

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
PROJETO DE SISTEMAS MECÂNICOS
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTOS**

**SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DAS
ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS
E SUA IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL**

**TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Antonio Jorge Hernández Fonseca

Florianópolis, Outubro de 2000

BIOGRAFIA DO AUTOR

ANTONIO JORGE HERNÁNDEZ FONSECA, MANZANILLO, CUBA, 1943.

É Engenheiro Mecânico formado em 1970 pela “*Universidad de la Habana*”, Cuba, onde foi professor e vice-diretor docente da “*Escuela de Ingeniería Mecánica*” no período 1971 à 1975. Entre 1976 e 1980 foi vice-diretor técnico da “*Empresa de Diseño Mecánico*”, EDIMEC da Havana, que projeta máquinas e equipamentos para a indústria e a agricultura açucareira, sendo de 1980 à 1986, Diretor Geral da mesma. No período de 1976 à 1986 trabalhou na Suécia, França, Alemanha, Nicarágua e Rússia, em vários desenvolvimentos de máquinas de interesse para a indústria açucareira de Cuba. No período 1988 à 1992 foi chefe do Departamento de Desenvolvimento de Máquinas da “*Oficina Nacional de Diseño Industrial*”, ONDI, e professor do “*Instituto Superior de Diseño Industrial*”, ISDI, de Havana, Cuba. Em 1992 foi convidado para trabalhar no Brasil como chefe da Célula de Engenharia do Laboratório Brasileiro de Desenho Industrial, LBDI em Florianópolis. Em 1996 defendeu sua Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, na Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC e em Novembro de 1997 realizou o exame de qualificação para o doutorado, na própria UFSC. Desde 1999 é professor do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, CCNT, da Universidade do Estado do Pará, UEPA, e do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará, UFPa. É Coordenador Executivo do Programa Paraense de Design, PPD e consultor da Federação das Indústrias do Estado do Pará, FIEPA. Tem sido professor visitante em Universidades de México, Argentina, Uruguai, Cuba e Brasil. Tem um livro publicado sobre Engenharia para Desenhistas Industriais, outro sobre a indústria cerâmica vermelha e outros dois sobre a problemática política cubana.

**SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DAS
ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS E SUA
IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL**

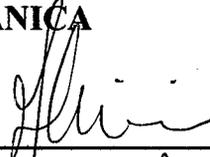
Antonio Jorge Hernández Fonseca

**ESTA TESE FOI JULGADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
DOUTOR EM ENGENHARIA**

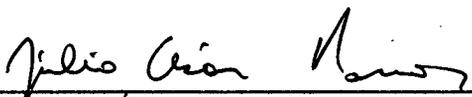
**ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA E APROVADA EM SUA
FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**



Prof. NELSON BACK, Ph. D.
ORIENTADOR

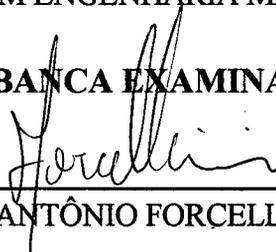


Prof. FERNANDO ANTÔNIO FORCELLINI, Dr. Eng.
CO-ORIENTADOR



Prof. JULIO CÉSAR PASSOS, Dr. Eng.
COORDENADOR DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA MECÂNICA

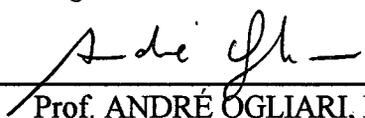
BANCA EXAMINADORA:



Prof. FERNANDO ANTÔNIO FORCELLINI, Dr. Eng. PRESIDENTE



Prof. MIGUEL FIOD NETO, Dr. Eng.



Prof. ANDRÉ OGLIARI, Dr. Eng.



Prof. GILBERTO DIAS da CUNHA, Dr. Eng.



JOSÉ CARLOS TOLEDO, Ph. D.

A mi padre y hermano...en tierra Cubana...

***Temos um certo direito de pensar conceitos que
a matéria experimental sensível não pode nos dar...***

Albert Einstein

Agradecimentos

Ao Prof. Nelson Back pelo apoio de todo tipo; pelo tempo dedicado, pela orientação, conhecimentos,... paciência,... compreensão e amizade.

Aos Professores Fernando Antonio Forcellini e André Ogliari, pelas críticas diretas, detalhadas e profundas durante o trabalho e pelo tempo dedicado.

À minha família: Alina, Cláudia, Dayu, Laura, Tesy, Pedro, Jorge e Stefany, no Brasil; à Elvira, Josefina, Chino, Carlos, Judith, em Cuba; Antonio e Santiago, no meu coração.

Ao Prof. Juscelino Farias Marimbondo, pelas horas de discussão, pela força, companheirismo, confiança e amizade.

Ao Prof. Antônio Erlindo Braga Jr., pelas ricas discussões sobre o tema, o apoio pessoal direto, a confiança e a revisão detalhada do material.

Ao engenheiro e amigo Leonardo M. B. Lima e ao bolsista Leonardo Paulino, sem cujos apoios o sistema computacional não teria saído do papel.

À sociedade brasileira pelo apoio técnico e moral; ao CNPq pelo apoio financeiro.

À UEPA, à UFPA, ao Programa Paraense de Design e aos companheiros e amigos de Belém e do Estado do Pará, pelo apoio e tolerância.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS -----	xiii
ÍNDICE DE QUADROS -----	xvi
RESUMO -----	xvii
ABSTRACT -----	-xviii
CAPÍTULO I -----	01
INTRODUÇÃO.	
1.1.- Generalidades sobre o projeto de produtos industriais.	01
1.2.- Breve resumo histórico sobre o processo de projeto de produtos industriais.	03
1.3.- Temática específica a ser abordada nesta pesquisa.	05
1.4.- Análise da problemática do tema proposto.	05
1.5.- Objetivos do trabalho.	07
1.6.- Justificativas da proposta.	08
1.7.- Estrutura do presente documento.	09
CAPÍTULO II -----	11
ESTADO DA ARTE NA ÁREA DA OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS.	
2.1.- Introdução.	11
2.2.- As necessidades.	12
2.3.- Estrutura constitutiva dos produtos industriais.	15
2.4.- A estrutura do processo de projeto.	18
2.5.- Estado da arte relacionado à obtenção das especificações de projeto de produtos.	20
2.6.- Conclusões.	31
CAPÍTULO III -----	33
AS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO NO CONTEXTO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES.	
3.1.-O processo de desenvolvimento de produtos.	33
3.2.- Terminologia e definições básicas propostas para o trabalho de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais.	34

3.2.1.-Proposta de terminologia na denominação das divisões do processo de projeto.	35
3.2.2.- Definição das categorias e da denominação do pessoal que participa no desenvolvimento dos produtos industriais.	36
3.2.3.- Definição dos termos necessidades, requisitos e especificações.	38
3.2.3.1.- Necessidades.	38
3.2.3.2.- Requisitos.	38
3.2.3.3.- Especificações.	39
3.3.- O projeto como sistema de transformação de informação.	40
3.4.- Características das especificações de projeto de produtos industriais.	43
3.4.1.- A característica constitutiva.	43
3.4.2.-A característica tipológica.	44
3.4.3.- A característica classificatória.	45
3.4.4.- As características desejáveis.	45
3.4.5.- A característica diretriz.	46
3.4.5.1.- Direcionar as soluções de projeto.	46
3.4.5.2.- Limitar o espaço das soluções.	46
3.4.5.3.- Estabelecimento das metas alvos em cada especificação.	47
3.4.5.4.- Proporcionar elementos para a seleção de alternativas.	47
3.4.5.5.-Facilitar o gerenciamento do projeto.	47
3.4.5.6.- Auxiliar o controle da atividade de desenvolvimento.	47
3.5.- Conclusões.	48

CAPÍTULO IV ----- 49

METODOLOGIA PARA A ELABORAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS.

