



UFSM

Dissertação de Mestrado

**UMA CONTRIBUIÇÃO
PARA O PROJETO RACIONAL
DE AMBIENTES FRIGORIFICADOS**

Leo Delmar Vecchi Dobrovolski

PPGEP

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**UMA CONTRIBUIÇÃO
PARA O PROJETO RACIONAL
DE AMBIENTES FRIGORIFICADOS**

por

Leo Delmar Vecchi Dobrovolski

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção,
Área de Concentração em Projeto de Produto, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

PPGEP

Santa Maria, RS, Brasil

2004

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

UMA CONTRIBUIÇÃO
PARA O PROJETO RACIONAL
DE AMBIENTES FRIGORIFICADOS

elaborada por
Leo Delmar Vecchi Dobrovolski

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Arno Udo Dallmeyer, Dr. Agr.
(Presidente/Orientador)

Prof. Leonardo Nabaes Romano, Dr. Eng.

Prof. Luciano Antonio Mendes, Dr. Eng.

Santa Maria, 21 de maio de 2004

**Recompensa com uma fonte inesgotável
quem te presenteou com uma gota d'água.
(Dito Chinês)**

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGEP da UFSM, pela oportunidade e apoio concedidos.

Ao meu orientador, Prof. Arno Udo Dallmeyer, pela atenção, paciência e grande entusiasmo transmitido.

Agradeço de coração a atenção de todos os professores do PPGEP.

Ao amigo Volnei Alfredo Giacomini, pelos ensinamentos técnicos, humanos e pelo incentivo da primeira à última hora.

À Marisa e Tiziane, esposa e filha, amáveis companheiras, pelo carinho, paciência e apoio.

Ao Criador, e às forças divinas, pela energia nos momentos mais difíceis.

A todos, por fim, muito obrigado!

SUMÁRIO

Lista de Quadros.....	ix
Lista de Figuras	x
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo Geral	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.2. Justificativa.....	3
1.3. Limitações	4
1.4. Estrutura da dissertação.....	4
2. CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PELO FRIO	5
2.1. A indústria alimentícia	8
2.2. Qualidade dos produtos alimentícios	11
2.3. O papel da refrigeração	18
2.3.1. A frigorificação dos alimentos.....	21
2.3.2. Estocagem de produtos resfriados.....	28
2.3.3. Estocagem de produtos congelados	30

2.3.4. Embalagem.....	32
2.4. Carga térmica	34
2.5. Comentários finais do capítulo.....	41
3. O PROJETO DE PRODUTO.....	42
3.1. A solução do projetista: a natureza da atividade.....	44
3.1.1. A responsabilidade na elaboração do projeto	45
3.1.2. Confiabilidade no projeto.....	46
3.2. Modelos do objeto do projeto	48
3.2.1. Processos de projeto	49
3.3. Etapas fundamentais do desenvolvimento de um produto.....	52
3.3.1. Geração da idéia e sua transformação em produto	53
3.4. Metodologia de projeto	55
3.4.1. Projeto informacional.....	58
3.4.2. Projeto conceitual.....	59
3.4.3. Projeto preliminar e projeto detalhado.....	60
3.5. Importância estratégica	61
3.6. Reprojeto de produtos	62
3.7. Sistemas modulares	64
3.7.1. Morfologia do processo de projeto de sistemas modulares	67
3.7.2. Início do projeto	70
3.7.3. Fase 1.0: Projeto informacional do sistema modular.....	71
3.8. Comentários finais do capítulo.....	74

4. ESTUDO DE CASO	75
4.1. Problema de projeto	75
4.2. Projeto informacional: uso da metodologia	77
4.3. Comentários finais do capítulo.....	106
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	107
5.1. Resultados obtidos e conclusões	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
BIBLIOGRAFIA.....	114

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Etapas do projeto informacional do sistema modular	73
QUADRO 2 - Valores experimentais das simulações - congelado.	91
QUADRO 3 - Valores experimentais das simulações - resfriado.....	92
QUADRO 4 - Lista dos requisitos dos clientes do projeto	97
QUADRO 5 - Valoração e justificativa dos requisitos dos clientes do projeto.....	99
QUADRO 6 - Documento de apoio aos projetistas no estabelecimento dos requisitos de projeto.....	101
QUADRO 7 - Análise de importância sem e com o telhado da matriz da casa da qualidade.....	104
QUADRO 8 - Especificações de projeto para uma célula frigorífica visando a modularização do equipamento de geração de frio	105

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Lógica de cálculo da carga térmica e escolha dos módulos	40
FIGURA 2 - Modelo do processo de projeto segundo Pahl & Beitz.....	51
FIGURA 3 - Exemplo de módulos em uma célula frigorífica.....	66
FIGURA 4 - Fluxograma básico do equipamento de geração de frio	67
FIGURA 5 - Fluxo geral da metodologia de projeto de sistemas modulares	68
FIGURA 6 - Fluxo do projeto informacional do sistema modular.....	72
FIGURA 7 - Documento destinado a registrar as informações preliminares para o desenvolvimento do projeto	79
FIGURA 8 - Documento adicional destinado a registrar novas informações à ordem de serviço	80
FIGURA 9 - Documento de apoio à equipe de projeto na análise do ciclo de vida do produto	81
FIGURA 10 - Alguns dos aspectos que devem ser investigados dentro do ciclo de vida do produto	82
FIGURA 11 - Catálogo de informações técnicas - folha 1	84
FIGURA 12 - Catálogo de informações técnicas - folha 2	85
FIGURA 13 - Formulário de identificação de oportunidades	86
FIGURA 14 - Documento de auxílio à equipe de projeto para definição da demanda inicial	87
FIGURA 15 - Questionário estruturado.....	88

FIGURA 16 - Temas de pesquisa que podem auxiliar no levantamento de dados	89
FIGURA 17 - Programa computacional RI - tela de abertura	93
FIGURA 18 - Programa computacional RI - tela de saída (análises).....	93
FIGURA 19 - Tabulação das informações obtidas	94
FIGURA 20 - Rateio das cargas de congelamento e resfriamento	95
FIGURA 21 - Matriz da casa da qualidade	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
COP	Coefficiente de Performance Operacional
D ₁	Ordem de Serviço
D ₂	Ciclo de Vida dos Produtos
D ₃	Catálogo de Informações Técnicas
D ₄	Formulário de Identificação de Oportunidades
D ₅	Definição do Problema de Projeto
D ₆	Questionário Estruturado
D ₇	Lista dos Requisitos de Projeto do Sistema Modular
D ₈	Quadro de Especificações de Projeto do Sistema Modular
dT	Diferencial de Temperatura entre a Entrada e Saída do Produto
EUA	Estados Unidos da América
F ₁	Tradutor das Necessidades em Requisitos dos Clientes do Projeto
F ₂	Análise dos Produtos Concorrentes
F ₃	Matriz da Casa da Qualidade
FAO	<i>Food and Agricultural Organization</i>
IIAR	<i>International Institute of Ammonia Refrigeration</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
OMC	Organização Mundial do Comércio
ONU	Organização das Nações Unidas

Q ₁	Carga de Penetração pelo Isolamento (kW)
Q ₂	Carga de Manutenção no Resfriamento (kW)
Q ₃	Carga de Respiração do Produto (kW)
Q ₄	Carga de Respiração do Produto – LATENTE (kW)
Q ₅	Carga de Solidificação do Produto (kW)
Q ₆	Carga de Manutenção no Congelamento (kW)
Q ₇	Carga de Desidratação do Produto – LATENTE (kW)
Q ₈	Carga de Embalagem (kW)
Q ₉	Carga de Iluminação (kW)
Q ₁₀	Carga de Pessoa(s) (kW)
Q ₁₁	Carga de Pessoa(s) – LATENTE (kW)
Q ₁₂	Carga de Motor(es) gás/gasolina/diesel (kW)
Q ₁₃	Carga de Motor(es) gás/gasolina/diesel – LATENTE (kW)
Q ₁₄	Carga de Ar de Infiltração (kW)
Q ₁₅	Carga de Ar de Infiltração - LATENTE (kW)
Q ₁₆	Carga de Ventilador(es) (kW)
QFD	<i>Quality Function Design</i>
Q _t	Carga Térmica Total (kW)
TBS	Temperatura de Bulbo Seco (°C)
TBU	Temperatura de Bulbo Úmido (°C)
UR	Umidade Relativa (%)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O PROJETO RACIONAL DE AMBIENTES FRIGORIFICADOS

Autor: Leo Delmar Vecchi Dobrovolski
Orientador: Prof. Arno Udo Dallmeyer, Dr. Agr.
Data e Local de Defesa: Santa Maria, 21 de maio de 2004

A solução criativa de problemas é um dos fatores essenciais para a inovação e consequente sobrevivência das organizações que desenvolvem produtos. Este trabalho apresenta uma contribuição das fases iniciais da atividade projetual, o projeto informacional, no tocante à criação de células frigoríficas ambientalmente integradas, tecnologicamente factíveis e economicamente viáveis em todo seu ciclo de vida. O objetivo central é quantificar a capacidade frigorífica necessária para uma célula frigorífica, visando a modularidade do equipamento de geração de frio segundo a necessidade solicitada.

ABSTRACT

The creative solution of problems is one of the essential factors for the innovation and consequent survival of the organizations that develop products. This work presents a contribution of the initial phases of the activity projetual, the informational project, concerning the creation of refrigerating cells environment integrated, technologically feasible and economically viable in all life cycle. The central objective is to quantify the necessary refrigerating capacity for a refrigerating cell, seeking the modulate of the equipment of generation of cold according to the requested need.

1. INTRODUÇÃO

A economia mundial, nas últimas duas décadas do século passado, tem experimentado mudanças profundas no que concerne ao papel do Estado. As estratégias passam pela crescente participação da iniciativa privada em setores originalmente estatais, diminuindo a atuação do Estado como empresário.

Paralelamente, iniciou-se o processo de internacionalização de muitos mercados e indústrias, com sistemático aumento da competitividade na economia mundial; empresas de todos os continentes trabalham na árdua tarefa de sobreviver. Dentro deste ambiente globalizado e competitivo que estão vivenciando, não só os aspectos eminentemente econômicos e produtivos têm relevância para avaliar se as organizações são ou não competitivas, como cada vez mais aspectos não econômicos têm ganhado importância nas decisões. Aspectos como a preocupação ecológica, bem como o incremento do custo da energia, têm exigido um novo posicionamento.

A tarefa de projetar produtos não pode mais ser baseada na intuição, dependente apenas de ensaios, erros ou empirismo; deve estar fundamentada, isto sim, na aplicação de métodos com sólido embasamento científico, para terem asseguradas mais possibilidades de sucesso, conforme colocado por Fiod Neto (1993).

Neste contexto, uma empresa para sobreviver depende da qualidade e do uso racional dos produtos e serviços oferecidos. E para assegurar qualidade, é preciso que esse conceito esteja presente em todos os passos que levam à sua concretização, a começar pelo planejamento e desenvolvi-

mento do produto, adotando um procedimento metódico e sistemático em todas etapas.

1.1. Objetivos

Os objetivos abaixo firmados, estão fundamentados na importância da sistematização dos conhecimentos envolvidos no processo de desenvolvimento de equipamentos de geração de frio para células frigoríficas*.

1.1.1. Objetivo Geral

Apresentar um estudo, afim de evitar o superdimensionamento das necessidades, num equipamento de geração de frio para uma célula frigorífica, propondo um conjunto de especificações de projeto de referência para o seu desenvolvimento e posterior gerenciamento operacional.

1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos que contribuem para o objetivo geral deste estudo são:

* **Células frigoríficas** são definidas como ambientes frigorificados de uso industrial; seja sala de processo, túnel de resfriamento/congelamento ou câmara de estocagem.

- Revisar a bibliografia sobre a ciência de conservação dos alimentos;
- Estudar os princípios do projeto de produto;
- Por meio de um estudo de caso, estudar a Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, ferramenta desenvolvida por Maribondo (2000).

1.2. Justificativa

Hoje, os projetistas apresentam claras dificuldades para entender e controlar tantos os fatores operacionais como os ambientais inerentes a cada situação que conforma a confiabilidade do produto. A maneira como o produto deveria ter sido produzido ou como ele está sendo operado nem sempre coincide com a maneira como supõem as técnicas recomendadas. Esta incompatibilidade leva à geração de custos operacionais causados pelo desconhecimento. Brasil (1997, Cap. V, p.7) considera que: “os profissionais não conhecem metodologias científicas de desenvolvimento de produtos e nem literatura que trate do assunto”.

A natureza complexa das variáveis no que tange ao desenvolvimento de projetos sugere a necessidade de um suporte lógico, que permita sua execução de forma sistêmica. O presente estudo, desta forma, nasceu da necessidade de propiciar uma visão atualizada sob a ótica metodológica de desenvolvimento de produto; e para isto, aqui utiliza-se a Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, desenvolvida por Maribondo (2000) ainda pouco divulgada.

1.3. Limitações

O estudo proposto está limitado à aplicação da FASE 1.0 - Projeto Informativo do Sistema Modular.

1.4. Estrutura da dissertação

Esta dissertação apresenta cinco capítulos, com a seguinte estrutura a seguir.

No Capítulo 1, este que se apresenta, são destacadas as motivações para o tema, a questão de estudo (problemas), os objetivos geral e específicos, a justificativa e a limitação do estudo.

No Capítulo 2, é apresentada uma abordagem da ciência de conservação dos alimentos.

No Capítulo 3, apresenta-se as generalidades do projeto de produto, destacando os conhecimentos fundamentais a serem considerados.

No Capítulo 4, é realizado um estudo de caso em uma célula frigorífica, visando a modularidade do seu equipamento de geração de frio.

No Capítulo 5, são apresentadas as considerações finais e as recomendações para trabalhos futuros.

2. CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PELO FRIO

Os veículos de comunicação, atualmente, dedicam tempo e espaço para os problemas básicos que o homem enfrenta, tais como crises de energia, de alimentação, de segurança internacional, entre outros. Algumas visões são bastante pessimistas e indicam uma impossibilidade da solução de tais problemas, como se pode ver, pela notícia, a seguir:

Já o diretor do FMI, Horst Kohler, afirma que, se a agricultura não for liberalizada nas negociações da OMC, a pobreza no mundo não conseguirá ser reduzida até 2015, como quer a ONU. “O comércio é o veículo para se combater a pobreza”, afirmou, lembrando que “não há desculpa política para não se concluir a rodada da OMC até 2005”. Segundo ele, a redução de tarifas geraria o crescimento de muitas economias e, portanto, tiraria milhões de pessoas da pobreza (Jornal do Comércio, Porto Alegre, 14 de maio de 2003, 2º Caderno).

Uma grande parte da população mundial sofre de subnutrição e a falta de energia já vem provocando, na maioria dos países, dificuldades econômicas e preocupações quanto ao futuro, visto que as fontes de energia agora utilizadas estarão esgotadas em algumas décadas. Pessimismo sobre o futuro do homem foi expresso cientificamente pela primeira vez por Thomas Robert Malthus (1766-1834). Este professor inglês de economia e demografia elaborou uma teoria, chamada malthusiana, segundo a qual a população do mundo cresce em progressão geométrica, ao passo que a produção de alimentos aumenta somente em uma progressão matemática, concluindo-se que o colapso será inevitável.

Nos últimos anos surgiram novamente as visões pessimistas: o Clube de Roma, uma sociedade de cientistas, artistas e de pessoas de alto gabarito, formada para trabalhar a favor do homem, elaborou um sistema de so-

fisticadas relações para prever as condições de vida do futuro. A solução dessas equações no centro de computação do Massachusetts Institute of Technology - MIT, EUA, apresentou resultados muito deprimentes: ao redor de 2050 ocorrerá o colapso.

Mas as teorias sobre o futuro têm uma falha comum: falam em função de relações atualmente válidas, fazendo assim uma extrapolação que sempre é incerta. Novas invenções não previstas podem mudar consideravelmente as circunstâncias, no que a história dá muitos exemplos.

Segundo a Food and Agricultural Organization – FAO, da ONU, em uma comparação da população mundial e a produção agrícola, nota-se que a produção *per capita* dos países ricos aumentou, ao passo que diminuiu sensivelmente para os países pobres. De forma geral, a análise da produção agrícola *per capita* apresenta uma elevação para os países desenvolvidos e de planejamento central. Já aos países em desenvolvimento apresenta resultados insatisfatórios que devem servir como sinal de alerta.

Uma das soluções apontadas seria o controle de natalidade através de um planejamento familiar, um movimento que já existe nos países em desenvolvimento, mas até agora com pequeno resultado. Evidentemente, a outra saída indicaria a necessidade do aumento da produção o que, no entanto, é um processo agravado com grandes problemas. Pode-se pensar aqui a conquista de novos terrenos, a utilização de tecnologias mais avançadas e a busca para novas fontes de alimentos.

Quanto à conquista de terrenos ainda não cultivados os mesmos encontram-se nos países em desenvolvimento, onde a água e os fertilizantes não podem ser assegurados. Assim, esse processo é muito lento.

A utilização de tecnologias mais avançadas é uma possibilidade somente para os países desenvolvidos, onde o aumento considerável da produção seria realizável em curto prazo, mas a um preço mais alto que, dentro do sistema existente no mercado internacional, não seria acessível para os países pobres.

A busca de novas fontes de alimentos mostra uma tendência através das fontes alimentícias de vegetais. Alguns especialistas defendem que a produção de vegetais destinada ao alimento de animais, os quais iriam servir como fonte de suprimento humano, deveria ser desviada diretamente para o consumo humano através de novas tecnologias.

Até o momento analisou-se o problema apenas pelo lado da produção. Infelizmente, por causa da conservação insatisfatória, uma perda de 30% dos produtos alimentícios é considerada mundialmente como geral. A frigorificação é cara, necessitando-se desenvolver novos equipamentos e novas formas de processamento, mais econômicas e mais baratas, cabendo ao engenheiro do frio adaptar equipamentos a estas novas tecnologias, à procura de um ponto de interesse comum.

Nas interpretações de Dossat (1980) e de Plank (1963), o método de aplicação de frio é o único meio de conservar os alimentos no seu estado original, mantendo as suas características como o odor e o sabor natural. Esta é a principal vantagem que a refrigeração tem sobre os outros métodos de conservação de alimentos.

A conservação pelo frio entretanto não consiste apenas num tratamento inicial do produto a conservar, ela exige a manutenção permanente das condições ótimas de conservação: a temperatura, a umidade relativa e o deslocamento do ar, o que pressupõe a existência de uma completa cadeia de frio que inclui, a preparação, o transporte, a armazenagem, e venda, isto é a proteção do produto desde a sua produção até o consumo (Costa, 1982, p. 255).

Em termos mundiais, a preservação dos alimentos ainda não está bem solucionada; é grande a quantidade que se deteriora por falta de preservação adequada. Assim, a questão da má nutrição da população mundial não depende somente da quantidade da produção de alimentos, mas também da perfeição da cadeia do frio.

A refrigeração tem também grande influência sobre a segunda preocupação que se refere à energia e, nesse caso, um dos objetivos seria reduzir o consumo de energia dos equipamentos frigoríficos. Comparando a um ciclo termodinâmico perfeito, ciclo de Carnot, através de uma máquina ideal, verifica-se que, na prática, o que realmente ocorre com a máquina real é totalmente diferente, pois o rendimento dos equipamentos compromete a sua eficiência.

2.1. A indústria alimentícia

Segundo Plank (1963, p. 1), “a tarefa da indústria de alimentação é aumentar o tempo de conservação mediante tratamentos adequados e permitir assim a planificação do fornecimento de alimentos, tanto em períodos de paz como, especialmente, em épocas de crises”.

Todo o desenvolvimento da indústria de alimentos, desde centenas de anos atrás até à época atual, sempre se deu visando ao suprimento das necessidades alimentares das populações. Os alimentos sempre tiveram que ser produzidos, distribuídos e consumidos. Assim, desde a antiguidade, eram usados métodos para conservar os alimentos, mas foi somente nos últimos 200 anos que apareceu a indústria de alimentos de uma forma mais

definida. “Atualmente, a conservação de gêneros alimentícios é mais importante que nunca na história da humanidade” (Dossat, 1980, p. 140).

Quase desde o princípio de nossa existência sobre a terra, tornou-se necessário para nós encontrar meios de conservação dos alimentos durante as estações de abundância a fim de viver durante as estações de escassez. Seria portanto natural, então que o homem descobrisse e desenvolvesse métodos de preservação de alimentos tais como secagem, defumação, lavagem e salgamento, muito antes que ele tivesse algum conhecimento das causas de deterioração dos alimentos (Dossat, 1980, p. 240).

Antes dessa época, as pessoas viviam em pequenas cidades e a maior parte dos alimentos era produzida e consumida no mesmo local. Mas, a partir do momento em que foram desenvolvidos maquinários e a energia passou a ser melhor aproveitada, surgiram as grandes fábricas que produziam e distribuía sua produção para grandes áreas.

Assim, começou a haver grande migração das zonas rurais para as cidades e logo havia uma diferença distinta entre os que moravam na cidade trabalhando nas fábricas, e os que moravam no campo produzindo alimentos para toda a população. A partir daí, houve necessidade de existir uma indústria de alimentos organizada, pois toda a produção agrícola tinha que ser colhida no campo e enviada para cidades distantes, devendo chegar em boas condições para o consumo.

Era preciso encontrar meios de armazenar esses alimentos por longos períodos e, assim, começaram a surgir vários métodos industriais para preservá-los por maior tempo. Começaram a se desenvolver processos industriais de defumação, salga, conservação em vinagre, açúcar e diversos produtos químicos. Nessa época, foi descoberto o procedimento de conservação de alimentos em latas, através da esterilização por calor e exclusão do ar. A partir de 1863 começaram a ser conhecidas razões dos fenômenos da

decomposição dos alimentos, lançando, assim, as bases científicas para os métodos de conservação.

A conservação do alimento é simplesmente uma questão de evitar ou retardar a deterioração e apodrecimento, independentemente do método usado, um pré-requisito para o estudo dos métodos de conservação é um bom conhecimento das causas de deterioração e putrefação (Dossat, 1980, p. 241).

Surgiu também a conservação de alimentos pelo frio, como uma das primeiras aplicações do frio artificial. Conhecia-se da antigüidade, “que era possível prolongar consideravelmente a duração dos alimentos conservando-os a baixas temperaturas, utilizando o frio natural (cavernas subterrâneas mantidas frias com neve e gelo) em certos alimentos e bebidas” (Plank, 1963, p. 2). No entanto, as baixas temperaturas só puderam ser utilizadas em escala técnica depois da invenção das máquinas frigoríficas, na primeira metade do século XIX, passando-se depois ao congelamento de alimentos, o que possibilitou o comércio mundial de carne congelada.

Depois das duas grandes Guerras Mundiais, mudanças notáveis surgiram nos hábitos diários de todo o mundo. As fábricas e cidades tornaram-se maiores e cada vez mais afastadas dos campos produtores, o que começou a exigir alimentos embalados convenientemente e que pudessem ser conservados por longo tempo. E esta é a tarefa da indústria de alimentos: aumentar o tempo de conservação mediante tratamentos adequados, permitindo assim o planejamento de sua distribuição.

Segundo Costa (1982, p. 255), “para preencher as suas necessidades estruturais, funcionais e energéticas, os organismos vivos necessitam de alimentos”. Os alimentos são constituídos de substâncias químicas denominadas nutrientes, que têm funções específicas e funcionam associadamente.

Os nutrientes podem ser classificados em: carboidratos, proteínas, gorduras, vitaminas, minerais.

Os grãos de cereais, as raízes e os tubérculos são alimentos ricos em carboidratos, podendo fornecer também proteínas, vitaminas e gorduras. As carnes, peixes, derivados lácteos e os grãos de farinhas de leguminosas são ricos em proteínas, sendo também fontes de outros nutrientes, tais como: gorduras, vitaminas e minerais. As frutas e as hortaliças caracterizam-se como fontes de vitaminas e minerais.

2.2. Qualidade dos produtos alimentícios

Dossat (1980) afirma que “na maior parte dos casos, o objetivo da conservação dos alimentos não é somente conservar os gêneros de primeira necessidade numa condição comestível, mas também conservá-los o mais possível no ponto exato de suas qualidades com respeito à aparência, odor, sabor e teor vitamínico” (p. 241). Qualquer deterioração capaz de alterar essas características reduz o valor comercial do produto, ocasionando uma perda econômica.

A qualidade de muitos produtos vegetais não permanece tal como era logo após a colheita; eles envelhecem rapidamente, secando-se e alterando-se. Da mesma maneira, assim que um animal é abatido, ele passa a sofrer uma série de transformações, que se não forem controladas, causarão a sua completa deterioração. Portanto, estes alimentos são chamados de perecíveis e podem ser divididos em duas classes principais:

- alimentos perecíveis vivos (frutas, hortaliças e ovos);

- alimentos perecíveis mortos (carne, peixe, e laticínios).

A deterioração dos produtos alimentícios é provocada por processos físicos, químicos e bioquímicos, além da ação de microrganismos.

Entre os processos físicos, além do calor, da luz e de ações mecânicas, deve ser citada a evaporação da água, que é um dos principais componentes dos alimentos perecíveis.

A evaporação da água tem como consequência não só uma perda de peso como conseguinte prejuízo econômico, produzindo também a dessecação e contração da superfície, junto com coloração que prejudica o aspecto dos gêneros, diminuindo seu valor comercial” (Plank, 1963, p. 3).

Muitas vezes, “as alterações físicas são devidas principalmente à evaporação da água que entra na sua constituição, provocando o seu ressecamento, e à volatilização de elementos aromáticos que alteram o odor e mesmo o sabor dos mesmos” (Costa, 1982, p. 257).

Ocorrem também processos químicos e bioquímicos por enzimas que podem ser de grande influência. Segundo Plank (1963, p. 3), “na conservação dos alimentos animais e vegetais se produzem complicados processos químicos, com intervenção de fermentos (enzimas)”.

Devido à influência do oxigênio do ar, produzem-se oxidações que causam mudanças na cor e sabor dos alimentos, com perda do seu valor nutricional. Sabe-se que a velocidade das reações diminui com o abaixamento da temperatura. Há grande variação nesta taxa de diminuição, mas pode-se aceitar, em média, que para cada 10°C que se diminua a temperatura, a velocidade de um processo torna-se duas a três vezes menor. Portanto, se este processo for deteriorativo, pode-se afirmar que “a conservação de substâncias perecíveis por refrigeração envolve o uso de temperatura

baixa como um meio de eliminar ou retardar a atividade dos agentes de putrefação” (Dossat, 1980, p. 250).

Da mesma maneira que as reações químicas, as reações enzimáticas também são sensíveis a mudanças de temperatura. Toda enzima apresenta uma atividade ótima a uma dada temperatura e, portanto, na medida que se baixa a temperatura, afeta-se a velocidade da reação.

Um fruto, que “é um ser vivo cujo metabolismo prossegue depois da colheita, a única diferença é que, separado da árvore, este fruto vive à custa de suas próprias e exclusivas reservas” (Torrellardona, 1983, p. 131), consome oxigênio e libera gás carbônico num processo que se chama de “respiração”. Ocorre consumo de carbono, usualmente na forma de carboidrato, e há liberação de calor. Segundo Torrellardona (1983, p. 14),

A respiração envolve a presença de enzimas e, portanto, a temperatura exerce sobre a respiração dos frutos uma influência considerável; é uma constante que em toda reação bioquímica a temperatura incide de maneira notável no índice de respiração e quanto mais elevada, mais intensa é a respiração.

O frio também atrasa a maturação das frutas, pois retarda as reações que produzem o desenvolvimento da cor, firmeza, aroma e sabor, que são características dos muito maduros. Também há ação das enzimas, que são catalisadores elaborados pelos seres vivos. Catalisador é toda substância capaz de modificar a velocidade de uma reação. Esta é a função das enzimas: elas são proteínas que, entrando em contato com os substratos (reagentes), modificam notadamente a velocidade da reação.

