



**UFSM**

**Dissertação de Mestrado**

**OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO  
DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA POR MEIO DE  
UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO**

---

**Volnei Alfredo Giacomini**

**PPGEP**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO  
DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA POR MEIO DE  
UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO**

---

**por**

**Volnei Alfredo Giacomini**

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 a 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

**OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO  
DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA POR MEIO DE  
UMA METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTO**

elaborada por  
**Volnei Alfredo Giacomini**

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

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Arno Udo Dallmeyer**  
(Presidente/Orientador)

**Leonardo Nabaes Romano**

**André Ogliari**

Santa Maria, 31 de maio de 2004

---

© 2004

Todos os direitos autorais reservados a Volnei Alfredo Giacomini. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização, por escrito, do autor. Endereço: Rua Cristóvão Colombo, n. 310A, Bairro Vila Rosa, Novo Hamburgo, RS, 93310-320, fone (0xx)51 5273451, end. eletr: [v\\_giacomini@yahoo.com](mailto:v_giacomini@yahoo.com)

---

**O único lugar onde o sucesso vem  
antes do trabalho é no dicionário.**

( Albert Einstein )

**DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho às cinco pessoas mais importantes da minha vida: meu pai, Generino Olinto Giacomini; minha mãe, Wilma Bortolotto Giacomini; minha esposa, Claudia Regina Dotto e minhas filhas, Luisa Dotto Giacomini e Julia Dotto Giacomini.

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	01
2	Conservação de alimentos.....	07
2.1	Introdução.....	07
2.2	Resumo histórico da conservação de alimentos.....	08
2.3	Preservação e conservação de alimentos.....	12
2.3.1	Microbiologia em alimentos.....	14
2.3.1.1	Classificação dos microorganismos.....	14
2.3.1.2	Crescimento dos microorganismos nos alimentos.....	15
2.3.1.3	Fatores que influenciam no crescimento dos microorganismos nos alimentos.....	17
2.3.2	Métodos e processos para a conservação de alimentos ....	19
2.4	Conservação de alimentos pelo emprego do frio.....	22
2.4.1	Refrigeração.....	22
2.4.1.1	Alimentos de origem vegetal.....	23
2.4.2	Congelação.....	24
2.4.3	Supergelação.....	27
2.4.4	Liofilização.....	28
2.5	Instalações frigoríficas.....	28
2.5.1	Componentes de uma instalação frigorífica.....	28

2.5.2	Princípio de geração de frio numa instalação frigorífica..	29
2.5.3	Compressores.....	31
2.5.3.1	Compressores alternativos.....	32
2.5.3.2	Compressores de parafuso.....	32
2.5.4	Trocadores de calor.....	33
2.5.4.1	Evaporadores.....	33
2.5.4.2	Condensadores.....	35
2.5.5	Bombas.....	35
2.5.6	Vasos de pressão e tubulações.....	35
2.5.6.1	Separadores de líquido.....	36
2.5.6.2	Recipientes ou reservatórios de líquido.....	36
2.5.6.3	Tubulações.....	37
2.6	Considerações finais.....	38
3	Metodologias de projeto.....	39
3.1	Introdução.....	39
3.2	Projeto de produto.....	39
3.2.1	Processo de projeto.....	41
3.3	Metodologia de projeto.....	47
3.4	Evolução da sistematização do projeto de produto.....	49
3.5	Metodologias mais recentes de projeto do produto.....	60
3.6	Morfologia do processo de projeto de sistemas modulares..	62
3.7	Início do projeto.....	66
3.8	FASE 1.0: Projeto informacional do sistema modular.....	67
3.9	Documentos e ferramentas de apoio à FASE 1.0: Projeto In- formacional do Sistema Modular.....	70
3.9.1	Ordem de serviço.....	70



3.9.2 Ciclo de vida do produto.....	73
3.9.3 Catálogo de informações técnicas.....	74
3.9.4 Formulário de identificação de oportunidades.....	77
3.9.5 Definição do problema de projeto.....	79
3.9.6 Questionários estruturados.....	79
3.9.7 Lista de requisitos de projeto.....	80
3.9.8 Quadro de especificações de projeto.....	81
3.9.9 Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto.....	82
3.9.10 Análise dos produtos concorrentes.....	83
3.9.11 Matriz da casa da qualidade.....	88
3.10 Considerações finais.....	91
4 Projeto informacional de uma câmara frigorífica.....	92
4.1 Introdução.....	92
4.2 Aplicação da metodologia de projeto de sistemas modulares.....	93
4.3 Considerações finais.....	113
5 Conclusões.....	114
5.1 Introdução.....	114
5.2 Conclusões.....	115
5.3 Recomendações.....	116
Referências Bibliográficas.....	117
Apêndices.....	124
Introdução.....	124
Apêndice A: FASE 2.0 – Projeto conceitual do sistema modular.....	124

Apêndice B: FASE 3.0 – Projeto preliminar do sistema modular..	
.....	130
Apêndice C: FASE 42.0 – Projeto detalhado do sistema modular..	
.....	133

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Exemplos de projeto de câmara frigorífica.....	05
FIGURA 2 – Curva de crescimento dos microorganismos nos alimentos.....	16
FIGURA 3 – Curva das fases da congelação dos alimentos.....	25
FIGURA 4 – Esquema de uma instalação frigorífica.....	30
FIGURA 5 – Secção transversal de um compressor parafuso....	32
FIGURA 6 – Resfriamento de um fluido por um evaporador....	33
FIGURA 7 – Representação do processo de projeto por meio de fluxo.....	44
FIGURA 8 – Fluxo geral da metodologia de projeto de sistemas modulares.....	63
FIGURA 9 – Significado da convenção utilizada na construção do modelo de projeto.....	65
FIGURA 10 – Projeto informacional do sistema modular.....	68
FIGURA 11 – Ordem de serviço: Folha 1 (DOCUMENTO 1).....	71

FIGURA 12 – Ordem de serviço: Folha 2 (DOCUMENTO 1).....	72
FIGURA 13 – Ciclo de vida do produto. (DOCUMENTO 2).....	73
FIGURA 14 – Catálogo de informações técnicas: Folha 1 (DOCUMENTO 3).....	75
FIGURA 15 – Catálogo de informações técnicas: Folha 2 (DOCUMENTO 3).....	76
FIGURA 16 – Formulário de identificação de oportunidades (DOCUMENTO 4).....	78
FIGURA 17 – Definição do problema de projeto (DOCUMENTO 5).....	79
FIGURA 18 – Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto (FERRAMENTA 1).....	83
FIGURA 19 – Análise dos produtos concorrentes (FERRAMENTA 2).....	84
FIGURA 20 – Ilustração da matriz da casa da qualidade (FERRAMENTA 3).....	89
FIGURA 21 – Documento D2.....	95
FIGURA 22 – Documento D3 (Folha 1).....	97
FIGURA 23 – Documento D3 (Folha 2).....	98
FIGURA 24 – Documento D4.....	100
FIGURA 25 – Documento D5.....	101
FIGURA 26 – Documento D6.....	102
FIGURA 27 – Matriz da casa da qualidade.....	109

FIGURA 28 – Projeto conceitual do sistema modular (Roteiro 1). .....	126
FIGURA 29 – Projeto conceitual do sistema modular (Roteiro 2). .....	128
FIGURA 30 – Projeto preliminar do sistema modular.....	131
FIGURA 31 – Projeto detalhado do sistema modular.....	134

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Modelos de projetos prescritivos.....	46
QUADRO 2 – Modelos de projetos descritivos.....	47
QUADRO 3 – Visão da evolução da literatura sobre a ciência de projeto.....	57
QUADRO 4 – Etapas do projeto informacional do sistema modular.....	69
QUADRO 5 – Estabelecimento dos requisitos de projeto (DOCUMENTO 7).....	80
QUADRO 6 – Quadro de especificações de projeto (DOCUMENTO 8).....	82
QUADRO 7 – Recomendações de projeto destinadas a auxiliar os projetistas a justificarem as pontuações atribuídas para cada produto em análise.....	86
QUADRO 8 – Principais requisitos dos clientes.....	105
QUADRO 9 – Valoração dos requisitos dos clientes.....	106
QUADRO 10 – Estabelecimento dos requisitos de projeto.....	107
QUADRO 11 – Especificações de projeto.....	111

QUADRO 12 – Etapas do projeto conceitual do sistema modular (Roteiro 1).....	127
QUADRO 13 – Etapas do projeto conceitual do sistema modular (Roteiro 2).....	129
QUADRO 14 – Etapas do projeto preliminar do sistema modular .....	132
QUADRO 15 – Etapas do projeto detalhado do sistema modular .....	135

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Produção de maçãs (em mil ton).....	04
TABELA 2 – Resultados obtidos com a aplicação do questionário junto aos clientes.....	104



## **RESUMO**

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

### **OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA POR MEIO DE UMA METODOLO- GIA DE PROJETO DE PRODUTO**

Autor: Volnei Alfredo Giacomini

Orientador: Arno Udo Dallmeyer

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 31 de maio de 2004.

O objetivo desta dissertação é o emprego de uma metodologia de projeto de produto para a obtenção das especificações de projeto de uma câmara frigorífica para a estocagem de maçãs.

A motivação para a realização deste trabalho foi a constatação do pouco conhecimento que os profissionais da área de projetos, que atuam na indústria de refrigeração, têm a respeito das metodologias de projeto e literaturas ligadas ao processo de projeto. Diante desta constatação foi realizado um estudo mais aprofundado a respeito da siste-

matização do projeto a fim de se obter um maior conhecimento a respeito das metodologias de projeto existentes.

Com os conhecimentos adquiridos foi realizado um estudo de caso que consistiu na aplicação da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares desenvolvida por Juscelino de Farias Maribondo, para a obtenção das especificações de projeto de uma câmara frigorífica para a estocagem de maçãs.

Os resultados obtidos com aplicação da metodologia foram bastante significativos, pois por meio de suas ferramentas e documentos de apoio que, até então, eram desconhecidos, obtivemos uma melhor visão e organização das tarefas a serem realizadas durante o projeto e montagem da câmara frigorífica.

Como principal contribuição deste trabalho, pode-se citar a divulgação e a utilização de ferramentas que podem auxiliar os profissionais da área de projeto no desenvolvimento de novos produtos ou reprojeto de produtos já existentes.

## **ABSTRACT**

The purpose of this dissertation is to use a product design methodology to obtain the design requirements of a cold room for apple storage.

The motivation to do this dissertation was the lack of knowledge about design methodologies and design process literature by professionals that work in the refrigeration industry. For that reason, a deeper study about design systematization was developed to obtain more knowledge about existent design methodologies.

With the knowledge acquired, a case study, that consisted of the application of the Modular Product Design Methodology, developed by Juscelino de Farias Maribondo, was carried out to obtain the design requirements of a cold room for apple storage.

The results obtained with the application of the methodology were very significant, because by using its tools and documents of support, that were unknown until now, we obtained a better vision and

organization of the tasks to be done during the design and assembly of the cold room.

The main contribution of this work is to divulge and use tools that may help the professionals of design area develop new products or improve existent products.

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com a globalização e o avanço tecnológico, a competitividade entre as empresas está cada vez mais acirrada, exigindo delas uma maior flexibilidade e rapidez no seu processo produtivo. Além de flexibilidade e rapidez também a satisfação do cliente torna-se primordial num meio competitivo, pois ela poderá transformar o cliente num parceiro de negócios.

Nesse contexto, o projeto de produto passa a ser de suma importância numa empresa, pois, por meio dele, a empresa poderá alcançar: flexibilidade, rapidez e satisfação do cliente, tornando-se assim mais competitiva.

Mas, o projeto de produto não é algo simples. Segundo Baxter (1998, p. 3) “de um modo geral, de cada dez idéias sobre novos produtos, três serão desenvolvidas, 1,3 serão lançadas no mercado e apenas uma será lucrativa”.

Ainda segundo Baxter (1998, p. 3) “a atividade de desenvolvimento de um novo produto não é simples e nem direta. Ela requer pesquisa, planejamento cuidadoso, controle metuculoso e, mais importante, o uso de métodos sistemáticos”.

Sendo assim, vários processos sistemáticos e metodológicos têm surgido que, associados ao processo criativo do ser humano, auxiliam os projetistas no desenvolvimento de novos produtos.

Dentro desses processos estão as metodologias projetuais, que serão alvo deste trabalho.

Como auxílio trazido aos projetistas, pelas metodologias, pode-se citar:

As metodologias de projeto auxiliam os projetistas a:

- 1) Desenvolver métodos de trabalho sistemáticos que possibilitam a procura de um maior número de soluções novas e o aprimoramento das soluções existentes, de acordo com a formulação inicial do problema;
- 2) Estabelecer regras, diretrizes e parâmetros para a conformação construtiva, aplicação de elementos e o respectivo dimensionamento realizando, assim, produtos otimizados economicamente, funcionalmente e em relação a sua fabricação;
- 3) Estabelecer critérios para a seleção das variantes elementares e conceituais em relação a sua otimização técnico econômica;
- 4) Possibilitar a racionalização do processo construtivo;
- 5) Compilar a informação sobre os campos de conhecimento antigos, aperfeiçoados e novos. (SKARKIS apud Maribondo, 2000, p. 1)

Ainda, segundo Maribondo (2000, p. 2), “elas são de aplicação geral; podem ser utilizadas em qualquer tipo de projeto; facilitam e reduzem o tempo de desenvolvimento do projeto; ajudam a produzir soluções definidas e precisas, podem ser codificadas para uma linguagem computacional, entre outras”.

Apesar desses processos metodológicos serem largamente sugeridos pelos pesquisadores com o objetivo de auxiliar os projetistas no desenvolvimento de novos produtos, estes ainda são pouco conhecidos e utilizados no meio industrial. Segundo Brasil (1997, Cap. 5, p. 7), “os profissionais não conhecem metodologias científicas de desenvolvimento de produtos e nem literatura que trate do assunto”.

Dentro desse contexto, pode-se traçar os seguintes objetivos para este trabalho:

- ◆ adquirir um maior conhecimento a respeito das metodologias de projeto bem como de suas ferramentas e documentos de apoio.
- ◆ obter especificações de projeto de uma câmara frigorífica para estocagem de maçãs pela aplicação de uma metodologia projetual.

A justificativa para o produto escolhido ser uma câmara frigorífica é que atualmente não\* se emprega nenhuma metodologia para o desenvolvimento do projeto de uma câmara frigorífica, de modo que a sistemática de realização do projeto está somente na cabeça dos projetistas e não numa forma escrita com definições claras para as tarefas a serem realizadas. Isso muitas vezes gera re-trabalho pois as tarefas podem ser realizadas numa seqüência incorreta e/ou não disponibilizar todas as informações necessárias para a realização das tarefas subsequentes.

---

\* Afirmação baseada na experiência do autor deste trabalho em projetos de câmaras frigoríficas.

Já a escolha de uma câmara frigorífica para a estocagem de maçãs se deu pelo fato de que a produção, no Brasil, desse tipo de alimento está em crescimento. Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Maçãs (<http://www.abpm.org.br/estatisticas/informacoesestatisticasmundo.htm#>, acesso em 28 maio 2004), o Brasil ocupava a décima sexta posição no ranking mundial geral de 2002, a Argentina a décima quinta e o Chile a primeira posição.

A produção brasileira de maçãs pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 – Produção de maçãs (em mil ton)

Ano	SC	RS	PR	SP	Outros	Brasil
1999/00	500,1	427,0	36,0	4,9	-	968,0
2000/01	378,7	304,4	23,8	2,8	-	709,7
2001/02	474,5	346,3	33,8	2,7	-	857,3
2002/03	411,3	303,0	32,0	-	2,0	748,3
2003/04*	583,6	486,0	41,6	-	-	1111,2

\* Estimativa

Fonte: <http://www.abpm.org.br/estatisticas/informacoesestatisticasbrasil.htm#>, acesso em 28 maio 2004

A metodologia a ser aplicada neste caso será: METODOLOGIA DE PROJETO DE SISTEMAS MODULARES, desenvolvida por Juscelino de Farias Maribondo.

Segundo Maribondo (2000, p.10) “o termo sistemas modulares se refere a uma técnica de projetos 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”.

Para o caso de uma câmara frigorífica os módulos são os painéis isolantes e os evaporadores, como pode-se ver na Figura 1.

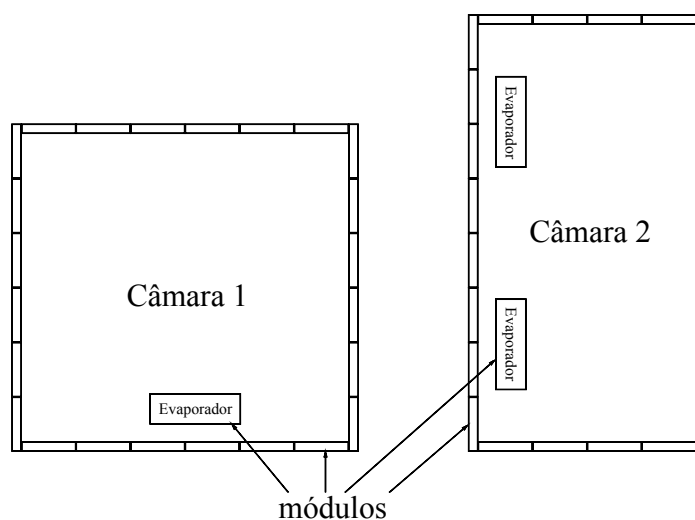


Figura 1 – Exemplos de projeto de câmaras frigoríficas

Neste estudo de caso, em razão do tempo e também dos custos envolvidos para a elaboração deste trabalho, estar-se-á aplicando somente a primeira fase da metodologia de projeto de sistemas modulares, ou seja, o Projeto Informacional.

Este trabalho foi assim subdividido:

O **Capítulo 1** procura mostrar a importância da utilização de metodologias de projeto no desenvolvimento de produtos.

O **Capítulo 2** trata da conservação de alimentos. Nele, será apresentado um resumo histórico da conservação de alimentos, um breve estudo sobre a microbiologia em alimentos, como são classificados os métodos empregados na conservação dos alimentos, uma revisão dos

conceitos fundamentais da calorimetria assim como um breve estudo dos processos de conservação de alimentos pelo emprego do frio.

O **Capítulo 3** é destinado às metodologias projetuais. Nesse capítulo são mostradas algumas metodologias projetuais existentes, a sua classificação e suas respectivas características.

O **Capítulo 4** trata da aplicação da metodologia de projeto de sistemas modulares com a apresentação dos resultados obtidos.

O **Capítulo 5** trata das conclusões e das recomendações para trabalhos futuros.

Em **Apêndices**, estão descritas as FASES 2.0, 3.0 e 4.0 da metodologia de projeto de sistemas modulares.

## **2 CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS**

### **2.1 Introdução**

À medida que a população mundial cresce, aumenta também o número de pessoas que passam fome. Isso ocorre em todas partes do mundo. Pode-se ver diariamente reportagens na televisão, jornais e revistas sobre a fome no Brasil, na Índia, na África, e em outros países.

Nesse contexto a conservação de alimentos representa um importante meio de combate à fome.

O processo de conservação pelo emprego do frio foi um dos processos pioneiros utilizados para a conservação dos alimentos, tendo o seu grande impulso no século XIX, com o surgimento das primeiras máquinas para a obtenção do gelo artificial e das primeiras instalações frigoríficas comerciais.

Daqueles anos para cá, a utilização do frio para a conservação de alimentos tem crescido progressivamente, de modo torná-lo um dos processos mais utilizados atualmente.

Baruffaldi & Oliveira (1998) dizem que, “porém, uma coisa é certa, a cada dia aumenta o número de alimentos passíveis de serem conservados pelo frio. A cada dia desenvolvem-se as técnicas e, dessa forma, diminuem-se os custos, melhora-se a qualidade, reduzem-se as perdas e os desperdícios, mantêm-se melhor o gosto, o sabor, a cor e a textura” (p. 63).

O objetivo deste capítulo é mostrar um resumo histórico da conservação de alimentos; a diferença entre preservação e conservação de alimentos; um breve estudo sobre a microbiologia em alimentos e quais os métodos e processos empregados para a conservação dos alimentos.

## **2.2 Resumo histórico da conservação de alimentos**

Segundo Evangelista (1998, p.279), “será impossível contar e situar no tempo a verdadeira história da preservação e conservação dos alimentos”.

Ainda segundo Evangelista (1998), na era pré-histórica, em razão da pequena população humana e também pela existência em grande quantidade de frutas, vegetais e animais, o homem não precisava fazer muito esforço para conseguir alimentos. Porém, à medida que os povos se faziam, os alimentos foram se escasseando, fazendo com que o homem passasse a ter uma vida nômade com a sua fonte alimentar baseada na caça, na pesca, nos vegetais e nas frutas silvestres.

Com o aumento de suas clãs, começaram a surgir os problemas de falta de alimentos, obrigando o ser humano à recorrer a plantação e à criação de animais para satisfazer as suas necessidades alimentícias. Em razão das características das colheitas, do abate de animais, da extração do leite, etc., que fornecem grandes quantidades de alimentos de uma só vez, a maior parte desses alimentos estragavam, em consequência da sua perecibilidade. Dessa necessidade de consumir os produtos imediatamente, nasceu a idéia de os conservar, para um uso posterior, para isso, o homem utilizou a sua força de observação e as condições climáticas da natureza como recursos para a conservação de seus alimentos.

Segundo Evangelista (1998, p. 279), “o calor, o frio, a exposição ao sol e as correntes de ar aquecidos, a defumação e a salga, assim como o uso de vinagre, dos bálsamos, das resinas e do mel, constituíram e fizeram parte de processos pioneiros, para a manutenção do tempo de “vida útil” dos alimentos”.

Na era cristã, frutos dessecados eram bastante utilizados.

Posteriormente, produtos animais foram submetidos ao processo de secagem ao sol, só ou combinado com a salga e a defumação.

“Bem antes do surgimento do cristianismo, os fenícios enviaram a Jerusalém peixes por eles salgados e defumados” (Evangelista, 1998, p. 280).

Gregos e romanos também usavam o sal para a secagem da carne e do peixe.

Os índios norte-americanos utilizavam as correntes aquecidas para a secagem da carne de búfalos.

Já os habitantes de regiões frias utilizavam a neve e o gelo para resfriar os alimentos, instituindo, com isso, o processo de resfriamento dos alimentos.

Segundo Baruffaldi & Oliveira (1998, p. 63), “levantamentos dizem ser o gelo conhecido desde há milênios, pois um poeta chinês, She King, em 1100 a.C. falou sobre sua produção. Os egípcios e os hindus já o conheciam desde 500 a.C. e isto é relatado pelo grego Protágoras”

Além do gelo, os alimentos também eram guardados em sítios frescos, em cavernas, mergulhados em água congeladas de mares, rios e lagos, e em buracos feitos no solo.

Madrid Vicente *et alii* (1994) dizem-nos que “a utilização de atmosferas modificadas para a conservação de alimentos é muito antiga, vem dos remotos tempos bíblicos. No norte da África, e no Oriente Médio, na China, etc., os agricultores, há mais de 2.000 anos, escavavam buracos na terra, em lugares secos, onde conservavam os cereais durante períodos de um ou vários anos” (p. 11).

O século XVIII marcou o início dos esforços para a obtenção de novos processos para a conservação de alimentos. Foi nesse século que surgiram as primeiras referências à obtenção artificial do gelo e da refrigeração mecânica.

“Nas cercanias de 1750, apareceram as primeiras referências e princípios da obtenção artificial do gelo e da refrigeração mecânica” (Evangelista, 1998, p. 325).

Somente no século XIX é que começam a surgir as primeiras máquinas para a produção de gelo e para o resfriamento do ar.

Segundo Baruffaldi & Oliveira (1998, p. 63), “em 1844, John Gorrie descreveu uma nova máquina para fazer gelo e produzir ar frio, necessários em seu hospital. Patenteou a invenção e conseguiu reconhecimento universal. Esta foi a primeira máquina utilizada na fabricação de gelo e de ar refrigerado”.

Porém, somente em 1850 é que o frio industrial foi utilizado pela primeira vez para a conservação de alimentos.

Essa afirmativa é corroborada por Evangelista (1998), que nos diz que “somente, porém, em 1850, na França, foi empregado por Carré, para a conservação de alimentos, o frio industrial, através de sua máquina de amoníaco, para absorção de calor” (p. 325).

O ano de 1850 marcou o início do desenvolvimento do frio industrial, permitindo que se criassem ambientes com circulação forçada de ar frio, para a conservação de alimentos. Mas, foi somente a partir de 1859 que começaram a surgir as primeiras instalações frigoríficas comerciais.

Segundo Evangelista (1998, p. 325), “ainda Carré, em 1859, fez a primeira instalação comercial frigorífica, em uma cervejaria de Marselha”.

Com o desenvolvimento do frio industrial, os métodos para a conservação de alimentos utilizando o frio industrial foram evoluindo e outros novos surgindo.

Segundo Baruffaldi & Oliveira (1998, p. 63), “Clarence Birdseye foi um dos pioneiros no processo de refrigeração e congelamento rápido e, baseado em seus métodos, em 1930, outros pesquisadores chegaram aplicar o mesmo em hortaliças”.

A evolução das técnicas de produção de frio foi grande, a ponto de causarem uma revolução em nossos hábitos alimentares. O frio também passou a ser aplicado com outros objetivos: conforto térmico, processos industriais, etc. e, hoje, é o meio utilizado para a conservação da maioria dos nossos alimentos.

### **2.3 Preservação e conservação de alimentos**

Apesar de preservação e a conservação terem praticamente o mesmo significado nos dicionários da língua portuguesa, na área de Tecnologia de Alimentos eles são processos independentes, que geralmente se complementam. Eles estabelecem a continuidade necessária para garantir que os alimentos e os produtos alimentícios tenham os seus valores organoléuticos e nutritivos inalterados e apresentem condições higiênicas capazes de assegurar o seu consumo.

Em razão disso, as principais medidas preventivas são, muitas vezes, confundidas com a ação dos processos de conservação.

Para Evangelista (1998), a preservação é feita mediante normas higiênicas cujo objetivo é proteger o alimento natural por meio de preparação culinária ou de produto, em todas as suas etapas desde a colheita até a sua ingestão.

As principais medidas preventivas são:

#### **a) Medidas ligadas à higiene:**

- Cumprimento dos cuidados higiênicos gerais
- Impedimento e eliminação de focos toxi-infecciosos



**b) Medidas ligadas a agentes físicos e químicos:**

- Promoção de vácuo
- Adicionamento de aditivos
- Uso de gases inertes
- Aplicação de inseticidas, fungicidas e bactericidas

**c) Medidas ligadas ao manuseio:**

- Exclusão de manobras impróprias, capazes de prejudicar os valores organoléuticos

**d) Medidas ligadas as embalagens:**

- Emprego adequado de embalagens rígidas, semi-rígidas e flexíveis

**e) Medidas ligadas ao armazenamento:**

- Condições ambientais convenientes (temperatura, umidade, etc.)

**f) Medidas ligadas ao transporte:**

- Condições apropriadas de transporte

**g) Medidas ligadas aos macroelementos:**

- Combate aos insetos e animais predatórios

Por outro lado conservação de alimentos consiste em proteger os alimentos contra a ação de agentes que provocam alteração ou modificações nos alimentos. Esses agentes podem ser biológicos (microorganismos e enzimas), químicos (oxigênio e água) ou físicos (luz e calor).

