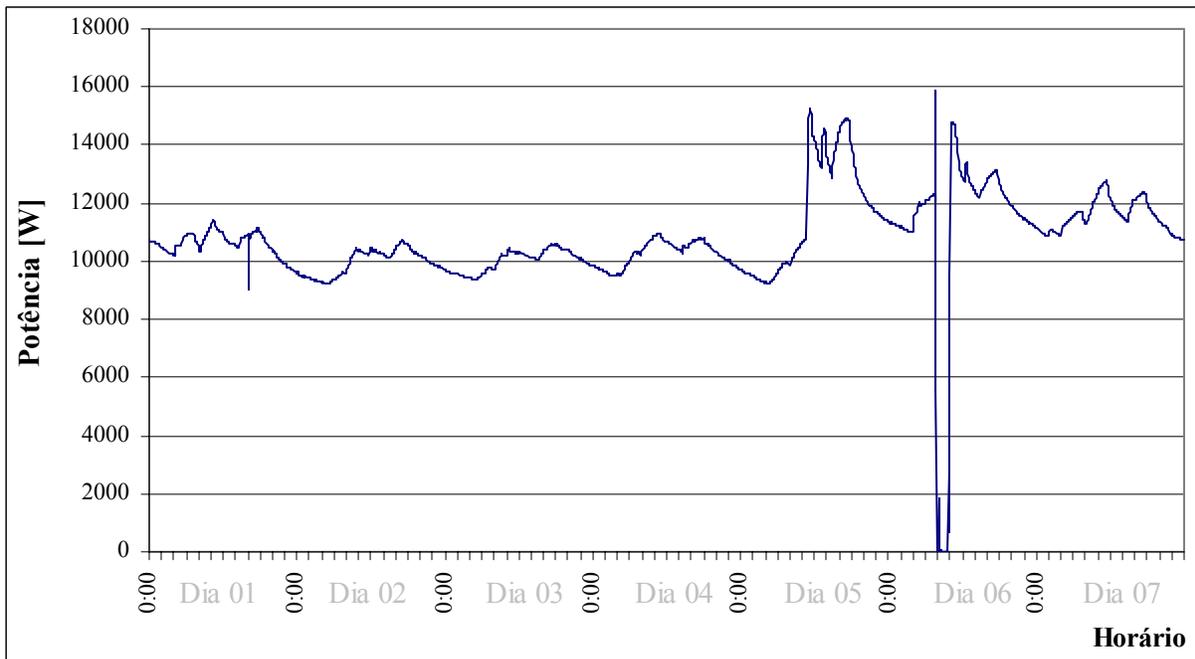


Figura A.4 – Curva de demanda do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL1

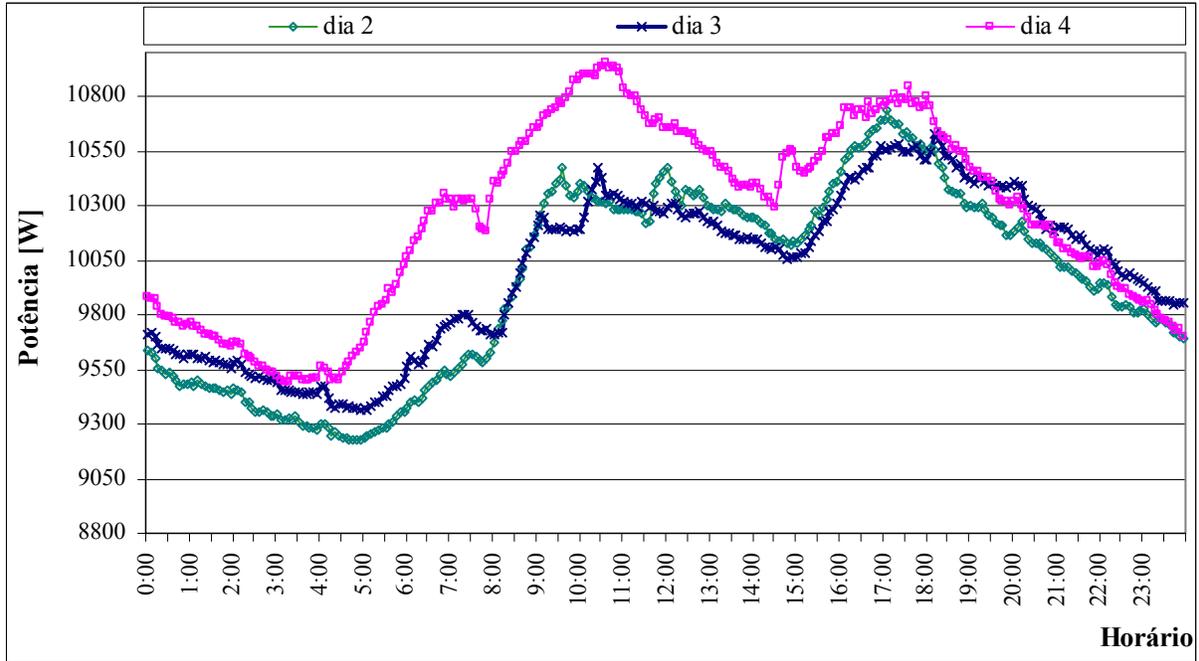


Figura A.5 – Curvas sobrepostas de demanda do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL1

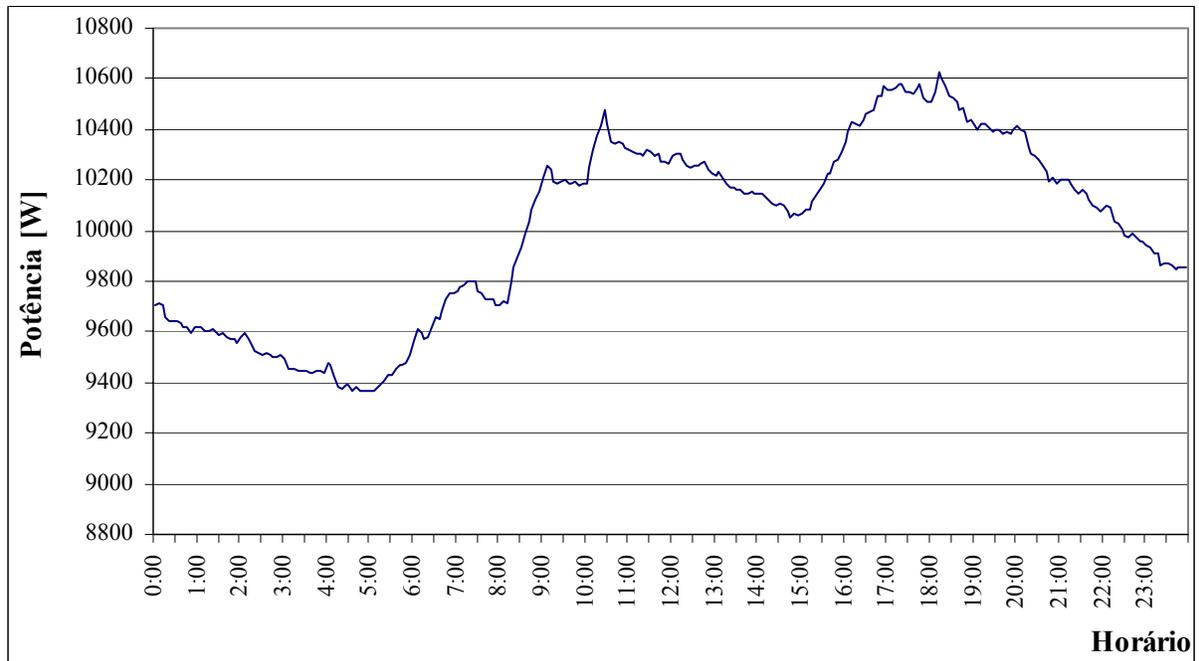


Figura A.6 – Curva de demanda representativa diária do Sistema de Refrigeração do Banco de Gel (dia 3) – GL1

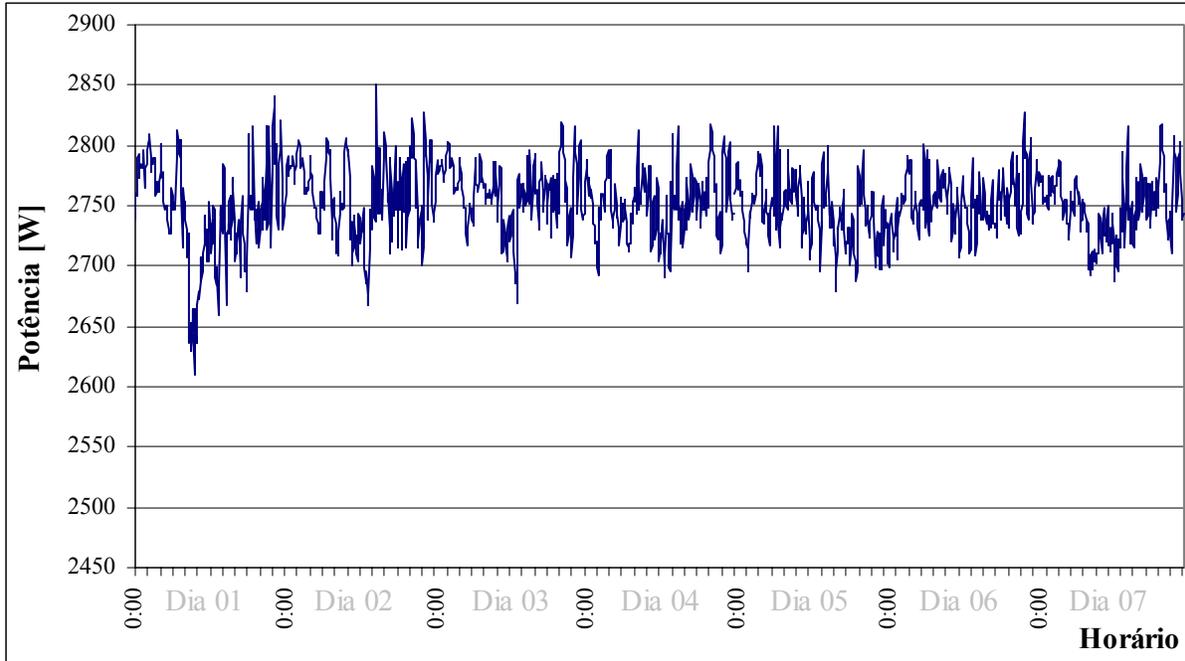


Figura A.7 – Curva de demanda do Tanque Acumulador de Água Quente – GL1

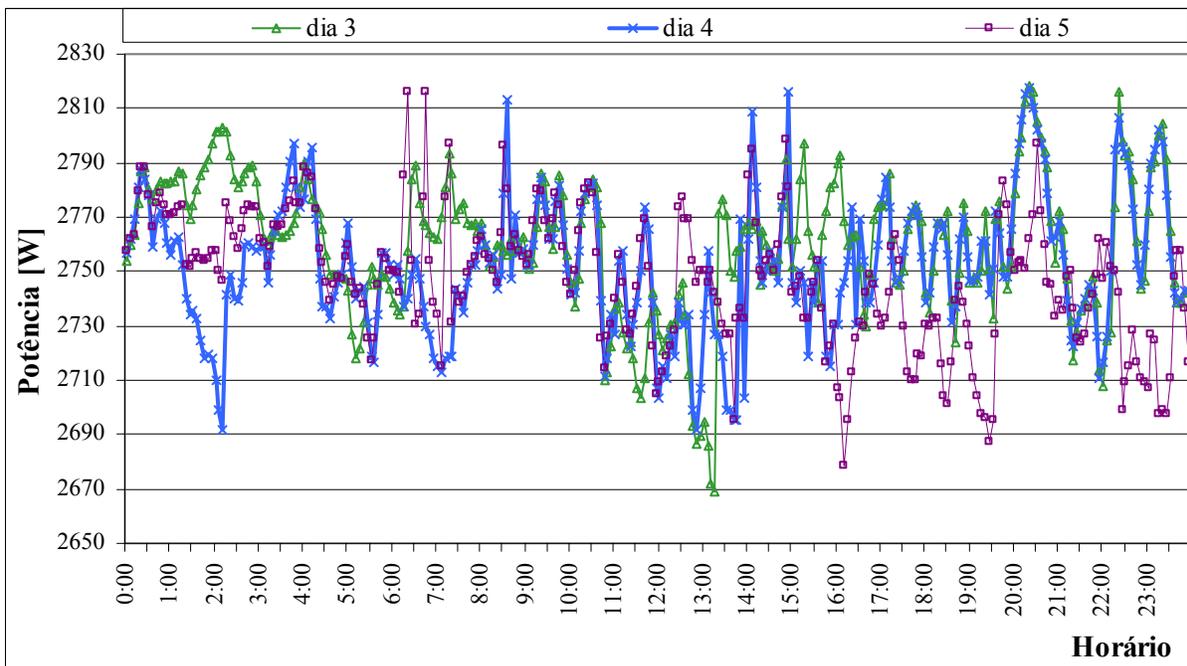


Figura A.8 – Curvas sobrepostas de demanda do Tanque Acumulador de Água Quente – GL1

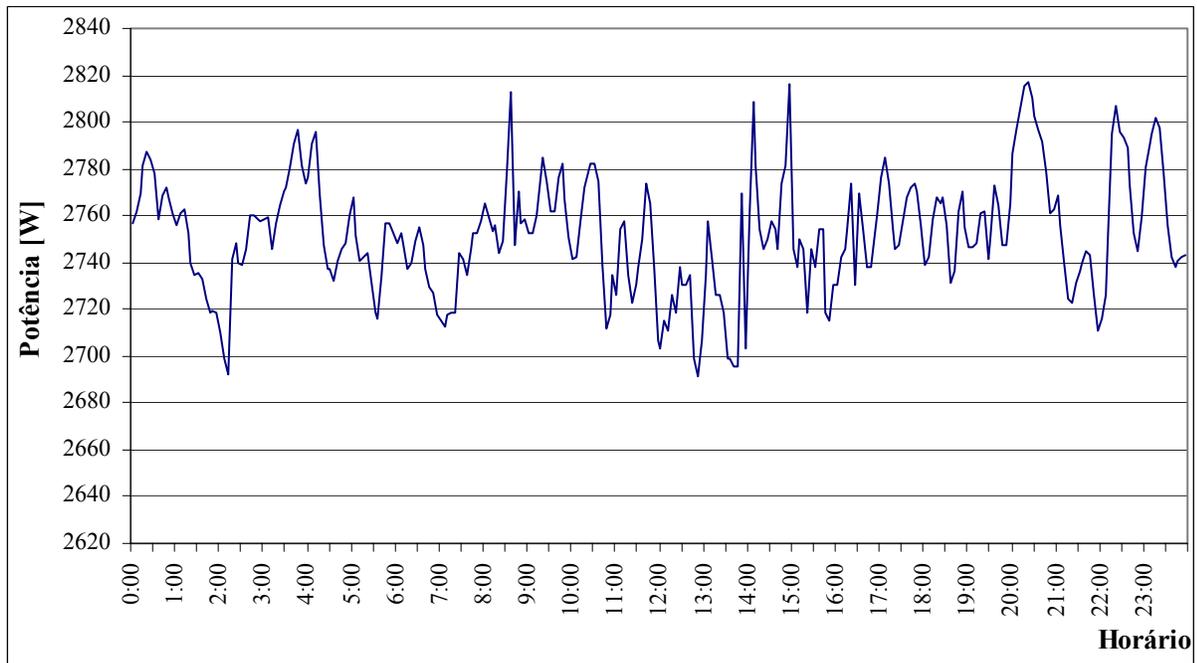


Figura A.9 – Curva de demanda representativa diária do Tanque Acumulador de Água Quente (dia 4) – GL1