Após a colheita dos vegetais ou abate dos animais, ocorrem diversas reações químicas e enzimáticas que, no início dos processos, irão contribuir para uma melhora da textura e no desenvolvimento de aromas e outros

componentes do alimento. Caso típico é o amadurecimento da carne, conforme explica Plank (1963, p. 3).

As primeiras fases de tais processos podem incluir o aumento da palatabilidade pois, por exemplo, a carne de animais recentemente sacrificados é tenaz e pouco saborosa. Depois do desaparecimento da rigidez, durante o “período de maturação”, se desenvolve todo o sabor, a ser mantido todo tempo possível.

Também algumas frutas desenvolvem através destes processos açúcares e compostos responsáveis pelo aroma, adquirindo características melhores do que as que tinham logo após a colheita. “Uma baixa temperatura freia, contudo de forma desigual, os diferentes processos que intervêm na maturação” (Torrellardona, 1983, p. 131). No entanto, se este processo de maturação não for controlado, começará a haver modificações indesejáveis, que levam à completa decomposição do produto.

Os animais e vegetais vivos são constituídos de células que, quando agrupadas, vão formar os tecidos. Dentre as diversas funções que as células desempenham existe um sistema de autodefesa contra agentes exteriores. Porém, quando os tecidos morrem, após o sacrifício do animal ou depois de algum tempo em que os vegetais foram colhidos, estas ações de autodefesa cessam e assim surgem diversas alterações. Costa (1982, p. 257) afirma que “a ação biológica que decorre da rápida multiplicação dos germes entretanto, tem uma influência muito mais decisiva do que a autólise na decomposição dos alimentos”.

As causas destes fenômenos são devidas à atuação dos microrganismos, que podem ser classificados como bactérias, leveduras e fungos.

Apesar de suas variadas funções úteis e necessárias, o fato é que os microrganismos são destrutivos para os alimentos perecíveis. Por isso, sua atividade, como a das enzimas naturais, deve ser bem controlada se pretender evitar a deterioração e putrefação das substâncias alimentares (Dossat, 1980, p. 245).

Alguns microrganismos são benéficos na produção de certos tipos de alimentos, tais como: elaboração de vinhos, pães, leite fermentado, e muitos outros, sendo assim úteis para o homem. No entanto, existem certos microrganismos que se estiverem presentes nos alimentos poderão causar a sua deterioração, tornando-os inadequados para o consumo. Podem provocar infecção e intoxicações, e até mesmo a morte de quem ingeriu o alimento contaminado.

Assim, torna-se necessário o controle do estado do ar no interior da célula frigorífica, o que auxiliará na tentativa de se diminuir ou acelerar a ação desses processos. Esse controle pode ser realizado em função de três fatores: temperatura, umidade e velocidade do ar no ambiente. Tais fatores são de grande influência sobre os processos mencionados.

A temperatura, juntamente com a umidade, tem grande efeito sobre a evaporação. “A perda de peso diminui grandemente com o aumento da umidade relativa do ar” (Costa, 1982, p. 258). Menor temperatura com a mesma umidade implica em uma diminuição na tendência de perda de peso. Além deste efeito, a temperatura influi sobre os processos químicos e bioquímicos, processos estes que se desenvolvem tão mais rapidamente quanto mais alta a temperatura.

Já “os microrganismos são os mais sensíveis às variações de temperatura, podendo mesmo ser classificados de acordo com os limites de temperatura em que se desenvolvem” (Costa, 1982, p. 257).

Psicrófilos, crescem na faixa de temperatura entre 0 e 20°C e não se multiplicam abaixo de -7°C.

Mesófilos, crescem entre 25 e 45°C e não se multiplicam abaixo de 10°C.

Termófilos, crescem em temperatura superior a 45°C e não se multiplicam abaixo deste valor.

Um ponto importante é que os microrganismos não são destruídos a baixas temperaturas, mas têm seu desenvolvimento inibido. Assim, poderão voltar à atividade quando a temperatura elevar-se acima de determinado valor. Sabe-se que “a refrigeração atrasa as trocas degenerativas, principalmente os causados por desenvolvimento de micróbios” (ASHRAE Handbook - Refrigeration System and Applications, 1990, p. 185).

Para que haja o crescimento microbiano, o meio deve ser favorável, devendo conter carbono, nitrogênio, minerais e todos os nutrientes necessários à vida. Também a acidez ou alcalinidade do meio exerce grande influência no desenvolvimento das bactérias.

Todas as matérias-primas vegetais e animais que serão consumidas no seu estado natural, “*in natura*”, ou utilizadas para fabricação de outros produtos alimentícios, já possuem um certo número de microrganismos contaminantes.

A parte interna de carnes e pescados recentemente sacrificados é praticamente estéril. A infecção parte sempre da superfície, e a multiplicação dos microrganismos se produz muito rapidamente em condições favoráveis, porque poucos centos de bactérias por cm² de superfície podem converter-se em vários milhões ao curso de poucas horas (Plank, 1963, p. 4).

Assim, vê-se que, dependendo das condições em que os produtos foram tratados e elaborados, o número inicial de microrganismos poderá aumentar, tornando-os inadequados para o consumo. Quando os tecidos vegetais e animais alcançam certo ponto de maturação, a ação desses fatores torna-se mais intensa e destrutiva. Por isto, é necessário aplicar os métodos de conservação dos alimentos, que podem atuar:

- na composição do meio, pelo emprego de soluções salinas, soluções de açúcar ou conservantes, métodos de secagem e salga;
- na temperatura, aqui podem ser citados:
 - métodos de esterilização, tratamento térmico a 120°C, durante quinze minutos, com calor úmido;
 - métodos de pasteurização, tratamento térmico na faixa de 60 a 75°C;
 - métodos de refrigeração, conservação na faixa de temperatura entre 0 e 4°C;
 - métodos de congelamento, conservação a temperaturas abaixo de 0°C.

Para uma conservação satisfatória, aplica-se freqüentemente uma combinação destes métodos, além de outros, como a aplicação de irradiação no produto.

Segundo Torreira (1979, p. 13), “a refrigeração pode ser definida como processo de remoção de calor de uma substância”. Komarov (1958) afirma que “a obtenção de refrigeração consiste na diminuição da quantidade de calor de um corpo em estado sólido, líquido ou gasoso” (Tomo I - p. 11).

Se a temperatura for constante no interior de uma célula frigorífica e apenas variar a umidade, experiências apontam que o ar com menor teor de umidade causará maior perda de peso do produto, ao mesmo tempo em que tem um efeito favorável no controle do desenvolvimento de microrganismos. É necessário haver um certo teor d’água para que os microrganismos possam se desenvolver. A célula de uma bactéria, assim como “os alimentos de uma maneira geral contêm água, a qual faz parte do protoplasma

celular dos materiais orgânicos, na proporção de 60 a 80%” (Costa, 1982, p. 256). Portanto, qualquer processo que reduza ou imobilize a água dos alimentos tais como: secagem, salga ou congelamento, vai atuar diretamente sobre sua constituição. No entanto, se a bactéria estiver na forma esporulada, poderá suportar uma dissecação prolongada.

O movimento de distribuição do ar tem importante efeito. “Durante o processo de refrigeração desempenha um papel importante a velocidade do ar, pois influi fortemente no índice de evaporação” (Plank, 1963, p. 21). Segundo Dossat (1980, p. 256), em uma célula frigorífica, “embora a alta velocidade do ar tenda a aumentar a taxa de evaporação de umidade do produto, ela também acelera grandemente a taxa de resfriamento e resulta numa redução mais rápida na temperatura do produto e pressão do vapor”. Mas também o coeficiente de evaporação aumenta pois, “devido ao conteúdo d’água de todos alimentos, durante a refrigeração há uma perda de peso por evaporação de uma parte desta água” (Plank, 1963, p. 19).

Existem microrganismos que não podem viver sem que estejam em contato com oxigênio livre do ar. Estes são chamados de aeróbicos. No entanto, há outros microrganismos que não vivem em presença de ar e necessitam apenas de oxigênio combinado quimicamente com outras substâncias. Estes são os anaeróbicos. Existem também os anaeróbicos facultativos, que podem viver tanto em condições aeróbicas, quanto anaeróbicas.

2.3. O papel da refrigeração

O uso da refrigeração representou um dos mais importantes avanços da civilização moderna, a ponto de, atualmente, a sociedade ter se tornado

dependente da refrigeração para bem viver. A possibilidade de guardar e distribuir alimentos deu às atividades humanas perspectivas muito maiores do que aquelas anteriormente possíveis. A prática da refrigeração provavelmente existe desde o homem das cavernas. O resfriamento por meio de gelo e neve é freqüentemente mencionado no decorrer da história.

O emprego dos meios de refrigeração já era do conhecimento humano mesmo na época das mais antigas civilizações. Pode-se citar a civilização chinesa que, muitos séculos antes do nascimento de Cristo, usava gelo natural (colhido nas superfícies dos rios e lagos congelados e conservado com grande cuidado, em poços cobertos com palha e cavados na terra) com a finalidade de conservar o chá que consumiam. As civilizações gregas e romanas que também aproveitam o gelo colhido no alto das montanhas, a custo do braço escravo, para o preparo de bebidas e alimentos gelados.

Já a civilização egípcia, que devido a sua situação geográfica e o clima de seu país, não dispunha de gelo natural, refrescava a água por evaporação, usando vasos de barro semelhantes às maringas, tão comuns no interior do Brasil. O barro, sendo poroso, deixa passar um pouco da água contida no seu interior, a evaporação desta para o ambiente faz baixar a temperatura do sistema. Entretanto, durante um largo período de tempo, na realidade muitos séculos, a única utilidade que o homem encontrou para o gelo foi a de refrigerar alimentos e bebidas para melhorar seu paladar (Martinelli Jr., 2002, p. 4).

Um grande avanço das técnicas da refrigeração foi dado quando se descobriu que uma mistura de gelo e sal produzia temperaturas mais baixas que o gelo, isoladamente. De certo modo, este foi o primeiro melhoramento sobre a natureza no setor da refrigeração. No fim do século XVIII, a inventividade do homem já produzia refrigeração no tempo e no lugar desejados. Foram criadas máquinas que baixavam a pressão do vapor d'água e apresavam sua evaporação. A arte de produzir resfriamento por liberação de ar comprimido recebeu grande atenção.

Durante a primeira parte do século XIX foram inventadas máquinas compressoras e grande quantidade de diferentes fluídos foram testados como refrigerantes. No final do século, a refrigeração mecânica estava firmemente estabelecida. E entre os refrigerantes de uso comum estavam a amônia, o dióxido de carbono, o dióxido de enxofre, o cloreto de metila e, até certo ponto, os hidrocarbonetos. Nas décadas seguintes, a atenção voltou-se para o aperfeiçoamento dos projetos mecânicos e manejo do equipamento. “Foi com a invenção da máquina frigorífica na metade do século XIX que a conservação dos alimentos pelo frio tomou um grande impulso” (Costa, 1982, p. 255).

Todos os refrigerantes então em uso tinham uma ou mais propriedades perigosas: algumas tóxicas, outras inflamáveis e outras, ainda, só trabalhavam sob pressões muito altas. Essa natureza perigosa estava limitando o progresso da indústria. Em 1928, C. F. Kettering, vice-presidente da General Motors, observou que se a indústria da refrigeração pretendia mesmo crescer, precisava descobrir um novo gás refrigerante. Para atender essa necessidade, Thomas Midgely e seus associados sintetizaram o diclorodifluorometano e demonstraram que essa substância não era inflamável e tinha uma toxicidade baixíssima. Com este avanço, surgiu na indústria da refrigeração o fluorcarboneto, possibilitando uma rápida expansão da refrigeração.

Os processos físicos, químicos, bioquímicos e microbiológicos que causam a deterioração dos alimentos dependem, em grande parte, da refrigeração. Neste ponto, percebe-se a grande necessidade de que a refrigeração acompanhe os produtos alimentícios perecíveis desde a produção (co-

lheita, abate) até o consumo. A organização técnica e a econômica que executam esta tarefa constituem a chamada “Cadeia do Frio” e incluem:

- os frigoríficos;
- os meios de transporte frigorificados;
- células frigoríficas e balcões frigoríficos;
- geladeiras e congeladores domésticos.

2.3.1. A frigorificação dos alimentos

Quando se fala em conservação de alimentos pelo frio, encontram-se duas divisões importantes: o resfriamento e o congelamento. Komarov (1958) ensina que “frio é um conceito convencional, que significa que um corpo tem uma pequena quantidade de calor” (Tomo I - p. 11).

De acordo com Dossat (1980, p. 251), tem-se, como regra geral, que “quanto mais baixa for a temperatura da armazenagem, mais longa será a duração do armazenamento do produto”.

No resfriamento, as temperaturas utilizadas para a conservação dos alimentos são sempre superiores ao seu ponto de congelamento. O resfriamento é mais freqüentemente aplicado em organismos vivos, como frutas, legumes, ovos, etc., apesar de também ser usado na pré-conservação da carne, peixes e laticínios. De acordo com Dossat (1980, p. 255) “o tratamento do produto durante o período de resfriamento tem grande influência na sua qualidade final e tempo de duração de armazenagem”.

Para diminuir a temperatura do produto até que se alcance a temperatura de estocagem, este passa por um processo de pré-resfriamento. “O pré-resfriamento é a operação que tem por finalidade baixar o mais rápido pos-

sível a temperatura da colheita até outra mais baixa” (Torrellardona, 1983, p. 142). Ainda segundo o referido autor (p. 142), “pretende-se reduzir o metabolismo dos frutos reduzindo, em consequência, a intensidade respiratória, a transpiração (perda d’água), perda de elementos nutritivos, etc.”.

Com o pré-resfriamento na própria célula frigorífica de estocagem, o produto é menos manipulado, uma vez que é colocado diretamente nessa, ai permanecendo até o final da estocagem, podendo-se, com isso, economizar com mão-de-obra.

No túnel de resfriamento encontra-se o pré-resfriamento separado da estocagem, podendo ser contínuo ou intermitente. No túnel contínuo, o produto entra por uma das extremidades e sai resfriado na outra. A permanência do produto no túnel é determinada pela velocidade de deslocamento e o comprimento da célula frigorífica, e corresponde ao tempo de pré-resfriamento necessário. A movimentação do produto através do túnel pode ser mecânica ou manual.

O túnel do tipo intermitente possui uma só abertura para o carregamento e para o descarregamento. Durante estas duas operações o equipamento frigorífico e os ventiladores estão desligados. Assim, durante o pré-resfriamento, a temperatura do ar do túnel varia com o tempo, sendo inicialmente alta e diminuindo gradualmente.

No túnel contínuo tem-se a vantagem da melhor utilização do tempo e lugar, visto que a temperatura do ar no túnel não varia com o tempo, sempre trabalhando com a temperatura ótima. Não há perda de tempo com carregamento e descarregamento. O ar, como meio refrigerante, causa uma certa perda de umidade do produto, que vai ser mais ou menos intensa, dependendo das características do produto, do ar e da sua velocidade.

O pré-resfriamento, onde o meio refrigerante é a água, *hydrocooling*, geralmente é utilizado para resfriamento de frangos e de algumas frutas.

O fluxo de calor transmitido é diretamente proporcional ao coeficiente de transmissão de calor superficial, a área da superfície total e a diferença de temperatura entre a superfície e seu entorno. Quando uma película d'água fria flui ativa uniformemente sobre a superfície quente, a temperatura superficial esta substancialmente igual a da água (ASHRAE Handbook - Refrigeration System and Applications, 1990, p. 154).

Durante o pré-resfriamento, a temperatura na superfície se reduz mais rapidamente que no centro do produto. Por isso, considera-se o pré-resfriamento terminado, quando a temperatura no centro alcança um valor determinado, que é geralmente um pouco acima da temperatura de estocagem. É uma medida de economia, porque no fim do pré-resfriamento o processo já é muito lento, a diferença entre a temperatura do produto e a do meio é pequena, e o longo tempo de resfriamento aumentaria muito as dimensões do túnel.

O congelamento “é um método econômico de manter a qualidade, o valor nutritivo e as propriedades sensoriais dos alimentos durante longos períodos” (ASHRAE Handbook - Refrigeration System and Applications, 1990, p. 135). O congelamento dos alimentos ocorre diferencialmente do congelamento da água pura. Os alimentos não podem ser considerados como uma mistura de material seco e água pura. A umidade do alimento está, de uma forma bastante complexa, ligada com os materiais secos e em vez da água pura, encontram-se soluções nas células. Semelhante à salmoura, estas soluções têm uma temperatura de congelamento abaixo de 0°C e durante o congelamento forma-se gelo d'água pura. A concentração das soluções aumenta e a temperatura de congelamento diminui gradualmente.

As três etapas do processo são:

- o resfriamento do produto da sua temperatura inicial até temperatura inicial de congelamento que é, dependendo do produto, entre -0,5 e -3°C;
- há formação de gelo no produto desde o início do congelamento, até que o centro térmico atinja 5°C a menos que a temperatura inicial de congelamento. A maior parte da água congelável é transformada em gelo nesta etapa;
- o resfriamento até a temperatura final para estocagem.

Logo que o produto deixa o túnel de congelamento, ele não possui a mesma temperatura na superfície e no centro. A temperatura na superfície é sempre mais baixa que no centro. Após algum tempo, as temperaturas vão se igualar, chegando o produto a uma temperatura de equilíbrio. Segundo Dossat (1980, p. 257), “Somente produtos de alta qualidade em boas condições devem ser congelados”.

Ainda conforme recomenda o referido autor (p. 257), “quando um produto é para ser conservado no seu estado fresco original por um período relativamente longo, geralmente é armazenado aproximadamente a -18°C ou abaixo”. Mesmo nestas temperaturas baixas, ficará no produto alguma quantidade d’água não congelável (5 a 10%).

Se o congelamento ocorrer lentamente, os centros de cristalização são pouco numerosos e os cristais de gelo crescem a dimensões relativamente grandes, danificando mecanicamente as paredes das células. Este produto, após o descongelamento, perde a sua estrutura, torna-se frouxo e perde bastante líquido precioso através das paredes das células danificadas.

Ao contrário, “quanto mais rapidamente se efetua o congelamento, tanto mais finos e regulares serão os cristais de gelo dentro das células e no interior dos tecidos” (Pohlmann, 1979, p. 451). Após o descongelamento, este produto readquire a sua consistência e aparência original. É uma exigência primordial que o congelamento seja o mais rápido possível.

Um recipiente com água pura terá seu volume aumentado pela transformação em gelo em torno de 9%. Os alimentos por volta de 8,46% (6% menor que a água pura) já que uma parte da água não se congela, e porque certos produtos contêm espaços com ar. A embalagem deve possibilitar este aumento de volume durante o congelamento.

No congelamento a ar é inevitável que uma certa quantidade d'água do produto se evapore, se este não estiver protegido por uma embalagem eficaz. Quanto mais rápido o congelamento, menor será a perda d'água. Se o produto estiver fechado dentro de uma embalagem que não deixe o vapor d'água passar, então a perda d'água será nula. Mas o gelo vindo da água que se evapora do produto pode se depositar no interior da embalagem onde há um “colchão” de ar, de alguns milímetros, entre a superfície do produto e a superfície interna da embalagem.

Produtos congelados sem embalagem podem perder de 0,5 a 1,5% d'água ou mais, dependendo da temperatura, da velocidade, da técnica de congelamento e da natureza do produto. Quanto mais frio o ar, menor a perda d'água do produto

Como já foi mencionado, por causa da formação de gelo a concentração dos líquidos restantes aumenta e pode afetar no equilíbrio dessa massa alimentar, podendo ocorrer processos que prejudicam qualidade do pro-

duto. As proteínas também podem ser afetadas no processo. Fica claro, portanto, que nem todos os produtos alimentícios podem ser congelados.

Alguns tratamentos antes do congelamento podem diminuir os efeitos desses processos desfavoráveis. Um tratamento muito utilizado, principalmente para verduras, é o branqueamento. É um rápido tratamento de calor, em vapor ou em água fervendo, com o objetivo de anular o efeito das enzimas que poderiam causar mudanças na cor, sabor e textura do produto. O tempo necessário de exposição do produto varia com o tipo de produto, variedades, e o tamanho das peças.

Existem diversos métodos e equipamentos de congelamento:

- congelamento a ar circulante é o método mais usado para todos os tipos de produtos, embalados ou não. O equipamento chama-se túnel de congelamento e sua construção, em princípio, é semelhante aos túneis de resfriamento. A velocidade do ar sobre o produto é bastante alta, até 10 m/s, e assim a carga térmica provocada pelos ventiladores pode ser significativa. A temperatura do ar nos modernos túneis hoje é de -30 a -40 °C;
- congelamento por imersão consiste de um tanque com o meio de congelamento: salmoura, mais usado, ou solução de propilenoglicol. O produto é imerso no tanque, podendo estar protegido do contato com o sal da salmoura através de uma embalagem de alta qualidade, que impede a entrada do meio refrigerante;
- congelamento por salmoura é utilizado para produtos de forma irregular. É frequentemente aplicado na indústria de peixes. A salmoura é refrigerada em sistema de refrigeração convencional. A

desvantagem deste método é a contaminação do produto através da salmoura;

- congelamento por contato, o produto é congelado pelo contato com placas metálicas. As caixas do produto colocadas entre as placas planas recebem resfriamento por solução ou por evaporação direta do refrigerante. As caixas são ainda pressionadas pelas placas, assegurando um bom contato com elas e, conseqüentemente, uma boa refrigeração;
- congelamento por fluidização do ar, à baixa temperatura, atravessa de baixo para cima o produto, que se encontra apoiado sobre um leito. A velocidade do ar é ajustada de maneira a elevar as partículas do produto que, envolvido por este ar frio, vai se resfriando até se congelar. O congelador de leito fluidizado é usado para produtos que têm a tendência de se congelarem grudados; no congelamento por fluidização serão congelados individualmente;
- congelamento por criogenia é um método moderno, sendo ainda bastante caro. Utiliza-se como refrigerantes: gás carbônico (-79°C) ou nitrogênio (-180°C) líquidos, que são aspergidos na superfície do produto movimentado por um transportador. A evaporação provoca um resfriamento e congelamento ultra-rápido do produto.

Após o término do congelamento, o produto deve ser colocado na célula frigorífica de estocagem, ficando o menor tempo possível em temperaturas mais altas que a sua. No total, o valor nutricional dos alimentos preparados e conservados no estado congelado é bem preservado. Se o alimento é congelado rapidamente e estocado convenientemente, seu valor nutricional é geralmente muito bem mantido.

Uma certa perda de substâncias nutritivas ocorre durante os processamentos de preparação do produto para o congelamento, como por exemplo, durante o branqueamento, que destrói parte das vitaminas. Durante a estocagem verificam-se perdas mínimas de vitaminas.

No descongelamento, a perda de elementos nutritivos depende da perda d'água do produto. Assim, qualquer procedimento que reduza a perda d'água do produto, reduzirá a perda de substâncias nutritivas no descongelamento.

2.3.2. Estocagem de produtos resfriados

As condições de estocagem tabeladas se aplicam aos produtos perfeitamente frescos e de boa qualidade, tais como frutas e legumes recém colhidos, peixes frescos, carne imediatamente após o seu abate, bacon após sua preparação, ovos frescos, etc. Qualquer demora no resfriamento do produto reduz o tempo de estocagem, seja porque ele se deteriora neste intervalo, seja porque ele se transforma, alterando-se quando submetido às condições recomendadas.

A temperatura da célula frigorífica de estocagem deve ser mantida no valor prescrito para o produto, o mais constante possível durante a estocagem. Para certos produtos, uma variação de mais ou menos 1°C pode causar conseqüências desastrosas sobre o tempo de conservação.

Os produtos, quando estocados a frio, necessitam de uma certa umidade relativa que é determinada por dois efeitos contrários:

- para diminuir a perda de peso do produto o ar deve ser úmido, isto é, a umidade relativa deve ser alta;

- mas o ar úmido favorece o crescimento de microrganismos e a proteção contra estes exige uma umidade relativa mais baixa.

Desse modo, as condições de umidade relativa são aquelas em que o produto perde uma quantidade mínima d'água, sem a possibilidade de haver crescimento de microbiano. Se o produto está embalado convenientemente, estas perdas e ganhos d'água não ocorrem ou são minimizadas. Segundo Dossat (1980, p. 256), “A importância da umidade relativa nas células frigoríficas de resfriamento depende do produto que está sendo resfriado, particularmente se o produto está ou não acondicionado”.

O ar interior da célula frigorífica ganha umidade através do produto, pelas aberturas das portas, e pela infiltração através das paredes de fronteira; se a barreira de vapor d'água não é bem feita. Quanto mais baixa for essa temperatura da superfície externa do evaporador, menor será a umidade relativa na célula frigorífica. Essa temperatura do evaporador é naturalmente função da temperatura de evaporação do refrigerante. Assim, desejando-se aumentar a umidade relativa do ar, deve-se aumentar a temperatura de evaporação e vice-versa.

A circulação do ar dentro da célula frigorífica deve ser suficiente para manter uma uniformidade razoável no teor de umidade e na temperatura do ar; uma velocidade do ar muito alta pode ressecar a superfície dos produtos. Esta é a razão pela qual a circulação moderada do ar é recomendada para a maioria dos produtos durante a estocagem, ao contrário do túnel de resfriamento, onde a maior velocidade do ar diminui o tempo de resfriamento dos produtos, apesar de causar o ressecamento dos mesmos.

A renovação do ar, introdução de ar exterior, deve ser reduzida ao mínimo, por razões econômicas. Frequentemente, uma renovação de ar suficiente é obtida por infiltração, abertura de portas, etc.

Conforme Costa (1982, p. 255), “modernamente a técnica do frio é suplementada por outras técnicas de conservação, como o uso de atmosfera controlada, agentes químicos, proteções superficiais como óleos, sais, açúcares, envoltórios de papel tratado quimicamente, etc.”

O ambiente contém 21% de oxigênio, 78% de nitrogênio e o resto é umidade, vapor d’água e outros gases. Diminuindo o conteúdo de oxigênio e aumentando a quantidade de gás carbônico, pode-se assegurar na célula frigorífica de estocagem uma atmosfera mais favorável ainda para certos produtos, cuja qualidade será melhor e o seu tempo de estocagem poderá ser mais longo. Usa-se esse método, na estocagem de alguns produtos vegetais, como por exemplo: maçã, pêra, etc.

A célula frigorífica de estocagem, nesta aplicação, além de equipamento de refrigeração, precisa de equipamentos especiais para manter a composição do ar constante.

2.3.3. Estocagem de produtos congelados

Uma perda d’água exagerada, além de causar perda de peso indesejável, pode acelerar mudanças oxidativas causadas pela diminuição do gelo na superfície do produto, permitindo, deste modo, a penetração de oxigênio no interior dos tecidos. Algumas partes da superfície de produtos com proteínas podem ser grandemente ressecadas e a sua estrutura prejudicada

permanentemente. É a chamada “queima pelo frio” que ocorre na superfície de certos produtos, que acabam não sendo aceitos devido à sua aparência.

Existem certos processos aplicados no produto para se evitar ou diminuir a perda d’água e a queima pelo frio. É o caso do glazeamento, que consiste na aplicação de uma fina camada d’água sobre a superfície do produto. Essa água também se congela, formando, assim, uma camada protetora não expondo o produto ao contato direto com oxigênio, evitando oxidações, e também perda d’água, uma vez que as variações de temperatura que ocorrem na célula frigorífica vão causar a sublimação desta fina camada de gelo, não causando a retirada d’água do produto.

A recristalização é também um efeito desfavorável do ponto de vista da qualidade do produto, provocada pelas variações de temperatura durante a estocagem.

Tratando do processo de congelamento, menciona-se que a temperatura do produto abaixa gradualmente. Se a temperatura da célula frigorífica de estocagem aumenta, a temperatura do produto, pelo menos nas camadas perto da superfície, também aumenta. Ocorre assim um certo descongelamento do gelo nestas camadas. Se depois a temperatura voltar a diminuir, a temperatura do produto segue esta variação e ocorre o congelamento d’água. Mas este processo de congelamento na célula frigorífica de estocagem é muito lento, formando-se grandes cristais de gelo, com seus efeitos desfavoráveis sobre a qualidade final do produto.