4.1.- Introdução.	49
4.2.- Proposta de abordagem metodológica da fase de projeto informacional visando a obtenção das especificações de projeto de produtos industriais.	49
4.3.- Estudo informativo do problema de projeto	51
4.3.1.- Análise do problema de projeto. Clarificar os objetivos.	51
4.3.1.1.- Dados do estudo de marketing prévio (revisão do documento).	51

4.3.1.2.- Tipo de produto.	52
4.3.1.3.- Tipo de projeto.	52
4.3.1.4.- Volume planejado de fabricação e tipo de produção.	54
4.3.1.5.- Desejos explícitos expostos no problema de projeto.	54
4.3.1.6.- Restrições do projeto ou do produto.	54
4.3.2.- Procurar a informação necessária para o trabalho de projeto.	55
4.3.3.- Definir os produtos concorrentes.	56
4.4.- Definir o ciclo de vida e atributos do produto.	56
4.4.1.- Estabelecer as fases do ciclo de vida do produto.	56
4.4.2.- Definir os clientes e usuários.	57
4.4.3.- Definir os atributos do produto.	57
4.5.- Definição das necessidades do projeto.	58
4.5.1.- Definir as necessidades de cada fase do ciclo de vida.	58
4.5.2.- Agrupar e classificar as necessidades obtidas.	59
4.6.- Conversão das necessidades em requisitos de usuário.	59
4.6.1.- Traduzir necessidades brutas à linguagem dos projetistas.	59
4.6.2.- Identificar os tipos de requisitos geradores de funções.	61
4.7.- Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.	61
4.7.1.- Converter requisitos usuário em expressões mensuráveis.	61
4.7.2.- Definir e classificar os requisitos de projeto.	62
4.8.- Avaliação de requisitos de usuário vs. requisitos de projeto.	62
4.8.1.-Avaliar requisitos de usuário vs. requisitos de projeto e concorrentes.	62
4.8.2.- Hierarquizar os requisitos de projeto segundo o grau de importância.	62
4.9.- Definição das especificações de projeto.	63
4.9.1.- Comparar a hierarquização dos requisitos de projeto com o problema de projeto.	63
4.9.2.- Incluir metas, objetivos e restrições.	63
4.9.3.- Definir as especificações de projeto.	63
4.10.- Conclusões.	64

CAPÍTULO V ----- 65
DESENVOLVIMENTO DE MODELOS E TÉCNICAS DE APOIO À SISTEMATIZAÇÃO
DA OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTOS
INDUSTRIAIS.

5.1.- Introdução.	65
5.2.- Um modelo para o processo de desenvolvimento de produtos industriais:	
A espiral do desenvolvimento.	65
5.3.- Os atributos do produto.	69
5.3.1.- Análise dos atributos propostos pelos diferentes autores.	70
5.3.2.- Classificação dos atributos do produto.	73
5.4.- Os atributos do produto na obtenção das especificações de projeto.	78
5.4.1.- Matriz de apoio ao levantamento das necessidades.	78
5.4.2.- Matriz de apoio à conversão de requisitos de usuário em	
requisitos de projeto.	79
5.5.- A casa da qualidade.	81
5.6.- Seleção das especificações de projeto finais como resultado da casa da	
qualidade.	84
5.7.- Conclusões.	86

CAPÍTULO VI ----- 88
SISTEMA DE APOIO À OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE
PRODUTOS INDUSTRIAIS: PROTÓTIPO COMPUTACIONAL.

6.1.- Abordagem computacional para a obtenção das especificações de projeto	
de produtos industriais.	88
6.2.- Sistema computacional.	88
6.3.- Estrutura do sistema computacional.	91
6.4.- Primeiro Módulo: Procura de informação.	92
6.5.- Segundo Módulo: Definição do ciclo de vida e dos atributos do produto.	98
6.6.- Terceiro Módulo: Definição das necessidades do projeto.	99
6.7.- Quarto Módulo: Conversão de necessidades em requisitos de usuário.	103
6.8.- Quinto Módulo: Conversão de requisitos de usuário em requisitos de projeto.	105
6.9.- Sexto Módulo: Avaliação dos requisitos de usuário vs. requisitos de projeto.	
Módulo da casa da qualidade.	107

6.10.- Sétimo Módulo: Definição das especificações de projeto.	109
6.11.- Conclusões.	112

CAPÍTULO VII ----- 114

PROJETO DE UM REATOR DE PLASMA PARA PROCESSAR MATERIAIS. ESTUDO DE CASO.

7.1.- Introdução.	114
7.2.- Determinação das especificações de projeto do reator de plasma.	114
7.3.- Estudo informativo do problema de projeto.	115
7.3.1.- Análise do problema de projeto. Clarificar os objetivos	116
7.3.1.1.- Dados do estudo de marketing prévio (revisão do documento).	116
7.3.1.2.- Tipo de produto, tipo de projeto, desejos explícitos e restrições	117
7.3.2.- Procurar a informação necessária para o trabalho do projeto	119
7.3.3.- Definir os produtos concorrentes.	121
7.4.- Definir ciclo de vida e atributos do produto.	122
7.5.- Definição das necessidades do projeto.	124
7.5.1.- Definir as necessidades de cada fase do ciclo de vida.	125
7.5.2.- Agrupar e classificar as necessidades obtidas.	130
7.6.- Conversão das necessidades em requisitos de usuário.	131
7.7.- Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.	134
7.8.- Avaliação dos requisitos de usuário vs. requisitos de projetos.	135
7.9.- Definição das especificações de projeto.	138
7.10.- Discussão dos resultados.	148

CAPÍTULO VIII ----- 150

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1.- Introdução.	150
8.2.- Contribuições da Tese.	150
8.3.-Conclusões.	151
8.4.- Recomendações.	154

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	156
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA -----	160
ANEXO I.- Questionários estruturados captadores das necessidades desde cada fase do ciclo de vida do produto. -----	162
ANEXO II.- Tratamento adicional dos atributos básicos do produto. -----	173
ANEXO III.- Casa da qualidade do reator de plasma. Estudo de caso. -----	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1.- O projeto de produtos e sua relação com outras áreas.	02
Fig. 2.1.- Classificação das propriedades dos sistemas técnicos. [Hubka, V, e Eder, W.E. 1988].	16
Fig. 2.2.- Metodologia de "projeto e planejamento". [Pahl, G. e Beitz, W. 1996].	19
Fig. 2.3.- Esquema do processo de desenvolvimento de produtos [Clausing, D. 1994].	24
Fig. 2.4.- Metodologia do início do projeto. [Pahl, G. e Beitz, W. 1996].	27
Fig. 3.1.- Processo de projeto como transformação de informações. Figura adaptada de [Hubka, V, e Eder, W.E. 1988].	40
Fig. 3.2.- Processo geral de projeto.	41
Fig. 3.3.- Transformação da informação dentro da 1ª fase do processo de projeto.	41
Fig. 3.4. Processo de projeto segundo [Suh, N. 1990].	42
Fig. 3.5.- Transformações dentro da fase do projeto informacional.	42
Fig. 4.1.- Proposta mínima para a classificação de tipos de produto.	52
Fig. 4.2.- Classificação de tipos de projeto [Condoor, S. at al. 1992].	53
Fig. 4.3.- Conversão de necessidades em requisitos de usuário.	60
Fig. 5.1.- Definição do problema de projeto.	66
Fig. 5.2.- Espiral do desenvolvimento.	67
Fig. 5.3.- Setores vinculados ao projeto e pessoal envolvido no projeto informacional.	68
Fig. 5.4.- Matriz de apoio ao levantamento das necessidades.	78
Fig. 5.5.- Matriz de apoio à conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.	80
Fig. 5.6.- Casa da qualidade para obter as especificações de projeto.	81
Fig. 5.7.- Resumo gráfico da sistematização proposta.	86
Fig. 5.8.- Sequência metodológica e ferramentas de apoio.	87
Fig. 6.1.- Estrutura geral do SEPI.	91
Fig. 6.2.- Interface de apresentação do protótipo de sistema computacional.	93
Fig. 6.3.- Interface para fornecer os códigos identificadores de um novo projeto	93
Fig. 6.4.- Entrada dos dados iniciais do projeto.	94
Fig. 6.5.- Interface de entrada de dados ao sistema computacional.	95
Fig. 6.6.- Esquema básico do algoritmo para propor endereços eletrônicos para a procura de informações iniciais sobre o problema de projeto.	96