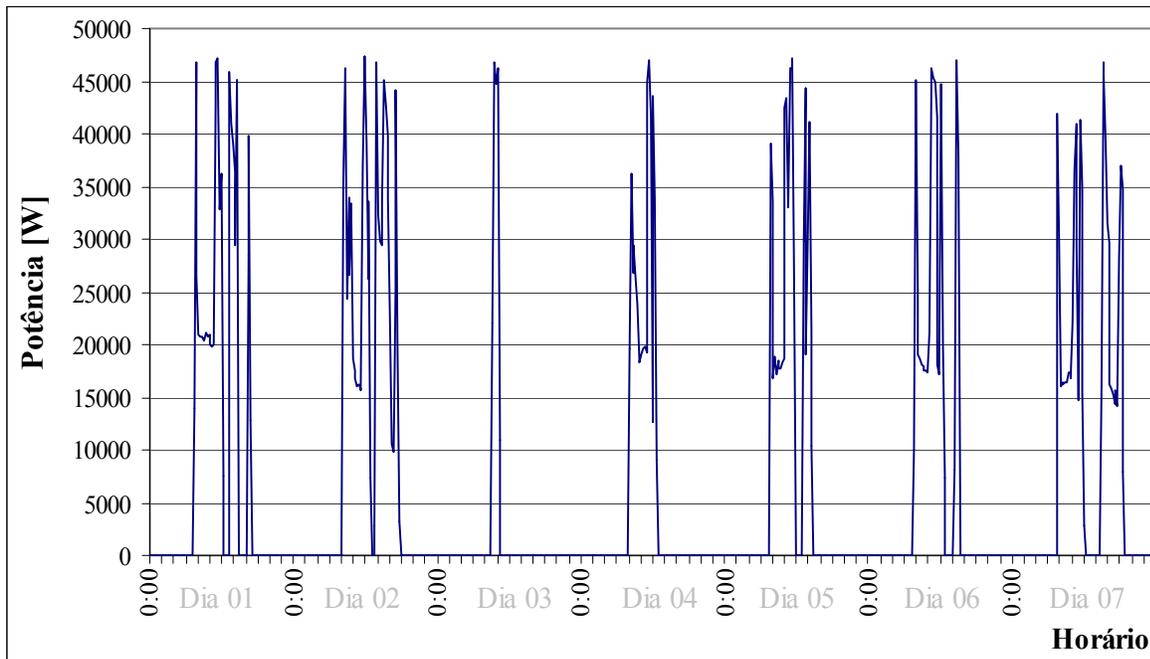


Figura A.10 – Curva de demanda do Aquecedor Elétrico de Passagem – GL1

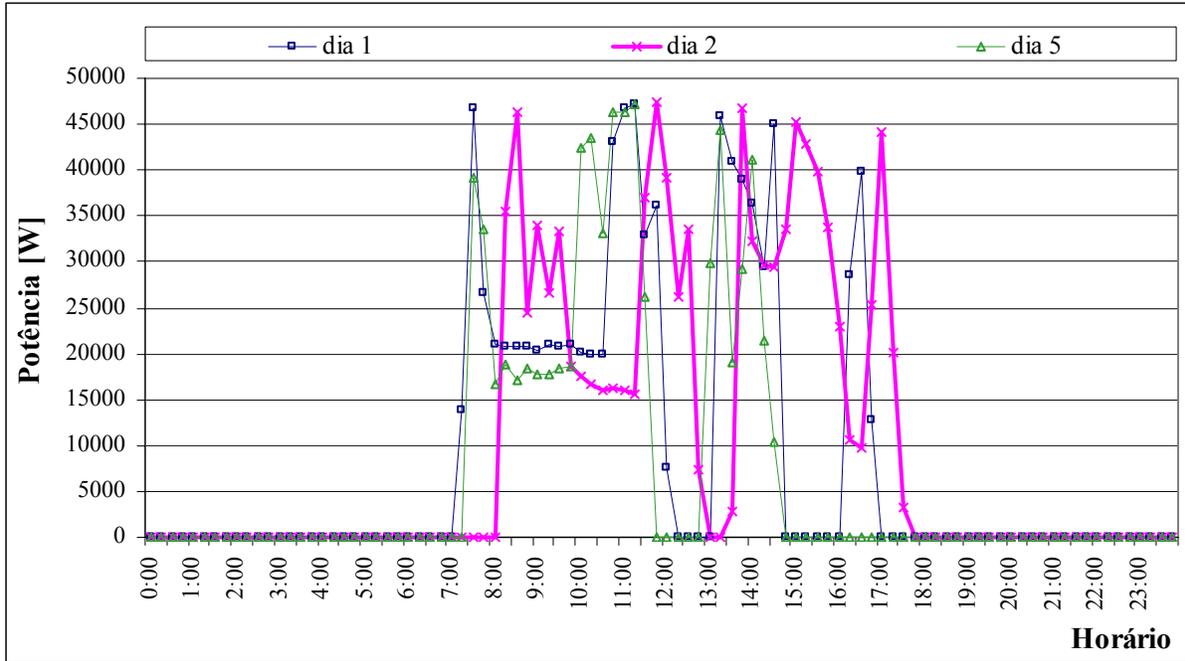


Figura A.11 – Curvas sobrepostas de demanda do Aquecedor Elétrico de Passagem – GL1

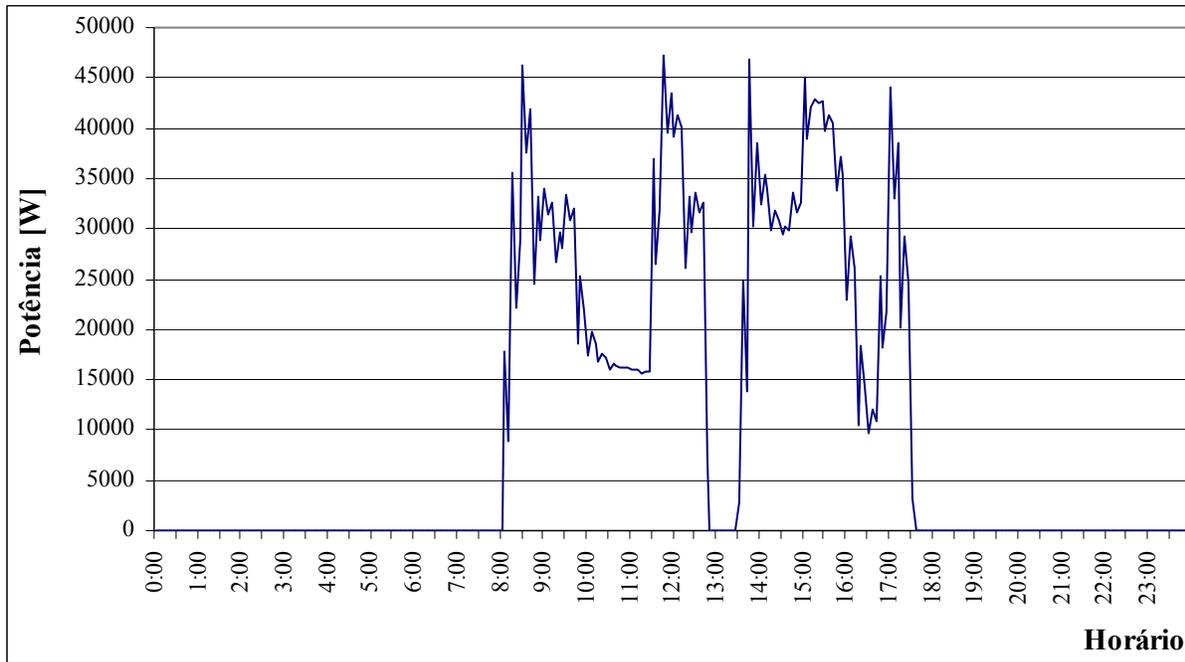


Figura A.12 – Curva de demanda representativa diária do Aquecedor Elétrico de Passagem (dia 2) – GL1