Pode-se entender que estas variações de temperaturas na célula frigorífica de estocagem são grandes, podendo destruir totalmente a vantagem do congelamento rápido. Pode-se concluir que “a temperatura exata requerida

para a armazenagem congelada não é crítica, contanto que ela não seja suficientemente baixa e que não oscile” (Dossat, 1980, p. 265).

Sobre o movimento do ar, as diretrizes são as mesmas como na estocagem de produtos resfriados. A renovação de ar não é necessária para célula frigorífica de estocagem de congelados.

Plank (1963) afirma que, pela diminuição da temperatura até próximo ao correspondente ao ponto de congelamento, pode-se manter os alimentos comestíveis por mais tempo. Hoje, para estas células frigoríficas de estocagem, a temperatura deve ser -18°C no máximo, mas possivelmente -30°C , especialmente em se tratando de estocagem por longo prazo.

2.3.4. Embalagem

Segundo Dossat (1980, p. 264), “a desidratação, um dos principais fatores que limitam a duração da armazenagem, é bastante reduzida por embalagem apropriada”. A embalagem utilizada para alimentos congelados, entre outros requisitos deve:

- não ter odores, nem microrganismos que possam contaminar o produto;
- não conter substâncias tóxicas que possam passar para os alimentos;
- não permitir a passagem de vapor d'água, de substâncias voláteis e do odor do ambiente;
- não reagir quimicamente com o produto;
- ter forma e tamanho convenientes para sua apresentação nos locais de venda;

- ser protegida de contaminação bacteriana e de sujeiras;
- ser manipulável por máquinas de embalar automáticas;
- ser fácil de ser aberta e ter aparência atraente.

Além dessas características gerais, em relação ao congelamento as embalagens devem:

- ter um formato que permita rápido congelamento;
- permitir o aumento do volume do produto que ocorre durante o congelamento;
- ser resistente à água e a ácidos fracos;
- agüentar baixas temperaturas;
- não aderir ao conteúdo no estado congelado;
- cercar o produto o máximo possível, para eliminar ao máximo a presença do ar.

Existe uma grande variedade de materiais que são usados para embalar alimentos congelados: papelão, envelopes e sacos (papel parafinado, papel plastificado, folha de alumínio, películas de celulose lacradas e transparentes, película de plástico como polietileno, polipropileno e cloreto de polivinilideno), caixas de madeira, embalagem folha de alumínio, embalagem plástica semi-rígida, latas.

A estocagem a granel é aquela em que os produtos são estocados em grandes quantidades, sem embalagens individuais. É bastante usada porquê:

- reduz o espaço necessário para a estocagem;
- separa bem duas séries de operações: o congelamento e a embalagem. Assim, o produto só é embalado quando sai da célula frigorífica de estocagem para ser comercializado.

Os legumes congelados individualmente podem ser bem estocados a granel. Conforme Dossat (1980, p. 253), a temperatura de armazenamento “de todos os perecíveis no seu estado natural (sem embalagem) requer forte controle não somente da temperatura ambiente mas também da umidade e do movimento do ar no espaço”.

Para estocagem e transporte pode-se utilizar caixas de papelão ondulado com armação de metal ou madeira com revestimento polietileno, para evitar o ressecamento e proteger contra sujeiras. A operação de reembalagem normalmente consiste na retirada do produto do local de estocagem a granel, na inspeção visual e na embalagem final.

2.4. Carga térmica

A carga térmica de refrigeração, expressa pelo Sistema Internacional, em kW, “é o calor que devemos retirar num certo tempo, a fim de manter dentro dessa célula frigorífica uma determinada temperatura” (Silva, 1979, p. 351).

“A análise da carga térmica é vital à seleção, ao equilíbrio adequado e para um funcionamento satisfatório do sistema” (ASHRAE Handbook - Refrigeration System and Applications, 1990, p. 11).

A célula frigorífica, seja, sala de processo, túnel de resfriamento/congelamento ou câmara de estocagem, é ponto modal da “cadeia de frio”: são ambientes que para atingir as condições exigidas de temperatura, umidade e velocidade do ar interno, precisam gastar muita energia. O dimensionamento dos componentes para atingir as condições desejadas requer o conhecimento da quantidade de calor que deve ser deslocado do

ambiente. O valor, por sua vez, pode ser obtido somente através da determinação de todas variáveis qualitativas e quantitativas do produto, assim como das dimensionais da célula frigorífica e das condições termo-higrométricas dos ambientes circunstantes. Esse cálculo deve ser efetuado com o máximo de precisão possível, levando em consideração todos os detalhes informados no plano operacional. A determinação exata da parcela de carga térmica é fundamental para o funcionamento adequado da célula frigorífica.

A determinação da quantidade de frio necessária para células frigoríficas não é fácil, já que distintos produtos exigem distintas temperaturas, um determinado tempo para a refrigeração ou congelamento, assim como uma determinada velocidade de ar, quantidade de umidade e método de armazenagem.

As quantidades de frio que se precisam dependem do calor específico e do movimento de gêneros, do clima, da posição e características construtivas da célula frigorífica. Para um cálculo é condição indispensável a experiência e o conhecimento de distintas influências.

Depois de calculada a quantidade de frigorias que se precisam, terá que determinar a máquina frigorífica mais econômica levando em conta o tempo de serviço diário (Pohlmann, 1979, p. 363).

Deve-se sempre ter em mente a necessidade da utilização da célula frigorífica de acordo com os parâmetros que foram considerados no plano operacional da mesma. Caso contrário, tem-se uma deficiência, pelo não atendimento das condições prescritas para o produto em seu interior.

Segundo Dossat (1980, p. 271), “a carga térmica raramente resulta de alguma fonte particular de calor. De preferência, ela é a soma do calor que usualmente se desprende de várias fontes diferentes”. Deve-se considerar também nos cálculos, além da carga do produto, a transmissão de calor pelo piso, paredes e teto, a carga do ar de infiltração pelas portas e as fontes internas de calor.

O cálculo da carga térmica é efetuado para um período de 24 horas. Entretanto, na prática, é considerado um período de 16 a 20 horas de operação para os equipamentos de geração de frio, de forma a possibilitar, se necessário, o degelo, as eventuais manutenções, e também possíveis sobrecargas de capacidade.

O projeto da instalação frigorífica é dividido em duas partes, conforme demonstrado na Figura 1.

Primeira, a determinação da carga térmica horária da célula frigorífica, através das seguintes variáveis:

- Produto: considera-se o tipo de produto a ser manipulado/estocado, a recepção diária, a temperaturas de recebimento, a temperaturas de saída/estocagem e o tempo de estabilização das condições desejadas;
- Ambiente externo: considera-se para o local de instalação, o TBS, TBU e altitude;
- Ambiente frigorificado (célula frigorífica): considera-se em função do produto a ser manipulado/estocado o valor prescrito internamente, TBS, UR e velocidade do ar;
- Q_1 : carga de penetração pelo isolamento, em função das paredes de fronteira calcula-se a quantidade de calor que penetra no ambiente interno;
- Q_2 : carga de manutenção no resfriamento, parcela de calor a ser retirada do produto antes de seu congelamento;
- Q_3 : carga de respiração do produto, em função do metabolismo de certos produtos, há a geração de calor pela respiração dos mesmos;

- Q_4 : carga de respiração do produto - LATENTE, em função do metabolismo de respiração do produto, há uma necessidade de energia para o fenômeno físico de condensação deste;
- Q_5 : carga de solidificação do produto, parcela de calor a ser retirada do produto quando do seu congelamento;
- Q_6 : carga de manutenção no congelamento, parcela de calor a ser retirada do produto após o seu congelamento;
- Q_7 : carga de desidratação do produto - LATENTE, parcela de energia necessária ao fenômeno físico de condensação da possível desidratação do produto;
- Q_8 : carga de embalagem, parcela de calor a ser retirada da embalagem;
- Q_9 : carga de iluminação, parcela de calor gerada pela iluminação no ambiente interno;
- Q_{10} : carga de pessoas, em função do metabolismo do ser humano, há a geração de calor;
- Q_{11} : carga de pessoas - LATENTE, em função do metabolismo de transpiração do ser humano, há uma necessidade de energia para o fenômeno físico de condensação deste;
- Q_{12} : carga de motor gás/gasolina/diesel, em função da movimentação do produto no ambiente interno, há a geração de calor pela dissipação ou combustão dos motores;
- Q_{13} : carga de motor gás/gasolina/diesel - LATENTE, em função da movimentação do produto no ambiente interno, há uma necessidade de energia para o fenômeno físico de condensação dos vapores dos gases de combustão;

- Q_{14} : carga de infiltração, em função do ar admitido pelas aberturas no ambiente interno, há a geração de calor;
- Q_{15} : carga de infiltração - LATENTE, em função da condensação do ar admitido pelas aberturas no ambiente interno, há uma necessidade de energia para tal fenômeno físico;
- Q_{16} : carga de ventiladores, em função da movimentação do ar através dos trocadores de calor no ambiente interno, há a geração de calor pela dissipação dos motores;
- Q_t : carga térmica total, é o somatório das cargas estimadas;
- evaporador - convecção forçada, faz-se um dimensionamento preliminar do(s) trocador(es), visando a potência do(s) ventilador(es) a ser(em) instalado(s);
- calor produzido pelo(s) ventilador(es), verifica se a nova potência do(s) ventilador(es) está(ão) de acordo ao estimado em Q_{16} , caso haja desvio, o valor deverá ser realimentado.

Segunda, o dimensionamento e a escolha dos componentes (módulos) para o equipamento de geração de frio (Figura 4):

- seleção do(s) compressor(es) e acessórios, em função da(s) estimativa(s) de carga térmica levantada, procura-se selecionar o módulo que melhor se adapta no atendimento das condições prescritas;
- seleção do(s) condensador(es) e acessórios, idem;
- seleção do(s) trocador(es) aletado(s) e acessórios, idem;
- seleção da(s) estação(ões) de válvula(s), idem;
- seleção do resfriador intermediário e acessórios, idem;
- seleção do(s) separador(es) de líquido e acessórios, idem;
- seleção da(s) bomba(s) de refrigerante e acessórios, idem;

- levantamento da carga de refrigerante, em função dos módulos selecionados, calcula-se a quantidade necessária ao sistema;
- levantamento da carga de óleo, em função dos módulos de compressores selecionados, calcula-se a quantidade necessária;
- seleção do(s) recipiente(s) de líquido e acessórios, em função da carga de refrigerante, procura-se selecionar o módulo que melhor se adapta no atendimento das condições prescritas;
- dimensionamento das tubulações, para as interligações frigoríficas e hidráulicas de todos módulos selecionados, especifica-se as bitolas e os componentes de bloqueio necessários, em virtude da velocidade do refrigerante, para o trecho em análise;
- quadros elétricos, para o comando, controle, sinalização e proteção dos equipamentos elétricos selecionados nos módulos, especifica-se os componentes necessários;
- automação (sistema supervisorio), para o comando, controle e sinalização dos módulos selecionados, especifica-se os componentes e a lógica necessária;
- iluminação de ambientes, para a(s) célula(s) frigorífica(s), procura-se selecionar o(s) módulo(s) que melhor se adapta(m) no atendimento das condições prescritas;
- dimensionamento de cablagens, para as interligações elétricas e instrumentações dos módulos selecionados, especifica-se as bitolas necessárias em virtude da carga, para o trecho em análise.

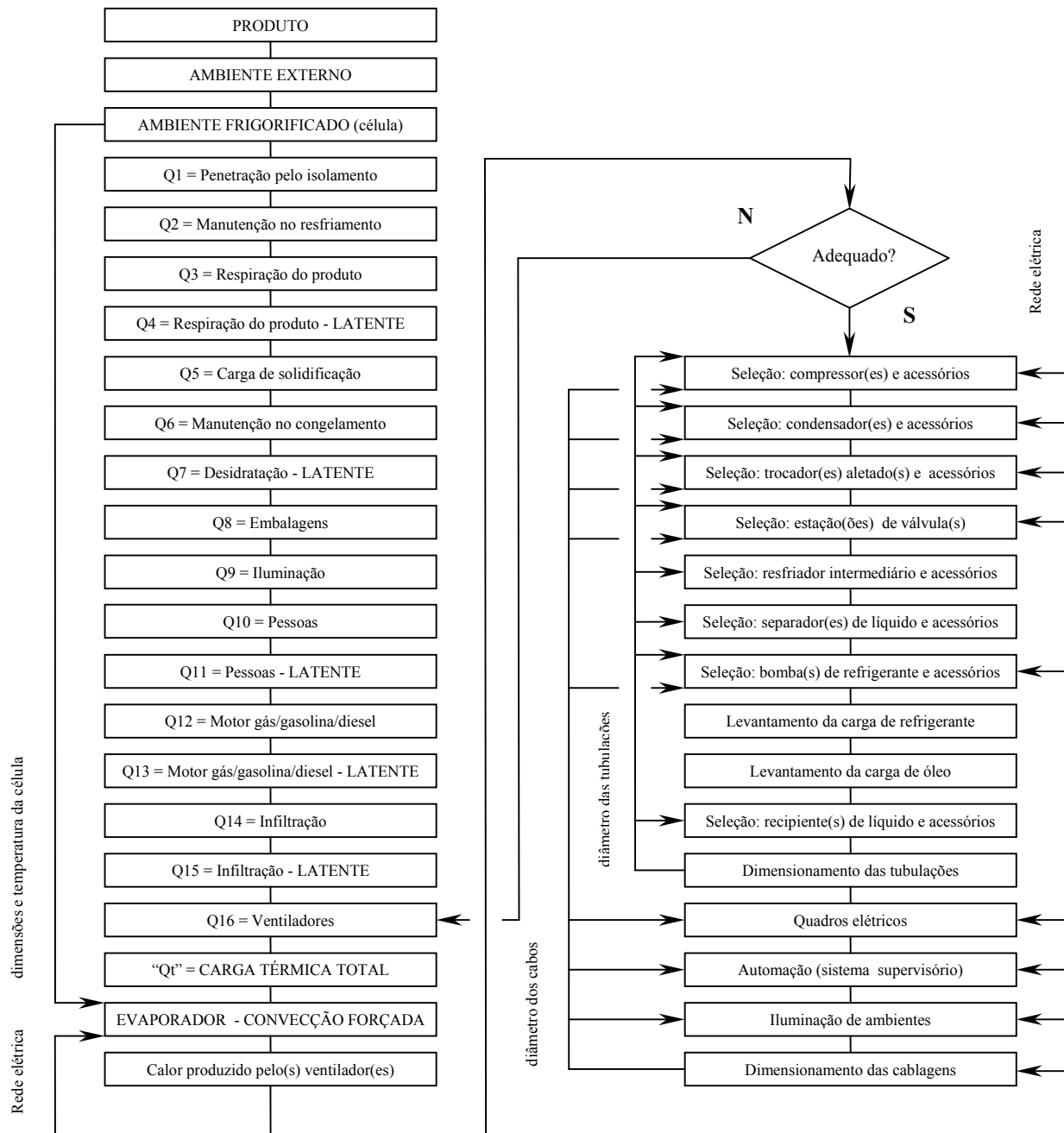


FIGURA 1 - Lógica de cálculo da carga térmica e escolha dos módulos.

2.5. Comentários finais do capítulo

A conservação dos alimentos pelo frio, representa hoje um importante meio de combate a fome e, seu emprego já era do conhecimento humano mesmo na época das mais antigas civilizações. Entretanto, durante um longo período de tempo, na realidade muitos séculos, a única utilidade que o homem encontrou foi a de refrigerar alimentos e bebidas para melhorar seu paladar.

Neste capítulo foi exposta a ciência da conservação dos alimentos pelo frio, destacando-se os conhecimentos fundamentais a serem considerados.

Nas afirmações e definições aqui apresentadas, pode-se observar que o processo é bastante complexo, e que requer a integração dos diversos conhecimentos envolvidos para que seja realizado eficazmente.

No próximo capítulo será apresentado um estudo dos princípios do projeto de produto.

3. O PROJETO DE PRODUTO

O termo projetar vem do latim *projectare*, que significa: arrojado, lançar, dirigir adiante, ou em distância. O homem vem conjugando este verbo desde o início da sua existência, desde o momento em que tomou consciência de que é capaz de mudar o seu entorno e prever as conseqüências dessas mudanças. A capacidade de criar é uma característica da sua condição humana, e vem responder a uma das suas principais necessidades: “conhecer”.

O desenvolvimento de um novo produto requer uma eficiente combinação de uma grande quantidade de informações, que incluem desde considerações sobre a forma, função e fabricação, até procedimentos organizacionais e administrativos que destacam cada processo. Para que uma empresa garanta o seu posicionamento no mercado é necessário que esteja sempre aumentando a sua competitividade. Por isto, ela deve melhorar constantemente o seu conhecimento e satisfazer de forma cada vez mais eficaz as necessidades dos clientes.

Finneston (*apud* Slack, 1996, p. 90) define projeto como sendo um processo conceitual por meio do qual algumas necessidades funcionais do ser humano, individuais ou coletivas, são satisfeitas com “o uso de um produto ou de um sistema que deriva da tradução física do conceito”. De acordo com Back (1983, p. 8), “projeto é uma idéia ou plano de alguma coisa, formulado numa configuração para comunicação e a ação”.

Iida (1995, p. 358), por sua vez, ressalta que projeto de produto é “um conjunto de atividades que leva uma empresa ao lançamento de novos produtos ou ao aperfeiçoamento daqueles existentes”.

Contrapondo-se a essa última definição, Valeriano (1998, p. 22) aprofunda suas considerações a respeito do assunto, e destaca a possibilidade de uma “confusão” que possa decorrer pela utilização indevida do termo projeto. No seu entender, muitas vezes o termo “programa” seria mais indicado, principalmente quando tiver por finalidade designar um conjunto de ações que visam a colocar e manter no mercado um determinado produto. Ferreira (1997, p. 6) dá uma definição mais ampla do termo e afirma que projetar “é idealizar algo real para satisfazer da melhor maneira possível uma necessidade”.

Como se observa, há uma diversidade de definições para o termo projeto. Mas, o que se pode depreender do posicionamento dos diversos autores pesquisados, é que em grande parte da literatura brasileira o termo está relacionado à atividade de engenharia, consistindo, entre muitas outras ações, na organização e na especificação das características de um produto, na busca de soluções de resistência de materiais ou de composições químicas. Resumidamente, pode-se dizer que o projeto de produto é uma atividade interpretativa, criativa e organizada que, por meio de fases, objetiva a transformação de necessidades em concepções de solução, sujeitas ao detalhamento, a ponto de possibilitarem a fabricação de um produto adequado.

Já o termo “*design*”, conforme destacam alguns autores como Valeriano (1998), Ferreira (1997) e Slack (1996) equivale a desenho industrial e pode, muitas vezes, ser considerado uma atividade artística. O termo é uti-

lizado para designar a atividade de criação de produtos, enfatizando os seus aspectos estéticos, estilísticos e de interface entre o produto e o usuário.

Conforme se pode verificar em French (1971), Pahl & Beitz (1988) e Ullmann (1992), na literatura inglesa, o termo “*design*” é utilizado comumente como tradução de projeto.

3.1. A solução do projetista: a natureza da atividade

Sendo o projeto, enquanto resultado, uma produção humana, a criatividade e as habilidades cognitivas do projetista desempenham um papel preponderante. O conhecimento técnico, nos domínios científicos que envolvem o objeto, representa um fator potencialmente diferenciador da qualidade do trabalho. Segundo esta abordagem, a teoria do projeto busca descrever os caminhos de ação dos projetistas apoiados em sua criatividade, experiência e conhecimento técnico-científico, para estabelecer a dinâmica de trabalho e critérios de decisão mais adequados ao problema.

Segundo Martins (2002, p. 6), “a partir da perspectiva do projetista, ou da sua equipe, o processo de projeto acontece num campo que mescla a livre criação, extremo em que projetar se assemelha a inventar, e a ação técnica disciplinada, extremo em que problema e solução estão tecnicamente dominados e consolidados em padrões/tabelas de procedimentos profissionais”.

Soluções inovadoras de engenharia surgem da inconformidade do projetista com a prática estabelecida e, assim, de pouco uso são as ferramentas que embutem as soluções-padrão. Soluções convencionadas pela

prática profissional, em contrapartida, são resultado de longa maturação dos conceitos que devem ser vistos como depositários da melhor experiência profissional.

3.1.1. A responsabilidade na elaboração do projeto

No entender de Guber (1998), no momento em que o homem iniciou a construção de objetos para produzir outros objetos, o sistema produtivo foi gerando toda maquinaria e ferramental, que não foram diretamente objetos produzidos para suprir necessidades elementares, mas como intermediários para construir, então, o “objeto-prótese”. O sistema foi se realimentando dos objetos que criava e adaptava no seu próprio mundo, produzindo os novos avanços, até atingir a última revolução tecnológica. E, assim, a contínua complexidade do sistema produtivo, tem motivado uma variedade indiscriminada dos mais diversos objetos.

Mas o vertiginoso crescimento do sistema produtivo e, paralelamente, o contínuo surgimento de novos produtos no mercado trouxeram à tona uma questão de extrema relevância: a responsabilidade quanto à segurança na utilização desses objetos. Dessa forma, três aspectos fundamentais aparecem com relação à responsabilidade dos projetistas. A primeira concerne à admissão, ou não, do risco na ação do projetista; a segunda se refere à possível responsabilidade por erros de sua parte, e a terceira, é a responsabilidade pela forma como o objeto é usado pelo consumidor.

O risco está intrinsecamente unido ao trabalho do projetista, que tem como arma fundamental a inovação. No seu trabalho, é preciso uma correta definição das tarefas a serem feitas, embora deva ser deixada uma margem

para a própria iniciativa e inovação. Para completar a sua responsabilidade plena e efetiva, o projetista deve continuar e manter o estado da arte no que respeita à indústria e à linha do produto desenvolvido, pois a sua responsabilidade fica estendida a todo o ciclo de vida do produto. Descritos os objetivos e seguindo com a metodologia, é necessário o estabelecimento de critérios de projeto; neste ponto, se especificam os métodos, técnicas, e limites que serão usados para levar a efeito os objetivos do projeto.

3.1.2. Confiabilidade no projeto

A confiabilidade é o atributo caracterizado pela probabilidade do produto cumprir sua função ao longo do ciclo de vida. Muitas vezes é confundida com qualidade, dado que tem forte relação com o padrão de desempenho do produto. De uma forma geral, a confiabilidade pode ser definida como a probabilidade de um item desempenhar uma determinada função, de forma adequada, durante um intervalo de tempo e sob condições específicas. O importante é compreender que a definição de confiabilidade deve conter quatro estruturas fundamentais ou categorias: probabilidade, comportamento adequado, período de uso e condições de uso (Dias, 1996).

O'Connor (1998) compartilha desse mesmo posicionamento e também define confiabilidade como a propriedade do objeto de cumprir as funções prefixadas. Segundo ele, para que um produto tenha confiabilidade, deve apresentar as seguintes características:

- definir requisitos realísticos do sistema: todo produto é requerido para ser operado numa certa variedade de condições ambientais, durante um certo período de tempo;

- definir o ambiente de uso do sistema: o projetista, junto com o usuário, deve especificar todas condições operacionais;
- categorizar os materiais e processos de manufatura e montagem: todos os materiais devem ser categorizados e suas características principais devem ser controladas. Tais características incluem os tipos e níveis de defeitos, como também as variações esperadas nas propriedades e as dimensões dos materiais sendo controladas no processo de manufatura e de montagem. Essas variações podem afetar significativamente o desempenho do produto ao longo do tempo;
- qualificar o processo de manufatura e montagem: todos os processos de manufatura e montagem devem ser capazes de produzir o produto. As características principais do processo devem ser identificadas, medidas e otimizadas;
- controlar os processos de fabricação e montagem: testes específicos ambientais, baseados nos itens anteriores, devem ser usados para detecção de defeitos;
- gerenciar o ciclo de vida do produto: avaliações contínuas através da retroalimentação dos dados obtidos nos diferentes testes, no projeto, na manufatura, e no contato real com os usuários, devem ser utilizados para melhorar a qualidade, a confiabilidade e os custos;
- sempre que possível, o produto deve ser simplificado: um menor número de componentes é sempre desejável para melhorar a confiabilidade do sistema.

3.2. Modelos do objeto do projeto

A complexidade do objeto condiciona a estratégia. Mesmo quando esta complexidade foi equacionada/mapeada ao longo de anos de consolidação e o volume de dados estatísticos disponíveis for alto, há uma variedade possível de estratégias, mais ou menos afeitas ao estilo do projetista e à infra-estrutura material e humana de apoio. Assim, “a representação do objeto, isto é, o Modelo do Objeto do Projeto é o referencial primeiro na racionalização do processo. Típico ou não típico o objeto do projeto deve ser uma conceituação consistente para o projetista; a partir do que se pode divisar a estratégia de ação” (Martins, 2002, p. 6).

Segundo Martins (2002), os modelos do objeto (esquemas gráfico-funcionais e/ou de representação da estrutura física do objeto, ou mesmo modelos físicos) permitem reconhecer/visualizar todas as interações físico-funcionais que envolvem o conceito de projeto. Esta possibilidade constitui um apoio considerável na análise metodológica do problema; ficam patentes as independências entre os componentes e os sistemas funcionais do objeto.

Ao longo do processo, os modelos do objeto, em nível crescente de detalhes, vão tornando mais objetivas as análises do conceito, viabilizando avaliações cada vez mais específicas, aproximando-se da caracterização plenamente aceitável e da solução a ser eventualmente implementada.

3.2.1. Processos de projeto

Na tentativa de sistematizar o processo de projeto, especialmente para objetos complexos, modelos e esquemas para a representação do objeto do produto e modelos para a representação do processo de projeto têm sido apresentados por diversos autores. Surgidas de áreas profissionais diversas, estas descrições constituem hoje uma base referencial na teorização do processo de projeto. O conceito comum que une estas investigações é o de que projetar constitui uma atividade humana, em geral com múltiplos atores e desenvolvida por equipes cooperativas.

Com muita freqüência, o problema de desenvolver uma solução na engenharia é tratado a partir de uma receita balizadora, que representa um método, cuja efetividade está garantida pela experiência “do dono do método”, em função de um histórico bem sucedido na prática profissional. Há uma variedade de modelos com diferenças de ordenamento e com denominações diversificadas para as diversas fases da atividade projetual. No entanto, como se pode observar, parece existir uma certa similaridade nos modelos de projetos de produto.

No modelo apresentado por Slack (1996), a geração do conceito constitui a primeira fase do processo de projeto, passando após pela triagem, pelo projeto preliminar, pela avaliação e adoção de melhorias, até chegar à prototipagem e ao projeto final.

Valeriano (1998) elaborou um modelo de processo de projeto que parte do estado da arte e prossegue com a identificação de necessidades, com a conceptualização, com a posterior análise da exequibilidade para, então, chegar à produção do objeto.

Iida (1995) adota um modelo mais detalhado que tem como ponto de partida a idéia que decorre de novas necessidades e de oportunidades. As especificações do produto, segundo passo do modelo por ele elaborado, decorre das exigências do mercado e de recursos da empresa. Os passos seguintes são a formulação de alternativas, a avaliação das mesmas, a construção de um modelo simplificado (construção e teste do *mock-up*) e, por fim, a construção e teste do protótipo com verificação dos parâmetros operacionais, desempenho, segurança, manutenção e custos do produto.

Ferreira (1997), entendendo que é preciso flexibilizar o roteiro para permitir maior criatividade e maior liberdade ao projetista, apresenta seguindo Pahl & Beitz, o que ele determina ser é um modelo consensual.