Fig. 6.7.- Interface com sugestões de endereços para pesquisa (para Internet).	97
Fig. 6.8.- Resumo da pesquisa informativa. O projetista preenche.	98
Fig. 6.9.- Esquema básico para elaboração do algoritmo que propõe fases do ciclo de vida e atributos básicos do produto.	99
Fig. 6.10.- Proposta de ciclo de vida e de atributos para o problema de projeto.	100
Fig. 6.11.- Levantamento das necessidades em cada fase do ciclo de vida.	101
Fig. 6.12.- Clicando em "Gerenciar relatório" da figura 6.11 aparece o questionário que deve ser submetido aos clientes da fase do ciclo de vida em questão.	102
Fig. 6.13.- Resumo das necessidades na forma de requisitos de usuário.	103
Fig. 6.14.- Menu na fase "Descarte" do ciclo de vida.	104
Fig. 6.15.- Interface para introduzir ou editar requisitos de usuário.	105
Fig. 6.16.- Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.	106
Fig. 6.17.- Resumo dos requisitos de projeto. Se adicionam ou eliminam requisitos de projeto.	107
Fig. 6.18.- Casa da Qualidade.	108
Fig. 6.19.- Quatro possíveis hierarquizações dos requisitos de projeto na casa da qualidade.	109
Fig. 6.20.- Escolha dos requisitos de projeto para transformar em especificações de projeto.	110
Fig. 6.21.- Interface de definição das especificações de projeto.	111
Fig. 6.22.- Lista final das especificações de projeto.	112
Fig. 7.1.- Seqüência metodológica.	115
Fig. 7.2.- Novo arquivo do reator de plasma no sistema computacional.	117
Fig. 7.3.- Problema de projeto, código e nome do projeto.	118
Fig. 7.4.- Tipo de projeto, tipo de produto e tipo de produção a ser usada.	118
Fig. 7.5.- "Sites" recomendados para procura de informação.	119
Fig. 7.6.- Imagem do RPNP do labMAT/UFSC, [Mendes, L. 1998].	121
Fig. 7.7.- Resumo da procura pela informação como base do projeto.	122
Fig. 7.8.- Proposta de ciclo de vida e atributos do produto.	123
Fig. 7.9.- Requisitos de usuário do reator de plasma na fase "função" do ciclo de vida.	131
Fig. 7.10.- Resumo dos requisitos de usuário definidos para o reator de plasma.	134
Fig. 7.11.- Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.	135
Fig. 7.12.- Classificação e definição dos requisitos de projeto.	136

Fig. 7.13.- Casa da qualidade (vistas parciais) do reator de plasma.	137
Fig. 7.14.- Quatro hierarquias resultantes da casa da qualidade do reator de plasma.	138
Fig. 7.15.- Interface com as duas hierarquizações dos requisitos de projeto.	139
Fig. 7.16.- Cada requisito de projeto, com seu alvo, avaliação, o que se deve evitar e observações.	140
Fig. 7.17.- Lista final das especificações de projeto.	142
Fig. 8.1.- Resumo gráfico da metodologia desenvolvida na tese.	155

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1.- Esquema da Matriz de ROTH. (Tradução livre de [Roth, K. 1982]).	26
Quadro 3.1.- Categorias de informação na fase de projeto informacional.	39
Quadro 4.1. Seqüência de etapas e tarefas para a obtenção das especificações de projeto.	50
Quadro 5.1.- Lista (check-list) proposta em [Pahl, G. e Beitz, W. 1988], pp. 54, fig.4.5.	72
Quadro 5.2.- Classificação dos “atributos” da “check-list” de PAHL e BEITZ.	72
Quadro 5.3.- Atributos do produto. Classificação proposta.	74
Quadro 5.4.- Atributos gerais do produto.	75
Quadro 5.5.- Componentes mínimos dos atributos básicos do produto.	75
Quadro 5.6.- Atributos específicos do produto.	76
Quadro 5.7.- Classificação resumo dos atributos do produto.	77
Quadro 7.1.- Especificações de projeto do reator de plasma.	143

RESUMO

A pesquisa foi direcionada ao estabelecimento de uma sistemática de apoio à elaboração das especificações de projeto, como objetivo final da fase de início do processo de projeto de produtos industriais. Para o trabalho que se apresenta, estabeleceu-se a base teórica do processo que acontece dentro fase sob análise, seguido do qual, propôs-se uma metodologia em que, partindo de um problema de projeto determinado, conclui-se com a elaboração das especificações de projeto.

O trabalho constitui um passo de avanço sobre os métodos existentes pois inclui, além da base teórica, a identificação das ações a serem executadas, a sistematização destas ações, os modelos e técnicas de apoio usados como ferramentas do trabalho e o detalhamento de como usar estas ferramentas dentro da metodologia proposta.

Atualmente não existe um enfoque sistemático para o tratamento da fase analisada, oferecendo-se na proposta uma sistematização robusta, válida para abordar a fase inicial do processo de projeto eficientemente. Neste sentido, a sistematização proposta foi testada em duas direções: na direção docente, para o ensino dos conteúdos do processo de projeto e na direção do trabalho profissional de projeto, na solução de diversos casos de projetos reais. Em ambas situações, a proposta mostrou-se efetiva, conforme os objetivos de facilitar a obtenção das especificações de projeto de produtos industriais, através de procedimentos sistematizados.

ABSTRACT

The research was focused on the establishment of a systematic support for help in elaboration of design specifications, being like the last objective of the early phase of the design process for industrial products. For this research, was created the theoretical base in the process which happens in studied phase. Right away, it offers a methodology in which, starting from a project problem previously established, it is concluded, finally, through the elaboration of the design specifications.

This research constitutes a progress step about the existent design methods, because it includes, besides the theoretical base, the detailed identification of the right design actions and stages which should be executed. Similarly was proposed the systematization of the process, the techniques and models used like design tools to help design work and how to use these instruments in the methodological sequence.

In fact, a systematic like that doesn't exist for the treatment of this initial phase of the design process, offering a robust systematic, valid to approach adequately the design work in the analyzed phase. In this sense, the systematization was tested in two ways: teaching the contents of design process, as well as in several real projects. In both situations, the proposal showed to be effective, according to the objectives of facilitating the obtaining of the design specifications through a systematized tool.

*“Traçar objetivos errados é
resolver o problema errado”
[Hall, A. D. 1962]*

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1.- Generalidades sobre o projeto de produtos industriais.

O projeto como disciplina independente tem criado o seu próprio espaço, recebendo atenção crescente da comunidade científica internacional. Reconhecida como atividade preponderantemente característica do ser humano, ainda não existe uma teoria que possa abarcar toda a magnitude do fenômeno projetual, que inclui desde aspectos da atividade tecnológica, passando por problemas artísticos, até o estabelecimento de programas políticos.

O projeto aplicado ao ramo da engenharia, por sua vez, é uma atividade tecnológica estruturada e gerenciável, que visa à solução de problemas típicos da engenharia, voltada ao futuro e usando a criatividade. Do ponto de vista das engenharias, o projeto é a principal ferramenta de desenvolvimento tecnológico. É uma atividade multidisciplinar onde cada área das especialidades tecnológicas usa suas técnicas de abordagem para a solução dos problemas das engenharias, como os projetos mecânico, elétrico, energético, entre outros.

Adicionalmente, existe a atividade de projeto voltada à natureza do homem, conhecida como projeto de fatores humanos, constituída pelo projeto ergonômico e o projeto de desenho industrial ou “design”. Estas especialidades têm pontos comuns com o projeto de engenharia na área correspondente ao que se conhece como projeto de produtos.