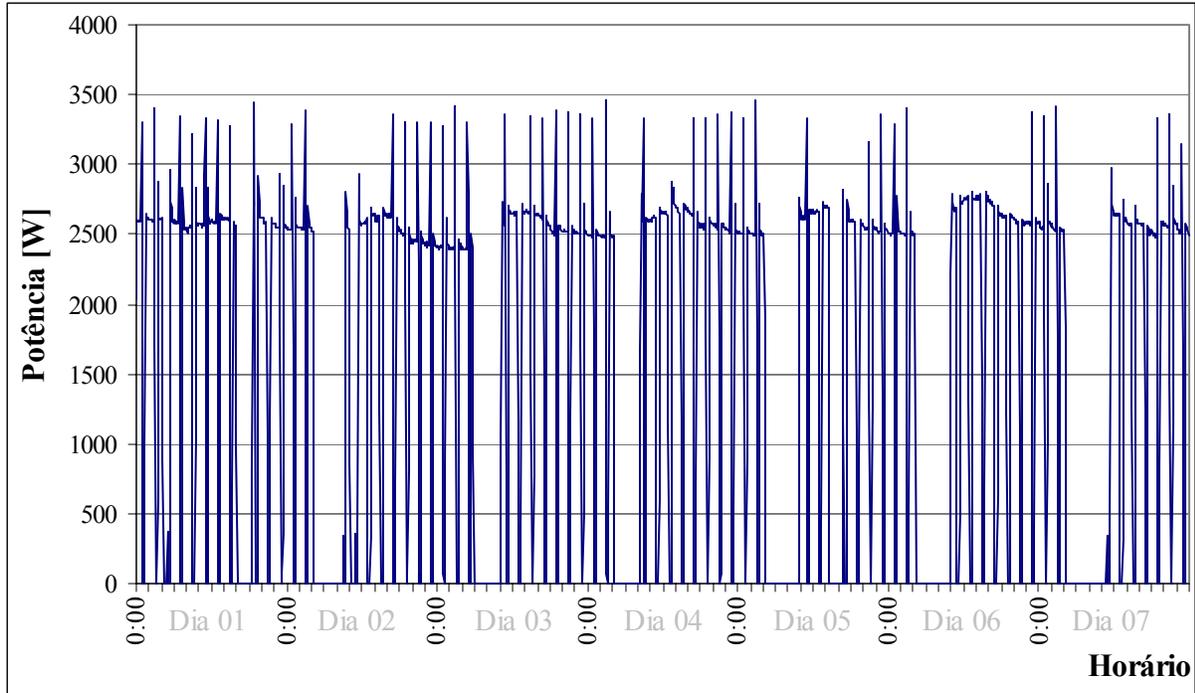


Figura A.13 – Curva de demanda da Câmara Fria 1 – GL1

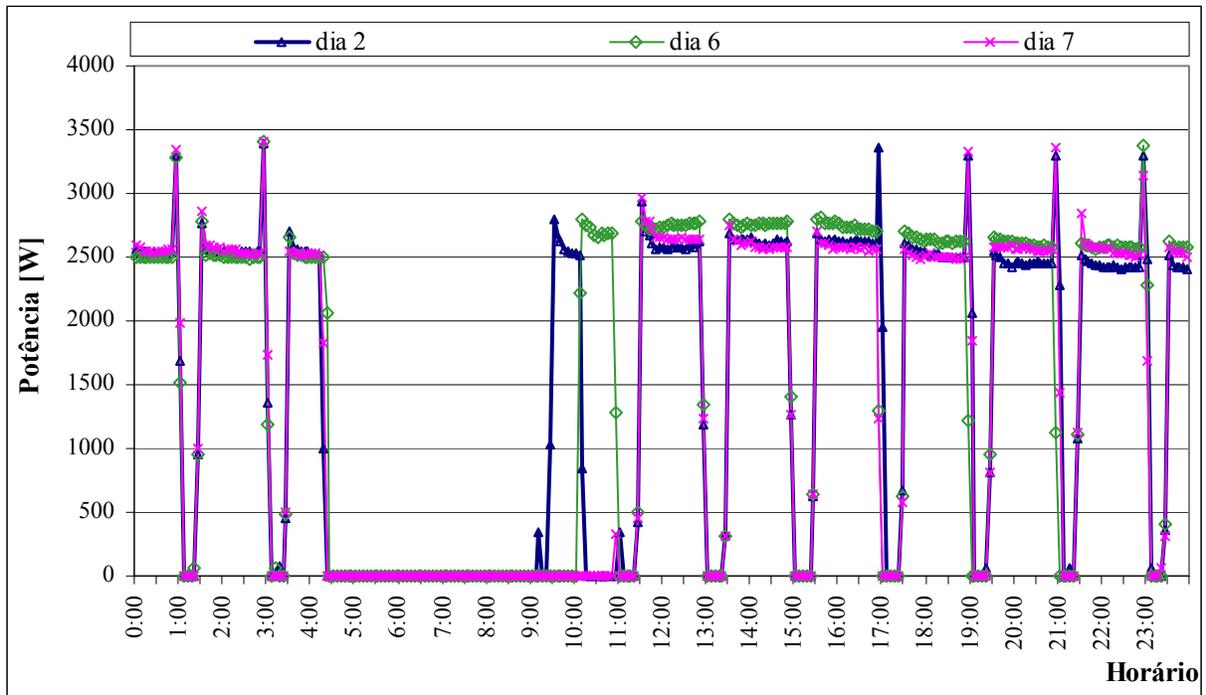


Figura A.14 – Curvas sobrepostas de demanda da Câmara Fria 1 – GL1

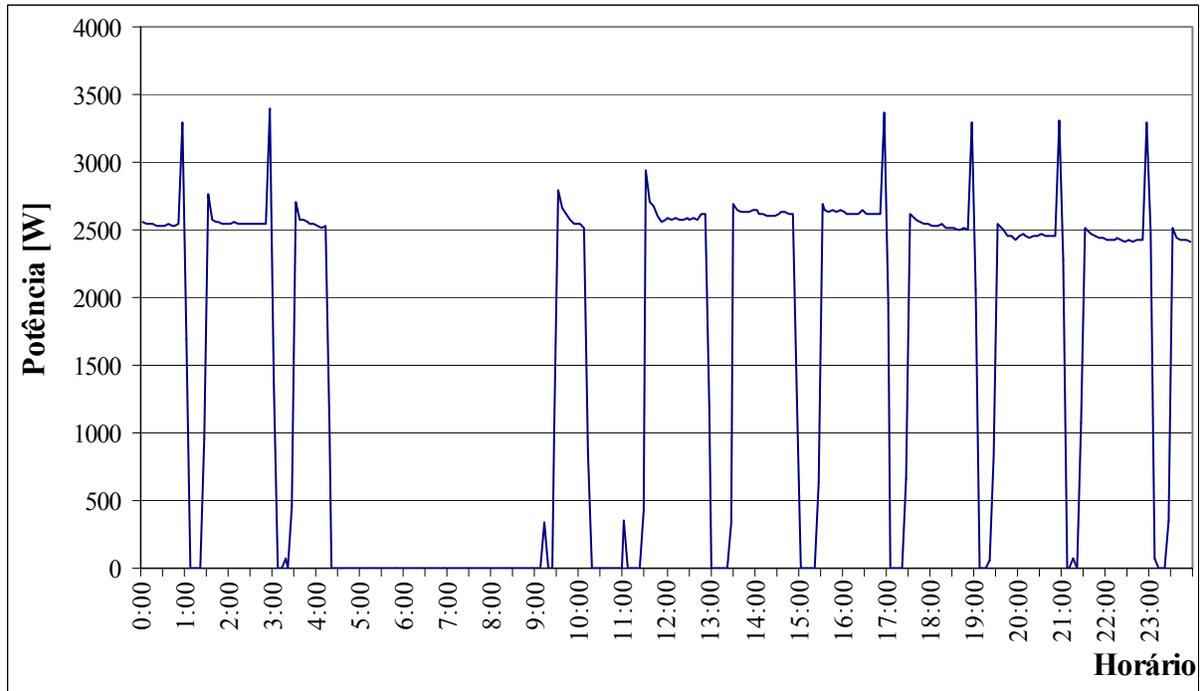


Figura A.15 – Curva de demanda representativa diária da Câmara Fria 1 (dia 2) – GL1

Granja Leiteira 2

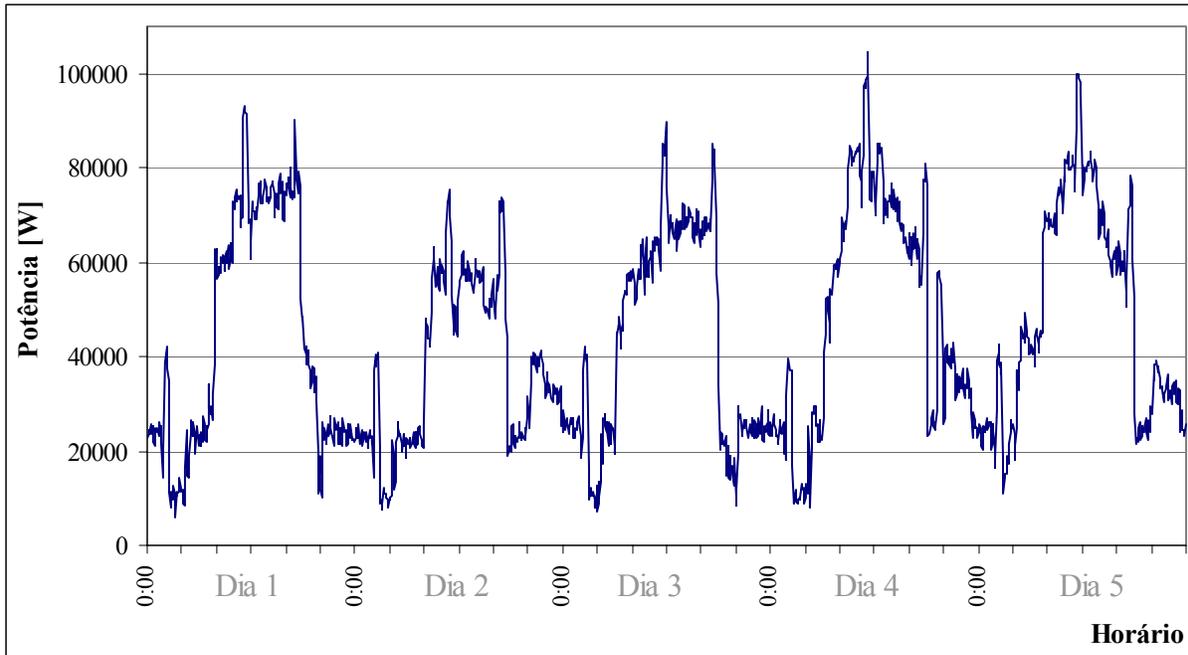


Figura A.16 – Curva da demanda Total – GL2

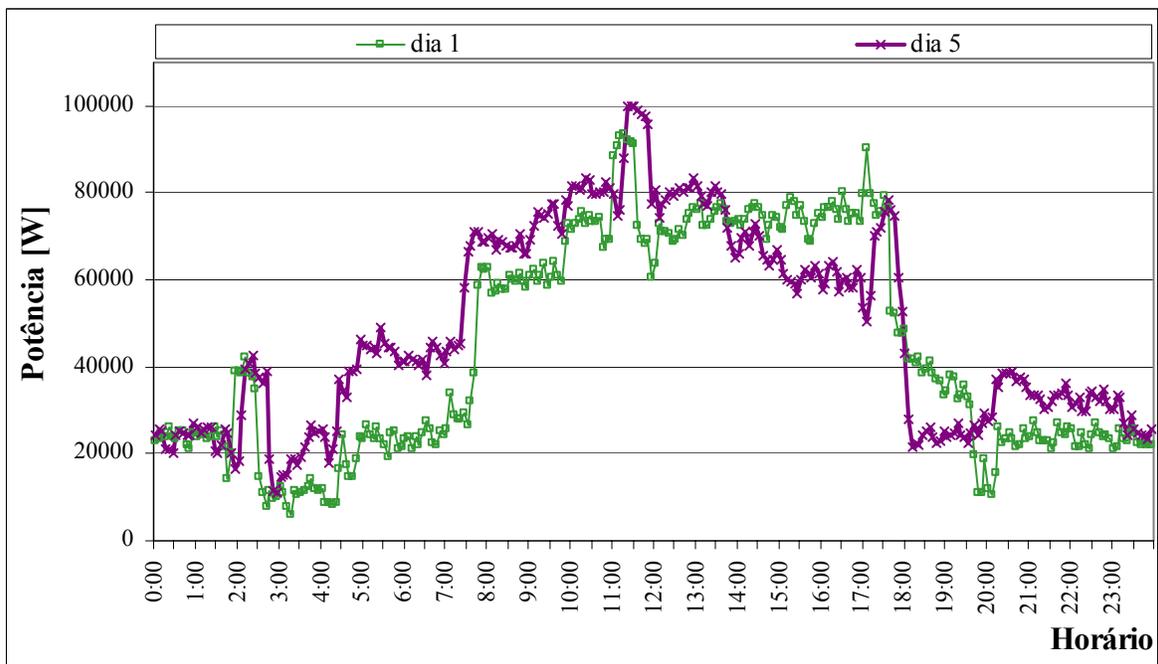


Figura A.17 – Curvas sobrepostas da demanda Total – GL2

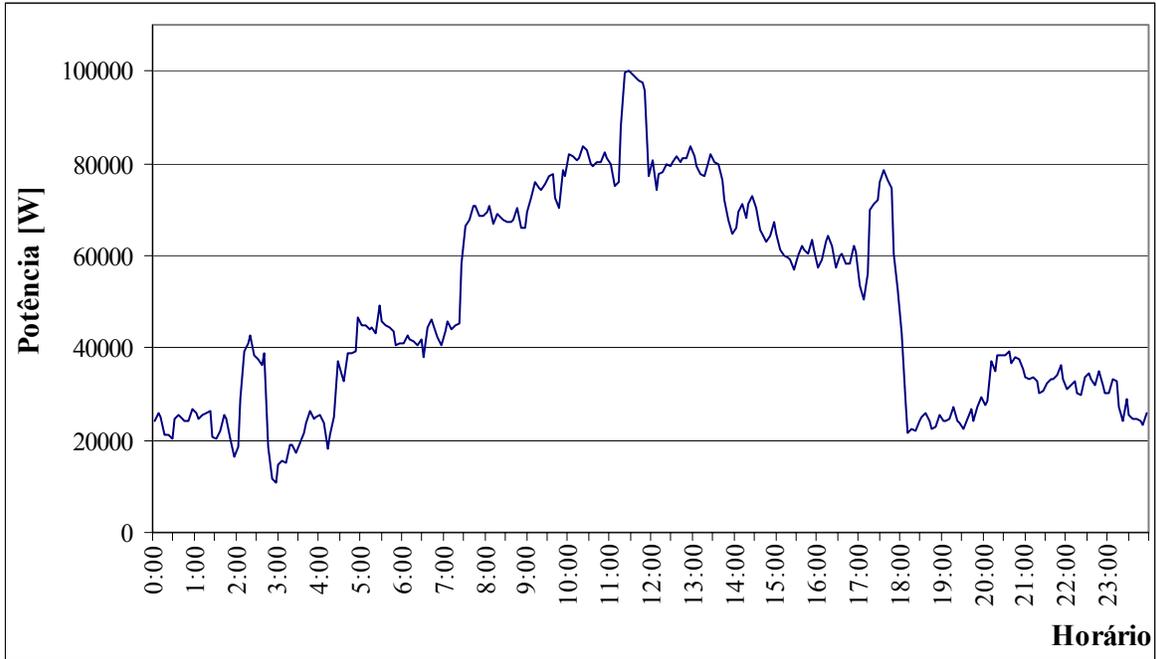


Figura A.18 – Curva da demanda representativa diária Total (dia 5) – GL2

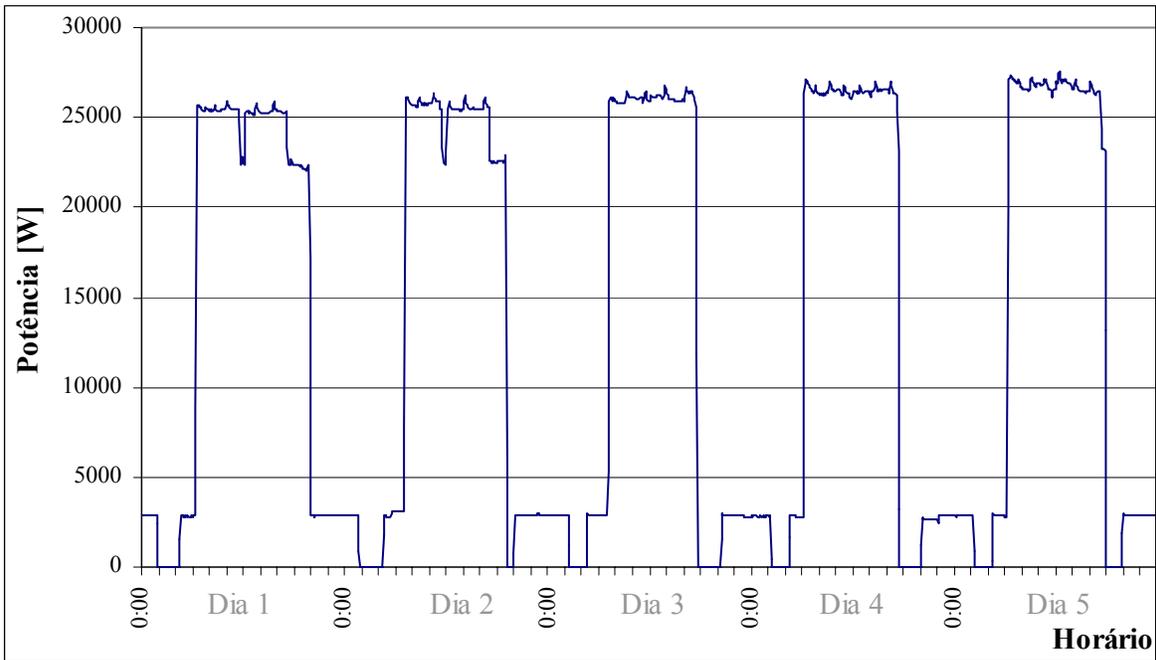


Figura A.19 – Curva da demanda do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL2

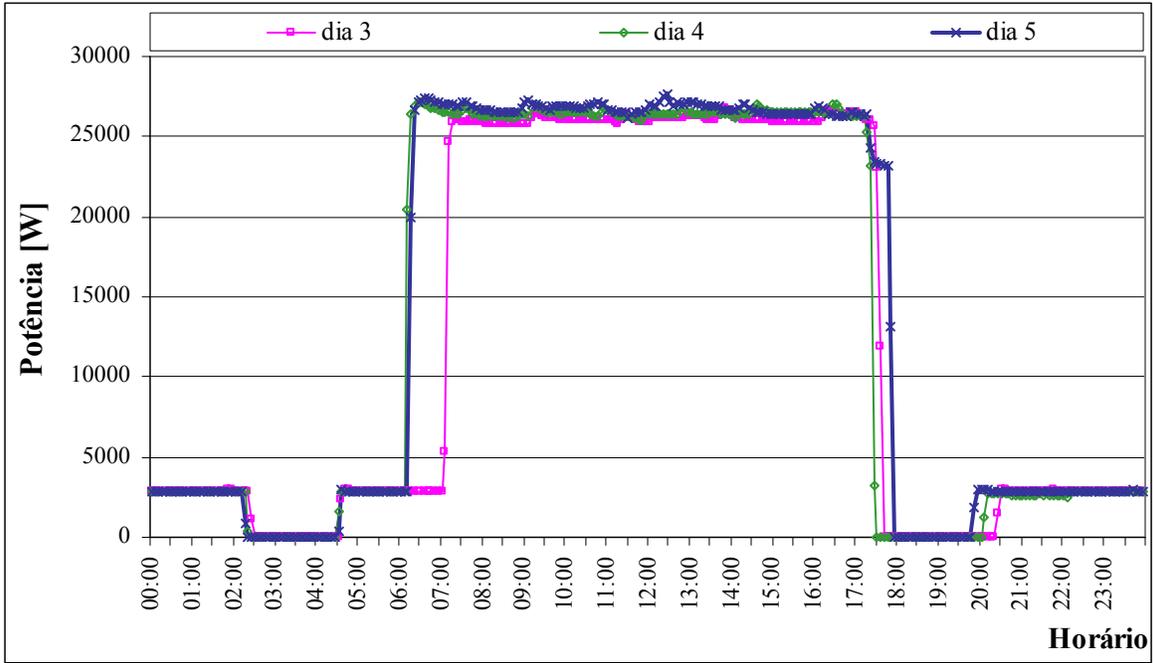


Figura A.20 – Curvas sobrepostas da demanda do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo – GL2