French (1971) apresenta diversas etapas a serem percorridas. Seu modelo prevê a ocorrência de *feedback* nas fases de projeto conceitual e desenvolvimento de esquemas, ou seja, antes do detalhamento, com o objetivo de assegurar que os esquemas estejam em conformidade com as necessidades inicialmente identificadas.

Um dos modelos atualmente mais difundidos, é o que foi elaborado por Pahl & Beitz, (1988, p. 66). Os autores destacam quatro fases principais do projeto de produto, a saber:

- esclarecimento da tarefa;
- projeto conceitual;
- projeto preliminar;
- projeto detalhado.

Conforme se pode observar na Figura 2, essas fases conduzem a etapas de desenvolvimento do produto, como à especificação, à concepção, ao leiaute preliminar e ao definitivo e, por fim, à documentação.

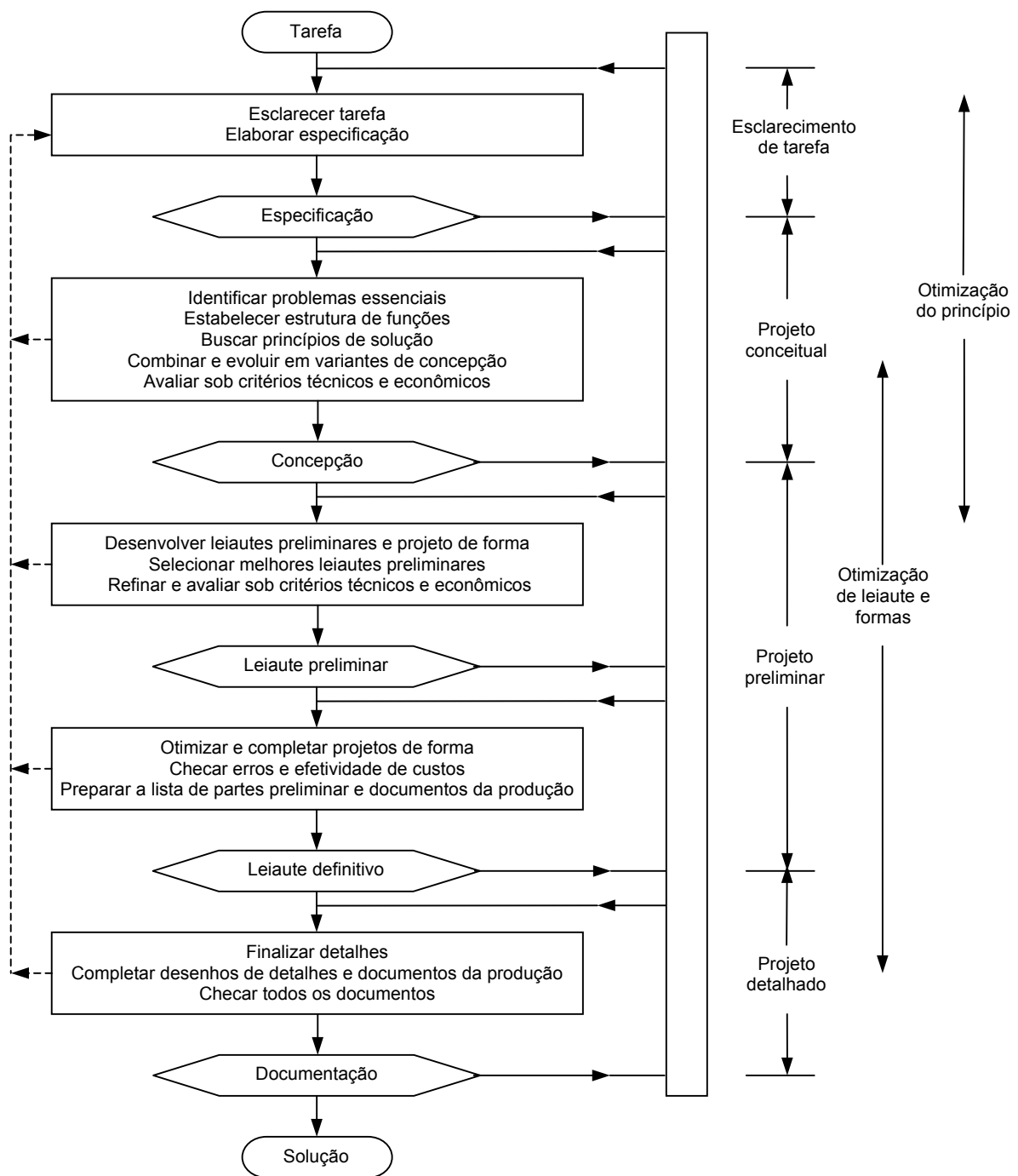


FIGURA 2 - Modelo do processo de projeto segundo Pahl & Beitz
 Fonte: Pahl & Beitz, (1988, p. 66).

3.3. Etapas fundamentais do desenvolvimento de um produto

No nascimento de um novo produto, é comum se focalizar as etapas tradicionais de projeto, propostas por Kotler (1996): geração de idéias, triagem, desenvolvimento e teste de conceito, estratégia de marketing, análise comercial, desenvolvimento de produto, teste de mercado e comercialização. Esta divisão é natural em virtude da diferença operacional das atividades em cada etapa, dos tipos de profissionais comumente envolvidos e dos setores tradicionais dentro das empresas.

Segundo Kotler (1996), quando se observa o processo de projeto de produto em sua totalidade, pode-se perceber duas etapas fundamentais diferenciadas pelo enfoque central das atividades envolvidas:

- a primeira abrange desde o planejamento estratégico da empresa, onde se estabelecem as diretrizes dos novos produtos, até o ponto em que se estabelece uma idéia bruta do produto* a ser desenvolvido. Nela predominam os esforços de busca de oportunidades de mercado;
- a segunda engloba desde a especificação dos requisitos de projeto até a produção e comercialização do produto. Nela predominam os esforços de busca por soluções técnico-econômicas.

* De acordo com Queiroz (1999), “idéia bruta é basicamente um produto imaginário que não precisa necessariamente ser técnica e economicamente viável. Mas é fruto da combinação de grande quantidade de informações técnicas, estratégicas e mercadológicas efetuadas pela mente humana e fornece as informações necessárias para iniciar o desenvolvimento técnico do produto”.

3.3.1. Geração da idéia e sua transformação em produto

A geração da idéia, segundo Baxter (1998), envolve atividades extremamente complexas para as empresas. O desenvolvimento de uma idéia bruta pode, por exemplo, se restringir a uma sessão de *brainstorm*, sendo que o restante do processo de projeto de produto pode levar vários anos. Uma idéia bruta ou um conjunto de especificações custa relativamente pouco para uma empresa, em comparação com o ciclo total de desenvolvimento de um novo produto. Ela, muitas vezes nem sequer pode ser patenteada, pois uma patente, normalmente, requer projeto técnico, ao contrário do restante do processo de produto, que normalmente requer investimentos vultosos.

Segundo Queiroz (1999), ao contrário do restante do processo de projeto de produto, que pode ser em grande parte sistematizado e controlado pela empresa, a etapa de geração de idéia depende de habilidades extremamente pessoais e imprevisíveis.

Queiroz (1999) ressalta que, a geração da idéia, entretanto, não está somente relacionada com estas habilidades. A formação técnica e científica e o domínio de informações permitem a um profissional abranger e escutar uma complexidade muito maior dos problemas que focaliza. Uma idéia, ainda, necessita de um grande envolvimento da pessoa com o problema e de uma grande motivação para resolvê-lo.

Há dois caminhos básicos para se gerar a idéia de um novo produto: no primeiro, um problema gera uma nova solução e no segundo, uma nova solução gera um problema (Barreto, 1982). No primeiro caso, a identificação de uma necessidade de consumidores pode gerar um produto através de pesquisa e desenvolvimento. No segundo caso, a pesquisa e o desenvolvi-

mento podem chegar a um resultado que permita a identificação de uma aplicação de mercado. Segundo Barreto, entretanto, em 99% dos casos, idéias de produtos surgem da identificação de necessidades de consumidores mal atendidos ou de oportunidades de mercado; o 1% restante ocorre quando se depara com algo novo e a idéia de um produto surge com a observação de um mercado potencial.

Após o trabalho de geração de idéias, existe um minucioso trabalho de triagem das mesmas, de desenvolvimento e teste do conceito, desenvolvimento de estratégia de marketing, análise comercial, desenvolvimento técnico do produto propriamente dito, teste de mercado e comercialização (Kotler, 1996).

As várias fases da transformação da idéia em produto podem ser sistematizadas e organizadas. Podem ser desenvolvidas através do uso de ferramentas apropriadas como Análise de Valor, *Quality Function Design* – QFD (Baxter, 1998). Porém, também necessitam de aptidões humanas como a criatividade, empatia e a persistência em vários de seus estágios. Muitos produtos necessitam de soluções criativas e inovadoras para serem viabilizados. As idéias, nesta etapa, estão direcionadas a algo bastante específico e necessitam de grande volume de informações e conhecimentos técnicos.

Verificam-se, portanto, algumas diferenças nas etapas do processo de projeto do produto: a primeira delas está no objetivo. A primeira etapa procura responder à pergunta: o que desenvolver? A segunda, responde à pergunta: como desenvolver? Uma segunda diferença, e talvez decorrente da primeira, é que enquanto a primeira etapa está mais relacionada com a eficácia da empresa em desenvolver inovações (desenvolver os produtos cer-

tos), a segunda está mais relacionada com a eficiência no desenvolvimento de inovações (desenvolver da melhor forma os produtos). Uma terceira diferença está no controle. Enquanto a primeira etapa está relacionada às habilidades humanas não controladas pelas organizações, a segunda está relacionada a conhecimento e tecnologia, que podem ser, em grande parte, sistematizados e controlados pela empresa.

Ao comparar as duas etapas de projeto do produto observa-se, então, que a geração de idéias é a verdadeira semente da inovação dentro da empresa. É desta etapa que surgem as idéias mais fundamentais para a diferenciação de produtos no mercado (Queiroz, 1999).

3.4. Metodologia de projeto

Segundo Yoshikawa (1989), as diferentes metodologias utilizadas no desenvolvimento de produtos industriais podem ser classificadas em cinco grupos representados por escolas ou linhas: a escola semântica, a escola sintática, a escola historicista, a escola psicológica e a escola filosófica.

Na escola semântica é considerado que em máquinas, equipamentos e aparelhos somente podem existir fluxos de energia, de material e de sinal ou informação. Portanto, todo sistema técnico pode ser representado pela transformação destes fluxos desde a entrada até a saída. Essa transformação se dá pela funcionalidade do sistema técnico. A responsável por esta transformação é a seqüência de funções e de sub-funções. A função global do sistema técnico é subdividida em estrutura de sub-funções mais simples, para melhor identificação dos fenômenos físicos que realizam as transfor-

mações desejadas. Uma das características mais relevantes da escola semântica é a possibilidade da catalogação de efeitos físicos que servirão para materializar os princípios de solução necessários para a geração das funções técnicas.

Na escola sintática, a preocupação maior é relativa aos aspectos de procedimento do projetista do que com os objetivos próprios do projeto. O processo inicia-se com o estudo da origem do desenvolvimento do produto, até a elaboração final do projeto detalhado, passando por todos os passos inerentes ao desenvolvimento, sendo estes de trabalho ou de decisão. Cada passo de trabalho tem associada uma saída de informação, e em cada passo de decisão determina-se se o processo deve continuar ou se é necessário repetir o passo do trabalho anterior. O processo termina com a elaboração da documentação do produto pronto para fabricação.

Segundo Yoshikawa (1989), as escolas semântica e sintática não são divergentes em suas abordagens, mas sim complementares. A primeira evidencia os aspectos estáticos do projeto, enquanto a segunda, os aspectos dinâmicos. A combinação destas duas em uma só metodologia foi proposta por Pahl & Beitz (1988).

Na escola historicista, enfatiza-se a importância do conhecimento disponível sobre determinado assunto em estudo, utilizando-se destas informações para a melhoria do projeto. Portanto, segundo esta escola, o projetista deveria ter à sua disposição todas as informações a respeito do assunto, o que torna esta tarefa pouco prática e difícil de ser realizada.

As escolas psicológica e filosófica estão mais dirigidas ao processo de projeto. A primeira preocupa-se mais com a criatividade durante o processo, e a segunda com os aspectos do pensamento humano.

Para desenvolver um produto, evidentemente, deve-se considerar vários atributos: confiabilidade, manutenibilidade, fatores humanos, segurança, disponibilidade, montabilidade, logística, fatores econômicos, entre outros. A gestão dos vários atributos requeridos para o projeto de um produto, desde as primeiras etapas e fases de seu desenvolvimento, deve ser feita de forma a balancear todos os atributos, segundo as exigências de mercado, de normas, de legislação e das estratégias necessárias para o sucesso do empreendimento.

De acordo com Dias (2002, p.1),

Para garantir a confiabilidade requerida ao longo do ciclo de vida deve-se, já nas primeiras etapas, definir as métricas a serem consideradas. Contudo, é no processo de projeto, que se implementa o conjunto de variáveis definidas nas etapas anteriores: planejamento do negócio e do produto. Entende-se, que para fazer todas essas considerações durante o projeto do produto, os agentes que desenvolvem o processo de projeto precisam conhecer, detalhadamente, todos os aspectos associados com o atributo de confiabilidade como por exemplo: a definição de confiabilidade, o significado dos termos que a constituem e como estão inter-relacionados com as várias fases do processo de projeto, com as medidas de confiabilidade, modelos confiabilísticos e representação matemática.

O ciclo de vida do produto compreende um conjunto de etapas que, resumidamente, podem ser classificadas em: necessidades do mercado, planejamento do produto, processo de projeto, produção, consumo e descarte. Vários são os atributos que devem ser considerados no desenvolvimento do produto para o ciclo de vida. Alguns são importantes em determinadas etapas do ciclo ou em algumas fases de cada etapa. A confiabilidade, particularmente, é um atributo que deve ser considerado em todas as etapas do ciclo de vida.

O processo de projeto, segundo Back/Forcellini (1997), Ogliari (1999) e Fonseca (2000), pode ser definido como um conjunto de atividades de síntese e de análise que se desenvolve, basicamente, em quatro fases: fase informacional, onde são sintetizadas as informações; fase conceitual, onde se gera o conceito ou conceitos relativos ao produto; fase preliminar, que avalia o conceito gerado e produz análise preliminar e a fase detalhada, onde é definida toda a informação necessária para as etapas de fabricação e uso/descarte.

A seguir, estão descritas as principais características de cada uma das fases principais do projeto.

3.4.1. Projeto informacional

Não sendo essa uma etapa considerada projetiva em sua atividade, ela serve de ponto de partida para uma investigação e identificação dos problemas. É uma problematização. Nesse momento, uma necessidade é interpretada e avaliada de acordo com critérios preestabelecidos (Slack, 1996), resultando problemas a serem solucionados. A origem dos problemas ou os “problemas essenciais” (Pahl & Beitz, 1988, p. 66) pode ser melhor identificado se for efetuada também uma análise que contemple elementos do universo onde a necessidade foi identificada. Com base nas informações obtidas, elabora-se a declaração das especificações de projeto, que informam ao projetista os conceitos ou as características necessárias ao produto.

No projeto informacional podem ser utilizadas mais de uma linguagem, como a semântica e a gráfica; embora não se descarte a possibilidade de utilização de tabelas, gráficos, maquetes e de ferramentas como o

Quality Function Deployment - QFD que auxilia na conversão das necessidades do consumidor (qualitativas) em requisitos de projeto (técnicas, quantitativas) priorizados. Isso significa que a utilização das linguagens no projeto informacional não obedece a um esquema inflexível, mas que pode variar com a finalidade de proporcionar um melhor entendimento.

3.4.2. Projeto conceitual

Utilizando as especificações de projeto resultantes, o projetista inicia a abstração intelectual a fim de gerar soluções para os problemas essenciais. Segundo Ferreira (1997), o conjunto de soluções, que tanto pode ser apresentado na forma de textos explicativos como também na de desenhos ou esquemas, é denominado de “concepção”.

Por terem uma estreita ligação com o esclarecimento da tarefa, os esboços e esquemas do projeto conceitual normalmente são apresentados com pouco rigor no detalhamento dimensional, porém com grande densidade de conteúdo conceitual. Diz nos Baxter (1998, p. 9), que dependendo do produto, pode ocorrer já no projeto conceitual a geração de alternativas de concepção, que serão analisadas e filtradas de acordo com restrições técnicas e econômicas nas fases de projeto preliminar e projeto detalhado.

Um projeto de produto pode ser apresentado das mais diferentes formas, ou linguagens, conforme destaca Ullmann (1992): linguagem semântica, predominante nessa fase e constituída de textos explicativos; linguagem analítica, caracterizada por fórmulas matemáticas, matrizes, tabelas e gráficos; linguagem física, aí compreendidos os modelos funcionais, os protótipos e as maquetes e, ainda, a linguagem gráfica, por meio de dese-

nhos, esquemas e brochura.

French (1971, p. 3) destaca a importância da fase do projeto conceitual, destacando que é nessa fase que “a ciência de engenharia, conhecimento prático, métodos de produção e aspectos comerciais necessitam ser trazidos à tona, onde as mais importantes decisões são tomadas”.

3.4.3. Projeto preliminar e projeto detalhado

O projeto preliminar de um produto começa a ser desenvolvido logo após ter sido definida a concepção mais adequada para o mesmo, observando-se maior rigorismo durante essa fase. O projeto pode receber aprimoramentos, aumentando-se o grau de objetividade na medida em que se avança rumo ao projeto detalhado. Empregam-se, preferentemente, as linguagens analítica e física com utilização intensa da matemática para o dimensionamento do produto. No desempenho dessa tarefa, segundo destacam Davies *et alii* (1991), os profissionais contam com um poderoso auxiliar: a ferramenta *Computer Aided Design - CAD*.

A fase de detalhamento do projeto é constituída pelo desenvolvimento do projeto preliminar até que este esteja devidamente “formatado em desenhos técnicos normatizados”. Segundo Ferreira (1997), para a elaboração do protótipo, para a realização dos testes e para a industrialização do produto, é necessário que haja uma série de informações seguras. Assim, devem ser especificados todos os componentes do produto, os materiais necessários, os processos de manutenção, as formas de acondicionamento, os meios de transporte a serem utilizados e, inclusive, os custos de produção.

Com essa finalidade, utiliza-se largamente a linguagem analítica no

projeto detalhado. Nessa fase, a linguagem física é utilizada como forma de ilustração da concepção, para os testes e para a confecção do protótipo.

3.5. Importância estratégica

Ulmann (1992) ressalta que há cerca de duas décadas o projeto de produto passou a receber maior atenção da indústria. Isso se deve, em grande parte, à difusão de informações generalizadas de que o projeto de um produto é responsável por aproximadamente 80% do seu custo, embora essa atividade, isoladamente, tenha um peso relativamente baixo no custo final do produto. Segundo Slack (1996), é a atividade projetual que determina quais as dimensões do produto, quais os materiais que serão utilizados na sua execução, os processos de transformação pelos quais terá que passar e, ainda, o tempo de trabalho e a complexidade das tarefas necessárias à sua montagem.

Na produção em larga escala as especificações de um produto podem ser determinadas por meio da realização de testes e ensaios, sendo relevantes, dessa forma, os cuidados com a exatidão dos desenhos técnicos, da documentação e dos gabaritos para controle de qualidade do produto durante a sua execução. Para a produção unitária, o maior desafio parece ser atingir o objetivo inicialmente estipulado, pois, nesse caso, normalmente não é possível construir e testar um protótipo, assim, exige-se maior investimento em simulação prévia, no projeto informacional, e preliminar por exemplo. Vê-se, portanto, que as exigências quanto às especificações e

critérios de projeto são diferentes em função das quantidades a serem produzidas.

Slack (1996, p. 99) ressalta que “a atividade intelectual é marcada por vários processos decisórios e que alguns deles podem ocorrer de forma intuitiva e imperceptível desde o início do projeto”. Daí porque, segundo ele, faz-se necessário estabelecer, inicialmente, alguns critérios a serem considerados na elaboração do projeto, de tal forma que a atividade do projetista tenha como sustentação avaliações claras, perfeitamente definidas e devidamente contextualizadas. De acordo com o referido autor, os critérios normalmente envolvidos na atividade projetual podem ser agrupados em três categorias: viabilidade produtiva e econômica, aceitabilidade mercadológica e vulnerabilidade.

Como a própria denominação indica, os critérios de viabilidade produtiva e econômica compreendem o grau de dificuldade na execução do projeto e o montante do investimento exigido para isso. Já os critérios de aceitabilidade referem-se à maior ou menor adequação do objeto aos seus objetivos, enquanto os de vulnerabilidade estão relacionados à avaliação do projetista quanto à possibilidade de funcionamento do objeto.

3.6. Reprojeto de produtos

O ritmo acelerado da economia atual obriga as empresas a manterem atualizados e competitivos seus produtos no mercado. Para alcançar este resultado, os produtos têm que ser constantemente melhorados. Isto faz com que os projetos, na maioria dos casos, sejam de melhorias de um pro-

duto já existente. Porém, esta atividade não pode ser unicamente intuitiva, dependendo apenas do empirismo, devendo ser realizada através de uma metodologia sistematizada que oriente o trabalho do projetista, desde a identificação do problema até o projeto final do produto, oferecendo maiores possibilidades de sucesso.

O reprojeto tem início quando o produto ou processo precisa ser melhorado ou otimizado. Este pode acontecer dentro do processo de projeto por não terem sido satisfeitos todos os requisitos de projeto, ou também, em produtos que já estão no mercado, como forma de aumentar o seu ciclo de vida. As razões determinantes dessas modificações podem ser muitas, como por exemplo: melhorar a capacidade do produto, otimizar o equipamento, reduzir o custo de produção, aumentar a segurança, etc. Qualquer que seja o motivo busca-se atender às necessidades humanas, sejam elas novas ou não. Outro motivo pode ser quando se pretende aumentar a longevidade do produto no mercado, seja por estar sob o risco de ficar obsoleto, seja para atingir novos mercados, para aumentar as suas vendas ou porque os requisitos de projeto sofrem alteração com o tempo. Nestes casos, um reprojeto dirigido à redução de custos pode ser utilizado.

Conforme ressalta Bardasz (1990), a maioria das atividades dos projetos mecânicos é reprojeto de produtos existentes, adequados a uma nova problemática. Pahl & Beitz (1988) destacam que, na indústria alemã de engenharia mecânica, 55% dos projetos são adaptativos, isto é, adaptam um sistema conhecido a uma mudança de tarefas e 20% dos projetos são de variação de suas medidas e/ou de sua configuração. Ambos os projetos, de adaptação ou de variação, são reprojeto de produtos existentes que reúnem novas especificações de produtos.

Oakley, (*apud* Bonsiepe, 1993), afirma que, em 99% dos casos, um produto novo é, em maior ou menor proporção, derivado de um produto existente e, portanto, é um reprojeto. De acordo com o referido autor, “reprojeto é parte de um processo evolutivo no qual um produto existente é submetido a uma reavaliação para melhorar seus aspectos funcionais, de uso, aparência e produção”.

Figgie (1986) considera, mantendo o desempenho, uma ótima performance quando o processo de reprojeto resulta na redução de 50% dos custos de um produto, uma performance média quando a redução é de 30% e uma performance insuficiente quando a redução atinge apenas 10%.

Quando se trata de um reprojeto para aumentar a segurança de um produto, pode-se buscar apoio através da ergonomia, da psicologia ou em normas de segurança do trabalho. Uma vez detectada a necessidade, este tipo de melhoria deve ser feito o mais rápido possível, pois, em caso contrário, pode-se afetar a integridade física do usuário (Figgie, 1986).

3.7. Sistemas modulares

Entre as diversas metodologias, usou-se a Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, desenvolvida por Maribondo (2000).

Segundo Silva (1980), um **sistema** pode ser considerado “uma reunião ou a combinação de partes reunidas para formarem um conjunto”, ou ainda, “é um plano, um método, uma combinação de meios, de processos destinados a produzir certo resultado”.

Já a palavra “**modulares**” é um adjetivo relativo a “**módulo**”, que quer dizer: “unidade (de mobiliário, de material de construção, etc.) planejada segundo determinadas proporções e destinadas a reunir-se ou ajustar-se a outras unidades análogas, de várias maneiras, formando um todo homogêneo e funcional”(Ferreira, 1986).

De acordo com Maribondo (2000, p. 10), “o termo sistemas modulares se refere a uma técnica de projeto utilizada pela indústria destinada a criar uma variedade de produtos finais a partir da combinação de um grupo de componentes intercambiáveis, funcionalmente independentes entre si, denominados de módulos”.

A célula frigorífica é composta por vários módulos (componentes básicos), divididos em dois grandes grupos: o isolamento térmico e o equipamento de geração de frio (Figura 3).

Assim, podemos observar no fluxograma básico de um equipamento de geração de frio do tipo distante (Figura 4), os sistemas combinados entre si. No exemplo, os módulos compreendem:

- os compressores;
- o condensador;
- o recipiente de líquido;
- o purgador de incondensáveis;
- o resfriador intermediário;
- o separador de líquido;
- as bombas de circulação de refrigerante;
- o trocador de calor (evaporador);

- os componentes de controle, bloqueio e interligação.

A partir daí, combinando-se tais módulos, é possível obter vários modelos de equipamentos.

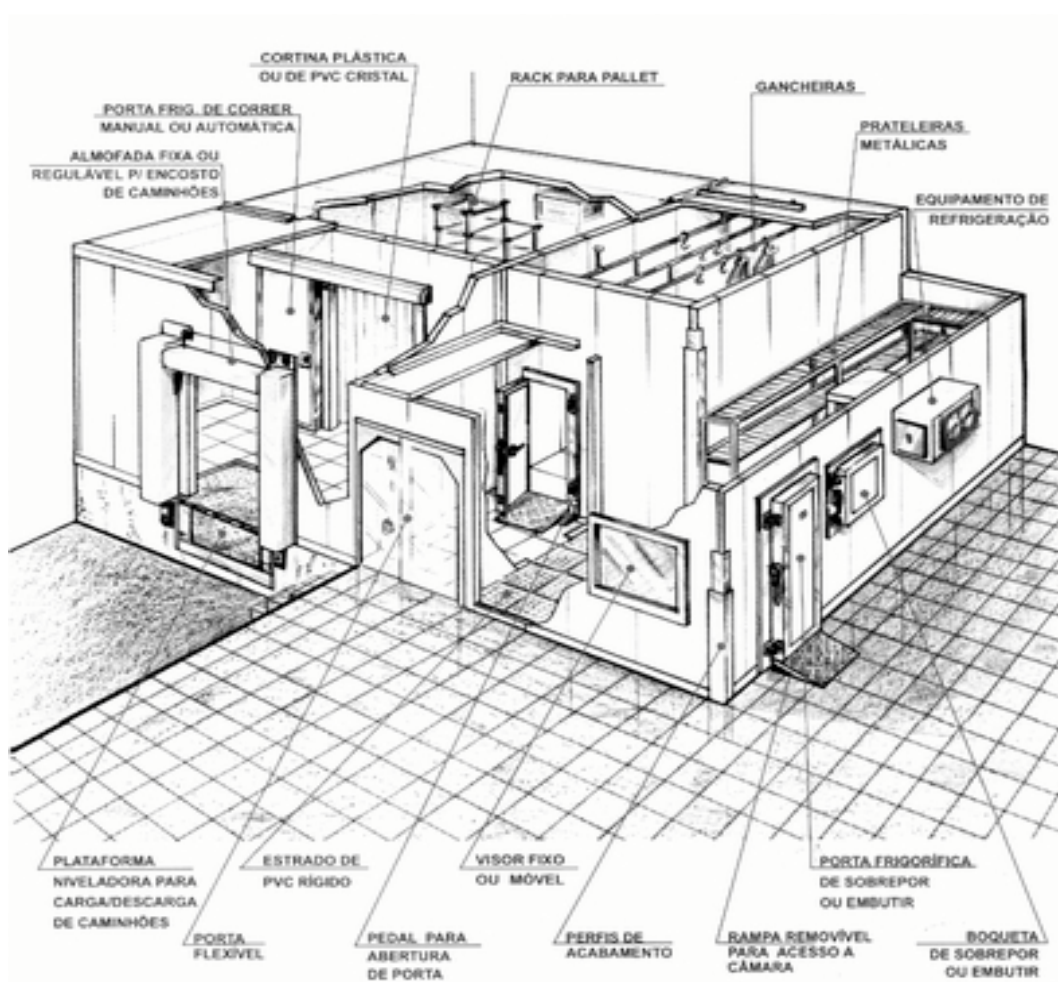


FIGURA 3 – Exemplo de módulos em uma célula frigorífica
Fonte: Thermofibra Industrial Ltda.

