



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
Faculdade de Engenharia  
Campus de Bauru



## **POTENCIAL DE REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ENTREPOSTO FRIGORÍFICO: UM ESTUDO DE CASO**

**ENG. GUILHERME BERRIEL CARDOSO**

**Dissertação apresentada a Faculdade  
de Engenharia da UNESP – Campus de  
Bauru, para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Industrial.**

**BAURU – SP**

**Abril – 2004**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**Faculdade de Engenharia**  
**Campus de Bauru**



## **POTENCIAL DE REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM ENTREPOSTO FRIGORÍFICO: UM ESTUDO DE CASO**

**ENG. GUILHERME BERRIEL CARDOSO**

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Razuk

**Dissertação apresentada a Faculdade  
de Engenharia da UNESP – Campus de  
Bauru, para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia Industrial.**

**BAURU – SP**

**Abril – 2004**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, **José** e **Lyenne**, exemplos de amor, de humildade, de luta, incentivadores constantes e inigualáveis na minha caminhada. Aos que orientaram meus primeiros passos, dedico essa conquista.

Aos meus irmãos **Pili**, **Marcelo** e **Lyzete**, pelo amor, amizade e apoio.

À minha avó **Minerva** pela força e ensinamentos frutos de uma vida toda de carinho e amor.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Paulo Cezar Razuk**, pelo apoio, compreensão e confiança necessários para realização deste trabalho.

A toda minha família, **irmãos, tios, avó e primos** pela importância que representam na minha vida.

A Professora Doutora **Maria da Glória Minguilli** pelos ensinamentos, atenção e amizade sempre demonstrados contribuindo para meu aprimoramento profissional e pessoal.

A todos os Professores Doutores e funcionários do curso de mestrado da Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista – Campus de Bauru, pelos ensinamentos, pelo convívio amistoso, pela disponibilidade e ajuda prestativa dispensada durante todo o curso.

Ao mecânico de refrigeração **Francisco Gonzáles Pereira** pelo auxílio e presteza na coleta dos dados tão importantes na realização deste trabalho.

A **Maria das Graças de Souza** pelo amor e carinho dispensado nestes anos todos.

A **Roberta Dias Garcia** e **Alexandre Garcia Costa** pelo carinho e compreensão que tiveram comigo durante todo este período de duração do mestrado.

## SUMÁRIO

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Resumo.....</b>                                                             | <b>01</b> |
| <b>Abstract.....</b>                                                           | <b>02</b> |
| <b>1. Introdução .....</b>                                                     | <b>03</b> |
| <b>2. Objetivo .....</b>                                                       | <b>06</b> |
| <b>3. Revisão Bibliográfica.....</b>                                           | <b>07</b> |
| <b>3.1. Conservação de Energia Elétrica.....</b>                               | <b>07</b> |
| <b>3.2. Aplicações da Refrigeração.....</b>                                    | <b>14</b> |
| <b>3.3. Compressores.....</b>                                                  | <b>22</b> |
| <b>3.4. Carga Térmica .....</b>                                                | <b>36</b> |
| 3.4.1. Carga Térmica Relativa ao Produto.....                                  | 36        |
| 3.4.1.1. Resfriamento antes e após o congelamento.....                         | 36        |
| 3.4.1.2. Congelamento.....                                                     | 36        |
| 3.4.1.3. Calor de Respiração.....                                              | 37        |
| 3.4.2. Carga Térmica Relativa a Transmissão.....                               | 38        |
| 3.4.3. Carga Térmica Relativa a Infiltração.....                               | 38        |
| 3.4.4. Carga Térmica Relativa ao Calor das Pessoas.....                        | 39        |
| 3.4.5. Carga Térmica Relativa a Iluminação.....                                | 40        |
| 3.4.6. Carga Térmica Relativa aos Motores.....                                 | 40        |
| 3.4.7. Carga Térmica Relativa as Resistências Elétricas.....                   | 41        |
| <b>4. Materiais e Métodos.....</b>                                             | <b>42</b> |
| <b>4.1. Materiais.....</b>                                                     | <b>42</b> |
| <b>4.2. Métodos.....</b>                                                       | <b>50</b> |
| <b>5. Resultados Obtidos.....</b>                                              | <b>51</b> |
| <b>5.1. Cálculo da Carga Térmica e Seleção dos Equipamentos.....</b>           | <b>51</b> |
| <b>5.2. Obtenção das Potências Elétricas Consumidas na Instalação.....</b>     | <b>63</b> |
| <b>5.3. Projeção das Futuras Potências Elétricas Consumidas na Instalação.</b> | <b>65</b> |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.4. Cálculo dos gastos mensais na situação atual e na situação proposta..... | 67 |
| 5.5. Cálculo do investimento necessário.....                                  | 71 |
| 6. Conclusão.....                                                             | 74 |
| 7. Referências Bibliográficas.....                                            | 75 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Figura 01 – Estimativa do tempo de exposição de diversos alimentos em função da temperatura.....</i>                                             | <i>15</i> |
| <i>Figura 02 – Compressor alternativo aberto.....</i>                                                                                               | <i>23</i> |
| <i>Figura 03 – Compressor alternativo semi-hermético.....</i>                                                                                       | <i>23</i> |
| <i>Figura 04 – Compressores alternativos hermético.....</i>                                                                                         | <i>24</i> |
| <i>Figura 05 – Compressor parafuso aberto.....</i>                                                                                                  | <i>25</i> |
| <i>Figura 06 – Compressor parafuso semi-hermético.....</i>                                                                                          | <i>26</i> |
| <i>Figura 07 – Compressores parafuso hermético.....</i>                                                                                             | <i>26</i> |
| <i>Figura 08 – Diagrama pressão-volume de um compressor alternativo.....</i>                                                                        | <i>27</i> |
| <i>Figura 09 – Rendimento volumétrico de espaço nocivo e vazão de refrigerante de um compressor de amônia.....</i>                                  | <i>29</i> |
| <i>Figura 10 – Efeito de refrigeração e capacidade frigorífica de um compressor de amônia.....</i>                                                  | <i>30</i> |
| <i>Figura 11 – Trabalho de compressão e potência de compressão de um compressor de amônia.....</i>                                                  | <i>32</i> |
| <i>Figura 12 – Variação do rendimento volumétrico e da vazão de refrigerante com a temperatura de condensação para um compressor de amônia.....</i> | <i>33</i> |
| <i>Figura 13 – Variação do efeito e da capacidade de refrigeração com a temperatura de condensação para um compressor de amônia.....</i>            | <i>34</i> |
| <i>Figura 14 – Variação do trabalho e da potência de compressão com a temperatura de condensação para um compressor de amônia.....</i>              | <i>35</i> |
| <i>Figura 15 – Planta baixa da instalação.....</i>                                                                                                  | <i>42</i> |
| <i>Figura 16 – Sala de máquinas câmara 01.....</i>                                                                                                  | <i>44</i> |
| <i>Figura 17 – Sala de máquinas câmara 01.....</i>                                                                                                  | <i>44</i> |
| <i>Figura 18 – Torre de resfriamento câmara 01.....</i>                                                                                             | <i>45</i> |

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 19 – Câmara 01.....</b>                        | <b>46</b> |
| <b>Figura 20 – Unidades condensadoras câmara 02.....</b> | <b>46</b> |
| <b>Figura 21 – Câmara 02.....</b>                        | <b>47</b> |
| <b>Figura 22 – Unidades condensadoras câmara 03.....</b> | <b>47</b> |
| <b>Figura 23 – Câmara 03.....</b>                        | <b>48</b> |
| <b>Figura 24 – Antecâmara.....</b>                       | <b>48</b> |
| <b>Figura 25 – Antecâmara.....</b>                       | <b>49</b> |
| <b>Figura 26 – Vista exterior da antecâmara.....</b>     | <b>49</b> |

## **ÍNDICE DE TABELAS**

|                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabela 01 – Preço praticado pela CPFL no Grupo B.....</b>                                                    | <b>13</b> |
| <b>Tabela 02 – Preço praticado pela CPFL na Tarifa Convencional.....</b>                                        | <b>13</b> |
| <b>Tabela 03 – Preço praticado pela CPFL na Tarifa horosazonal Verde.....</b>                                   | <b>13</b> |
| <b>Tabela 04 – Preço praticado pela CPFL na Tarifa horosazonal Azul.....</b>                                    | <b>14</b> |
| <b>Tabela 05 – Temperaturas recomendadas de armazenamento, sem<br/>congelamento, de diversos alimentos.....</b> | <b>16</b> |
| <b>Tabela 06 – Carga Térmica Câmara 01.....</b>                                                                 | <b>54</b> |
| <b>Tabela 07 – Compressores Propostos Câmara 01.....</b>                                                        | <b>54</b> |
| <b>Tabela 08– Evaporadores Propostos Câmara 01.....</b>                                                         | <b>55</b> |
| <b>Tabela 09 – Preço e Cons. Elet. Diário dos Compressores Proposto<br/>Câmara 01.....</b>                      | <b>56</b> |
| <b>Tabela 10 – Preço e Consumo Elétrico Diário dos Evap. Proposto<br/>Câmara 01.....</b>                        | <b>56</b> |
| <b>Tabela 11 – Carga Térmica Câmara 02.....</b>                                                                 | <b>57</b> |
| <b>Tabela 12 – Unidades Condensadoras Propostas Câmara 02.....</b>                                              | <b>58</b> |
| <b>Tabela 13 – Evaporadores Propostos Câmara 02.....</b>                                                        | <b>58</b> |
| <b>Tabela 14 – Preço e Cons. Elet. Diário Unid. Cond. Propostas Câmara 02..</b>                                 | <b>59</b> |
| <b>Tabela 15 – Preço e Consumo Elétrico Diário dos Evap. Propostos<br/>Câmara 02.....</b>                       | <b>59</b> |
| <b>Tabela 16 – Carga Térmica Câmara 03.....</b>                                                                 | <b>60</b> |
| <b>Tabela 17 – Unidades Condensadoras Propostas Câmara 03.....</b>                                              | <b>61</b> |
| <b>Tabela 18 – Evaporadores Propostos Câmara 03.....</b>                                                        | <b>61</b> |
| <b>Tabela 19 – Preço e Cons. Elet. Diário Unid. Cond. Propostas Câmara 03..</b>                                 | <b>62</b> |
| <b>Tabela 20 – Preço e Consumo Elétrico Diário dos Evap. Propostos<br/>Câmara 03.....</b>                       | <b>62</b> |
| <b>Tabela 21 – Consumo diário de energia elétrica da câmara 01.....</b>                                         | <b>63</b> |
| <b>Tabela 22 – Consumo diário de energia elétrica da câmara 02.....</b>                                         | <b>64</b> |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 23 – Consumo diário de energia elétrica da câmara 03.....                | 64 |
| Tabela 24 – Projeção do consumo diário de energia elétrica da câmara<br>01..... | 65 |
| Tabela 25 – Projeção do consumo diário de energia elétrica da câmara<br>02..... | 66 |
| Tabela 26 – Projeção do consumo diário de energia elétrica da câmara<br>03..... | 66 |
| Tabela 27 – Gastos mensais na situação atual da câmara 01.....                  | 67 |
| Tabela 28 – Gastos mensais na situação proposta da câmara 01.....               | 68 |
| Tabela 29 – Gastos mensais na situação atual da câmara 02.....                  | 69 |
| Tabela 30 – Gastos mensais na situação proposta da câmara 02.....               | 69 |
| Tabela 31 – Gastos mensais na situação atual da câmara 03.....                  | 70 |
| Tabela 32 – Gastos mensais na situação proposta da câmara 03.....               | 70 |
| Tabela 33 – Consumo e Gastos mensais na situação atual e proposta.....          | 71 |
| Tabela 34 – Descritivo dos investimentos câmara 01.....                         | 72 |
| Tabela 35 – Descritivo dos investimentos câmara 02.....                         | 72 |
| Tabela 36 – Descritivo dos investimentos câmara 03.....                         | 73 |

## **Resumo**

Com o risco de blecaute de energia elétrica que o Brasil enfrentou durante o período de racionamento de energia elétrica (2001-2002), devido ao elevado aumento do consumo após o Plano Real (o aumento na geração de energia elétrica não acompanhou o aumento no consumo) e o custo da energia elétrica cada vez maior, existem grandes possibilidades tanto na conservação como recuperação da energia elétrica.

Esse trabalho trata do potencial de redução de consumo de energia elétrica em um entreposto frigorífico.

Foi realizado um levantamento do custo da energia elétrica no consumo de três câmaras frigoríficas, através do levantamento da potência elétrica consumida nas câmaras multiplicada pelo preço do kWh praticado na tarifa convencional, na qual a empresa está atualmente enquadrada. Esta é a situação atual do entreposto. Foi proposta uma mudança de equipamentos nas câmaras frigoríficas, por equipamentos de maior eficiência energética e uma mudança na tarifação de energia elétrica, da tarifa convencional para a tarifa horosazonal verde. Em seguida fez-se um estudo econômico para saber em quanto tempo recupera-se o investimento necessário para fazer a mudança proposta e quanto será a economia mensal no custo da energia elétrica no consumo após todas as mudanças. Temos uma economia global no consumo de energia elétrica de 58,48% e a despesa com a conta de energia elétrica irá reduzir em 76,30%, com um retorno do investimento de 5,74 meses.

### **Abstract**

With the risk of electrical energy blackout that Brazil during the period of electricity saving (2001-2002), due to the high increase of the consumption after Real Plane (the increase in the electricity generation didn't follow the consumption increase) and the rising cost of electricity, there are great possibilities both in the conservation and in the retrieval of electricity.

This paper tells of the potential of reduction in electricity consumption in a slaughterhouse refrigerator distribution center.

There was a measurement in the cost of electricity in the consumption of three slaughterhouse refrigerator, through the measurement of the electrical power consumed in the refrigerator multiplied by the cost of kWh in the conventional rate, where the company currently is operating. This is the current situation of the distribution center. There was a proposal for a change in the equipment in the slaughterhouse refrigerator, for equipment of higher energetic efficiency and a change in the electricity rates, from the conventional to the green time-season rate. Later, there was an economic study to know in how much time we can retrieve the necessary investment for the proposed change and how much the monthly saving of electricity cost in the consumption after all the changes will be.

We have a global saving in the electricity consumption of 58,48% and the expenses with electricity Bill will be reduced in the 76,30%, with a return of investment in 5,74 months.

## **1. Introdução**

Criar condições adequadas de vida é a intenção básica de toda ação humana na busca do desenvolvimento. Contudo, a qualidade de vida requer um equilíbrio dinâmico entre as dimensões ecológicas, sociais e econômicas para garantir a própria sustentabilidade. Uma parte fundamental desse equilíbrio diz respeito à energia.

O consumo de energia requerido pelo Homem cresceu através dos diversos estágios de desenvolvimento pelos quais passou. Da remota época do homem primitivo, que desconhecia o uso do fogo, até os dias atuais, a necessidade energética para alimentação, moradia, comércio, indústria, agricultura, transporte e lazer subiu de 2.200 para 250.000 kcal/dia.

Esse crescimento gigantesco foi suprido, principalmente, pelo emprego do carvão como fonte básica de calor e potência, durante o século 19; e, atualmente, pelo uso crescente de máquinas alimentadas por combustíveis fósseis e pela utilização da eletricidade, inicialmente produzida em usinas termoelétricas e, depois, hidroelétricas e nucleares.

A produção de energia elétrica é, entre as atividades desenvolvidas pelo homem, uma das mais intensivas em recursos naturais, produzindo importantes alterações no ambiente, muitas vezes negativas. Considerando a importância crescente da energia para o bem estar da população e para a continuidade das atividades econômicas, a busca por um desenvolvimento sustentável passa necessariamente pelo aumento da eficiência e conservação energética, aliadas ao uso de uma variedade de fontes renováveis o mais breve possível.

Diante dos obstáculos financeiros existentes no terceiro mundo para a produção de vetores energéticos em geral, o interesse pela conservação de energia e por conhecer o uso final e as formas de melhor utilizar os recursos energéticos tem crescido.

A compreensão da forma como é cobrada a energia elétrica e como é calculado o valor apresentado na conta de luz é fundamental para a tomada de decisão em relação a projetos de eficiência energética.

A conta de luz reflete o modo como a energia elétrica é utilizada e sua análise por um período de tempo adequado, permite estabelecer relações importantes entre hábitos e consumo.

Dadas as alternativas de enquadramento tarifário disponível para alguns consumidores, o conhecimento da formação da conta e dos hábitos de consumo permite escolher a forma de tarifação mais adequada e que resulta em menor despesa com a energia elétrica.

É necessário se estabelecer critérios para a escolha e operação de equipamentos frigoríficos, que atendam determinados padrões de eficiência energética.

Segundo a Agência para Aplicação de Energia, órgão ligado à Secretaria de Energia do Estado de São Paulo e mantida pelas concessionárias de energia elétrica CESP, CPFL, ELETROPAULO e COMGÁS, verificam-se que os motores elétricos detêm 49% do consumo de energia elétrica na área industrial. Além disso, a refrigeração representa cerca de 33% do consumo de energia residencial e 37% na área comercial (somado as instalações de ar condicionado).

Daí, conclui-se que a redução de consumo nas instalações frigoríficas é de suma importância, não só por questões econômicas e ambientais do país, mas também pelo aumento gradativo na competitividade global, que coloca os grandes consumidores industriais de energia, frente a frente com a necessidade de aumentar a eficiência produtiva, para que possam manter-se atuantes e rentáveis em um futuro próximo. A falta de atenção quanto ao consumo de energia refletia uma atitude tomada em função do baixo custo das fontes existentes. Com a elevação cada vez mais rápida deste item, há grandes oportunidades tanto na conservação como recuperação de energia.

Conservar é importante porque:

- a) Induz à modernização industrial;
- b) Melhora a competitividade internacional dos produtos fabricados no país, tanto em nível de produtos de consumo como de bens duráveis;

- c) Enfatiza valores fundamentais, especialmente em um país em desenvolvimento, que não pode desperdiçar seus recursos, com ênfase para a energia elétrica, intensiva em capital;
- d) Maximiza os investimentos já efetuados no sistema elétrico;
- e) Reduz custos para o país e para o consumidor;
- f) Ampliam, no tempo, os recursos renováveis ainda disponíveis e
- g) Contribui decisivamente para minorar os impactos ambientais.

Quando do projeto e operação de um sistema frigorífico, há que se considerar os custos envolvidos tanto do lado do equipamento como os referentes à qualidade desejada do projeto.

Inicialmente, devem-se conhecer as etapas envolvidas no processo com as respectivas implicações técnicas. A escolha das condições mais convenientes para a seleção do sistema está diretamente relacionada com a temperatura exigida no processo, meio disponível para a retirada do calor do sistema, refrigerante empregado, a carga térmica envolvida além de certas propriedades do produto.

Para uma correta operação deste sistema frigorífico, a escolha dos componentes, tais como: o compressor, condensador, evaporador, ventiladores, bombas, motores e controles deverá ser criteriosa. Apesar de selecionados individualmente, devem sempre atender a determinados requisitos para que tenha uma perfeita interação de modo a oferecerem os melhores resultados.

## **2. Objetivo**

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo de caso do potencial de redução do consumo de energia elétrica no sistema de refrigeração de uma instalação frigorífica de porte médio aliado a uma mudança na tarifação de energia elétrica.

Esta instalação frigorífica é um entreposto comercial de propriedade particular.