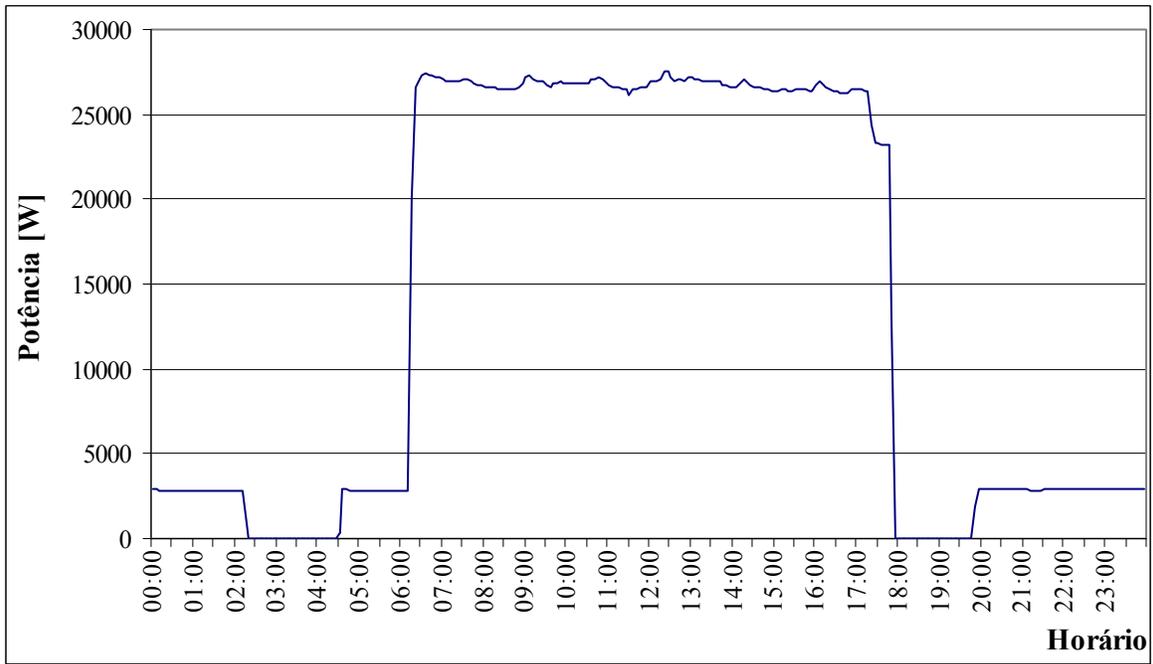


Figura A.21 – Curva da demanda representativa diária do Sistema de Refrigeração do Banco de Gelo (dia 5) – GL2

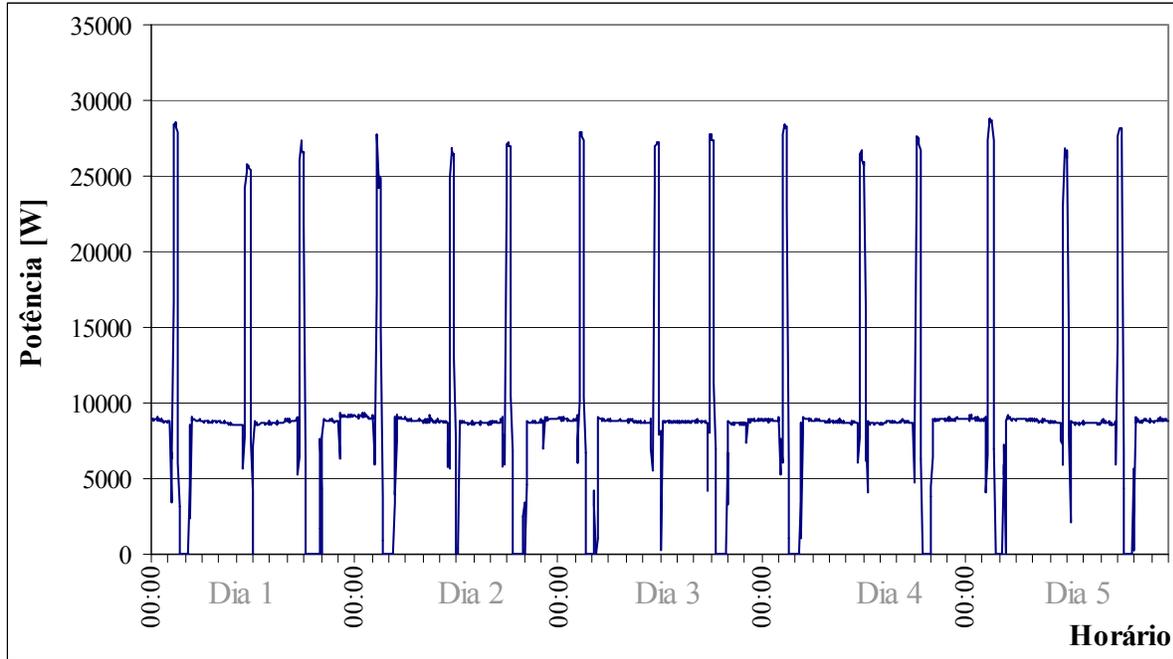


Figura A.22 – Curva da demanda dos Motores Elétricos das Bombas de Vácuo (Ordenha) e Resistência Elétrica de Aquecimento de água de higienização – GL2

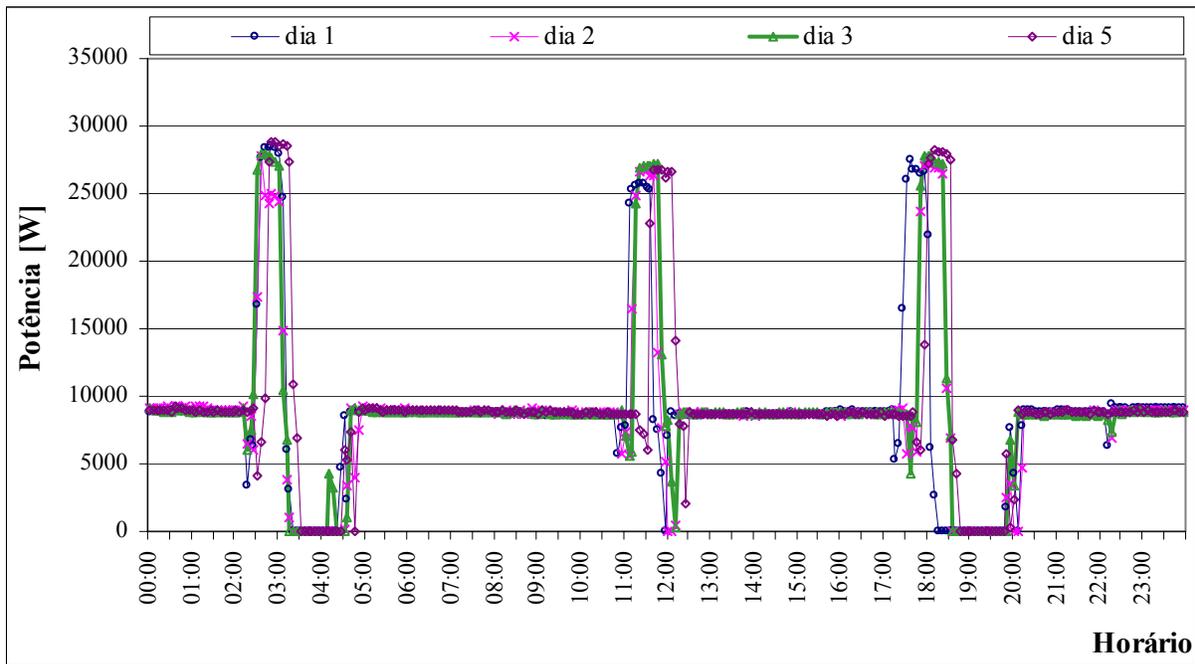


Figura A.23 – Curvas sobrepostas da demanda dos Motores Elétricos das Bombas de Vácuo (Ordenha) e Resistência Elétrica de Aquecimento de água de higienização – GL2

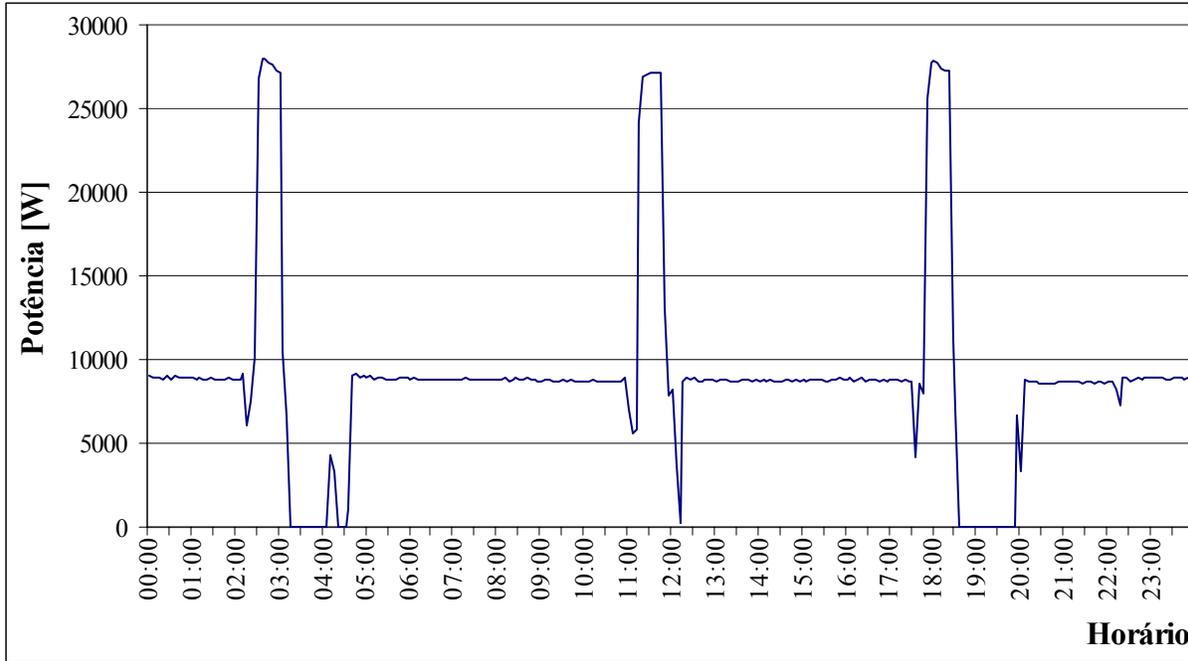


Figura A.24 – Curva da demanda média representativa dos Motores Elétricos das Bombas de Vácuo (Ordenha) e Resistência Elétrica de Aquecimento de água de higienização (dia 3) – GL2

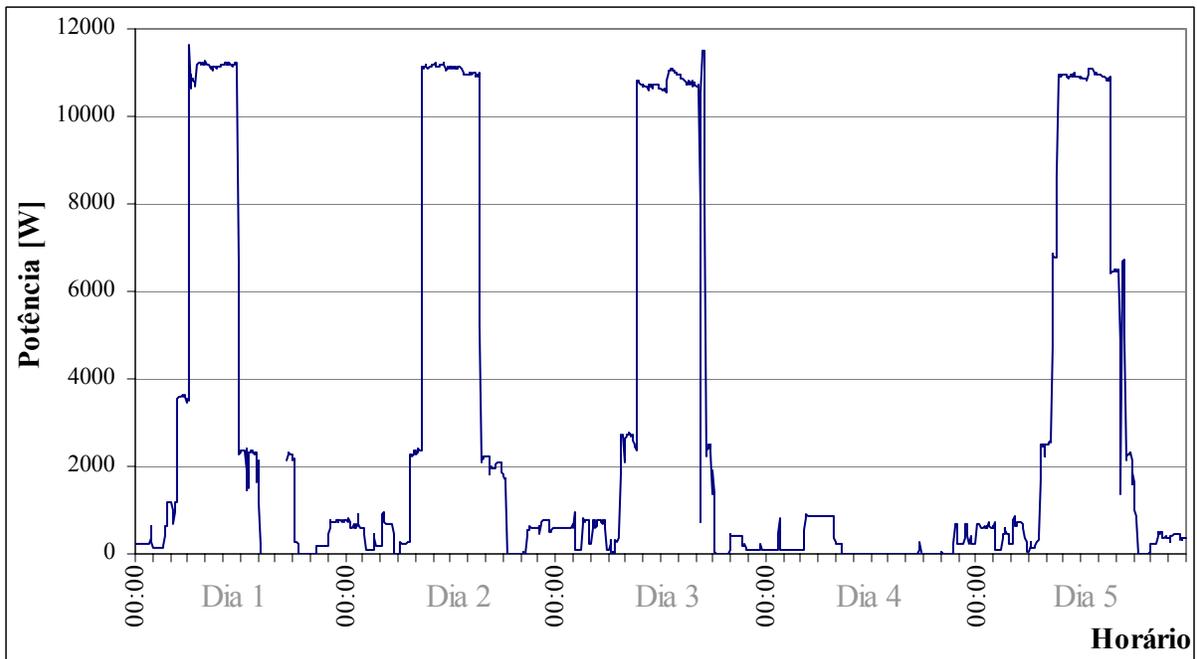


Figura A.25 – Curva da demanda do Motor Elétrico do Sistema de Homogeneização – GL2