Será denominada como “produto” a resultante principal do processo de industrialização decorrente da produção fabril, pelo que são conhecidos também como “produtos industriais” e se constituem numa variedade ampla, abarcando desde alimentos a granel, como o leite em pó ou o sal, até maquinarias diversas. Neste trabalho serão considerados os produtos industriais definidos em [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988] como sistemas técnicos, como é o caso das máquinas industriais, ferramentas, móveis, meios de transporte, entre outros.

O projeto de produtos industriais deve ser adequadamente diferenciado do projeto de sistemas de máquinas, constituídos em instalações, fábricas ou conjunto de máquinas, nos quais

as técnicas de projeto possuem características específicas em relação ao enfoque do projeto de produtos industriais, objeto do trabalho de pesquisa que se apresenta.

No projeto de produtos confluem várias atividades de projeto diferentes, convergentes na solução harmônica dos diversos aspectos importantes para o sucesso do produto no mercado, as que incluem as soluções dos projetos de engenharia, “design” e ergonomia, esquematizado na figura 1.1.

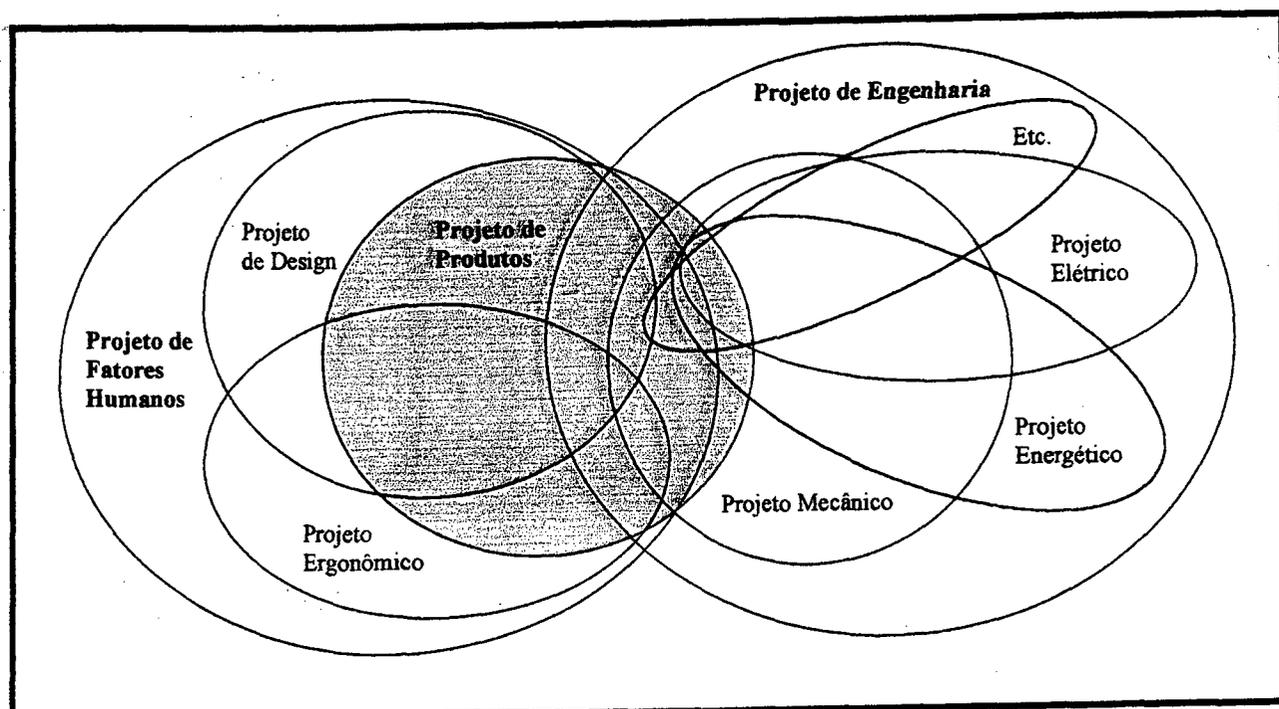


Figura 1.1.- O projeto de produtos e sua relação com outras áreas.

Um problema comum no projeto de produtos industriais, sem um adequado encaminhamento na atualidade, é a fase de início do processo de projeto. Nesta fase, a equipe de projeto recebe o problema a ser resolvido, sendo que as ferramentas existentes não orientam nem apoiam suficientemente os projetistas para um encaminhamento sistematizado do processo que se inicia.

Esta fase inicial do processo de projeto, apesar de não ter sido abordada adequadamente na literatura especializada, constitui-se numa fase importante para a solução final de projeto. É nesta fase que os projetistas obtêm as especificações de projeto, como guia básico dos trabalhos a serem desenvolvidos na direção de uma adequada solução de projeto, tomando decisões e comprometendo as ações futuras, constituindo-se peça chave do sucesso, tanto do projeto como do produto resultante. Baseado na importância desta fase inicial do projeto, é que se decidiu

trabalhar o tema, visando oferecer uma sistematização do processo na sua fase inicial, à qual serão dedicadas as pesquisas contidas neste trabalho, proclamadas como necessárias na literatura especializada [Roozemburg, N. F. M. e Eckels, J. 1995].

1.2.- Breve resumo histórico sobre o processo de projeto de produtos industriais.

Até a Revolução Industrial, século XVIII, os produtos foram produzidos diretamente por artesãos, nos quais concentravam-se as atividades de concepção, projeto, fabricação e comercialização dos produtos artesanais que elaboravam.

A estruturação das fábricas e o aparecimento das máquinas movidas a vapor, possibilitou um incremento do volume de produtos disponíveis, motivo pelo qual iniciou-se um processo de separação das atividades de concepção, projeção, fabricação e comercialização. A maioria dos primeiros produtos industriais constituíam réplicas dos produtos artesanais, que foram produzidos em escala industrial; porém, esta decisão gerou uma adaptação às novas necessidades próprias da fabricação pela indústria nascente, razão pela qual criaram-se os primeiros projetos de produtos industriais, como adaptações dos produtos artesanais para serem produzidos pela indústria.

Inicialmente, o desenho na escala adequada constituiu-se na primeira técnica do projeto de produtos que, junto com os cálculos de engenharia necessários à construção das máquinas da época, constituíam as ferramentas principais do projeto [Rodriguez, L. 1994].

Durante o século XIX e a primeira metade deste século, as técnicas de projeto tiveram um avanço limitado. Neste período, procedente das artes aplicadas, foi consolidada uma outra atividade projetual relativa à estética dos produtos industriais, denominada desenho industrial ou “design”, iniciando-se também a estruturação da ergonomia como disciplina com corpo próprio.

Mesmo com atividades metodológicas isoladas desde o início do século XX, foi a Segunda Guerra Mundial o evento que desencadeou uma melhora das técnicas do projeto e deu início ao estudo da atividade como matéria independente [Pahl, G. e Beitz, W. 1996].

Na década de 50, aprofundou-se o estudo da metodologia como parte do conhecimento do projeto, celebrando-se a primeira conferência internacional sobre metodologia de projeto, na Inglaterra em 1962, a “Conference on Design Methods”, evento que marcou o que foi definido em [Cross, N. 1993], como “o lançamento da metodologia”, coincidindo com a publicação dos primeiros livros sobre metodologia de projeto de engenharia [Asimow, M. 1962], [Hall, A. D. 1962], entre outros.

A metodologia de projeto, então, foi exposta como sendo uma seqüência de passos ordenados tentando refletir o trabalho a ser realizado durante a elaboração do projeto (que na época era executado sem consultar os agentes externos à equipe de projeto). Durante o trabalho, os projetistas decidiam tudo (sem incluir os critérios dos usuários) sobre o produto a ser projetado. A indústria dominava o mercado relativamente carente de opções.