### **2.3.1 Microbiologia em alimentos**

De todos os agentes, anteriormente citados, os microorganismos são os mais importantes, pela grande variedade de efeitos que causam, pela velocidade e intensidade das alterações provocadas e pela assiduidade de sua presença.

“A atividade microbiana é causada principalmente pelo crescimento em número de microorganismos presentes no alimento. Pode-se citar que esta é das principais causas de perecibilidade de alimentos” (Baruffaldi & Oliveira, 1998, p. 77).

Segundo Potter & Hotchkiss (1995), existem milhares de gêneros e espécies de microorganismos, e eles podem ser encontrados em todo lugar: no solo, na água, no ar, nas peles e penas dos animais, nos intestinos e outras cavidades dos corpos dos animais, nas cascas das frutas e grãos, nos vegetais, nos equipamentos não-higienizados, utilizados para o processamento de alimentos, assim como nas mãos, pele e roupas das pessoas que manuseiam os alimentos.

Cabe salientar que nem todos os microorganismos presentes nos alimentos são indesejáveis.

Segundo ASHRAE (1998, p. 11.1), “certos organismos causam doenças; outros são benéficos e são requeridos para produzir alimentos tais como queijos, vinho e repolho em conserva através da fermentação”.

#### **2.3.1.1 Classificação dos microorganismos**

Segundo ASHRAE (1998), os microorganismos são classificados em quatro categorias: bactérias, fungos, mofos e vírus.

As bactérias apresentam uma maior taxa de crescimento, em ótimas condições, do que fungos e mofos o que faz delas um dos principais meios de deterioração dos alimentos, especialmente em alimentos refrigerados e úmidos.

Segundo Potter & Hotchkiss (1995, p. 118) “as bactérias multiplicam-se pela divisão celular. Uma célula torna-se duas, duas tornam-se quatro, e assim por diante, num comportamento exponencial. Em condições favoráveis, as bactérias podem duplicar o seu número a cada 30 minutos”.

Já segundo ASHRAE (1998), os fungos e mofos tornam-se importantes em situações que restringem o crescimento das bactérias, tais como em produtos ácidos ou secos. Fungos podem causar a formação de gases em sucos e a formação de limo nos produtos fermentados.

Os vírus, por sua vez, são parasitas intracelulares, específicos para um individual hospedeiro. Vírus humanos, tais como o da hepatite A, não podem multiplicarem-se fora do corpo humano.

### **2.3.1.2 Crescimento dos microorganismos nos alimentos**

Todas as populações de microorganismos crescem seguindo a curva generalizada ilustrada na Figura 2.

No início, na fase denominada de ATRASO, os microorganismos começam a se adaptar às novas condições ambientais e a população dos mesmos começa crescer. Essa fase é muito importante, porque a conservação e o tempo de produção, dos alimentos estão diretamente ligados à duração dessa fase.

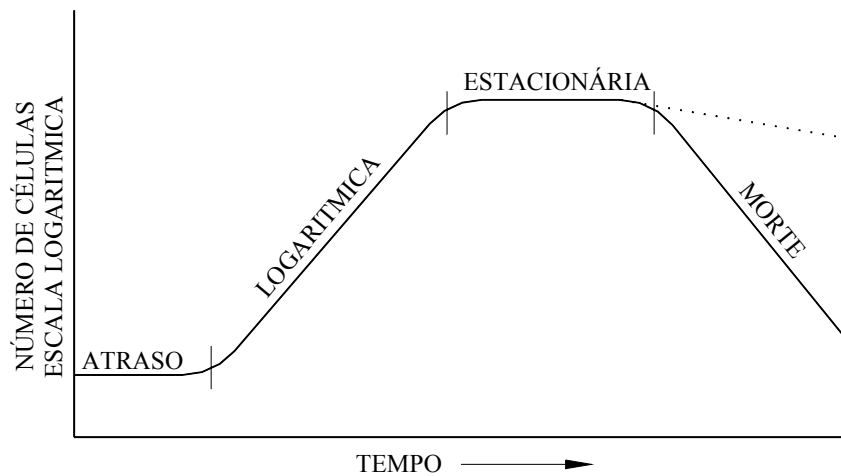


Figura 2 – Curva de crescimento dos microorganismos nos alimentos. Fonte: ASHRAE Refrigeration Handbook (1998).

Após adaptados, os organismos entram para a fase denominada de LOGARÍTMICA. Nessa fase, apresentam a sua maior taxa de crescimento e nenhum controle é possível sem a aplicação de medidas drásticas. Como já vimos, os organismos podem dobrar o seu número a cada 20 ou 30 minutos, quando sob condições ótimas para a sua reprodução. É no final desta fase que geralmente ocorre, quando possível, a produção de toxinas e esporos de maturação.

Passada a fase de crescimento os microorganismos passam para a fase ESTACIONÁRIA. Nessa fase, os nutrientes essenciais são esgotados e /ou características inibitórias aos produtos são acumuladas. Finalmente na fase denominada de MORTE, os microorganismos morrem, numa taxa que dependerá do microorganismo, do meio e de outras características ambientais.

### **2.3.1.3 Fatores que influenciam no crescimento dos microorganismos nos alimentos**

Segundo ASHRAE (1998), os fatores que influenciam no crescimento populacional dos microorganismos em alimentos são divididos em: fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos são aqueles ligados à composição dos alimentos, por exemplo: nutrientes, inibidores, estrutura biológica, acidez, água e a presença de microorganismos competidores. Já os fatores extrínsecos são aqueles ligados ao meio no qual os alimentos são armazenados, por exemplo: temperatura, umidade relativa e nível de oxigênio.

Vejamos primeiramente os fatores intrínsecos:

**Nutrientes:** como qualquer outro ser vivo, os microorganismos necessitam de comida para se desenvolverem. Fontes de carbono e energia são fornecidos na forma de açúcar e amido. Nitrogênio pode ser encontrado pela presença de proteínas. Vitaminas e sais minerais também são necessários.

Sendo assim, uma maneira de evitar o crescimento populacional dos microorganismos é privá-los dos nutrientes necessários ao seu crescimento. Isso pode ser feito pela utilização de equipamentos de facilitem a remoção de resíduos de alimentos não embalados nos ambientes de estocagem.

**Inibidores:** as substâncias inibidoras presentes nos alimentos podem ser tanto naturais como podem ser adicionadas na forma de conservantes. Cabe salientar que conservantes não são substitutos para as práticas de higiene, pois com o tempo os microorganismos podem

desenvolver resistências contra estes. Aqui também, é essencial a utilização de processos que permitam uma fácil limpeza.

**Microorganismos Competidores:** a presença de alguns microorganismos afeta o crescimento de outros, isso porque alguns produzem inibidores combinados ou crescem mais rápido que outros, outros estão mais aptos para usar os nutrientes disponíveis no alimento.

**Água:** todas as formas de vida precisam de água para se desenvolver.

**Acidez:** a maioria dos microorganismos crescem quando o pH é na ordem de 7,0. Poucos microorganismos crescem em condições alcalinas, enquanto que alguns, como fungos, mofos, são tolerantes aos ácidos.

Já os fatores extrínsecos:

**Temperatura:** os microorganismos são capazes de crescer numa ampla faixa de temperaturas. Os microorganismos que conseguem crescer em temperaturas acima de  $+45^{\circ}\text{C}$ , tendo seu crescimento máximo entre  $54^{\circ}\text{C}$  e  $65^{\circ}\text{C}$ , são denominados de microorganismos termófilos. Esses microorganismos crescem extremamente rápido com tempo de reprodução de 10 a 20min.

Os microorganismos, que apresentam um melhor crescimento, em temperaturas entre  $20^{\circ}\text{C}$  e  $45^{\circ}\text{C}$ , são chamados de microorganismos mesófilos. O tempo de reprodução para os mesófilos é de 20 a 30min. Em consequência de sua rápida reprodução, os alimentos deverão ser resfriados o mais rápido possível.

Por último os microorganismos, que crescem em temperaturas muito baixas, chegando a crescer até a  $-5^{\circ}\text{C}$ , são chamados de psicró-

filos. O tempo de reprodução para esses microorganismos é de 1 a 2h ou mais. Apesar de necessitarem de mais tempo para a reprodução que os termófilos e mesófilos, os psicrófilos representam a maior ameaça para a duração dos alimentos.

**Umidade Relativa:** como já visto anteriormente, nos fatores intrínsecos, todas as formas de vida necessitam de água para sobreviver. Ambientes com água agem com agentes transmissores de microorganismos, de um lado para outro por meio do fluxo de pessoas.

**Oxigênio:** os microorganismos são classificados quanto à necessidade de oxigênio para a sua sobrevivência da seguinte forma: aeróbicos, anaeróbicos e facultativos. Os aeróbicos são aqueles que necessitam de oxigênio para o seu crescimento. Já os anaeróbicos são aqueles que não precisam de oxigênio para crescer. E, por último, os facultativos são aqueles que crescem com ou sem oxigênio.

### 2.3.2 Métodos e processos para conservação de alimentos

Segundo Evangelista (1998), para combater os microorganismos indesejados, é necessário que seja criado um meio adverso ao seu desenvolvimento. Mas, somente a criação de um meio desfavorável ao desenvolvimento dos microorganismos não é suficiente, eles também deverão ser combatidos diretamente.

Por isso, os processos de conservação de alimentos apóiam-se não só na redução parcial ou total dos microorganismos, mas também na modificação ou eliminação de uma ou mais condições necessárias ao seu desenvolvimento.

Os processos de conservação a serem aplicados dependerão da flora microrgânica existente no alimento bem como de seu tipo e estado. Por exemplo: para o combate aos microorganismos termófilos, mesófilos e psicrófilos deverá ser aplicado um tratamento baseado na variação de temperatura. Já para o combate aos microorganismos aeróbicos e anaeróbicos, o tratamento deverá ser baseado na variação da taxa de oxigênio disponível.

Ainda segundo Evangelista (1998), os processos de conservação são baseados em métodos de temperatura (calor e frio), de supressão de elementos (água e oxigênio), de adição de açúcar, de substância químicas (aditivos) e de gases, de defumação, de agentes fermentativos (fermentação alcoólica e láctica), de irradiações, etc.

Abel Sanchez Diaz *apud* Evangelista (1998, p. 285) classifica os métodos de conservação de alimentos, quanto à sua ação antimicrobiana e antienzimática da seguinte forma:

**a) Métodos para destruir microorganismos e enzimas:**

- Baseados na alta temperatura
- Baseados em conservadores
- Baseados em antibióticos
- Baseados na radiação ionizante

**b) Métodos para paralisar ou dificultar a ação microorganismos e enzimas:**

- Atuantes sobre os microorganismos e enzimas: baseados em diferentes graus de frio



- Atuantes sobre o meio: baseados em processos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos

Já os processos de conservação, baseados nos métodos acima, são classificados por Evangelista (1998, p. 286) da seguinte forma:

**a) Por ação direta sobre os microorganismos:**

- *Por calor*: branqueamento, tindalização, pasteurização, esterilização e defumação
- *Por radiação*: radurização, radicação e radappertização

**b) Por ação indireta sobre os microorganismos, modificando o substrato:**

- *Por frio*: refrigeração, congelação, supergelação e liofilização
- *Por secagem*: natural (sal), artificial (desidratação), instantaneização e concentração (evaporação)
- *Por adição de elementos*: aditivos, salga e cura, açúcar, revestimentos graxos e gases
- *Por fermentação*: acética, alcoólica e láctica
- *Por osmose*
- *Por ação de embalagens*

Muitas vezes, mais de um processo deverá ser empregado para que a conservação do alimento seja eficiente. Por exemplo: para a conservação de verduras, utilizam-se branqueamento e desidratação ou congelamento; para o leite, utilizam-se pasteurização e resfriamen-

to; para peixes utilizam-se radiação ionizante e frio; para carnes, utilizam-se salga e defumação, salga e dessecação, etc.

Apesar de todos os processos de conservação de alimentos serem importantes, nos restringiremos ao estudo do processo de conservação de alimentos pelo emprego do frio, em razão do objetivo desse trabalho.

## **2.4 Conservação de alimentos pelo emprego do frio**

### **2.4.1 Refrigeração**

Esse processo é empregado quando se deseja estocar alimentos por períodos não muito grandes.

Segundo Potter & Hotchkiss (1995), a refrigeração irá preservar os alimentos perecíveis por dias ou semanas, dependendo do alimento, apresentando poucos efeitos adversos ao sabor, textura, valor nutritivo e outros atributos dos alimentos.

Nesse processo, os alimentos são conservados em temperaturas superiores aos seus respectivos pontos de congelamento. Sendo assim não ocorrerá mudança de fase do alimento ou de suas respectivas soluções.

Para Evangelista (1998), as temperaturas utilizadas no processo de refrigeração estão compreendidas entre  $-1^{\circ}\text{C}$  e  $+10^{\circ}\text{C}$ , e estas estão diretamente relacionadas com o tempo requerido de armazenagem do alimento. Quanto menor a temperatura maior será o tempo de armazenamento.

Existem vários métodos pelos quais os alimentos podem ser refrigerados:

- ◆ Por agentes naturais
- ◆ Por gelo artificial
- ◆ Por água refrigerada
- ◆ Por processo mecânico
- ◆ Por processo termoelétrico

Dos métodos anteriormente citados, a refrigeração por processo mecânico tem sido atualmente o mais empregado. As geladeiras, câmaras frigoríficas, balcões frigoríficos, etc., são exemplos de alguns equipamentos utilizados para a refrigeração de alimentos que utilizam o método por processo mecânico.

Como exemplos de alimentos refrigerados, pode-se citar: leite, carnes, vegetais, pescados, etc.

#### **2.4.1.1 Alimentos de origem vegetal**

Os alimentos de origem vegetal são seres vivos que, mesmo após a sua colheita, continuam realizando processos metabólicos. O principal deles é a respiração. Nela, o alimento consome oxigênio e libera CO<sub>2</sub>, calor e água.

Segundo Evangelista (1998), a intensidade da respiração e a conseqüente liberação de calor dependerá de cada espécie, ou seja, algumas espécies apresentaram maior intensidade de respiração e uma conseqüente maior liberação de calor que as outras. Essa parcela de calor originada pela respiração deverá ser computada na quantidade de calor a ser retirado do alimento para a sua conservação.

Segundo Potter & Hotchkiss (1995), existem três maneiras para diminuir a intensidade da respiração e das mudanças fisiológicas dos alimentos que são:

- ◆ reduzir a temperatura
- ◆ reduzir, mas não eliminar o oxigênio
- ◆ aumentar o CO<sub>2</sub>

As medidas acima, quando adotadas nas câmaras frigoríficas, originam as chamadas *câmaras de atmosfera controlada*.

Segundo Guimarães & Chagas (2001), *câmaras de atmosfera controlada* são câmaras em cujo interior é mantida uma composição gasosa distinta daquela que respiramos. Estas câmaras operam com temperaturas próximas de 0°C, baixas percentagens de oxigênio (1,5 a 3,0%) e gás carbônico (0,5 a 3,0%), com o objetivo de diminuir a atividade metabólica da fruta.

Os principais beneficiários da aplicação desse tipo de câmara frigorífica são: maçãs, pêras e kiwis.

#### **2.4.2 Congelação**

A congelação é indicada quando se deseja armazenar alimentos por longos períodos.

Segundo Potter & Hotchkiss (1995), a congelação irá preservar os alimentos por meses ou até anos se, apropriadamente, embalados.

Quando corretamente aplicada, não causa maiores mudanças nos tamanhos, forma, textura cor e sabor dos alimentos.

Nesse processo, os alimentos são conservados em temperaturas inferiores aos seus respectivos pontos de congelação. Sendo assim, ocorrerá mudança de fase do alimento.

As fases para a congelação dos alimentos são mostradas na Figura 3:

1. resfriamento do alimento até o seu ponto de congelação
2. extração do calor latente de solidificação
3. extração de calor após a solidificação até que o alimento atinja a temperatura desejada

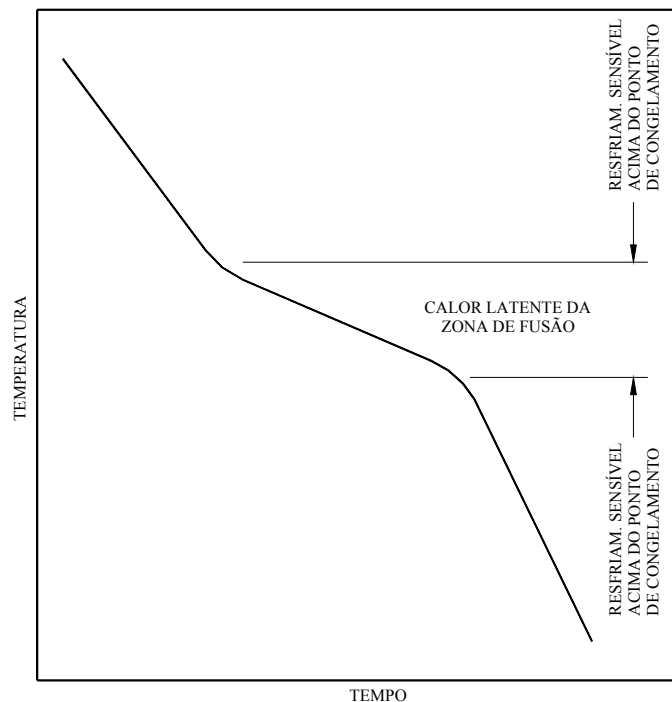


Figura 3 – Curva das fases da congelação dos alimentos. Fonte: ASHRAE Refrigeration Handbook (1998).

Segundo Evangelista (1998), a congelação não ocorre uniformemente em alimentos de origem animal e vegetal por causa da constitu-

ição química, física e biológica destes. Ela irá depender do teor aquoso do alimento e dos componentes nele dissolvidos.

Assim, como em toda solução, as quais são constituídas de soluto e solvente (normalmente água), os alimentos não congelam numa determinada temperatura, mas, sim, numa faixa de temperaturas. Isso ocorre porque quando se atinge a temperatura inicial de congelamento da solução, uma parcela d'água contida na solução irá congelar provocando uma maior concentração na solução restante. Esse aumento de concentração exigirá uma redução de temperatura para a continuidade do processo de congelamento e, assim, sucessivamente.

As temperaturas utilizadas no processo de congelação estão compreendidas entre  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Existem dois tipos de congelação: *lenta* e *rápida*.

Na congelação *lenta* a temperatura diminui gradativamente, formam-se cristais de gelo de grandes tamanhos no interior das células e, sobretudo nos espaços intercelulares.

Já na congelação *rápida*, a temperatura diminui bruscamente, formam-se cristais de gelo de pequenos tamanhos em especial no interior das células.

Os processos aplicados para a congelação dos alimentos são: *por contato*, *por corrente de ar frio*, *por líquidos resfriados à baixa temperatura* e *por gases liquefeitos*.

*Congelação por contato* é realizada por meio de congeladores de placas. Esse processo é bastante aplicado para alimentos contidos em pequenas embalagens e para a elaboração de blocos de filé de peixe, de gema de ovo, etc.

*Congelação por corrente de ar frio* é realizada por meio de congeladores domésticos, câmaras frigoríficas e túneis de congelamento, em que o ar frio circula no ambiente retirando calor do alimento.

*Congelação por líquidos resfriados* é realizada por imersão ou pulverização do refrigerante sobre o alimento. Os agentes mais empregados são as soluções de cloreto de sódio, de açúcar, de glicerol e o nitrogênio líquido.

*Congelação por imersão* pode ser por duas maneiras: direta quando alimento entra em contato direto com refrigerante e indireta quando alimento embalado é imerso no fluido refrigerante.

*Congelação por gases liquefeitos* é realizada pela da pulverização de gases liquefeitos sobre o alimento. Os líquidos mais aplicados são o dióxido de carbono e o nitrogênio.

### **2.4.3 Supergelação**

Segundo Evangelista (1998), a supergelação é um processo de congelação rápida na qual são mantidos fixos, temperatura e tempo durante o processo e a temperatura em que posteriormente, o alimento será conservado. O alimento é mantido por tina minutos numa temperatura entre  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $-50^{\circ}\text{C}$  e após é mantido a  $-18^{\circ}\text{C}$ .

A vantagem desse processo em relação à congelação convencional é que na supergelação a passagem pela faixa de cristalização ( $0^{\circ}\text{C}$  a  $-4^{\circ}\text{C}$ ) é rápida fazendo com que os cristais formados sejam numerosos e de pequeno tamanhos, não afetando, com isso, a estrutura das fibras. Isso faz com que, no descongelamento, o alimento não perca

parte de seu suco mantendo, com isso, suas substâncias nutritivas e qualidades organoléticas.

#### **2.4.4 Liofilização**

Segundo Evangelista (1998), liofilização significa desidratar uma solução congelada, sem que ela descongele durante a evaporação, desse modo, a solução reduzida, a massa gelada sublima e o próprio solvente se transforma diretamente em substância seca.

### **2.5 Instalações frigoríficas**

Como visto anteriormente, o surgimento das instalações frigoríficas deu-se há muito tempo, e elas vêm evoluindo a cada dia que passa.

Mas, o quê vem a ser uma instalação frigorífica?

No ramo alimentício, uma instalação frigorífica pode ser definida como sendo um conjunto de vários equipamentos, redes de tubulações em que, no seu interior, circula um fluido frigorígeno, ambientes necessários para a produção do frio, estocagem e processamento de produtos.

#### **2.5.1 Componentes de uma instalação frigorífica**

No que diz respeito aos ambientes, as instalações frigoríficas podem ter os mais diferenciados tipos de ambientes, mas os que geralmente constituem uma instalação frigorífica são: as câmaras frigoríficas, as antecâmaras, salas de processamento e a sala de máquinas.



Câmaras frigoríficas é onde o produto será estocado até que seja processado e/ou vendido, nas salas de processamento, o produto será processado, ou seja, desossado, cortado, embalado, etc. e nas antecâmaras, o produto será recebido e/ou expedido. Esses ambientes geralmente são formados por painéis frigoríficos, os quais são constituídos por um núcleo de um material isolante, poliuretano expandido ou poliestireno expandido revestido em ambos os lados por uma chapa de aço galvanizada pré-pintada.

Já na parte de equipamentos, existem inúmeras combinações de equipamentos que podem ser utilizadas com uma boa eficiência. Os componentes mais utilizados numa instalação frigorífica são os seguintes: compressores, bombas, trocadores de calor, vasos de pressão.

Os compressores, as bombas e os vasos de pressão, na maioria das vezes, estão localizados num único ambiente denominado de sala de máquinas, enquanto que os trocadores de calor geralmente estão localizados dentro das câmaras, antecâmaras e das salas de processamento.

### **2.5.2 Princípio de geração de frio numa instalação frigorífica**

Na Figura 4 pode ser visto um esquema básico de uma instalação frigorífica com os seus principais equipamentos.

O princípio básico de geração de frio numa instalação frigorífica será descrito a seguir.

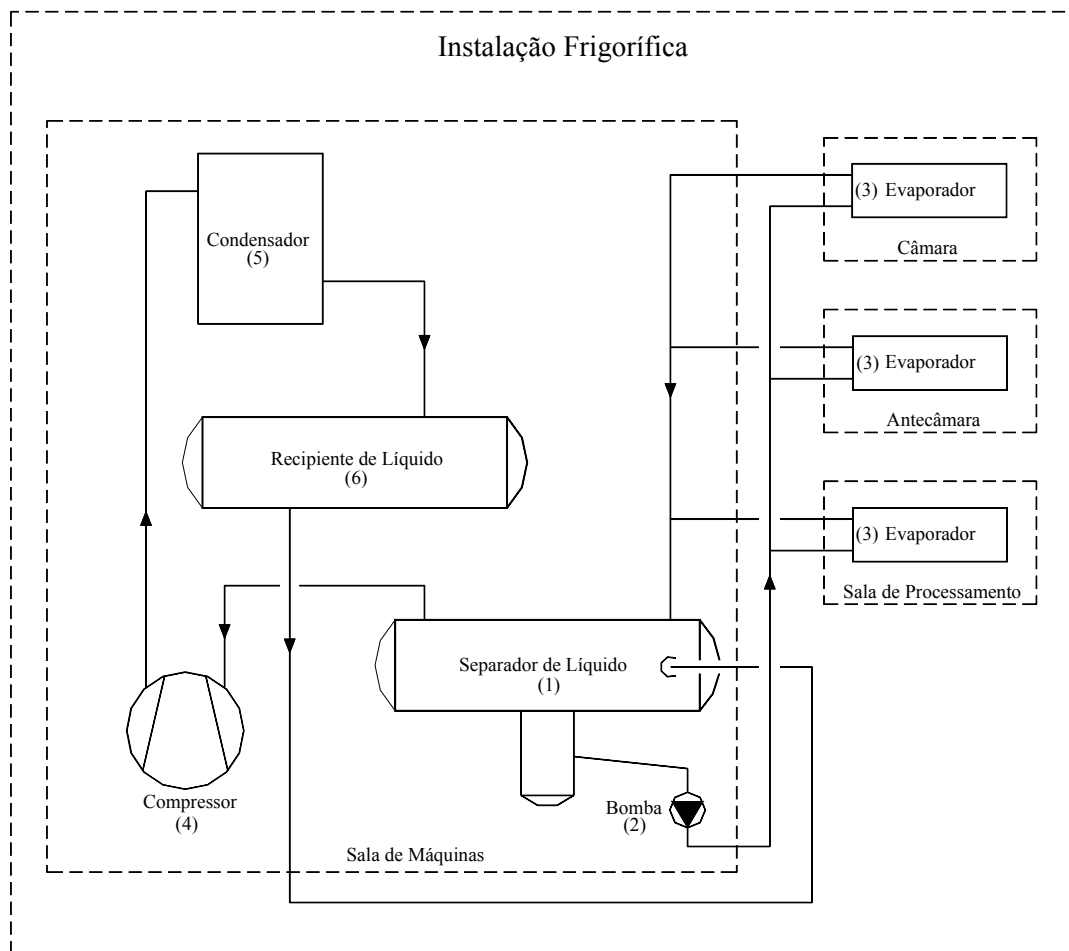


Figura 4 – Esquema de uma instalação frigorífica

O frio, é conseguido da seguinte forma:

Líquido refrigerante à baixa pressão e, conseqüentemente, à baixa temperatura, contido no separador de líquido (1), é bombeado para os evaporadores (3), os quais se encontram dentro dos ambientes a serem resfriados. Através dos evaporadores (3), por meio de ventiladores, é circulada uma vazão de ar. O ar, ao passar pelo evaporador, cede o calor retirado dos alimentos e do ambiente para o fluido refri-

gerante que circula no interior dos tubos do evaporador, provocando a sua evaporação.

Para se obter um maior rendimento dos evaporadores (3), a quantidade de líquido bombeada (2) é maior do que a quantidade de líquido que evapora. Geralmente, utiliza-se uma taxa de recirculação de líquido de 4:1.

O vapor formado nos evaporadores (3) é então succionado e comprimido pelo compressor (4) sendo após enviado ao condensador (5) onde ele irá rejeitar para a atmosfera o calor retirado dos alimentos e do ambiente. O vapor, ao rejeitar o calor para a atmosfera, condensa-se passando para a fase líquida, sendo então armazenado no recipiente de líquido à alta pressão e temperatura (6).

Por diferença de pressão, o líquido contido no recipiente (6) vai para o separador de líquido (1) onde é expandido baixando sua pressão e temperatura e, assim sucessivamente, o ciclo vai-se repetindo.