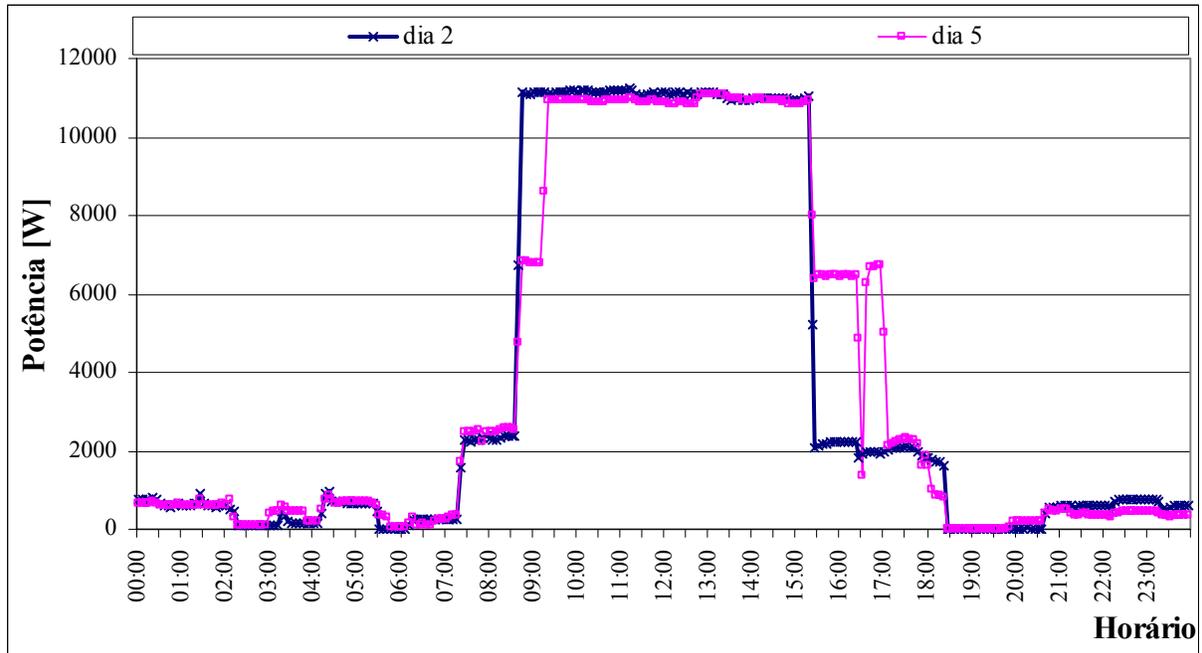


Figura A.26 – Curva s sobrepostas da demanda do Motor Elétrico do Sistema de Homogeneização – GL2

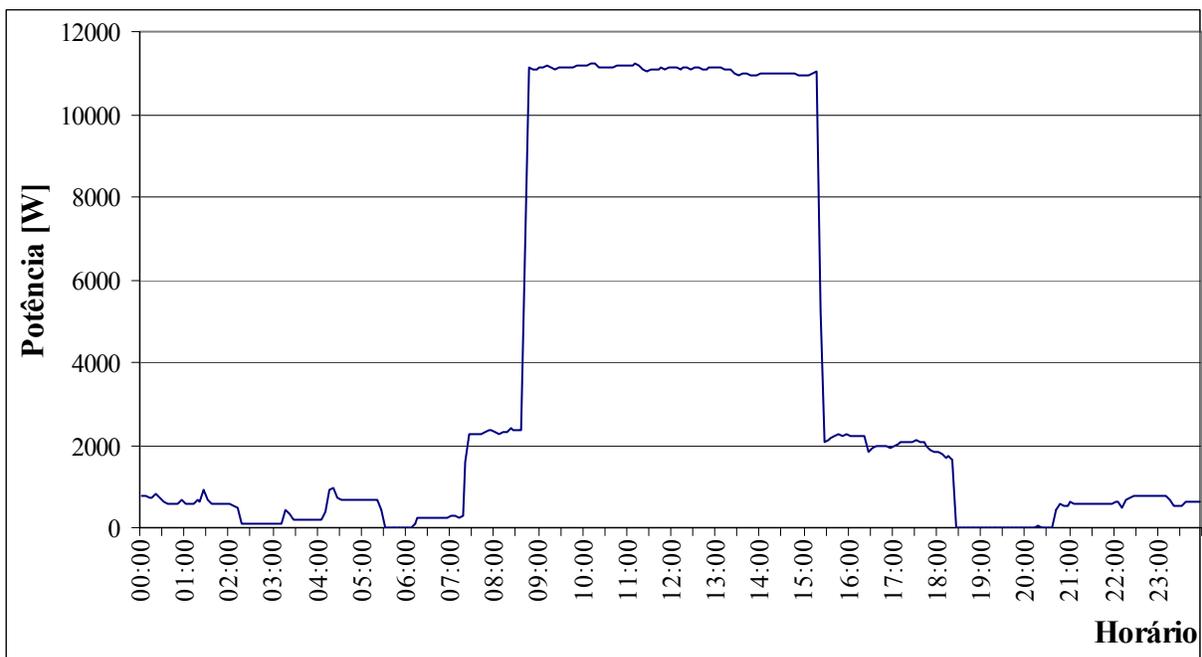


Figura A.27 – Curva da demanda representativa diária do Motor Elétrico do Sistema de Homogeneização (dia 2) – GL2

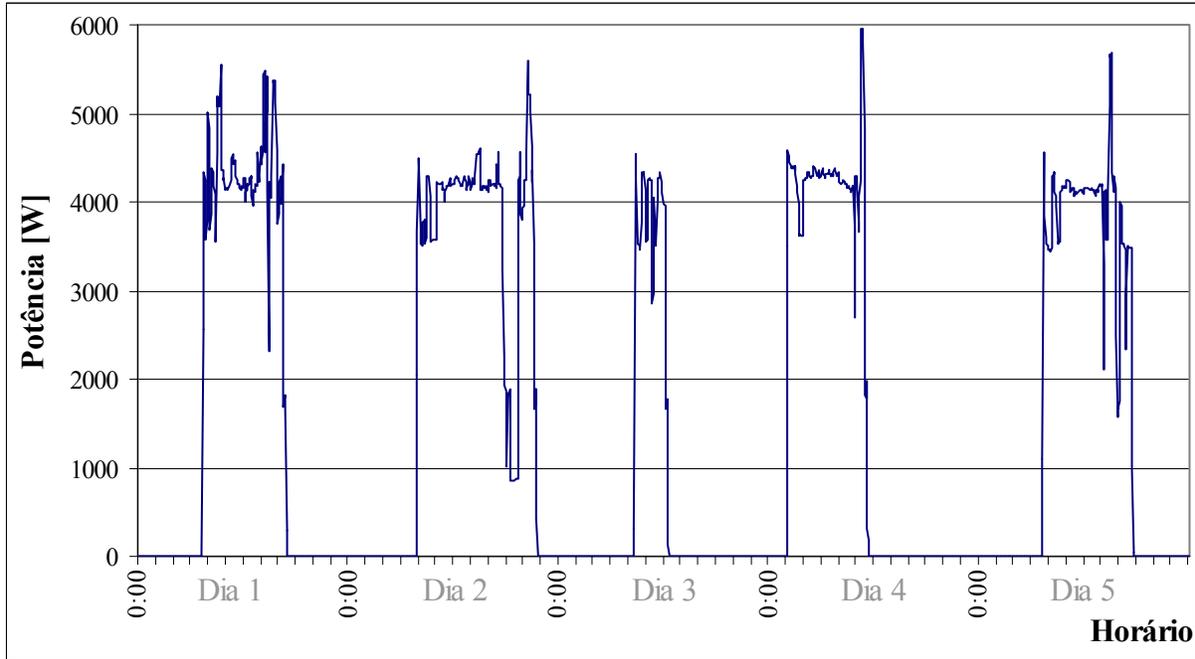


Figura A.28 – Curva da demanda da Auto-Clave – GL2

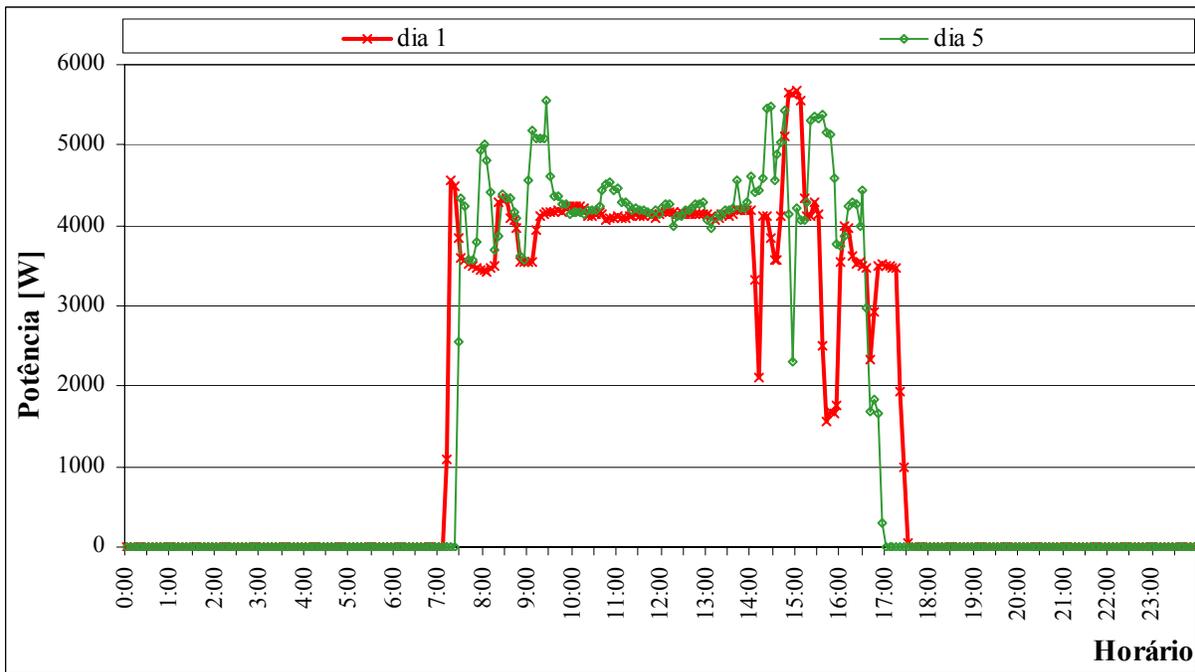


Figura A.29 – Curvas sobrepostas da demanda da Auto-Clave – GL2

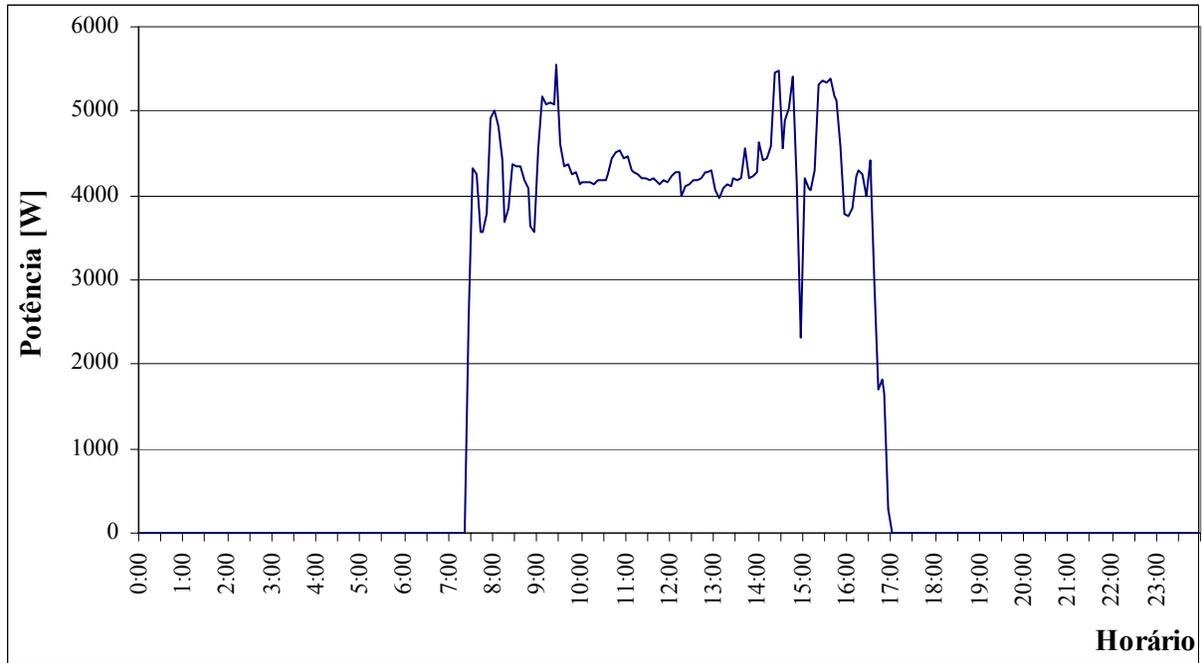


Figura A.30 – Curva da demanda representativa diária da Auto-Clave – GL2

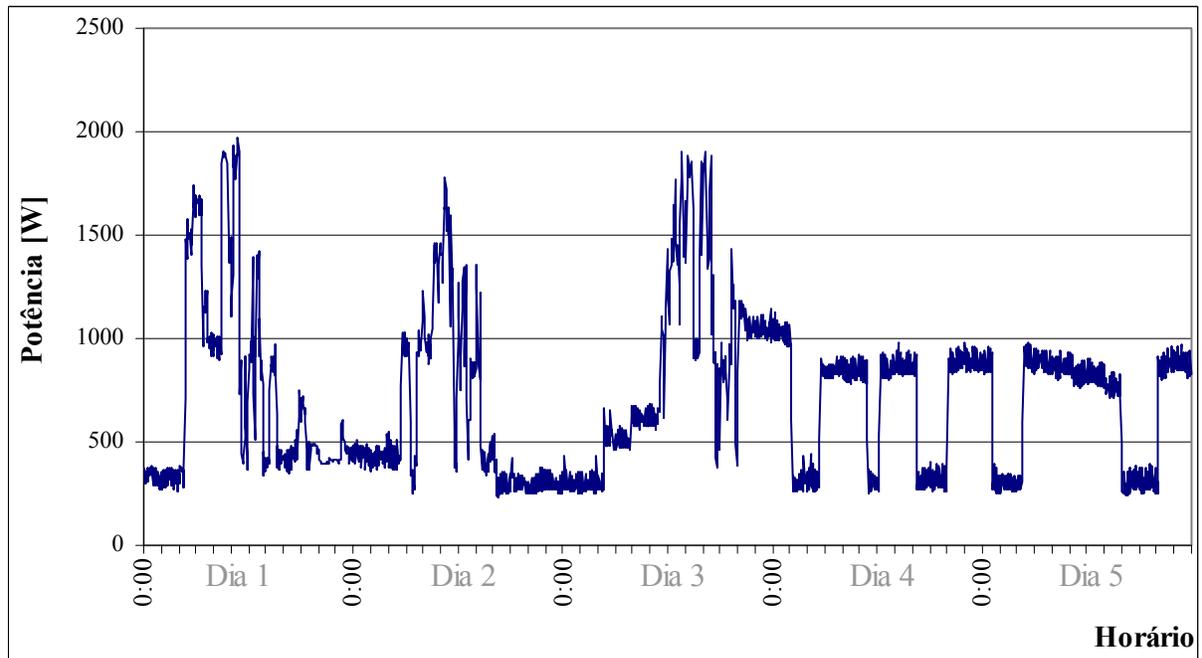


Figura A.31 – Curva da demanda do Sistema de Ênvase e Bombas de leite da Pasteurização – GL2