Na década de 70 iniciou-se no Japão, visando à penetração no mercado internacional, um movimento direcionado à inclusão dos critérios dos consumidores nas consultas iniciais durante o processo de projeto [Akao, Y. 1990], que se constituiu, junto com outras técnicas associadas à qualidade, numa maneira consistente para o desenvolvimento de produtos.

Ainda nesta década, surgiu na Europa o enfoque sistemático do que tem-se denominado “ciência do projeto” (design science), [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988]. A metodologia continuou seu desenvolvimento e foram lançados novos livros, [Back, N. 1983], [Pahl, G. e Beitz, W. 1984], [French, M. J. 1985], [Cross, N. 1989], [Suh, N. P. 1990], [Pugh, S. 1991], [Roosenburg, N. F. M. e Eckels, J. 1995], [Ulrich, K. T. e Eppinger, S. D. 1995], entre outros.

Na década de 80, o estudo do processo de projeto de engenharia foi objeto de atenção especial pela comunidade científica, sendo criados dois eventos internacionais periódicos, nos quais, até o presente, são expostas as pesquisas relativas as especialidades de projeto e desenvolvimento de produtos: o International Conference on Engineering Design, ICED, na Europa e o Design Theory and Methodology, DTM, nos Estados Unidos. Na atualidade, acontecem periodicamente em torno de 50 conferências internacionais diversas e mais de 20 publicações periódicas sobre o tema projeto e desenvolvimento de produtos industriais [Chawdhry, P. 1996].

A tendência de incluir o usuário durante as consultas iniciais do processo de projeto, demorou a ser aceita pela indústria do ocidente [Hauser, J. R. e Clausing, D. 1988]. No início da década de 90, as empresas norte-americanas precisavam um de período de desenvolvimento de 62 meses, enquanto que as empresas japonesas precisavam de apenas 43 meses (para um produto comparável) impelidos pelo fato de que, somente durante 1991, o Japão investiu mais de 100 bilhões de dólares em pesquisa e desenvolvimento de produtos [Jacobs, D. 1995].

Na atualidade, a análise das necessidades dos usuários, como base para o início do processo de projeto, forma parte dos procedimentos recomendados na literatura especializada sobre projeto de produtos, mas, o tratamento sistematizado da fase inicial do projeto é pobremente abordado.

1.3.- Temática específica a ser abordada nesta pesquisa.

A pequena quantidade de trabalhos publicados sobre métodos sistemáticos de trabalho a serem adotados durante a fase de início do projeto, tem motivado, em forma determinante, o trabalho de pesquisa que aqui se apresenta.

Por outro lado, é nesta fase do processo de projeto, que os projetistas têm menos informações sobre o produto que vai ser projetado, coincidindo, desta maneira, dois fatores críticos para o sucesso do trabalho a ser desenvolvido: carência de métodos sistemáticos de abordagem disponíveis, por um lado e poucas informações sobre o produto que vai ser projetado, por outro.

A análise anterior aponta a necessidade de trabalhar no desenvolvimento de um processo sistematizado para a primeira fase do processo de projeto, visando obter a maior quantidade de informação possível sobre o produto que está sendo projetado, orientando os passos a serem executados pela equipe de projeto nesta direção.

1.4.- Análise da problemática do tema proposto.

Quando a equipe de projeto recebe um problema a ser resolvido, esta precisa (para ser mais eficiente no trabalho) de uma seqüência de passos ordenados, que inclua ferramentas específicas, visando orientar o adequado encaminhamento dos trabalhos a serem executados. O trabalho intuitivo ou heurístico, mesmo que utilizado durante o trabalho em fases posteriores do processo de projeto, deve ser cuidadosamente manejado, visando seu uso de maneira eficiente. Um trabalho intuitivo no início do projeto, onde ainda não se tem elementos suficientes para a análise (nem para a intuição) poderia direcionar inadequadamente os esforços da equipe de projeto, podendo frustrar os resultados e desperdiçar recursos materiais e humanos.

No início do processo de projeto e em função das poucas informações disponíveis pelos projetistas, o trabalho deve ser encaminhado à procura pela maior quantidade de informações sobre o projeto, precisando-se de uma sistematização dos trabalhos (seria ideal um procedimento único comum) visando permitir a concentração dos esforços nas direções mais promissoras para poder atingir os objetivos da maneira mais eficiente possível.

A problemática de não contar com um processo adequadamente sistematizado, num trabalho onde existe pouca informação sobre o produto que está sendo projetado, deve ser encarada como um aspecto a ser resolvido nesta pesquisa.

A hipótese de que o trabalho deve ser abordado como um processo sistematizado, implícito no título deste trabalho, se justifica pela importância das decisões que são tomadas no início do processo de projeto, onde praticamente todas as soluções posteriores serão baseadas, grandemente, nestas decisões iniciais. Uma tomada de decisões baseadas somente em processos heurísticos, sem uma adequada justificativa comprovável por terceiros, pode comprometer o resultado final.

Por outro lado, um processo não sistematizado para obter as especificações de projeto impossibilitariam, ou no mínimo dificultariam, a transmissão dos conhecimentos obtidos durante a prática profissional de projeto, entorpecendo, adicionalmente, o estabelecimento dos sistemas computacionais de apoio ao processo, tão importantes para incrementar o potencial do trabalho especializado em qualquer ramo do saber humano.

Desta maneira, a captação da informação necessária à execução e direcionamento do projeto nesta primeira etapa, por se constituir no objetivo básico do trabalho da equipe de projeto, deve ser encarado da maneira mais ampla e abrangente possível, possibilitando uma maior amplitude da pesquisa, de maneira que os resultados possam aplicar-se ao maior leque possível de produtos industriais.

Neste sentido, é importante destacar a importância de uma sistematização que possibilite diminuir o tempo de trabalho na captação da informação requerida, visando adotar métodos, que forneçam à equipe de projeto, ferramentas para acelerar o trabalho de definições iniciais, colocando-os numa posição de vantagem frente à concorrência.

É conhecido que como parte dos trabalhos informativos a serem executados, se inclui a consulta dos usuários potenciais do produto que será projetado, mas, esta única diretiva não garante a adequada estruturação dos trabalhos operativos, criativos e de tomada de decisões que devem ser executados durante o processo que acontece na fase inicial do projeto. Assim, resulta claro também o benefício de contar com uma ferramenta sistematizada para a abordagem do processo sob a responsabilidade dos projetistas, visando obter as informações relevantes sobre o projeto que vai ser executado, resumindo-as na forma de especificações de projeto, como informação básica e referencial, ponto de partida para os trabalhos posteriores de projeto.

A literatura existente sobre o tema não apresenta um corpo definido de procedimentos, constituindo-se em um conglomerado disperso de recomendações não sistematizadas, razão pela qual entende-se importante levar adiante a presente pesquisa, a que, na realidade, é continuidade

de um trabalho anterior do próprio autor, realizado durante as pesquisas para o trabalho de Mestrado, [Fonseca, A.J.H. 1996].

No trabalho referido, foi proposta uma seqüência para a fase inicial do processo de projeto, constituindo-se numa base para o estabelecimento da morfologia adequada da fase sob análise, com o qual, espera-se sistematizar, finalmente, o trabalho de projeto a ser executado. Adicionalmente, a presente pesquisa concentrará esforços no desenvolvimento de ferramentas de trabalho dentro da seqüência e do estabelecimento do sistema computacional associado.

Por outro lado, o tema analisado enfrenta uma problemática, que abrange dois aspectos:

- De uma parte, o estado atual dos conhecimentos relativos à teoria e metodologia de projeto, na primeira fase do processo de projeto de produtos industriais e
- Da outra, os aspectos relativos à problemática institucional-organizativa e de relacionamentos, no contexto onde deve ser captada a informação de projeto.

Relacionado ao primeiro aspecto, o trabalho se baseará na teoria e metodologia de projeto de produtos industriais, visando gerar uma sistemática para a fase inicial do processo de projeto de produtos industriais de vários graus de complexidade.