### **2.5.3 Compressores**

Existem vários tipos de compressores que são utilizados nas Instalações Frigoríficas:

Na Refrigeração Industrial são utilizados praticamente todos os tipos principais de compressores: alternativos, rotativos de parafuso e de palhetas e centrífugos. Desses, os tipos mais comuns em instalações de capacidade até 1000 kW são os alternativos e os rotativos de parafuso, ou simplesmente de parafuso. (Stoecker & Jabardo, 1994, p. 92).

### 2.5.3.1 Compressores alternativos

Os compressores alternativos podem ser construídos de diferentes formas, as mais comuns são: abertos, semi-herméticos e herméticos. Dos três tipos citados, os mais empregados nas instalações de frigoríficas são os abertos. Nesse tipo de compressor, o eixo de acionamento atravessa a carcaça de modo que o motor de acionamento é externo.

Outra característica dos compressores alternativos é que o rendimento volumétrico representa um papel muito importante na avaliação do desempenho desse tipo de compressores.

### 2.5.3.2 Compressores de parafuso

Assim como os compressores alternativos os compressores de parafuso podem ser de diferentes tipos.

Segundo Stoecker & Jabardo (1994, p. 128), “os tipos principais são os de parafuso duplo e simples”.

Dos dois principais tipos de compressores de parafuso, o mais empregado nas instalações frigoríficas é o tipo de parafuso duplo. Esse tipo de compressor é constituído por rotores, um chamado de “Macho” e outro de “Fêmea”. A Figura 5 ilustra esses rotores:

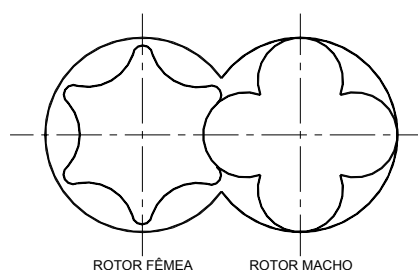


Figura 5 – Seção transversal de um compressor de parafuso.  
Fonte: Stoecker & Jabardo (1994).

Nos compressores de parafuso, o motor elétrico atua sobre um dos rotores e este aciona o outro. Na maioria das vezes, o motor atua sobre o rotor macho. Ao atuar sobre o rotor fêmea, o compressor apresenta 50% a mais de capacidade.

O rendimento volumétrico tem pouca influência sobre a capacidade dos compressores de parafuso.

#### 2.5.4 Trocadores de calor

Os evaporadores e os condensadores são os trocadores de calor utilizados numa instalação frigorífica.

##### 2.5.4.1 Evaporadores

Segundo Stoecker & Jabardo (1994, p. 155), “o evaporador é o componente do circuito frigorífico que constitui o agente direto de resfriamento”.

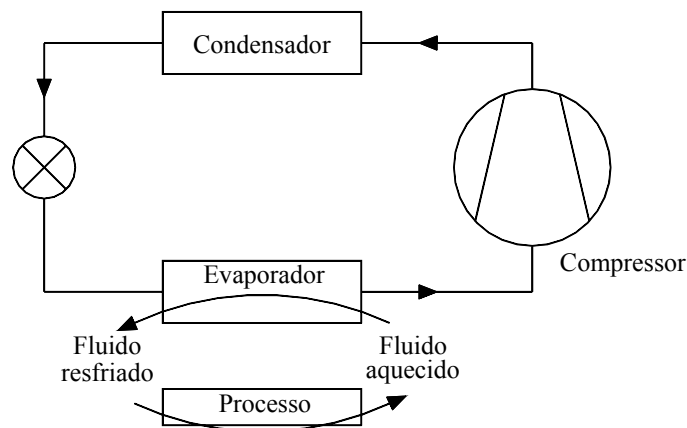


Figura 6 – Resfriamento de um fluido por um evaporador. Fonte: Stoecker & Jabardo (1994).

Os evaporadores, geralmente, resfriam um tipo de fluido que pode ser ar ou líquidos como salmouras, água, etc. Esse fluido, após resfriado, será o agente refrigerante do processo. A Figura 6 mostra o esquema básico aplicado para o resfriamento de um fluido.

Os tipos mais comuns de evaporadores, utilizados nas instalações frigoríficas que resfriam o ar são: os evaporadores de teto e os evaporadores de piso. Os evaporadores de teto, como o próprio nome diz, são colocados no interior dos ambientes junto ao teto, suspenso por tirantes presos em vigas suportadas pela estrutura da cobertura. Já os evaporadores de piso podem ser colocados interna ou externamente aos ambientes. Eles, geralmente, são apoiados em estruturas metálicas ou colocados diretamente sobre o piso de concreto.

Já os dois principais tipos de evaporadores que resfriam líquidos são: evaporadores de casco e tubo e os trocadores a placa.

Os evaporadores de casco e tubo, como o próprio nome diz, são constituídos por um vaso de pressão, também chamado de casco, que contém no seu interior um feixe de tubos.

O resfriamento do líquido pode ser realizado de duas formas: numa delas, o líquido circula pelo interior dos tubos enquanto que o refrigerante muda de fase dentro do casco. Já na outra, o refrigerante muda de fase no interior dos tubos enquanto que o líquido é resfriado dentro do casco.

#### **2.5.4.2 Condensadores**

Stoecker & Jabardo (1994), dizem-nos que: “os três tipos de condensadores em uso na refrigeração industrial são: resfriados a ar, resfriados a água e evaporativos.”

Dos três tipos acima citados, os mais empregados nas instalações frigoríficas são os condensadores evaporativos, por apresentarem um rendimento melhor que os demais.

#### **2.5.5 Bombas**

No caso das bombas, os dois tipos mais utilizados são as de deslocamento positivo e as centrífugas.

Segundo Stoecker & Jabardo (1994, p. 242), “as bombas de deslocamento positivo se caracterizam por apresentarem uma vazão constante, o que as qualifica para instalações que operem sem mudanças significativas da vazão”.

Entre as bombas de deslocamento positivo, as que mais se destacam são as bombas de engrenagens. Porém, esse tipo de bomba apresenta como desvantagem a baixa vazão e alto ruído.

Já as bombas centrífugas, por apresentarem grandes vazões e um menor ruído, são utilizadas na maioria das instalações frigoríficas de médio e grande porte.

#### **2.5.6 Vasos de pressão e tubulações**

Os vasos mais comumente empregados numa instalação frigorífica são: os separadores de líquido e os recipientes de líquido.

### **2.5.6.1 Separadores de líquido**

Os separadores de líquido são vasos instalados entre os compressores e os evaporadores cuja função é separar o líquido do vapor formado. Como visto anteriormente, líquido refrigerante é recirculado nos evaporadores numa taxa de 4:1. Sendo assim, nem todo o líquido irá se transformar em vapor, de modo que teremos no retorno dos evaporadores uma mistura de líquido e vapor. Como esse retorno é sucção pelo compressor, e sendo o líquido incompressível, uma forma de separar o líquido do vapor deve ser criada.

### **2.5.6.2 Recipientes ou reservatórios de líquido**

Os recipientes ou reservatórios de líquido nada mais são do que tanques pulmões de líquido cuja função é armazenar o líquido refrigerante em caso de necessidade de seu recolhimento.

Segundo Stoecker & Jabardo (1994), em pequenas instalações, o reservatório de líquido é dimensionado para conter a carga total de refrigerante do sistema. Já em grandes instalações, o reservatório de líquido é projetado com base em alguns preceitos:

- ◆ A capacidade do reservatório deve ser suficiente para armazenar todo o líquido contido no evaporador ou conjunto de evaporadores instalados no maior recinto refrigerado da instalação.
- ◆ A capacidade do reservatório deve ser suficiente para conter o líquido correspondente à maior vazão de refrigerante durante um certo período de tempo, como por exemplo, 30 minutos.



### 2.5.6.3 Tubulações

Na maioria das instalações frigoríficas, as tubulações utilizadas são tubulações de aço carbono.

Segundo ASHRAE (1998) os tubos de aço carbono recomendados para uso em instalações frigoríficas são tubos ASTM A53 Gr B ou C tipo E (soldado com resistência elétrica) ou tipo S (sem costura) ou ASTM A106 Gr B sem costura.

Quanto às espessuras de parede, as seguintes recomendações são feitas:

- ◆ linhas de líquido com diâmetro menor ou igual a 40mm não menos do que Schedule\* 80;
- ◆ linhas de líquido com diâmetro maior ou igual a 50mm e menor ou igual a 150mm não menos do que Schedule 40;
- ◆ linhas de líquido com diâmetro maior ou igual a 200mm e menor ou igual a 300mm não menos do que Schedule 20;
- ◆ linhas de vapor com diâmetro menor ou igual a 150mm não menos do que Schedule 40;
- ◆ linhas de vapor com diâmetro maior ou igual a 200mm e menor ou igual a 300mm não menos do que Schedule 20;
- ◆ linhas de vapor com diâmetro maior ou igual a 350mm não menos do que Schedule 10;
- ◆ tubos com rosca deverão ser Schedule 80.

---

\* Escala utilizada para definir a espessura da parede do tubo.

## 2.6 Considerações finais

Após pesquisar a literatura e aprofundar os conhecimentos na área de conservação de alimentos pode-se ver que a conservação de alimentos representa um importante meio de combate a fome e que sua origem é muito antiga sendo utilizada antes mesmo do surgimento do cristianismo.

Também pode-se ver que preservação e conservação de alimentos são processos independentes, que geralmente se complementam, onde a preservação é feita mediante normas higiênicas cujo objetivo é proteger o alimento natural por meio de preparação culinária ou de produto, em todas as suas etapas desde a colheita até a sua ingestão e a conservação de alimentos consiste em proteger os alimentos contra a ação de agentes biológicos (microorganismos e enzimas), químicos (oxigênio e água) e físicos (luz e calor) que provocam alteração ou modificações nos alimentos.

Dentro desse contexto podemos perceber que o projeto de câmaras frigoríficas para estocagem de alimentos tem importante papel na cadeia alimentícia, pois a conservação de alimentos pelo emprego do frio é um dos processos mais empregados atualmente.

Reconhecida a importância das câmaras frigoríficas na conservação de alimentos passaremos a seguir ao estudo do processo de projeto e das metodologias projetuais o qual poderá ser visto no Capítulo 3 a seguir.

## **3 METODOLOGIAS DE PROJETO**

### **3.1 Introdução**

Segundo Brasil (1997), o desconhecimento a respeito de metodologias de projeto de produto e bibliografias a respeito delas por parte das pessoas que trabalham na indústria brasileira ainda é grande.

O objetivo deste capítulo será apresentar uma breve explanação a respeito do projeto processo de produto, uma definição para metodologias de projeto e um pequeno histórico do seu surgimento.

### **3.2 Projeto de produto**

Antes de partirmos para um estudo mais aprofundado a respeito de metodologias de projeto, vamos fazer uma breve explanação sobre projeto de produto.

Segundo Blumrich *apud* Dieter (1987, p. 27), “projeto estabelece e define soluções para estruturas pertinentes para problemas não re-

solvidos antes, ou novas soluções para problemas anteriormente resolvidos de maneira diferente”.

Algumas outras definições de projeto podem ser encontradas em Maribondo (2000, p. 37):

Feilden *apud* Evbuomwan *et alii* (1996), por sua vez, comenta que projeto de engenharia é o uso de princípios científicos, informações técnicas e imaginação na definição de estruturas mecânicas, máquinas ou sistemas para desempenhar funções pré-especificadas com a máxima economia e eficiência.

Finkelstein & Finkelstein (1983) definem projeto como sendo o processo criativo que inicia de um requisito e define uma invenção ou sistema e os métodos de sua realização ou implementação para satisfazer o requisito ou ainda, é a atividade humana primária e é central para a engenharia e artes aplicadas.

Para Back (1983), projeto de engenharia é uma atividade orientada para o entendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura.

Outros autores já mencionam que projeto é o processo de estabelecimento dos requisitos baseado em necessidades humanas, transformando-os em especificações de desempenho e funções, as quais são mapeadas e convertidas (sujeitas a restrições) em soluções de projeto (usando criatividade, princípios científicos e conhecimentos técnicos) que podem ser economicamente fabricadas e produzidas (Evbuomwan *et alii*, 1996).

Já para Martyrer *apud* Pahl & Beitz (1996, p. 1), “projeto é uma atividade de engenharia que:

- ◆ afeta quase todas as áreas da vida humana;
- ◆ usa as leis e compreensão da ciência;
- ◆ constrói partindo de experiência especial;
- ◆ prove os pré-requisitos para a realização física das idéias de solução”.

Existem vários tipos de projetos encontrados no dia-a-dia das indústrias, os quais são classificados por Maribondo (2000) em: projetos inovativos, reprojeto, projeto de produtos ou sistemas modulares e projeto modificado.

- ◆ **Projeto inovativo:** corresponde ao desenvolvimento de um novo princípio de solução (utilizando, freqüentemente, uma nova descoberta científica) para a formulação de um problema existente, revisado ou novo, o qual exige geralmente aplicações de pesquisa, confecção de protótipos e a realização de ensaios.
- ◆ **Reprojeto:** envolve modificações para satisfazer novos requisitos ou melhorar o desempenho de um projeto existente.
- ◆ **Projeto de produtos ou sistemas modulares:** compreende aquele projeto que conserva a intercambiabilidade de algumas peças.
- ◆ **Projeto modificado:** esse tipo de projeto se constitui em modificações de um projeto bem-estabelecido. Trata-se, muitas vezes, da revisão da aparência (acabamento superficial, novas cores, etc.)

### 3.2.1 Processo de projeto

Segundo Tate & Nordlund (1996), o processo de projeto pode ser definido como sendo um conjunto de atividades, pelas quais os projetistas desenvolvem e/ou selecionam os meios para alcançar um conjunto de objetivos, sujeitos à restrições. O processo de projeto pode requerer a criação de uma nova solução, a seleção de uma solução e-

xistente, ou uma combinação das duas. Uma série de atividades são realizadas, pelas quais um problema do cliente é transformado numa saída (o objetivo do projeto), o qual é qualquer solução satisfatória para esse problema. As transformações ocorrem pelo trabalho dos projetistas com ferramentas/métodos, com o conhecimento deles, e com um conjunto de recursos disponíveis.

Para Pahl & Beitz (1996), o processo de projeto é dividido em quatro fases principais:

- ◆ planejamento do produto e clarificação das tarefas;
- ◆ projeto preliminar;
- ◆ leiaute;
- ◆ projeto detalhado.

Um pequeno comentário a respeito da terceira fase (projeto preliminar) se faz necessário. No livro de Pahl & Beitz (1996), essa fase está indicada como “Embodiment Design”. Segundo Ken Wallace, um dos tradutores da obra do alemão para o inglês, em outras traduções de contexto similar, os seguintes termos têm sido usados para especificar essa terceira fase: leiaute de projeto, projeto principal, esquema de projeto ou esboço do projeto. Ainda segundo Ken Wallace, a entrada dessa terceira fase é um conceito de projeto e a sua saída é uma descrição técnica, às vezes, na forma de um desenho em escala e dependendo, em particular da empresa envolvida, esse desenho em escala pode ser chamado de um arranjo geral, um leiaute, um esquema, um esboço, ou um desenho de configuração que irá definir o arranjo e formas preliminares dos componentes num artefato técnico.

A idéia do uso do termo “Embodiment Design” teria vindo de French (1971).

Outro ponto a ser salientado a respeito do processo de projeto diz respeito às características associadas a ele. Na literatura, pode-se encontrar diferentes tipos de escolas filosóficas, cada uma defendendo características diferentes para o processo de projeto:

- ◆ **Escola semântica:** propõe que o processo de projeto deve ser caótico e criativo.
- ◆ **Escola sintática:** propõe que o processo de projeto deve ser organizado disciplinado.
- ◆ **Escola de experiências passadas:** propõe que nenhum processo de projeto deveria ser proposto ao projetista. Não aceita que um método teórico seja capaz de fornecer as habilidades que se esperam de um projetista, para solucionar um determinado problema.

Yoshikawa *apud* Maribondo (2000, p. 41) acrescenta mais duas escolas as anteriores:

- ◆ **Escola psicológica:** preocupa-se mais com a criatividade no processo de projeto;
- ◆ **Escola filosófica:** preocupa-se com o processo de pensamento do ser humano durante as atividades de projeto;

Como pode ser visto, existe uma variedade muito grande de pensamentos relativos ao processo de projeto, sendo assim, a representação destes se torna uma tarefa difícil.

Segundo Maribondo (2000), a forma encontrada para melhor representar tais pensamentos foi por meio de modelos de projeto.

Dieter (1987, p. 97), diz-nos que: “um modelo é uma idealização de uma situação do mundo real que ajuda na análise de um problema”.

Como exemplo de modelos largamente utilizados, pode-se citar: diagramas de circuitos elétricos, volumes de controle em sistemas termodinâmicos, diagramas de força, etc.

Os modelos de projeto mais usuais utilizados para a representação do processo de projeto são os diagramas de fluxo.

Um exemplo desse tipo de representação pode ser visto na Figura 7.

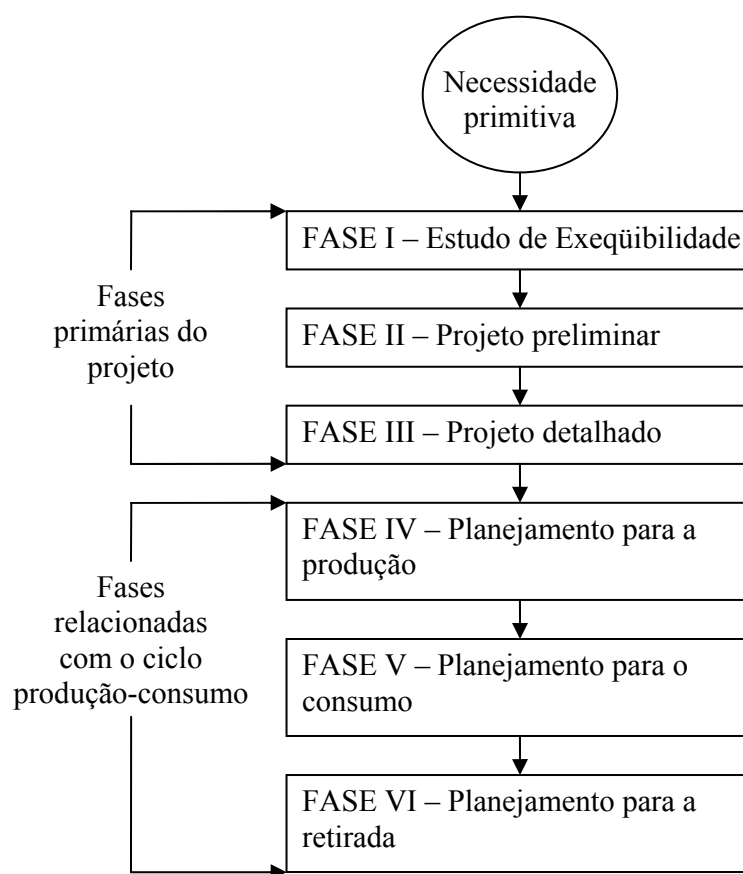


Figura 7 – Representação do processo de projeto por meio de fluxo. Fonte: Asimov *apud* Maribondo (2000, p. 42)



Os modelos de projeto podem ser classificados em:

- ◆ **Prescritivos:** são aqueles caracterizados por prescrever como o processo de projeto deve ocorrer.
- ◆ **Descritivos:** são caracterizados por descrever experiências anteriores mostrando como os projetos foram criados.
- ◆ **Computacionais:** são caracterizados por mapear funções dentro de uma estrutura e investigar quais delas são as mais indicadas para a implementação computacional.

Segundo Dieter (1997, p. 97), além de descritivos os métodos também podem ser classificados em preditivos. Os métodos preditivos são usados primeiramente em projetos de engenharia, porque eles nos ajudam tanto a entender como prever a performance de um sistema.

Nos Quadros 1 e 2, são mostrados exemplos de modelos de projeto prescritivos e descritivos.

Quadro 1 – Modelos de Projetos Prescritivos. Fonte: Maribondo (2000).

Autor (ano)	Forma de apresentação do processo de projeto	Numero de estágios do processo de projeto	Ferramentas e documentos de projeto utilizados no apoio ao processo de projeto
ASIMOV (1968)	Por meios de um diagrama de fluxo contendo fases e passos	<p><b>Seis estágios, mas só detalha três.</b></p> <p>Fase I: <i>Estudo de exequibilidade</i>. Estabelecimento da necessidade; explora o problema de projeto; identificar parâmetros, principais restrições e critérios; gerar soluções plausíveis; analisar soluções quanto à possibilidade de realização física, econômica e financeira.</p> <p>Fase II: <i>Projeto preliminar</i>. Seleção dos melhores conceitos entre os viáveis; análise das soluções (modelagem matemática, refinamento); seleção da melhor alternativa.</p> <p>Fase III: <i>Projeto detalhado</i>. Detalhamento completo da solução e de suas partes (desenhos técnicos de montagem e de componentes); construção e teste do protótipo; revisões do projeto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Informações de mercado</li> <li>– Informações técnicas</li> <li>– Fatores econômicos e financeiros</li> <li>– Registros de experiências e de técnicas</li> <li>– Análise matemática</li> <li>– Resultados dos testes</li> </ul>
PAHL & BEITZ (1977)	Por meio de um diagrama de fluxo contendo fases e passos	<p><b>Quatro estágios.</b></p> <p>Fase I: <i>Definição da tarefa</i>. Clarificação da tarefa; elaboração das especificações de projeto.</p> <p>Fase II: <i>Projeto conceitual</i>. Identificar os problemas essenciais; estabelecer a estrutura de funções; pesquisar por princípios de solução; combinar e concretizar em variantes de concepções; avaliar segundo critérios técnicos e econômicos.</p> <p>Fase III: <i>Projeto preliminar</i>. Desenvolver leiautes e formas preliminares; selecionar os melhores leiautes preliminares; refinar e avaliar sob critérios técnicos e econômicos; otimizar e completar o projeto das formas; verificar erros e controlar custos; preparar lista das partes preliminares e os documentos de produção.</p> <p>Fase IV: <i>Projeto detalhado</i>. Finalizar os detalhes, completar os desenhos detalhados e os documentos de produção; verificar todos os documentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Informações de mercado</li> <li>– Lista de requisitos de projeto</li> <li>– Lista de especificações de projeto</li> <li>– Síntese funcional</li> <li>– Lista de princípios de solução</li> <li>– Matriz morfológica</li> <li>– Estabelecimento de critérios para a seleção de combinações</li> <li>– Análise de valor</li> <li>– Leiautes preliminares</li> <li>– Desenhos detalhados</li> </ul>
VDI (Verein Deutscher Ingenieure) Guideline 2221 (1987)	Por meio de um diagrama de fluxo contendo passos	<p><b>Sete estágios.</b></p> <p>Passo 1: <i>Esclarecer e precisar a formulação da tarefa</i>.</p> <p>Passo 2: <i>Verificação das funções e de suas estruturas</i>.</p> <p>Passo 3: <i>Pesquisar os princípios de solução e sua estrutura</i>.</p> <p>Passo 4: <i>Dividir em módulos realizáveis</i>.</p> <p>Passo 5: <i>Configurar os módulos principais</i>.</p> <p>Passo 6: <i>Configurar o produto total</i>.</p> <p>Passo 7: <i>Prepara instruções de execução e de uso</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Informações de mercado</li> <li>– Questionários</li> <li>– Entrevistas</li> <li>– Lista de condições e restrições</li> <li>– Lista de requisitos</li> <li>– Especificações de projeto</li> <li>– Síntese funcional</li> <li>– Lista de princípios de solução</li> <li>– Métodos intuitivos e discursivos</li> <li>– Considerações técnicas e econômicas</li> <li>– Leiautes preliminares</li> </ul>
HUBKA (1988)	Por meio de uma diagramação que mostra fases, passos e documentos de projeto	<p><b>Quatro estágios.</b></p> <p>Fase I: <i>Elaboração do problema</i>. Elaborar ou clarificar as especificações.</p> <p>Fase II: <i>Projeto conceitual</i>. Estabelecer as estruturas de funções; estabelecer concepções.</p> <p>Fase III: <i>Leiaute</i>. Estabelecer o leiaute preliminar; estabelecer o leiaute dimensional.</p> <p>Fase IV: <i>Elaboração</i>. Detalhamento e elaboração.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Especificações de projeto</li> <li>– Síntese funcional</li> <li>– Matriz morfológica</li> <li>– Concepções esquemáticas</li> <li>– Leiautes preliminares</li> <li>– Leiautes dimensionais</li> <li>– Desenhos detalhados</li> <li>– Desenhos de montagens</li> </ul>
FABRICK & BLANCHARD (1990)	Por meio de um fluxo que mostra o ciclo de vida de um sistema	<p><b>Sete estágios.</b></p> <p><i>Definição da necessidade</i>: Identificação de faltas ou desejos por sistemas.</p> <p><i>Projeto conceitual</i>: Estudo da viabilidade; análise das necessidades; requisitos operacionais; concepção da manutenção; planejamento avançado do sistema.</p> <p><i>Projeto preliminar</i>: Análise funcional do sistema; síntese preliminar e alocação de critérios de projeto; otimização do sistema; definição e síntese do sistema.</p> <p><i>Projeto detalhado</i>: Projeto do produto do sistema; desenvolvimento do protótipo do sistema; teste e avaliação do protótipo do sistema.</p> <p><i>Produção e/ou construção</i>: Avaliação do sistema; modificações para ações corretivas.</p> <p><i>Utilização e suporte</i>: Avaliação do sistema; modificações para ações corretivas.</p> <p><i>Descarte</i>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ciclo de vida do produto</li> <li>– Lista de questões</li> <li>– Pesquisa de mercado</li> <li>– Estudo da viabilidade</li> <li>– Plano de suporte logístico</li> <li>– Métodos de pesquisa</li> <li>– Requisitos de projeto</li> <li>– Requisitos de produção e/ou construção</li> <li>– Requisitos de avaliação</li> </ul>

Quadro 2 – Modelos de Projetos Descritivos. Fonte: Maribondo (2000).

Autor (ano)	Forma de apresentação do processo de projeto	Numero de estágios do processo de projeto	Ferramentas e documentos de projeto utilizados no apoio ao processo de projeto
MATCHETT & BRIGGS (1966)	Por meio de um texto	<b>Sete estágios.</b> 1) Estudar a situação de projeto. 2) Identificar provisoriamente as necessidades que o projeto tem que satisfazer. 3) Identificar a necessidade funcional. 4) Explorar alternativas de princípios que satisfaçam as necessidades elementares. 5) Apresentar uma proposta de projeto que seja capaz de satisfazer ambas as necessidades primárias e secundárias do projeto. 6) Revisar a efetividade funcional desse projeto. 7) Revisar o conteúdo de trabalho e material na produção do projeto, assim como a qualidade dos componentes.	Não-mencionado.
MARCH (1984)	Por meio de uma representação gráfica	<b>Três estágios.</b> <i>Dedutivo:</i> Responsável por avaliar as características de desempenho. <i>Indutivo:</i> Responsável por prever as noções habituais e de estabelecer valores. <i>Abdutivo:</i> Responsável por criar a nova composição.	Desenhos
HYBS & GERO (1981)	Por meio de um fluxo	<b>Dez estágios.</b> 1) Formulação ou projeto resumido ou especificado. 2) Análise. 3) Síntese. 4) Produção da descrição do projeto. 5) Fabricação do produto. 6) Interação com o mundo real. 7) Avaliação. 8) Reformulação. 9) Simulação do desempenho da estrutura. 10) Desempenho do produto atual.	Não-mencionado.