Esta instalação foi construída em 1986, época em que o mercado brasileiro era fechado, portanto só existiam fabricantes nacionais. As unidades condensadoras com compressores abertos dominavam totalmente o mercado da refrigeração comercial. Neste estudo, é proposta a remodelação da sala de máquinas deste entreposto, por equipamentos com maior eficiência energética, visando a redução do consumo de energia elétrica, e alterando o contrato de fornecimento de energia com a concessionária local, visando uma redução no valor da conta de luz. É realizado um estudo econômico para saber em quanto tempo esse investimento será pago apenas com a economia no consumo da conta de energia elétrica.

### **3. Revisão Bibliográfica**

#### **3.1. Conservação de Energia Elétrica**

Segundo Graça (1990), uma característica extremamente atual da demanda de energia é a expansão do consumo elétrico e sua penetração em todos os aspectos da vida moderna. Sua versatilidade e limpeza no uso final fazem deste vetor energético ideal para o uso nas grandes cidades, onde a alta concentração de uso de energia e de pessoas faz com que suas qualidades sejam altamente valorizadas. Em particular, o que vem ocorrendo em muitos países do terceiro mundo é um aumento da importância da energia elétrica nas suas matrizes de energia, seja pelo aumento da sua penetração em novas regiões, seja pela ampliação de seu uso em novos processos produtivos, seja pela expansão do uso de equipamentos elétricos ligados ao condicionamento ambiental, à preservação de alimentos e à higiene.

A eletricidade joga importante papel em todo o processo de modernização da economia, em especial quando o país tem o objetivo de desenvolver seus sistemas de comunicação e ingressar na era eletrônica e da informação. Por isto, esta fase de desenvolvimento tem como corolário o aumento significativo do consumo elétrico, que é consequência das novas necessidades sociais.

Segundo Mattozo, Camargo e Lage (2000), buscar a sustentabilidade energética por meio de atividades produtivas mais eficientes, combatendo o desperdício, incentivando o uso racional das fontes de energia tradicionais e a utilização de novas fontes de energia são os objetivos da área de conservação, que trabalha com práticas tecnológicas e políticas que buscam abastecer a sociedade com a energia necessária, com menor custo ambiental, financeiro e social. A área de conservação também trata do planejamento na geração, transmissão e distribuição de energia e no seu uso final.

Segundo Bandeira e Camargo (2001), as políticas de conservação e eficiência, são uma resposta ao impasse existente entre o aumento no consumo de energia elétrica e restrições ambientais. Por meio de planejamento, implementação e

acompanhamento de atividades que modificam a curva de carga dos consumidores e/ou racionalizam a produção de energia elétrica, é possível reduzir o consumo de energia e evitar desperdícios, reduzindo a necessidade de exploração de novos potenciais energéticos.

Segundo Dias, Mattos e Balestieri (2000), a partir das crises do petróleo (1973 e 1979), o governo brasileiro tem se preocupado com a situação energética do país e a sua dependência em relação às importações. Desde então se presenciaram ações cíclicas do governo visando à racionalização do uso da energia, inicialmente através da participação do Ministério das Minas e Energia (MME), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) – São Paulo e empresas públicas, sendo num primeiro instante totalmente direcionado para as indústrias e transportes, durante toda a década de 1970 até a segunda metade da década de 1980. Nessa fase as atenções estavam voltadas para a redução de desperdícios e a substituição do petróleo pela energia elétrica nas indústrias e emprego do álcool combustível no lugar da gasolina, sendo estes últimos com preços subsidiados pelo governo como forma de incentivo ao seu uso.

A referência cronológica do uso racional da energia no Brasil dá-se em meados de 1975, quando o Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE) organizou em colaboração com o MME, um Seminário sobre Conservação de Energia, tratando-se, portanto de uma iniciativa pioneira no país. A seguir, ainda em 1975, a FINEP obteve autorização da Presidência da República para alocar recursos financeiros à realização do Programa de Estudos de Conservação de Energia, passando a desenvolver e apoiar estudos visando à busca de maior eficiência na cadeia de captação, transformação e consumo de energia.

Dentre os programas de uso racional de energia merece destaque o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica (PROCEL) da Eletrobrás, instituído em 1985. A abrangência desse programa foi facilitada em parte pela participação das concessionárias de energia elétrica, sendo todas estatais na ocasião, caracterizando-se principalmente pela publicação e distribuição através das mesmas de manuais destinados à conservação de energia elétrica nos vários setores da sociedade. É também de autoria do PROCEL um programa destinado às escolas de ensino

fundamental e médio, envolvendo o uso de material didático (PROCEL NA ESCOLA) e treinamento de professores, visando-se à disseminação, de forma multidisciplinar, dos conceitos ligados à energia e seu uso.

Em 1989, o mundo vivenciou a redução do preço do barril de petróleo, e no Brasil houve uma estagnação dos investimentos na área da conservação de energia e nas pesquisas de novas fontes de energia, juntamente com as adequações das políticas de preços da eletricidade e do álcool. Como consequência as indústrias retornaram ao uso do petróleo e seus derivados, o mesmo ocorrendo com a frota nacional de veículos automotores.

A Guerra do Golfo (1991), que trouxe à tona novamente a questão da dependência do petróleo, e no plano nacional as dificuldades presentes nas empresas de energia, principalmente as de eletricidade (estatais endividadas e sem capital para investimentos), levaram o país mais uma vez a rever a sua condição estratégica perante a energia, visando-se um desenvolvimento sustentável, dando-se início a um novo ciclo de programas de conservação de energia.

Segundo Mattozo (2001), a importância do assunto emerge da análise do cenário energético mundial, onde se observa que, como insumo fundamental, há uma relação direta entre desenvolvimento humano e consumo de energia (75% da população mundial vive em países em desenvolvimento com uma significativa demanda reprimida) e que o aumento do consumo de energia, com base nos modelos atuais, implica uma série de investimentos que podem resultar em degradação ambiental. Dessa forma, desenvolver formas de garantir a energia necessária para as necessidades básicas bem como propiciar melhorias do padrão de vida, segundo critérios racionais e adequados, é parte fundamental do processo de desenvolvimento sustentável.

Segundo Tolmasquim (2003), a eletricidade em 2001, merece um tratamento especial. é um capítulo à parte, diante da experiência inédita que viveu o país. De junho de 2001 a março de 2002, o consumo de energia elétrica sofreu um fortíssimo contingenciamento, que levou a que se registra um inédito decréscimo no consumo de eletricidade. A redução no consumo ultrapassou a proporção de 20% em alguns

grupamentos de consumidores. Em termos globais, o consumo se retraiu a níveis de 1996.

Segundo Vogt (2001), a crise não surgiu por acaso e nem a causa pode ser resumida a um só item. Esse processo tem como referência histórica a redução de investimentos na transmissão, distribuição e conservação de energia elétrica; a dependência do país com relação às usinas hidrelétricas, responsáveis pela produção de quase a totalidade (mais de 90%) da energia consumida no território nacional; as transformações ambientais, incluindo os baixos índices pluviométricos, que produziram impactos negativos na matriz energética brasileira; aumento da demanda em razão do desenvolvimento de novos empreendimentos nos diversos setores da economia (agricultura, indústria e serviços) associado a um aumento de consumo residencial de energia elétrica.

Segundo Tolmasquim (2003), um aspecto notável, nesta crise é que a gerência da redução do consumo foi feita diretamente pelo consumidor, isto é, não foram impostos cortes generalizados no fornecimento em determinados horários, como é usual ocorrer. Em termos mundiais, não há registro de tamanho contingenciamento de consumo sem cortes forçados no fornecimento.

A crise deixou outras conseqüências. A primeira delas foi que o consumo não voltou ao nível anterior. Mesmo após a suspensão das restrições, o consumo faturado pelas concessionárias ficou no mesmo nível de três anos antes. Particularmente, o segmento residencial retrocedeu, em termos de consumo por consumidor, aos níveis de 1994. Outra conseqüência foi uma virtual desorganização do mercado setorial, pelo efeito combinado da redução do consumo e da entrada em operação de novas fontes de geração.

Segundo Mattozo (2001), o Brasil possui várias empresas privadas especializadas em efficientização energética. São as chamadas ESCO's – Energy Service Companies – empresas de engenharia que realizam negócios na área de conservação de energia, reduzindo os custos e o consumo de energia, sem afetar a qualidade e a quantidade do produto ou serviço oferecido.

Ao iniciar um programa de combate ao desperdício de energia elétrica, as ESCO's realizam um diagnóstico energético da instalação, que permite identificar as

condições operacionais dos equipamentos e instalações térmicas e elétricas de um prédio. Identificam também os desperdícios e sugerem as medidas que devem ser colocadas em prática para reduzir o consumo de energia.

As ESCO's são responsáveis pelo projeto e pelos investimentos necessários para sua implementação, assumindo o risco técnico e financeiro da operação. Essas empresas trabalham sob contratos de performance, uma modalidade de negócios amplamente usada nos Estados Unidos, Canadá e países da Europa, que buscam tornar o projeto auto-sustentável, de forma a remunerar os investimentos feitos com as economias geradas. Assim, o cliente moderniza sua instalação, adquire novos equipamentos e ainda se beneficia da economia gerada.

Segundo o Manual de Tarifação da Energia Elétrica (2001) do PROCEL, os consumidores são classificados pelo nível de tensão em que são atendidos. Os consumidores atendidos em baixa tensão, em geral de 127 ou 220 volts, como residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios residenciais e boa parte dos edifícios comerciais, são classificados no Grupo B. Os consumidores atendidos em alta tensão, acima de 2300 volts, como indústrias, shopping centers e alguns edifícios comerciais, são classificados no Grupo A.

São duas as modalidades tarifárias.

Os consumidores do Grupo B (baixa tensão) têm tarifa monômnia, isto é, são cobrados pela energia que consomem.

Os consumidores do Grupo A têm tarifa binômnia, isto é, são cobrados tanto pela demanda quanto pela energia que consomem. Estes consumidores podem enquadrar-se em uma de três alternativas tarifárias:

- a) Tarifação Convencional,
- b) Tarifação horosazonal Verde, ou,
- c) Tarifação horosazonal Azul.

O enquadramento na Tarifa Convencional exige um contrato específico com a concessionária no qual se pactua um único valor da demanda pretendida pelo consumidor (Demanda Contratada), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido).

A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e ultrapassagem.

O “horário de ponta” é o período de 3 (três) horas consecutivas exceto sábados, domingo e feriados nacionais, definido pela concessionária em função das características de seu sistema elétrico. O “horário fora de ponta” corresponde às demais 21 horas do dia.

Para efeito de tarifação, o ano é dividido em dois períodos, um período seco que compreende os meses de maio a novembro (7 meses) e um período úmido, que compreende os meses de dezembro a abril (5 meses).

O enquadramento na Tarifa Verde dos consumidores do Grupo A, exige um contrato específico com a concessionária no qual se pactua a demanda pretendida pelo consumidor. A tarifa de demanda é única, independente da hora do dia ou período do ano. A tarifa de consumo é diferenciada, dependendo da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido).

A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo (na ponta e fora dela), demanda e ultrapassagem.

O enquadramento na Tarifa Azul dos consumidores do Grupo A, exige um contrato específico com a concessionária no qual se pactua a demanda pretendida pelo consumidor no horário de ponta (Demanda Contratada na Ponta) quanto o valor pretendido nas horas fora de ponta (Demanda Contratada Fora de Ponta). A tarifa de consumo é diferenciada, dependendo da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido).

A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo, demanda e ultrapassagem. Em todas as parcelas observa-se a diferenciação entre horário de ponta e horário fora de ponta.

A concessionária de energia elétrica em Bauru é a CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz). A tabela 01 mostra os preços praticados pela CPFL no Grupo B. As tarifas são vigentes desde o dia 11 de abril de 2003.

**Tabela 01 – Preço praticado pela CPFL no Grupo B**

| <b>Grupo B</b>     | <b>Consumo kWh</b> |
|--------------------|--------------------|
| Residencial normal | RS 0,302606        |

A tabela 02 mostra os preços praticados pela CPFL na Tarifa Convencional.

**Tabela 02 – Preço praticado pela CPFL na Tarifa Convencional**

|            | <b>Consumo kWh</b> | <b>Demanda kW</b> | <b>Ultrapassagem</b> |
|------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| Preço (RS) | 0,14979            | 10,96             | 32,88                |

A tabela 03 mostra os preços praticados pela CPFL na Tarifa horosazonal Verde.

**Tabela 03 – Preço praticado pela CPFL na Tarifa horosazonal Verde**

|             | <b>Consumo</b>      |                |                      |                | <b>Demanda</b> |                      |
|-------------|---------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------------|
|             | <b>Período Seco</b> |                | <b>Período Úmido</b> |                | <b>kW</b>      | <b>Ultrapassagem</b> |
|             | <b>Ponta</b>        | <b>F Ponta</b> | <b>Ponta</b>         | <b>F Ponta</b> |                |                      |
| Preço (R\$) | 0,77033             | 0,09005        | 0,75606              | 0,07912        | 8,71           | 26,13                |

A tabela 04 mostra os preços praticados pela CPFL na Tarifa horosazonal Azul.

***Tabela 04 – Preço praticado pela CPFL na Tarifa horosazonal Azul***

|                    | <b>Consumo</b>      |                |                      |                | <b>Demanda</b> |                |                      |                |
|--------------------|---------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------|
|                    | <b>Período Seco</b> |                | <b>Período Úmido</b> |                | <b>kW</b>      |                | <b>Ultrapassagem</b> |                |
|                    | <b>Ponta</b>        | <b>F Ponta</b> | <b>Ponta</b>         | <b>F Ponta</b> | <b>Ponta</b>   | <b>F Ponta</b> | <b>Ponta</b>         | <b>F Ponta</b> |
| <b>Preço (R\$)</b> | 0,18281             | 0,08916        | 0,16843              | 0,07889        | 26,40          | 8,71           | 79,20                | 23,13          |

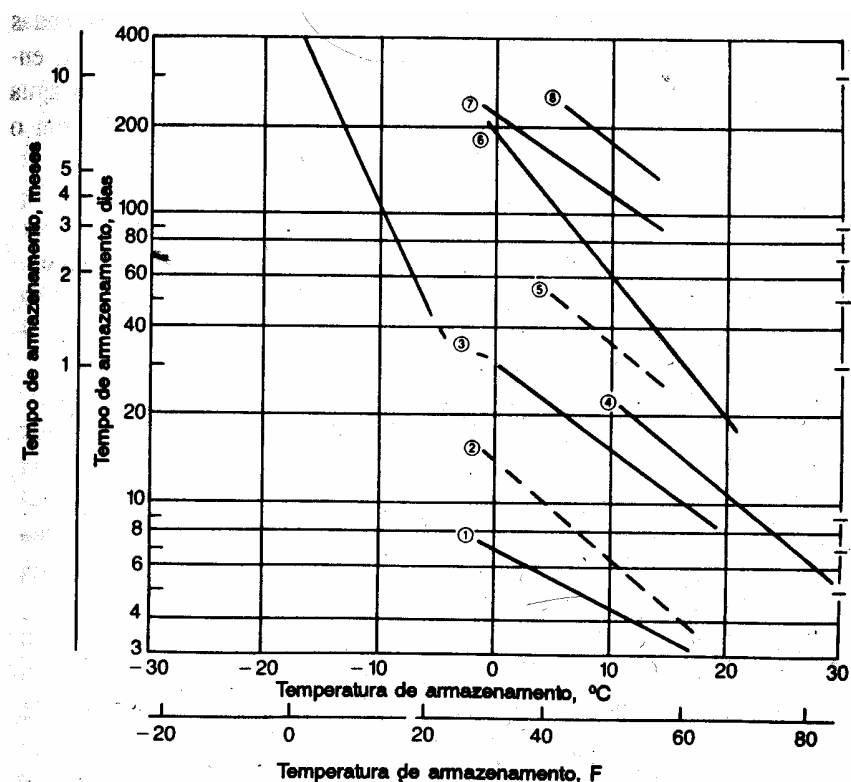
Além de revelar relações entre hábitos e consumo de energia elétrica, útil ao se estabelecer rotinas de combate ao desperdício, a análise da conta de luz é a base para a avaliação econômica dos projetos de eficiência eletro-energética.

### ***3.2. Aplicações da Refrigeração***

Segundo Stoecker e Jabardo (1994), a refrigeração pode ser caracterizada pela faixa de temperatura de operação. No limite inferior, a temperatura pode atingir a ordem de -60°C a -70°C, enquanto no limite superior pode ser observada temperatura de 15°C. Outra forma de caracterizar a refrigeração seria através das aplicações. A refrigeração pode ser descrita como sendo o processo utilizado nas indústrias químicas, de alimentos e de processos, as quais envolvem dois terços das aplicações. Outra aplicação importante está relacionada à indústria manufatureira e laboratórios, onde deve haver um controle ambiental a baixa temperatura.

Segundo a mesma fonte, o tempo de exposição da maioria dos alimentos pode ser incrementado através de um armazenamento a baixas temperaturas. A Figura 01 ilustra o efeito da temperatura de armazenamento sobre o tempo de exposição de diversos alimentos. Observa-se que, à medida que a temperatura de armazenamento é reduzida, o tempo de exposição do alimento pode ser

incrementado. Para todos os tipos de carnes, peixes, frutas e vegetais, o tempo de armazenamento pode ser prolongado através da redução da temperatura.



**Figura 01 – Estimativa do tempo de exposição de diversos alimentos em função da temperatura.(Fonte: Stoecker e Jabardo - 1994)**

- 1. Frango    2. Peixe    3. Carne    4. Banana**  
**5. Laranja    6. Maçã    7. Ovos    8. Maçã em atmosfera controlada**

Muitos alimentos não exigem congelamento para seu armazenamento, incluindo-se entre eles: banana, maçã, tomate, alface, repolho, batata e cebola. A temperatura de armazenamento ótima para alguns desses produtos é indicada na Tabela 05. Embora alguns produtos exijam temperaturas bem superiores à do congelamento da água para preservar suas características, a maioria dos alimentos deve ser armazenada a temperaturas próximas de 0°C. Algumas frutas podem ser armazenadas a temperaturas algo inferiores ao ponto de congelamento da água

sem, entretanto, experimentarem qualquer formação de gelo, uma vez que a água presente contém, em solução, açúcar e outras substâncias que reduzem o ponto de congelamento.

**Tabela 05 – Temperaturas recomendadas de armazenamento, sem congelamento, de diversos alimentos. (Fonte: Stoecker e Jabardo - 1994)**

| <i><b>Produto</b></i> | <i><b>Temperatura de Armazenamento (°C)</b></i> |
|-----------------------|-------------------------------------------------|
| Abacate               | 4 a 13                                          |
| Alface                | 0 a 1                                           |
| Banana                | 13 a 14                                         |
| Frango                | -1 a 2                                          |
| Maçã                  | -1 a 0                                          |
| Morango               | -0,5 a 0                                        |
| Pêra                  | -2 a 0                                          |
| Queijo                | 0 a 1                                           |
| Repolho               | 0                                               |
| Tomate                | 3 a 4                                           |

Logo após a colheita, as frutas e verduras freqüentemente se encontram levemente aquecidas. A fim de evitar sua deterioração precoce, elas devem ser rapidamente resfriadas em uma câmara refrigerada, ao invés de permitir que o resfriamento ocorra nas condições ambientais e, portanto, lentamente. Em muitos casos, utiliza-se um pré-resfriamento a vácuo, que consiste em colocar o produto, alface, por exemplo, em uma câmara onde se produz vácuo, com conseqüente evaporação da água presente nas folhas, o que promove o resfriamento interno rápido da verdura.