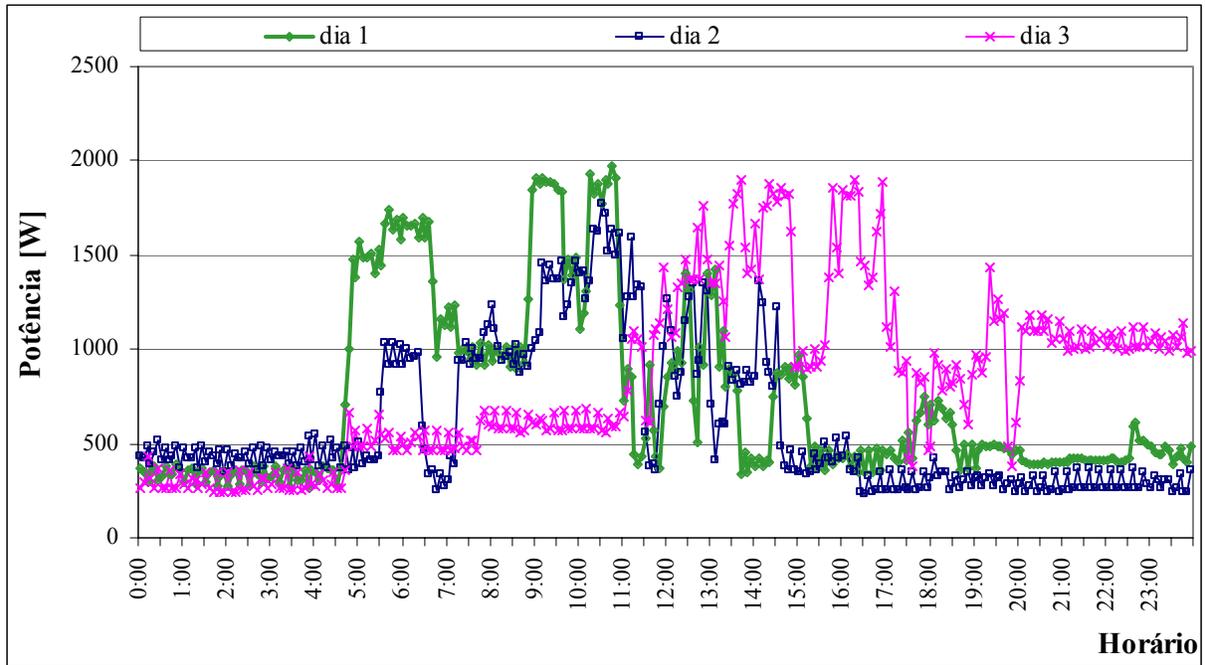


Figura A.32 – Curvas sobrepostas da demanda do Sistema de Ênvase e Bombas de leite da Pasteurização – GL2

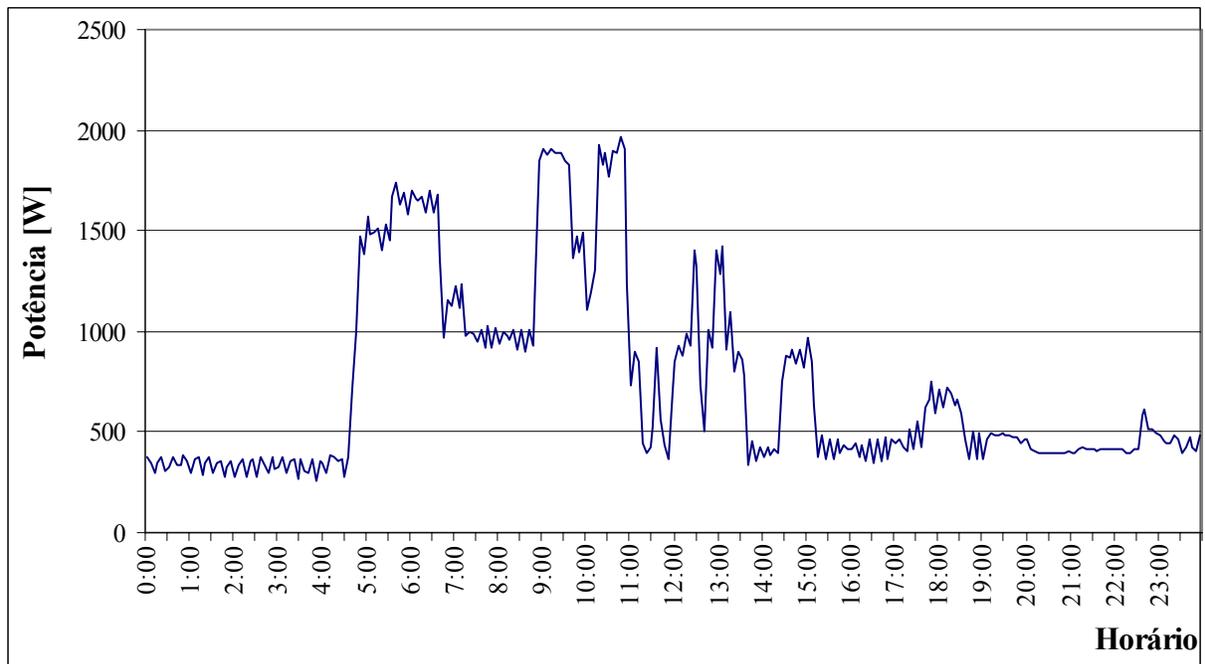


Figura A.33 – Curva da demanda representativa diária do Sistema de Ênvase e Bombas de leite da Pasteurização (dia 1) – GL2

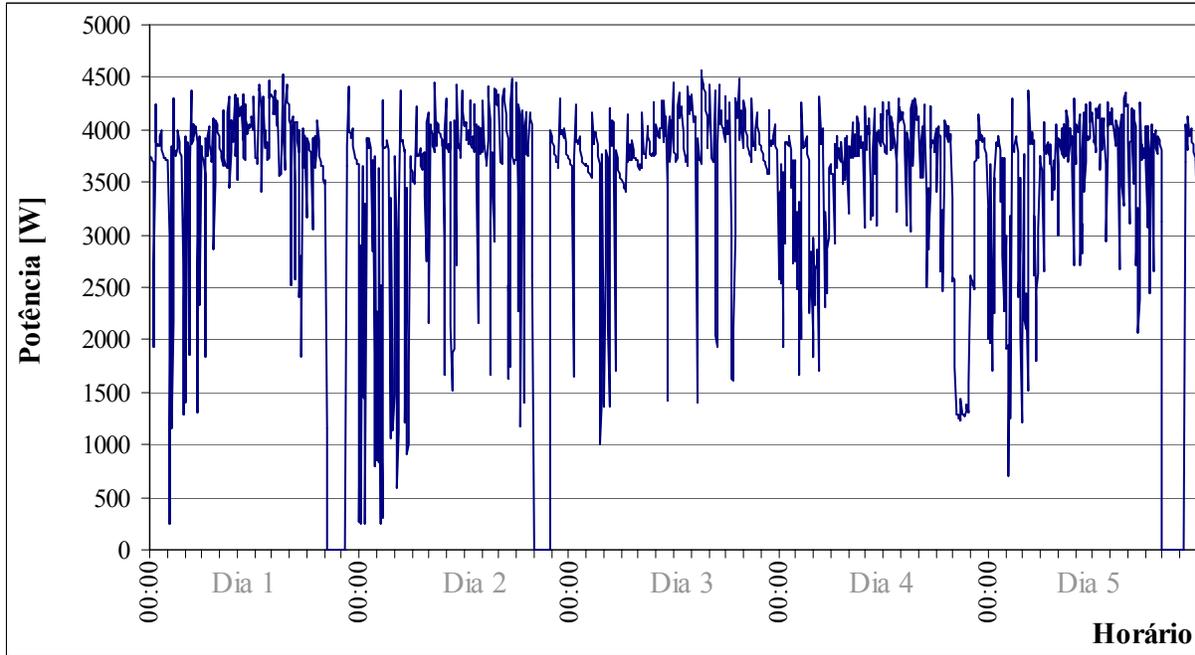


Figura A.34 – Curva da demanda da Câmara Fria 1 – GL2

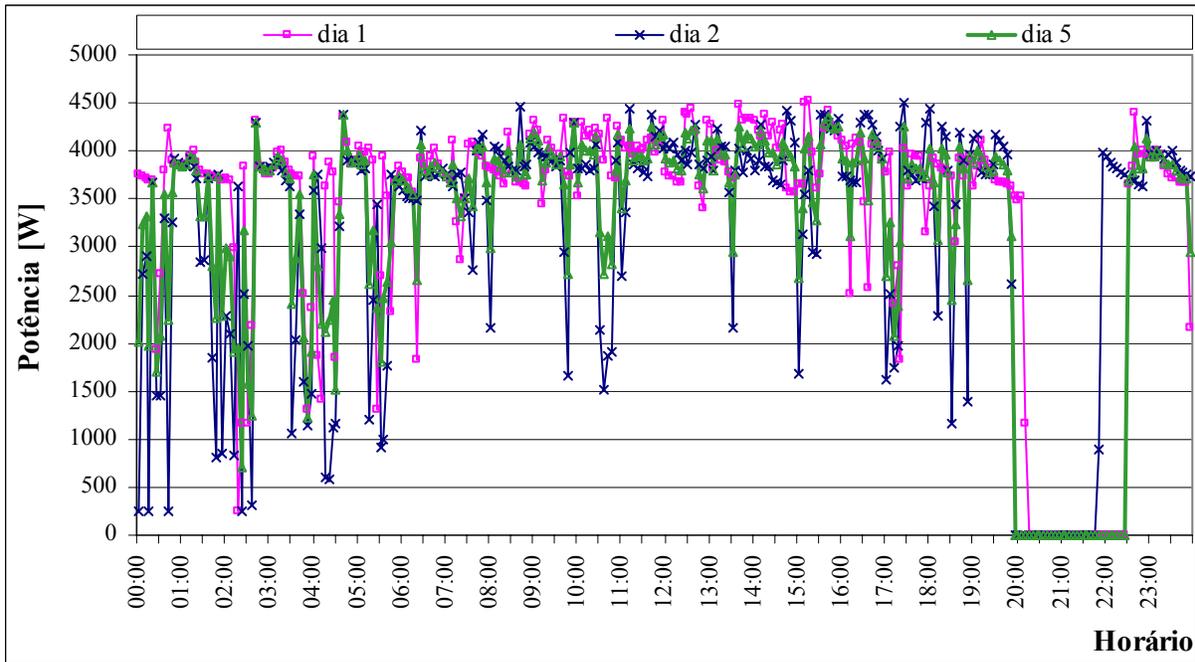


Figura A.35 – Curvas sobrepostas da demanda da Câmara Fria 1 – GL2

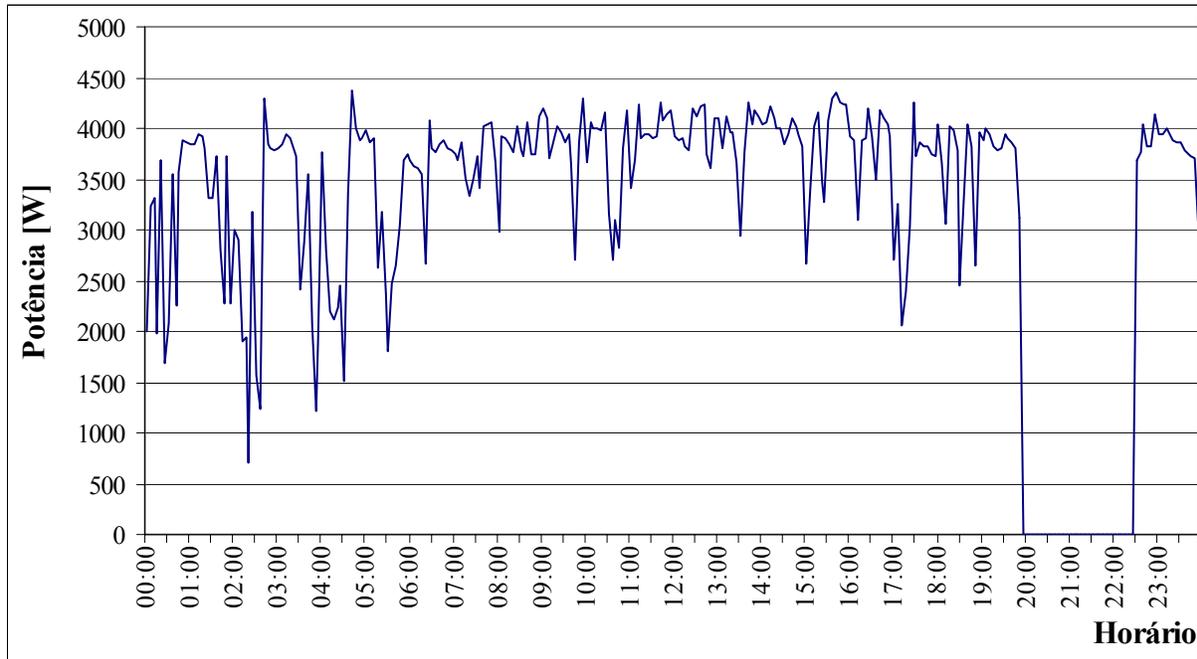


Figura A.36 – Curva da demanda representativa diária da Câmara Fria 1 (dia 5) – GL2