### 3.3 Metodologia de projeto

Segundo Pahl & Beitz (1996), as atividades de projeto são confiadas em bases científicas, no conhecimento da engenharia e na experiência em áreas específicas.

No desenvolvimento de produtos, os projetistas têm grande responsabilidade no que diz respeito a propriedades técnicas e econômicas do produto, do momento comercial oportuno e na obtenção de um eficiente desenvolvimento destes. Nesse contexto, é importante ter um procedimento de projeto definido, para se encontrar boas soluções, o qual deverá ser flexível e, ao mesmo tempo, capaz de ser planejado, otimizado e revisado. Como todo procedimento, ele será realizável

somente se os projetistas tiverem um necessário domínio do conhecimento e trabalharem de maneira sistemática.

Hubka & Schregenberger *apud* Pahl & Beitz (1996) relatam que existe uma distinção entre *ciência de projeto* e *metodologia de projeto*. A *ciência de projeto* utiliza métodos científicos para analisar a estrutura de sistemas técnicos e seus relacionamentos com o meio ambiente. O objetivo é derivar as regras para o desenvolvimento desses sistemas com base nos elementos do sistema e seus relacionamentos.

Já *metodologia de projeto* é um concreto curso de ações para o projeto de sistemas técnicos que derivam seus conhecimentos da ciência de projeto e da psicologia cognitiva e da experiência prática em diferentes campos, o quê inclui: planos de ação para ligar os passos de trabalho e as fases do projeto de acordo com o conteúdo e organização; estratégias, regras e princípios para alcançar metas gerais e específicas; e métodos para resolver problemas de projeto individuais ou tarefas parciais.

Uma metodologia, portanto, deve:

- ◆ ser aplicável para qualquer tipo de atividade de projeto, não importando qual o campo da especialidade;
- ◆ facilitar a procura por ótimas soluções;
- ◆ ser compatível com as concepções, métodos e descobertas de outras disciplinas;
- ◆ não confiar em soluções descobertas por acaso;
- ◆ facilitar a aplicação de soluções conhecidas para as tarefas relacionadas;
- ◆ ser compatível com o processamento eletrônico de dados;

- ◆ ser fácil de ser ensinada e aprendida;
- ◆ reduzir a carga de trabalho, economizar tempo, prevenir o erro humano, e ajudar a manter o interesse ativo.

Uma outra definição para metodologia de projeto pode ser encontrada em Maribondo (2000, p. 37).

Metodologia de projeto nada mais é do que uma coleção de ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto, que tem por objetivo maior auxiliar os projetistas a tomarem as melhores decisões, valendo-se de mecanismos de avaliação e retroalimentação de dados, que juntos terminam por dar suporte às tomadas de decisões, na busca pela melhor solução de um determinado problema de projeto.

### **3.4 Evolução da sistematização do projeto de produto**

Segundo Pahl & Beitz (1996), todos os desenvolvimentos têm antecedentes e vão amadurecendo à medida que são necessitados, quando a tecnologia certa está disponível e quando eles são economicamente praticáveis. Isso também se aplica à sistematização do projeto.

Ainda segundo os mesmos autores, é difícil determinar as reais origens da sistematização do projeto.

Se voltarmos aos tempos de Leonardo da Vinci e examinarmos seus croquis, podemos ficar surpresos em verificar que ele já utilizava variações sistemáticas de possíveis soluções.

Até a era industrial, o projeto estava intimamente associado com as artes e habilidades. Porém, com o crescimento da mecanização novas características e princípios surgiram.

Redtenbacher (1852) salientou que, com o crescimento da mecanização, as atenções se voltaram para um número de características e princípios, os quais continuam ser, até hoje, de grande importância: resistência suficiente, dureza suficiente, baixo desgaste, baixo atrito, mínimo uso de materiais, baixo peso, fácil montagem e máxima racionalização. As idéias acima foram desenvolvidas por Reuleaux (1854). Mas, em consequência de seus requisitos, às vezes, conflitantes, Reuleaux sugeriu que a avaliação de suas relativas importâncias deveriam ser feitas pela inteligência e juízo dos projetistas.

Importantes contribuições para o desenvolvimento da engenharia de projeto também foram dadas por Bach (1920) e Ridler (1913), os quais constataram que a seleção dos materiais, a escolha dos métodos de produção e a provisão de adequada resistência são de igual importância e que estas influenciam umas nas outras. Em 1927, foi a vez de Röttscher mencionar as seguintes características essenciais de projeto: objetivo específico, caminhos de cargas efetivas, e eficiente produção e montagem.

Laudien (1931), examinando os caminhos de carga em partes de máquinas, deu o seguinte conselho: para uma conexão rígida, juntar as partes na direção da carga, se flexibilidade é requerida, juntar as partes ao longo dos caminhos indiretos de carga. Não fazer provisões desnecessárias, não sobre-especificar, não cumprir mais exigências do que as exigidas, economizar pela simplificação e pela construção econômica.

Idéias mais modernas de sistematização foram introduzidas por Erkens (1928), o qual insistia numa abordagem passo a passo, baseada

em constante teste e avaliação, no balanço das exigências conflitantes e que o processo deve ser continuado até que uma rede de idéias (o projeto) surja.

Uma técnica de projeto mais compreensiva foi apresentada por Wögerbauer (1943) na qual ele dividia a tarefa global em tarefas secundárias e estas em tarefas operacionais e instrumentais. Por meio de sua técnica Wögerbauer examina, mas não consegue apresentar numa forma sistemática aos numerosos inter-relacionamentos entre as restrições identificáveis que os projetistas devem levar em conta. Ele não procede para uma sistemática elaboração das soluções. Sua procura sistemática começa com uma solução descoberta mais ou menos intuitivamente a qual é variada o mais compreensivelmente no que diz respeito à forma, materiais e método de produção. O grande número das possíveis soluções é depois reduzido por meio de testes e avaliações em que o custo é o principal critério.

Em razão da ausência de um meio confiável para representar as idéias abstratas e uma visão difundida de que projetar é uma forma de arte e não uma atividade técnica como outra qualquer fez com que o processo de projeto pouco evoluísse antes da Segunda Guerra Mundial, mesmo apresentando necessidade de melhoramentos e racionalização.

Modernas idéias de um projeto sistemático foram apresentadas por: Kesselring (1942), Tschochner (1954), Niemann (1950), Matoušek (1957) e Leyer (1963). Além de importantes pioneiros, o trabalho desses autores continua a prover as mais usuais sugestões de manuseio das fases individual e passos do projeto sistemático.

Kesselring (1942), primeiramente, explicou as bases de seu método de sucessivas aproximações cuja característica saliente é a avaliação das formas variantes de acordo com critérios técnicos e econômicos. Em 1954 Kesselring, por meio de sua teoria da composição técnica, apresenta em adição para uma série de idéias básicas sobre a contribuição técnica dos projetistas e de suas conduta, atitude e responsabilidade, uma quantidade real, mas não óbvia de princípios científicos (relacionamentos matemáticos e físicos) e restrições econômicas (custos de produção).

Na teoria da forma de projeto, ele menciona cinco princípios:

- ◆ o do mínimo custo de produção;
- ◆ o do menor espaço requerido;
- ◆ o do mínimo peso;
- ◆ o das mínimas perdas;
- ◆ o do ótimo manuseio.

O objetivo da teoria da forma de projeto é o projeto e a otimização de partes individuais e artefatos técnicos simples.

Tschochner (1954) menciona quatro fatores fundamentais do projeto, chamados princípio de trabalho, material, forma e tamanho, os quais são interconectados e dependentes sobre os requisitos, o número de unidades, custo, etc. Os projetistas iniciam com o princípio de trabalho, determinam os outros fatores fundamentais, como material e forma e os combinam com a ajuda das dimensões escolhidas.

Niemann (1950) começa com um leiaute escalonado do projeto global mostrando as principais dimensões e o arranjo geral. Depois ele divide o projeto global em partes que podem ser desenvolvidas em



paralelo. Ele parte de uma definição da tarefa para uma variação sistemática de possíveis soluções e finalmente para uma seleção formal da solução ótima. Niemann deve ser considerado como um pioneiro do projeto sistemático haja vista que ele, consistentemente, exigia e encorajava o desenvolvimento do projeto sistemático.

Matousek (1957) lista quatro fatores essenciais: princípio de trabalho, material, fabricação e forma de projeto e, depois, seguindo Wögerbauer elabora um plano de trabalho global baseados nesses quatro fatores. Ele adiciona que, se o aspecto custo é insatisfatório, todos os outros quatro fatores devem ser reexaminados numa maneira iterativa.

Leyer (1963) preocupa-se mais com a forma do projeto. Ele distingue três principais fases. Na primeira fase, o princípio de trabalho é traçado com a ajuda de uma idéia, uma invenção ou fatos estabelecidos. A segunda é a fase do projeto verdadeiramente, e a terceira é a fase da implementação. A segunda fase é fundamental para a elaboração do leiaute. Durante esta, princípios e regras deverão ser levados em conta. Por exemplo: o princípio da espessura de parede constante, o princípio da construção de menor peso, o princípio do menor caminho das cargas e o princípio da homogeneidade.

Essas tentativas preliminares abriram caminho para intensivos desenvolvimentos de métodos, em especial por professores universitários os quais aprenderam os fundamentos do projeto em contatos práticos com produtos técnicos de crescente complexidade.

No início dos anos 50, Hansen, Bischoff e Bock lançam suas propostas de sistematização do projeto. Em 1965, Hansen publica a

segunda edição do seu trabalho apresentando uma proposta mais compreensiva definida num então chamado sistema básico cujos quatro passos de trabalho são aplicados da mesma forma no projeto conceitual, leiaute e projeto detalhado. Ele começa com a análise, crítica e especificação da tarefa a qual irá conduzi-lo ao princípio básico do desenvolvimento. O princípio básico abrange a função global que tem sido derivada da tarefa, das condições predominantes assim como das medidas requeridas.

Segundo Hubka & Eder (1996), até o ano de 1967, poderiam ser encontrados somente grupos dispersados e isolados e ou especialistas individuais que propunham certas soluções para o melhoramento do trabalho de projeto.

Após 1967, especialmente nos anos setenta, houvera grande desenvolvimento na área da Ciência de Projeto, aumentando o número de pesquisadores e da fundação de Institutos para Tecnologia de Projeto, sobretudo, nas Universidades Técnicas da Alemanha. As trocas de idéias também se tornaram mais freqüentes pela realização de conferências internacionais, tais como a *International Conference on Engineering Design (ICED)*. A primeira Conferência Internacional sobre Engenharia de Projeto foi realizada em Praga, na Suíça, em 1967, e vem ocorrendo regularmente desde 1981.

Em 1970, é a vez de Rodenacker desenvolver um método original de projeto caracterizado por resolver a estrutura requerida de trabalho por meio das relações entre a lógica, física e leiaute. Ele enfatiza o reconhecimento e a eliminação das influências dos distúrbios e falhas o mais cedo possível durante a formulação do processo físico, a

adoção de uma estratégia geral de seleção do simples para o complexo; e a avaliação de todos os parâmetros do sistema técnico contra quantidade, qualidade e custo.

Do campo da engenharia de precisão, também vieram importantes contribuições: Kuhlenkamp (1971), Richter (1974) e Brader (1974). Eles propõem a combinação de algoritmos, simulações matemáticas e procedimentos de otimização para cada seleção de soluções. Dizem também que a otimização de um produto pode ser suportada pelo uso do computador.

Já por outro lado, numa linha de pensamento diferente dos métodos até aqui citados, os quais não utilizam a ajuda de técnicas de controle automático envolvendo retroalimentação, Wächtler (1967 e 1969) demonstra, por analogia com conceitos cibernéticos tais como controle e aprendizagem, que a criatividade de projeto é a forma mais complexa do processo de aprendizagem.

Segundo Pahl & Beitz (1996, p. 16), “muito dos métodos originais de projeto sistemático de Leyer, Hansen, Rodenacker, Kuhlenkamp and Wächtler ainda estão sendo aplicados atualmente, tendo sido integrados nos mais recentes desenvolvimentos em metodologias de projeto”.

Como pudemos constatar anteriormente, os maiores desenvolvimentos sobre a sistematização do projeto de produto foram realizados na Alemanha. Mas, também houveram importantes contribuições vindas de outros países tais como: Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Suíça, Tchecoslováquia, França, Itália, Polônia, etc.

Poderíamos dedicar um capítulo para descrever a evolução da sistematização do projeto de produto em cada país, mas isso seria muito dispendioso. Sendo assim, vamos apenas ressaltar alguns trabalhos que, no nosso entendimento, são os mais conhecidos.

Caso o leitor esteja interessado em saber mais a respeito do desenvolvimento histórico da literatura sobre a Ciência do Projeto em cada país, um grande estudo sobre esse assunto pode ser encontrado no livro de Hubka & Eder: *Design Science: introduction to the needs, scope and organization of engineering design knowledge*.

O Quadro 3, extraído do livro acima, mostra-nos um resumo sobre tal desenvolvimento, até o ano de 1995. Segundo Hubka & Eder (1996) esse quadro representa uma tentativa de dar uma visão sobre o assunto.

Em 1962, Morris Asimov publicou, nos Estados Unidos, sua obra intitulada *Introduction to Design*. Essa obra foi traduzida para o português e publicada pela Editora Mestre Jou no Brasil em 1968.

Da Inglaterra, vem a contribuição de Archer, em 1964, mediante sua obra *Systematic Method for Designers*.

Quadro 3 – Visão da Evolução da Literatura Sobre a Ciência do Projeto.

Fonte: Hubka & Eder (1996).

Visão Geral da “Evolução” de Contribuições para Ciência do Projeto				
Legenda: T .... Tradução C .... Procedimento de Conferência R .... Relatório G .... Norma J ..... Jornal G ..... Alemanha (Unificada) F ..... França CZ .. República Tcheca PL ... Polônia DK .. Dinamarca S ..... Suécia AU .. Áustria J ..... Japão SU ... União Soviética (Antiga)				
69 ... refere-se também às últimas contribuições – alguns autores aparecem várias vezes (com a abreviatura do título do livro)				
	USA, Canadá	Alemanha, Suíça	Grã- Bretanha	Outros Países
1940		1850 Redtenbacher 1853 Reuleax 1919 Riedler		1929 Kotarbinski
45	45 Polya 47 Miller 48 Zwicky	43 Kesselring 43 Wögerbauer		
1950		48 Konstruktion (J)		
	53 Bross 54 Crawford 54 von Fange	52 Bischoff-Hansen 54 Tschochner	52 Wallace	
55		55 Lohmann 57 Matousek 57 Brandenburger		
	58 Jewkes 58 Whiting 59 Pearson			58 Richtl. Ko7 (S)
1960	60 Simon 60 Buhl 61 Gordon 62 Ackoff 62 Asimov 62 Hall 63 Starr 63 Norris 63 Pare 63 Osborne 64 Alger 64 Drucker 64 McCrory	63 Leyer  64 VDI-R 2225 (G)	60 Marples  62 Gosling  63 Feilden (R) 63 Matousek (T) 63 Jones (C)  64 Archer	61 Sereda (SU) 62 Goranski (SU)  63 Altschuller (SU) 63 Hubka (CZ) 63 Smilauer (CZ) 63 Backovsky (CZ)

### Continuação do Quadro 3

<b>Visão Geral da “Evolução” de Contribuições para Ciência do Projeto</b>				
Legenda: T .... Tradução C .... Procedimento de Conferência R .... Relatório G .... Norma J ..... Jornal G ..... Alemanha (Unificada) F ..... França CZ .. República Tcheca PL ... Polônia DK .. Dinamarca S ..... Suécia AU .. Áustria J ..... Japão SU ... União Soviética (Antiga)				
69 ... refere-se também às últimas contribuições – alguns autores aparecem várias vezes (com a abreviatura do título do livro)				
	<b>USA, Canadá</b>	<b>Alemanha, Suíça</b>	<b>Grã- Bretanha</b>	<b>Outros Países</b>
65	65 Krick	65 Engpass-Konstr. 65 Lehrstuhl Mün- 65 Hansen (KoSyst)	65 Eder/Gosling	
	66 Woodson 66 Harrisberger 66 Dixon 67 Tech-Innov (C) 67 Miller 67 Nadler 67 Roe 68 Bertalanffy 68 Gibson	67 Müller (OpVerf) 67 Hansen (C)	66 Gregory (C)  67 Mayall	66 Olsson (S)  67 Dietrych (PL) 67 Prog (C-CZ)
	69 Churchmann 69 Klir 69 Middendorf 69 Vidosic	68 Steuer	68 DeSimone (C) 68 Ellinger 68 Morrison 69 Ashford 69 Glegg	69 Narbert (F)
1970	70 Parr 70 Wilson	70 Rodenacker	70 Jones	70 Geminard (F)
	73 Love 73 Holloway 73 Miles 74 Wickelgren 74 Newell	73 VDI-R 2222 (G) 73 Schw.M.Mkt. (J)  74 Hubka (TMS) 74 Hansen (KoWiss)	71 French 72 Gregory (C) 72 Cross (C) 73 Pitts 73 de Bono 74 Leyer (T) 74 Pitts (C)	71 Vidal (F) 72 Powilejko (SU)  73 Odrin (SU) 73 Chabal (F)  74 Svensson (AU)
75	76 Warfield	76 Hubka (TKoP) 76 Franke 76 Steinwachs 76 Koller 77 Pahl/Beitz	76 Moulton (R)	

## Continuação do Quadro 3

<b>Visão Geral da “Evolução” de Contribuições para Ciência do Projeto</b>				
Legenda:				
T .... Tradução		G ..... Alemanha (Unificada)		S ..... Suécia
C .... Procedimento de Conferência		F ..... França		AU .. Áustria
R .... Relatório		CZ .. República Tcheca		J ..... Japão
G .... Norma		PL ... Polônia		SU ... União Soviética (Antiga)
J ..... Jornal		DK .. Dinamarca		
69 ... refere-se também às últimas contribuições – alguns autores aparecem várias vezes (com a abreviatura do título do livro)				
	<b>USA, Canadá</b>	<b>Alemanha, Suíça</b>	<b>Grã- Bretanha</b>	<b>Outros Países</b>
	78 Argyris			
1980	80 Adams 80 Mckim	79 Ropohl	79 Loughborough (C) 79 Corfield (R) 79 Design Studies (J) 80 Finniston (R)	79 Tjalve (DK)  80 Andreasen 80 Sapiro (SR) 81 ICED 81 Roma
	83 Goldberg	82 Roth 82 Schregenberger	82 Hubka/Eder	83 ICED 83 Copegnhague 84 Gasparski (PL)
85	85 NSF  86 Wales 86 Rabins (B) 87 ICED 87 Boston 88 Hubka/Eder	85 Ehrlenspiel 85 ICED 85 Ham- 85 VDI-R 2221 (G) 86 Seifert	83 Lickley (R)  84 Cross 84 Langdon (C) 84 Pahl/Beitz (T)	
	89 Newsome (C) 89 Westerberg 89 Suh		88 Trade & Ind. (R) 88 Hubka/Andr./Eder 89 ICED 89 Harrogate	88 Lewis/Samuel 88 ICED 88 Budapest
1990	90 Res. E. Design 90 Starfield	90 Müller (AMeth)	90 J. Eng. Design (J)	90 ICED 90 Dubrov-
	92 Ullman	91 ICED 91 Zürich Hubka/Eder (ED) 93 Pahl/Beitz (3rd)		93 ICED 93 The Ha-
95	94 Dym	95 Roth (2nd) 95 Hubka/Eder (DS-	94 Cross 95 Redford	95 ICED 95 Praga

### 3.5 Metodologias mais recentes de projeto de produto

Atualmente, existem inúmeras publicações sobre metodologias de projeto de produto, em vários países e línguas, sendo que poderíamos escrever páginas e páginas sobre elas, mas não é esse o objetivo deste trabalho. Portanto, vamos apenas citar algumas que julgamos serem as mais difundidas.

Sem dúvida, uma das mais difundidas é a Metodologia de Pahl & Beitz.

A primeira edição dessa metodologia foi publicada em 1977 sob o título de *Konstruktionslehre*. Foi uma edição publicada somente na língua alemã. Em 1984, Ken Wallace e A. J. Pomerans fizeram uma tradução completa da primeira edição, publicando assim a primeira edição em inglês da metodologia sob o título de *Engineering Design*.

As duas edições logo se tornaram importantes pontos de referência na sistematização do projeto de engenharia na indústria, pesquisa e educação. Em 1986, foi publicada a segunda edição em alemão.

Como a publicação da segunda edição em alemão foi logo após a publicação da primeira edição em inglês, e esta já havia sido amplamente difundida no meio acadêmico, surgiu a necessidade de se publicar uma edição acadêmica abreviada.

Sendo assim, em 1988, é publicada a edição acadêmica e abreviada intitulada: *Engineering Design – A Systematic Approach*.

Para a publicação dessa edição acadêmica, foi revista a tradução e os conteúdos da primeira edição, sendo mantida a terminologia e excluídos dois capítulos: um sobre detalhe de projeto e outro sobre CAD.



Em 1993, é publicada a terceira edição, em alemão, da metodologia e, em 1996, com a tradução de Ken Wallace, Luciënne Blessing e Frank Bauert, foi publicada a segunda edição da obra *Engineering Design – A Systematic Approach*.

A estrutura global da segunda edição da obra *Engineering Design – A Systematic Approach* não é exatamente igual à estrutura da terceira edição em alemão da metodologia, e, novamente, alguns capítulos foram suprimidos.

Antes da publicação da metodologia de Palh & Beitz, tivemos, em 1976, a publicação do trabalho de Koller sob o título de *Konstruktionsmethode für Maschinen-, Geräte- und Apparatebau*.

Em 1982, Roth publicou o seu livro *Konstruktion mit Konstruktionskatalogen* propondo a utilização de catálogos de soluções para auxiliar no projeto de produtos.

Em 1984 foi a vez de Hubka propor sua metodologia em *Theorie Technischer Systeme*. Essa obra foi traduzida para o inglês em 1988, por W. E. Eder sob o título *Theory of Technical Systems – A Total Concept Theory for Engineering Design*.

Em 1985, a VDI (Verein Deutscher Ingenieure), liderada por W. Beitz publicou a *Guideline 2221* propondo sua metodologia. Essa obra foi traduzida para o inglês em 1987 por Ken Wallace, sob o seguinte título: *VDI Design Handbook 2221: Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products*.

Desde 1989, a ASME (American Society of Mechanical Engineers) vem realizando anualmente uma conferência intitulada de *ASME Design Theory and Methodology Conference*.

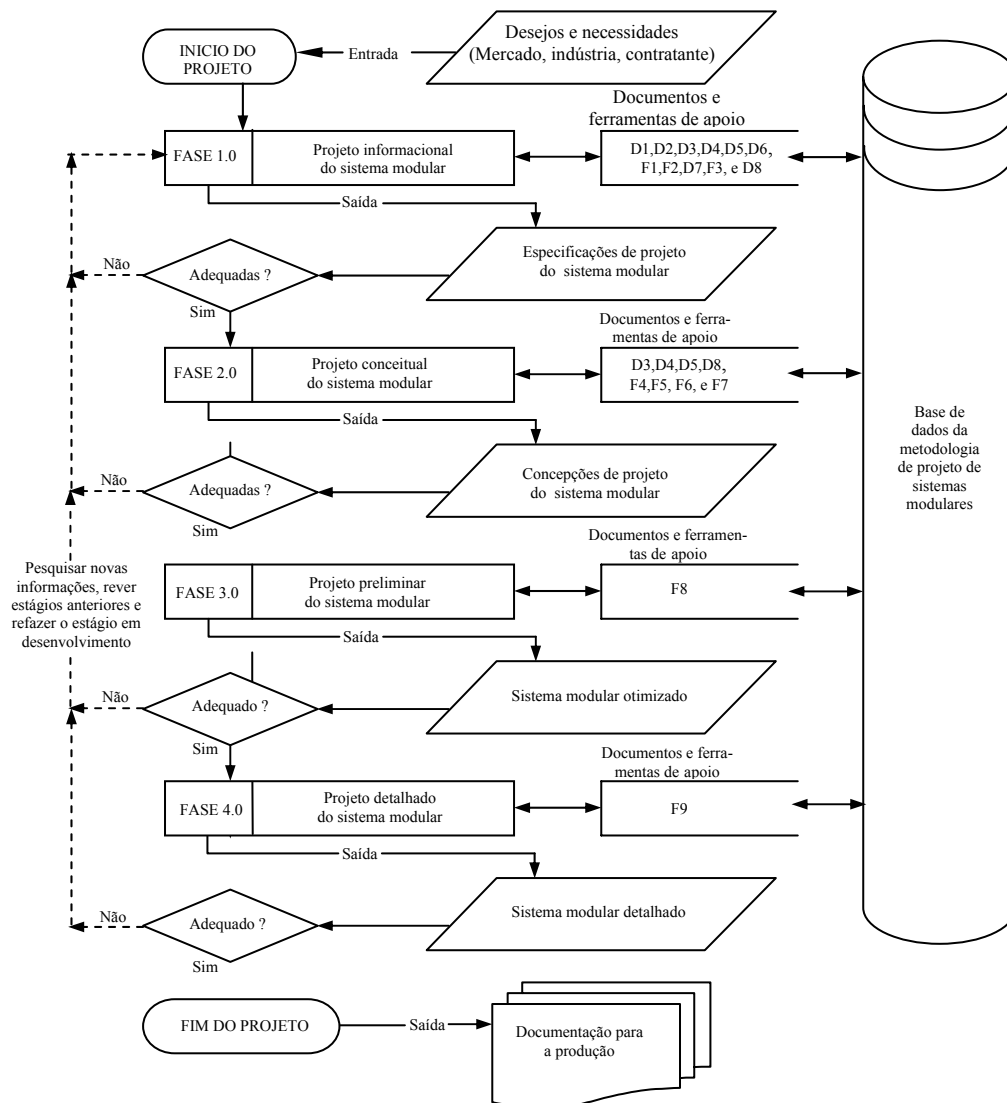
No Brasil, também tivemos a publicação de trabalhos importantes: Back, em 1983, publicou seu livro *Metodologia de Projeto de Produtos Industriais* e Bonsiepe, em 1984, publicou *Metodologia experimental: desenho industrial*. Outros trabalhos também foram publicados como dissertações e teses. Como exemplo disso podemos citar a metodologia desenvolvida por Juscelino de Farias Maribondo, a qual é alvo deste trabalho.

Um estudo mais aprofundado a respeito dessa metodologia será visto a seguir.

### **3.6 Morfologia do processo de projeto de sistemas modulares**

O processo de projeto de sistemas modulares assim como a maioria dos processos de projeto é representado por um diagrama de fluxo.

A sua representação pode ser vista na Figura 8.



#### 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 8 – 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)”.

O modelo é mostrado num fluxo seqüencial de transformação de informações. No entanto, as tarefas não precisam ser obrigatoriamente desenvolvidas em seqüência podendo, muitas vezes, serem desenvolvidas simultaneamente.

Como pode-se ver, ele 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, sobretudo por causa da abrangência de seus objetivos. Seriam as “missões principais”.

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

Já as “Tarefas” compreenderão 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”.

O significado da convenção utilizada na construção deste modelo é mostrado na Figura 9.