Segundo Dossat (1980), a indústria de alimentos congelados remonta aos anos 1912-1915, quando uma expedição científica americana se dirigiu à península

do Labrador. Clarence Birdseye, membro da expedição, observou que peixe congelado a temperaturas abaixo de 0°C mantinha suas características por longos períodos de tempo. Posteriormente, Birdseye desenvolveu uma espécie de congelador de placas que utilizou no congelamento de carne, frango, peixe e vegetais. Entretanto, a experiência americana não teve a primazia, uma vez que, já nos idos de 1880, durante um transporte de carne da Austrália para a Inglaterra, observou-se que parte da carne se congelara. Ao se verificar que o congelamento não causara qualquer degradação nas características da carne, a sua prática se generalizou, dando início, assim, à indústria do alimento congelado.

A era moderna do alimento congelado teve início com o desenvolvimento de técnicas de congelamento rápido, através das quais, o congelamento pode ser realizado em horas, ao invés de dias, evitando-se, com isso, a formação de grandes cristais de gelo no interior do produto. No começo dos anos 90, essa indústria era responsável por um movimento econômico que gira em torno dos 8 bilhões de dólares por ano nos Estados Unidos, fornecendo mais de 1.500 produtos.

Os métodos mais populares de congelamento incluem os túneis com ar a alta velocidade ("air-blast"), o congelamento por contato, em que o alimento, embalado ou não, é disposto entre placas refrigeradas, o congelamento por imersão do alimento em uma salmoura a baixa temperatura e, finalmente, o congelamento criogênico, em que um fluido criogênico, normalmente dióxido de carbono ou nitrogênio, ambos no estado líquido, são espargidos no interior da câmara de congelamento.

Na cadeia de distribuição, o alimento congelado é, em geral, inicialmente armazenado em grandes câmaras de onde é removido em pequenas quantidades para os centros consumidores. As temperaturas de armazenamento dos alimentos congelados variam na faixa de -23°C a -18°C, embora produtos tais como o peixe seja mais sensível à temperatura. Câmaras de armazenamento de peixe congelado e sorvete operam até temperaturas da ordem de -30°C.

Segundo Dossat (1980), a refrigeração é utilizada em processos de mudança das características ou mesmo estrutura química, o que se denominará de processamento de alimentos. Entre aqueles que sofrem processamento durante sua

preparação, podem ser citados: queijos, bebidas, como cerveja, vinhos e sucos cítricos, e café instantâneo. O processo de produção de queijo depende do tipo considerado, mas todos têm em comum o fato de se originarem do leite coalhado, resultante da ação de alguma bactéria. A coalhada constitui a base para a produção de queijo, o qual, durante o processo de cura, normalmente exige um ambiente refrigerado. A temperatura de cura varia com o tipo de queijo, situando-se, geralmente, entre 10°C e 20°C, por períodos que vão de alguns dias até meses.

No caso da cerveja, duas são as reações químicas principais que ocorrem durante o processo de fabricação: a conversão do amido do grão em açúcar e a fermentação, durante a qual o açúcar é convertido em álcool e dióxido de carbono. Como a fermentação é um processo exotérmico, o produto deve ser resfriado sob pena de ocorrer um aumento de temperatura suficiente para reduzir ou mesmo interromper a transformação do açúcar. A mistura em fermentação deve ser mantida a temperatura que pode variar entre 7°C e 13°C. Por outro lado, a refrigeração também é utilizada no processo de maturação da cerveja, que demanda um período de dois a três meses em ambiente refrigerado.

A produção de vinho também demanda refrigeração. Após a fermentação, o vinho é mantido em tonéis de aço inoxidável por um período que varia de seis meses a dois anos, em um ambiente cuja temperatura deve ser da ordem de 10°C.

O procedimento de concentrar sucos de frutas como o de laranja, é justificado pela redução de volume que se obtém, o que diminui significativamente os custos de armazenamento e transporte. As usinas de processamento instaladas junto à região produtora removem aproximadamente 75% da água contida no suco original, congelando a seguir o concentrado. O processo de remoção da água deve ser realizado a temperaturas relativamente baixas, situadas na faixa de 18°C a 25°C, a fim de preservar o sabor do produto. O processo de vaporização é realizado a vácuo, de modo que o vapor formado deve ser removido para a atmosfera. Hoje em dia, o vapor formado é condensado e removido na forma líquida. A condensação pode ser realizada através da refrigeração.

Segundo Dossat (1980), o emprego da refrigeração é freqüentemente exigido na usinagem e conformação de metais e na fabricação de produtos metálicos ou de

outros materiais, como os plásticos. Um exemplo da aplicação é o da refrigeração do fluido de corte em máquinas de usinagem. Outro exemplo está relacionado ao ar comprimido, o qual é empregado em inúmeras aplicações na indústria, como no acionamento de certas máquinas. Como resultado de sua compressão, o ar é aquecido. Quando o ar comprimido tem a sua temperatura reduzida até a temperatura ambiente, ocorre, com frequência, a condensação do vapor d'água nele contido. A remoção do condensado pode se constituir num problema, caso ocorra em locais inadequados. Para contornar tal inconveniente, é comum resfriar o ar logo após a descarga do compressor, a fim de facilitar a remoção da água condensada. Esse resfriamento exige a utilização da refrigeração.

Indústrias de manufatura freqüentemente operam câmaras de teste que reproduzem e, até mesmo, excedem condições ambiente extremas sob as quais o produto deverá operar. Essas condições envolvem normalmente temperaturas e umidades extremas, tanto nos limites superiores quanto nos inferiores. Os limites inferiores de temperatura nessas câmaras são obtidos através da refrigeração, a qual propicia, de uma maneira geral, uma fonte de ar a baixa temperatura.

Segundo Dossat (1980), os dois exemplos mais importantes da aplicação da refrigeração na indústria da construção estão relacionados com obras civis de grande porte. O primeiro trata do resfriamento de grandes volumes de concreto, enquanto o outro envolve o congelamento do solo como preparação para sua escavação. A reação química que ocorre no concreto durante seu processo de endurecimento é exotérmica. O calor liberado deve ser removido, para evitar temperaturas elevadas que poderiam provocar tensões térmicas, com conseqüente formação de fissuras. Dois são os procedimentos adotados: o resfriamento prévio dos componentes (areia, cimento, agregado) ou o resfriamento do próprio concreto através de dutos embutidos no seu seio. O segundo caso trata do congelamento do solo úmido nas vizinhanças de escavações para evitar com isso a formação de cavernas, com conseqüentes desmoronamentos.

As indústrias química, petroquímica, de refino de petróleo e farmacêutica são usuárias de sistemas de refrigeração de grande porte. Dentre as operações que normalmente exigem refrigeração podem ser citadas as seguintes:

- a) Separação de gases;
- b) Condensação de gases;
- c) Solidificação de uma espécie química de uma mistura para separá-la dos outros componentes;
- d) Manutenção de um líquido a baixa temperatura para controlar a pressão no interior do vaso de armazenamento e
- e) Remoção do calor de reação.

O projeto de circuitos frigoríficos em certas indústrias químicas e de processos é freqüentemente realizado na própria empresa por razões que envolvem questões de patente. Os componentes que satisfazem as especificações de projeto são obtidos de distintos fornecedores e o sistema é instalado pela própria empresa. Fabricantes de equipamentos de refrigeração lançaram nos últimos anos sistemas frigoríficos que resfriam e condensam correntes gasosas e rejeita calor através de um condensador a água.

Este tipo de indústria requer um nível elevado de projeto e engenharia em virtude do grande porte das instalações e dos elevados custos envolvidos.

Segundo Neves Filho (1997), a preservação pelo frio necessita de otimização devido aos custos envolvidos, a tarefa do engenheiro que trabalha com refrigeração pode ser dividida em duas fases principais. A primeira refere-se ao cálculo das necessidades de frio para o processo de resfriamento, congelamento ou estocagem considerando-se que o fenômeno de transferência de calor além do conhecimento do fluxo deste sistema, condições de entrada do ambiente e a carga térmica representada ao processo. Pode-se, assim, dimensionar o sistema completo de refrigeração em função do valor da temperatura do refrigerante exigida por condições de processo.

Já a segunda parte refere-se à seleção do resfriador propriamente dito, onde são basicamente três os problemas:

- Obter informações necessárias para a taxa de resfriamento exigida sob o ponto de vista qualidade, ligadas a uma técnica geral e possibilidades econômicas;

- Determinar a combinação de condições externas (meio de resfriamento, temperatura e velocidade ou vazão deste meio), que irá permitir a obtenção da taxa de resfriamento ótima do produto em função de suas propriedades;
- Selecionar o equipamento que permitirá a obtenção das condições de operação prescritas.

No entanto, tais questões devem ser analisadas considerando-se um estado não estacionário de transferência de calor, caracterizando-se pela dependência do tempo em relação ao fluxo de calor e faixas de temperatura consideradas. Soluções exatas para os problemas práticos desta transferência são muito difíceis, se não impossíveis de obter. Assim, a necessidade de uma solução aproximada do problema tem motivado um considerável esforço para o desenvolvimento de métodos capazes de apresentar tais respostas.

Segundo Neves Filho (1997), a utilização do frio é um instrumento de grande importância para a conservação de alimentos, remédios, produtos químicos entre outros. É praticamente um recurso natural para evitar o crescimento de microorganismos prejudiciais aos produtos, retardar reações químicas indesejáveis, manter a estrutura física inalterada, permitir o transporte a regiões distantes, garantir a higiene sanitária na manipulação de alimentos, entre outros.

Para a correta utilização dos sistemas frigoríficos é muito importante a seleção dos equipamentos de refrigeração uma vez que se os equipamentos não atenderem à potência frigorífica requerida de uma câmara, não é possível resfriar o ar da câmara nem o produto que ela contém. Por outro lado, equipamentos superdimensionados além de serem mais caros, consomem mais energia e tem menor vida útil por estarem constantemente em liga-desliga.

Por fim, a seleção de um equipamento depende da carga térmica que ele vai ter que retirar de uma câmara frigorífica. Essa carga térmica é resultante de uma série de fatores, como o produto, temperatura ambiente entre outros que estão apresentados adiante.

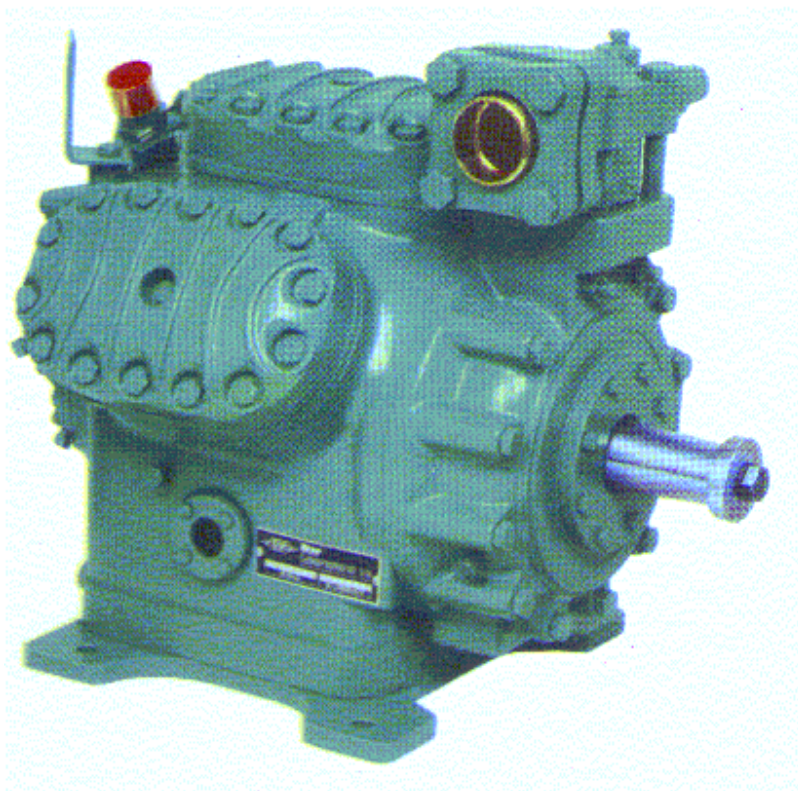
### 3.3. Compressores

Segundo Stoecker e Jones (1985), o compressor é o coração do sistema de compressão a vapor. Os principais tipos de compressores frigoríficos são: *alternativo, parafuso, centrífugo, scroll e palhetas*. O compressor alternativo consiste de um êmbolo movendo-se alternadamente no interior de um cilindro, com as válvulas de aspiração e descarga dispostas convenientemente para permitir a compressão. Os tipos restantes usam elementos rotativos, sendo que o de parafuso, scroll e o de palhetas são máquinas de deslocamento positivo e o tipo centrífugo opera sob a ação de forças centrífugas.

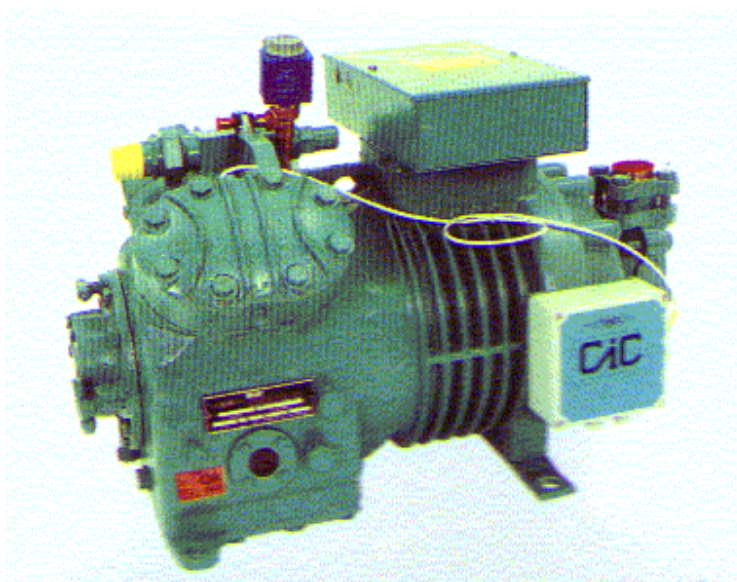
O elemento fundamental da indústria de refrigeração é o compressor alternativo, fabricado com capacidades de refrigeração que variam desde uma fração até centenas de quilowatts. Os compressores modernos são de ação simples, podendo ser monocilindro ou multicilindros. Nos compressores multicilindros os cilindros podem ser dispostos em V, W, radialmente ou em linha.

Acompanhando as tendências apresentadas pelas máquinas rotativas, a rotação de compressão tem aumentado durante os últimos 40 anos; assim, a rotação variou de 120 a 180 rpm, nos primeiros compressores, até rotações da ordem de 3000 rpm, nos compressores da atualidade.

Segundo Stoecker e Jabardo (1994), os compressores alternativos são construídos em distintas concepções, destacando-se entre elas os tipos aberto, semi-herméticos e selado (hermético). No compressor aberto, o eixo de acionamento atravessa a carcaça, sendo, portanto, acionado por um motor exterior, como na Figura 02. Ele é o único tipo utilizado em instalações de amônia, podendo também operar com compostos halogenados. No compressor semi-hermético, a carcaça exterior aloja tanto o compressor propriamente dito quanto o motor de acionamento, como pode ser observado na Figura 03. Nesse tipo, que opera com compostos halogenados, o refrigerante entra em contato com o enrolamento do motor, resfriando-o. Esse compressor deve sua denominação ao fato de permitir a remoção do cabeçote, tornando acessíveis às válvulas e os pistões.



**Figura 02 – Compressor alternativo aberto (Fonte: Bitzer - 1999)**



**Figura 03 – Compressor alternativo semi-hermético (Fonte: Bitzer - 1999)**

Os compressores herméticos como ilustrado na Figura 04, utilizados em refrigeradores domésticos e condicionadores de ar até potências da ordem de 30 kW (40 hp), são semelhantes aos semi-herméticos, destes diferindo no fato da carcaça só apresentar acesso para a entrada e saída do refrigerante e para as conexões elétricas do motor. Em todo caso, tanto os compressores herméticos quanto os seus similares semi-herméticos eliminam a necessidade de um selo de vedação para o eixo, como ocorre nos compressores abertos.

Nas Figuras de 05 a 07, aparecem os compressores parafusos em diversas concepções. Sendo que, na Figura 05 mostra um compressor parafuso aberto, na Figura 06 um compressor parafuso semi-hermético e na Figura 07, um compressor parafuso hermético.



**Figura 04 – Compressores alternativos hermético (Fonte: Copeland - 2004)**

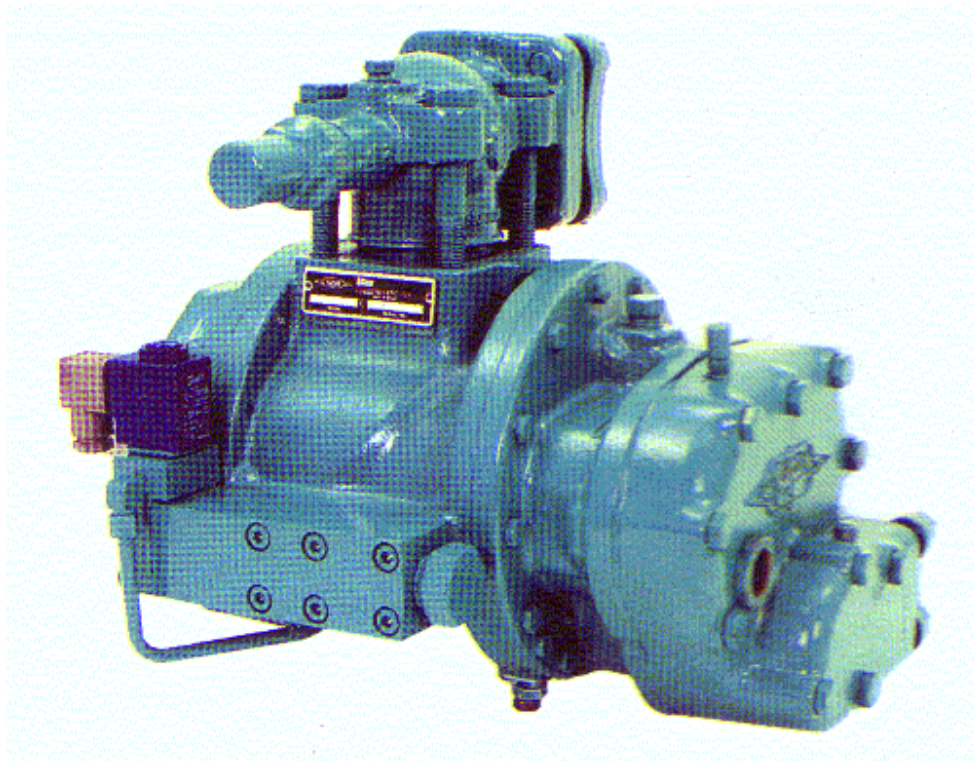
Segundo Neves Filho (1997), a escolha dos compressores mais adequados para uma determinada instalação é uma das etapas mais importantes na elaboração do projeto da instalação frigorífica. Dada a grande variedade de tipos e modelos existentes no mercado, cabe ao usuário final a análise entre as diversas soluções propostas pelos fabricantes de equipamentos, de forma a poder avaliar o correto balanço entre custos iniciais e de operação.