Relacionado ao segundo aspecto, o trabalho tratará do processo de captação da informação importante para o projeto de produtos industriais, nos seus inícios, incluindo os relacionamentos entre a equipe de projeto e o ambiente externo ao mesmo, representado fundamentalmente pelo mercado e pelos diferentes clientes, produtores e usuários envolvidos.

A abordagem da pesquisa será, em qualquer caso, direcionada ao processo de projeto na fase inicial, aos procedimentos metodológicos dentro da fase, aos métodos e técnicas (ferramentas) a serem usadas na própria fase inicial e relativos a como usar estas ferramentas para apoiar a equipe de projeto na obtenção das especificações de projeto do produto que está sendo desenvolvido.

Em função da análise exposta, o trabalho de pesquisa definirá, além das técnicas, métodos e procedimentos de projeto, a adequada identificação e tratamento dos diversos segmentos empresariais, individuais e de mercado, relacionados ao produto a ser projetado.

1.5.- Objetivos do trabalho.

Como a pesquisa que se apresenta é um trabalho de continuidade, existem expectativas, sobre a base da experiência anterior com similar tema. Neste sentido, pode-se dizer que existem determinadas hipóteses, sobre as quais vai trabalhar-se e que se enumeram na continuação:

- A sistematização do processo na fase inicial do projeto, toma como base o trabalho apresentado em [Fonseca, J.H. 1996].
- É possível desenvolver ferramentas de apoio à metodologia, baseando-se na estrutura constitutiva dos produtos industriais.
- A partir de uma sistematização, será possível usufruir das vantagens de usar a técnica da casa da qualidade, mesmo para pequenas empresas e projetistas individuais.

Com estas hipóteses, traçam-se os objetivos a serem atingidos na pesquisa que se expõe:

O trabalho tem um objetivo principal e vários objetivos secundários. O objetivo principal é:

Desenvolver uma metodologia de abordagem da fase de início do processo de projeto de produtos que inclua métodos, modelos e técnicas, propondo como executar o trabalho dentro da mencionada fase, na qual, partindo de um problema de projeto, resulte na elaboração das especificações de projeto de produtos industriais.

Os objetivos secundários são:

- 1) *Definir as características que devem ter as especificações de projeto de produtos industriais;*
- 2) *Aprofundar os aspectos teóricos referentes à fase inicial do processo de projeto de produtos industriais;*
- 3) *Estudar, adaptar, propor e desenvolver modelos e técnicas, usadas como ferramentas para trabalhar na fase de início do processo de projeto de produtos;*
- 4) *Integrar, num sistema único, todos os processos que acontecem dentro da primeira fase do processo de projeto, propondo uma filosofia de trabalho tal, que contribua para executar um verdadeiro projeto, em nível semântico, tendo como resultante as especificações de projeto e*
- 5) *Elaborar um protótipo de sistema computacional, capaz de atender às exigências do trabalho na fase inicial do processo de projeto de produtos industriais.*

1.6.- Justificativas da proposta.

O início do processo de projeto, como se tem analisado antes, é uma atividade caracterizada pela procura da informação na forma de necessidades [Back, N. 1983], que a equipe de projeto precisa identificar para o trabalho criativo que se inicia. Além das necessidades, outras informações relevantes sobre o produto são manejadas na fase inicial do processo de projeto, considerando os dados procedentes da produção, do mercado e do consumo

basicamente, com a finalidade de não negligenciar aspectos importantes para o sucesso do produto no mercado. Esta diversidade de aspectos a serem encaminhados durante o início do processo de projeto, precisa de uma metodologia que guie os trabalhos da equipe de projeto na direção correta.

Como não existe na atualidade uma ferramenta sistemática para abordar integralmente a atividade antes analisada, justifica-se plenamente iniciar uma pesquisa na direção de desenvolver a sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto. O anterior é adequadamente resumido por reconhecidos pesquisadores da área da maneira seguinte:

“Dado o seu papel fundamental para o projeto, é surpreendente que o processo de “projetar” boas especificações de projeto, nem sempre tenha ganho a devida atenção na literatura sobre métodos de projeto, como também não tem sido atendido na prática profissional” [Roozemburg, N. F. M. e Eckels, J. 1995].

“É muito mais importante traçar os objetivos corretos, que alcançar uma proposta de projeto correta, pois traçar objetivos errados, é resolver o problema errado” [Hall, A. D. 1962].

De acordo com as considerações anteriores, expõe-se a *justificativa da proposta*:

O fato de não existir uma ferramenta que sistematicamente, aborde a fase de início do processo de projeto, justifica o encaminhamento de uma pesquisa destinada a apoiar o trabalho das empresas produtoras, dos projetistas, gerentes, pesquisadores, cientistas, professores e estudantes de projeto com uma *metodologia de abordagem da fase inicial do processo de projeto, encaminhada à obtenção das especificações de projeto de produtos industriais*, desenvolvendo uma sistematização do processo que inclua os métodos, modelos e técnicas próprias do trabalho nesta fase e de como usá-los dentro da mesma.

1.7.- Estrutura do presente documento.

O trabalho que aqui se apresenta está dividido em oito capítulos:

- o primeiro é um capítulo introdutório geral sobre aspectos históricos do projeto e inclui a identificação do tema de pesquisa, os objetivos e justificativas deste trabalho;
- o segundo capítulo contém a pesquisa bibliográfica realizada visando estabelecer o estado atual da arte na área de obtenção das especificações de projeto de produtos, onde parcialmente se trabalha no segundo objetivo secundário proposto;
- o terceiro capítulo trata sobre a importância das especificações de projetos no contexto do processo geral de projeto e desenvolvimento de produtos, fixando a

terminologia e definições que serão usadas no trabalho posterior, visando satisfazer o primeiro objetivo secundário relativo às características das especificações de projeto;

- o quarto capítulo dedica-se à proposta de sistematização para a obtenção das especificações de projeto de produtos industriais, com o qual se aborda uma parte importante do objetivo principal exposto, assim como, parcialmente, os segundo e quarto objetivos secundários propostos;
- o quinto capítulo detalha as ferramentas de apoio à sistematização proposta, visando atender os segundo e terceiro objetivos secundários propostos e servindo como base complementar do objetivo principal da pesquisa;
- o sexto capítulo expõe a proposta básica do sistema computacional para a abordagem da fase sob análise, que constitui o quinto objetivo secundário proposto;
- o sétimo capítulo é a aplicação da metodologia proposta como validação da mesma para um estudo de caso, visando a reafirmação do quarto objetivo secundário proposto;
- o oitavo capítulo contém as conclusões obtidas e as recomendações para trabalhos futuros.

*"As necessidades são criadas cada vez mais
pelo processo através do qual elas são satisfeitas"
[Galbraith, J.K. 1967]*

CAPÍTULO II

ESTADO DA ARTE NA ÁREA DA OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS.

2.1.- Introdução.

Antes de iniciar a análise da problemática em torno da pesquisa proposta, é necessário estabelecer uma atualização do publicado pela literatura especializada, sobre o tema específico que será tratado. O estudo da teoria e metodologia de projetos tem ganho ênfase nas últimas duas décadas [Evboumwan, N. et al. 1996] mas, a temática "projeto" é, ainda, uma especialidade pouco conhecida, se comparada com outras disciplinas próprias do trabalho tecnológico.

Pelas razões expostas, o presente capítulo será dedicado a expor um resumo das propostas de abordagem apresentadas na literatura sobre a fase de início do processo de projeto, assim como os diferentes enfoques no uso da informação nesta fase. As diferentes tendências relativas à obtenção das especificações de projeto (como objetivo final desta fase) assim como os procedimentos recomendados na literatura pelos diferentes autores, com ênfase nos mais representativos, serão também abordados.

Neste sentido, é importante destacar a importância das necessidades como fator fundamental para a abordagem do processo de projeto na sua fase inicial; as mesmas se constituem, segundo o consenso da maioria dos pesquisadores que tratam o tema, na matéria prima principal usada para a obtenção das especificações de projeto.