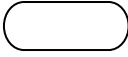
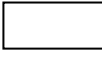
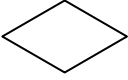

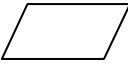

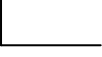
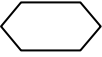


SÍMBOLOS BÁSICOS	SIGNIFICADO DOS SÍMBOLOS DENTRO DO PROCESSO DO PROJETO
	Indica o início ou o fim do processo de projeto.
	Indica um processo, uma ação, uma atividade a ser executada.
	Indica uma avaliação dentro do processo do projeto.
	Indica um documento a ser impresso.
	Indica uma entrada ou saída de dados ou informações.
	Indica armazenamento de dados e/ou informações.
	Indica um comentário.
	Indica preparação ou elaboração de dados ou informações.
	Indica a seqüência do processo de projeto.
	Indica um retorno dentro do processo de projeto.

Figura 9 – Significado da convenção utilizada na construção do modelo de projeto. Fonte: Maribondo (2000).

### 3.7 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 isso, 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. Esse texto representará a “missão do projeto”, de modo que todas as atividades realizadas terão como objetivo atender tal missão.

A missão do projeto deverá ser revisada e melhorada com base no surgimento de novas informações.

### **3.8 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”.

Em suma, os dois principais objetivos dessa fase serão a definição do problema de projeto e a obtenção das especificações de projeto.

Como já vimos anteriormente, uma boa definição do problema de projeto, no início do projeto, é de suma importância. Nesse contexto, serão realizadas em tal fase uma série de atividades com a finalidade de se obter de uma definição mais detalhada do problema de projeto em questão o qual fora preliminarmente definido no início do projeto.

Já as especificações de projeto são obtidas por meio do estabelecimento e hierarquização dos requisitos de projeto

O roteiro dessa fase é mostrado na Figura 10. Nela, podemos ver que a “Fase” é desdobrada em “Etapas” e essas em “Tarefas”, sendo que para a realização das tarefas são apresentados documentos e ferramentas de apoio que auxiliarão a equipe de projeto na tomada de decisões.

No Quadro 4, é mostrado um resumo das “Etapas” contidas nessa “Fase”.

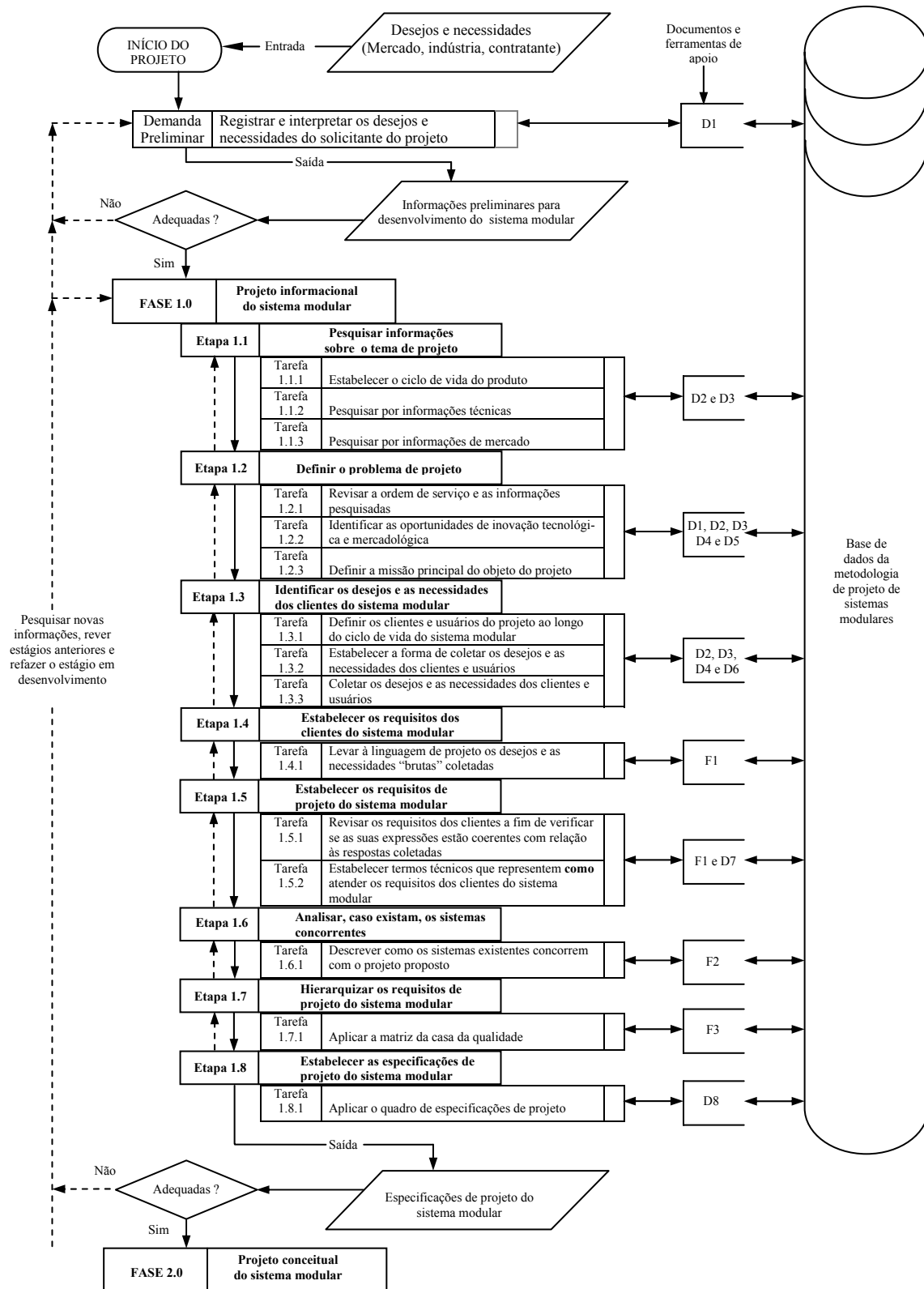


Figura 10 – Projeto informacional do sistema modular. Fonte: Mari-bondo (2000).



## Quadro 4 – Etapas do Projeto Informacional do Sistema Modular

ETAPA	OBJETIVO	ENTRADAS	SAÍDAS	FERRAMENTAS E/OU DOCUMENTOS DE APOIO	PROBLEMAS QUE PODEM OCORRER
<b>Início do Projeto</b>		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
<b>1.1</b>	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
<b>1.2</b>	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 eles.	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
<b>1.3</b>	Desenvolver ações visando a 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
<b>1.4</b>	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
<b>1.5</b>	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
<b>1.6</b>	Desenvolver ações visando a 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
<b>1.7</b>	Desenvolver ações visando a 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.
<b>1.8</b>	Desenvolver ações visando a 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.

### **3.9 Documentos e ferramentas de apoio a FASE 1.0: Projeto Informativo do Sistema Modular**

Os seguintes documentos e ferramentas de apoio fazem parte da Fase 1.0 da metodologia de projeto de sistemas modulares: Ordem de serviço (D1), Ciclo de vida do produto (D2), Catálogo de informações técnicas (D3), Formulário de identificação de oportunidades (D4), Definição do problema de projeto (D5), Questionários estruturados (D6), Lista dos requisitos de projeto do sistema modular (D7), Quadro de especificações de projeto do sistema modular (D8), Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto (F1), Análise dos produtos concorrentes (F2) e Matriz da casa da qualidade (F3).

#### **3.9.1 Ordem de serviço**

Segundo Maribondo (2000), a *Ordem de Serviço* é um documento destinado a registrar as primeiras declarações sobre o que se deseja projetar e tem por objetivo maior a formalização da contratação dos serviços de projeto. Com base nas informações registradas neste documento estabelece-se a equipe de projeto e dependendo do domínio do projeto em que se insere o problema é possível formar uma equipe só com profissionais do escritório de projeto ou mesmo solicitar o auxílio a vários outros especialistas em diferentes estágios do seu desenvolvimento. Este documento é composto por duas folhas onde a primeira destina-se ao registro das primeiras necessidades e interpretações junto ao contratante do projeto e a segunda a outras informações relativas ao problema de projeto.

<b>NeDIP</b> <b>Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos</b>	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica		
	Ordem de serviço N. ____/____	<b>Tipo de projeto</b>	
	<b>Contratante</b>		
Endereço do Solicitante do Projeto			
CPF ou CGC No Inscrição Estadual		Telefone: Fax: E-mail:	
Nome da pessoa contatada		Cargo ou função do contratante	
<b>INFORMAÇÕES INICIAIS DO CONTRATANTE DO PROJETO</b>			
Pedido de Projeto			
Restrições Iniciais			
<b>INTERPRETAÇÃO PRELIMINAR DO PEDIDO DE PROJETO</b>			
Objetivo geral do pedido de projeto			
Metas preliminares a serem alcançadas			
Restrições Iniciais			
Florianópolis ____/____/____			
Assinatura do contratante do projeto		Assinatura do responsável do projeto	

Figura 11 – Ordem de serviço (D1) – Folha 1. Fonte: Maribondo (2000).

<b>NeDIP</b>	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de serviço N. ____ / ____	<b>Tipo de projeto</b>	
	<b>Contratante</b>	
<b>INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA O ESTABELECIMENTO DO PROJETO</b>		
<b>DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DO PROJETO</b>		

Figura 12 – Ordem de serviço (D1) – Folha 2. Fonte: Maribondo (2000).

### 3.9.2 Ciclo de vida do produto

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. Por meio dele são analisadas as fases que fazem parte do ciclo de vida do produto, visando mapear todos os caminhos percorridos pelos materiais e os produtos resultantes de cada uma delas, a fim de identificar insumos, poluições e demais informações envolvidas na origem, uso e descarte de tais produtos.

Este documento de apoio pode ser visto na Figura 13.

<b>NeDIP</b>		Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica									
		Ordem de serviço N. ____ / ____		<b>Tipo de projeto</b>							
				<b>Contratante</b>							
<b>CICLO DE VIDA DO PRODUTO</b>											
<b>Sistema a desenvolver:</b>											
Fases do ciclo de vida do produto	Objetivo dessa fase	Importância dessa fase	Materiais que		Energias que		Principais transformações que ocorrem nessa fase	Meios utilizados para efetuar tais transformações	Possibilidade de inovação	Principais atores envolvidos nesta fase	Outros aspectos a observar
			Entram	Saem	Entram	Saem					
Fabricação											
Montagem											
Teste											
Embalagem											
Armazenagem											
Transporte / Distribuição											
Venda											
Uso											
Manutenção											
Reuso											
Reciclagem											
Disposição final											

Figura 13 – Ciclo de vida do produto (D2). Fonte: Maribondo (2000).

### 3.9.3 Catálogo de informações técnicas

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 a facilitar a busca e o uso de informações úteis para o desenvolvimento do novo produto, tais como: a missão principal do produto que se deseja projetar, como executar sua missão principal, quais são os meios utilizados para que o objeto do projeto possa executar sua missão principal e a identificar os parâmetros de projeto que auxiliam os modelos existentes no mercado a serem mais competitivos do que os outros, além de outros campos destinados a registrar as fontes de pesquisa sobre o estudo em assunto e os parâmetros que podem influenciar no desenvolvimento destes projetos.

Para maiores informações, apresentam-se as Figuras 14 e 15 que mostram respectivamente a primeira e a segunda folha deste documento.

<b>NeDIP</b>  <b>Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos</b>	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de serviço N. _____/____	<b>Pedido de projeto</b>	
	<b>Contratante</b>	
<b>CATÁLOGO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS</b>		
Missão principal do sistema Modular		
Atividades necessárias à execução da missão principal		
Meios de auxílio a estas Atividades		
<b>PRODUTOS CONCORRENTES ENCONTRADOS NO MERCADO</b>		
Nome do produto		
<i>Características do produto:</i> Capacidade de produção, tipo do processo, descrição do funcionamento, pessoas envolvidas, dimensões, etc.		
Principais interfaces a considerar neste produto:		
<i>Outras informações:</i> Fabricante, preço, endereço, etc.		

Figura 14 – Catálogo de informações técnicas (D3) - Folha 1. Fonte: Maribondo (2000).

<b>NeDIP</b>  <b>Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos</b>	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de serviço N. ____/____	<b>Pedido de projeto</b>	
	<b>Contratante</b>	
<b>CATÁLOGO DE INFORMACOES TÉCNICAS</b>		
<b>Fontes de consulta</b>		
Sites da Internet:	Observações sobre os sites pesquisados:	
http://		
http://		
Normas Técnicas:	Observações sobre as Normas Técnicas pesquisadas:	
Artigos/livros sobre o assunto	Observações sobre livros/artigos pesquisados:	
Autor, ano, título, volume, página		
Autor, ano, título, volume, página		
<b>Parâmetros que podem influenciar no desenvolvimento do projeto</b>		

Figura 15 – Catálogo de informações técnicas (D3) - Folha 2. Fonte: Maribondo (2000).



### 3.9.4 Formulário de identificação de oportunidades

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.

É constituído de 13 questões envolvendo o problema em estudo, as quais devem ser respondidas e justificadas pela equipe de projeto, visando a identificar deficiências nos produtos existentes e conveniências para o lançamento de um produto de melhor, face tais deficiências.

A Figura 16 mostra o modelo e as perguntas deste formulário.

Para cada uma das perguntas listadas, deve-se responder SIM ou NÃO, justificando a resposta, apresentando o número de sistemas ou produtos pesquisados e quais as conclusões que a equipe de projeto pode tirar com base nas informações obtidas com relação ao projeto em estudo.

Essa conclusão, junto com as demais informações já obtidas, servirão para balizar e melhor orientar a equipe de projeto a definir a missão principal do objeto e, conseqüentemente, o problema de projeto

<b>NeDIP</b>		Universidade Federal de Santa Catarina	
Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos		Centro Tecnológico	
		Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de serviço	<b>Pedido de projeto</b>		
N. ____/____	<b>Solicitante</b>		
<b>FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES</b>			
<b>Questionamentos a serem feitos</b>	<b>Resposta</b>	<b>Comentários</b>	
Existe mercado para o projeto em estudo?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
Existe perspectiva de lucro para esse projeto?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
Os projetos concorrentes vendem bem?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
O projeto em estudo oferece melhores vantagens do que seus concorrentes?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
Existe uma clara diferenciação desse projeto para os demais projetos existentes no mercado?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
É possível identificar o benefício básico desse projeto (vantagem principal) com relação aos projetos existentes?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
São conhecidos os fatores que determinarão o sucesso comercial desse projeto?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
É possível estimar um preço meta para o projeto em estudo?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
É possível estimar a vida do projeto em estudo?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
É possível estimar o tempo de retorno do investimento antes de começar a entrar na fase lucrativa?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
É possível estimar o lucro total previsto durante toda a vida do projeto no mercado?	<input type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO		
Quantos sistemas ou produtos foram analisados para que a equipe de projeto pudesse fornecer tais comentários?			
Quais as conclusões que a equipe de projeto pode tirar com base nessas informações com relação ao projeto em estudo?			

Figura 16 – Formulário de identificação de oportunidades (D4). Fonte: Maribondo (2000).

### 3.9.5 Definição do problema de projeto

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 (DOCUMENTOS 1, 2, 3 e 4). Para maiores informações ver Figura 17.

<b>NeDIP</b>		Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Produtos			
Ordem de serviço N. _____ / ____	Pedido de projeto		
	Contratante		
<b>Objetivo do problema de projeto</b>			
<b>Metas específicas a serem atingidas</b>			

Figura 17 – Definição do problema de projeto (D5). Fonte: Maribondo (2000).

### 3.9.6 Questionários estruturados

Segundo Maribondo (2000), os *Questionários Estruturados* correspondem a uma das técnicas de levantamento de dados ou informações que se encontram, muitas vezes, dispersas geograficamente.

Quando da elaboração de questionários, deve-se ter atenção sobre os seguintes itens: redação do cabeçalho e orientação aos respondentes; redação das perguntas; elaboração do questionário e tratamento estético do questionário.

Outros pontos de destaque dizem respeito aos temas para a elaboração das perguntas, os quais auxiliam à equipe de projeto na ordenação e na seqüência lógica da sua aplicação, e para o tratamento dos dados.

### 3.9.7 Lista de requisitos de projeto

Para o estabelecimento dos requisitos de projeto Maribondo (2000), recomenda a utilização do Quadro 5 abaixo.

Quadro 5 – Estabelecimento dos requisitos de projeto (D7). Fonte: Maribondo (2000).

N.	Requisitos dos clientes ( OS QUES )	Como a equipe de projeto poderia atender ou contemplar estes requisitos dos clientes?	Requisitos de projetos estabelecidos ( OS COMOS )
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

### 3.9.8 Quadro de especificações de projeto

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 eles 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 desses requisitos de projeto, as suas especificações e os requisitos que são conflitantes com cada requisito que está sendo especificado.

Em razão de sua importância no desenvolvimento do projeto, essa ferramenta deve ser elaborada com a participação de todos os que fazem a equipe de desenvolvimento do sistema modular. É preciso que haja consenso no tocante a cada uma das informações inseridas nesta pois elas além de representarem, do ponto de vista da linguagem de projeto, a “voz do consumidor” e a “voz da engenharia”, destinam-se a estabelecer o roteiro de desenvolvimento do sistema em estudo.

Para maiores informações sobre esta ferramenta de apoio ao processo de projeto, ver Quadro 6.

Com tal documento devidamente preenchido, tem-se em mão o guia para o desenvolvimento do projeto em estudo e, assim, pode-se iniciar a fase seguinte do processo de projeto, ou seja, a fase do projeto conceitual do sistema modular.

Quadro 6 – Quadro de especificações de projeto (D8). Fonte: Maribondo (2000).

Critério de classificação	Ordem	Requisito de projeto	Unidade	Meta proposta	Especificações dos requisitos de projeto	Requisitos conflitantes
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					

### 3.9.9 Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto

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” dos clientes,

para transformá-las em informações úteis ao desenvolvimento do projeto.

Fazem parte dessa ferramenta as fases do ciclo de vida do produto; os aspectos a serem investigados dentro de cada uma destas fases; os campos destinados a resposta dos clientes do projeto; a interpretação destas respostas; ao estabelecimento dos requisitos dos clientes do projeto, a valoração desses requisitos e, por fim, o campo destinado às justificativas dos pesos atribuídos a cada um dos requisitos dos clientes do projeto (Ver Figura 18).

TRADUTOR DE NECESSIDADES EM REQUISITOS DOS CLIENTES DO PROJETO												
FASES DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO												
Projeto	Fabricação	Montagem	Teste	Embalagem	Armazenagem	Transporte/ distribuição	Venda	Uso	Manutenção	Reuso	Reciclagem	Disposição final
Perguntas	01	Quais são as principais necessidades dos clientes do projeto que deverão ser atendidas?										
Respostas dos clientes do projeto												
São as necessidades que envolvem o custo, a confiabilidade e a segurança do produto, a capacidade de produção, além de outras relativas às garantias de assistência técnica, manutenção entre outras.												
Aspecto a ser investigado nesta fase: Custo, segurança, etc.												
Interpretação das respostas dos clientes do projeto												
É preciso desenvolver um projeto simples, para que tais desejos sejam contemplados, pois tais projetos deverão atender municípios pequenos com população estimada em até 40 mil habitantes os quais, muitas vezes, tem limitações de recursos técnicos e econômicos.												
Estabelecimento dos requisitos dos clientes do projeto		Peso do requisito no projeto		Justificativas desta valoração								
Projeto simples		10		Atender tal necessidade é desenvolver um projeto que seja fácil de construir, instalar, operar e manter. Juntas tais características terminam por influenciar os custos do mesmo, reduzindo-os.								

Figura 18 – Tradutor das necessidades em requisitos dos clientes do projeto (F1). Fonte: Maribondo (2000).

### 3.9.10 Análise dos produtos concorrentes

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.

Para a sua aplicação são necessárias as seguintes informações básicas:

- 1) Os requisitos dos clientes do projeto (Os QUE's);
- 2) A relação dos produtos que concorrem com o projeto em estudo;
- 3) Os critérios de relacionamento entre os QUE's e cada produto concorrente ao projeto em estudo;
- 4) A **Regra 3.1** de auxílio à tomada de decisão.

Na Figura 19 pode-se ver um exemplo da análise de produtos concorrentes.

5 – Atende completamente 3 – Atende parcialmente 1 – Atende muito pouco		PRODUTOS CONCORRENTES		
		A	B	C
OS QUES	VALOR			
Requisitos do cliente 1	5	5	3	3
Requisitos do cliente 2	3	- ●	5	3
Requisitos do cliente 3	1	1	1	- ●
Estimativa para a escolha do produto meta		13	10,33	12
Classificação dos concorrentes		1	3	2

→ **PRODUTO META**

Necessidades que não puderam ser analisadas em razão de problemas de prazos ou inacessibilidade da informação.

Nesses casos, usa-se a seguinte regra:  
**Regra 3.1:** Quando existir algum relacionamento em branco nessa matriz, o usuário deve retornar à matriz e preencher o campo em branco com o maior relacionamento encontrado na mesma linha, em que está situado o referido relacionamento.

Figura 19 – Análise dos produtos concorrentes (FERRAMENTA 2).  
 Fonte: Maribondo (2000).



Nessa ferramenta, as linhas correspondem aos requisitos dos clientes do projeto, ou seja, os QUE's. As colunas correspondem aos produtos concorrentes e os relacionamentos correspondem ao quanto cada necessidade é atendida ou contemplada nos produtos analisados.

O cálculo utilizado para auxílio na tomada da decisão é mostrado pela **equação 3.1**.

$$\text{Estimativa para a escolha do produto-meta} = \frac{\sum_{i=l}^{j=m} (\text{Valor } RC_i * a_{ij})}{\sum i} \quad (3.1)$$

Em que:  $i$  = Número de linhas inserida na matriz diferentes de zero;

$j$  = Número de colunas da matriz ( $j = 1, 2, \dots, m$ );

$\text{Valor } RC$  = Valor atribuído ao requisito do cliente;

$a_{ij}$  = Campo na matriz no qual se encontra o relacionamento entre os requisitos dos clientes e os produtos em análise.

No Quadro 7, têm-se as recomendações de projeto destinadas a auxiliar os projetistas a justificarem as pontuações atribuídas para cada produto em análise.

Quadro 7 – Recomendações de projeto destinadas a auxiliar os projetistas a justificarem as pontuações atribuídas para cada produto em análise. Fonte: Maribondo (2000).

Critérios a avaliar	Questionamentos e recomendações que podem ser realizados
Custo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual dos produtos tem menor custo de <b>fabricação</b>?</li> <li>• Qual dos produtos tem menor custo de <b>montagem</b>?</li> <li>• Qual dos produtos tem menor custo de <b>testes</b>?</li> <li>• Qual dos produtos tem menor custo de <b>transporte</b>?</li> <li>• Qual dos produtos tem menor custo de <b>aquisição</b>?</li> <li>• Qual dos produtos tem menor custo de <b>manutenção</b>?</li> <li>• Qual dos produtos tem menor custo de <b>descarte</b>?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que possuir menor custo deve receber avaliação 5. O produto que possuir maior custo deve receber avaliação 0.</p>
Fabricação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual dos produtos é considerado mais fácil de fabricar?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de fabricar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de fabricar deve receber avaliação 0.</p>
Montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual dos produtos é considerado mais fácil de montar?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de montar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de montar deve receber avaliação 0.</p>
Teste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual dos produtos é considerado mais fácil de testar?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de testar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de testar deve receber avaliação 0.</p>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual dos produtos é considerado mais fácil de transportar?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de transportar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de transportar deve receber avaliação 0.</p>
Uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual dos produtos é considerado mais fácil de usar?</li> <li>• Qual dos produtos possui manual de instruções?</li> <li>• Qual dos produtos possui mais dispositivos de segurança tanto operacional como funcional?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de usar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de usar deve receber avaliação 0.</p>
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual dos produtos é considerado mais fácil de manter?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que mais fácil de manter deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de manter deve receber avaliação 0.</p>
Descarte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual dos produtos é considerado mais fácil de descartar?</li> <li>• Qual dos produtos é considerado mais fácil de desmontar?</li> <li>• Qual dos produtos tem seus materiais mais facilmente identificados?</li> </ul> <p><b>Recomendação:</b> O produto que for mais fácil de descartar deve receber avaliação 5. O produto que for mais difícil de descartar deve receber avaliação 0.</p>

No exemplo mostrado na Figura 19, o produto a ser alcançado ou superado é o produto A, em função da pontuação atingida.

Outro fator a ser observado diz respeito ao atendimento dos requisitos por parte dos produtos. Vê-se na Figura 19 que o requisito de número 3 é pouco atendido pelos produtos concorrentes. Esse fato abre uma possibilidade de competitividade a ser buscada pela equipe de projeto, ou seja, se o produto, que está em desenvolvimento, tiver parâmetros que contemplem os aspectos de maior pontuação do produto A e o supere nos seus pontos de deficiência, é de supor que tal produto já será mais competitivo do que o produto A que obteve maior pontuação.

Maribondo (2000), recomenda os seguintes procedimentos para a realização da análise dos produtos concorrentes:

- 1) observar os QUE's e verificar se os produtos concorrentes não os atendem completamente, parcialmente ou muito pouco os desejos e necessidades listados para o problema de projeto.

- 2) efetuar outras perguntas adotando a seguinte recomendação: se forem feitas mais de uma pergunta por critério a avaliar, será preciso efetuar um somatório dos pesos. Só então, após obtidos os resultados, é que se toma a decisão de qual dos produtos terá avaliação 5, 3, 1 ou 0. Nesse momento, a equipe de projeto pode também ponderar essa avaliação, ou seja, a equipe pode adotar a mesma ponderação assumida para as necessidades e os desejos listados na casa da qualidade no campo dos "O QUE's;

- 3) caso não se tenha condição, no momento da avaliação, de ponderar algum relacionamento, deverá ser deixado em branco e, após preenchida e visualizada a matriz de relacionamento, deve-se voltar ao relacionamento em branco e atribuir a ele o maior relacionamento en-

contrado na linha em que este se encontra. Com isso, valoriza-se o produto concorrente, obrigando o produto em desenvolvimento a superá-lo.

Aplicados tais procedimentos e preenchidos todos os campos, faz-se o somatório dos pesos por produto, adotando como produto-meta, aquele que obtiver maior pontuação neste somatório.

Concluída essa atividade, listam-se as qualidades e os aspectos a serem atingidos e/ou superados com o produto em desenvolvimento.

### **3.9.11 Matriz da casa da qualidade**

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 dos vários clientes envolvidos, direta ou indiretamente, com o desenvolvimento do produto, servindo de auxílio ao planejamento do projeto conceitual do produto, pela transformação dos desejos e necessidades dos clientes em requisitos de projeto para o desenvolvimento do produto.

A Figura 20 mostra, de maneira simplificada, os principais campos de registro de informações utilizados na matriz.

A classificação dos requisitos de projeto pode ser realizada de duas maneiras:

- 1) **Não considerando** as informações do telhado da Matriz da Casa da Qualidade.

2) **Considerando** as informações do telhado da Matriz da Casa da Qualidade.