É comum aceitar-se que os equipamentos mais eficientes do ponto de vista energético, são os mais caros, porém, em virtude da melhoria de produtividade

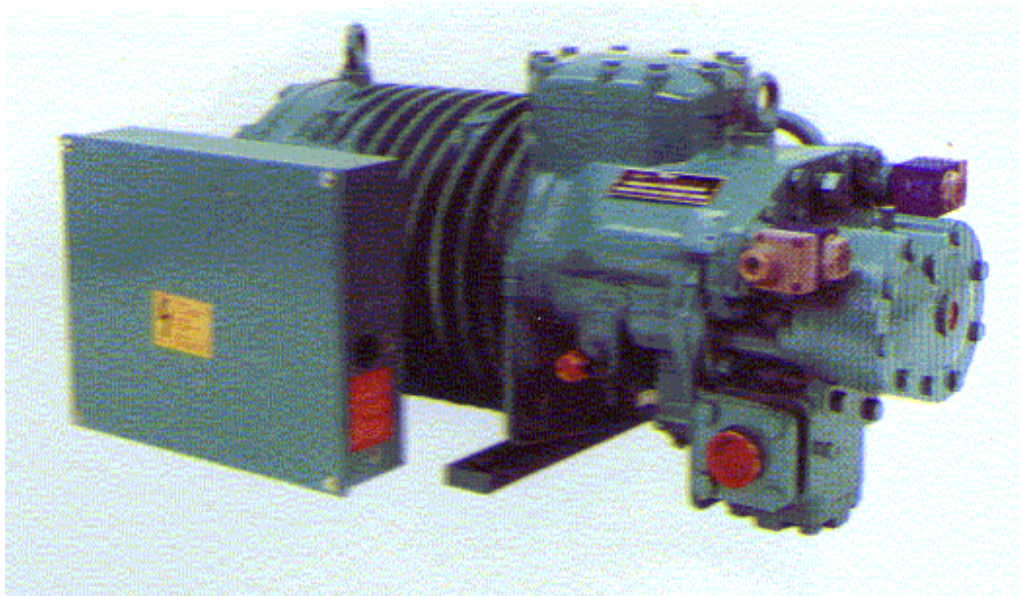
alcançada pelas empresas nos últimos anos, estes custos seguem caindo gradativamente, diminuindo a diferença entre os mais eficientes e os menos eficientes. Como consequência, os períodos de amortização do investimento inicial estão diminuindo, tornando vantajosa esta análise prévia.

Segundo Dossat (1980), para a avaliação da eficiência energética, o melhor parâmetro é a análise do Coeficiente de Performance (COP). Este coeficiente é obtido pela divisão da capacidade de resfriamento de um compressor em kW (energia térmica), em uma dada condição de operação, e potência elétrica consumida em kW, nesta mesma condição.

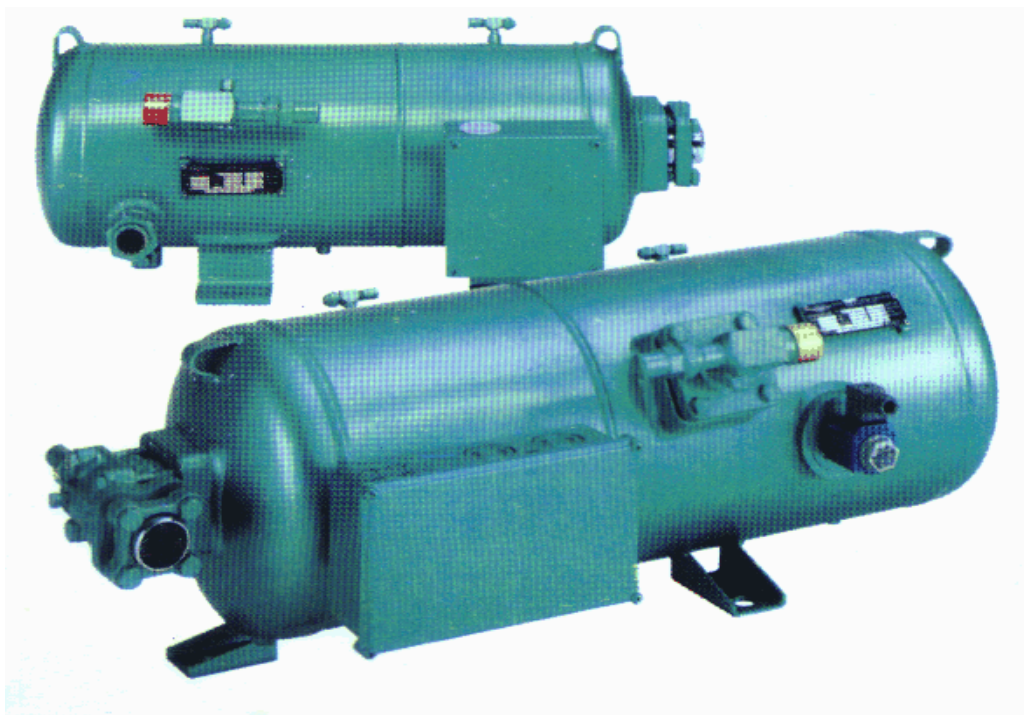
$$\text{COP} = \frac{\text{Energia térmica (kW)}}{\text{Energia elétrica (kW)}} \quad (1)$$



**Figura 05 – Compressor parafuso aberto (Fonte: Bitzer - 1999)**



**Figura 06 – Compressor parafuso semi-hermético (Fonte: Bitzer - 1999)**



**Figura 07 – Compressores parafuso hermético (Fonte: Bitzer - 1999)**

Segundo Dossat (1980), o rendimento volumétrico é o parâmetro chave na interpretação do desempenho dos compressores alternativos para aplicações frigoríficas. Distinguem-se dois tipos de rendimento: o de espaço nocivo e o real. O rendimento volumétrico real,  $\zeta_{vr}$ , é normalmente dado em porcentagem e definido como:

$$\zeta_{vr} = \frac{\text{vazão volumétrica que entra no compressor, m}^3/\text{s}}{\text{taxa de deslocamento, m}^3/\text{s}} \cdot (100) \quad (2)$$

A taxa de deslocamento do compressor é o volume “varrido” pelos pistões durante o seu curso. A definição do rendimento volumétrico de espaço nocivo resulta de argumentos ilustrados na Figura 08. Nos compressores alternativos, as válvulas são normalmente operadas por molas, de modo que, quando a pressão no cilindro se reduz até aquela da linha de aspiração (na realidade um pouco inferior), a válvula de aspiração se abre, permitindo a entrada de gás para o interior do cilindro. Por outro lado, quando a pressão no interior do cilindro atinge o valor da linha de descarga (na realidade, um valor levemente superior) a válvula de descarga se abre, permitindo a saída do gás comprimido do cilindro.

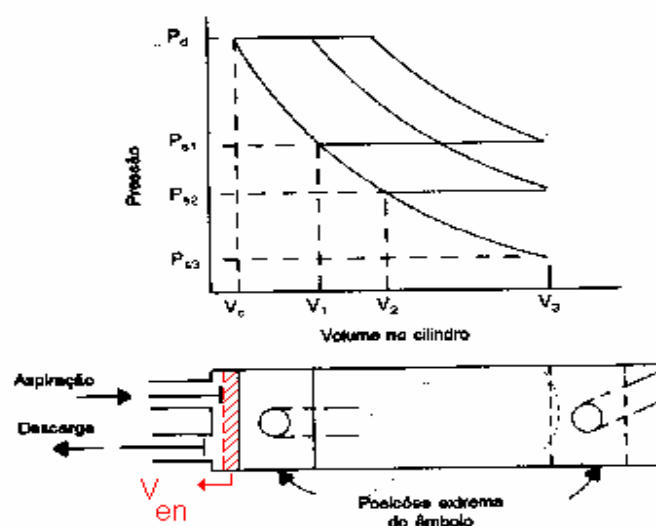


Figura 08 – Diagrama pressão-volume de um compressor alternativo (Fonte: Stoecker e Jabardo - 1994)

Outra característica importante dos compressores alternativos é o espaço nocivo, também ilustrado na Figura 08, representado por  $V_{en}$ , e associado ao volume residual entre a superfície interior do cabeçote e a do pistão, quando este se encontra no Ponto Morto Superior. Assim, o gás que permanece no espaço nocivo deve ser expandido até a pressão de aspiração, quando tem início a introdução de gás no cilindro. O volume do espaço nocivo pode ser expresso como porcentagem do volume deslocado pelo pistão:

$$\text{Fração de Espaço Nocivo, em \%} = m = \left( \frac{V_{en}}{V_3 - V_{en}} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

O rendimento volumétrico de espaço nocivo,  $\zeta_{en}$ , deverá ser dado por:

$$\zeta_{en} = 100 - m \cdot \left( \frac{v_{aspiração}}{v_{descarga}} - 1 \right) \quad (4)$$

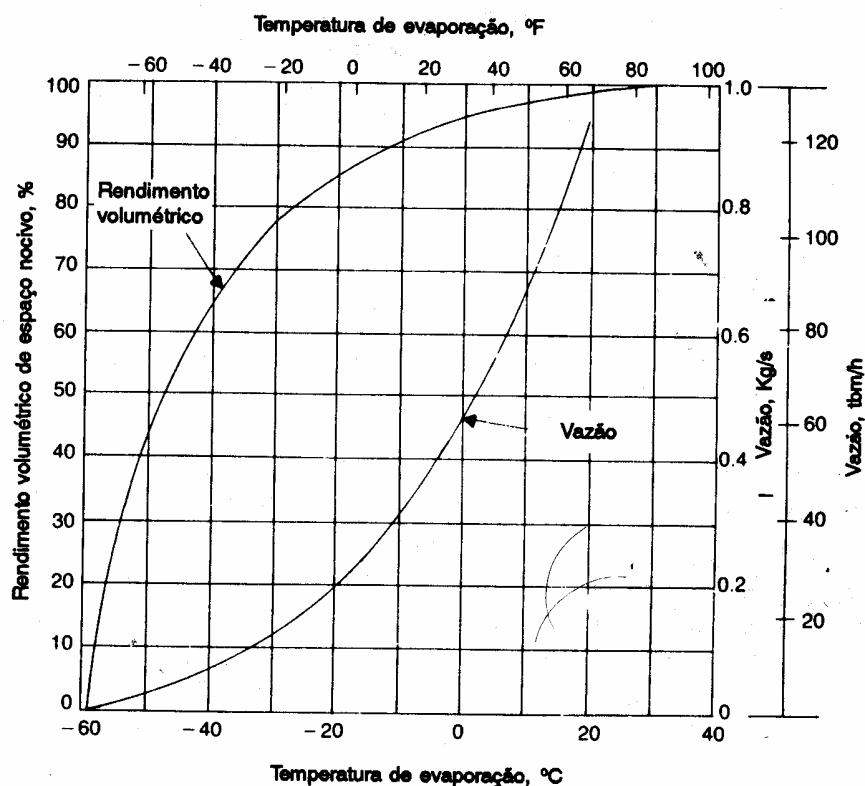
onde

$v_{aspiração}$  = Volume específico do vapor na aspiração do compressor

$v_{descarga}$  = Volume específico do vapor na descarga do compressor

Segundo Stoecker e Jabardo (1994), o efeito da temperatura de evaporação sobre a capacidade de refrigeração e potência de compressão é abordado com base na hipótese de que o rendimento volumétrico resulta exclusivamente da expansão do gás presente no espaço nocivo. Na Figura 09, pode ser observado que, para uma temperatura de evaporação igual à de condensação, o rendimento volumétrico é de 100% em virtude de não ocorrer um incremento de pressão através do compressor, com o que não se dá a expansão do gás do espaço nocivo. À medida que a temperatura de evaporação é reduzida, o pistão deve se deslocar mais, a fim de que a expansão do gás do espaço nocivo seja suficiente para igualar a pressão de aspiração. Com isso, o rendimento volumétrico,  $\zeta_{en}$ , deve diminuir, como se ilustra

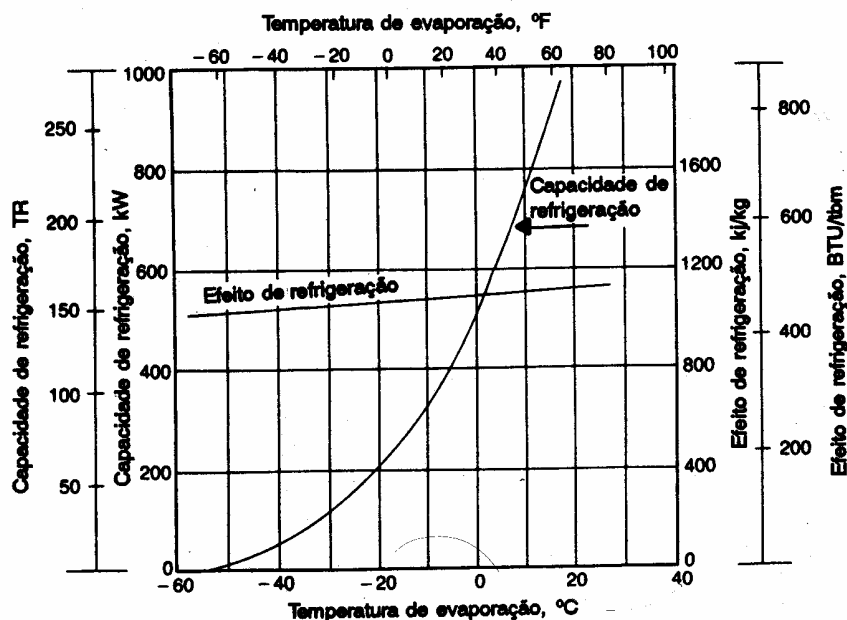
na Figura 09. Assim, se a temperatura de evaporação for reduzida suficientemente,  $\zeta_{en}$  pode assumir um valor nulo, o que ocorre, no caso da Figura 09, quando a temperatura de evaporação é da ordem de  $-59^{\circ}\text{C}$ . Tal condição corresponde ao caso em que o pistão deve deslocar-se até o ponto morto inferior para que a expansão do gás do espaço nocivo atinja uma pressão correspondente à pressão de aspiração.



**Figura 09 – Rendimento volumétrico de espaço nocivo e vazão de refrigerante de um compressor de amônia. A temperatura de condensação é mantida constante e igual a  $35^{\circ}\text{C}$  (Fonte: Stoecker e Jabardo - 1994)**

Segundo Stoecker e Jabardo (1994), a capacidade de refrigeração é igual ao produto da vazão de refrigerante pelo efeito de refrigeração. Este corresponde ao incremento de entalpia do refrigerante através do evaporador. Na Figura 10 se ilustra

a variação do efeito de refrigeração com a temperatura de evaporação para a amônia.

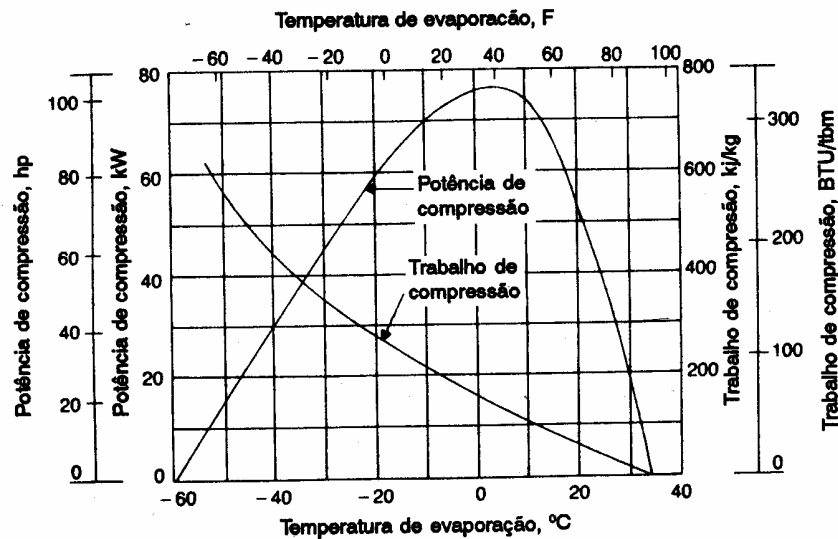


**Figura 10 – Efeito de refrigeração e capacidade frigorífica de um compressor de amônia. A temperatura de condensação é admitida constante e igual a 35°C. (Fonte: Stoecker e Jabardo - 1994)**

Como a temperatura de evaporação afeta pouco o efeito de refrigeração do particular refrigerante, o efeito sobre a capacidade frigorífica do compressor é determinado pela vazão de refrigerante, que é significativamente afetada pela temperatura de evaporação, como se mostra na Figura 09. Assim, para o compressor da Figura 10, a capacidade frigorífica pode dobrar quando a temperatura de evaporação é elevada de -10°C a 10°C. O conhecimento do efeito da temperatura de evaporação ou da pressão de aspiração é muito importante para os projetistas e operadores de instalações frigoríficas, uma vez que eles freqüentemente se defrontam com situações em que é necessário decidir que parâmetro deve ser afetado a fim de se elevar à capacidade do sistema.

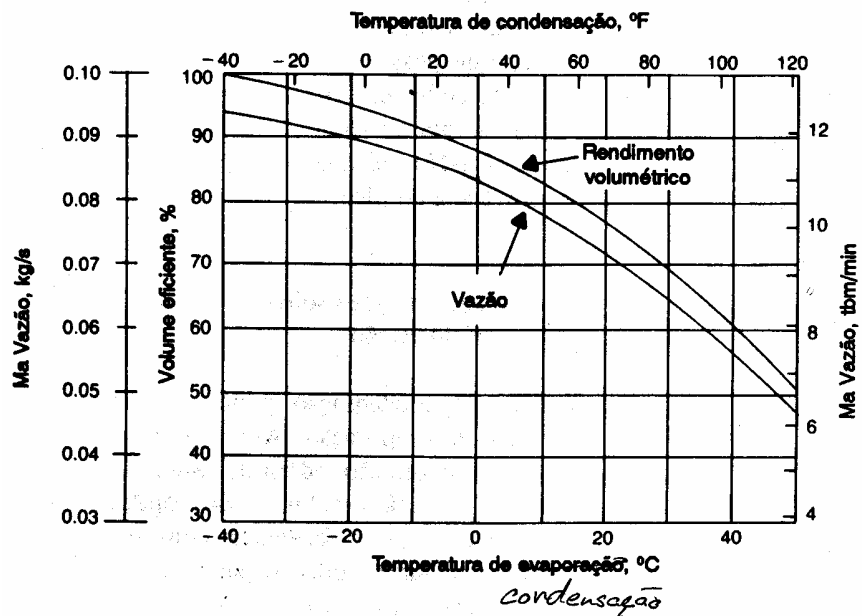
Segundo Stoecker e Jabardo (1994), na maioria dos circuitos frigoríficos, o compressor é o componente que mais consome energia, a tal ponto de afetar significativamente o custo operacional da instalação. Por outro lado, o conhecimento da potência de compressão é importante na seleção do motor de acionamento e de seus equipamentos auxiliares. Percebe-se, assim, a importância da avaliação da potência de compressão. A potência de compressão é igual ao produto da vazão de refrigerante pelo trabalho de compressão.

Na Figura 11 se mostra que o trabalho de compressão isentrópica é elevado a temperaturas de evaporação reduzidas e diminui progressivamente à medida que a temperatura de evaporação se eleva, atingindo o valor nulo quando esta se iguala à de condensação, uma vez que, nessa condição, o compressor não propicia nenhuma elevação de pressão. Por outro lado, percebe-se que a potência de compressão pode ser nula como resultado da anulação da vazão de refrigerante ou do trabalho de compressão. Assim, como a vazão de refrigerante se anula para uma temperatura de evaporação de  $-59^{\circ}\text{C}$  e o trabalho de compressão, por sua vez, é nulo quando a temperatura de evaporação iguala a de condensação, pode se concluir que a potência de compressão se anula nestas condições. Logo, é evidente que a potência de compressão deve assumir um valor máximo entre aquelas temperaturas limite, como pode ser confirmado na Figura 11.