Pode-se perceber a importância dessa técnica de projeto para as indústrias, afinal, com poucos módulos é possível oferecer, aos clientes, uma família de produtos, que atendem a diferentes capacidades e a diferentes características operacionais.

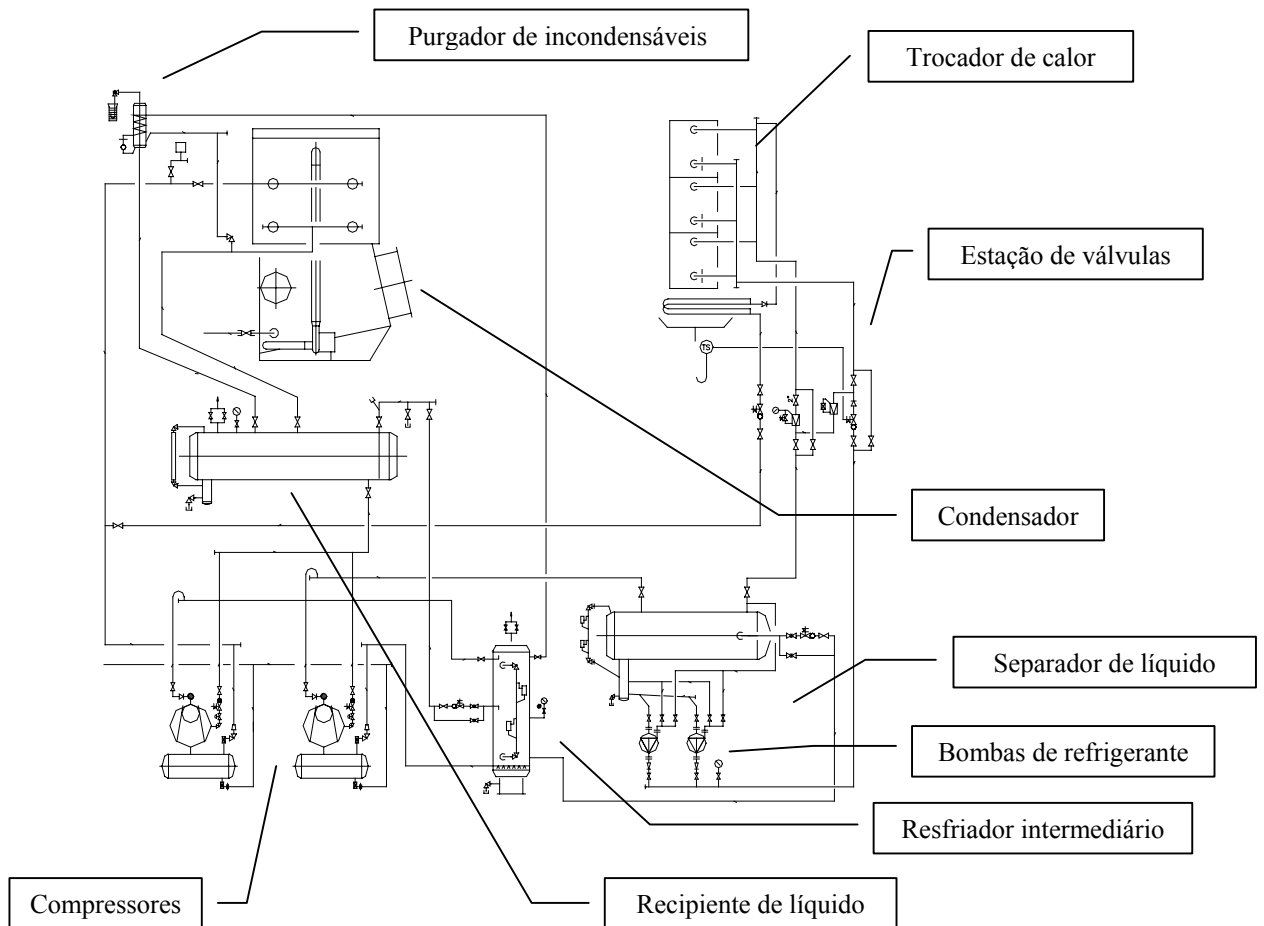
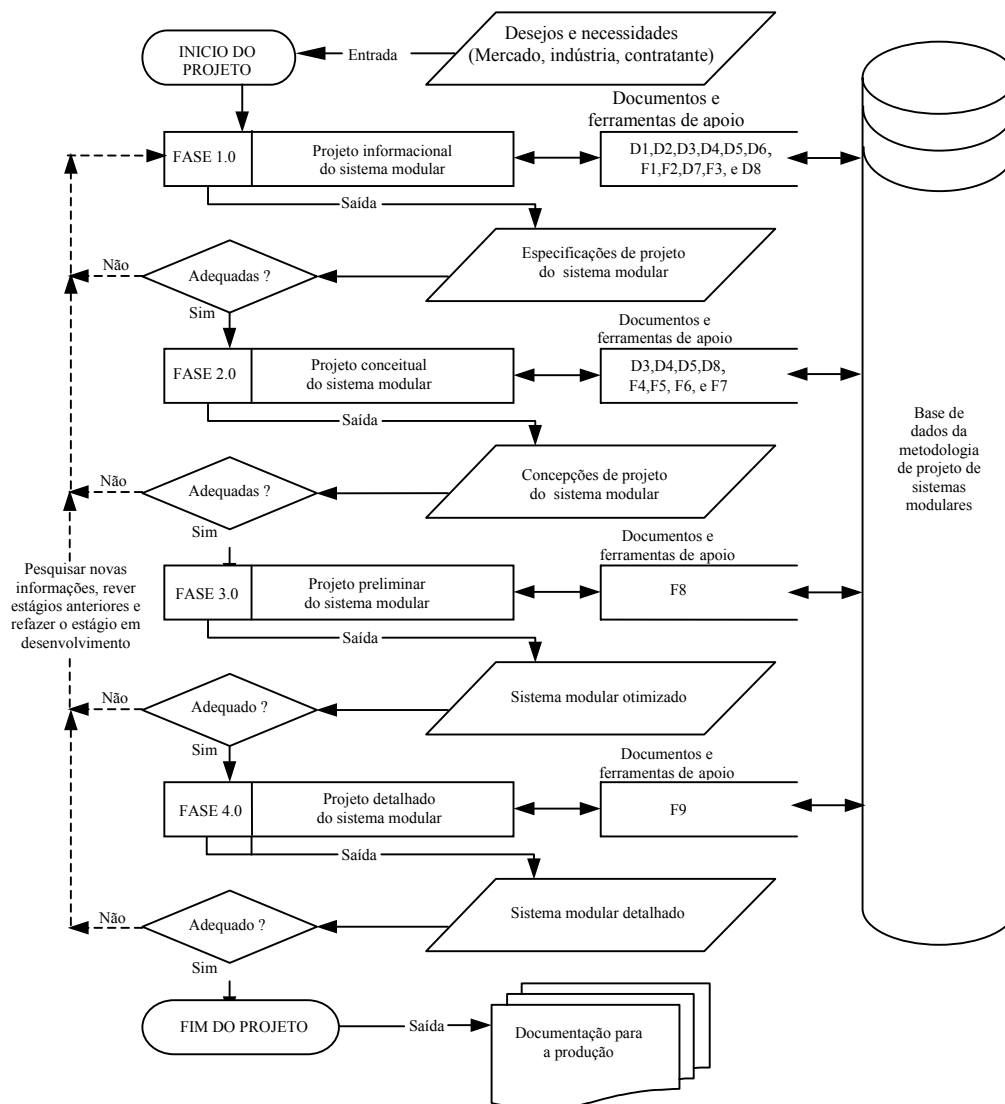


FIGURA 4 - Fluxograma básico do equipamento de geração de frio

3.7.1. Morfologia do processo de projeto de sistemas modulares

O processo de projeto de sistemas modulares, como a maioria dos processos de projeto, é representado por um diagrama de fluxo (Figura 5).



LEGENDA

D1 – Ordem de serviço.	D8 – Quadro de especificações de projeto do sistema modular.
D2 – Ciclo de vida dos produtos.	F4 – Síntese funcional do sistema modular.
D3 – Catálogo de informações técnicas.	F5 – Gerador dos módulos construtivos.
D4 – Formulário de identificação de oportunidades.	F6 – Matriz de concepção do sistema modular.
D5 – Definição do problema de projeto.	F7 – Avaliador das concepções construtivas do sistema modular.
D6 – Questionários estruturados.	F8 – Catálogos técnicos; ferramentas de modelamento, otimização, gerenciamento de riscos, estimativa de custos e bancos de dados normativos.
F1 – Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto.	F9 – Ferramentas computacionais de auxílio ao desenho, ao cálculo do custo do sistema modular e de verificação dos resultados obtidos.
F2 – Análise dos produtos concorrentes.	
D7 – Lista dos requisitos de projeto do sistema modular.	
F3 – Matriz da casa da qualidade.	

FIGURA 5 – Fluxo geral da metodologia de projeto de sistemas modulares
Fonte: Maribondo (2000).

Segundo Maribondo (2000, p. 53),

A intenção com este modelo é orientar tal equipe a sair do campo das idéias (campo abstrato) para ir em direção ao campo físico (campo concreto), através de um processo de coleta e transformação de informações, que culminará em prescrições de engenharia e, conseqüentemente, em informações úteis para o desenvolvimento desse tema de projeto (sistemas modulares).

A forma “*top-down*” (de cima para baixo) de apresentação deste modelo é utilizada para uma melhor visualização das ações a serem desenvolvidas pela equipe de projeto. No entanto, as tarefas de cada fase não precisam ser obrigatoriamente desenvolvidas “*top-down*”, isto é, muitas delas podem ser desenvolvidas de forma simultânea.

Como se pode ver, o modelo é composto por vários estágios principais, chamados de Fases, as quais serão posteriormente desdobradas em Etapas, e estas em Tarefas.

As Fases correspondem aos estágios mais abrangentes do processo de projeto. Apresentam um alto grau de abstração para o desenvolvimento do problema, principalmente devido à abrangência de seus objetivos. Seriam as “missões principais”.

Por outro lado, as Etapas compreendem cada um dos estágios em que se pode dividir o desenvolvimento de uma fase. Apresentam um nível de abstração menor do que o das fases, permitindo com isso uma melhor visualização do problema em estudo. Seriam as “ações mais realizáveis”.

Já as Tarefas compreendem cada um dos estágios em que se pode dividir o desenvolvimento de uma etapa. Seu maior objetivo é reduzir o nível de complexidade das informações contidas nas etapas. Seriam as “ações específicas”.

3.7.2. Início do projeto

Sabe-se que “o início de qualquer projeto de engenharia é realizado a partir da existência de desejos e de necessidades reais ou latentes, oriundos do mercado, da indústria ou de um contratante. O resultado final pode ser um ou vários produtos destinados a suprir tais desejos e necessidades” (Maribondo, 2000, p. 55).

Para se alcançar o resultado final desejado, uma boa definição do problema de projeto em questão é de suma importância. Sendo assim, a primeira das atividades de projeto a ser desenvolvida será o estabelecimento do objetivo geral e das respectivas metas de projeto para o problema em estudo. Para isto, realizam-se entrevistas preliminares junto ao mercado, indústria ou ao contratante do projeto.

As informações preliminares são muito importantes no desenvolvimento do projeto, pois elas poderão definir os tipos e as características do projeto e conseqüentemente dos produtos a serem fabricados e comercializados.

Esgotadas as entrevistas preliminares, define-se também de forma preliminar o problema de projeto a ser resolvido, ou seja, elabora-se um texto contendo de forma breve o objetivo e as metas de projeto a serem atingidas. Este texto representará a declaração do escopo do projeto, de modo que todas as atividades realizadas terão como objetivo atender tal missão.

A missão do projeto deverá ser revisada e melhorada a partir do surgimento de novas informações.

3.7.3. FASE 1.0: Projeto informacional do sistema modular

Segundo Maribondo (2000, p. 56),

O objetivo desta fase é oferecer um roteiro destinado a auxiliar a equipe de projeto a esclarecer o problema apresentado, com o intuito de apoiá-la no processo de tomada de decisão, visando dois aspectos a saber: 1) definir o problema de projeto em estudo e 2) estabelecer as especificações de projeto para o desenvolvimento do problema.

O primeiro desses aspectos é obtido através de uma série de atividades que se iniciam com entrevistas preliminares com os contratantes do projeto, e culminam com a escolha do tipo de projeto que será desenvolvido. O segundo, através do estabelecimento e hierarquização dos requisitos de projeto para o tipo de problema apresentado.

Em suma, as seguintes atividades se destacam:

- pesquisar informações sobre o tema de projeto;
- definir o problema de projeto;
- identificar os desejos e necessidades dos clientes e usuários do sistema modular;
- estabelecer os requisitos dos clientes do projeto;
- estabelecer os requisitos de projeto do sistema modular;
- analisar, caso existam, os sistemas concorrentes;
- hierarquização dos requisitos de projeto do sistema modular;
- estabelecer as especificações de projeto do sistema modular.

O roteiro desta Fase é mostrado na Figura 6. Nela pode-se ver o desdobramento em Etapas e essas em Tarefas, sendo que para a realização das tarefas são apresentados documentos e ferramentas de apoio que auxiliam a equipe de projeto na tomada de decisões. No Quadro 1 é mostrado um resumo das “Etapas” contidas nesta “Fase”.

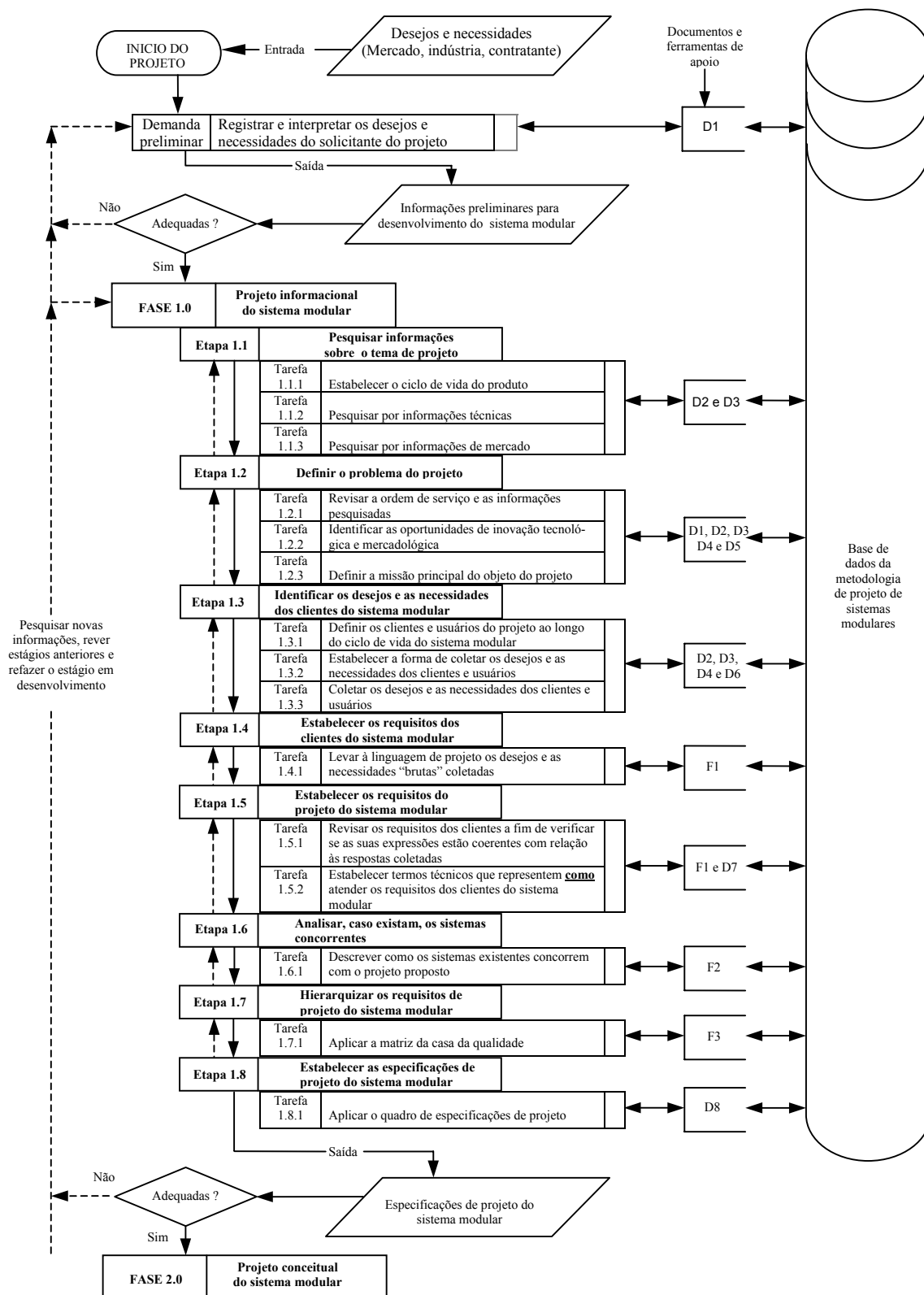


FIGURA 6 – Fluxo do projeto informacional do sistema modular
 Fonte: Maribondo (2000).

QUADRO 1 – Etapas do projeto informacional do sistema modular

ETAPA	OBJETIVO	ENTRADAS	SAÍDAS	FERRAMENTAS E/OU DOCUMENTOS DE APOIO	PROBLEMAS QUE PODEM OCORRER
Início do Projeto		Desejos e necessidades do contratante do projeto.	Informações preliminares para o desenvolvimento do sistema modular.	D1 - Ordem de serviço.	O contratante pode fornecer informações incompletas sobre o problema de projeto; A equipe de projeto pode ter dificuldades para registrar e interpretar o pedido de projeto.
1.1	Coletar informações que auxiliem os projetistas a conhecerem melhor o problema de projeto.	Interpretações das informações registradas na Ordem de Serviço.	Informações úteis à definição do problema de projeto.	D2 – Ciclo de vida do produto; D3 – Catálogo de informações técnicas.	Falta de informações para o preenchimento de todas as lacunas existentes nos documentos de apoio; Necessidade de ampliação dos prazos para obtenção das informações necessárias ao entendimento do problema de projeto e em outros casos, o grande número de informações.
1.2	Desenvolver ações com o intuito de estabelecer a missão principal e as metas específicas de projeto.	Informações sobre o ciclo de vida do produto; Produtos concorrentes; Características destes produtos concorrentes, e demais informações técnicas e econômicas sobre os mesmos.	Objetivo e metas a serem atingidas com o desenvolvimento do projeto.	D1 - Ordem de serviço; D2 – Ciclo de vida do produto; D3 – Catálogo de informações técnicas; D4 – Formulário de identificação de oportunidades; D5- Definição do problema de projeto.	As informações obtidas para a identificação das oportunidades e, conseqüentemente, para a definição do problema são insuficientes. Com isto a equipe tem que retornar à etapa anterior a fim de complementar tais informações.
1.3	Desenvolver ações visando identificar o que os clientes do projeto desejam e/ou necessitam.	Objetivo e metas a serem atingidas com o desenvolvimento do projeto do sistema modular.	Lista de desejos e necessidades dos clientes do projeto.	D2 – Ciclo de vida do produto; D3 – Catálogo de informações técnicas; D4 – Formulário de identificação de oportunidades; D6 – Questionários estruturados.	Baixa taxa de retorno dos questionários; Dificuldades para entrevistar os clientes do projeto; Necessidade de tempos maiores para a organizar de forma lógica as respostas, caso seja utilizado um questionário com muitas questões abertas.
1.4	Desenvolver esforços visando traduzir as declarações dos clientes do projeto, muitas vezes na sua forma bruta, em informações mais adequadas ao desenvolvimento do sistema modular.	Lista de desejos e necessidades dos clientes do projeto.	Requisitos dos clientes do projeto.	F1 – Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto.	Interpretações variadas para uma mesma resposta; Dificuldades em valorar e justificar a valoração do requisito do cliente.
1.5	Desenvolver ações visando interpretar os requisitos dos clientes do projeto.	Requisitos dos clientes do projeto (Os QUE 's).	Requisitos dos clientes do projeto (Os COMO 's).	F1 – Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto; D7 – Lista de requisitos de projeto para o desenvolvimento de sistemas modulares.	Interpretações variadas para uma mesma resposta; Dificuldades em valorar e justificar a valoração do requisito do cliente.
1.6	Desenvolver ações visando analisar os sistemas concorrentes frente ao sistema modular em desenvolvimento.	Requisitos dos clientes do projeto (Os QUE 's); Sistemas que concorrem com o sistema em desenvolvimento.	Sistema concorrente a ser superado; Parâmetros competitivos a serem vencidos ou melhorados.	F2 – Análise dos produtos concorrentes.	A falta de informações necessárias para se efetuar os relacionamentos exigidos.
1.7	Desenvolver ações visando relacionar os QUE 's versus os COMO 's a fim de efetuar uma classificação, por grau de importância, dos requisitos de projeto.	Requisitos dos clientes do projeto (Os QUE 's); Requisitos dos clientes do projeto (Os COMO 's).	Requisitos de projeto classificados em grau de importância.	F3 – Matriz da Casa da qualidade.	Número de relacionamento muito grande por falta de otimização dos QUE 's e COMO 's.
1.8	Desenvolver ações visando descrever de forma minuciosa como cada requisito de projeto deve ser atendido.	Requisitos de projeto classificados em grau de importância.	Requisitos de projeto especificados para atender o sistema modular.	D8 – Quadro de especificações de projeto.	Falta de informações necessárias à equipe de projeto, causando uma especificação inadequada dos requisitos.

Recomendações: - Na Etapa 1.1, os documentos de apoio D2 e D3 deverão ser utilizados simultaneamente para otimizar os tempos de desenvolvimento do projeto.

- Na Etapa 1.2 documentos D1, D2 e D3 servirão de base para o preenchimento dos documentos D4 e D5, e estes deverão ser usados em série, isto é, primeiro preencher o D4 e após o D5.

3.8. Comentários finais do capítulo

Neste capítulo foi exposto um estudo dos princípios do projeto de produto, obtendo-se um melhor entendimento,

Após, uma visão geral dos processos de projeto, segundo diversos autores; finalizando-se com a metodologia desenvolvida por Maribondo (2000), alvo de estudo.

No próximo capítulo será apresentado um estudo de caso, estudando a Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares.

4. ESTUDO DE CASO

Apresentamos neste capítulo as informações referentes ao estudo de caso envolvendo o projeto informacional, visando um sistema modular para um equipamento de geração de frio* de uma célula frigorífica (Figura 4), evitando o superdimensionamento das necessidades.

O seguinte trabalho consiste no aspecto básico a saber:

- Estudar a Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, ferramenta desenvolvida Maribondo (2000); limitando na aplicação da Fase 1.0 - Projeto Informacional do Sistema Modular (Figura 6).

4.1. Problema de projeto

Em minha opinião, analisando projetos de equipamentos de geração de frio, atualmente em operação, é possível constatar que muitos são usados sem a preocupação do gerenciamento operacional.

Hoje, o fundamento da eficiência energética dos equipamentos de geração de frio está na seleção dos mesmos; e não na utilização em acordo com o plano operacional de concepção pela produção, o usuário final.

* Na grande maioria são projetos especiais, executados uma única vez, divergindo nos critérios de capacidade, concepção e operação.

Entre os aspectos apurados que levam os projetos a tais situações, a otimização* do uso do frio na produção é a causa principal. Tais projetos são concebidos, na totalidade, para serem projetos únicos, o que implica num estudo mais aprofundado; são projetos que não permitem a livre flexibilização (usos não previstos) de utilização da célula frigorífica, ou seja, estes projetos são oferecidos com arquitetura física fechada, tendo um limite máximo e mínimo de produção.

Percebe-se que os usuários destas unidades devem estar cientes das restrições de projeto, para avaliar qual seria a melhor condição operacional disponível. Este fato pode ser um dos motivos que explicam o porquê de tantos projetos se encontrarem em situações deficientes e com grande demanda energética.

Baseado no exposto, o problema de projeto proposto para este estudo de caso constitui-se em conhecer as variáveis segundo a demanda da célula em estudo, para que, dentro das possibilidades, sejam tomadas as devidas precauções na melhor definição do projeto conceitual. Entende-se por célula o ambiente frigorificado onde será realizada a operação afim, quer seja: resfriamento, congelamento ou manutenção, assegurando as variáveis psicrométricas e as condições do ar, valores aceitáveis segundo padrões necessários.

* A Gerência de Produção está submetida aos mandos do mercado consumidor; devendo ser constantemente adequada à novos mercados, novas tendências e a escalas de produção cada vez maior. Isto gera adequações às linhas de produção, sem muitas vezes observar se o equipamento de geração de frio concebido suporta tal flexibilização. Por outro lado, não se pode durante a concepção do projeto, superdimensioná-lo pois o investimento inicial e o consumo energético operacional são grandes.

A seguir, descrevem-se os procedimentos adotados, os recursos utilizados e os resultados obtidos, verificando os aspectos positivos e negativos da metodologia aplicada.

4.2. Projeto informacional: uso da metodologia

Passou-se, a seguir, a fazer uso da metodologia de projeto na seguinte convicção: o estudo está sendo confiado a um escritório de projetos o qual, inicialmente, deverá cadastrar tal pedido. Neste caso, a equipe é constituída por técnicos das áreas de vendas, projeto e montagem, sob coordenação do autor deste trabalho. A metodologia deve auxiliar a equipe para que possa, através dela, buscar e adquirir o conhecimento necessário ao estabelecimento das especificações que permitirão, a definição do projeto de referência para uma célula frigorífica visando a modularização do equipamento de geração de frio respeitando, as características e necessidades apuradas pelo estudo.

Neste sentido, a primeira das etapas, após a Ordem de Serviço* (Figuras 7 e 8), é: **Etapa 1.1 - pesquisar informações sobre o tema de projeto**, armazenando as informações, que auxiliarão a equipe de projeto no estabelecimento das fases mais importantes do ciclo de vida, com a aplicação dos documentos:

* Segundo Maribondo (2000), a **Ordem de Serviço** é um documento destinado a registrar as primeiras declarações sobre o que se deseja projetar. Tem por objetivo maior formalizar a contratação dos serviços de projeto. Com base nas informações registradas neste documento, estabelece-se a equipe de projeto.

- D₂: Ciclo de Vida do Produto* (Figuras 9 e 10);
- D₃: Catálogo de Informações Técnicas** (Figuras 11 e 12).

* Segundo Maribondo (2000), o **Ciclo de Vida do Produto** é um documento de apoio ao processo de projeto destinado a registrar necessidades dos vários clientes envolvidos no desenvolvimento de um produto ou sistema. Sob o enfoque do desenvolvimento de produtos modulares onde se propõe oferecer produtos otimizados, fáceis de fabricar, montar e testar, a partir de um processo ágil e flexível, destacam-se as seguintes fases ao longo deste ciclo de vida: fabricação, montagem, teste, uso e manutenção.

** Segundo Maribondo (2000), o **Catálogo de Informações Técnicas** é um documento destinado a registrar e organizar as informações técnicas sobre o projeto em estudo, visando facilitar a busca e o uso de informações úteis para o desenvolvimento do novo produto.