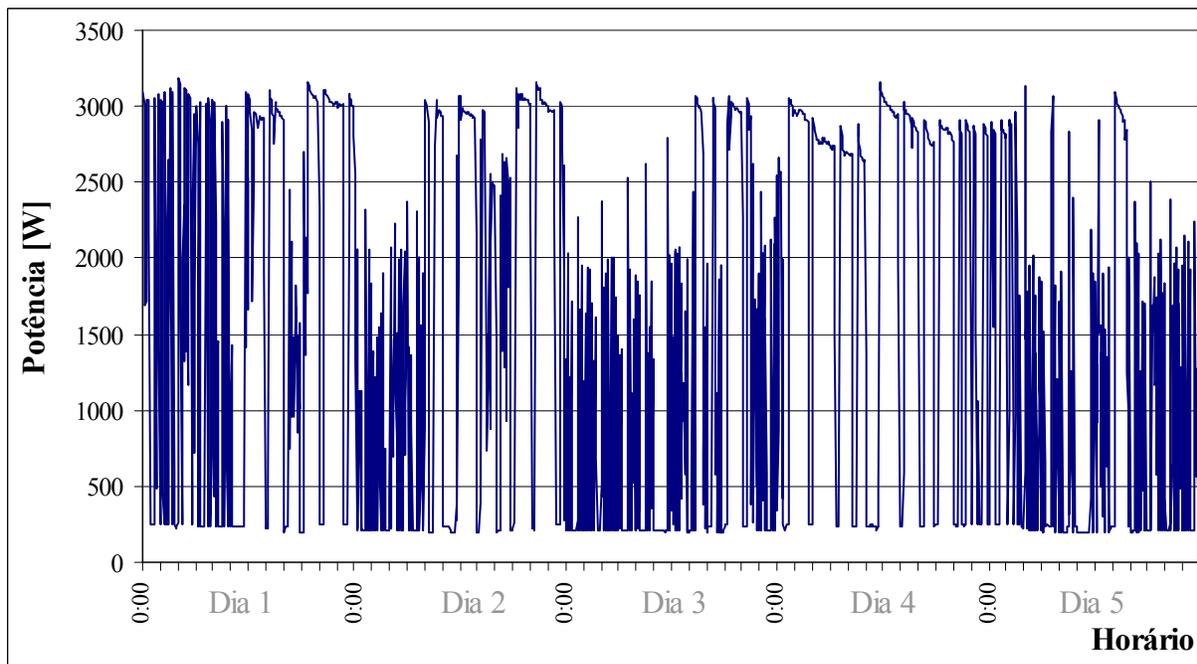


Figura A.37 – Curva da demanda da Câmara Fria 2 – GL2

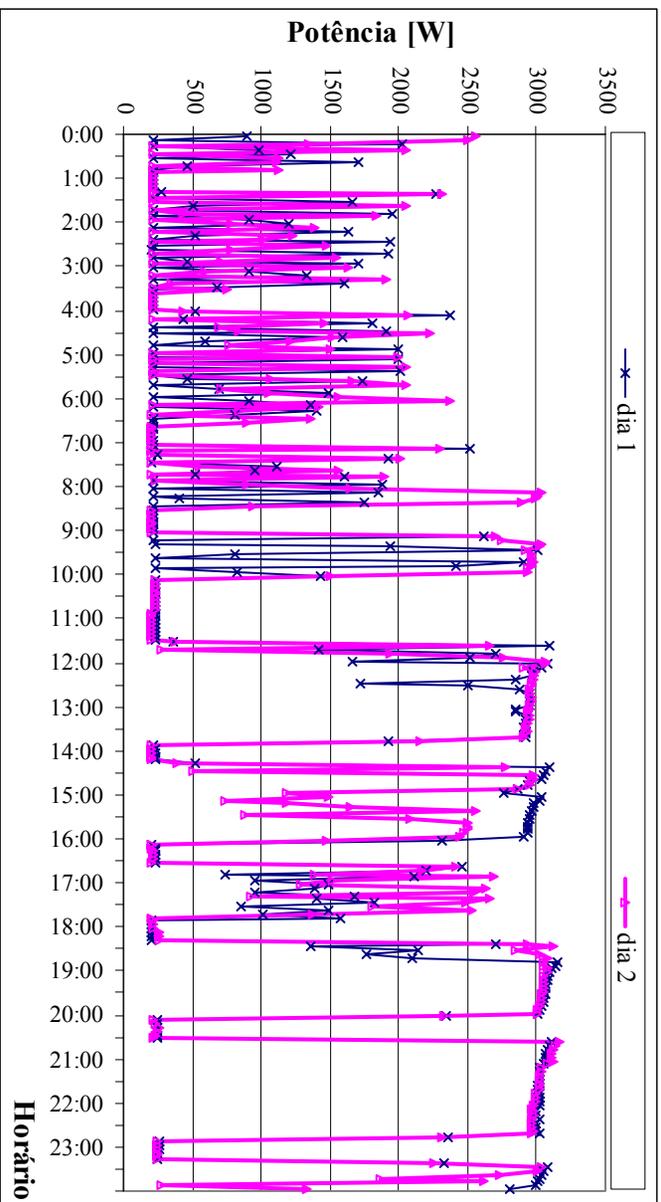


Figura A.38 – Curvas sobrepostas da demanda da Câmara Fria 2 – GL2

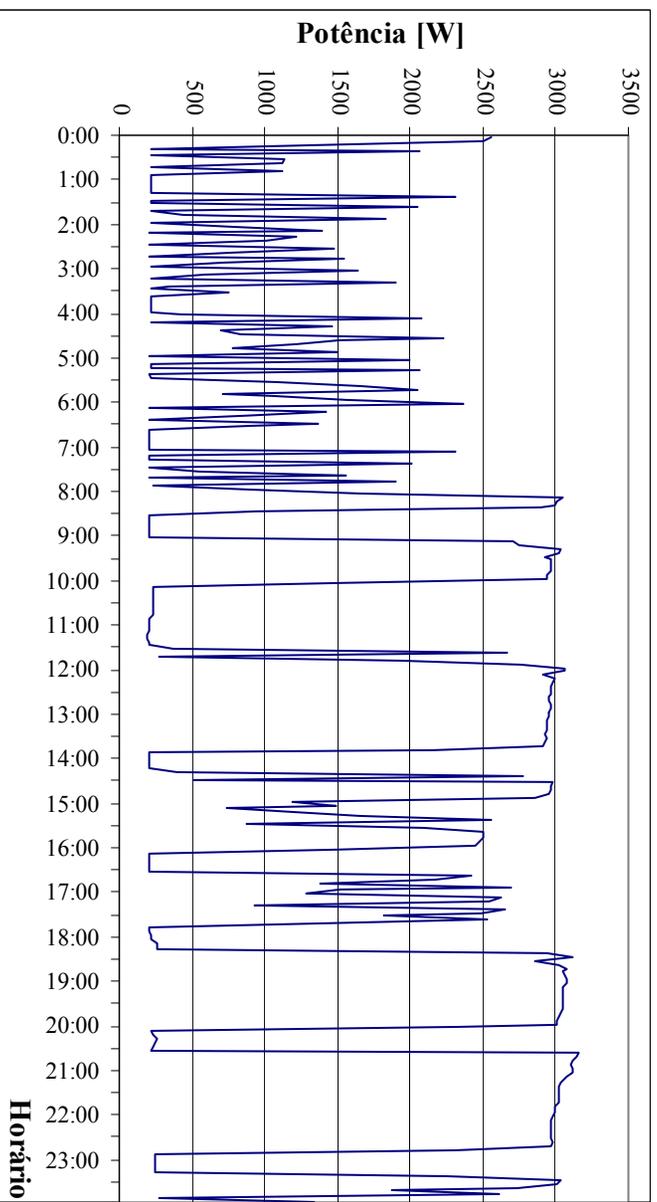


Figura A.39 – Curva da demanda representativa diária da Câmara Fria 2 (dia 2) – GL2.

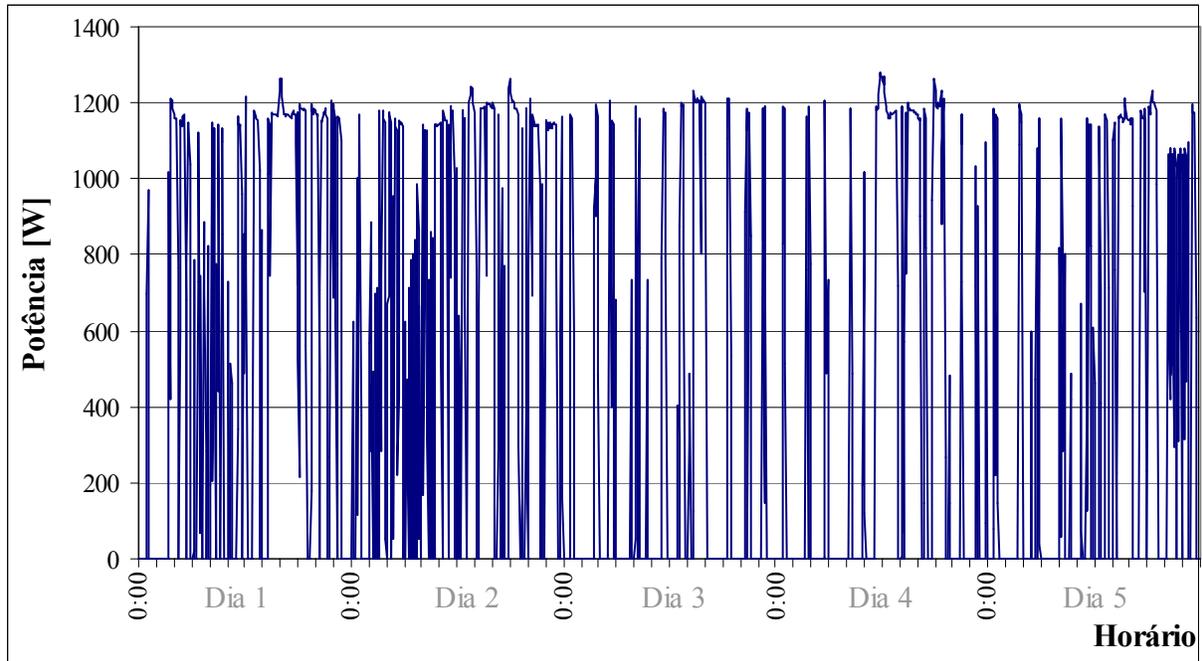


Figura A.40 – Curva da demanda da Câmara Fria 3 – GL2

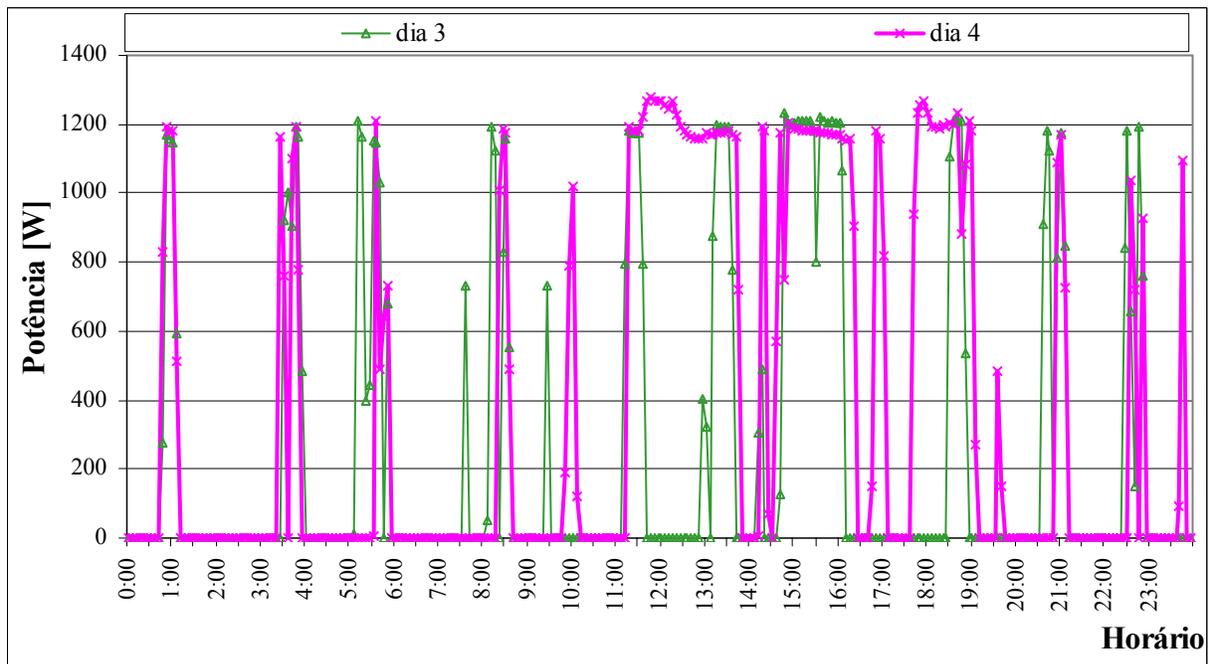


Figura A.41 – Curvas sobrepostas da demanda da Câmara Fria 3 – GL2

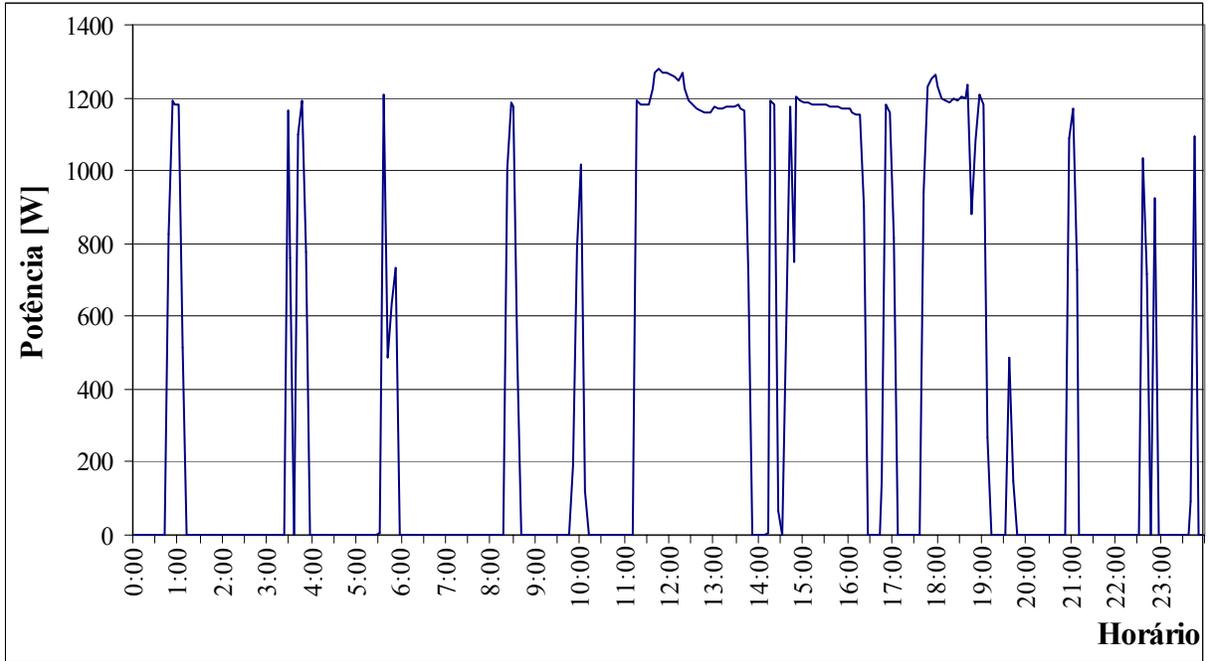


Figura A.42 – Curva da demanda representativa diária da Câmara Fria 3 (dia 4) – GL2