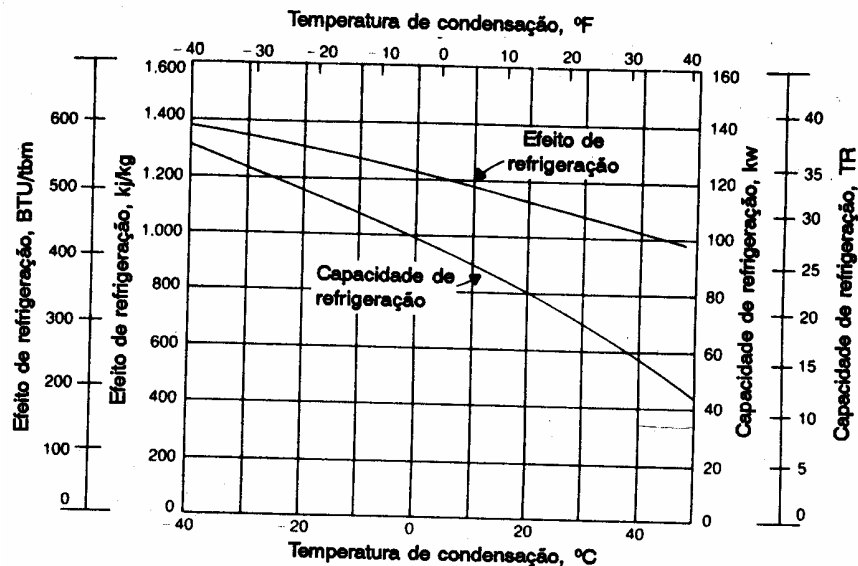
**Figura 11 – Trabalho de compressão e potência de compressão de um compressor de amônia. A temperatura de condensação é de 35°C. (Fonte: Stoecker e Jabardo - 1994)**

Segundo Stoecker e Jabardo (1994), o efeito da temperatura de condensação pode ser avaliado de maneira análoga à da temperatura de evaporação. Na Figura 12, a temperatura de evaporação será mantida constante e igual a -40°C. Pode-se observar que, enquanto a temperatura de condensação aumenta a partir da temperatura de evaporação, -40°C, o rendimento volumétrico diminui progressivamente a partir do valor máximo de 100%. A vazão de refrigerante deve acompanhar o desempenho do rendimento volumétrico, uma vez que o volume específico do gás de aspiração permanece constante em virtude da manutenção de uma mesma temperatura de evaporação. Eventualmente, a uma temperatura de condensação suficientemente elevada, tanto o rendimento volumétrico como a vazão pode assumir valores nulos.



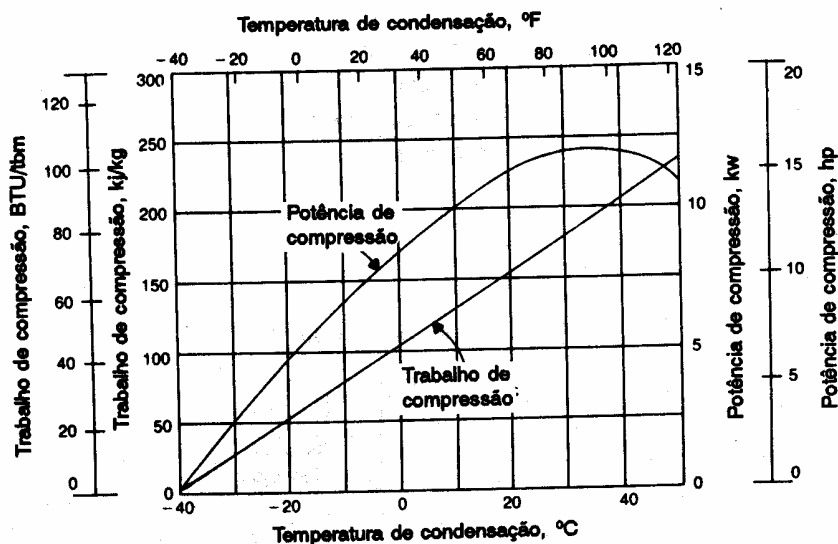
**Figura 12 – Variação do rendimento volumétrico e da vazão de refrigerante com a temperatura de condensação para um compressor de amônia. A temperatura de evaporação é de -40°C. (Fonte: Stoecker e Jabardo - 1994)**

O efeito de refrigeração diminui com a elevação da temperatura de condensação, como resultado da elevação da entalpia do refrigerante na entrada do dispositivo de expansão. Como ambos os fatores diminuem com a elevação da temperatura de condensação, o mesmo deve ocorrer com a capacidade de refrigeração, como se observa na Figura 13.



**Figura 13 – Variação do efeito e da capacidade de refrigeração com a temperatura de condensação para um compressor de amônia. A temperatura de evaporação é de  $-40^{\circ}\text{C}$ . (Fonte: Stoecker e Jabardo - 1994)**

Segundo Stoecker e Jabardo (1994), o trabalho de compressão aumenta continuamente com a temperatura de condensação, a partir de um valor nulo, quando aquela temperatura coincide com a de evaporação. Nessas condições, a curva de potência de compressão versus a temperatura de condensação deverá apresentar duas condições de valor nulo: quando as temperaturas de condensação e de evaporação coincidem ou a vazão de refrigerante se anula. Assim, pode se concluir que a curva de potência de compressão deve apresentar um ponto de máximo para uma temperatura de condensação entre as temperaturas limite acima referidas. A Figura 14 ilustra o comportamento acima referido. Com isso, elevações da temperatura de condensação são acompanhadas de aumentos correspondentes na potência de compressão.



**Figura 14 – Variação do trabalho e da potência de compressão com a temperatura de condensação para um compressor de amônia. A temperatura de evaporação é de  $-40^{\circ}\text{C}$ . (Fonte: Stoecker e Jabardo - 1994)**

Segundo Stoecker e Jabardo (1994), a capacidade de refrigeração e a potência de compressão são os parâmetros operacionais mais importantes do compressor. Nessas condições, não é de se estranhar que os catálogos dos fabricantes os incluam para dadas temperaturas de condensação e evaporação.

Segundo Stoecker e Jabardo (1994), o compressor alternativo tem sido, ao longo dos anos, o cavalo de batalha da refrigeração comercial e industrial. Na atualidade, enfrenta o desafio do compressor rotativo de parafuso. Entretanto, o compressor alternativo ainda domina absoluto na faixa de capacidades inferiores a 300 kW, para a qual apresenta maior eficiência que o de parafuso. Acima desta faixa, o tamanho avantajado do compressor alternativo constitui uma desvantagem. Outra vantagem do compressor alternativo, em relação ao de parafuso, é a possibilidade de manutenção no campo de, praticamente, qualquer item construtivo.

### 3.4. Carga Térmica

#### 3.4.1. Carga Térmica Relativa ao Produto

##### 3.4.1.1. Resfriamento antes e após o congelamento

A maioria das câmaras frigorífica é utilizada para conservar produtos mantendo-os a baixa temperatura. Quando ingressam no ambiente refrigerado, esses produtos estão com uma temperatura maior que a da câmara. É preciso, portanto, resfriá-los através da retirada do calor ou energia que eles possuem. Trata-se da primeira fonte de carga térmica, calculada pela forma a seguir.

$$Q_{\text{resfriamento}} = m_{\text{diário}} \times c_p \times (T_{\text{entrada}} - T_{\text{saída}}) \quad (5)$$

Onde

$Q_{\text{resfriamento}}$  = Carga térmica relativa ao resfriamento do produto (kcal/24h);

$m_{\text{diário}}$  = Movimentação diária do produto (kg/24h);

$c_p$  = Calor específico do produto (kcal/kg x °C)

$T_{\text{entrada}}$  = Temperatura de entrada do produto (°C);

$T_{\text{saída}}$  = Temperatura de saída do produto (°C).

Quando o produto está resfriado, o calor específico é o de resfriamento. Quando o produto está congelado, o calor específico é o de congelamento. Para a grande maioria dos produtos, o valor do calor específico de congelamento é metade do valor do calor específico de resfriamento.

##### 3.4.1.2. Congelamento

Para o cálculo do congelamento de produtos, aplica-se a equação seguinte:

$$Q_{\text{congelamento}} = m_{\text{diario}} \times L \quad (6)$$

Onde

$Q_{\text{congelamento}}$  = Carga térmica relativa ao congelamento do produto (kcal/24h);

$m_{\text{diário}}$  = Carga de produto movimentada no dia, ou no período (kg/24h);

$L$  = Calor latente do produto (kcal/kg).

Quando se tem congelamento, o calor latente informa o quanto de calor é preciso retirar do produto para congelar a maior parte da água que ele contem. A carga térmica de congelamento é em geral muito elevada, chegando a ser três vezes maior que a carga térmica de resfriamento. Portanto é muito importante saber quando o produto que entra numa câmara frigorífica vai ser congelado. As câmaras para congelamento são geralmente chamadas de túnel de congelamento. Trabalham com temperaturas baixas (-20 a -40°C) e necessita de ventiladores de grande capacidade de circulação de ar, o que proporciona um congelamento rápido.

Para o utilizar a fórmula de cálculo da carga térmica de congelamento, é preciso levantar o valor do calor latente.

#### 3.4.1.3. Calor de Respiração

A respiração é feita por alguns produtos frescos (não congelados) que possuem alguma atividade biológica. É o caso das frutas e verduras que após a colheita amadurecem, sofrendo alterações de cor e sabor. Outros produtos também liberam esse calor devido à atividade biológica, como o queijo e iogurtes que possuem microrganismos vivos no seu interior.

O cálculo do calor de respiração é feito pela equação (7):

$$Q_{\text{respiracao}} = m_{\text{total}} \times C_{\text{respiracao}} \quad (7)$$

Onde

$Q_{\text{respiração}}$  = Carga térmica relativa à respiração do produto (kcal/24h);

$m_{\text{total}}$  = Carga total de produto armazenada na câmara (kg);

$C_{\text{respiração}}$  = Calor de respiração do produto (kcal/(kg x 24h))

### 3.4.2. Carga Térmica Relativa a Transmissão

A transmissão ocorre devido à passagem do calor do ambiente externo para o ambiente interno da câmara. Como geralmente as câmaras estão com uma temperatura menor que a temperatura ambiente, é natural que o calor de fora queira “entrar” na câmara para acabar com essa diferença. Para evitar a entrada do calor utiliza-se o isolamento da câmara, geralmente poliestireno expandido (Isopor®) ou poliuretano expandido.

O cálculo da Infiltração é feito pela equação (8):

$$Q_{\text{transmissao}} = U \times A_{\text{externa}} \times \Delta T \quad (8)$$

Onde:

$Q_{\text{transmissão}}$  = Carga térmica relativa à transmissão (kcal/24h);

$U$  = Coeficiente Global de transmissão de calor (kcal/(m<sup>2</sup>x24hx°C));

$A_{\text{externa}}$  = Área externa da câmara (m<sup>2</sup>);

$\Delta T$  = Diferença de temperatura (°C).

### 3.4.3. Carga Térmica Relativa a Infiltração

Entende-se por Infiltração o volume de ar externo que entra numa câmara frigorífica. Esse ar é mais quente do que o ar interno na câmara e, portanto, possui uma quantidade de calor que deve ser retirada. Além do calor, ele tem também

umidade em forma de vapor (vapor d'água) que ao entrar em contato com o evaporador irá condensar e congelar, causando o indesejável efeito de bloqueio.

Para o cálculo do calor de infiltração, utiliza-se a equação (9):

$$Q_{\text{infiltração}} = V_{\text{interno}} \times \text{Trocas}_{\text{volume}} \times (H_{\text{entrada}} - H_{\text{saída}}) \quad (9)$$

Onde:

$Q_{\text{infiltração}}$  = Carga térmica relativa à infiltração (kcal/24h);

$V_{\text{interno}}$  = Volume interno da câmara ( $\text{m}^3$ );

$\text{Trocas}_{\text{volume}}$  = Número de trocas do volume interno (valores tabelados);

$H_{\text{entrada}}$  = Entalpia do ar externo ( $\text{kcal}/\text{m}^3$ );

$H_{\text{saída}}$  = Entalpia do ar interno ( $\text{kcal}/\text{m}^3$ );

#### 3.4.4. Carga Térmica Relativa ao Calor das Pessoas

Uma pessoa, em atividade moderada, na temperatura ambiente de  $10^\circ\text{C}$  libera aproximadamente 180kcal/h. Portanto, toda vez que uma pessoa se encontra no interior de uma câmara frigorífica, ela está liberando calor o que gera uma carga térmica. Para o cálculo dessa carga, utiliza-se a equação (10):

$$Q_{\text{pessoas}} = \text{numero}_{\text{pessoas}} \times \text{calor}_{\text{pessoas}} \times h_{\text{trabalho}} \quad (10)$$

Onde:

$Q_{\text{pessoas}}$  = Carga térmica liberada por pessoas na câmara (kcal/24h);

$\text{número}_{\text{pessoas}}$  = Número de pessoas trabalhando internamente na câmara;

$\text{calor}_{\text{pessoas}}$  = Calor liberado pela pessoas trabalhando internamente na câmara (kcal/h)

$h_{\text{trabalho}}$  = Número de horas que as pessoas permanecem no interior da câmara (h/24h)

### 3.4.5. Carga Térmica Relativa a Iluminação

Para o cálculo dessa carga, utiliza-se a equação (11):

$$Q_{\text{iluminação}} = \text{núm. de lâmpadas} \times \text{potência}_{\text{dissipada}} \times h_{\text{trabalho}} \times 0,86 \quad (11)$$

Onde:

$Q_{\text{iluminação}}$  = Carga térmica relativa à iluminação (kcal/24h);

$\text{potência}_{\text{dissipada}}$  = Potência dissipada pela iluminação por m<sup>2</sup> (W/ m<sup>2</sup>);

$h_{\text{trabalho}}$  = Número de horas que as lâmpadas permanecem no interior da câmara (h/24h)

A potência dissipada depende do tipo de iluminação.

### 3.4.6. Carga Térmica Relativa aos Motores

A presença de motores no interior das câmaras frigoríficas também gera calor. É o caso de empilhadeiras, motor de esteiras, entre outros que possam surgir. Para o cálculo do calor de motores, aplica-se a equação (12):

$$Q_{\text{motores}} = \text{potência}_{\text{dissipada}} \times h_{\text{trabalho}} \times 0,86 \quad (12)$$

Onde:

$Q_{\text{motores}}$  = Carga térmica relativa ao funcionamento dos motores (kcal/24h);

$\text{potência}_{\text{dissipada}}$  = Potência total dos motores que funcionam no interior da câmara (W);

$h_{\text{trabalho}}$  = Número de horas de funcionamento dos motores por dia (h/24h)

### 3.4.7. Carga Térmica Relativa as Resistências Elétricas

Para o cálculo dessa carga, utiliza-se a equação (13):

$$Q_{\text{resistências}} = \text{potência}_{\text{dissipada}} \times h_{\text{trabalho}} \times 0,86 \quad (13)$$

Onde:

$Q_{\text{resistências}}$  = Carga térmica relativa ao funcionamento das resistências elétricas (kcal/24h);

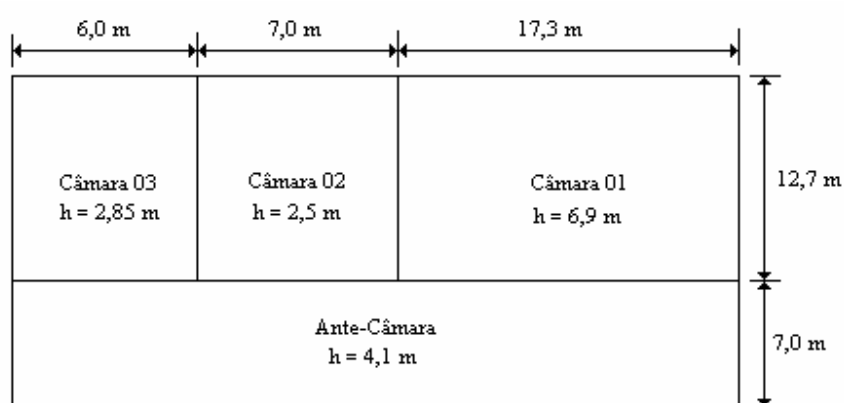
$\text{potência}_{\text{dissipada}}$  = Potência total das resistências elétricas que funcionam no interior da câmara (W);

$h_{\text{trabalho}}$  = Número de horas de funcionamento dos motores por dia (h/24h)

## 4. Materiais e Métodos

### 4.1. Materiais

Para uma melhor compreensão da instalação frigorífica, é apresentada a planta baixa da instalação na Figura 15.



**Figura 15 – Planta baixa da instalação**

Portanto, a instalação é composta atualmente de três câmaras e uma antecâmara servindo as três câmaras. A câmara 01 tem uma área interna de 213,75 m<sup>2</sup> com uma altura de 6,90 m. O isolamento é de poliestireno expandido, com uma espessura de 100 mm. A temperatura interna da câmara 01 é de -7°C. Os equipamentos de refrigeração da câmara 01 são compostos por cinco compressores abertos Bitzer modelo V, sendo quatro em funcionamento e um em reserva. Cada compressor é acionado por um motor elétrico de potência 5,51 kW (7,5 cv). A condensação é a água, com condensador do tipo “Casco e Tubo” e temperatura de condensação de 38°C. Possui uma torre de resfriamento da marca Alpina. São quatro evaporadores com circulação forçada do ar da marca Trineva. Temperatura de evaporação de -13°C. O degelo é por resistência elétrica e o gás refrigerante R22. Os produtos armazenados são caixas de papelão de 25 kg com cortes bovinos resfriados embalados a vácuo.