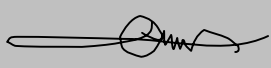

		Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGEP	
Ordem de serviço N°. 001/4	Tipo de projeto	Equipamento de geração de frio	
	Contratante	PPGEP - UFSM (estudo de caso)	
Endereço do Solicitante do Projeto	Universidade Federal de Santa Maria – UFSM Centro de Tecnologia/Campus Universitário 97105-900 – Santa Maria/RS		
CPF ou CNPJ No. Inscrição Estadual		Telefone: Fax: E-mail:	0xx 55 220 8619 0xx 55 220 8619 acppgep@safira.ct.ufsm.br
Nome da Pessoa Contatada	Leo Delmar Vecchi Dobrovolski	Cargo ou função	Mestrando PPGEP-UFSM
INFORMAÇÕES INICIAIS DO CONTRATANTE DO PROJETO			
Pedido de Projeto	Otimização de equipamento de geração de frio		
Restrições Iniciais	Uso industrial		
INTERPRETAÇÃO PRELIMINAR DO PEDIDO DE PROJETO			
Objetivo geral do pedido de projeto	Quantificar a capacidade frigorífica necessária ao equipamento de geração de frio, diante da aplicabilidade específica a que se destina.		
Metas Preliminares a serem alcançadas	Identificar e quantificar o grau de importância das fontes de cargas térmicas da célula frigorífica em estudo.		
Restrições Iniciais	Aplicabilidade não seriada, “PRODUTO ESPECIAL”.		
Santa Maria, 21/05/04			
			
Assinatura do contratante do projeto		Assinatura do responsável do projeto	

FIGURA 7 - Documento destinado a registrar as informações preliminares para o desenvolvimento do projeto (documento D₁)
 Fonte: Maribondo (2000).


	<p style="text-align: center;">Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – PPGE</p>	
<p>Ordem de serviço Nº. 001/4</p>	<p>Tipo de projeto</p>	<p>Equipamento de geração de frio</p>
	<p>Contratante</p>	<p>PPGEP – UFSM (estudo de caso)</p>
<p>INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA O ESTABELECIMENTO DO PROJETO</p>		
<p>Estudo com aplicabilidade específica, visando o suprimento das necessidades a que se destina. Será composto de uma célula frigorífica; a qual em função das condições operacionais requerida balizará o sistema e a capacidade do equipamento de geração de frio a ser modularmente concebido.</p>		
<p>DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DO PROJETO</p>		
<p>Otimização da capacidade necessária, com enfoque custo x benefício, tanto na fase inicial de implantação do projeto, como principalmente na operação ao longo da vida útil do produto concebido.</p>		

FIGURA 8 - Documento adicional destinado a registrar novas informações à ordem de serviço (documento D₁)
Fonte: Maribondo (2000).

Sistema a desenvolver:		CICLO DE VIDA DO PRODUTO									
Fases do ciclo de vida	Objetivo desta fase	Importância desta fase	Materiais que		Energias que		Principais transformações que ocorrem nesta fase	Meios utilizados para efetuar tais transformações	Possibilidade de inovação	Principais atores envolvidos nesta fase	Outros aspectos a observar
			Entram	Saem	Entram	Saem					
Montagem	Disponibilizar os componentes necessários, tendo em vista a concepção do projeto	É vital para performance do sistema concebido	Equipamentos, componentes e acessórios	Sobras	Elétrica, hidráulica (guincho), térmica (solda)	Térmica (calor da soldagem)	Os equipamentos, componentes e acessórios, ocupam seu lugar de projeto, realizando a concepção da máquina	Posicionamento, soldagem, isolamento térmico e testes	Restrita ao projeto de engenharia	Engenheiros, Supervisores, Montadores e Auxiliares	
Teste	Testar a funcionalidade, segurança e performance do sistema concebido	Indispensável tanto por quesitos a normas como para atendimento do objeto contratado junto ao Cliente final	Instrumentos de medição e avaliação	Dados coletados, relatórios de avaliações e certificados expedidos por órgãos especializados se for o caso	Elétrica	Térmica e elétrica	Transformação da energia mecânica (de origem elétrica, química, térmica,...) em energia térmica (refrigerífica)	Deslocamento do fluido refrigerante pelos diversos estágios internos ou externos do sistema concebido	Apenas de adequação dos valores constatados às especificações do projeto de engenharia	Engenheiros, Supervisores e Técnicos especializados	O teste vai avaliar o projeto, comprovando na prática o resultado desejado, tendo em vista sobretudo a garantia das especificações operacionais
Uso	Condicionar a temperatura, umidade e velocidade do ar, interna a célula frigorífica, a padrões requeridos para melhor conservação, tendo em vista aos objetivos à que a mesma se destina	É de grande importância a constância da manutenção das variáveis (temperatura, umidade e velocidade do ar) para garantia da qualidade final do produto estocado no interior da célula frigorífica	Produtos perecíveis a conservar	Produtos perecíveis conservados	Mecânica (de origem elétrica, química, térmica,...) para conservação e movimentação	Térmica	Transformação da energia mecânica em energia térmica	Deslocamento do fluido refrigerante pelos diversos estágios internos ou externos do sistema concebido	Apenas aos limites impostos pela concepção do projeto de engenharia	Operadores em geral	O correto uso do equipamento dentro das condições-limite do projeto, é de fundamental importância na durabilidade dos componentes, e a garantia dos resultados a que o sistema foi concebido
Manutenção	Manter a usabilidade do sistema dentro das condições concebidas no projeto	Relevante, pois do bom funcionamento do sistema é mensurado o desempenho	Máquinas, equipamentos, componentes, ferramentas e instrumentos de avaliação	Componentes e acessórios danificados, avariados ou com vida útil expirada	Elétrica, hidráulica e térmica	Térmica	O sistema adquire confiabilidade garantindo as condições concebidas no projeto	Reparo e ajustes ao sistema	Restrita ao projeto	Engenheiros e Técnicos especializados	A correta manutenção garantirá a vida útil do sistema dentro do ciclo de vida do mesmo

FIGURA 9 - Documento de apoio à equipe de projeto na análise do ciclo de vida do produto (documento D₂)

Fonte: Maribondo (2000).


		Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGE	
Ordem de serviço Nº. 001/4	Tipo de projeto	Equipamento de geração de frio	
	Contratante	PPGE – UFSM (estudo de caso)	
Fases do ciclo de vida	Alguns dos aspectos a serem investigados dentro de cada fase do ciclo de vida (Equipamento para geração de frio)		
Montagem	Componentes a montar, sequência de montagem, ferramentas de auxílio.		
Teste	Componentes a testar, padrão a ser aferido, normas a utilizar, instrumentos de medição.		
Uso	Tipo de assistência técnica, segurança operacional e funcional.		
Manutenção	Tipos de manutenção a oferecer, segurança operacional e funcional.		

FIGURA 10 - Alguns dos aspectos que devem ser investigados dentro do ciclo de vida do produto (documento D₂)

Fonte: Maribondo (2000).

Com as informações obtidas em tais documentos, a equipe seguiu à etapa seguinte: **Etapa 1.2 - definir o problema de projeto**, cujos documentos que servem de apoio a esta são:

- D₁: Ordem de Serviço (Figuras 7 e 8);
- D₂: Ciclo de Vida do Produto (Figuras 9 e 10);
- D₃: Catálogos de Informações Técnicas (Figuras 11 e 12);
- D₄: Formulário de Identificação de Oportunidades* (Figura 13);

* Segundo Maribondo (2000), o **Formulário de Identificação de Oportunidades** é um documento destinado a registrar as qualidades técnicas e comerciais para o lançamento de um novo produto. De maneira sucinta, consiste de questões envolvendo o problema em estudo, as quais devem ser respondidas e justificadas pela equipe de projeto, visando identificar deficiências nos produtos existentes e conveniências para o lançamento de um produto melhor, face tais deficiências.

- D₅: Definição do Problema de Projeto* (Figura 14).

* Segundo Maribondo (2000), a **Definição do Problema de Projeto** é um documento no qual a equipe de projeto registra, de maneira sucinta, o objetivo e as metas a serem atingidas com o desenvolvimento do projeto. Tal registro é apoiado pelas informações obtidas com os documentos anteriores.


	<p style="text-align: center;">Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGEP</p>	
<p>Ordem de serviço Nº. 001/4</p>	<p>Tipo de projeto</p>	<p>Equipamento de geração de frio</p>
	<p>Contratante</p>	<p>PPGEP – UFSM (estudo de caso)</p>
CATÁLOGO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS		
<p>Missão principal do sistema Modular</p>	<p>Definir parâmetros de capacidade necessários, afim de compor o sistema.</p>	
<p>Atividades necessárias à execução da missão principal</p>	<p>Estudar as cargas térmicas que se fazem presentes e utilizadas, difundindo-as e quantificando-as.</p>	
<p>Meios de auxílio a estas Atividades</p>	<p>Levantamento correto das informações junto ao plano operacional.</p>	
PRODUTOS CONCORRENTES ENCONTRADOS NO MERCADO		
<p>Nome do produto</p>	<p>Equipamento frigorífico</p>	
<p><u>Características do produto:</u> Capacidade de produção, tipo do processo, descrição do funcionamento, pessoas envolvidas, dimensões, etc.</p>	<p>Equipamento com expansão mecânica do gás refrigerante, um ou dois estágios de compressão e controle automático.</p>	
<p>Principais interfaces a considerar neste produto:</p>	<p>Capacidade, regime de temperatura, fluido refrigerante e concepção do sistema.</p>	
<p><u>Outras informações:</u> Fabricante, preço, endereço, etc.</p>	<p>Recrusul S/A, York International, Madef S/A,...</p> <p>Não há correlação capacidade x preço, e em se tratando de produto especial o preço é consequência das peculiaridades do sistema concebido.</p>	

FIGURA 11 - Catálogo de informações técnicas - folha 1 (documento D₃)
Fonte: Maribondo (2000).


	<p style="text-align: center;">Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGE</p>	
<p>Ordem de serviço Nº. 001/4</p>	<p>Tipo de projeto</p>	<p>Equipamento de geração de frio</p>
	<p>Contratante</p>	<p>PPGEP – UFSM (estudo de caso)</p>
CATÁLOGO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS		
Fontes de consulta		
<p>Sites da Internet:</p> <p>http://www.recrusul.com.br</p> <p>http://www.york.com.br</p>	<p>Observações sobre os sites pesquisados:</p> <p>Algumas tabelas técnicas de componentes</p> <p>Algumas informações técnicas operacionais</p>	
<p>Normas Técnicas:</p> <p>IIAR</p> <p>ASHRAE</p>	<p>Observações sobre as Normas Técnicas pesquisadas:</p> <p>Recomendações de segurança e manuseio do sistema</p> <p>Recomendações e parâmetros técnicos</p>	
<p>Observações sobre livros/artigos:</p> <p>Normas de dimensionamento</p> <p>Parâmetros operacionais</p>	<p>Livros/artigos sobre o assunto:</p> <p>ASHRAE, 1998, Refrigeration System</p> <p>POHLMANN, 1979, Manual de Técnica Frigorífica</p>	
Parâmetros que podem influenciar no desenvolvimento do projeto		
<p>Recomendações e normas técnicas, bem como um detalhado e fiel levantamento do plano operacional da célula frigorífica a que se destina o controle de temperatura, umidade e velocidade do ar.</p>		

FIGURA 12 - Catálogo de informações técnicas - folha 2 (documento D₃)
Fonte: Maribondo (2000).


		<p style="text-align: center;">Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGE</p>	
Ordem de serviço Nº. 001/4	Tipo de projeto	Equipamento de geração de frio	
	Contratante	PPGEP – UFSM (estudo de caso)	
FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES			
Questionamentos a serem feitos		<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não	Comentários
Existe mercado para o projeto em estudo?		●	Com o conhecimento maior da ciência e a melhoria dos processos, existe cada vez mais aplicabilidade.
Existe perspectiva de lucro para este projeto?		●	Alto grau de complexidade de concepção, e pequeno número de fabricantes.
Os projetos concorrentes vendem bem?		●	O mercado comporta a escala produtiva, haja vista serem produtos especiais e, de longo tempo de execução
O projeto em estudo oferece melhores vantagens do que seus concorrentes?		●	Dentro do objetivo de uma melhor estimativa, o custo x benefício tende a ser melhorado.
Existe uma clara diferenciação deste projeto para os demais projetos existentes no mercado?		●	Uma melhor performance.
É possível identificar o benefício básico deste projeto (vantagem principal) com relação aos projetos existentes?		●	Custo operacional, performance do sistema e qualidade final do produto estocado.
São conhecidos os fatores que determinarão o sucesso comercial deste projeto?		●	O preço final do produto.
É possível estimar um preço meta para o projeto em estudo?		○	Como o projeto é especial falta parâmetros para balizamento dos custos.
É possível estimar a vida do projeto em estudo?		○	O projeto é muito difícil de ser repetido na íntegra, apenas conceitos podem ser replicados.
É possível estimar o tempo de retorno do investimento antes de começar a entrar na fase lucrativa?		○	Foge dos parâmetros da produção em série.
É possível estimar o lucro total previsto durante toda a vida do projeto no mercado?		○	O lucro deverá ser avaliado para venda de apenas uma unidade.
Quantos sistemas ou produtos foram analisados para que a equipe de projeto pudesse fornecer tais		Um histórico de 10 (dez) anos	
Quais as conclusões que a equipe de projeto pode tirar a partir destas informações com relação ao projeto em estudo?			
O projeto, apesar de ser especial, é viável. Os custos deverão ser apurados com rigor afim de se garantir a margem de retorno pretendida			

FIGURA 13 - Formulário de identificação de oportunidades (documento D₄)
Fonte: Maribondo (2000).


	Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGEP	
	Ordem de serviço N°. 001/4	Tipo de projeto Equipamento de geração de frio	Contratante PPGEP – UFSM (estudo de caso)
Objetivo do problema de projeto		
Através da análise do fluxo operacional da célula frigorífica especificar o equipamento de geração de frio.		
Metas específicas a serem atingidas		
Levantamento dos dados necessários, de forma estruturada e metódica, quantificando as cargas térmicas geradas no ambiente em estudo (célula frigorífica), possibilitando uma análise posterior.		

FIGURA 14 - Documento de auxílio à equipe de projeto para definição da demanda inicial (documento D₅)

Fonte: Maribondo (2000).

Iniciou-se a **Etapa 1.3 - identificação dos desejos e das necessidades dos clientes**, auxiliado pelos documentos:

- D₂: Ciclo de Vida do Produto (Figuras 9 e 10);
- D₃: Catálogo de Informações Técnicas (Figuras 11 e 12);
- D₄: Formulário de Identificação de Oportunidades (Figura 13);
- D₆: Questionário Estruturado* (Figura 15).

* Segundo Maribondo (2000), **Questionário Estruturado** corresponde a uma das técnicas de levantamento de dados ou informações que se encontram, muitas vezes, dispersas geograficamente.

De posse do questionário (Figura 15) a equipe de projeto, passou a coletar os dados e informações necessárias para quantificar a capacidade frigorífica do equipamento de geração de frio.

Questionário para obtenção dos requisitos dos clientes	
Local da Obra:	
TBS:	..... °C
TBU:	..... °C
Altitude:	..... m
Célula frigorífica: ()Climatização ()Câmara frigorífica ()Túnel	
Temperatura interna:	..... °C
UR interna: %
Dimensões: ()Internas da célula _____ x _____ x _____ mm	
<i>Apartir do piso final de concreto</i>	
Isolamento térmico:	
Tipo:..... () Poliuretano - PUR () Poliestireno - EPS () _____	
Piso:	()Sem isolamento ()Convencional ()Painéis Espessura _____ mm
Laterais:	()Sem isolamento ()Semi-painéis ()Painéis Espessura _____ mm
Teto:	()Sem isolamento ()Semi-painéis ()Painéis Espessura _____ mm
Porta(s):	
Tipo: ()Manual ()Automática - () Cortina de tiras () Cortina de ar () _____	
()Uma folha ()Duas folhas	
()Giratória ()Correr ()Correr-AC ()Correr PT ()Guilhotina ()Articulada	
Vão-livre/espessura	_____ x _____ / _____ mm Qtde: _____ cj(s)
Tipo: ()Manual ()Automática - () Cortina de tiras () Cortina de ar () _____	
()Uma folha ()Duas folhas	
()Giratória ()Correr ()Correr-AC ()Correr PT ()Guilhotina ()Articulada	
Vão-livre/espessura	_____ x _____ / _____ mm Qtde: _____ cj(s)
Produto:	
Produto a ser manipulado/estocado:	
Recepção diária de produto:	..... kg (rotatividade estimada: _____ %)
Temperatura de recebimento do produto:	..... °C
Temperatura de saída/estocagem do produto:	..... °C
Tempo de estabilização do produto:	..... horas
Embalagens:	
Tipo:..... ()Sem embalagem ()Papelo ()Plástico ()Madeira () _____	
Dimensões:	..... x _____ x _____ mm
Peso da embalagem vazia:	..... kg
Capacidade de carga da embalagem:	..... kg
Temperatura de recebimento da embalagem:	..... °C
Tipo de estocagem:	
Tipo:..... ()Transitória ()Estivada ()Bins/Paletizada ()Paletizada c/ rack () _____	
Movimentação:	
Tempo de operação:	..... h/dia
Tipo da operação:	..... ( )Manual ()Motorizada () _____
Iluminação:	
Tipo:..... ()Incandescente ()Fluorescente ()Vapor de mercúrio () _____	
Nível de iluminamento:	..... LUX
()Croqui anexo ()Desenho anexo ()Memorial anexo	

FIGURA 15 - Questionário estruturado (documento D₆)

A Figura 16 mostra os temas de pesquisa que auxiliaram no levantamento dos dados.


		Universidade Federal de Santa Maria Centro de Tecnologia Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção - PPGE	
Ordem de serviço N°. 001/4	Tipo de projeto	Equipamento de geração de frio	
	Contratante	PPGE – UFSM (estudo de caso)	
Fases do ciclo em análise		Aspectos a serem investigados	
Transmissão pelas paredes		Coeficiente de condutibilidade térmica e espessura do isolante, gradiente de temperatura entre faces, dados construtivos (dimensões) e dados da montagem (local)	
Fontes internas de calor		Quantidade de pessoas, potência total dos motores e luminárias, tempo médio de: permanência das pessoas, operação dos motores e luminárias; ambos no ambiente em análise	
Produto e embalagem		Recepção diária de produto e embalagem, temperatura de recebimento, congelamento, estocagem e/ou saída do produto e embalagem, UR do ar ambiente, calor específico do produto acima e abaixo do congelamento, calor latente e de respiração do produto, calor específico da embalagem	
Infiltração pela(s) porta(s)		TBS e UR do ar de infiltração, TBS e UR do ar interior, área de passagem e altura da(s) porta(s), tempo da(s) porta(s) aberta(s)	

FIGURA 16 – Temas de pesquisa que podem auxiliar no levantamento de dados
 Fonte: Maribondo (2000).

Em um estudo abstrato, considerando a experiência da equipe de projeto, gerou-se valores experimentais os quais com o uso de um programa

computacional baseado nos conceitos clássicos “RI - Refrigeração Industrial”, desenvolvido pelo autor deste trabalho (Figuras 17 e 18), a equipe realizou simulações de diferentes concepções de células frigoríficas, a seguir:

a) Congelado:

- 1.^a - túnel de congelamento, com diferencial de temperatura entre a entrada e saída do produto de 43°C ($dT = 43^{\circ}\text{C}$);
- 2.^a - câmara de estocagem, com diferencial de temperatura entre a entrada e estocagem do produto de 5°C ($dT = 5^{\circ}\text{C}$);
- 3.^a - câmara de estocagem, idem ($dT = 0^{\circ}\text{C}$);
- 4.^a - câmara de estocagem estabilizada (em manutenção);
- 5.^a - câmara de estocagem estanque (em manutenção hermética).

b) Resfriado:

- 1.^a - túnel de resfriamento, com diferencial de temperatura entre a entrada e saída do produto de 25°C ($dT = 25^{\circ}\text{C}$);
- 2.^a - câmara de estocagem, com diferencial de temperatura entre a entrada e estocagem do produto de 5°C ($dT = 5^{\circ}\text{C}$);
- 3.^a - câmara de estocagem, idem ($dT = 0^{\circ}\text{C}$);
- 4.^a - câmara de estocagem estabilizada (em manutenção);
- 5.^a - câmara de estocagem estanque (em manutenção hermética).

Para mensurar a capacidade frigorífica necessária em cada tipo célula acima, tomou-se o cuidado do uso das mesmas variáveis em cada simulação realizada (Quadros 2 e 3); ressalvando que para a manutenção do mesmo fluxo de calor pelo isolamento térmico, a espessura foi compensada aos diferentes gradientes de temperatura entre faces das células em estudo.

	Congelado				
	Túnel dT = 43°C	Estocagem dT = 5°C	Estocagem dT = 0°C	Estocagem Estabilizada	Estocagem Estanque
Local da Obra	Santa Maria/RS				
Altitude (m)	151				
TBS externo (°C)	35				
TBU externo (°C)	25,5				
TBS infiltração (°C)	25				
UR infiltração (%)	60				
Comprimento externo (mm)	7.000				
Largura externa (mm)	4.000				
Altura externa (mm)	3.000				
Produto	milho “ <i>in natura</i> ”				
TBS interna (°C)	-27	-18	-18	-18	-18
UR interna (%)	80				
Recepção diária (kg)	1.000	1000	1000	0	0
Temperatura de recepção (°C)	25	-13	-18	-13	-13
Temperatura de saída (°C)	-18				
Densidade estocagem (kg/m ³)	340				
Embalagem	Polietileno				
Recepção diária (kg)	250	250	250	0	0
Temperatura de recepção (°C)	25	-13	-18	-13	-13
Condições da montagem	ao relento (estrutura + cobertura/fechamento parcial)				
Isolante do piso	espuma rígida de poliuretano (~38 kg/m ³)				
Espessura (mm)	175	150	150	150	150
Contra-piso	Concreto				
Espessura (mm)	120				
Isolante das laterais	espuma rígida de poliuretano (~38 kg/m ³)				
Espessura (mm)	175	150	150	150	150
Isolante do teto	espuma rígida de poliuretano (~38 kg/m ³)				
Espessura (mm)	175	150	150	150	150
Nº. de pessoas na célula	2	2	2	2	0
Permanência média (h/dia)	1	1	1	1	0
Movimentação (hp)	2	2	2	2	0
Operação média (h/dia)	2	2	2	2	0
Nº. de luminárias	6				
Potência (W)	150				
Operação média (h/dia)	1				
Fator de utilização	uso normal				
Fator de funcionamento (h/dia)	20				
Fluxo calor piso (Kcal/hm ²)	7,09	7,07	7,07	7,07	7,07
Fluxo calor laterais (Kcal/hm ²)	7,09	7,07	7,07	7,07	7,07
Fluxo calor teto (Kcal/hm ²)	7,09	7,07	7,07	7,07	7,07
Carga térmica total (Kcal/h)	7.410	2.240	2.080	2.080	1.190

Quadro 2 – Valores experimentais das simulações - congelado

	Resfriado				
	Túnel dT = 25°C	Estocagem dT = 5°C	Estocagem dT = 0°C	Estocagem Estabilizada	Estocagem Estanque
Local da Obra	Santa Maria/RS				
Altitude (m)	151				
TBS externo (°C)	35				
TBU externo (°C)	25,5				
TBS infiltração (°C)	25				
UR infiltração (%)	60				
Comprimento externo (mm)	7.000				
Largura externa (mm)	4.000				
Altura externa (mm)	3.000				
Produto	milho “ <i>in natura</i> ”				
TBS interna (°C)	0	0	0	0	0
UR interna (%)	95				
Recepção diária (kg)	1.000	1000	1000	0	0
Temperatura de recepção (°C)	25	5	0	25	25
Temperatura de saída (°C)	0				
Densidade estocagem (kg/m ³)	340				
Embalagem	Polietileno				
Recepção diária (kg)	250	250	250	0	0
Temperatura de recepção (°C)	25	5	0	25	25
Condições da montagem	ao relento (estrutura + cobertura/fechamento parcial)				
Isolante do piso	Espuma rígida de poliuretano (~38 kg/m ³)				
Espessura (mm)	100	100	100	100	100
Contra-piso	Concreto				
Espessura (mm)	120				
Isolante das laterais	espuma rígida de poliuretano (~38 kg/m ³)				
Espessura (mm)	100	100	100	100	100
Isolante do teto	espuma rígida de poliuretano (~38 kg/m ³)				
Espessura (mm)	100	100	100	100	100
Nº. de pessoas na célula	2	2	2	2	0
Permanência média (h/dia)	1	1	1	1	0
Movimentação (hp)	2	2	2	2	0
Operação média (h/dia)	2	2	2	2	0
Nº. de luminárias	6				
Potência (W)	150				
Operação média (h/dia)	1				
Fator de utilização	uso normal				
Fator de funcionamento (h/dia)	20				
Fluxo calor piso (Kcal/hm ²)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Fluxo calor laterais (Kcal/hm ²)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Fluxo calor teto (Kcal/hm ²)	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Carga térmica total (Kcal/h)	6.330	5.280	5.010	5.010	4.230

Quadro 3 – Valores experimentais das simulações - resfriado

O resultado do rateio das cargas apuradas encontra-se na Figura 19.

Priorizou-se inicialmente pela equipe de projeto um estudo das células de congelamento ($dT = 43^{\circ}\text{C}$) e resfriamento ($dT = 25^{\circ}\text{C}$), Figura 20.