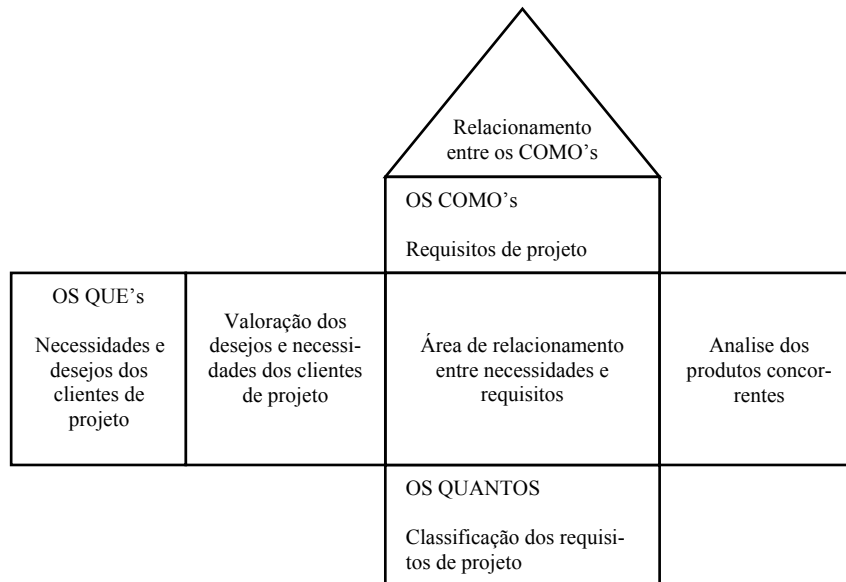


Figura 20 – Ilustração da matriz da casa qualidade (Ferramenta 3).  
Fonte: Maribondo (2000).

No primeiro caso, faz-se uso da equação 3.2 e da Regra 3.2 apresentada a seguir para obter tal classificação.

$$\mathcal{V}_j = \sum_{i=l}^{j=m} vc_i \cdot gr_{i,j} \quad (3.2)$$

Em que:

$\mathcal{V}_j$  = valor somatório do j-ésimo requisito de projeto não considerando as informações do telhado da Matriz da Casa Qualidade.

$vc_i$  = Valoração dos clientes da i-ésima linha.

$gr_{i,j}$  = Grau de relacionamento entre o i-ésimo requisito dos clientes e o j-ésimo requisito de projeto.

$i$  = Número de linhas da Matriz da Casa Qualidade.

$j$  = Número de colunas da Matriz da Casa Qualidade.

$n$  e  $m$  = Número inteiros positivos diferentes de zero.

**Regra 3.2:** SE o valor  $\mathcal{V}_j > \mathcal{V}_{j-1}$ ,

**ENTÃO**  $\mathcal{V}_j$  recebe a primeira colocação e  $\mathcal{V}_{j-1}$  recebe a segunda colocação.

**SENÃO**  $\mathcal{V}_{j-1}$  recebe a primeira colocação e  $\mathcal{V}_j$  a segunda colocação. Com  $j$  variando de 1 até  $m$ , em que  $m$  é um número inteiro positivo diferente de zero.

No segundo caso, faz-se uso da equação 3.3 e da Regra 3.2 apresentada anteriormente para  $Prt_1$ .

$$Prt_i = \sum_{j_r=1}^{n_r} \left( \frac{p_i \cdot p_j}{p_i + p_j} \right) gr_{i,j} \quad (3.3)$$

Em que:

$Prt_i$  = Peso do  $i$ -ésimo requisito, considerando as informações do telhado da Matriz da Casa Qualidade.

$n_r$  = Número de requisito de projeto.

$j_r$  =  $j$ -ésimo requisito relacionado com  $i$ -ésimo requisito.

$p_i$  = Peso do  $i$ -ésimo requisito obtido pelo método tradicional.

$p_j$  = Peso do  $j$ -ésimo requisito obtido pelo método tradicional.

$gr_{i,j}$  = Grau de relacionamento entre o  $i$ -ésimo requisito e o  $j$ -ésimo requisito.

Ainda segundo Maribondo (2000), a decisão em utilizar uma classificação ou outra, dependerá muito das considerações dos membros da equipe em relação ao projeto em estudo. No entanto, reconhece-se que a segunda classificação se mostra mais completa e, portanto, sugere-se essa segunda classificação como a mais indicada nesse processo de hierarquização dos requisitos de projeto.

Concluídas tais atividades e com os requisitos hierarquizados, passa-se para especificar cada um dos requisitos de projeto estabelecidos para o projeto em estudo.

### **3.10 Considerações finais**

Neste capítulo foi, inicialmente, apresentada uma breve explicação a respeito do projeto de produto a fim de se obter um melhor entendimento a respeito do processo de projeto bem como a melhor maneira de representá-lo.

Após foi apresentado uma visão geral a respeito das metodologias de projeto de produto, finalizando-se com um estudo mais aprofundado a respeito da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares desenvolvida por Juscelino de Farias Maribondo. Esse estudo trouxe um entendimento necessário, dos documentos e ferramentas de apoio, que fazem parte da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares possibilitando o emprego da mesma para a obtenção do Projeto Informacional de uma câmara frigorífica o qual pode ser visto no Capítulo 4 a seguir.

## **4 PROJETO INFORMACIONAL DE UMA CÂMARA FRIGORÍFICA**

### **4.1 Introdução**

Como visto no Capítulo 1 desse trabalho, atualmente não\* se emprega nenhuma metodologia para o desenvolvimento do projeto de uma câmara frigorífica, de modo que a sistemática de realização do projeto está somente na cabeça dos projetistas e não numa forma escrita com definições claras para as tarefas a serem realizadas. Isso muitas vezes gera re-trabalho pois as tarefas podem ser realizadas numa seqüência incorreta e/ou não disponibilizarem todas as informações necessárias para a realização das tarefas subseqüentes.

Neste contexto, é apresentado aqui um estudo de caso que consistiu na aplicação da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares para a obtenção das especificações de projeto de uma câmara frigorífica para a estocagem de maçãs.

---

\* Afirmação baseada na experiência do autor deste trabalho em projetos de câmaras frigoríficas.



A obtenção das especificações de projeto corresponde a FASE 1.0 Projeto Informacional da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares.

O primeiro passo para a realização do estudo de caso foi a criação da equipe de projeto que realizou o trabalho. Por ser a primeira vez que se estava utilizando uma metodologia de projeto, não foi utilizado nenhum critério específico para a criação da equipe de projeto. Simplesmente foram convidados alguns colegas de trabalho, do autor dessa dissertação, os quais já vem atuando, a muito tempo, no projeto de instalações frigoríficas. Sendo assim, a equipe de projeto foi composta por engenheiros de projeto e de vendas, por técnicos de projeto e de montagem e foi coordenada pelo autor deste trabalho.

Constituída a equipe, passou-se para a aplicação da metodologia propriamente dita.

#### **4.2 Aplicação da metodologia de projeto de sistemas modulares**

A equipe de projeto, ao analisar os documentos e as ferramentas de apoio, optou por não utilizar o preenchimento do documento D1 (Ordem de Serviço) por achar que este nada mais é que uma formalização do início do projeto. Também decidiu que para a busca dos requisitos dos clientes serão consideradas somente as características funcionais da câmara. Isto porque na maioria das vezes, os clientes, não\* se preocupam com as características físicas dos componentes (e-

---

\* Afirmação baseada na experiência dos componentes da equipe de projeto em projetos de câmaras frigoríficas.

vaporadores, válvulas, tubulação, portas e isolamento) a serem instalados e sim com suas características funcionais.

O passo seguinte foi a realização da Etapa 1.1 que consiste em pesquisar informações preliminares sobre o tema de projeto. Sendo assim, foram aplicados os documentos D2 (Ciclo de Vida do Produto) e D3 (Catálogo de Informações Técnicas).

Na análise do ciclo de vida do produto, as seguintes fases foram identificadas como as mais importantes: montagem, teste, uso e manutenção. A Figura 21 mostra o resultado da aplicação deste documento.

<b>NeDIP</b>  Ordem de serviço N. ____/____	Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
	<b>Tipo de projeto</b>	Projeto inovativo
	<b>Contratante</b>	PPGEP/UFSM

**CICLO DE VIDA DO PRODUTO**

<b>Sistema a desenvolver:</b>											
Fases do ciclo de vida do produto	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 nessa fase	Outros aspectos a observar
			Entram	Saem	Entram	Saem					
Montagem	Construir fisicamente o projeto dando forma às idéias concebidas	Muito importante	Painéis frig., portas frig., visores, trocadores de calor, umidificadores, iluminação, controles.	Câmara frigorífica em condições operacionais	Elétrica, térmica	Térmica, eólica, hidráulica, cinética	Mudança de forma e de construção física	Máquinas e ferramentas		Engenheiros, técnicos e operários	
Uso	Usar a câmara dentro dos padrões especificados	Muito importante	Produto	Produto	Elétrica,	Térmica	Mudança das condições internas do ambiente	Isolamento térmico e equipamentos	Sim	Engenheiros, técnicos e operadores	
Teste	Comprovar na prática as idéias idealizadas	Muito importante	Instrumentos de medição e averiguação	Relatórios de inspeção	Elétrica,	Térmica	Mudança das condições internas do ambiente	Isolamento térmico e equipamentos		Engenheiros e técnicos	
Manutenção	Manter a câmara sempre em condições operacionais atendendo os requisitos do projeto	Muito importante	Peças de reposição	Peças avariadas	Elétrica,	Térmica	Restabelecimento das condições normais	Máquinas, ferramentas e instrumentos	Não	Engenheiros, técnicos e mecânicos	

Figura 21 – Documento D2

Finalizado o estabelecimento do ciclo de vida do produto passou-se para a aplicação do documento D3 (Catálogo de Informações Técnicas) cujo resultado pode ser visto nas Figuras 22 e 23.

<b>NeDIP</b>	Universidade Federal de Santa Catarina	
Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos	Centro Tecnológico	
	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de serviço N. _____/____	<b>Pedido de projeto</b>	Projeto de uma câmara frigorífica
	<b>Solicitante</b>	PPGEP/UFSM

<b>CATÁLOGO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS</b>	
Missão principal do sistema Modular	Manter o produto estocado em condições de consumo, respeitando os padrões de qualidade.
Atividades necessárias à execução da missão principal	Para que os objetivos de estocagem sejam alcançados é preciso efetuar as seguintes etapas: <ul style="list-style-type: none"> <li>– rebaixamento da temperatura</li> <li>– manutenção da alta umidade relativa do ar</li> <li>– movimentação do ar dentro dos padrões aceitáveis</li> <li>– controle da atmosfera interna segundo as variedades estocadas</li> </ul>
Meios de auxílio a essas Atividades	A pesagem das maçãs é feita por meio de balanças rodoviárias
<b>PRODUTOS CONCORRENTES ENCONTRADOS NO MERCADO</b>	
Nome do produto	Câmara frigorífica modulada
Características do produto: Capacidade de produção, tipo do processo, descrição do funcionamento, pessoas envolvidas, dimensões, etc.	Câmara frigorífica com sistema de isolamento em painéis de poliestireno expandido ou em poliuretano expandido com capacidade modular de estocagem, de funcionamento automático, comandada por controles eletromecânicos/eletrônicos.
Principais interfaces a considerar neste produto:	Área e volume
Outras informações: Fabricante, preço, endereço, etc.	York, Recrusul, Madef, Frost Frio e Mebrafe Preço não-informado.

Figura 22 – Documento D3 (Folha 1)

<b>NeDIP</b>	Universidade Federal de Santa Catarina	
Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos	Centro Tecnológico	
	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de serviço N. ____/____	<b>Pedido de projeto</b>	Projeto de uma câmara frigorífica
	<b>Solicitante</b>	PPGEP/UFSM
<b>CATÁLOGO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS</b>		
<b>Fontes de consulta</b>		
<b>Normas técnicas:</b>	<b>Observações sobre as Normas Técnicas pesquisadas:</b>	
ASHRAE		
IIAR		
<b>Sites na Internet:</b>	<b>Observações sobre os sites pesquisados:</b>	
<a href="http://www.yorkbrasil.com.br">http://www.yorkbrasil.com.br</a>		
<a href="http://www.recrusul.com.br">http://www.recrusul.com.br</a>		
<b>Artigos/livros sobre o assunto:</b>	<b>Observações sobre os livros/artigos pesquisados:</b>	
Stoecker & Jabardo, Refrig. Ind.	Tradução do original americano Industrial Refrigeration	
Autor, ano, título, volume, página		
<b>Parâmetros que podem influenciar no desenvolvimento do projeto</b>		
Apreciação de leis e normas técnicas tais como: - NR-13 Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho para vasos de pressão - NR-15 Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho para atividades e operações insalubres - ASTM A106 Norma da American Society Testing Materials para especificação de tubos		

Figura 23 – Documento D3 (Folha 2)

Após uma análise das informações registradas nos documentos D2 e D3, a equipe de projeto conclui que tais informações eram suficientes para a realização da etapa seguinte, partindo, desse modo, para a realização da Etapa 1.2.

O objetivo da Etapa 1.2 consiste em se obter a definição do problema de projeto. Os documentos que servem de apoio para essa etapa são os seguintes: D2 (Ciclo de Vida do Produto), D3 (Catálogo de Informações Técnicas), D4 (Formulário de Identificação de Oportunidades) D5 (Definição do Problema de Projeto).

Como os documentos D2 e D3 já haviam sido preenchidos anteriormente, passou-se para o preenchimento do documento D4 cujo resultado pode ser visto na Figura 24.

<b>NeDIP</b>	Universidade Federal de Santa Catarina	
Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos	Centro Tecnológico	
	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de serviço N. ____/____	<b>Pedido de projeto</b>	Projeto de um câmara frigorífica
	<b>Solicitante</b>	PPGEP - UFSM
<b>FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES</b>		
Questionamentos a serem feitos	Resposta	Comentários
Existe mercado para o projeto em estudo?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	Com o crescente aumento populacional, existe a necessidade cada vez maior da conservação dos alimentos por longos períodos
Existe perspectiva de lucro para esse projeto?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	Em razão do grau de complexidade o número de fabricantes é limitado
Os projetos concorrentes vendem bem?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	
O projeto em estudo oferece melhores vantagens do que seus concorrentes?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	
Existe uma clara diferenciação desse projeto para os demais projetos existentes no mercado?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	As soluções técnicas e a especificação correta dos materiais a serem empregados
É possível identificar o benefício básico desse projeto (vantagem principal) com relação aos projetos existentes?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	A principal vantagem é custo-benefício do produto estocado
São conhecidos os fatores que determinarão o sucesso comercial desse projeto?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	O principal fator será o preço final da câmara frigorífica
É possível estimar um preço meta para o projeto em estudo?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	O preço meta para a câmara é de R\$ 330,00/ton estocada
É possível estimar a vida do projeto em estudo?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	Para esse tipo de projeto, a vida útil é de dez anos
É possível estimar o tempo de retorno do investimento antes de começar a entrar na fase lucrativa?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	Se destinado ao aluguel, o tempo de retorno do investimento é de três anos
É possível estimar o lucro total previsto durante toda a vida do projeto no mercado?	<input checked="" type="radio"/> SIM <input type="radio"/> NÃO	A durabilidade de uma câmara para estocagem de maçãs é de vinte anos (contabilmente dez anos). Sendo assim o lucro previsto é de seis vezes o valor investido.
Quantos sistemas ou produtos foram analisados para que a equipe de projeto pudesse fornecer tais comentários?		Um histórico de fornecimento de dez anos
Quais as conclusões que a equipe de projeto pode tirar com base nestas informações com relação ao projeto em estudo?		
Como conclusão com base nas informações acima, podemos constatar que o projeto é viável técnica e economicamente.		

Figura 24 – Documento D4



De posse das informações contidas nos documentos D2, D3 e D4, foi definido o problema de projeto o qual pode ser visto no documento D5, mostrado na Figura 25.

<b>NeDIP</b>	Universidade Federal de Santa Catarina	
	Centro Tecnológico	
Núcleo de desenvolvimento Integrado de Produtos	Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica	
Ordem de serviço N. ____/____	Pedido de projeto	Projeto de uma câmara frigorífica
	Solicitante	PPGEP/UFSM

Objetivo do problema de projeto
Desenvolver um projeto de uma câmara frigorífica feita com painéis isolantes modulares para atender produtores de médio e grande porte.

Metas específicas a serem atingidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Capacidade de estocagem de 500 ton</li> <li>– Flexibilidade de estocagem das diversas variedades de maçãs</li> <li>– Possibilidade de estocar outros produtos durante a entressafra</li> <li>– Desenvolver uma câmara dentro de um custo, hoje, estimado em R\$ 165.000,00</li> </ul>

Figura 25 – Documento D5

Encerrada a Etapa 1.2 com a definição do problema de projeto, iniciou-se a Etapa 1.3 que consiste em identificar os desejos e necessidades dos clientes. Para tanto, fez-se uso de um questionário estruturado (Documento D6).

A Figura 26 mostra o questionário que foi enviado, por e-mail, para as 18 maiores empresas que fazem parte da ABPM (Associação Brasileira de Produtores de Maçãs). Essas empresas estão localizadas na sua maioria em Santa Catarina, e o retorno dos questionários foi de 39%. O resultado da aplicação do questionário pode ser visto na Tabela 2.

<b>Universidade Federal de Santa Maria</b> <b>Centro de Tecnologia</b> <b>Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção</b> <b>Questionário Para a Obtenção dos Requisitos dos Clientes</b> <b>Mestrando Volnei Alfredo Giacomini</b>		
<b>01 – Em que faixa etária você se enquadra?</b>		
011 ( ) 20 – 30 anos	012 ( ) 30 – 40 anos	013 ( ) acima dos 40 anos
<b>02 – Sexo?</b>		
021 ( ) Masculino	022 ( ) Feminino	
<b>03 – Qual a sua atual função?</b>		
031 ( ) Diretor	032 ( ) Engenheiro	033 ( ) Encarregado
034 ( ) Gerente	035 ( ) Supervisor	036 ( ) Outra. Qual? _____
<b>04 – Há quanto tempo você está nesse cargo?</b>		
041 ( ) Menos de 05 anos	042 ( ) de 05 a 10 anos	043 ( ) de 11 a 15 anos
044 ( ) Acima de 16 anos		
<b>05 – Na sua opinião, qual deve ser a capacidade ideal de estocagem de uma câmara frigorífica para estocagem de maçãs?</b>		
051 ( ) 100 ton	052 ( ) 200 ton	053 ( ) 300 ton
054 ( ) 400 ton	055 ( ) 500 ton	056 ( ) Outra. Qual? _____
<b>06 – O tempo médio de permanência das maçãs na câmara é de:</b>		
061 ( ) 20 dias	062 ( ) 30 dias	063 ( ) 40 dias
064 ( ) 50 dias	065 ( ) 60 dias	066 ( ) Outro período. Qual? _____

Figura 26 – Documento D6

**07 – A câmara deve estocar mais de uma variedade de maçãs?**  
 071 ( ) Sim, quais? \_\_\_\_\_  
 072 ( ) Não

**08 – A câmara deve operar com atmosfera normal ou controlada?**  
 081 ( ) Normal                      082 ( ) Controlada

**09 – As maçãs são classificadas antes de entrar na câmara?**  
 091 ( ) Sim                              092 ( ) Não

**10 – Com que temperatura as maçãs entram na câmara?** \_\_\_\_\_

**11 – As maçãs são estocadas com que embalagem?**  
 111 ( ) Em bins\*                      112 ( ) Em caixas de papelão      113 ( ) Outra. Qual? \_\_\_\_\_

**12 – Quais as dimensões das embalagens?** \_\_\_\_\_

**13 – Qual é formato ideal de câmara, na sua opinião?**  
 131 ( ) Quadrada                      132 ( ) Retangular                      133 ( ) Outra. Qual? \_\_\_\_\_

**14 – As câmaras são carregadas por?**  
 141 ( ) Empilhadeiras                      142 ( ) Paleteiras                      143 ( ) Outra forma. Qual? \_\_\_\_\_

**15 – Qual deve ser a capacidade diária de carregamento em toneladas?** \_\_\_\_\_

**16 – Existe necessidade de inspeção periódica do produto estocado?**  
 161 ( ) Sim                              162 ( ) Não

**17 – Qual deve ser o tempo de estabilização do produto carregado?**  
 171 ( ) 12 horas                      172 ( ) 16 horas                      173 ( ) 20 horas  
 174 ( ) Outro período. Qual? \_\_\_\_\_

**18 – Quais os fornecedores de câmaras frigoríficas que você conhece?** \_\_\_\_\_

**19 – Na escolha do fornecedor da câmara frigorífica, como você classifica em ordem crescente de importância os itens abaixo:**  
 191 ( ) preço                              192 ( ) qualidade de montagem      193 ( ) prazo de entrega  
 194 ( ) qualidade dos materiais empregados

**20 – Qual deve ser o tempo diário de funcionamento da câmara?**  
 201 ( ) 16 h                              202 ( ) 18 h                              203 ( ) 20 h  
 204 ( ) 22 h                              205 ( ) 24h                              206 ( ) Outro período. Qual? \_\_\_\_\_

**21 – A câmara deve funcionar:**  
 211 ( ) automaticamente                      212 ( ) manualmente

**22 – Na entressafra a câmara é usada para estocar outros produtos?**  
 221 ( ) Sim, quais? \_\_\_\_\_  
 222 ( ) Não

Figura 26 – Documento D6 (continuação)

\* Bin: caixa de madeira, com dimensões de 0,8x1,0x1,2m utilizada para estocagem de maçãs a granel.

Tabela 2 – Resultados obtidos com a aplicação do questionário junto aos clientes.

Porcentagem das respostas obtidas	Informações obtidas com a aplicação dos questionários junto aos clientes
100%	Tinham entre 30 e 40 anos
86%	Eram do sexo masculino
43%	Eram gerentes
43%	Estão no cargo de 5 a 10 anos
33%	Responderam que a capacidade ideal de estocagem é de 400 a 500 toneladas
43%	Responderam que o tempo médio de permanência das maçãs nas câmaras é de 90 a 180 dias
100%	Responderam que a câmara deve estocar uma única variedade de maçã
100%	Responderam que a câmara deve operar com atmosfera controlada
100%	Responderam que as maçãs não são classificadas antes de entrarem na câmara
32%	Responderam que as maçãs entram na câmara com uma temperatura de 25°C
100%	Responderam que as maçãs são estocadas em bins
58%	Responderam que as dimensões das embalagens são de 0,8 x 1,0 x 1,2m
70%	Responderam que o formato ideal da câmara é retangular
100%	Responderam que as câmaras são carregadas por empilhadeiras
49%	Responderam que a capacidade diária de carregamento deve ser de 10 a 20% da capacidade de estocagem da câmara
100%	Responderam que existe necessidade de inspeção periódica do produto estocado
50%	Responderam que o tempo de estabilização do produto carregado deve ser de 20 horas
100%	Responderam que os fornecedores de câmaras frigoríficas são: Recrusul, York e Climasul
50%	Responderam que o preço é o que mais pesa na escolha do fornecedor
50%	Responderam que o tempo diário de funcionamento da câmara deve ser de 20 horas
100%	Responderam que a câmara deve funcionar automaticamente
57%	Responderam que a câmara não é utilizada para a estocagem de outros produtos na entressafra

Com a aplicação do questionário, finalizou-se a Etapa 1.3. Sendo assim, passou-se para a realização da Etapa 1.4 que consiste em estabelecer os requisitos dos clientes. Para essa etapa, é indicada a ferramenta F1 (Tradutor das Necessidades em Requisitos dos Clientes do Projeto). Para a aplicação dessa ferramenta a equipe de projeto

Projeto). Para a aplicação dessa ferramenta a equipe de projeto decidiu incluir o *projeto* como uma fase do ciclo de vida do produto a ser investigada, embora a mesma não tenha sido identificada anteriormente quando da aplicação do documento D2. Essa inclusão deu-se pelo fato da equipe de projeto chegar a conclusão que fase de projeto é significativa para esse tipo de projeto.

O resultado da aplicação dessa ferramenta pode ser visto no Quadro 8.

Quadro 8 – Principais requisitos dos clientes

Fases do ciclo de vida investigada	Clientes pesquisados	Principais requisitos dos clientes
Projeto	Engenheiros de projeto e de vendas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ser rápido</li> <li>– Confiabilidade operacional</li> <li>– Adequado às normas técnicas</li> <li>– Baixo custo</li> </ul>
Montagem	Engenheiros de projeto e de montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ser rápida</li> <li>– Ser confiável</li> </ul>
Teste	Engenheiros de projeto e de montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ser confiável</li> </ul>
Uso	Proprietários de instalações frigoríficas para estocagem de maçãs	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conservar maçãs <i>in natura</i> por longos períodos</li> <li>– Permitir o carregamento mecanizado</li> <li>– Permitir inspeção periódica do produto estocado</li> <li>– Ter capacidade de estocagem adequada</li> <li>– Funcionar automaticamente</li> <li>– Ter capacidade de recebimento adequada</li> <li>– Ter baixo custo</li> <li>– Ter tempo operacional diário adequado</li> <li>– Ter formato adequado</li> </ul>
Manutenção	Engenheiros de projeto e de montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ser rápida</li> <li>– Ser segura</li> <li>– Ser fácil de realizar</li> </ul>

De posse da lista de requisitos dos clientes, a equipe de projeto passou a valorá-los. A valorização foi subjetiva e baseada na experiência dos membros da equipe de projeto, utilizando-se uma escala de 5 a 10. Ou seja, o valor 10 foi adotado para os requisitos que se julgou serem os mais importantes e 5 para os menos importantes.

O resultado é mostrado no Quadro 9.

Quadro 9 – Valoração dos requisitos dos clientes

N. de requisitos	Denominação	Valor do requisito no projeto	Justificativa da valoração atribuída aos requisitos dos clientes do projeto
1	Projeto rápido	10	Esse fator influencia diretamente no faturamento da empresa.
2	Confiabilidade operacional	8	Atender esse requisito significa diminuir os custos com garantia.
3	Adequado às normas técnicas	6	Ainda não existem no Brasil normas técnicas específicas para refrigeração.
4	Baixo custo de projeto	10	Reduzir o custo de projeto significa reduzir o preço de venda da câmara.
5	Montagem rápida	10	Reduzir o tempo de montagem significa reduzir o custo de montagem aumentando a rentabilidade.
6	Montagem confiável	8	Idem ao número 2.
7	Conservar a maçã <i>in natura</i> por longos períodos	10	Atender a esse requisito significa melhorar a lucratividade dos clientes.
8	Permitir o carregamento mecanizado	10	Quanto mais rápido se der o carregamento melhor será a qualidade da fruta.
9	Permitir inspeção periódica do produto estocado	10	Atendendo a esse requisito o risco da perda do produto estocado é reduzido.
10	Ter capacidade de estocagem adequada	8	Quanto maior a capacidade de estocagem maior será o lucro do cliente.
11	Funcionar automaticamente	10	Uma câmara que funciona automaticamente apresenta um menor consumo de energia além de uma maior segurança contra o congelamento das maçãs.
12	Ter capacidade de recebimento adequada	8	Idem ao número 10.
13	Ter baixo custo	10	O preço de venda é o que mais pesa na hora da escolha do fornecedor da câmara frigorífica.

## Continuação do Quadro 9

N. de requisitos	Denominação	Valor do requisito no projeto	Justificativa da valoração atribuída aos requisitos dos clientes do projeto
14	Ter tempo operacional diário adequado	10	Influencia diretamente no custo da câmara frigorífica.
15	Ter formato adequado	5	O formato da câmara depende do local disponível para a sua locação.
16	Permitir manutenção rápida	7	Manutenção rápida significa reduzir os custos operacionais e os riscos de perda do produto.
17	Permitir a realização de uma manutenção segura	10	O fluido refrigerante utilizado na maioria das instalações para a estocagem de maçãs é a amônia. Sendo a amônia um produto tóxico, a segurança na manutenção é de suma importância.
18	Manutenção fácil de realizar	7	Idem ao número 16
19	Teste confiável	10	Idem ao número 10

Concluída a Etapa 1.4, realizou-se a Etapa 1.5 cujo objetivo é estabelecer os requisitos do projeto. Para tanto, fez-se uso do documento D7 (Lista de Requisitos de Projeto) o qual pode ser visto no Quadro 10.