A câmara 02 tem uma área interna de 85,00 m<sup>2</sup> com uma altura de 2,50 m. O isolamento é de poliestireno expandido, com uma espessura de 100 mm. A

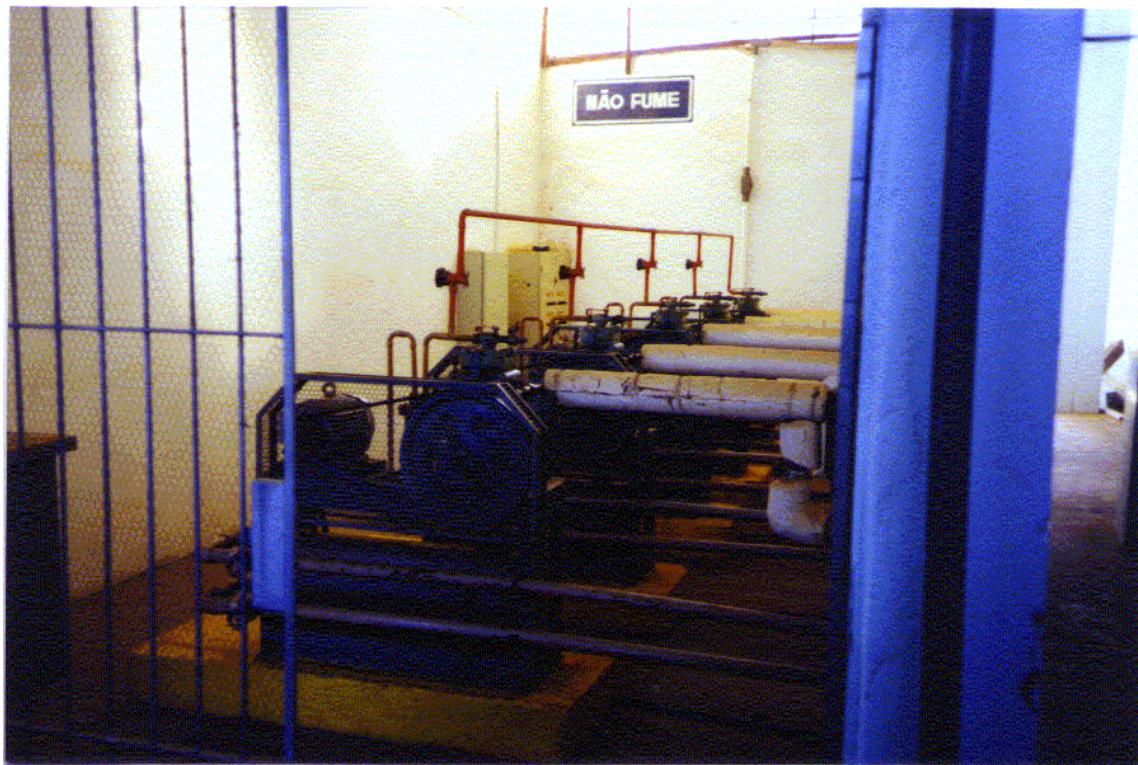
temperatura da câmara 02 de  $-8^{\circ}\text{C}$ . A câmara 02 é equipada com dois compressores abertos Bitzer modelo V. Cada compressor é acionado por um motor elétrico de potência 5,51 kW (7,5 cv). A condensação é a ar e a temperatura de condensação de  $45^{\circ}\text{C}$ . São dois evaporadores com circulação forçada do ar de marca desconhecida. Temperatura de evaporação de  $-14^{\circ}\text{C}$ . O degelo é por resistência elétrica e o gás refrigerante R22. Os produtos armazenados são caixas de papelão de 25 kg com cortes bovinos resfriados embalados a vácuo.

A câmara 03 tem uma área interna de  $70,68\text{ m}^2$  com uma altura de 2,85 m. O isolamento é de poliuretano injetado, com uma espessura de 150 mm. A temperatura da câmara 03 de  $-20^{\circ}\text{C}$ . A câmara 03 tem dois compressores abertos Bock modelo FK4. Cada compressor é acionado por um motor elétrico de potência 7,35 kW (10,0 cv). A condensação é a ar e temperatura de condensação de  $45^{\circ}\text{C}$ . São dois evaporadores com circulação forçada do ar da marca Recrusul. Temperatura de evaporação de  $-26^{\circ}\text{C}$ . O degelo é por gás quente e o gás refrigerante R12. Os produtos armazenados são caixas de papelão de 25 kg com cortes bovinos congelados embalados a vácuo.

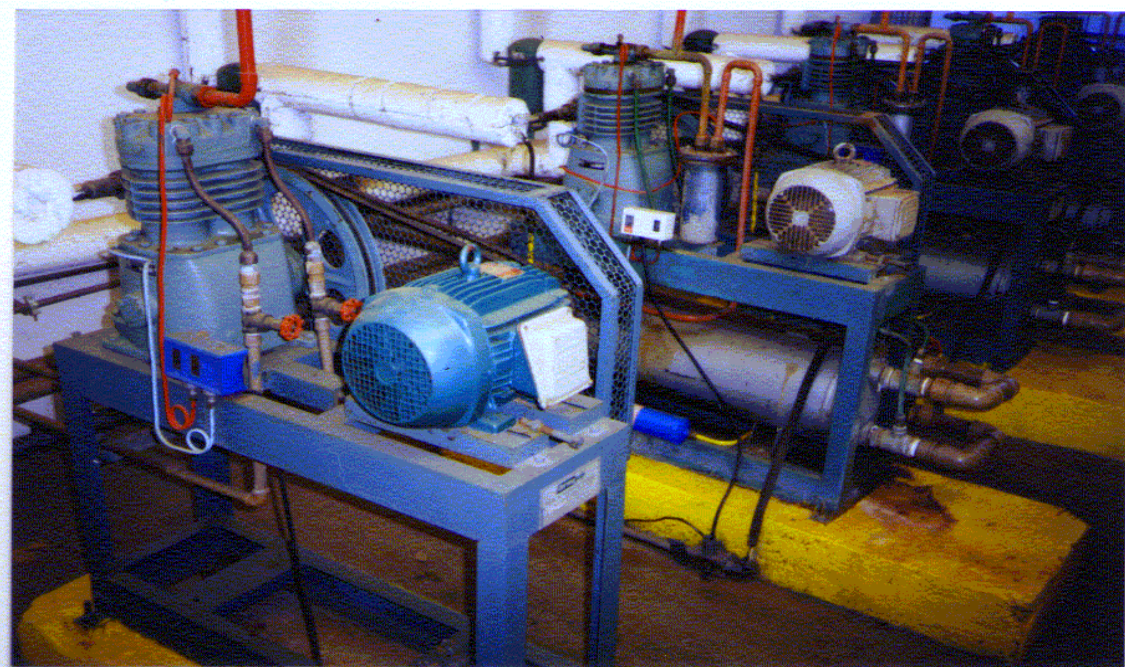
A antecâmara tem uma área interna de  $204,68\text{ m}^2$  com uma altura de 4,10 m. O isolamento é de poliestireno expandido, com uma espessura de 100 mm. Possui três plataformas para a conexão dos veículos para carga e descarga de mercadorias. Atualmente, a antecâmara está desligada.

Utilizou-se um alicate multímetro digital nas medições de corrente e tensão.

As Figuras de 16 e 17 mostram a sala de máquinas da câmara 01, a Figura 18 refere-se a torre de resfriamento da câmara 01, a Figura 19 o interior da câmara 01, a Figura 20 as unidades condensadoras da câmara 02, a Figura 21 o interior da câmara 02, a Figura 22 as unidades condensadoras da câmara 03, a Figura 23 o interior da câmara 03, as Figuras 24 e 25 o interior da antecâmara e a Figura 26 mostra o exterior da antecâmara, aonde os caminhões encostam para carga e descarga.



**Figura 16 – Sala de máquinas câmara 01**



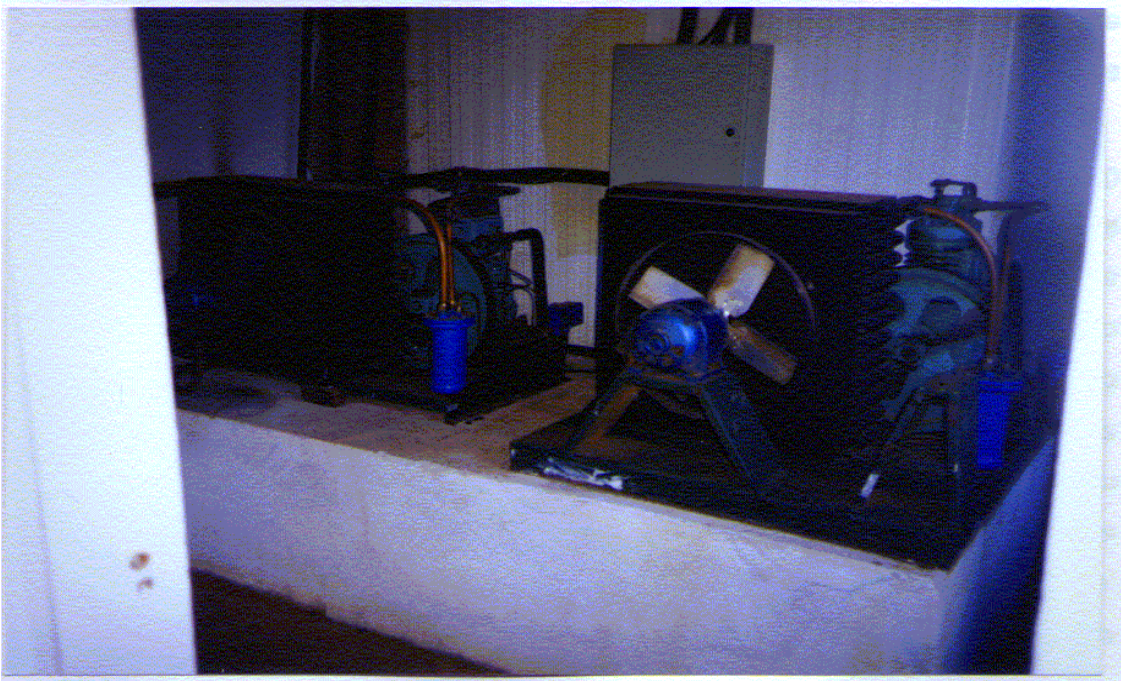
**Figura 17 – Sala de máquinas câmara 01**



***Figura 18 – Torre de resfriamento câmara 01***



***Figura 19 – Câmara 01***



***Figura 20 – Unidades condensadoras câmara 02***



***Figura 21 – Câmara 02***



***Figura 22 – Unidades condensadoras câmara 03***



***Figura 23 – Câmara 03***



***Figura 24 – Antecâmara***



***Figura 25 – Antecâmara***



***Figura 26 – Vista exterior da antecâmara***

## **4.2. Métodos**

Para cada câmara, é calculada a carga térmica, e depois selecionado os equipamentos necessários para suprir cada carga calculada. Analisando o COP de cada compressor e o consumo de energia diário dos evaporadores, é selecionado o equipamento ideal para a substituição dos equipamentos instalados.

Através de medições com o alicate multímetro, é calculado o consumo de energia elétrica referente às unidades condensadoras das três câmaras frigoríficas, o consumo dos ventiladores e da resistência elétrica dos evaporadores de cada câmara.

É calculada uma projeção do consumo de energia elétrica com os equipamentos que irão substituir os atuais.

No estudo econômico, é calculado o gasto mensal na situação atual (equipamentos atuais e tarifa convencional) e o gasto mensal na situação proposta (equipamentos propostos e tarifa horosazonal verde), portanto, é quantificado a economia mensal. Depois, quantificado o investimento inicial, é calculado o retorno desse investimento.

## 5. Resultados Obtidos

### 5.1. Cálculo da Carga Térmica e Seleção dos Equipamentos

#### Câmara 01

#### Dados Técnicos Considerados

##### Condições externas:

Temperatura externa = 32°C

Temperatura ar que entra na câmara = 25°C

Temperatura do piso = 20°C

Temperatura interna da câmara = -7°C

##### Materiais isolantes à serem utilizados:

Poliestireno expandido (isopor)

Espessura do isolante = 100 mm

Coeficiente global (U) do isolante = 6,3768 kcal/m<sup>2</sup>.°C.24hs

##### Características da câmara:

Dimensões externas: comprimento = 12,7 m

largura = 17,3 m

altura = 6,9 m

Temperatura interna = -7°C à -4°C

Tipo de produto = caixas de papelão de 25 kg com cortes bovino embalado à vácuo

Temperatura de entrada do produto = +1°C

Ponto de congelamento da carne de boi = -1,8°C

Calor específico antes do congelamento = 0,77 kcal/kg.°C

Carga diária = 44.000 kg à +1°C

#### Cálculo da Carga Térmica

##### Penetração

Piso

$$Q = U \times A \times DT$$

Área total = 219,71 m<sup>2</sup>

Diferença de temperatura = 27°C

$$Q = 6,3768 \times 219,71 \times 27$$

$$Q = 37.828,26 \text{ kcal/24h}$$

*Paredes e teto*

$$Q = U \times A \times DT$$

$$\text{Área total} = 633,71 \text{ m}^2$$

$$\text{Diferença de temperatura} = 39^\circ\text{C}$$

$$Q = 6,3768 \times 633,71 \times 39$$

$$Q = 157.600,6 \text{ kcal/24h}$$

$$\text{Portanto, calor de penetração} = 37.828,26 + 157.600,6$$

$$Q = \mathbf{195.428,86 \text{ kcal/24h}}$$

### Renovação de ar

Volume interno da câmara:

$$V = 12,50 \times 17,10 \times 6,80$$

$$V = 1.453,50 \text{ m}^3$$

Número de trocas: 1,6

Entalpia ar externo câmara:

$$\text{Temperatura bulbo seco} = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Umidade relativa aproximada} = 90\%$$

$$\text{Entalpia} = 20,2 \text{ kcal/m}^3$$

Entalpia ar interno câmara:

$$\text{Temperatura bulbo seco} = -7^\circ\text{C}$$

$$\text{Umidade relativa aproximada} = 90\%$$

$$\text{Entalpia} = -0,76 \text{ kcal/m}^3$$

$$Q = (1.453,50 \text{ m}^3) \times (1,6) \times (20,2 - (-0,76))$$

$$Q = \mathbf{48.744,58 \text{ kcal/24h}}$$

### Produto

$Q = \text{massa do produto} \times \text{calor específico antes congelamento} \times \text{diferença de temperatura}$

$$Q = 44.000 \times 0,77 \times 2,8$$

$$Q = \mathbf{94.864,00 \text{ kcal/24h}}$$

### Iluminação

$Q = \text{número de lâmpadas} \times \text{potência (W)} \times \text{fator de conversão (0,86)} \times \text{tempo de funcionamento}$

$$Q = 10 \times 200 \times 0,86 \times 8$$

$$Q = \mathbf{13.760 \text{ kcal/24h}}$$

### Pessoas

$Q = \text{número de pessoas} \times \text{calor liberado (kcal/h)} \times \text{tempo no interior da câmara}$

$$Q = 3 \times 267 \times 4$$

$$Q = \mathbf{3.204 \text{ kcal/24h}}$$

Motor elétrico dos evaporadores

$Q = \text{número de motores} \times \text{potência (W)} \times \text{fator de conversão (0,86)} \times \text{tempo de funcionamento}$

$$Q = 4 \times 292 \times 0,86 \times 19$$

$$Q = 18.080,64 \text{ kcal/24h}$$

Resistência elétrica dos evaporadores

$Q = \text{potência (W)} \times \text{fator de conversão (0,86)} \times \text{tempo de funcionamento}$

$$Q = 4 \times 3840 \times 0,86 \times 2$$

$$Q = 26.419,2 \text{ kcal/24h}$$

TOTAL

$$Q = 195.428,86 + 48.744,58 + 94.864 + 13.760 + 3.204 + 18.080,64 + 26.419,2$$

$$Q = 400.501,28 \text{ kcal/24h}$$

Fator de segurança 10%:

|                                   |
|-----------------------------------|
| $Q = 440.551,41 \text{ kcal/24h}$ |
|-----------------------------------|

Com a unidade condensadora funcionando 20 horas/dia

**Carga térmica horária**

|                             |
|-----------------------------|
| $Q = 22.028 \text{ kcal/h}$ |
|-----------------------------|

|                        |
|------------------------|
| $Q = 25,61 \text{ kW}$ |
|------------------------|

A Tabela 06 traz um resumo do cálculo de carga térmica para a câmara 01.

**Tabela 06 – Carga Térmica Câmara 01**

| <b>Calor</b>                                         | <b>Valores</b> |
|------------------------------------------------------|----------------|
| $Q_{\text{produtos}}$ (kcal/24h)                     | 94.864,00      |
| $Q_{\text{transmissão}}$ (kcal/24h)                  | 195.148,86     |
| $Q_{\text{infiltração}}$ (kcal/24h)                  | 48.744,58      |
| $Q_{\text{pessoas}}$ (kcal/24h)                      | 3.204,00       |
| $Q_{\text{iluminação}}$ (kcal/24h)                   | 13.760,00      |
| $Q_{\text{motores}}$ (kcal/24h)                      | 18.080,64      |
| $Q_{\text{resistências}}$ (kcal/24h)                 | 26.419,20      |
| Carga Térmica Total 1 (kcal/24h)                     | 400.501,28     |
| Segurança (%)                                        | 10             |
| Carga Térmica Total 2 (kcal/24h)                     | 440.551,41     |
| Horas de Funcionamento do Compressor por dia (h/24h) | 20             |
| <b><i>Carga térmica horária (kcal/h)</i></b>         | <b>22.028</b>  |
| <b><i>Carga térmica horária (kW)</i></b>             | <b>25,61</b>   |

A Tabela 07 indica o compressor necessário para suprir a carga térmica da câmara 01, mostrada pela Tabela 06, de diferentes fabricantes disponíveis no mercado nacional. Para cada compressor proposto, é visualizada, a quantidade de calor capaz de retirar nas condições estabelecidas (capacidade) e a potência elétrica consumida, e conseqüentemente, o coeficiente de performance (COP).

**Tabela 07 – Compressores Propostos Câmara 01**

| <b><i>Compressor</i></b> | <b><i>Quant.</i></b> | <b><i>Pot. Elet. (kW)</i></b> | <b><i>Capacidade (kW)</i></b> | <b><i>COP</i></b> |
|--------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| BHS 2402 (Bitzer)        | 01                   | 12,01                         | 29,94                         | 2,49              |
| 4P-10.2 (Bitzer)         | 01                   | 10,01                         | 25,84                         | 2,58              |
| HA4/555-4 (Danfoss)      | 01                   | 10,17                         | 29,14                         | 2,87              |
| D3DS5-1500 (Copeland)    | 01                   | 10,58                         | 29,02                         | 2,74              |

A Tabela 08 indica os evaporadores necessários para suprir a carga térmica da câmara 01, de diferentes fabricantes disponíveis no mercado nacional. Para cada evaporador proposto, é visualizada, a quantidade de calor capaz de retirar nas condições estabelecidas (capacidade), a potência elétrica consumida pelos ventiladores e resistências.

A Tabela 09 indica o preço e o consumo elétrico diário de energia nas condições estabelecidas dos compressores propostos para a câmara 01.

**Tabela 08 – Evaporadores Propostos Câmara 01**

| <b><i>Evaporador</i></b> | <b><i>Quant.</i></b> | <b><i>Capac. (kW)</i></b> | <b><i>Pot. Vent. (W)</i></b> | <b><i>Pot. Resist. (W)</i></b> |
|--------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| TRD 9 (Trineva)          | 04                   | 29,31                     | 2.176                        | 30.800                         |
| BME 390 (Heatcraft)      | 02                   | 25,16                     | 1.119                        | 15.500                         |
| BML 220 (Heatcraft)      | 04                   | 28,41                     | 1.492                        | 21.400                         |
| FBA 290 (Heatcraft)      | 04                   | 27,83                     | 2.184                        | 17.120                         |
| IBAB 47 (Evaporadores)   | 04                   | 28,12                     | 1.752                        | 23.040                         |
| DZ 43 (Evaporadores)     | 04                   | 29,77                     | 1.460                        | 19.200                         |
| IBAERF 48 (Evaporadores) | 04                   | 29,27                     | 1.168                        | 15.360                         |
| TZ 7035 (Evaporadores)   | 04                   | 28,64                     | 1.440                        | 18.000                         |
| IBBR 43 (Evaporadores)   | 04                   | 27,87                     | 2.238                        | 23.640                         |
| MI 072 (Mipal)           | 04                   | 27,98                     | 1.400                        | 22.000                         |
| HD 15 (Mipal)            | 01                   | 25,21                     | 558                          | 27.000                         |
| HD 11 (Mipal)            | 02                   | 29,07                     | 744                          | 28.800                         |
| HD 6 (Mipal)             | 04                   | 28,37                     | 744                          | 36.000                         |

**Tabela 09 – Preço e Cons. Elet. Diário dos Compressores Proposto Câmara 01**

| <b><i>Compressor</i></b> | <b><i>Preço (R\$)</i></b> | <b><i>Consumo diário (kWh)</i></b> |
|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| BHS 2402 (Bitzer)        | 3.800,00                  | 204,09                             |
| 4P-10.2 (Bitzer)         | 9.176,28                  | 197,10                             |
| HA4/555-4 (Danfoss)      | 11.041,00                 | 177,57                             |
| D3DS5-1500 (Copeland)    | 14.100,00                 | 185,49                             |

A Tabela 10 mostra o preço e o consumo diário de energia nas condições estabelecidas dos evaporadores propostos para a câmara 01.