FIGURA 17 – Programa computacional RI – tela de abertura

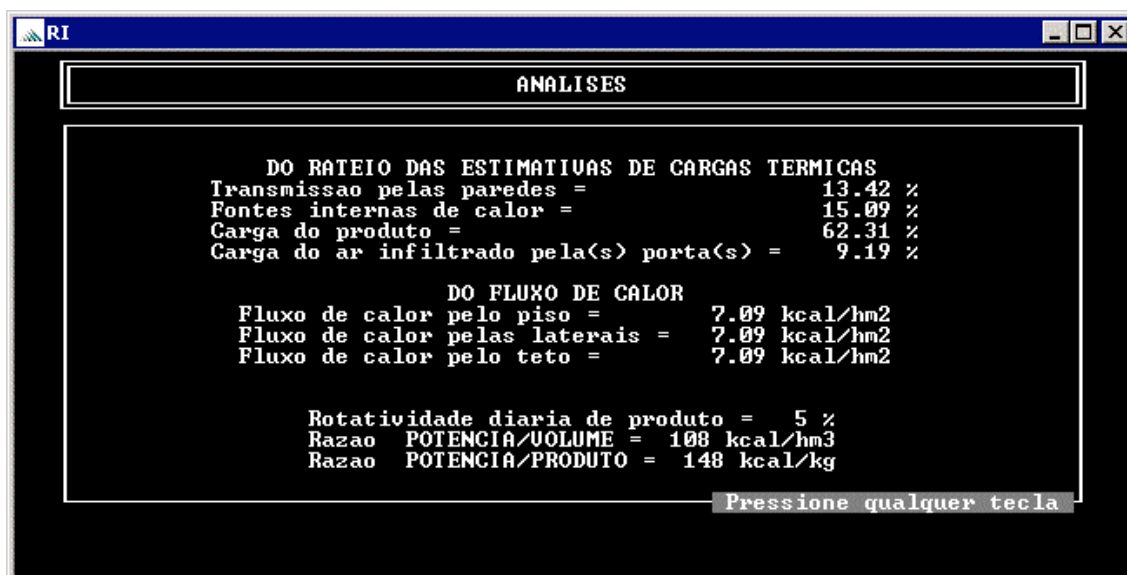
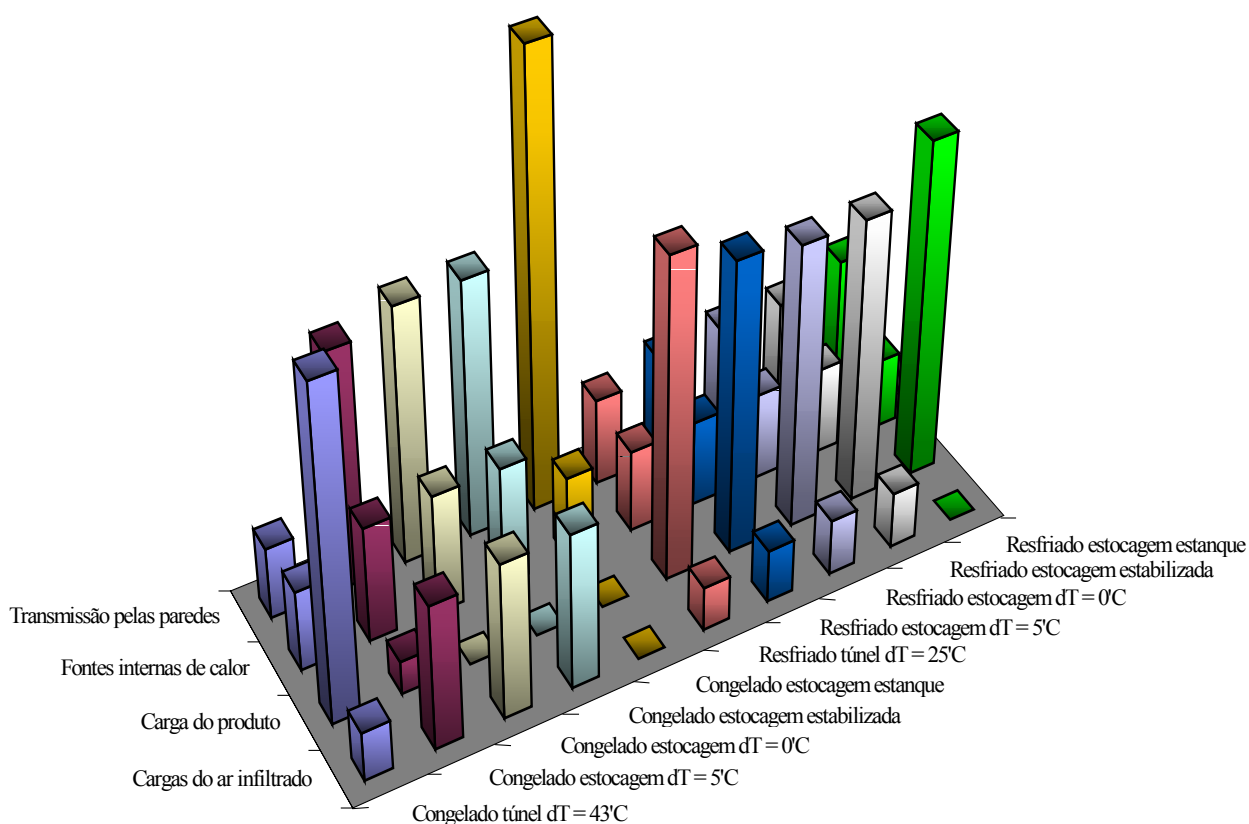


FIGURA 18 – Programa computacional RI – tela de saída (análises)

RATEIO DAS CARGAS TÉRMICAS



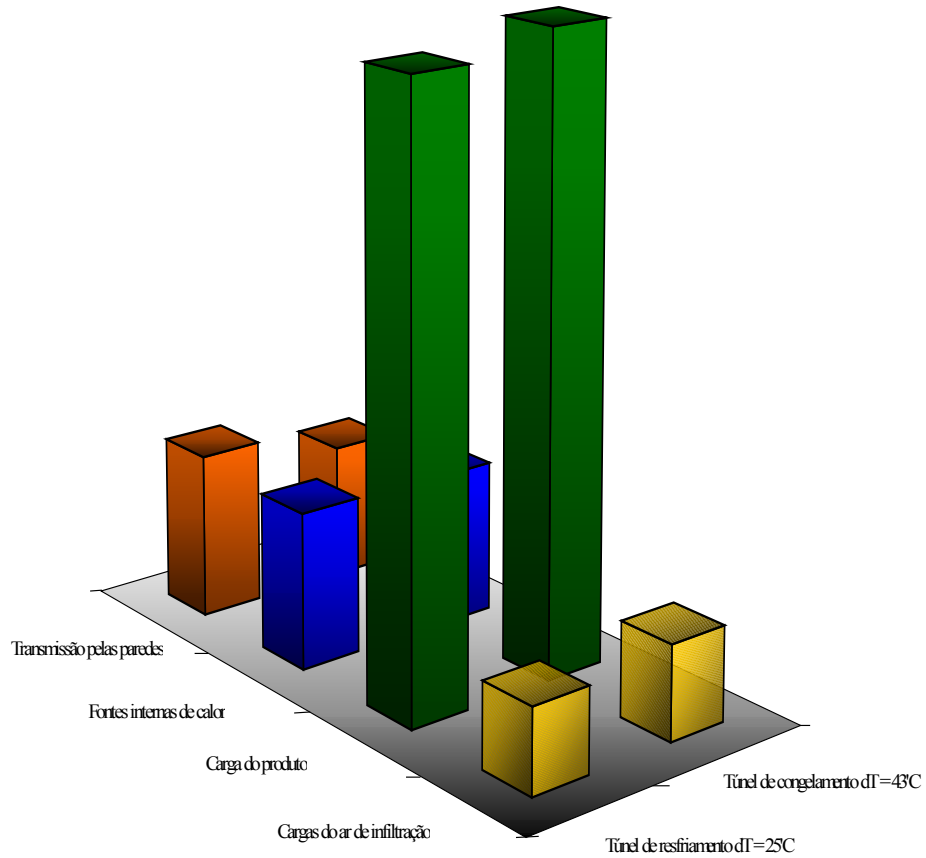
	Congelado (%)				
	Túnel dT = 43°C	Estocagem dT = 5°C	Estocagem dT = 0°C	Estocagem Estabilizada	Estocagem Estanque
Transmissão pelas paredes	13,42	44,96	48,39	48,39	84,6
Fontes internas de calor	15,09	21,68	22,41	22,41	15,4
Carga do produto	62,31	6,23	0	0	0
Cargas do ar infiltrado	9,19	27,13	29,2	29,2	0

	Resfriado (%)				
	Túnel dT = 25°C	Estocagem dT = 5°C	Estocagem dT = 0°C	Estocagem Estabilizada	Estocagem Estanque
Transmissão pelas paredes	16,28	19,54	20,57	20,57	24,36
Fontes internas de calor	15,37	16,01	16,22	16,22	13,06
Carga do produto	60,14	54,6	52,84	52,84	62,58
Cargas do ar infiltrado	8,21	9,85	10,37	10,37	0

FIGURA 19 – Tabulação das informações obtidas

RATEIO DAS CARGAS TÉRMICAS

Túneis: congelado x resfriado



Congelado (túnel dT = 43°C)

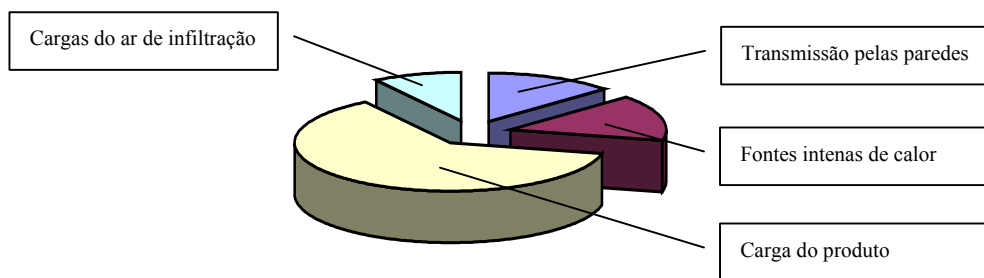


FIGURA 20 – Rateio das cargas de congelamento e resfriamento

E, especificamente, centrou-se a análise deste trabalho à célula de congelamento ($dT = 43^{\circ}\text{C}$); pois dentre todas, considerando aqui o Coeficiente de Performance Operacional - COP para os regimes necessários, foi a que apresentou a maior demanda de energia.

Com os questionários destinados a obtenção dos requisitos dos clientes preenchidos, a equipe de projeto foi capacitada para realização de simulações através do programa computacional “RI”, que por sua vez, nas variações dos resultados obtidos, traduziram os requisitos dos clientes do projeto; é o espelho do comportamento de cada requisito, que corroborou a quantificação das cargas junto a célula frigorífica.

Com a escolha em particular de uma, passou-se à realização da etapa seguinte, que consiste: **Etapa 1.4 - estabelecer os requisitos dos clientes**, auxiliado pelo documento:

- F₁: Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto* (Quadro 4).

* Segundo Maribondo (2000), o **Tradutor das Necessidades em requisitos dos Clientes do Projeto** é uma ferramenta de projeto destinada a auxiliar os projetistas a capturar e interpretar os desejos e necessidades dos clientes, visando a transformá-los em requisitos dos clientes do projeto. Em outras palavras, trata-se de uma ferramenta que ajuda os projetistas a coletar e interpretar as respostas “brutas”, para transformá-las em informações úteis ao desenvolvimento do projeto.

QUADRO 4 - Lista dos requisitos dos clientes do projeto (formulário F₁)

FASES DO CICLO EM ANÁLISE	CLIENTES PESQUISADOS	PRINCIPAIS REQUISITOS DOS CLIENTES DO PROJETO
Transmissão pelas paredes	Técnicos das áreas de projeto e montagem	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuir o coeficiente de condutibilidade térmica do isolante - Diminuir a espessura do isolante térmico - Diminuir o gradiente de temperatura entre faces das paredes de fronteira - Otimizar os dados construtivos - Favorecer os dados da montagem (local)
Fontes internas de calor	Técnicos das áreas de projeto e montagem	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuir a quantidade de pessoas no ambiente - Diminuir o tempo médio de permanência de pessoas no ambiente - Diminuir a potência e melhorar eficiência dos motores no ambiente - Diminuir o tempo médio de operação dos motores no ambiente - Diminuir a potência e melhorar eficiência das luminárias no ambiente - Diminuir o tempo médio de operação das luminárias no ambiente
Produto e embalagem	Técnicos das áreas de vendas e projeto	<ul style="list-style-type: none"> - Adequar a temperatura de estocagem e/ou saída ao produto e embalagem - Adequar a UR do ar ambiente ao produto - Confiar no valor do calor específico do produto acima do congelamento - Confiar no valor do calor latente do produto - Confiar no valor do calor específico do produto abaixo do congelamento - Confiar no valor do calor de respiração do produto - Confiar no valor da temperatura de congelamento - Adequar a capacidade de recepção diária de produto e embalagem - Adequar a temperatura de recebimento do produto - Confiar no valor do calor específico da embalagem - Adequar a temperatura de recebimento da embalagem
Infiltração pela(s) porta(s)	Técnicos das áreas de projeto e montagem	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuir a TBS do ar de infiltração - Diminuir a UR do ar de infiltração - Manter a constância na TBS do ar interior - Manter a constância na UR do ar interior - Diminuir a área de passagem da(s) porta(s) - Diminuir a altura da(s) porta(s) - Diminuir o tempo da(s) porta(s) aberta(s)

A aplicação da etapa seguinte, **Etapa 1.5 - estabelecer os requisitos de projeto**, é apoiado pelos documentos:

- F₁: Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto (Quadro 4);
- D₇: Lista dos Requisitos de Projeto (Quadro 6).

Devido a dificuldades na obtenção de maiores informações desta etapa, uma vez que para ela faz-se uso um programa computacional SISMOD (Sistemas Modulares), o qual não nos foi possibilitado acesso. A equipe substituiu tal ferramenta por uma análise criteriosa dos resultados valorando-os de forma subjetiva baseada na experiência de cada membro. Para valoração, definiu-se uma escala compreendida entre 1 ~ 10, respectivamente de pouco a muito importante. O Quadro 5 mostra os resultados.

E, a etapa, **Etapa 1.6 - analisar, caso existam, os sistemas concorrentes**, com o documento:

- F₂: Análise dos Produtos Concorrentes*.

Não foi possível sua aplicabilidade, como relatado anteriormente, “tais projetos são concebidos, na totalidade, para serem projetos únicos”.

De posse das informações dos requisitos dos clientes do projeto pela equipe, foi aplicada a matriz da casa da qualidade, a qual contemplou a **Etapa 1.7 - hierarquizar os requisitos de projeto** (Quadro 7), e que teve como documentos de apoio:

- F₃: Matriz da Casa da Qualidade** (Figura 21);

por consequência a **Etapa 1.8 - estabelecer as especificações de projeto**, foi auxiliada pelo documento:

- D₈: Quadro de Especificações de Projeto*** (Quadro 8).

* Segundo Maribondo (2000), a **Análise dos Produtos Concorrentes** é uma ferramenta destinada a auxiliar a equipe de projeto a estabelecer o produto meta a ser superado pelo projeto em estudo.

** Segundo Maribondo (2000), a **Matriz da Casa da Qualidade** é uma ferramenta que tem por objetivo maior assegurar a qualidade do produto em cada fase do seu ciclo de vida, procurando, entre outros aspectos, além de integrar os vários participantes do projeto, incluir nas decisões tomadas e nas soluções propostas os desejos e as necessidades envolvidas, direta ou indiretamente, com o desenvolvimento do produto.

*** Segundo Maribondo (2000), o **Quadro de Especificações de Projeto** é um documento destinado a registrar de modo explícito como cada requisito de projeto deve ser atendido para que os mesmos auxiliem no desenvolvimento do problema do projeto.

Neste documento registra-se a ordem de classificação dos requisitos de projeto obtidos com a aplicação da matriz da casa da qualidade, a denominação, unidade e meta destes requisitos de projeto, as especificações dos mesmos e os requisitos que são conflitantes com cada requisito que está sendo especificado.

QUADRO 5 - Valoração e justificativa dos requisitos dos clientes do projeto

NÚMERO DE REQUISITOS		DENOMINAÇÃO	VALOR DO REQUISITO NO PROJETO – VR PESQUISA QUANTITATIVA			JUSTIFICATIVA DA VALORAÇÃO ATRIBUÍDA AOS REQUISITOS DOS CLIENTES DO PROJETO
SEQUENCIAL	GRUPO		%	PARCIAL	GERAL	
1	Transmissão pelas paredes	1.1.	13,42	6	2,18	Desde que compensada a espessura, a carga não sofre alteração (pode acarretar inconvenientes dimensionais).
2		1.2.		10	3,63	Este, se não corretamente dimensionado, influência diretamente no aumento da carga.
3		1.3.		7	2,54	Quanto maior, maior será a carga.
4		1.4.		8	2,90	O aumento da superfície do isolamento é diretamente proporcional ao aumento da carga, desde que mantidas as variáveis.
5		1.5.		37	2,18	O posicionamento solar, ou a localização física e geográfica podem interferir na carga.
6	Fontes internas de calor	2.1.	15,09	5	1,45	O metabolismo do corpo humano gera calor.
7		2.2.		9	2,61	Quanto maior o tempo de exposição ao ambiente, maior é a carga.
8		2.3.		9	2,61	A ineficiência das máquinas elétricas por perdas e atrito geram calor.
9		2.4.		10	2,90	Quanto menor o rendimento, maior a potência e maior o tempo de exposição no ambiente; maior é a carga.
10		2.5.		9	2,61	Quanto menor o fluxo luminoso, maior é a quantidade de luminárias necessárias ao índice desejado; por consequência maior é a carga.
11		2.6.		52	2,90	O baixo fluxo luminoso diretamente relacionado a potência instalada, torna a exposição no ambiente uma maior carga gerada.
12	Cargas do produto	3.1.	62,3	6	4,98	Quanto menor, maior é a carga.
13		3.2.		5	4,15	Quanto maior, melhor favorece o coeficiente de transmissão de calor da superfície.
14		3.3.		8	6,65	Uma propriedade a qual é uma constante de suas características físico-químicas que tem valor significativo na carga resultante (no estudo de caso 22,71% da carga pelo produto).
15		3.4.		10	8,31	Idem anterior, e seu valor é expressivo na carga resultante (no estudo de caso 66,15% da carga pelo produto).
16		3.5.		6	4,98	Idem anterior, e seu valor é considerável na carga resultante (no estudo de caso 8,21% da carga pelo produto).
17		3.6.		4	3,32	Idem anterior, e seu valor não deve ser desprezível (no estudo de caso 2,94% da carga pelo produto).

QUADRO 5 - Valoração e justificativa dos requisitos dos clientes do projeto (continuação)

NÚMERO DE REQUISITOS		DENOMINAÇÃO	VALOR DO REQUISITO NO PROJETO - VR PESQUISA QUANTITATIVA			JUSTIFICATIVA DA VALORAÇÃO ATRIBUÍDA AOS REQUISITOS DOS CLIENTES DO PROJETO
SEQUENCIAL	GRUPO		%	PARCIAL	GERAL	
18	Cargas do produto	3.7.	62,3	4	3,32	Uma propriedade que serve para balizar a mudança de fase do produto, e por consequência seu comportamento físico-químico.
19		3.8.		10	8,31	É diretamente proporcional ao incremento da carga.
20		3.9.		7	5,81	Quanto maior o gradiente maior é a carga.
21		3.10.		8	6,65	Idem ao item 14 anterior, pois em média a embalagem e acondicionamento representa 25% do peso do produto (no estudo de caso 39,9% da carga produto x embalagem).
22		3.11.		7 75	5,81	Idem ao item 20 anterior.
23	Cargas do ar de infiltração	4.1.	9,19	8	1,29	Mantidas constantes TBS e UR _{interior} , quanto maior o diferencial com a TBS de infiltração, maior será a carga (na faixa de TBS de infiltração +25 a -5°C analisada, o valor médio de incremento da carga foi de 42,65% para cada aumento (STEP) de 5°C na TBS de infiltração; ressalvando que quanto mais alto esta temperatura menor será o percentual de incremento entre STEP).
24		4.2.		7	1,13	Mantidas constantes TBS e UR _{interior} , o impacto do aumento da UR de infiltração afeta relativamente a carga (na faixa de UR de infiltração 40-100% analisada, o valor médio de incremento da carga foi de 7,88% para cada aumento de 10% na UR de infiltração).
25		4.3.		8	1,29	Mantidas constantes TBS e UR _{de infiltração} , quanto maior o diferencial com a TBS interior, maior será a carga (na faixa de TBS interior +10 a -20°C analisada, o valor médio de incremento da carga foi de 28,07% para cada aumento (STEP) de 5°C na TBS interior; ressalvando que quanto mais baixa esta temperatura menor será o percentual de incremento entre STEP).
26		4.4.		5	0,81	Mantidas constantes TBS e UR _{de infiltração} , o impacto do aumento da UR interna não afeta consideravelmente a carga (na faixa de UR interna 40-100% analisada, o valor médio de incremento da carga foi de 0,367% para cada aumento de 10% na UR interna).
27		4.5.		10	1,61	Mantidas um diferencial de TBS e UR, quanto maior a área de passagem maior será a carga.
28		4.6.		9	1,45	Mantidas um diferencial de TBS e UR, quanto maior a altura da passagem maior será a carga.
29		4.7.		10 57	1,61	Mantidas um diferencial de TBS e UR, quanto maior o tempo de abertura maior será a carga.

QUADRO 6 - Documento de apoio aos projetistas no estabelecimento dos requisitos de projeto (documento D7)

NÚMERO DE REQUISITOS	REQUISITOS DO PROJETO (OS QUES)	VR GERAL	COMO A EQUIPE DE PROJETO PODE ATENDER OU CONTEMPLAR ESTES REQUISITOS DE PROJETO	REQUISITOS DE PROJETO ESTABELECIDO (OS COMOS)	UNIDADES	PARCIAL
1	Transmissão pelas paredes	13,42	Usando materiais isolante com baixa condutibilidade térmica	Coefficiente de condutibilidade térmica do isolante	W/m.°C	2,18
			Usando a espessura adequada do material selecionado às variáveis envolvidas, de modos a minimizar a penetração de calor a padrões aceitáveis	Espessura do isolante	mm	3,63
			Verificando a correta temperatura entre células	Gradiente de temperatura entre faces	°C	2,54
			Prevendo a melhor configuração, afim de otimizar a disposição do produto e equipamentos no ambiente	Dados construtivos (dimensões)	m	2,90
			Compensando o acréscimo de insolação pelo posicionamento solar, ou a localização física e geográfica	Dados da montagem (local)		2,18
2	Fontes internas de calor	15,09	Reduzindo ao máximo a necessidade de pessoas no ambiente	Quantidade de pessoas no ambiente		1,45
			Automatizando ou motorizando as operações de movimentação	Tempo médio de permanência das pessoas no ambiente	h	2,61
			Utilizando sistemas mais eficientes (trocaadores, ventiladores, empilhadeiras,...)	Potência total dos motores no ambiente	W	2,61
			Otimizando os equipamentos para uma mínima perda de eficiência	Tempo médio de operação dos motores no ambiente	h	2,90
			Selecionando luminárias apropriadas ao ambiente, respeitando o nível mínimo de iluminamento exigido	Potência total das luminárias no ambiente	W	2,61
			Otimizando a necessidade de iluminação do ambiente, setorizando se for o caso	Tempo médio de operação das luminárias no ambiente	h	2,90
3	Cargas do produto	62,3	Especificando os equipamentos à real necessidade de temperatura, de acordo com o destino do produto	Temperatura de estocagem e/ou saída do produto e embalagem	°C	4,98
			Especificando os equipamentos à real necessidade de UR, de acordo com o destino do produto	UR de estocagem	%	4,15
			Usando valores corretos, de bases confiáveis, para o produto e a variedade em uso	Calor específico do produto acima do congelamento	kJ/kg. °C	6,65
			Usando valores corretos, de bases confiáveis, para o produto e a variedade em uso	Calor latente do produto	kJ/kg	8,31
			Usando valores corretos, de bases confiáveis, para o produto e a variedade em uso	Calor específico do produto abaixo do congelamento	kJ/kg. °C	4,98
			Usando valores corretos, de bases confiáveis, para o produto e a variedade em uso	Calor de respiração do produto	W/kg	3,32
			Usando valores corretos, de bases confiáveis, para o produto e a variedade em uso	Temperatura de congelamento	°C	3,32

QUADRO 6 - Documento de apoio aos projetistas no estabelecimento dos requisitos de projeto (continuação)

NÚMERO DE REQUISITOS	REQUISITOS DO PROJETO (OS QUES)	VR GERAL	COMO A EQUIPE DE PROJETO PODE ATENDER OU CONTEMPLAR ESTES REQUISITOS DE PROJETO	REQUISITOS DE PROJETO ESTABELECIDO (OS COMOS)	UNIDADES	PARCIAL
3	Cargas do produto	62,3	Mensurando a real quantidade de produto a ser admitida no ambiente	Recepção diária de produto e embalagem	kg	8,31
			Mensurando a real temperatura de recebimento	Temperatura de recebimento do produto	°C	5,81
			Usando valores corretos, de bases confiáveis, para o tipo de embalagem em uso	Calor específico da embalagem	kJ/kg. °C	6,65
			Mensurando a real temperatura de recebimento	Temperatura de recebimento da embalagem	°C	5,81
4	Cargas do ar de infiltração	9,19	Mensurando a real temperatura média	TBS do ar de infiltração	°C	1,29
			Mensurando a real UR média	UR do ar de infiltração	%	1,13
			Mensurando a real temperatura do ambiente	TBS do ar interior	°C	1,29
			Mensurando a real UR do ambiente	UR do ar interior	%	0,81
			Especificando as portas de acordo com as necessidades operacionais do ambiente	Área de passagem da porta	m ²	1,61
			Especificando as portas de acordo com o sistema de movimentação empregado	Altura da porta	mm	1,45
			Otimizando a abertura ao tempo e quantidade mínimas necessária	Tempo da porta aberta	h	1,61

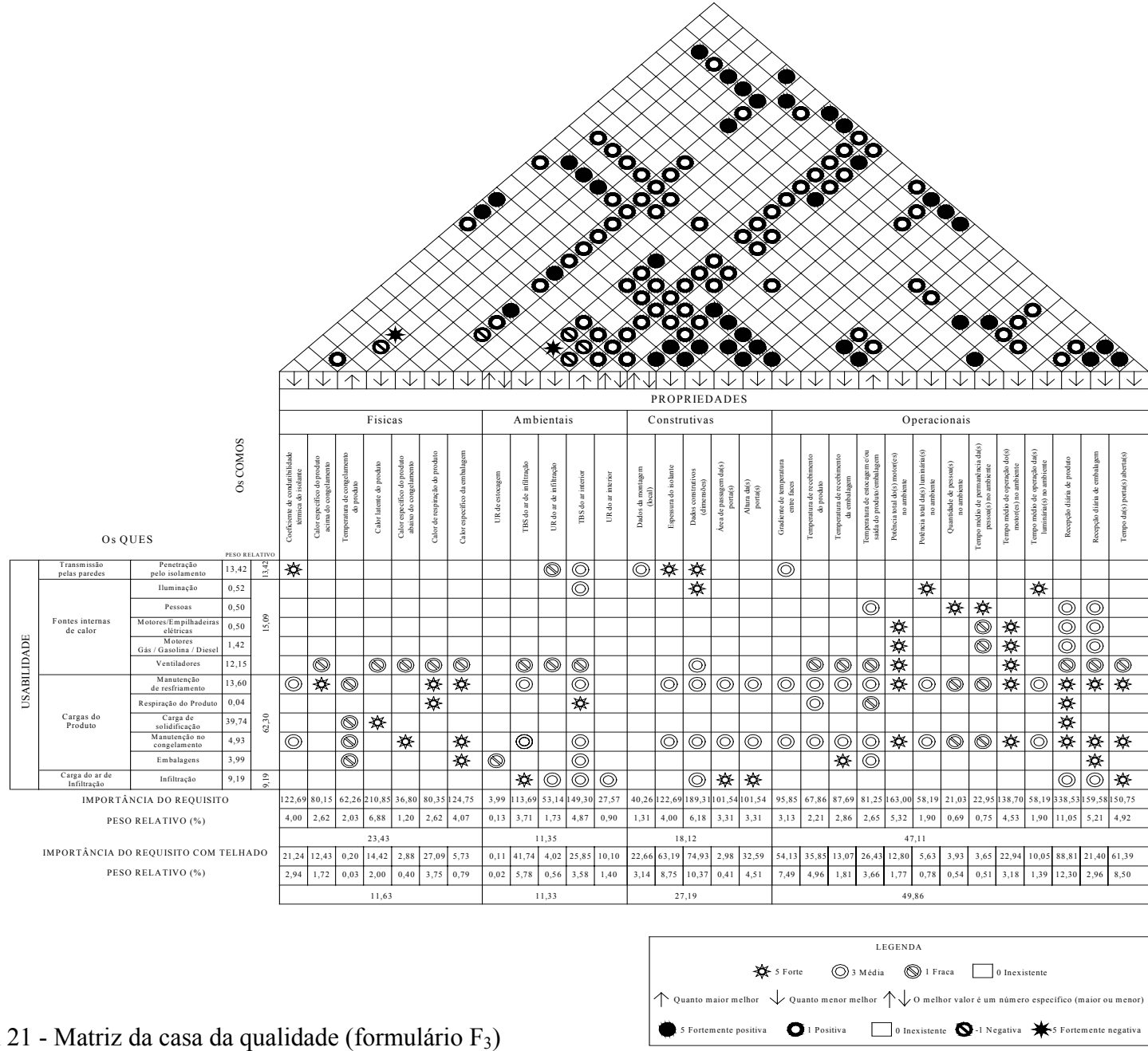


FIGURA 21 - Matriz da casa da qualidade (formulário F₃)

QUADRO 7 - Análise de importância sem e com o telhado da matriz da casa da qualidade