## Quadro 10 – Estabelecimento dos requisitos de projeto

N.	Requisitos dos clientes ( OS QUES )	Como a equipe de projeto poderia atender ou contemplar estes requisitos dos clientes?	Requisitos de projetos estabelecidos ( OS COMOS )
1	Projeto rápido	– Utilizando soluções padronizadas – Utilizando ferramentas computacionais	– Padronização – Ferramentas computacionais
2	Confiabilidade Operacional	– Reduzindo o risco de paradas da instalação mediante treinamento dos supervisores de montagem	– Treinamento dos supervisores de montagem
3	Adequado às normas técnicas	– Verificando o número de normas existentes	– Número de normas consultadas
4	Baixo custo de projeto	– Idem ao número 1	– Idem ao número 1

## Continuação do Quadro 10

N.	Requisitos dos clientes ( OS QUES )	Como a equipe de projeto poderia atender ou contemplar tais requisitos dos clientes?	Requisitos de projetos estabelecidos ( OS COMOS )
5	Montagem rápida	– Estabelecendo-se uma seqüência lógica de montagem – Fazendo uso de empresas de montagem qualificadas	– Seqüência lógica de montagem – Contratando empresas de montagem qualificadas
6	Montagem confiável	– Idem ao número 5	– Idem ao número 5
7	Conservar a maçã <i>in natura</i> por longos períodos	– Utilizando um controle da atmosfera interna da câmara	– Atmosfera controlada
8	Permitir o carregamento mecanizado	– Utilizando portas com acionamento automático – Estabelecendo uma seqüência lógica de carregamento	– Portas automáticas – Seqüência lógica de carregamento
9	Permitir uma inspeção periódica do produto estocado	– Prevendo uma porta para coleta de amostras do produto estocado	– Portinhola de inspeção
10	Ter capacidade de estocagem adequada	– Prevendo um volume interno de estocagem que atenda a maioria dos clientes	– Volume de estocagem
11	Funcionar automaticamente	– Utilizando controladores lógico programáveis Idem ao número 2	– Controlador lógico programável
12	Ter capacidade de recebimento adequada	– Prevendo uma capacidade de recebimento que atenda a maioria dos clientes	– Capacidade de recebimento
13	Ter baixo custo	– Idem ao número 1	– Idem ao número 1
14	Ter tempo operacional diário adequado	– Dimensionando os equipamentos para um período diário de funcionamento menor do que 24 horas	– Tempo operacional
15	Ter formato adequado	– Prevendo no projeto o melhor formato de câmara a fim de se obter uma melhor estocagem do produto	– Forma retangular
16	Permitir manutenção rápida	– Prevendo uma boa acessibilidade aos pontos de maior risco de problemas	– Acessibilidade
17	Permitir a realização de uma manutenção segura	– Fazendo o uso de equipamentos de segurança	– Número de equipamentos de proteção individual
18	Manutenção fácil de realizar	– Idem ao número 17	– Idem ao número 17
19	Teste confiável	– Idem ao número 3	– Idem ao número 3



Para finalizar a FASE 1.0 da metodologia, foi aplicada a Matriz da Casa da Qualidade a qual reuniu as Etapas 1.6 (Análise dos Produtos Concorrentes), 1.7 (Matriz da Casa da Qualidade) e 1.8 (Estabelecer as Especificações de Projeto). A aplicação da Matriz da Casa da Qualidade pode ser vista na Figura 27.

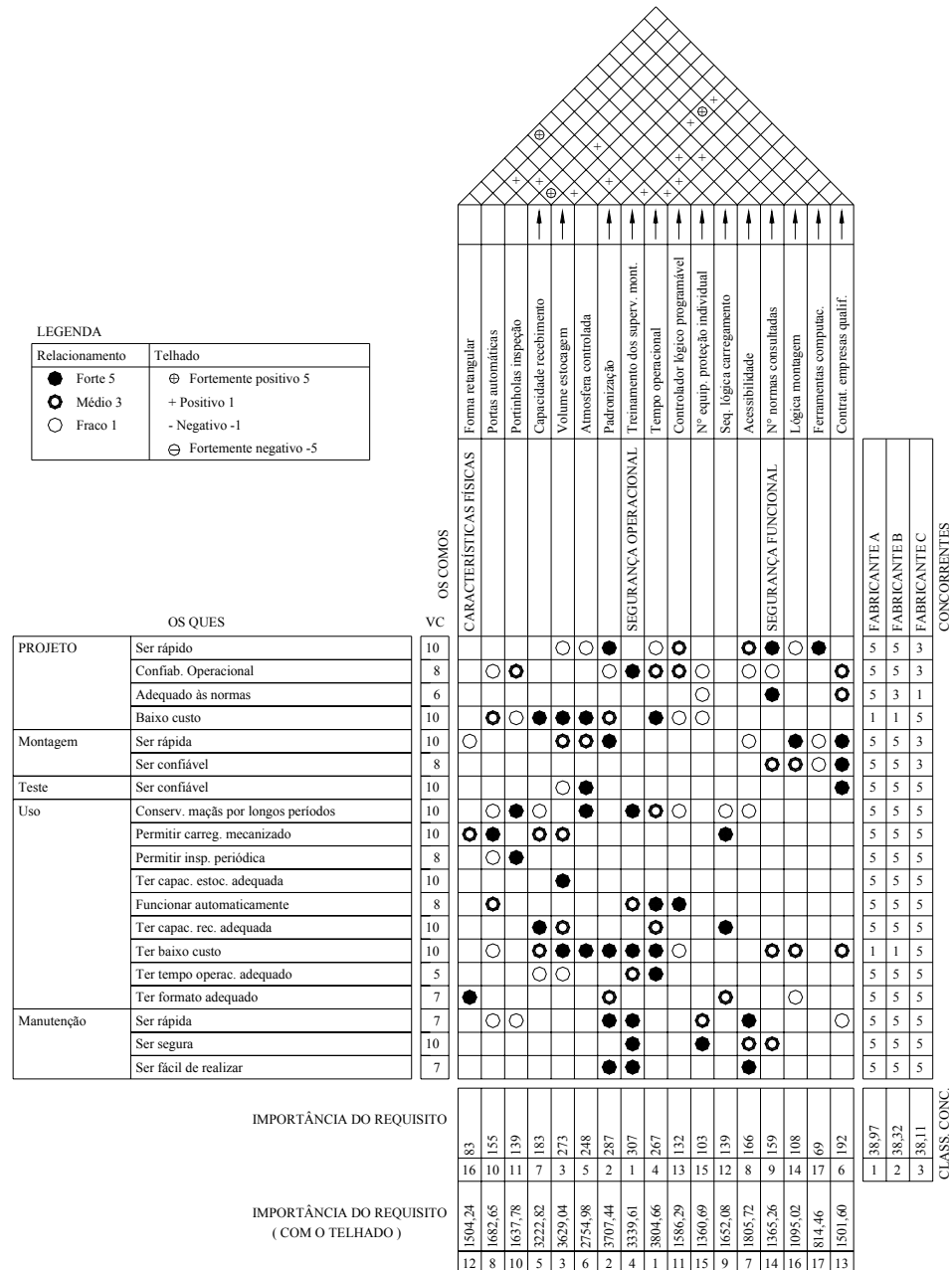


Figura 27 – Matriz da casa da qualidade

Para finalizar a FASE 1.0 – Projeto Informacional da Metodologia de Sistemas Modulares são mostradas no Quadro 11 (Documento D8 – Quadro de Especificações de Projeto) as especificações de projeto.

Podemos perceber neste quadro que alguns requisitos de projeto, tais como: tempo operacional, volume de estocagem, capacidade de recebimento e atmosfera controlada mantiveram-se numa posição esperada, ou seja, entre os requisitos de projeto mais importantes. Já por outro lado, padronização e treinamento dos supervisores de montagem foram as grandes surpresas, estando inclusive entre os quatro mais importantes requisitos de projeto. Geralmente na prática, não\* é dada grande importância para tais requisitos.

Outro ponto a ser salientado é que não foram encontrados requisitos de projeto conflitantes. Isto se deu pelo fato de não termos nenhum requisito cuja meta é minimizá-lo.

Também não tivemos nenhum produto concorrente destacado, ou seja, todos obtiveram pontuações praticamente iguais sugerindo-nos que não existe um produto concorrente destacado a ser tomado como referência.

---

\* Afirmação baseada na experiência do autor deste trabalho em projetos de câmaras frigoríficas.

Quadro 11 – Especificações de Projeto

Critério de classificação	Ordem	Requisito de projeto	Unidade	Meta proposta	Especificações dos requisitos de projeto	Requisitos conflitantes
Com o Telhado	1	Tempo operacional	Horas/dia	20 h/dia	A câmara deverá ser projetada para um tempo operacional mínimo de 20 h/dia. Quanto maior for o tempo operacional diário menor será a carga térmica a ser retirada.	
	2	Padronização	Unidades	Maximizar	Deverão ser utilizadas materiais pré-fabricados tais como: painéis isolantes, painéis de válvulas pré-montados, etc.	
	3	Volume de estocagem	Toneladas	500 ton	A câmara deverá ser projetada para uma capacidade mínima de estocagem de 500 toneladas.	
	4	Treinamento dos supervisores de montagem	Horas	Maximizar	Os supervisores de montagem deverão ter, no mínimo, curso técnico de refrigeração industrial.	
	5	Capacidade de recebimento	ton/dia	Maximizar	A capacidade de recebimento deverá ser no mínimo de 20% do volume de estocagem total da câmara.	
	6	Atmosfera controlada			A câmara deverá operar com atmosfera controlada, ou seja, com níveis de O2 e CO2 controlados.	
	7	Acessibilidade	m <sup>2</sup>	Maximizar	Deverá ser previsto um acesso (plataforma ou mezanino) com área suficiente aos painéis de válvulas e aos evaporadores.	
	8	Portas automáticas	Unidades	01	Deverão ser utilizadas portas automáticas com acionamento por meio de cordões para facilitar o carregamento das câmaras.	
	9	Lógica de carregamento	Seqüência	Maximizar	Deverão ser feitas marcas no piso da câmara, com tinta bem visível, para facilitar o carregamento da câmara.	
	10	Portinholas de inspeção	Unidades	02	A câmara deverá ter duas portinholas de inspeção. Uma no centro da porta automática e outra na altura do mezanino.	
	11	Controlador Lógico Programável	Unidades		O controle da temperatura e do tempo de degelo dos evaporadores da câmara deverá ser feito por meio do uso de um controlador lógico programável.	
	12	Forma retangular			A câmara deverá ter um formato retangular, pois esse formato apresenta uma melhor distribuição de ar assim como possibilita um melhor arranjo físico do produto dentro da câmara.	

## Continuação do Quadro 11

Critério de classificação	Ordem	Requisito de projeto	Unidade	Meta proposta	Especificações dos requisitos de projeto	Requisitos conflitantes
	13	Contratação de empresas qualificadas		Maximizar	As empresas de montagem a serem contratadas deverão comprovar experiência em montagem de câmaras frigoríficas mediante uma relação de obras por elas executadas. Também deverão comprovar a qualificação de seus funcionários por meio da apresentação de registros de qualificação destes.	
	14	Número de normas consultadas		Maximizar	Consultar o maior número de normas referentes à segurança do trabalho, tubulação, soldagem, trocadores de calor, etc.	
	15	Número equipamentos de proteção individual		Maximizar	Cada operador da câmara deverá ter o seu EPI, composto por no mínimo uma máscara de gases, um cilindro de oxigênio e uma roupa de proteção contra vazamentos de amônia.	
	16	Seqüência lógica de montagem		Maximizar	Para maximizar a seqüência lógica de montagem, o local de instalação da câmara deverá ser previamente visitado pela equipe de projeto juntamente com o supervisor de montagem.	
	17	Ferramentas computacionais		Maximizar	Sempre que possível deverão ser utilizadas ferramentas computacionais, tais como: Excel, Word, Autocad, etc. que possam auxiliar a equipe de projeto na realização do projeto.	

### **4.3 Considerações finais**

Neste capítulo apresentou-se a aplicação da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, desenvolvida por Juscelino de Farias Maribondo, para a obtenção dos requisitos de projeto de uma câmara frigorífica para a estocagem de maçãs. Para tanto, foram empregados os documentos e ferramentas de apoio, sugeridos pela metodologia.

A obtenção destes requisitos representa a conclusão da FASE 1.0 – Projeto Informacional que era o objetivo deste trabalho.

As conclusões a respeito do emprego da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares para a obtenção dos requisitos de projeto de uma câmara frigorífica para a estocagem de maçãs poderão ser vistas no Capítulo 5 a seguir.

## **5 CONCLUSÕES**

### **5.1 Introdução**

O objetivo deste capítulo é apresentar as conclusões e recomendações para futuros trabalhos relacionados a esta dissertação.

As conclusões apresentadas nesse capítulo, foram obtidas por meio de um estudo de caso realizado, o qual consistiu na aplicação da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares para a obtenção das especificações de projeto de uma câmara frigorífica para a estocagem de maçãs cuja obtenção das mesmas correspondem a FASE 1.0 Projeto Informacional da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares.

Neste contexto, serão apresentadas a seguir as principais conclusões e recomendações da presente dissertação.

## 5.2 Conclusões

Após constatar-se, que apesar dos processos metodológicos serem largamente sugeridos pelos pesquisadores com o objetivo de auxiliar os projetistas no desenvolvimento de novos produtos, estes ainda são pouco conhecidos e utilizados no meio industrial. Segundo Brasil (1997, Cap. 5, p. 7), “os profissionais não conhecem metodologias científicas de desenvolvimento de produtos e nem literatura que trate do assunto”. Sendo assim, procurou-se primeiramente fazer um estudo mais aprofundado a respeito da sistematização do projeto a fim de se obter um maior conhecimento a respeito das metodologias de projeto bem como de suas ferramentas e documentos de apoio, para após ser feito um estudo de caso.

Em linhas gerais as conclusões obtidas com a realização do estudo de caso são as seguintes:

- ◆ mesmo sendo a primeira vez que esta equipe de projeto teve contato com uma metodologia de projeto, os resultados obtidos foram bastante significativos e a utilização das ferramentas e documentos que, até então, eram desconhecidos, trouxe uma melhor visão e organização das tarefas a serem realizadas durante o projeto e montagem da câmara frigorífica;
- ◆ as especificações de projeto obtidas foram consideradas suficientes, onde a maioria destas apareceram numa hierarquização esperada pela equipe de projeto;
- ◆ a Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares apresenta uma carência de exemplos de aplicação de alguns documentos

e ferramentas de apoio, causando uma certa dificuldade no entendimento destes, isto porque, no estudo de caso realizado por Juscelino de Farias Maribondo na sua tese, alguns documentos e ferramentas de apoio estão inseridos dentro de um programa computacional (SISMOD);

Com isso, damos como cumpridos os objetivos deste trabalho que eram:

- ◆ adquirir um maior conhecimento a respeito das metodologias de projeto bem como de suas ferramentas e documentos de apoio;
- ◆ obter especificações de projeto de uma câmara frigorífica para estocagem de maçãs por meio da aplicação de uma metodologia projetual.

### **5.3 Recomendações**

Como sugestão para futuros trabalhos, sugerimos o término da aplicação da Metodologia de Sistemas Modulares, ou seja, a conclusão das demais fases: FASE 2.0 (Projeto Conceitual); FASE 3.0 (Projeto Preliminar) e FASE 4.0 (Projeto Detalhado).



**Referências Bibliográficas:**

1. ASHRAE 1998. **Refrigeration Handbook**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1998. 677p.
2. ASIMOV, M. **Introduction to Design**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1962.
3. \_\_\_\_\_. **Introdução ao Projeto de Engenharia**. São Paulo: Ed. Mestre Jou, 1968.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MAÇÃS. **Produção 1973/2003**. Disponível em: < <http://www.abpm.org.br/estatisticas/informacoesestatisticasbrasil.htm#> >. Acesso em: 28 maio 2004.
5. \_\_\_\_\_. **Ranking de Competitividade dos Principais Países Fornecedores**. Disponível em: < <http://www.abpm.org.br/estatisticasmundo.htm#> >. Acesso em: 28 maio 2004.
6. BACH, C. **Die Maschinenelemente**. 1. ed. Stuttgart: Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung, 1920.
7. BACK, N. **Metodologia de Projetos de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985.
8. BARUFFALDI, R. & de Oliveira, M. N. de. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. p. 63-82.
9. BAXTER, M. **Projeto de Produto**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. p. 3.
10. BONSIEPE, G. **Metodologia Experimental: Desenho Industrial**. Brasília: CNPQ, 1984.

11. BRADER, C. & HÖHLE, G. **Rechnereinsatz in der Konzeptphase des Konstruktionsprozesses. VDI – Berichte219.** Düsseldorf: VDI-Verlag, 1974.
12. BISCHOFF, W. & HANSEN, W. **Rationelles Konstruieren. Konstruktionsbücher Bd 5.** Berlin: VEB-Verlag Technik, 1953.
13. BOCK, A. **Konstruktionssystematik – die Methode der ordnenden Gesichtspunkte.** Feingerätechnik, 1955.
14. 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.**1997. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
15. DIETER, G. E. **Engineering design: a materials and processing approach.** 2. ed. New York: Macgraw-Hill, 1991.
16. ERKENS, A. **Beiträge zur Konstruktionserziehung.** Z. VDI 72, 1928, p. 17-21.
17. EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos.** 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1998. p. 279-389.
18. EVBOUMWAN, N. F. O.; SIVALOGANATHAN, S.; JEBB, A. **A Survey of Design Philosophies, Models, Methods and Systems.** Proc. Instn. Mech. Engers. Vol. 210, 1996, p. 301-320.
19. FABRICK, W. J. & BLANCHARD, B. S. **Systems Engineering and Analysis.** New Jersey, EUA: Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1990.

20. FINKELSTEIN, L. & FINKELSTEIN, A. C. W. **Review of Design Methodology**. IEE Proceedings, June, 1983. Vol.130, pt. A., n. 4.
21. FRENCH, M.J., **Engineering Design: The Conceptual Stage**. London: Heinemann, Educ., 1971.
22. GUIMARÃES, A. L. & CHAGAS, J. A. C. **Condições Ideais Para Estocagem de Maçãs**. Revista Tecnologia da Refrigeração, São Paulo, n. 05, p. 30-34, jan. 2001.
23. HANSEN, F. **Konstruktionssystematik**. Berlin: VEB-Verlag Technik, 1956.
24. \_\_\_\_\_. **Konstruktionssystematik**. 2. Aufl. Berlin: VEB-Verlag Technik, 1965.
25. HUBKA, V. **Theorie Technischer Systeme**. Berlin: Springer, 1984.
26. HUBKA, V. & EDER, W. E. **Theory os Technical Systems – A Total Concept Theory for Engineering Design**. Berlin: Springer, 1988.
27. \_\_\_\_\_. **Design Science: introduction to the needs, scope and organization of engineering design knowledge**. London: Springer-Verlag, 1996. Disponível em: <<http://deed.megan.ryerson.ca/DesignScience>>. Acesso em: 11 dez. 2002.
28. HYBS, I. & GERO, J. S. **An Evolutionary Process Model of Design**. Des. Stud., July, 1992 13(3), p. 273-290.
29. KESSELRING, F. **Die stark Konstruktion**. Z. VDI 86, 1942, p. 321-330, 749-752.
30. \_\_\_\_\_. **Technische Kompositionslehre**. Berlin: Springer, 1954.

31. KOLLER, R. **Konstruktionsmethode für Maschinen-, Geräte- und Apparatebau**. Berlin: Springer-Verlag, 1976.
32. KUHLENKAMP, A. **Konstruktionslehre der Feinwerktechnik**. München: C. Hanser, 1971.
33. LAUDIEN, K. **Maschinenelemente**. Leipzig: Dr Max Junecke Verlagsbuchhandlung, 1931.
34. LEYER, A. **Maschinenkonstruktionslehre. Hefte 1-6 technische Riehe**. Basel: Birkhäuser, 1963-1971.
35. MACINTYRE, J. A. **Ventilação Industrial e Controle da Poluição**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. p. 45.
36. MADRID VICENTE, A. *et all.* **Refrigeracion, Congelacion y Envasado de Los Alimentos**. Madri: Ed. Madrid, 1994. p. 11.
37. MARCH, L. The Logic of Design. In: **Developments in design methodology**. London: Ed. N. Cross, John Wiley, 1984. p. 265-276.
38. MARIBONDO, J.F. **Desenvolvimento de Uma Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, Aplicada a Unidades de Processamento de Resíduos Sólidos Domiciliares**. 2000. 277f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal de Santa Catarina-Florianópolis, 2000.
39. MATCHETT, E. & BRIGGS, A. H. **Practical Design Based on Method (Fundamental Design Method). The Design Method**. London: Ed. S. A. Gregory, Butterworth, 1996.
40. MATOUSEK, R. **Konstruktionslehre des allgemeinen Maschinenbaus**. Berlin: Springer, 1957.

41. NIEMANN, G. **Maschinenelemente, Bd. 1**, 1. Aufl. Berlin: Springer, 1950.
42. OGLIARI, A. **Sistematização da Concepção de Produtos Auxiliada por Computador com Aplicações no Domínio e Componentes de Plástico Injetado**. 1999. 349f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal de Santa Catarina-Florianópolis, 1999.
43. PAHL, G. & BEITZ, W. **Engineering Design: A Systematic Approach**. 2. ed. London: Springer-Verlag, 1996. (Translated by Ken Wallace, Luciënne Blessing and Frank Bauert, Edited by Ken Wallace).
44. POTTER, N. N. & Hotchkiss, J. H. **Food Science**. 15. ed. New York: Chapman & Hall, 1995. p. 115-119.
45. REDTENBACHER, F. **Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaus**. Mannheim: Bassermann, 1852.
46. RESNICK, R. & HALLIDAY, D. **Física**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1983. p. 193.
47. REULEAUX, F. & MOLL, C. **Konstruktionslehre für den Maschinenbau**. Braunschweig: Vieweg, 1854.
48. RICHTER, A. **Nichtlineare Optimierung signalverarbeitender Geräte. VDI-Berichte 219**. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1974.
49. RICHTER, A. & Kranz, G. **Ein Beitrag zur nichtlinearen Optimierung und dynamischen Programmierung in der rechnerunterstützten Konstruktion**. Konstruktion 26, 1974, p. 361-367.
50. RIEDLER, A. **Das Maschinzeichnen**. Berlin: Springer, 1913.

51. RODENACKER, W. G. **Methodisches Konstruieren. Konstruktionsbücher, Bd 27.** Berlin: Springer, 1970.
52. ROTH, K. **Konstruktion mit Konstruktionkatalogen.** 1. Aufl. Berlin: Springer, 1982.
53. RÖTSCHER, F. **Die Maschinenelemente.** Berlin: Springer, 1927.
54. STOECKER, W. F. & JABARDO J.M.S. **Refrigeração Industrial.** São Paulo: Edgard Blücher, 1994. 453p.
55. TATE, D. & NORDLUND, M. A Design Process Roadmap as a General Tool for Structuring and Supporting Design Activities. **Proceedings of the Second World Conference on Integrated Design and Process Technology.** Austin. Disponível em: <[http://axiom.mit.edu/Publications/Papers/96sdps\\_roadmap.pdf](http://axiom.mit.edu/Publications/Papers/96sdps_roadmap.pdf)>. Acesso em: 11 dez. 2002.
56. TSCHOCHNER, H. **Konstruieren und Gestalten.** Essen: Girardet, 1954.
57. VAN WYLEN, G; SONNTAG, R.; BORGNAKKE, C. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica.** 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995. p.65.
58. Verein Deutscher Ingenieure. **Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte: VDI 2221.** Düsseldorf: VDI-Verlag, 1985.
59. \_\_\_\_\_. **VDI Design Handbook 2221: Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products: VDI 2221.** Düsseldorf: VDI-Verlag, 1987. (Translated by Ken Wallace).
60. WÄTCHLER, R. **Beitrag zur Theorie des Entwickelns (Konstruierens).** *Feinwerktechnik* 71, 1967, p.353-358.

61. \_\_\_\_\_. **Die Dynamik des Entwickelns (Konstruierens).**  
Feinwerktechnik 73, 1969, 329-333.
62. WÖGERBAUER, H. **Die Technik des Konstruierens.** 2. Aufl.  
München: Oldenbourg, 1943.
63. YOSHIKAWA, H. **Design Philosophy: The State of the Art.**  
Annals of the CIRP, v. 38/2, 1989.

## **APÊNDICES**

### **Introdução**

O objetivo destes apêndices é mostrar de forma sucinta as demais fases que da Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, ou seja, as Fases 2.0, 3.0 e 4.0.

### **Apêndice A: FASE 2.0 – Projeto Conceitual do Sistema Modular**

Segundo Maribondo (2000, p. 57), “o objetivo desta fase é oferecer um roteiro destinado a auxiliar os projetistas a apresentarem as concepções de projeto para o tipo de projeto definido, ou seja, para o desenvolvimento de um sistema modular ou para a modularização de um grupo de sistemas existentes”.

As especificações de projeto estabelecidas na fase anterior são de suma importância, pois elas devem representar o que o projeto deve ter ou possuir a fim de atender às várias demandas de mercado.

Um outro ponto importante dentro desta fase é o caminho a ser seguido pela equipe de projeto, isto é, o desenvolvimento de um sis-



tema modular ou a modularização de grupo de sistemas existentes. Para tanto, são apresentados dois roteiros, sendo que o primeiro (desenvolvimento de um sistema modular) irá orientar a equipe de projeto a sair do campo abstrato (campo das idéias) e seguir em direção ao campo concreto (campo físico) e o segundo irá orientar a equipe de projeto a sair do campo concreto (projeto dos sistemas existentes), seguir em direção ao campo abstrato (campo das idéias) e voltar novamente ao campo concreto (possibilidades de novas concepções para os projetos existentes).

Os roteiros dessa “Fase”, assim como os resumos das “Etapas” de cada roteiro contidas nesta “Fase” são mostrados respectivamente nas Figuras 28 e 29 e nos Quadros 12 e 13.