**Tabela 10 – Preço e Consumo Elétrico Diário dos Evap. Proposto Câmara 01**

| <b><i>Evaporador</i></b> | <b><i>Quant.</i></b> | <b><i>Preço Total (R\$)</i></b> | <b><i>Cons. diário (kWh)</i></b> |
|--------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| BME 390 (Heatcraft)      | 02                   | 8.950,00                        | 52,26                            |
| BML 220 (Heatcraft)      | 04                   | 12.988,00                       | 71,15                            |
| FBA 290 (Heatcraft)      | 04                   | 7.680,00                        | 75,74                            |
| IBAB 47 (Evaporadores)   | 04                   | 7.632,94                        | 79,37                            |
| DZ 43 (Evaporadores)     | 04                   | 4.510,80                        | 66,14                            |
| IBAERF 48 (Evaporadores) | 04                   | 5.334,00                        | 52,91                            |
| TZ 7035 (Evaporadores)   | 04                   | 5.481,00                        | 63,36                            |
| IBBR 43 (Evaporadores)   | 04                   | 12.327,00                       | 89,80                            |
| MI 072 (Mipal)           | 04                   | 5.897,76                        | 70,60                            |
| HD 15 (Mipal)            | 01                   | 5.434,68                        | 64,60                            |
| HD 11 (Mipal)            | 02                   | 7.325,02                        | 71,74                            |
| HD 6 (Mipal)             | 04                   | 8.034,04                        | 86,14                            |

## **Câmara 02**

### **Dados Técnicos Considerados**

Temperatura bulbo seco = 32°C

Temperatura do piso = 20°C

Coeficiente global (U) do isolante = 6,4 kcal/m<sup>2</sup>.°C.24hs

Carga por vez = 22000 kg à -1°C

A Tabela 11 traz um resumo do cálculo de carga térmica para a câmara 02.

**Tabela 11 – Carga Térmica Câmara 02**

| <b>Calor</b>                                         | <b>Valores</b> |
|------------------------------------------------------|----------------|
| Q <sub>produtos</sub> (kcal/24h)                     | 55.440,00      |
| Q <sub>transmissão</sub> (kcal/24h)                  | 45.654,27      |
| Q <sub>infiltração</sub> (kcal/24h)                  | 19.663,56      |
| Q <sub>peessoas</sub> (kcal/24h)                     | 4.870,80       |
| Q <sub>iluminação</sub> (kcal/24h)                   | 4.386,00       |
| Q <sub>motores</sub> (kcal/24h)                      | 7.156,92       |
| Q <sub>resistências</sub> (kcal/24h)                 | 9.907,20       |
| Carga Térmica Total 1 (kcal/24h)                     | 147.078,75     |
| Segurança (%)                                        | 10             |
| Carga Térmica Total 2 (kcal/24h)                     | 161.786,63     |
| Horas de Funcionamento do Compressor por dia (h/24h) | 20h            |
| <b>Carga térmica horária (kcal/h)</b>                | <b>8.090</b>   |
| <b>Carga térmica horária (kW)</b>                    | <b>9,41</b>    |

A Tabela 12 indica a unidade condensadora necessária para suprir a carga térmica da câmara 02, mostrada pela Tabela 11. Para cada unidade condensadora

proposta, é visualizada, a quantidade de calor capaz de retirar nas condições estabelecidas (capacidade) e a potência elétrica consumida, e conseqüentemente, o coeficiente de performance (COP).

**Tabela 12 – Unidades Condensadoras Propostas Câmara 02**

| <b>Unidade Condensadora</b> | <b>Quant.</b> | <b>Pot. Elet. (kW)</b> | <b>Desempenho (kW)</b> | <b>COP</b> |
|-----------------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------|
| BHS 592 (Bitzer/SH)         | 01            | 5,25                   | 9,84                   | 1,87       |
| LH64/4EC-4.2 (Bitzer/SH)    | 01            | 5,03                   | 9,83                   | 1,95       |
| LSM 235 (Danfoss/SH)        | 01            | 5,22                   | 9,39                   | 1,80       |

A Tabela 13 indica o evaporador necessário para suprir a carga térmica da câmara 02. Para cada evaporador proposto, é visualizada, a quantidade de calor capaz de retirar nas condições estabelecidas (capacidade), a potência elétrica consumida pelos ventiladores e resistências.

**Tabela 13 – Evaporadores Propostos Câmara 02**

| <b>Evaporador</b>        | <b>Quant.</b> | <b>Capac. (kW)</b> | <b>Pot. Vent. (W)</b> | <b>Pot. Resist. (W)</b> |
|--------------------------|---------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| BML 330 (Heatcraft)      | 01            | 10,57              | 560                   | 7.750                   |
| FBA 410 (Heatcraft)      | 01            | 9,80               | 560                   | 9.600                   |
| EEP 031B (Heatcraft)     | 01            | 10,83              | 1.119                 | 11.500                  |
| IBAERF 72 (Evaporadores) | 01            | 10,98              | 438                   | 5.760                   |
| TZ 5064 (Evaporadores)   | 01            | 11,40              | 480                   | 5.760                   |
| TZ 7058 (Evaporadores)   | 01            | 11,82              | 600                   | 7.200                   |
| IBBR 72 (Evaporadores)   | 01            | 11,59              | 746                   | 7.740                   |
| MI 100 (Mipal)           | 01            | 9,82               | 490                   | 7.700                   |
| HD 9 (Mipal)             | 01            | 10,86              | 372                   | 10.800                  |

A Tabela 14 indica o preço e o consumo elétrico diário de energia nas condições estabelecidas, das unidades condensadoras propostas para a câmara 02.

**Tabela 14 – Preço e Cons. Elet. Diário Unid. Cond. Propostas Câmara 02**

| <b><i>Unidade Condensadora</i></b> | <b><i>Preço (R\$)</i></b> | <b><i>Consumo diário (kWh)</i></b> |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| BHS 592 (Bitzer/SH)                | 6.000,00                  | 100,41                             |
| LH64/4EC-4.2 (Bitzer/SH)           | 8.919,10                  | 96,30                              |
| LSM 235 (Danfoss/SH)               | 10.225,00                 | 104,62                             |

A Tabela 15 mostra o preço e o consumo diário de energia nas condições estabelecidas dos evaporadores propostos para a câmara 02.

**Tabela 15 – Preço e Consumo Elétrico Diário dos Evap. Propostos Câmara 02**

| <b><i>Evaporador</i></b> | <b><i>Preço (R\$)</i></b> | <b><i>Consumo diário (kWh)</i></b> |
|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| BML 330 (Heatcraft)      | 4.440,00                  | 26,14                              |
| FBA 410 (Heatcraft)      | 2.850,00                  | 29,84                              |
| EEP 031B (Heatcraft)     | 5.237,00                  | 44,26                              |
| IBAERF 72 (Evaporadores) | 1.748,25                  | 19,84                              |
| TZ 5064 (Evaporadores)   | 1.967,70                  | 20,64                              |
| TZ 7058 (Evaporadores)   | 2.278,50                  | 25,80                              |
| IBBR 72 (Evaporadores)   | 4.326,00                  | 29,65                              |
| MI 100 (Mipal)           | 2.063,77                  | 24,71                              |
| HD 9 (Mipal)             | 3.189,90                  | 28,67                              |

### **Câmara 03**

#### **Dados Técnicos Considerados**

Temperatura bulbo seco = 32°C

Temperatura do piso = 20°C

Coeficiente global (U) do isolante = 3,264 kcal/m<sup>2</sup>.°C.24hs

Carga por vez = 22000 kg à -15°C

A Tabela 16 traz um resumo do cálculo de carga térmica para a câmara 03.

**Tabela 16 – Carga Térmica Câmara 03**

| <b>Calor</b>                                         | <b>Valores</b> |
|------------------------------------------------------|----------------|
| Q <sub>produtos</sub> (kcal/24h)                     | 46.200,00      |
| Q <sub>transmissão</sub> (kcal/24h)                  | 35.856,93      |
| Q <sub>infiltração</sub> (kcal/24h)                  | 23.678,93      |
| Q <sub>peessoas</sub> (kcal/24h)                     | 6.084,00       |
| Q <sub>iluminação</sub> (kcal/24h)                   | 3.647,09       |
| Q <sub>motores</sub> (kcal/24h)                      | 5.964,10       |
| Q <sub>resistências</sub> (kcal/24h)                 | 8.256,00       |
| Carga Térmica Total 1 (kcal/24h)                     | 129.687,05     |
| Segurança (%)                                        | 10             |
| Carga Térmica Total 2 (kcal/24h)                     | 142.655,75     |
| Horas de Funcionamento do Compressor por dia (h/24h) | 20h            |
| <b>Carga térmica horária (kcal/h)</b>                | <b>7.133</b>   |
| <b>Carga térmica horária (kW)</b>                    | <b>8,29</b>    |

A Tabela 17 indica a unidade condensadora necessária para suprir a carga térmica da câmara 03, mostrada pela Tabela 16. Para cada unidade

condensadora proposta, é visualizada, a quantidade de calor capaz de retirar nas condições estabelecidas (capacidade) e a potência elétrica consumida, e conseqüentemente, o coeficiente de performance (COP).

**Tabela 17 – Unidades Condensadoras Propostas Câmara 03**

| <b>Unidade Condensadora</b> | <b>Quant.</b> | <b>Pot. Elet. (kW)</b> | <b>Desempenho (kW)</b> | <b>COP</b> |
|-----------------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------|
| BHS 1102 (Bitzer)           | 01            | 6,61                   | 9,03                   | 1,37       |
| LH84/4CC-6.2 (Bitzer)       | 01            | 5,67                   | 8,34                   | 1,47       |
| LSM 325 (Danfoss)           | 01            | 5,17                   | 8,45                   | 1,63       |

A Tabela 18 indica o evaporador necessário para suprir a carga térmica da câmara 03. Para cada evaporador proposto, é visualizada, a quantidade de calor capaz de retirar nas condições estabelecidas (capacidade), a potência elétrica consumida pelos ventiladores e resistências.

**Tabela 18 – Evaporadores Propostos Câmara 03**

| <b>Evaporador</b>        | <b>Quant.</b> | <b>Capac. (kW)</b> | <b>Pot. Vent. (W)</b> | <b>Pot. Resist. (W)</b> |
|--------------------------|---------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|
| BML 330 (Heatcraft)      | 01            | 9,74               | 560                   | 7.750                   |
| FBA 410 (Heatcraft)      | 01            | 9,14               | 560                   | 9.600                   |
| EEP 031B (Heatcraft)     | 01            | 10,13              | 1.119                 | 11.500                  |
| IBAERF 60 (Evaporadores) | 01            | 8,72               | 365                   | 4.800                   |
| TZ 5064 (Evaporadores)   | 01            | 10,32              | 480                   | 5.760                   |
| TZ 7046 (Evaporadores)   | 01            | 8,56               | 480                   | 5.760                   |
| IBBR 58 (Evaporadores)   | 01            | 8,94               | 746                   | 7.740                   |
| MI 100 (Mipal)           | 01            | 9,11               | 490                   | 7.700                   |
| HD 9 (Mipal)             | 01            | 8,90               | 372                   | 10.800                  |

A Tabela 19 mostra o preço e o consumo elétrico diário de energia nas condições estabelecidas, das unidades condensadoras propostas para a câmara 03.

**Tabela 19 – Preço e Cons. Elet. Diário Unid. Cond. Propostas Câmara 03**

| <b><i>Unidade Condensadora</i></b> | <b><i>Preço (R\$)</i></b> | <b><i>Consumo diário (kWh)</i></b> |
|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| BHS 1102 (Bitzer)                  | 10.500,00                 | 121,36                             |
| LH84/4CC-6.2 (Bitzer)              | 11.620,35                 | 112,72                             |
| LSM 325 (Danfoss)                  | 12.141,00                 | 101,44                             |

A Tabela 20 indica o preço e o consumo diário de energia nas condições estabelecidas dos evaporadores propostos para a câmara 03.

**Tabela 20 – Preço e Consumo Elétrico Diário dos Evap. Propostos Câmara 03**

| <b><i>Evaporador</i></b> | <b><i>Preço (R\$)</i></b> | <b><i>Consumo diário (kWh)</i></b> |
|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| BML 330 (Heatcraft)      | 4.440,00                  | 26,14                              |
| FBA 410 (Heatcraft)      | 2.850,00                  | 29,84                              |
| EEP 031B (Heatcraft)     | 5.237,00                  | 44,26                              |
| IBAERF 60 (Evaporadores) | 1.642,20                  | 16,54                              |
| TZ 5064 (Evaporadores)   | 1.967,70                  | 20,64                              |
| TZ 7046 (Evaporadores)   | 1.829,10                  | 20,64                              |
| IBBR 58 (Evaporadores)   | 3.507,00                  | 29,65                              |
| MI 100 (Mipal)           | 2.063,77                  | 24,71                              |
| HD 9 (Mipal)             | 3.189,90                  | 28,67                              |

## 5.2. Obtenção das Potências Elétricas Consumidas na Instalação

### **Câmara 01**

A tensão elétrica da instalação frigorífica registrada no alicate multímetro foi de 232 V.

A Tabela 21 mostra um resumo do consumo diário de energia elétrica da câmara 01 na situação atual.

**Tabela 21 – Consumo diário de energia elétrica da câmara 01**

| <b>Equipamento</b> | <b>Corrente (A)</b> | <b>Tensão (V)</b> | <b>Potência (W)</b> | <b>Tempo (h)</b> | <b>Consumo (Wh)</b> |
|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| Compressor 01      | 20,0                | 232,0             | 6.590,1             | 18,0             | 118.621,9           |
| Compressor 02      | 19,5                | 232,0             | 6.425,4             | 18,0             | 115.656,4           |
| Compressor 03      | 20,0                | 232,0             | 6.590,1             | 18,0             | 118.621,9           |
| Compressor 04      | 20,0                | 232,0             | 6.590,1             | 18,0             | 118.621,9           |
| Bomba torre        | 6,0                 | 232,0             | 1.880,6             | 18,0             | 33.850,6            |
| Ventilador torre   | 2,8                 | 232,0             | 786,6               | 18,0             | 14.176,8            |
| Evaporador 01      | 4,5                 | 232,0             | 1.044,0             | 18,0             | 18.792,0            |
| Evaporador 02      | 4,5                 | 232,0             | 1.044,0             | 18,0             | 18.792,0            |
| Evaporador 03      | 4,5                 | 232,0             | 1.044,0             | 18,0             | 18.792,0            |
| Evaporador 04      | 4,5                 | 232,0             | 1.044,0             | 18,0             | 18.792,0            |
| Resistência 01     | 30,0                | 232,0             | 6.960,0             | 2,0              | 13.920,0            |
| Resistência 02     | 36,0                | 232,0             | 8.352,0             | 2,0              | 16.704,0            |
| Resistência 03     | 37,5                | 232,0             | 8.700,0             | 2,0              | 17.400,0            |
| Resistência 04     | 37,5                | 232,0             | 8.700,0             | 2,0              | 17.400,0            |

Pela Tabela 21, conclui-se que o consumo diário de energia elétrica da câmara 01 é de 660,1 kWh e o consumo mensal de energia elétrica é de 19.804,2 kWh.

### **Câmara 02**

A Tabela 22 mostra um resumo do consumo diário de energia elétrica da câmara 02 na situação atual.

**Tabela 22 – Consumo diário de energia elétrica da câmara 02**

| <b>Equipamento</b> | <b>Corrente (A)</b> | <b>Tensão (V)</b> | <b>Potência (W)</b> | <b>Tempo (h)</b> | <b>Consumo (Wh)</b> |
|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| Comp. 05 + Vent.   | 25,0                | 232,0             | 8.237,6             | 19,0             | 156.515,0           |
| Comp. 06 + Vent.   | 22,5                | 232,0             | 7.413,9             | 19,0             | 140.863,5           |
| Evaporador 05      | 3,8                 | 232,0             | 1.038,3             | 19,0             | 19.728,5            |
| Evaporador 06      | 6,0                 | 232,0             | 1.663,6             | 19,0             | 31.608,4            |
| Resistência 05     | 22,0                | 232,0             | 5.104,0             | 2,0              | 10.208,0            |
| Resistência 06     | 41,5                | 232,0             | 9.628,0             | 2,0              | 19.256,0            |

Pela Tabela 22, conclui-se que o consumo diário de energia elétrica da câmara 02 é de 378,2 kWh e o consumo mensal de energia elétrica é de 11.345,4 kWh.

### **Câmara 03**

A Tabela 23 mostra um resumo do consumo diário de energia elétrica da câmara 03 na situação atual.

**Tabela 23 – Consumo diário de energia elétrica da câmara 03**

| <b>Equipamento</b> | <b>Corrente (A)</b> | <b>Tensão (V)</b> | <b>Potência (W)</b> | <b>Tempo (h)</b> | <b>Consumo (Wh)</b> |
|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| Comp. 07 + Vent.   | 27,0                | 232,0             | 9.005,1             | 20,00            | 180.102,8           |
| Comp. 08 + Vent.   | 28,0                | 232,0             | 9.338,7             | 20,00            | 186.773,3           |
| Evaporador 07      | 3,2                 | 232,0             | 1.054,4             | 20,75            | 21.879,2            |
| Evaporador 08      | 3,2                 | 232,0             | 1.054,4             | 20,75            | 21.879,2            |

Pela Tabela 23, conclui-se que o consumo diário de energia elétrica da câmara 03 é de 410,6 kWh e o consumo mensal de energia elétrica é de 12.319,0 kWh.

### **5.3. Projeção das Futuras Potências Elétricas Consumidas na Instalação**

#### **Câmara 01**

A Tabela 24 mostra um resumo do consumo diário de energia elétrica da câmara 01 na situação proposta.

**Tabela 24 – Projeção do consumo diário de energia elétrica da câmara 01**

| <b>Equipamento</b> | <b>Potência (kW)</b> | <b>Tempo (h)</b> | <b>Consumo (kWh)</b> |
|--------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Compressor 01      | 12,01                | 19,0             | 228,19               |
| Bomba torre        | 1,39                 | 19,0             | 26,45                |
| Ventilador torre   | 0,65                 | 19,0             | 12,34                |
| Evaporador 01      | 0,29                 | 19,0             | 5,55                 |
| Evaporador 02      | 0,29                 | 19,0             | 5,55                 |
| Evaporador 03      | 0,29                 | 19,0             | 5,55                 |
| Evaporador 04      | 0,29                 | 19,0             | 5,55                 |
| Resistência 01     | 3,84                 | 2,0              | 7,68                 |
| Resistência 02     | 3,84                 | 2,0              | 7,68                 |
| Resistência 03     | 3,84                 | 2,0              | 7,68                 |
| Resistência 04     | 3,84                 | 2,0              | 7,68                 |

Pela Tabela 24, conclui-se que a projeção do consumo diário de energia elétrica da câmara 01 é de 319,89 kWh e o consumo mensal de energia elétrica é de 9.596,77 kWh.