SEM O TELhado (TRADICIONAL)		COM O TELhado			
CLASSIFICAÇÃO	IMPORTÂNCIA	REQUISITOS DE PROJETO	CLASSIFICAÇÃO	IMPORTÂNCIA	REQUISITOS DE PROJETO
1	11,05	Recepção diária de produto	1	12,30	Recepção diária de produto
2	6,88	Calor latente do produto	2	10,37	Dados construtivos (dimensões)
3	6,18	Dados construtivos (dimensões)	3	8,75	Espessura do isolante
4	5,32	Potência total do(s) motor(es) no ambiente	4	8,50	Tempo da(s) porta(s) aberta(s)
5	5,21	Recepção diária de embalagem	5	7,49	Gradiente de temperatura entre faces
6	4,92	Tempo da(s) porta(s) aberta(s)	6	5,78	TBS do ar de infiltração
7	4,87	TBS do ar interior	7	4,96	Temperatura de recebimento do produto
8	4,53	Tempo médio de operação do(s) motor(es) no ambiente	8	4,51	Altura da(s) porta(s)
9	4,07	Calor específico da embalagem	9	3,75	Calor de respiração do produto
10	4,00	Coefficiente de condutibilidade térmica do isolante	10	3,66	Temperatura de estocagem e/ou saída do produto e embalagem
11	4,00	Espessura do isolante	11	3,58	TBS do ar interior
12	3,71	TBS do ar de infiltração	12	3,18	Tempo médio de operação do(s) motor(es) no ambiente
13	3,31	Área de passagem da(s) porta(s)	13	3,14	Dados da montagem (local)
14	3,31	Altura da(s) porta(s)	14	2,96	Recepção diária de embalagem
15	3,13	Gradiente de temperatura entre faces	15	2,94	Coefficiente de condutibilidade térmica do isolante
16	2,86	Temperatura de recebimento da embalagem	16	2,00	Calor latente do produto
17	2,65	Temperatura de estocagem e/ou saída do produto e embalagem	17	1,81	Temperatura de recebimento da embalagem
18	2,62	Calor de respiração do produto	18	1,77	Potência total do(s) motor(es) no ambiente
19	2,62	Calor específico do produto acima do congelamento	19	1,72	Calor específico do produto acima do congelamento
20	2,21	Temperatura de recebimento do produto	20	1,40	UR do ar interior
21	2,03	Temperatura de congelamento do produto	21	1,39	Tempo médio de operação da(s) luminária(s) no ambiente
22	1,90	Potência total das luminárias no ambiente	22	0,79	Calor específico da embalagem
23	1,90	Tempo médio de operação da(s) luminária(s) no ambiente	23	0,78	Potência total das luminárias no ambiente
24	1,73	UR do ar de infiltração	24	0,56	UR do ar de infiltração
25	1,31	Dados da montagem (local)	25	0,54	Quantidade de pessoa(s) no ambiente
26	1,20	Calor específico do produto abaixo do congelamento	26	0,51	Tempo médio de permanência da(s) pessoa(s) no ambiente
27	0,90	UR do ar interior	27	0,41	Área de passagem da(s) porta(s)
28	0,75	Tempo médio de permanência da(s) pessoa(s) no ambiente	28	0,40	Calor específico do produto abaixo do congelamento
29	0,69	Quantidade de pessoa(s) no ambiente	29	0,03	Temperatura de congelamento do produto
30	0,13	UR de estocagem	30	0,02	UR de estocagem

QUADRO 8 - Especificações de projeto para uma célula frigorífica visando a modularização do equipamento de geração de frio (documento D₈)

CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO	ORDEM	REQUISITOS DE PROJETO	METAS PROPOSTAS	ESPECIFICAÇÕES DOS REQUISITOS DE PROJETO	REQUISITOS CONFLITANTES
Com o telhado	1	Recepção diária de produto	Minimizar	O projeto básico deve ter uma capacidade compatível com a necessidade diária de processamento da planta, de modos a não superdimensionar ou subdimensionar os equipamentos concebidos; bem como uma análise de uma eventual possibilidade de flexibilização emergencial causada por um pico não previsto.	7
	2	Dados construtivos (dimensões)	Minimizar	As dimensões físicas devem estar de acordo com o fluxo de produto admitido, e por consequência aos equipamentos projetados. É primordial a harmonia do lay-out de modos a compatibilizar a área física construída.	8, 13 e 15
	3	Espessura do isolante	Minimizar	O correto dimensionamento do isolamento, compatível a um fluxo de calor economicamente admitido, acarreta em uma economia de investimento e sobre tudo num custo operacional devido a penetração de calor dentro do previsto. O superdimensionamento por outro lado, além de um investimento inicial maior, implica em espessuras maiores e por consequência alterações dimensionais.	2, 13 e 15
	4	Tempo da(s) porta(s) aberta(s)	Minimizar	A concepção de dispositivos e procedimentos operacionais são de grande importância, atenuando a infiltração do ar externo ao ambiente.	6
	5	Gradiente de temperatura entre faces	Minimizar	Quanto menor esta diferença, mais favorável a economia energética. É de primordial importância o correto posicionamento do ambiente no lay-out, evitando posição crítica, bem como quando não possível, a climatização de ambientes contíguos à temperaturas mais amenas.	13
	6	TBS do ar de infiltração	Minimizar	Mantê-lo o mais próximo possível do TBS do ar interior de modos que a diferença de entalpia entre ambos seja a menor possível.	
	7	Temperatura de recebimento do produto	Minimizar	Criar condições e procedimentos para a admissão do produto à planta na menor temperatura possível.	
	8	Altura da(s) porta(s)	Minimizar	Projetar portas com a altura mínima necessária ao tipo de propósito a que se destina a passagem.	
	9	Calor de respiração do produto	Minimizar	O incremento da temperatura acelera o metabolismo, desta forma deve-se criar condições na concepções do projeto para que o rebaixamento da temperatura inicial ocorra o mais rápido possível até uma faixa compatível e segura.	
	10	Temperatura de estocagem e/ou saída do produto e embalagem	Maximizar	No caso em estudo, túnel de congelamento, a temperatura de saída do produto deverá ser posterior ao seu ponto de solidificação, completando o rebaixamento da temperatura até o ponto ideal na câmara de estocagem.	
	11	TBS do ar interior	Maximizar	Deverá estar em conformidade com as características do produto e ao tempo de permanência (estocagem -25°C = 1 semana → transporte -18°C → navio -18°C).	3
	12	Tempo médio de operação do(s) motor(es) no ambiente	Minimizar	O menor tempo de exposição no ambiente é o objetivo ideal.	18
	13	Dados da montagem (local)	Otimizar	Após análise do local de implantação, teremos que buscar soluções de modos a amenizar as condições desfavoráveis que se apresentarem.	
	14	Recepção diária de embalagem	Minimizar	Uma análise no processo visando a necessidade, tipo e forma da embalagem.	
	15	Coefficiente de condutibilidade térmica do isolante	Minimizar	A escolha por materiais mais nobres garantem o fluxo de calor admitido ao projeto.	
	16	Calor latente do produto	Minimizar	É uma propriedade física a qual não é possível intervir, e sim apenas controlar o real fluxo de recepção de produto.	
	17	Temperatura de recebimento da embalagem	Minimizar	Criar condições e procedimentos para estocagem da embalagem na menor temperatura possível; bem como nas salas de montagem, áreas de transporte e sala de embalagem, atenuando o ganho de temperatura das mesmas.	
	18	Potência total do(s) motor(es) no ambiente	Minimizar	Um correto dimensionamento e uma utilização de equipamentos de alto rendimento.	
	19	Calor específico do produto acima do congelamento	Minimizar	Uma correta escolha do valor segundo o tipo e variedade do produto.	7
	20	UR do ar interior	Otimizar	Da temperatura de evaporação consorciada a vazão de ar nos evaporadores, deveremos fazer uma análise de modos a garantir as condições exigidas ao produto e ao tipo de operação realizada.	
	21	Tempo médio de operação da(s) luminária(s) no ambiente	Minimizar	Um criterioso estudo às necessidades respeitando a norma regulamentar, bem como a concepção do projeto circuitando o iluminamento por áreas no ambiente.	23
	22	Calor específico da embalagem	Minimizar	Uma correta seleção do tipo de material e a forma construtiva da embalagem contribuem para uma melhor performance.	17
	23	Potência total das luminárias no ambiente	Minimizar	Um correto dimensionamento e uma utilização de luminárias e lâmpadas mais eficientes.	
	24	UR do ar de infiltração	Minimizar	Mantê-lo o mais próximo possível da UR do ar interior, de modos que a diferença de umidade seja a menor possível.	
	25	Quantidade de pessoa(s) no ambiente	Minimizar	Um correto plano de procedimentos operacionais e de manutenção vem a contribuir.	
	26	Tempo médio de permanência da(s) pessoa(s) no ambiente	Minimizar	O menor tempo de permanência e a frequência no ambiente é o objetivo ideal.	25
	27	Área de passagem da(s) porta(s)	Minimizar	Projetar portas com dimensões mínimas necessárias ao propósito a que se destina a passagem.	8
	28	Calor específico do produto abaixo do congelamento	Minimizar	Uma correta escolha do valor segundo o tipo e a variedade do produto.	
	29	Temperatura de congelamento do produto	Maximizar	É uma propriedade física a qual não é possível intervir, e sim apenas controlar o tempo para atingir o ponto de congelamento.	
	30	UR de estocagem	Otimizar	Uma análise na embalagem do produto para uma correta escolha do valor segundo condições, tipo e variedade do produto.	20

4.3. Comentários finais do capítulo

Neste capítulo através de um estudo de caso, apresentou-se o estudo da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, desenvolvida por Maribondo (2000); aplicando os documentos e ferramentas de apoio sugeridas.

A obtenção dos requisitos de projeto, representa a conclusão da FASE 1.0 - Projeto Informacional, que era o objetivo deste.

As conclusões e recomendações para futuros trabalhos, poderão ser vistas no capítulo 5 a seguir.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A melhoria em todas as áreas vem sendo adotada por um número crescente de empresas que procuram em seus processos maior qualidade, produtividade e competitividade, com o objetivo de satisfazer as constantes mudanças das necessidades dos seus clientes. Devido a estas necessidades, muitos trabalhos estão sendo realizados nesta área, desenvolvendo, analisando e aplicando metodologias de melhoramento nos processos produtivos.

Uma vez finalizada a aplicação do modelo, faz-se, agora, uma análise global do trabalho, numa revisão do que foi executado e dos resultados obtidos, derivando, daí, algumas conclusões e recomendações.

5.1 Resultados obtidos e conclusões

Ao observar o trabalho como um todo, percebe-se que os objetivos propostos foram atingidos.

No capítulo introdutório foi feita a fundamentação do problema e a definição do escopo da pesquisa, prosseguindo-se nos Capítulos 2 e 3 com levantamentos bibliográficos. Com relação às visões sobre a conservação de alimentos pelo frio e o projeto do produto, acredita-se que a pesquisa atingiu o êxito.

Um estudo de caso, no sentido de conhecer a Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares desenvolvida por Maribondo (2000), foi realizado no Capítulo 4. O caso refere-se ao desenvolvimento das especificações de

projeto para uma célula frigorífica visando a modularização do equipamento de geração de frio.

Para definição do tipo de célula frigorífica a ser estudada, fez-se uma simulação com diferentes concepções; optando-se pela que apresentou maior demanda de energia. O grupo de especificações de projeto resultantes da aplicação da metodologia incluem informações úteis, que podem ser vistas como referência para um projeto, onde a equipe analisará cada uma individualmente e tomará as decisões de modos a atingir a meta proposta.

Pôde-se comprovar que a metodologia de projeto apresentada se mostrou adequada para o estudo de caso. Esta Adequação é percebida pelo nível de detalhamento do seu processo de projeto (fases, etapas e tarefas), assim como no número e nos tipos de documentos e ferramentas de apoio para ela desenvolvidas, as quais terminam por facilitar o seu uso e a sua aplicação em vários domínios de projeto.

Demonstrou-se aqui que o projeto informacional de produto é uma atividade de significativa importância dentro desse novo tipo de gestão empresarial. Recomenda-se àqueles pesquisadores motivados pela busca de mais elucidações acerca deste tema, que se envolvam com novas problematizações, por exemplo, pelos estudos concluiu-se que a altura de uma porta é favorável a admissão do ar de infiltração; Por este motivo, a equipe deverá em sua concepção otimizar a escolha da porta a real necessidade de utilização da célula frigorífica.

Aconselha-se, inclusive, que uma das incursões se dê no desenvolvimento de sistemas de suporte computacional, para a transformação de necessidades e requisitos de projeto (expressa na linguagem verbal) em for-

mas geométricas e indicações de materiais (expressa na linguagem gráfica e analítica).

A importância da aplicação desse modelo em sistemas frigoríficos ficou evidente em virtude do papel que os mesmos desempenham na sociedade, indicando a necessidade da minimização dos efeitos do consumo energético.

Conclui-se que o modelo aqui utilizado, produziu resultados satisfatórios, respondendo-se positivamente ao objetivo inicialmente definido e comprovando-se a possibilidade e a relevância da concepção de produtos melhor dimensionados através do uso das novas soluções tecnológicas e da racionalização no emprego das já existentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE. **Refrigeration**: systems and applications. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 1990.

BACK, N. & FORCELINI, F., Notas de Aula. In: **Disciplina de Projeto Conceitual**. Florianópolis: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, 1997.

BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BARDASZ, T. Proposing analogical problem solving to mechanical design. In: PROCEEDINGS ASME INTERNATIONAL COMPUTERS IN ENGINEERING CONFERENCE AND EXPOSITION. Boston: Massachusetts, 1990.

BARRETO, R. M. **Criatividade em Propaganda**. 6. ed. São Paulo: Summus, 1982.

BAXTER, M. R. **Projeto de Produto**: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BONSIPE, G. **Las 7 Columnas del Diseño**. 1. ed. México: Universidad Autonoma Metropolitana Azcapotzalco, 1993.

BRASIL, A. D.. **Conhecimento e uso de metodologias de desenvolvimento de produtos**: uma pesquisa envolvendo 30 empresas dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.. Florianópolis: UFSC, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

COSTA, E. C. da. **Refrigeração**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

DAVIES, B. L. *et alii*. **Computer-Aided Drawing and Design**. London: Chapman & Hall, 1991.

DIAS, A. **Metodologia para Análise da Confiabilidade em Freios Pneumáticos Automotivos**. Campinas: UNICAMP, 1996. 199p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Campinas, 1996.

_____. Projeto para a confiabilidade aplicado ao processo de implantação de uma rede de gás. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento de Produto**. Ano 2, Número 2, Março 2002.

DOSSAT, R. J. **Princípios de Refrigeração**. São Paulo: Hemus, 1980.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Editora Nova Fronteira, 2^a. Edição Revisada e Ampliada (4^a. impressão), Rio de Janeiro, 1986.

FERREIRA, M. G. G. **Utilização de Modelos para a Representação de Produtos no Projeto Conceitual**. Florianópolis: UFSC, 1997. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

FIGGIE Jr., H. E. **Product Redesign as a Cost-cutting Tool**. Chairman and CEO Figgie International Inc. Richmond, VA. Machine Design, 1986.

FIOD NETO, M. **Desenvolvimento de Sistema Computacional para Auxiliar a Concepção de Produtos Industriais**. Florianópolis: UFSC, 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional**. Florianópolis: UFSC, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

FRENCH, M. J. **Engineering Design: the conceptual stage**. London: Heinemann, 1971.

GUBER, N. D. **Responsabilidade no Projeto do Produto: Uma Contribuição para a Melhoria da Segurança do Produto Industrial**. Florianópolis: UFSC, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

KOMAROV, N. S. **Tratado de Refrigeracion**. Tomo 1. Buenos Aires: Cartago, 1958.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MARIBONDO, J. F. **Desenvolvimento de uma Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, Aplicada a Unidades de Processamento de Resíduos Sólidos Domiciliares**. Florianópolis: UFSC, 2000. 277p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

MARTINELLI Jr., L. C. **Refrigeração**. Panambi: Departamento de Tecnologia UNIJUI-UERGS, 2002.

MARTINS, P. D. Projeto de engenharia: um jogo intelectual entre livre criação e ação disciplinada. In: IX ENCONTRO EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. **Anais**. 2002.

O'CONNOR, P. D. T. **Practical Reliability Engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

OGLIARI, A. **Sistematização da Concepção de Produtos Auxiliada por Computador com Aplicações no Domínio de Componentes de Plástico Injetados**. Florianópolis: UFSC, 1999. 349p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

PAHL, G. & BEITZ W. **Engineering Design: a systematic approach**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1988.

PLANK, R. **El Empleo del Frío en la Industria de la Alimentación**. Barcelona: Reverté, 1963.

- POHLMANN, W. **Manual de Técnica Frigorífica**. 3. ed. Barcelona: Omega, 1979.
- QUEIROZ, A. H. de. **Uma Proposta de Metodologia para Concepção de Novos Produtos**. Florianópolis: UFSC, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- SILVA, A. M. **Novo Dicionário Compacto da Língua Portuguesa**. Editora Confluência/Livros Horizontes, 1980. Vol. I, II, III, IV e V.
- SILVA, R. B. **Instalações Frigoríficas**. São Paulo: Grêmio Politécnico da USP, 1979.
- SLACK, N. *et alii*. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.
- TORREIRA, R. P. **Refrigeração e Ar Condicionado**. São Paulo: Fulton, 1979.
- TORRELLARDONA, S. D. **Frigoconservacion de la Fruta**. Barcelona: Aedos, 1983.
- ULLMANN, D. G. **The Mechanical Design Process**. New York : McGraw-Hill, 1992.
- VALERIANO, D. L. **Gerência em Projetos**: pesquisa, desenvolvimento e engenharia. São Paulo: Makron Books, 1998.
- WOLFENSOHN critica protecionismo agrícola de países ricos. **Jornal do Comércio**. Porto Alegre, 14 mai. 2003. 2º. Caderno - Conjuntura.
- YOSHIKAWA, H. Design philosophy: the state of the art. **Annals of the CIRP**, 38 (2), 1989. p. 579-586.

BIBLIOGRAFIA

ASHRAE. **Equipment**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 1988.

_____. **Fundamentals**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 1985.

_____. **HVAC: applications**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 1995.

_____. **HVAC: systems and equipment**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 1996.

_____. **Refrigeration: systems and applications**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 1990.

_____. **Systems**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., 1980.

BACK, N. & FORCELINI, F., Notas de Aula. In: **Disciplina de Projeto Conceitual**. Florianópolis: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, 1997.

BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio De Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BALLOT, G & DUMINIL, M. **Isolation Frigorifique**. Paris: PYC, 1981.

BARDASZ, T. Proposing analogical problem solving to mechanical design. In: PROCEEDINGS ASME INTERNATIONAL COMPUTERS IN ENGINEERING CONFERENCE AND EXPOSITION. Boston: Massachusetts, 1990.

BARRETO, R. M. **Criatividade em Propaganda**. 6. ed. São Paulo: Summus, 1982.

BASSO, J. L. **Engenharia e Análise do Valor**. São Paulo: Triângulo, 1991.

BAXTER, M. R. **Projeto de Produto**: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BONSIPE, G. **Las 7 Columnas del Diseño**. 1. ed. México: Universidad Autonoma Metropolitana Azcapotzalco, 1993.

BRASIL, A. D.. **Conhecimento e Uso de Metodologias de Desenvolvimento de Produtos**: uma pesquisa envolvendo 30 empresas dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.. Florianópolis: UFSC, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

CAMP, R. C. **Benchmarking: o Caminho da Qualidade Total**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1995.

CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. **Manual de Aire Acondicionado**. 7. ed. Barcelona: Marcombo, 1986.

CARRIER, W. H. *et alii*. **Tratado Moderno de Acondicionamiento de Aire, Calefacción y Ventilación**. Barcelona: Reverté, 1957.

CHENG, L. C. *et alii*. **QFD – Planejamento da Qualidade**. Contagem: Littera Maciel, 1995.

COSTA, E. C. da. **Física Aplicada à Construção**: conforto térmico. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

_____. **Refrigeração**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

_____. **Transmissão de Calor**. Porto Alegre: Escola de Engenharia UFRGS, 1967.

CREDER, H. **Instalações de Ar Condicionado**. 4. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1990.

CREUS, J. A. **Tratado Prático de Refrigeração Automotiva**. São Paulo: Martins Fontes, 1978.

CSILLAG, J.M. **Análise do Valor**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

DAVIES, B. L. *et alii*. **Computer-Aided Drawing and Design**. London: Chapman & Hall, 1991.

DIAS, A. **Metodologia para Análise da Confiabilidade em Freios Pneumáticos Automotivos**. Campinas: UNICAMP, 1996. 199p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Campinas, 1996.

_____. Projeto para a confiabilidade aplicado ao processo de implantação de uma rede de gás. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento de Produto**. Ano 2, Número 2, Março 2002.

DISMORE, P. C. **Transformando Estratégias Empresariais Através da Gerência por Projetos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

DOSSAT, R. J. **Princípios de Refrigeração**. São Paulo: Hemus, 1980.

DUALIB, R. & SIMONSEN Jr., H. **Criatividade & Marketing**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Editora Nova Fronteira, 2^a. Edição Revisada e Ampliada (4^a. impressão), Rio de Janeiro, 1986.

FERREIRA, M. G. G. **Utilização de Modelos para a Representação de Produtos no Projeto Conceitual**. Florianópolis: UFSC, 1997. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

FIGGIE Jr., H. E. **Product Redesign as a Cost-Cutting Tool**. Chairman and CEO Figgie International Inc. Richmond, VA. Machine Design, 1986.

FIOD NETO, M. **Desenvolvimento de Sistema Computacional para Auxiliar a Concepção de Produtos Industriais**. Florianópolis: UFSC, 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e sua Implementação Computacional**. Florianópolis: UFSC, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

FRENCH, M. J. **Engineering Design: the conceptual stage**. London: Heinemann, 1971.

GAITHER, N & FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Thomson Learning, 2001.

GIECK, K. **Manual de Fórmulas Técnicas**. 50. ed. São Paulo: Hemus, 1975.

GUBER, N. D. **Responsabilidade no Projeto do Produto: uma Contribuição para a Melhoria da Segurança do Produto Industrial**. Florianópolis: UFSC, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

HOLMAN, J. P. **Transferência de Calor**. São Paulo: McGraw-Hill, 1983.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION. **A Horro de Energia en Refrigeracion**. Barcelona: Comissió de Publicacions, Universitat Politècnica de Catalunya, 1984.

_____. **Fire Safety in Cold Stores**. Paris, 1987.

JONES, W. P. **Engenharia de ar Condicionado**. Rio de Janeiro: Campus, 1983.

KERN, D. Q. **Processos de Transmissão de Calor**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

KOMAROV, N. S. **Tratado de Refrigeracion**. Tomo 1. Buenos Aires: Cartago, 1958.

- _____. **Tratado de Refrigeracion**. Tomo 2. Buenos Aires: Cartago, 1958.
- KOTLER, P. **Administração de Marketing**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- KREITH, F. **Princípios da Transmissão de Calor**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- LABES, E. M. **Questionário**: do planejamento à aplicação na pesquisa. Chapecó: Grifos, 1998.
- MACINTYRE, A. J. **Ventilação Industrial e Controle de Poluição**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990.
- MALDONADO, T. **Ambiente Humano e Ideologia**: notas para una ecologia critica. Buenos Aires: Nueva Vision, 1972.
- MANZINI, E. **Artefactos**: hacia una nueva ecologia del ambiente artificial. Madrid: Experimenta Ediciones de Diseño y Celeste Ediciones, 1992.
- MARIBONDO, J. F. **Desenvolvimento de uma Metodologia de Projeto de Sistema Modulares, Aplicada a Unidades de Processamento de Resíduos Sólidos Domiciliares**. Florianópolis: UFSC, 2000. 277p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- MARTINELLI Jr., L. C. **Refrigeração**. Panambi: Departamento de Tecnologia UNIJUI-UERGS, 2002.
- MARTINS, P. D. Projeto de engenharia: um jogo intelectual entre livre criação e ação disciplinada. In: IX ENCONTRO EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. **Anais**. 2002.
- MC QUISTON, F. C & PARKER, J. D. **Heating, Ventilating and Air Conditioning**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982.
- MOLES, A. **Los Objetos**. Buenos Aires: Tiempo Contemporaneo, 1971.
- MORIYAMA *et alii*. **Componentes de Tubulação Industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.

MOURA, R. A. **Segurança na Movimentação de Materiais**. São Bernardo do Campo: Ivan Rossi, 1978.

MOYER, J.A & FITTZ, R. U. **Refrigeracion**. 2. ed. Buenos Aires: Alsina, 1957.

O'CONNOR, P. D. T. **Practical Reliability Engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1988.

OGLIARI, A. *et alii*. Utilização da “casa da qualidade” no projeto conceitual de produtos e sua implementação computacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 1., 1999, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: Lin Chih Cheng, 1999. p. 196-208.

OGLIARI, A. **Implementação Computacional do Processo de Concepção de Produtos Utilizando uma Análise Orientada a Objetos e Sistemas Especialistas**. Florianópolis: UFSC - Departamento Engenharia Mecânica, 1995.

_____. **Sistematização da Concepção de Produtos Auxiliada por Computador com Aplicações no Domínio de Componentes de Plástico Injetados**. Florianópolis: UFSC, 1999. 349p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

PAHL, G. & BEITZ W. **Engineering Design: a systematic approach**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1988.

PETERS, T. Fazer primeiro, pensar depois. São Paulo. **HSM Management**. n. 3, p. 14-18, 1997.

PLANK, R. **El Empleo del Frío en La Industria de la Alimentación**. Barcelona: Reverté, 1963.

PMBOK. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. Belo Horizonte: PMI-MG, 1996.

POHLMANN, W. **Manual de Técnica Frigorífica**. 3. ed. Barcelona: Omega, 1979.

QUEIROZ, A. H. de. **Uma Proposta de Metodologia para Concepção de Novos Produtos**. Florianópolis: UFSC, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

RAY, M. S. **Elements of Engineering Design, and Integrated Approach**. Department of Chemical Engineering, Western Australian Institute of Technology, 1993.

RESNICK, R. & HALLIDAY, D. **Física I**. Volume 2. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

SILVA, A. M. **Novo Dicionário Compacto da Língua Portuguesa**. Editora Confluência/Livros Horizontes, 1980. Vol. I, II, III, IV e V.

SILVA, R. B. **Compressor, Bombas de Vácuo e Ar Comprimido**. São Paulo: Grêmio Politécnico da USP, 1980.

_____. **Instalações Frigoríficas**. São Paulo: Grêmio Politécnico da USP, 1979.

_____. **Manual de Refrigeração e Ar Condicionado**. 5. ed. São Paulo: Grêmio Politécnico da USP, 1978.

SISSOM, L. E. **Fenômenos de Transporte**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979.

SLACK, N. *et alii*. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

STEMMER, C. E. **Projeto e Construção de Máquinas**. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1979.

STOECKER, W. F. & JABARDO, J. M. **Refrigeração Industrial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

STOECKER, W. F. & JONES, J. W. **Refrigeração e Ar Condicionado**. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.

TELLES, P. C. da S. **Tubulações Industriais**: cálculo. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1982.

_____. **Tubulações Industriais**: materiais, projeto e desenho. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1987.

TORREIRA, R. P. **Elementos Básicos de Ar Condicionado**. São Paulo: Hemus, 1983.

_____. **Refrigeração e Ar Condicionado**. São Paulo: Fulton, 1979.

TORRELLARDONA, S. D. **Frigoconservacion de la Fruta**. Barcelona: Aedos, 1983.

ULLMANN, D. G. **The Mechanical Design Process**. New York: McGraw-Hill, 1992.

VALERIANO, D. L. **Gerência em Projetos**: pesquisa, desenvolvimento e engenharia. São Paulo: Makron Books, 1998.

VAN WYLEN, G. J. & SONNTAG, R. E. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

WOLFENSOHN critica protecionismo agrícola de países ricos. **Jornal do Comércio**. Porto Alegre, 14 mai. 2003. 2º. Caderno - Conjuntura.

YOSHIKAWA, H. Design philosophy: the state of the art. **Annals of the CIRP**, 38 (2), 1989. p. 579-586.