Fazenda Leiteira 1

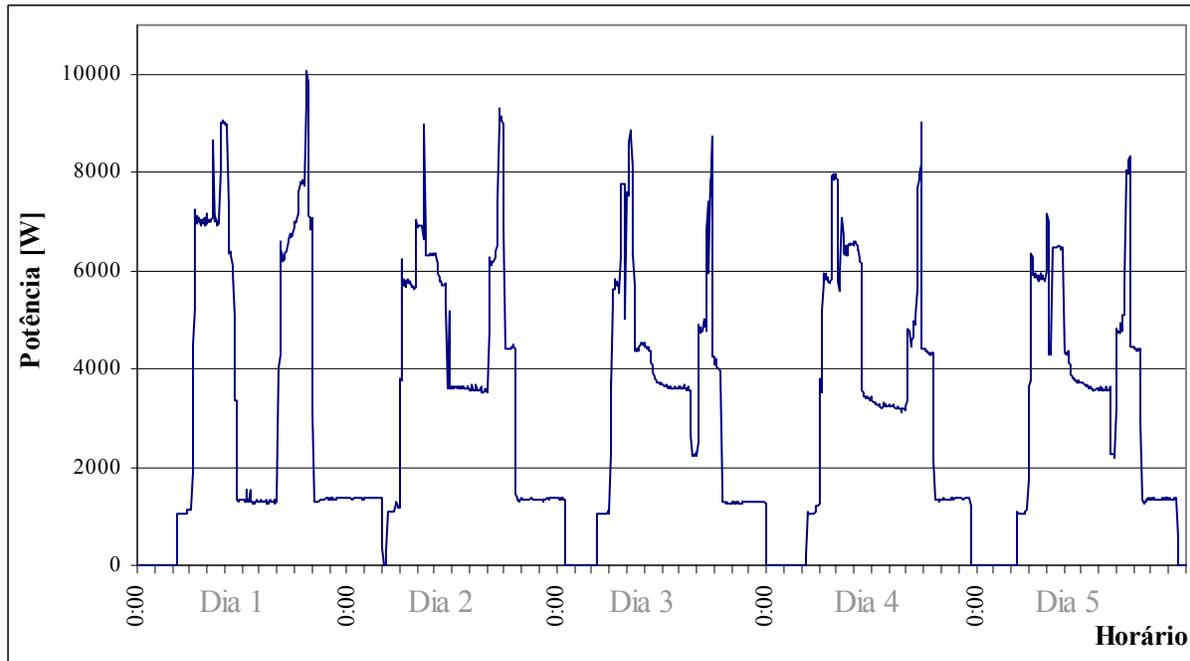


Figura A.43 – Curva da demanda Total – FL1

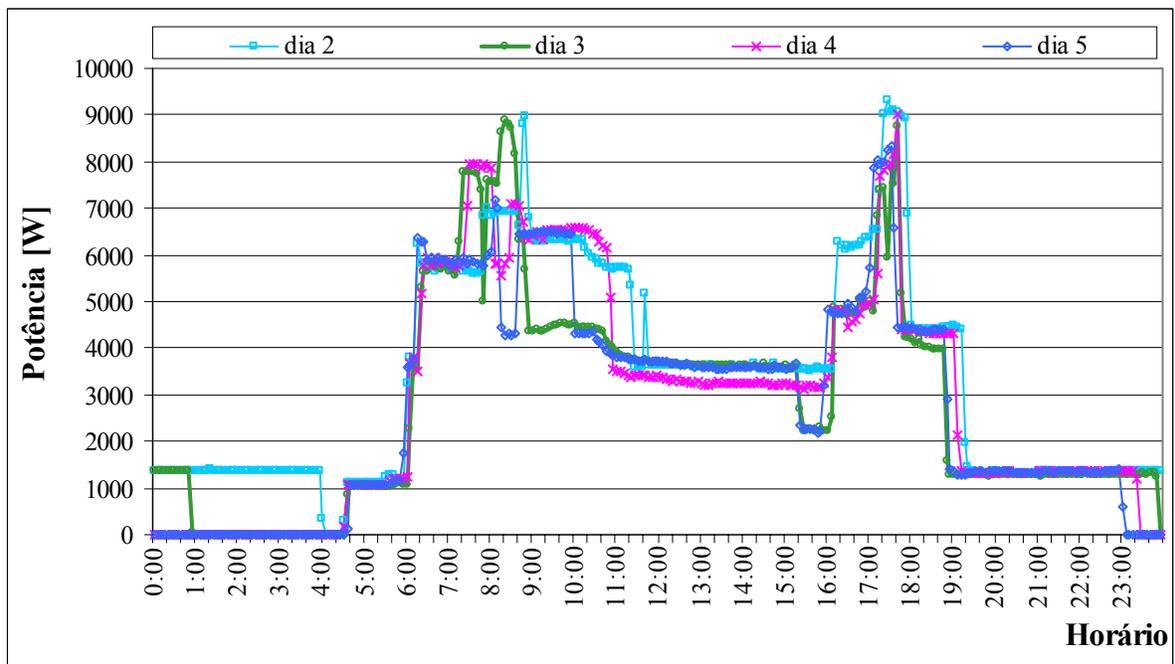


Figura A.44 – Curvas sobrepostas da demanda Total – FL1

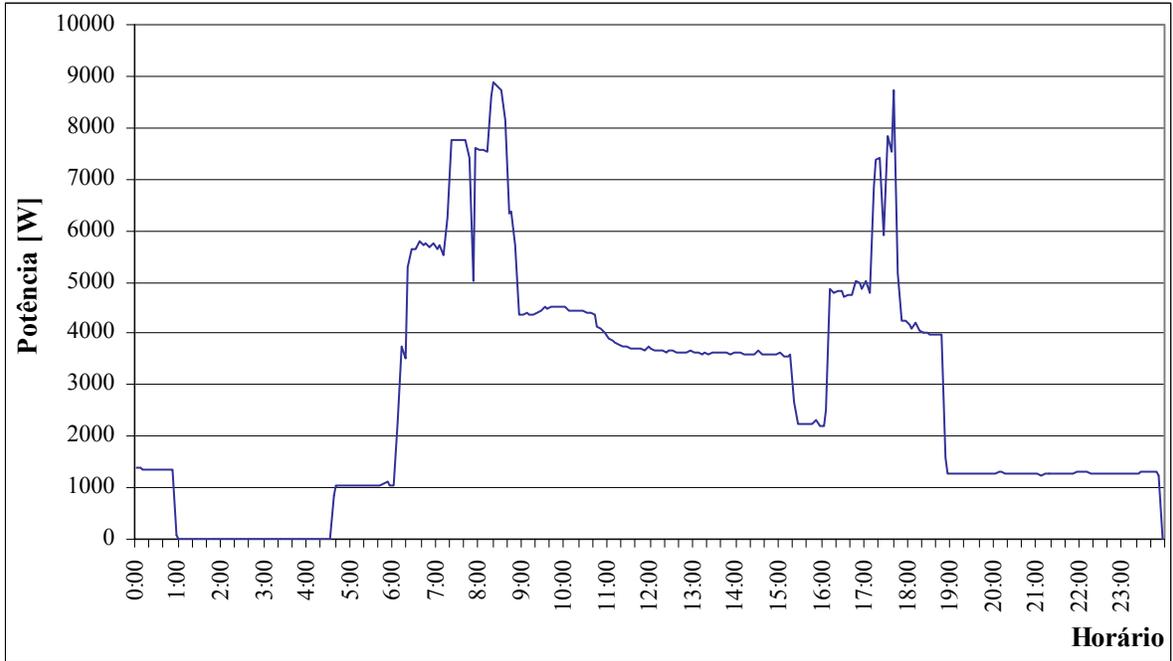


Figura A.45 – Curva da demanda representativa diária Total (dia 3) – FL1

Fazenda Leiteira 1 – (Pós adequação do tanque resfriador de leite)

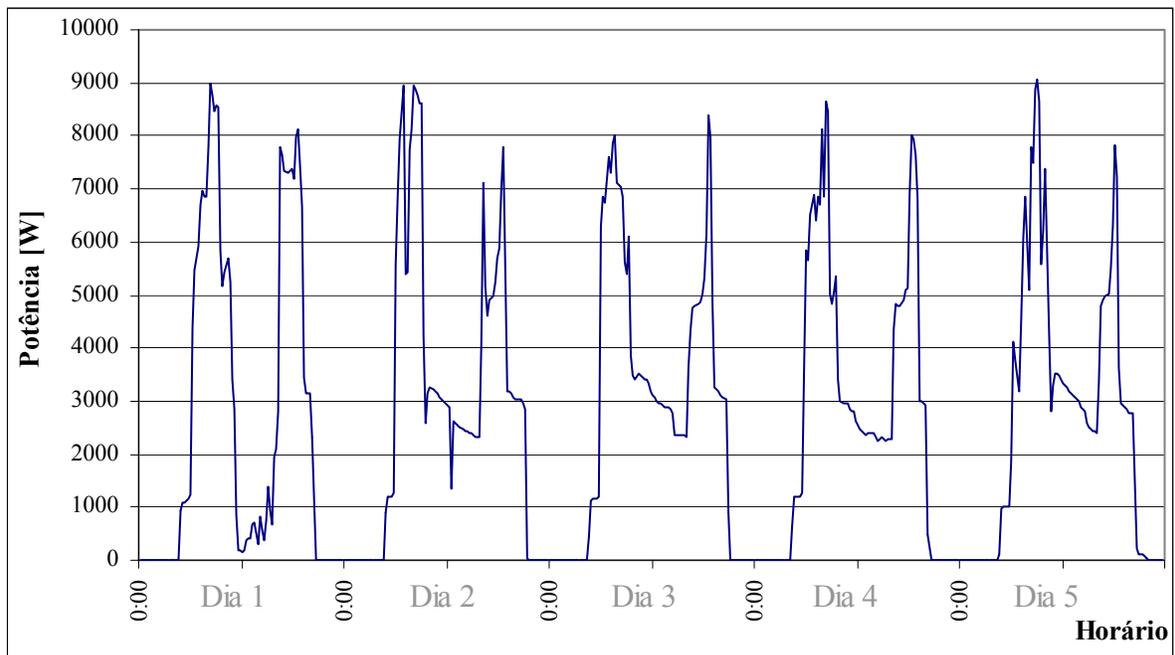


Figura A.46 – Curva da demanda média diária Total – FL1 (2)

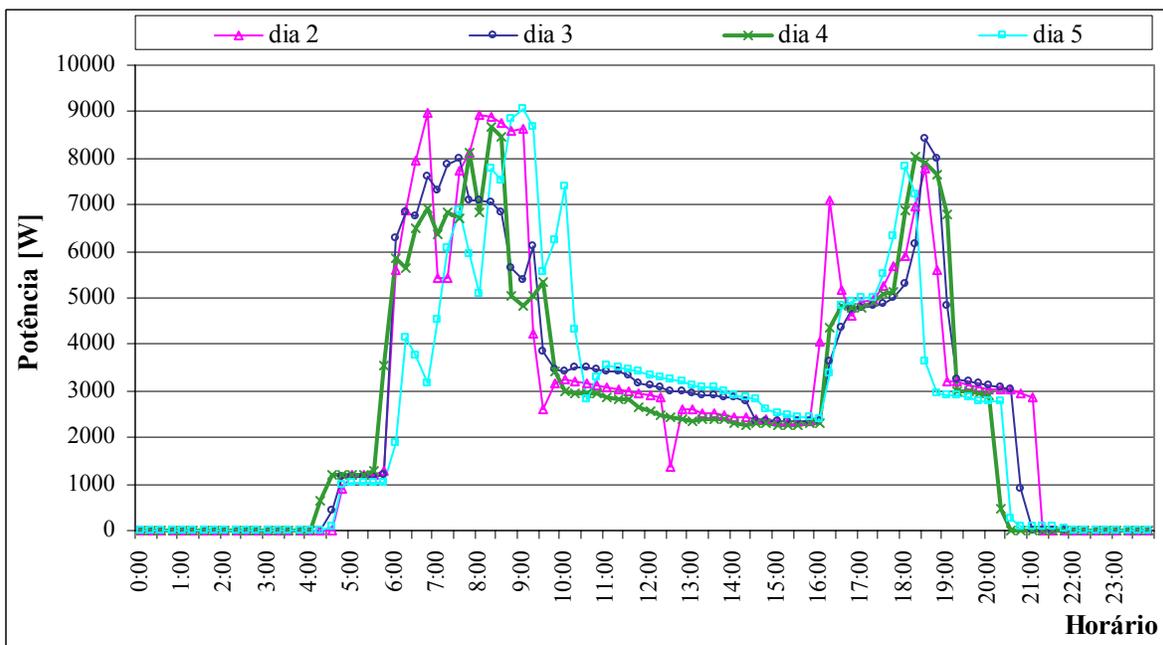


Figura A.47 – Curvas sobrepostas da demanda Total – FL1 (2)

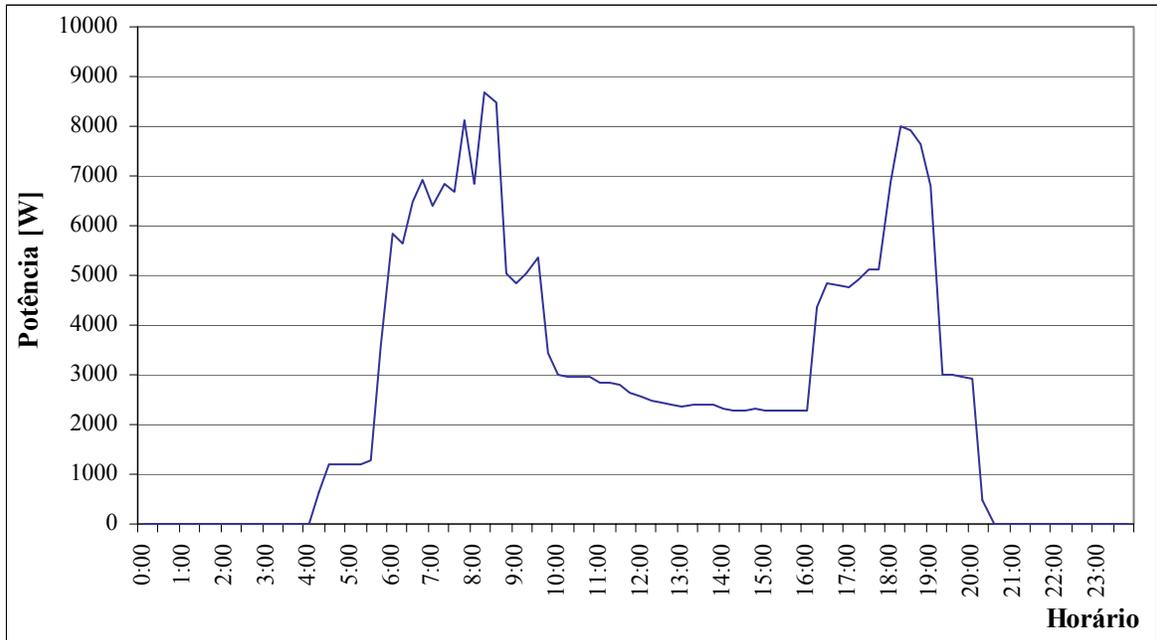


Figura A.48 – Curva da demanda representativa diária Total (dia 4) – FL1 (2)