Visando o exposto acima, o estudo das necessidades será abordado nas suas conotações mais amplas, como motor impulsor dos desejos de clientes e usuários. Por esta razão, o tema necessidades será aprofundado, enfocando os aspectos que mais interessam aos projetistas:

- por um lado, as necessidades relacionadas à conduta das pessoas, como as necessidades de afeto, estima, e suas conseqüências e

- por outro lado, as necessidades que nascem no indivíduo imerso no mundo material dos objetos, como as necessidade de usar produtos na moda, usar elementos ornamentais, etc.

Desta maneira se iniciará, pelas necessidades, a abordagem de atualização bibliográfica.

2.2.- As necessidades.

"As necessidades humanas constituem o motivo principal subjacente ao comportamento" [Murray, V. 1973]; segundo este autor, o comportamento está guiado pelas motivações como mecanismo dependente das necessidades. A motivação está determinada, segundo esta teoria, pelo binômio necessidade-pressão, onde a necessidade nasce do indivíduo junto a seus motivos internos, tentando transformar uma situação insatisfatória; enquanto que as pressões incluem o ambiente externo, impulsor da conduta.

O modelo da pirâmide de MASLOW [Maslow, P.1954], tem como fundamento a teoria da motivação como "terceira força", que estabelece as necessidades divididas em duas grandes famílias: as necessidades básicas e as meta-necessidades. As primeiras são as exigências vitais do homem para sua subsistência, enquanto que as meta-necessidades se baseiam no desejo de crescimento do indivíduo.

Existe outra teoria surgida com a obra de [Mc. Clelland, J. L. 1986] que classifica as necessidades em quatro tipos diferenciados: de realização, de afiliação, de autonomia e de poder. Esta teoria é conhecida como teoria da "necessidade de sucesso", em referência à necessidade de todas as pessoas de obterem sucesso em seu desempenho como pessoa.

Em [Adler, A. 1931] é indicado que a necessidade de poder é a principal meta a ser alcançada em toda a atividade humana, centrando no poder o eixo das motivações de todos os indivíduos. Mediante esta suposição, denominada "teoria de sucesso", todas as pessoas possuem em maior ou menor grau, os quatro tipos de necessidades, sendo avaliados os distintos tipos de personalidades individuais segundo o tipo de necessidade predominante.

Embora as necessidades humanas que condicionam a conduta sejam importantes, os fatores que ligam as necessidades aos produtos industriais será o objeto principal da atenção.

As necessidades não somente obedecem ao caráter interno de cada indivíduo e sua personalidade, outros fatores interferem e contribuem para o seu surgimento, como o ambiente que desempenha um papel importante, constituindo ponto chave de interesse para os projetistas de produtos, nos seus objetivos de projetar objetos orientados à preferência dos consumidores. Embora todo projeto se inicie com a detecção das necessidades, existe um processo inverso de

manipulação das mesmas, atuando sobre o mecanismo interno do ser humano que gera o desejo de consumo e, assim, sobre as necessidades supostamente reais, dos consumidores potenciais.

Segundo [Rodriguez, L. 1989], as necessidades têm componentes nos quais influem aspectos psicológicos, ideológicos, e de origem social, que originam conseqüências psicossociais. "Há uma estreita relação entre necessidade e objeto satisfatório, sendo este um dos fatores que determina que os objetos tenham um valor de troca". Desta relação, vem a dependência mútua entre necessidade e objeto-produto, sendo esta relação o tema que mais interessa ao projetista de produtos.

Do ponto de vista social é numa sociedade como a atual "o indivíduo começa a valer pelo que possui e não pelo que é" [Fromm, E. 1978]. Segundo este autor, a indústria propicia um processo acelerado de desenvolvimento de produtos, visando mais a realização do capital investido do que a real satisfação das necessidades: "se as necessidades autênticas dos indivíduos não são o fim real da produção, então aquelas podem aumentar indefinidamente, pois não há nada que detenha sua multiplicação"; este fenômeno foi denominado como "sociedade de consumo", dentro da qual, um dos elementos chaves é o projetista, responsabilizado pela contínua geração de novos produtos e, com eles, novas necessidades, em muitos casos, artificiais. "No universo das mercadorias, qualquer objeto cujo valor de uso não representa um valor de troca, deixa de ser objeto da produção...a noção que as necessidades são fixadas pela produção nos faz pensar nas necessidades como função induzida" [Rodriguez, L. 1989]. O fato que os projetistas estudem detidamente o tema das necessidades para tratar de penetrar a psique do usuário, dá uma idéia de quão induzido pode resultar no consumidor, o desejo de comprar um novo produto; "estas necessidades têm um conteúdo e uma função social, determinada por poderes exteriores e sobre os quais, o indivíduo não possui nenhum tipo de controle" [Marcuse, H. 1968]. Do ponto de vista ideológico, [Buardillard, J. 1973] supõe que os produtos passam por uma série de estados em seqüência:

- lógica do valor de uso, sendo a etapa função-operativa;
- lógica do valor de troca, sendo o estado econômico-comercial;
- lógica da troca simbólica, sendo a diferenciação social e
- lógica do signo ou sinal, sendo o apelo ao prestígio e ao apetite do consumo.

Este aspecto é muito importante para a especialidade de projeto de produtos, pois, conforme [Rodriguez, L. 1989], quando o objeto não está ligado, nem a seu caráter utilitário (função), nem como mercadoria (mercado), nem como símbolo (função psicológica) e encontra seu destino na lógica da diferenciação, aparece o fator "moda" como fenômeno que dirige a

preferência do consumidor. Segundo este mesmo autor, para o usuário, os objetos satisfazem duas necessidades: a de utilizá-lo (função) e a de possuí-lo (consumo); "a relação original entre necessidade e satisfação, impulso e sociedade, se inverteu significativamente" [Selle, G. 1973].

Os projetistas, sobretudo os desenhistas industriais ou "designers", têm uma qualificação excelente para operar as formas que mais potencializam o "consumismo" nos produtos de uso cotidiano mediante várias técnicas, como aquela que é conhecida com o nome de modelo-série. De acordo com esta técnica, existe um modelo ideal de produto, criado artificialmente na mente dos consumidores, que é parcialmente reproduzido nos produtos em série que se fabricam, gerando um desejo de consumo insatisfeito, pelo fato de que nunca a série chega a ser o modelo idealizado, fazendo interminável a ânsia de consumo.

As conseqüências psicossociais destas necessidades são evidentes. Considerando que a teoria psicanalista estabelece o prazer como a motivação principal da conduta do ser humano (tem-se analisado antes a satisfação das necessidades como um dos motivos importantes de prazer). Satisfazer mediante os mecanismos descritos (de manipulação das mesmas) dá origem ao "desejo de comprar", um dos grandes pilares que tem sustentado a "sociedade de consumo" atual. Segundo [Rodriguez, L. 1989], os estímulos que são utilizados para propiciar o consumo são:

- por ser o objeto um símbolo de posição, comprando-o compra-se um pedaço do ego;
- comprar é a oportunidade de "fechar um bom negócio", o que por sua vez gera uma certa satisfação;
- comprando geram-se novos estímulos e
- trocar o caráter social da acumulação pelo caráter mercantil de comprar, sendo que esta troca não elimina a orientação de ter, mas a modifica consideravelmente.

Este mesmo autor faz notar que: "em grande número de casos, o valor de uso se converte numa chamada para o valor de troca. Desta situação surge uma tendência que obriga a forma das mercadorias a estar sujeita a modificações; desta maneira a aparência adquire uma importância desmesurada no ato da compra". É por esta razão que nos produtos que serão destinados ao uso direto do homem torna-se tão importante o aspecto estético-formal.

O anterior implica na necessidade de dominar, por parte dos projetistas, as técnicas de projeto que oferecem os melhores resultados para o sucesso de seu trabalho; no entanto, o sucesso dos produtos no mercado, não deve-se dar a partir de aparentar mais do que na realidade o produto tem, de conformidade com o denominado projeto "honesto ou ético" [Selle, G. 1973].