### **Câmara 02**

A Tabela 25 mostra um resumo do consumo diário de energia elétrica da câmara 02 na situação proposta.

**Tabela 25 – Projeção do consumo diário de energia elétrica da câmara 02**

| <b>Equipamento</b> | <b>Potência (kW)</b> | <b>Tempo (h)</b> | <b>Consumo (kWh)</b> |
|--------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Compressor 02      | 5,25                 | 19,0             | 99,75                |
| Vent. Cond.        | 0,35                 | 19,0             | 6,65                 |
| Evaporador 05      | 0,44                 | 19,0             | 8,32                 |
| Resistência 05     | 5,76                 | 2,0              | 11,52                |

Pela Tabela 25, conclui-se que a projeção do consumo diário de energia elétrica da câmara 02 é de 126,24 kWh e o consumo mensal de energia elétrica é de 3.787,26 kWh.

### **Câmara 03**

A Tabela 26 mostra um resumo do consumo diário de energia elétrica da câmara 03 na situação proposta.

**Tabela 26 – Projeção do consumo diário de energia elétrica da câmara 03**

| <b>Equipamento</b> | <b>Potência (kW)</b> | <b>Tempo (h)</b> | <b>Consumo (kWh)</b> |
|--------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Compressor 03      | 6,61                 | 19,0             | 125,59               |
| Vent. Cond.        | 0,70                 | 19,0             | 13,30                |
| Evaporador 06      | 0,37                 | 19,0             | 6,94                 |
| Resistência 06     | 4,80                 | 2,0              | 9,60                 |

Pela Tabela 26, conclui-se que a projeção do consumo diário de energia elétrica da câmara 03 é de 155,43 kWh e o consumo mensal de energia elétrica é de 4.662,75 kWh.

#### 5.4. Cálculo dos gastos mensais na situação atual e na situação proposta

##### **Câmara 01**

A Tabela 27 traz o gasto mensal no consumo de energia elétrica da câmara 01 na situação atual.

**Tabela 27 – Gastos mensais na situação atual da câmara 01**

| <b>Equipamento</b> | <b>Consumo mensal<br/>(kWh)</b> | <b>Preço kWh + ICMS<br/>(R\$)</b> | <b>Gasto total<br/>(R\$)</b> |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Compressor 01      | 3.558,66                        | 0,182669                          | 650,06                       |
| Compressor 02      | 3.469,69                        | 0,182669                          | 633,80                       |
| Compressor 03      | 3.558,66                        | 0,182669                          | 650,06                       |
| Compressor 04      | 3.558,66                        | 0,182669                          | 650,06                       |
| Bomba torre        | 1.015,52                        | 0,182669                          | 185,50                       |
| Ventilador torre   | 425,30                          | 0,182669                          | 77,69                        |
| Evaporador 01      | 563,76                          | 0,182669                          | 102,98                       |
| Evaporador 02      | 563,76                          | 0,182669                          | 102,98                       |
| Evaporador 03      | 563,76                          | 0,182669                          | 102,98                       |
| Evaporador 04      | 563,76                          | 0,182669                          | 102,98                       |
| Resistência 01     | 417,60                          | 0,182669                          | 76,28                        |
| Resistência 02     | 501,12                          | 0,182669                          | 91,54                        |
| Resistência 03     | 522,00                          | 0,182669                          | 95,35                        |
| Resistência 04     | 522,00                          | 0,182669                          | 95,35                        |

Pela Tabela 27, conclui-se que o gasto mensal de energia elétrica no consumo na situação atual da câmara 01 é de R\$ 3.617,62.

A Tabela 28 traz o gasto mensal no consumo de energia elétrica da câmara 01 na situação proposta.

**Tabela 28 – Gastos mensais na situação proposta da câmara 01**

| <b>Equipamento</b> | <b>Consumo mensal<br/>(kWh)</b> | <b>Preço kWh + ICMS<br/>(R\$)</b> | <b>Gasto total<br/>(R\$)</b> |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Compressor 01      | 6.845,70                        | 0,104262                          | 713,75                       |
| Bomba torre        | 793,44                          | 0,104262                          | 82,73                        |
| Ventilador torre   | 370,27                          | 0,104262                          | 38,61                        |
| Evaporador 01      | 166,44                          | 0,104262                          | 17,35                        |
| Evaporador 02      | 166,44                          | 0,104262                          | 17,35                        |
| Evaporador 03      | 166,44                          | 0,104262                          | 17,35                        |
| Evaporador 04      | 166,44                          | 0,104262                          | 17,35                        |
| Resistência 01     | 230,40                          | 0,104262                          | 24,02                        |
| Resistência 02     | 230,40                          | 0,104262                          | 24,02                        |
| Resistência 03     | 230,40                          | 0,104262                          | 24,02                        |
| Resistência 04     | 230,40                          | 0,104262                          | 24,02                        |

Pela Tabela 28, conclui-se que o gasto mensal de energia elétrica no consumo na situação proposta da câmara 01 é de R\$ 1.000,58.

### **Câmara 02**

A Tabela 29 traz o gasto mensal no consumo de energia elétrica da câmara 02 na situação atual.

**Tabela 29 – Gastos mensais na situação atual da câmara 02**

| <b>Equipamento</b> | <b>Consumo mensal<br/>(kWh)</b> | <b>Preço kWh + ICMS<br/>(R\$)</b> | <b>Gasto total<br/>(R\$)</b> |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Comp. 05 + Vent.   | 4.695,45                        | 0,182669                          | 857,71                       |
| Comp. 06 + Vent.   | 4.225,91                        | 0,182669                          | 771,94                       |
| Evaporador 05      | 591,86                          | 0,182669                          | 108,11                       |
| Evaporador 06      | 948,25                          | 0,182669                          | 173,22                       |
| Resistência 05     | 306,24                          | 0,182669                          | 55,94                        |
| Resistência 06     | 577,68                          | 0,182669                          | 105,52                       |

Pela Tabela 29, conclui-se que o gasto mensal de energia elétrica no consumo na situação atual da câmara 02 é de R\$ 2.072,45.

A Tabela 30 traz o gasto mensal no consumo de energia elétrica da câmara 02 na situação proposta.

**Tabela 30 – Gastos mensais na situação proposta da câmara 02**

| <b>Equipamento</b> | <b>Consumo mensal<br/>(kWh)</b> | <b>Preço kWh + ICMS<br/>(R\$)</b> | <b>Gasto total<br/>(R\$)</b> |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Compressor 02      | 2.992,50                        | 0,104262                          | 312,00                       |
| Vent. Cond.        | 199,50                          | 0,104262                          | 20,80                        |
| Evaporador 05      | 249,66                          | 0,104262                          | 26,03                        |
| Resistência 05     | 345,60                          | 0,104262                          | 36,03                        |

Pela Tabela 30, conclui-se que o gasto mensal de energia elétrica no consumo na situação proposta da câmara 02 é de R\$ 394,87.

### **Câmara 03**

A Tabela 31 traz o gasto mensal no consumo de energia elétrica da câmara 03 na situação atual.

**Tabela 31 – Gastos mensais na situação atual da câmara 03**

| <b>Equipamento</b> | <b>Consumo mensal<br/>(kWh)</b> | <b>Preço kWh + ICMS<br/>(R\$)</b> | <b>Gasto total<br/>(R\$)</b> |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Comp. 07 + Vent.   | 5.403,08                        | 0,182669                          | 986,98                       |
| Comp. 08 + Vent.   | 5.603,20                        | 0,182669                          | 1.023,53                     |
| Evaporador 07      | 656,37                          | 0,182669                          | 119,90                       |
| Evaporador 08      | 656,37                          | 0,182669                          | 119,90                       |

Pela Tabela 31, conclui-se que o gasto mensal de energia elétrica no consumo na situação atual da câmara 03 é de R\$ 2.250,30.

A Tabela 32 traz o gasto mensal no consumo de energia elétrica da câmara 03 na situação proposta.

**Tabela 32 – Gastos mensais na situação proposta da câmara 03**

| <b>Equipamento</b> | <b>Consumo mensal<br/>(kWh)</b> | <b>Preço kWh + ICMS<br/>(R\$)</b> | <b>Gasto total<br/>(R\$)</b> |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Compressor 03      | 3.767,70                        | 0,104262                          | 392,83                       |
| Vent. Cond.        | 399,00                          | 0,104262                          | 41,60                        |
| Evaporador 06      | 208,05                          | 0,104262                          | 21,69                        |
| Resistência 06     | 288,00                          | 0,104262                          | 30,03                        |

Pela Tabela 32, conclui-se que o gasto mensal de energia elétrica no consumo na situação proposta da câmara 03 é de R\$ 486,15.

Na Tabela 33 os gastos mensais no consumo de energia elétrica das câmaras 01, 02 e 03 nas situações atuais e propostas.

**Tabela 33 – Consumo e Gastos mensais na situação atual e proposta**

| <b>Equipamento</b> | <b>Consumo Atual<br/>(kWh)</b> | <b>Consumo Proposto<br/>(kWh)</b> | <b>Gasto Atual<br/>(R\$)</b> | <b>Gasto Proposto<br/>(R\$)</b> |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Câmara 01          | 19.804,25                      | 9.596,77                          | 3.617,62                     | 1.000,58                        |
| Câmara 02          | 11.345,39                      | 3.787,26                          | 2.072,45                     | 394,87                          |
| Câmara 03          | 12.319,03                      | 4.662,75                          | 2.250,30                     | 486,15                          |
| <b>TOTAL</b>       | <b>43.468,67</b>               | <b>18.046,78</b>                  | <b>7.940,37</b>              | <b>1.881,60</b>                 |

Pela Tabela 33, conclui-se que a economia no consumo mensal de energia elétrica da instalação é de 25.421,89 kWh, ou seja, de 58,48% e a economia no gasto mensal de energia elétrica na instalação é de R\$ 6.058,77, ou seja, de 76,30%.

## **5.5. Cálculo do investimento necessário**

### **Câmara 01**

A Tabela 34 indica os investimentos necessários para a realização das modificações na câmara 01. É considerado que o custo do material elétrico é de 10% do custo dos equipamentos e o custo da mão-de-obra é também de 10% do custo dos equipamentos.

**Tabela 34 – Descritivo dos investimentos câmara 01**

| <b><i>Equipamento / Mão-de-obra</i></b> | <b><i>Preço Total (R\$)</i></b> |
|-----------------------------------------|---------------------------------|
| BHS 2402 (Bitzer)                       | 3.800,00                        |
| IBAERF 48 (Evaporadores)                | 5.334,00                        |
| Material elétrico                       | 913,40                          |
| Mão-de-obra                             | 913,40                          |

Pela Tabela 34, conclui-se que o investimento necessário na câmara 01 é de R\$ 10.960,80.

### **Câmara 02**

Na Tabela 35 os investimentos necessários para a realização das modificações na câmara 02. É considerado que o custo do material elétrico é de 10% do custo dos equipamentos e o custo da mão-de-obra é também de 10% do custo dos equipamentos.

**Tabela 35 – Descritivo dos investimentos câmara 02**

| <b><i>Equipamento / Mão-de-obra</i></b> | <b><i>Preço Total (R\$)</i></b> |
|-----------------------------------------|---------------------------------|
| BHS 592 (Bitzer/SH)                     | 6.000,00                        |
| IBAERF 72 (Evaporadores)                | 1.748,25                        |
| Material elétrico                       | 774,82                          |
| Mão-de-obra                             | 774,82                          |

Pela Tabela 35, conclui-se que o investimento necessário na câmara 02 é de R\$ 9.297,89.

### **Câmara 03**

A Tabela 36 indica os investimentos necessários para a realização das modificações na câmara 03. É considerado que o custo do material elétrico é de 10% do custo dos equipamentos e o custo da mão-de-obra é também de 10% do custo dos equipamentos.

**Tabela 36 – Descritivo dos investimentos câmara 03**

| <b><i>Equipamento / Mão-de-obra</i></b> | <b><i>Preço Total (R\$)</i></b> |
|-----------------------------------------|---------------------------------|
| BHS 1102 (Bitzer)                       | 10.500,00                       |
| IBAERF 60 (Evaporadores)                | 1.642,20                        |
| Material elétrico                       | 1.214,20                        |
| Mão-de-obra                             | 1.214,20                        |

Pela Tabela 36, conclui-se que o investimento necessário na câmara 03 é de R\$ 14.570,60.

Portanto, o investimento necessário para a implantação das mudanças nas três câmaras é de R\$ 34.829,29.

## **6. Conclusão**

Com um investimento de R\$ 34.829,29 é alcançada uma economia de R\$ 6.058,77 por mês, mantendo-se a tarifação da energia elétrica nos níveis atuais.

Portanto, o retorno do investimento dar-se-á em, apenas, 5,74 meses.

A economia mensal de energia alcançada é de 58,48% e a despesa com a conta de energia elétrica irá reduzir em 76,30%.

A economia de energia verificada em kWh representa o consumo de energia de quase 317 (trezentos e dezesse) residências de baixa renda. A CPFL considera consumidor de baixa renda quem consome até 80 kWh/mês.

O retorno do investimento em relação à mudança de tarifação de energia elétrica é imediato, pois não têm nenhum custo para ser implantado, somente mudanças de hábitos.

Os programas de conservação de energia elétrica apresentam maior atratividade ainda, se considerado que o investimento necessário para a economia de cada kW atingido pelo programa, situa-se no máximo, em 30% do capital necessário para se implementar o mesmo kW através de sistemas de geração, transmissão e distribuição, com custo estimado em US\$ 2.500/kW. Portanto, a racionalização no uso da energia elétrica, evitando o desperdício pode criar perspectivas, de se compensar as taxas de crescimento da demanda de energia elétrica, a curto, médio e longos prazos, postergando a necessidade de investimento nas atividades de geração, transmissão e distribuição e, conseqüente redução na alocação de recursos externos.

Este tipo de mudança na tarifação de energia elétrica pode se estender a outros tipos de indústrias que não necessitem, obrigatoriamente, funcionar ao longo das 24 horas do dia.

## **7. Referências Bibliográficas**

- BANDEIRA, E.M. e CAMARGO, C.B.; **Benefícios Ambientais Derivados dos Programas de Conservação de Energia Elétrica – Proposta de Avaliação.** Florianópolis, 2001. Disponível em: [http://www.ecolatina.com.br/br/artigos/tecn\\_ambientais/tecn\\_ambientais\\_02.asp](http://www.ecolatina.com.br/br/artigos/tecn_ambientais/tecn_ambientais_02.asp). Acessado em: 8 abr. 2004.
- Bitzer Compressores Ltda.; **Compressores Semi-Herméticos** Catálogo. São Paulo, 1999.
- Coldex Frigor Compressores S.A.; **Compressores Semi-Herméticos** Catálogo. São Paulo, 1992.
- Copeland Corporation S.A.; **Online Product Information.** São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.copeland-corp.com/americas/opi.htm>. Acessado em: 20 jan. 2004.
- Danfoss do Brasil Ind. e Com. Ltda; **Compressores Semi-Herméticos.** Catálogo. São Paulo, 1999.
- Danfoss do Brasil Ind. e Com. Ltda; **Unidades Condensadoras com Compressores Semi-Herméticos.** Catálogo. São Paulo, 1999.
- DIAS, R.A.; MATTOS, C.R. e BALESTIERI, J.A.P.; **Conservação de Energia: Conceitos e Sociedade.** Guaratinguetá, 2000. Disponível em: [http://www.emc.ufsc.br/~nepet/artigos/texto/Cons\\_en.htm](http://www.emc.ufsc.br/~nepet/artigos/texto/Cons_en.htm). Acessado em: 5 abr. 2004.

- Dossat, R.J.; **Princípios de Refrigeração**.  
São Paulo, Editora Hemus, 1980.
- GRAÇA, G.M.G.; **A Conservação de Energia Elétrica e o Terceiro Mundo**.  
São Paulo, 1990. Disponível em: <http://www.sbpe.org.br/v1n2/v1n2a4.htm>.  
Acessado em: 6 abr. 2004
- Heatcraft do Brasil Ltda.; **EEP Evaporador de Ar Forçado**.  
Catálogo. São José dos Campos, 2002.
- Heatcraft do Brasil Ltda.; **Evaporador de Médio Perfil – BM**.  
Catálogo. São José dos Campos, 2002.
- Heatcraft do Brasil Ltda.; **FBA Evaporador de Ar Forçado**.  
Catálogo. São José dos Campos, 2002.
- Indústria Brasileira de Evaporadores Ltda.; **Evaporador – Série DZ**.  
Catálogo. São Paulo, 2003.
- Indústria Brasileira de Evaporadores Ltda.; **Evaporador – Série IBAB**.  
Catálogo. São Paulo, 2003.
- Indústria Brasileira de Evaporadores Ltda.; **Evaporador – Série IBAERF**.  
Catálogo. São Paulo, 2003.
- Indústria Brasileira de Evaporadores Ltda.; **Evaporador – Série IBBR**.  
Catálogo. São Paulo, 2003.
- Indústria Brasileira de Evaporadores Ltda.; **Evaporador – Série TZ – 5mm**.  
Catálogo. São Paulo, 2003.

- Indústria Brasileira de Evaporadores Ltda.; **Evaporador – Série TZ – 7mm.** Catálogo. São Paulo, 2003.
- MATTOZO, Vania. **Conservação de Energia.** Florianópolis, 2001. Disponível em: <http://www.guiafloripa.com.br/energia/energia/conservacao.php>. Acessado em: 5 abr. 2004.
- MATTOZO, Vania. **Economia de Energia na Indústria.** Florianópolis, 2001. Disponível em: [http://www.guiafloripa.com.br/energia/trivia/economia\\_industria.php](http://www.guiafloripa.com.br/energia/trivia/economia_industria.php). Acessado em: 5 abr. 2004.
- MATTOZO, Vania. **O que é uma ESCO?.** Florianópolis, 2001. Disponível em: <http://www.guiafloripa.com.br/energia/trivia/esco.php>. Acessado em: 5 abr. 2004.
- MATTOZO, V.; CAMARGO, C.B. e LAGE, N.L.; **Trabalho de Jornalismo Científico para Conservação de Energia: Fundamentos de uma Proposta.** Tenerife - Espanha, 2000. Disponível em: <http://www.ull.es/publicaciones/latina/aa2000kjl/w34oc/51mattozzo.htm>. Acessado em: 6 abr. 2004.
- Mipal Indústria de Evaporadores Ltda.; **Evaporador com Ar Forçado.** Catálogo. Cabreúva, 2002.
- Neves Filho, L.C.; **Refrigeração e Alimentos** Campinas, UNICAMP-FEA / IBF, 1997.
- PROCEL; **Manual de Tarificação da Energia Elétrica.** Brasília, 2001.

- Stoecker, W. F. e Jabardo, J. M. S.; **Refrigeração Industrial**. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda., 1994.
- Stoecker, W.F. e Jones, J.W.; **Refrigeração e Ar Condicionado**. São Paulo, Editora McGraw Hill, 1985.
- TOLMASQUIM, M.T.; **Energia**. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/economia/energia/apresent/apresent.htm>. Acessado em: 8 abr. 2004.
- Trineva Artefatos de Refrigeração Ltda.; **Forçador de Ar Linha TR/TRD**. Catálogo. São Paulo, 2001.
- Unir Uniblock Zanotti Ltda; **Manual Para Cálculo da Carga Térmica**. São Paulo, 1997.
- VOGT, Carlos. **População paga pela falta de investimentos no setor elétrico**. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/energiaeletrica/energia02.htm>. Acessado em: 6 abr. 2004.