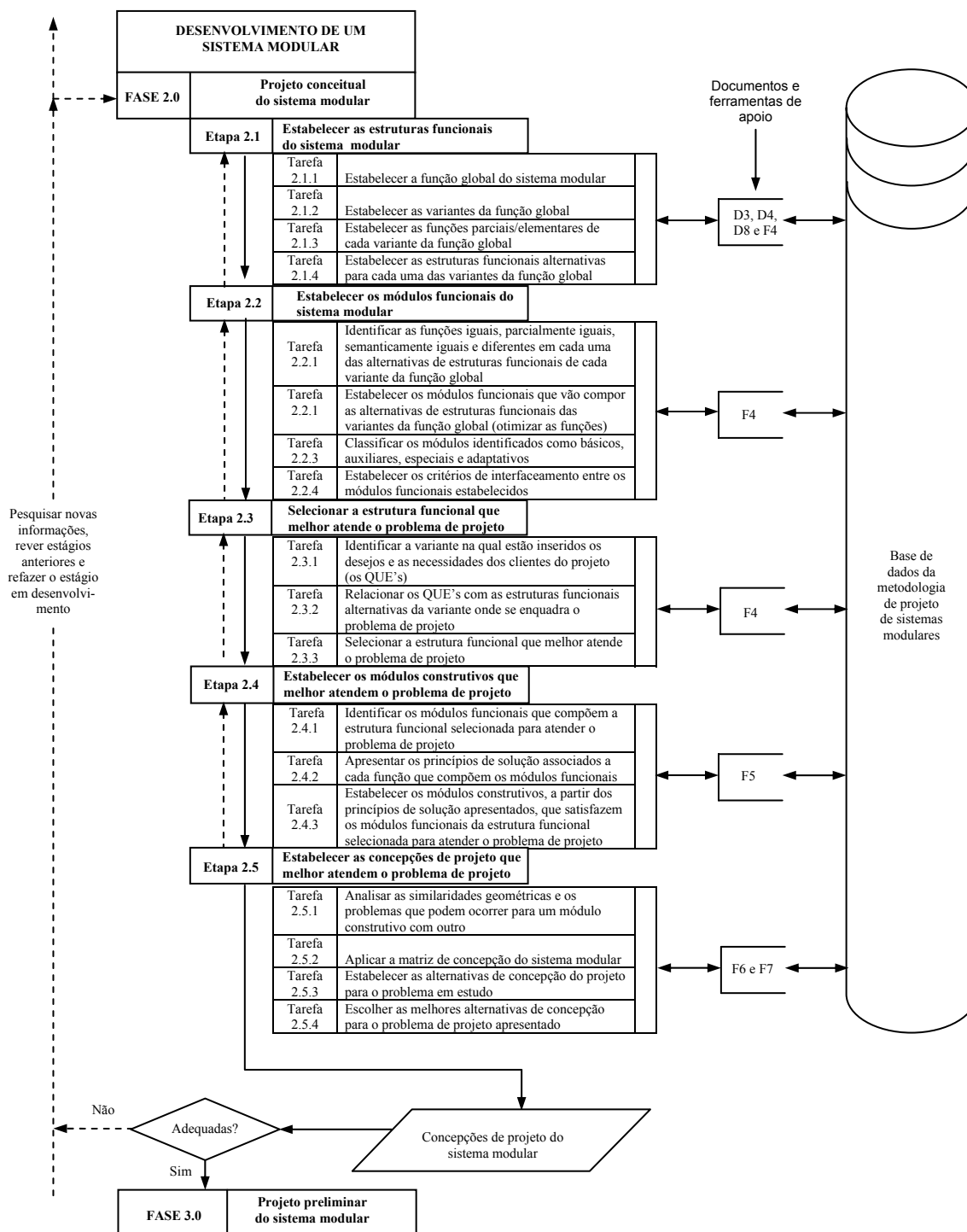


Figura 28 – Projeto conceitual do sistema modular (Roteiro 1).  
Fonte: Maribondo (2000).

## Quadro 12 – Etapas do Projeto Conceitual do Sistema Modular (Roteiro 1)

ETAPA	OBJETIVO	ENTRADAS	SAÍDAS	FERRAMENTAS E/OU DOCUMENTOS DE APOIO	PROBLEMAS QUE PODEM OCORRER
2.1	Desenvolver ações para representar de forma abstrata (não-física) a família de produtos do sistema modular.	Informações sobre os sistemas concorrentes; As oportunidades identificadas; Especificações de projeto do sistema modular.	Estruturas funcionais que compõem o sistema modular.	D3 – Catálogo de informações técnicas. D4 – Formulário de identificação de oportunidades. D8 – Quadro de especificações de projeto; F4 – Síntese funcional do sistema modular.	Dificuldades para definir o domínio de cada grupo de desejos e necessidades que auxiliarão a estabelecer as variantes da função global e descrever as operações que vão estabelecer as funções de cada variante de função global em função da subjetividade envolvida nestes estágios.
2.2	Desenvolver ações visando estabelecer a função ou grupo de funções que serão transformadas em módulos funcionais.	Estruturas funcionais que compõem o sistema modular; Critérios de interfaceamento.	Funções ou grupos de funções estabelecidas como módulos a compor as alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global.	F4 – Síntese funcional do sistema modular.	Dificuldades para estabelecer as interfaces de cada módulo funcional, isto é, estabelecer relações de entradas, saídas e restrições compatíveis com outros módulos funcionais.
2.3	Analisar sob determinados critérios as variantes da função global do sistema modular e suas respectivas alternativas de estruturas funcionais.	Variantes da função global e as alternativas de estruturas funcionais de cada variante da função global do sistema modular.	Estrutura funcional que melhor atende o problema de projeto.	F4 – Síntese funcional do sistema modular.	Justificar os relacionamentos entre os QUE's e as variantes/alternativas de estruturas funcionais do sistema modular.
2.4	Estabelecer as diversas forma físicas intercambiáveis que atendam os módulos funcionais do sistema modular.	Módulos funcionais do sistema modular; Critérios de interfaceamento; Especificações de projeto.	Módulos construtivos associados a cada um dos módulos funcionais do sistema modular.	F5 – Gerador dos módulos construtivos.	Dificuldades para estabelecer os interfaceamentos e suas justificativas.
2.5	Estabelecer as concepções de projeto que melhor atendam o problema de projeto.	Alternativas de estrutura funcional mais adequada a atender o problema de projeto; Módulos funcionais do sistema modular; Módulos construtivos associados aos módulos funcionais; Critérios de interfaceamento; Especificações de projeto.	Concepções de projeto destinadas a atender o problema o em estudo.	F6 – Matriz de concepção do sistema modular; F7 – Avaliador das concepções construtivas do sistema modular.	Dificuldades para estabelecer os interfaceamentos e suas justificativas.

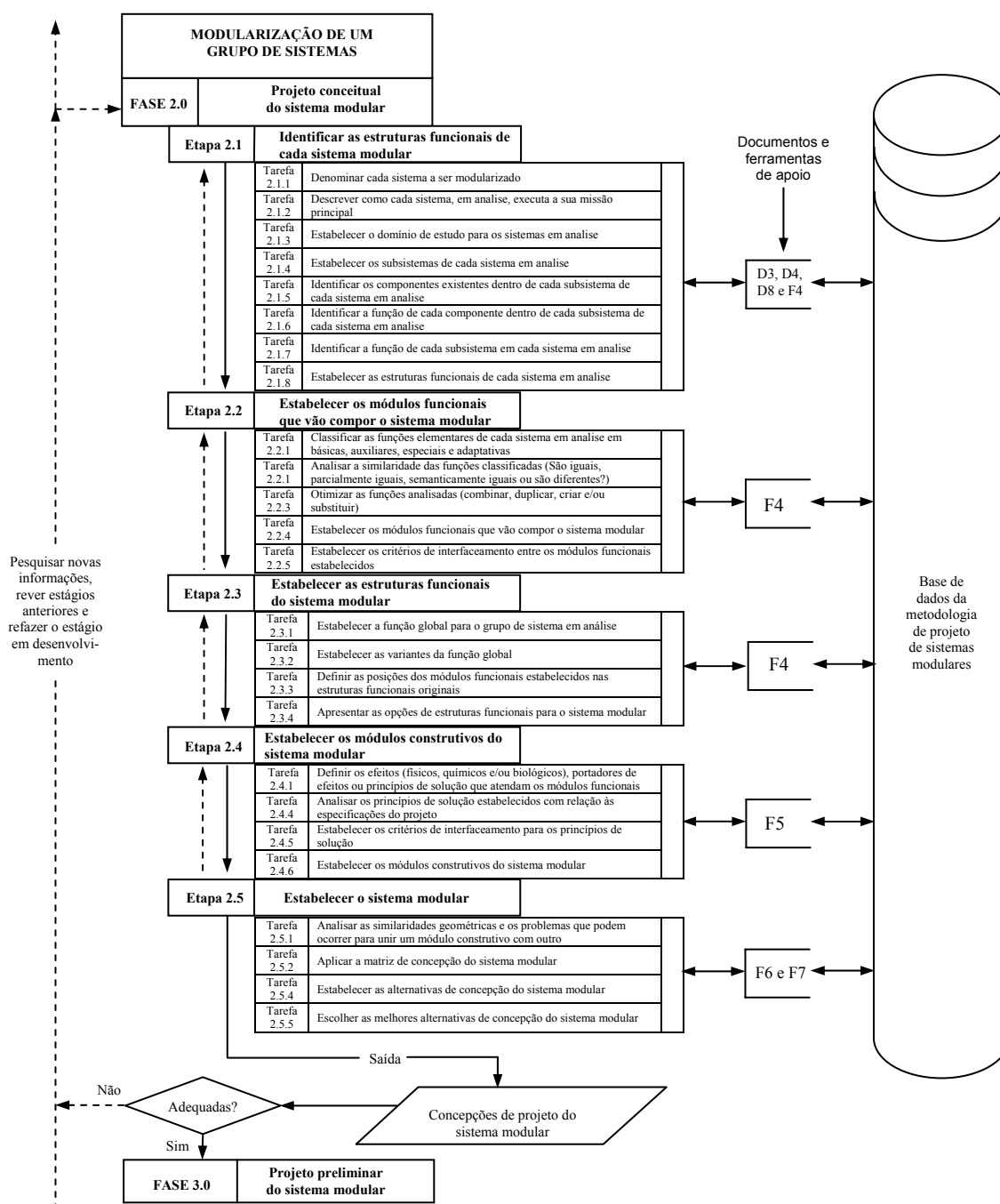


Figura 29 – Projeto conceitual do sistema modular. (Roteiro 2).  
Fonte: Maribondo (2000).

### Quadro 13 – Etapas do Projeto Conceitual do Sistema Modular (Roteiro 2)

ETAPA	OBJETIVO	ENTRADAS	SAÍDAS	FERRAMENTAS E/OU DOCUMENTOS DE APOIO	PROBLEMAS QUE PODEM OCORRER
2.1	Estabelecer as representações abstratas de cada sistema em análise.	Informações sobre os sistemas concorrentes. As oportunidades identificadas. Especificações de projeto do sistema modular.	Estruturas funcionais de cada sistema a modularizar.	D3 – Catálogo de informações técnicas. D4 – Formulário de identificação de oportunidades. D8 – Quadro de especificações de projeto; F4 – Síntese funcional do sistema modular.	Dificuldades para descrever, interpretar e caracterizar as operações de cada sistema a modularizar.
2.2	Determinar a função ou o grupo de funções que serão intercambiáveis entre as estruturas funcionais de cada sistema em análise.	Estruturas funcionais de cada sistema a modularizar. Critérios de interfaceamento.	Funções e/ou grupos de funções modularizadas a compor o sistema modular.	F4 – Síntese funcional do sistema modular.	Dificuldades para otimizar as funções e interfaceá-las com outras funções ou grupos de funções.
2.3	Apresentar o sistema modular na sua forma abstrata (não física).	Estruturas funcionais de cada sistema a modularizar. Funções e/ou grupos de funções modularizadas a compor o sistema modular.	Estruturas funcionais modularizadas.	F4 – Síntese funcional do sistema modular.	Dificuldades para descrever, interpretar e caracterizar as funções que vão compor o sistema modular.
2.4	Dar a forma física ao sistema modular estabelecido.	Estruturas funcionais modularizadas. Princípios de solução. Critérios de interfaceamento.	Módulos construtivos que compõem o sistema modular.	F5 – Gerador dos módulos construtivos.	Dificuldades para estabelecer os interfaceamentos e suas justificativas.
2.5	Estabelecer as estruturas funcionais modularizadas e os módulos construtivos associados a cada um dos módulos funcionais do sistema modular.	Estruturas funcionais modularizadas. Módulos funcionais do sistema modular. Módulos construtivos do sistema modular. Critérios de interfaceamento. Especificações de projeto.	Concepções de projeto destinadas a atender o problema em estudo.	F6 – Matriz de concepção do sistema modular; F7 – Avaliador das concepções construtivas do sistema modular.	Dificuldades para estabelecer os interfaceamentos e suas justificativas.

### **Apêndice B: FASE 3.0 – Projeto preliminar do sistema modular**

Segundo Maribondo (2000, p. 58), “o objetivo desta fase é oferecer um roteiro destinado a auxiliar os projetistas a otimizarem a melhor concepção de projeto escolhida na fase anterior, destinado a atender o tipo de problema em estudos (um sistema modular ou a modularização de um grupo de sistemas existentes)”.

O roteiro desta “Fase”, assim como o resumo das “Etapas” contidas nesta “Fase” são mostrados respectivamente na Figura 30 e no Quadro 14.

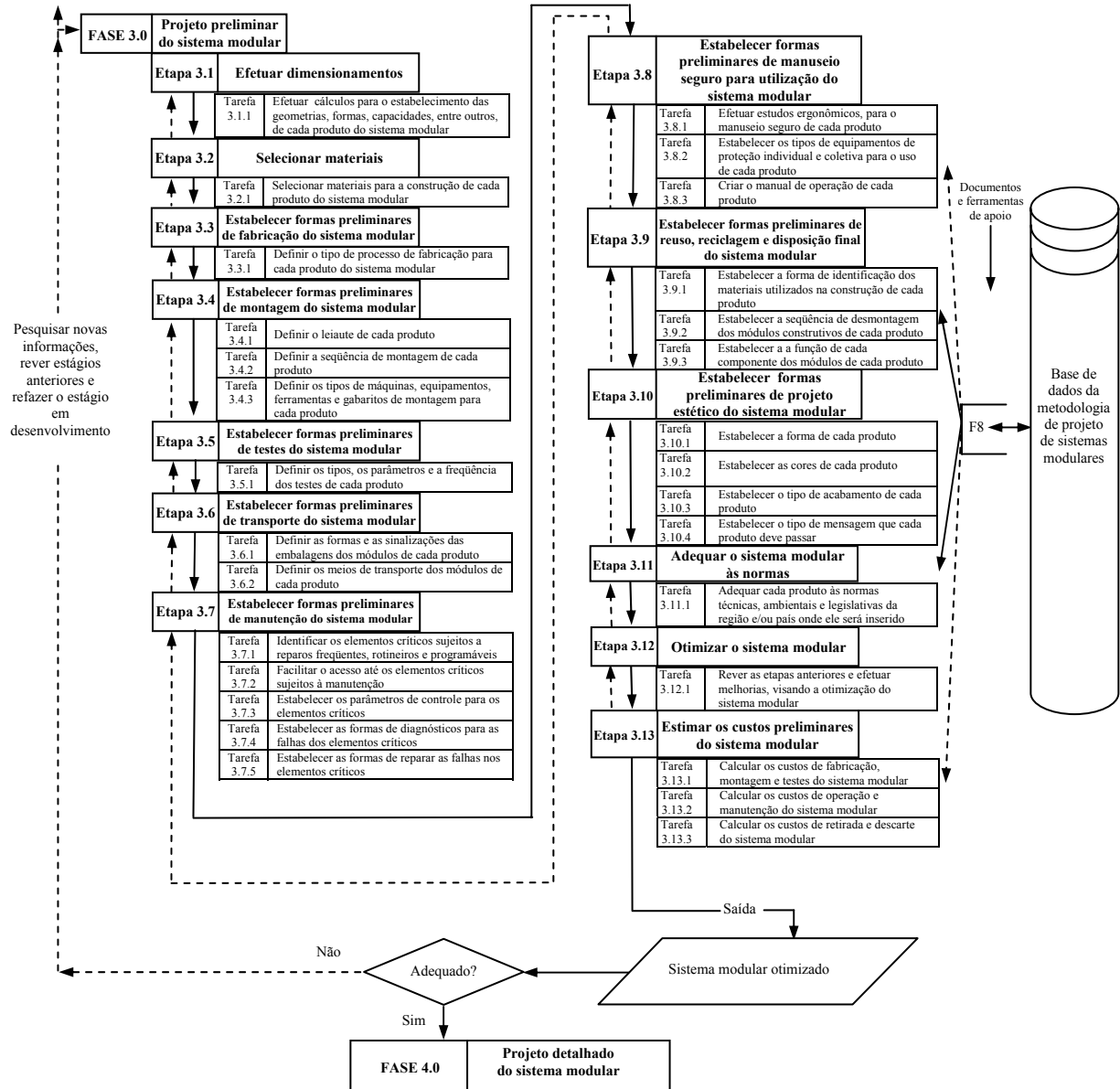


Figura 30 – Projeto preliminar do sistema modular. Fonte: Maribondo (2000).

## Quadro 14 – Etapas do projeto preliminar do sistema modular

ETAPA	OBJETIVO	ENTRADAS	SAÍDAS	FERRAMENTAS E/OU DOCUMENTOS DE APOIO
3.1	Desenvolver uma série de atividades destinadas a calcular as dimensões e demais aspectos ligados à parte estrutural e à capacidade produtiva do sistema modular.	Concepções de projeto destinadas a atender ao problema de projeto.	Concepções de projeto dimensionadas.	Formulários matemáticos; Publicações na área de resistência dos materiais, elementos finitos, etc.
3.2	Selecionar os materiais mais adequados para compor a concepção construtiva escolhida.	Concepções de projeto dimensionadas.	Concepções de projeto dimensionadas e com seus materiais selecionados.	Catálogos técnicos e demais publicações na área de seleção de materiais.
3.3	Descrever as formas preliminares de fabricação para cada componente da concepção de projeto escolhida.	Concepções de projeto dimensionadas e com seus materiais devidamente selecionados.	Descrição dos processos de fabricação para cada componente da concepção de projeto escolhida para atender o problema de projeto.	Catálogos técnicos e demais publicações na área de processo de produção.
3.4	Descrever como cada módulo construtivo deve ser montado visando a compor a concepção de projeto escolhida.	Concepções de projeto dimensionadas, com seus materiais devidamente selecionados e seu processo de fabricação estabelecido.	Concepção de projeto com seu leiaute e seqüência lógica de montagem estabelecida.	Catálogos técnicos e demais publicações na área de processo de produção.
3.5	Descrever de forma preliminar o que deve ser testado e quais parâmetros devem ser aferidos nos componentes ou módulos que compõem a concepção construtiva escolhida.	Concepções de projeto dimensionadas, com seus materiais devidamente selecionados e seu processo de fabricação e montagem estabelecidos.	Concepção de projeto com seus testes estabelecidos.	Normas técnicas e demais publicações envolvendo testabilidade.
3.6	Descrever como, e mediante de que meios os componentes, módulos e/ou sistemas devem ser transportados até os locais de venda e/ou uso.	Concepções de projeto dimensionadas, com seus materiais devidamente selecionados e seu processo de fabricação, montagem e testes estabelecidos.	Concepção de projeto com suas formas de transporte estabelecidas.	Normas técnicas e demais publicações envolvendo armazenamento e transporte.
3.7	Descrever de forma preliminar o que deverá sofrer manutenção periódica e que tipo de manutenção utilizar.	Concepções de projeto dimensionadas, com seus materiais devidamente selecionados e seu processo de fabricação, montagem e testes estabelecidos assim como a forma de transporte.	Concepção de projeto com suas formas de manutenção estabelecidas.	Normas técnicas e demais publicações envolvendo manutenibilidade.
3.8	Descrever de forma preliminar a maneira correta de utilização do sistema concebido.	Concepções de projeto dimensionadas, com seus materiais devidamente selecionados e seu processo de fabricação, montagem e testes estabelecidos assim como a forma de transporte e manutenção.	Concepção de projeto com suas formas de manuseio seguro estabelecidas.	Normas técnicas e demais publicações envolvendo segurança do trabalho.
3.9	Descrever como os módulos e seus componentes podem ser reusados em outras operações e/ou atividades, reciclados e dispostos no meio ambiente de maneira adequada.	Concepções de projeto dimensionadas, com seus materiais devidamente selecionados e seu processo de fabricação, montagem e testes estabelecidos assim como a forma de transporte, manutenção e manuseio seguro.	Concepção de projeto com suas formas de reuso, reciclagem e disposição final estabelecidas.	Normas técnicas e demais publicações envolvendo reusabilidade, reciclagem e formas adequadas de disposição final de resíduos no meio ambiente.
3.10	Desenvolver e aprimorar as formas físicas do sistema concebido, visando deixá-lo mais belo e mais atraente aos olhos dos clientes de projeto.	Concepções de projeto dimensionadas, com seus materiais devidamente selecionados e seu processo de fabricação, montagem e testes estabelecidos assim como a forma de transporte, manutenção, manuseio seguro, reuso, reciclagem e disposição final.	Concepção escolhida com seu projeto estético estabelecido.	Publicação na área de desenho industrial.
3.11	Acomodar o sistema desenvolvido às normas legislações vigentes onde ele está inserido.	Concepções de projeto dimensionadas, com seus materiais devidamente selecionados e seu processo de fabricação, montagem e testes estabelecidos assim como a forma de transporte, manutenção, manuseio seguro, reuso, reciclagem, disposição final e projeto estético.	Concepção escolhida adequada às normas.	Normas e legislações na área de meio ambiente, segurança do trabalho e código de defesa do consumidor.
3.12	Desenvolver uma série de ações visando a aprimorar os dados, assim como complementar as informações obtidas, a fim de efetuar melhorias necessárias objetivando reduzir custos e garantir aumento na qualidade do sistema a ser construído.	Concepções de projeto dimensionadas, com seus materiais devidamente selecionados e seu processo de fabricação, montagem e testes estabelecidos assim como a forma de transporte, manutenção, manuseio seguro, reuso, reciclagem, disposição final, projeto estético e adequação às normas.	Concepção concebida otimizada.	Ferramentas e documentos de apoio utilizados até o início desta etapa.
3.13	Avaliar os custos do sistema concebido visando a verificar se este está compatível com as especificações estabelecidas no início do projeto.	Concepções de projeto otimizadas.	Concepção concebida com os custos de produção, uso e descarte estimados.	Ferramentas de estimação de custos.



### **Apêndice C: FASE 4.0 – Projeto detalhado do sistema modular**

Segundo Maribondo (2000, p. 59), “o objetivo desta fase é oferecer um roteiro destinado a auxiliar os projetistas a apresentarem o projeto detalhado do sistema modular, ou seja, fornecer as descrições de engenharia para a construção dos módulos e das interfaces, que fazem parte do projeto otimizado na fase anterior”.

Nessa fase, define-se o sistema modular, calculam-se seus custos e revisa-se todo o projeto desenvolvido, isto é, completa-se a lista de materiais, definem-se os procedimentos de montagem dos módulos, determina-se a padronização dos componentes. Se o sistema detalhado atende às especificações de projeto, o objetivo geral e as metas inicialmente traçadas, apresenta-se a documentação final do projeto à produção, a fim de que sejam realizados os devidos testes, desenvolvidos protótipos e confeccionada a família de produtos do sistema modular.

Caso o sistema não seja adequado, deve-se voltar às fases anteriores e refazê-las.

O roteiro dessa “Fase”, assim como o resumo das “Etapas” contidas nessa “Fase” são mostrados respectivamente na Figura 31 e no Quadro 15.

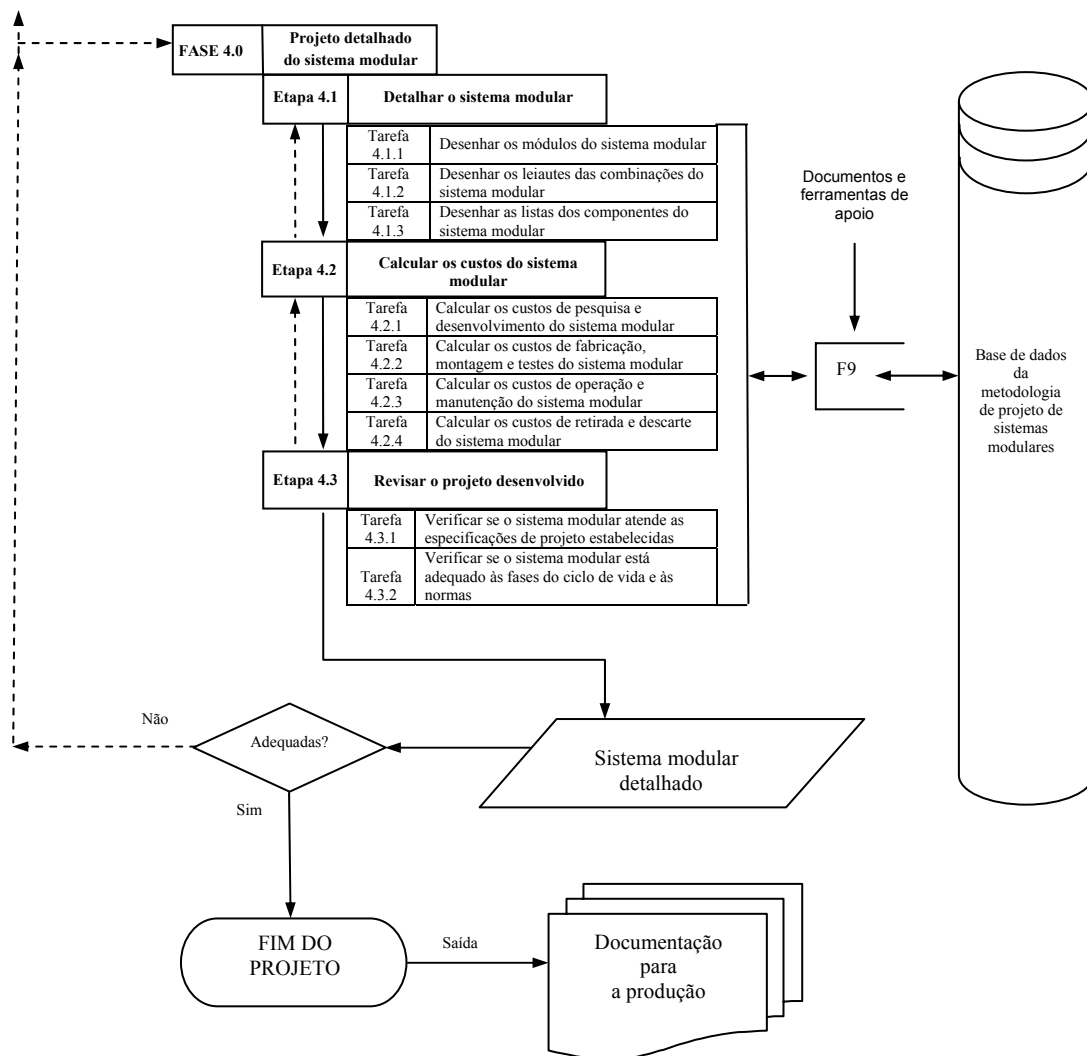


Figura 31 – Projeto detalhado do sistema modular. Fonte: Maribondo (2000).

### Quadro 15 – Etapas do projeto detalhado do sistema modular

ETAPA	OBJETIVO	ENTRADAS	SAÍDAS	FERRAMENTAS E/OU DOCUMENTOS DE APOIO
4.1	Apresentar, na forma de desenhos técnicos, cada componente e módulo construtivo que compõe o sistema destinado a atender o problema de projeto.	Concepções de projeto otimizadas.	Concepções de projeto devidamente desenhadas e detalhadas.	Normas de desenho, ajustes, tolerâncias, acabamentos, ferramentas de CAD.
4.2	Levantar os custos de cada módulo e de cada componente do sistema desenvolvido para atender à demanda inicial.	Concepções de projeto devidamente desenhadas e detalhadas.	Concepção de projeto com os custos de produção, uso e descarte devidamente calculados.	Ferramentas de auxílio ao cálculo de custos.
4.3	Inspeccionar as informações e os dados obtidos, visando a identificar possíveis falhas ou esquecimentos que possam de alguma maneira causar algum transtorno ou retrabalhos durante as próximas fases do processo de projeto (construção do protótipo, teste, produção).			