Por outro lado, a informação, contida nas necessidades de consumidores e usuários, possui uma forte carga subjetiva, como pode extrair-se de tudo o que foi dito antes, podendo-se manipular facilmente. O papel do projetista será, então, o de transformar toda esta carga inicial, num produto físico tangível, passando através das várias etapas sucessivas de transformações.

Partindo da fase inicial de coleta das necessidades originais, deve existir um mecanismo que as traduza numa linguagem mais acessível aos projetistas, estas são as especificações de projeto.

2.3.- Estrutura constitutiva dos produtos industriais.

Como parte do trabalho de pesquisa bibliográfica sobre a fase de início do processo de projeto, inclui-se na continuação, uma revisão bibliográfica relativa à estrutura constitutiva dos produtos industriais, definido como o conjunto de características e propriedades comuns a todos os objetos (artificiais) criados pelo homem [Tichem, M. et al. 1997].

Parte-se da hipótese, mencionada no capítulo anterior, de que, no caso de existir uma classificação universal para a estrutura constitutiva dos produtos industriais, se poderia tomar esta como base para estabelecer um guia adequado, visando definir as necessidades associadas ao projeto de qualquer produto industrial. Esta classificação poderia ser tomada como um “check-list”, das características que deveria ter o produto sob análise, em todo o universo que abrange a classificação.

Desta maneira, contando com uma classificação deste tipo, poderia ser gerada uma ferramenta utilitária de auxílio à definição das características que vai ter o produto sob análise, o que vem ao encontro da definição das próprias especificações de projeto.

Diversos autores têm trabalhado na linha de estabelecer uma classificação do que é denominada estrutura constitutiva dos produtos industriais. Autores como [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988], têm tratado com profundidade e amplitude o tema da estrutura constitutiva comum aos produtos industriais, propondo uma classificação do que denominam “características” dos sistemas técnicos, dos quais fazem parte os produtos industriais, segundo esquema representado na figura 2.1.

Dedicam um amplo espaço ao estudo das propriedades, classificando-as segundo vários critérios diferentes, fundamentalmente, visando a utilidade para o trabalho de projeto. São propostas três tipos diferenciados de *propriedades*:

- As propriedades internas;
- As propriedades externas e
- As propriedades de projeto.

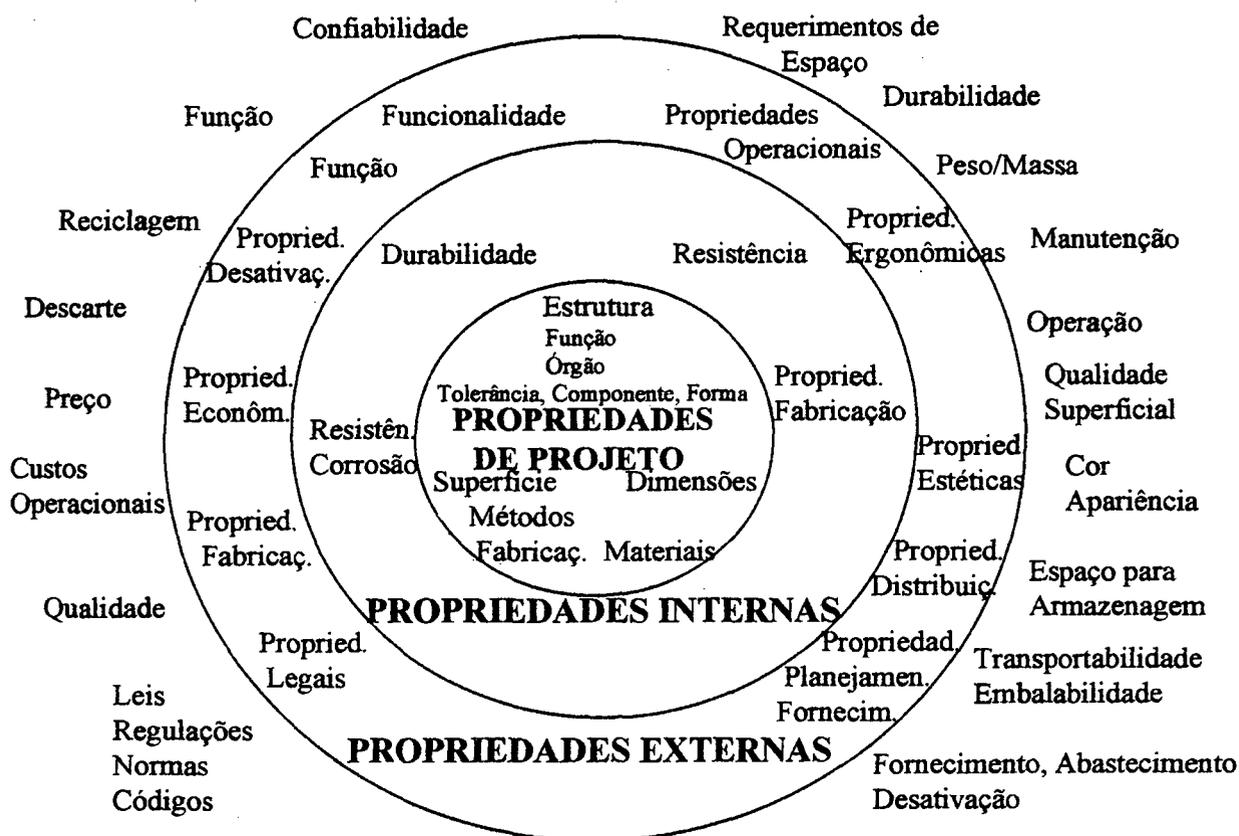


Fig. 2.1.- Classificação das propriedades dos sistemas técnicos [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988].

Cada uma das propriedades está composta por uma grande quantidade de itens, como pode ser observado na figura 2.1. Os autores, na obra citada, analisam os relacionamentos entre as três categorias de propriedades, porém, para a elaboração das especificações de projeto, não propõem qualquer procedimento que use as propriedades propostas em alguma direção utilitária, como expressado na hipótese.

Em um outro trabalho [Eder, W. E. 1993], são apresentadas similares considerações quanto à classificação segundo as propriedades, porém, são propostas somente dois tipos de *propriedades*: as *internas* e as *externas* e como parte das propriedades internas, se consideram as denominadas “propriedades de projeto”, recomendando-se seu uso para o trabalho de projeto, mas, sem dar maiores detalhes de como fazer.

Nestes dois casos, entende-se que, mesmo que a classificação seja bastante abrangente e pode ser utilizada para o objetivo utilitário que se deseja, existe uma mistura de propriedades, classificadas de acordo com critérios de pouca utilidade para serem usadas na fase inicial do processo de projeto.

Outros pesquisadores têm seguido uma linha similar, é o caso de [Stauffer, L. e Morris, L. 1993], que trabalharam na elaboração de uma denominada “taxinomia”; esta é baseada mais na classificação dos requisitos desejáveis para os usuários diretos dos produtos, que em características finais do próprio produto. O objetivo da proposta provavelmente é (pois o trabalho não aclara) de confeccionar um leque, o mais universal possível, de classes de requisitos potenciais, com a finalidade de aplicá-las em fases iniciais do projeto de produto, tendo um guia adequado para detectar os requisitos dos usuários, similarmente ao que se pretende fazer nesta pesquisa.

Um outro problema do trabalho referido, é que está restrito a considerar somente os usuários diretos do produto, sem fazer referências aos distintos especialistas envolvidos, como pessoal de fabricação, manutenção, reciclagem, etc., que devem ser considerados também como “usuários” do projeto, mesmo que não sejam usuários diretos do produto e consultados durante a fase de elaboração das especificações de projeto. Mais adiante se voltará a aprofundar sobre esta referência, visando tomar as partes positivas dos trabalhos destes pesquisadores.

Similarmente, o trabalho de [Mortensen, N. H. 1997] trata também da estrutura constitutiva dos produtos industriais e, especificamente, sobre as características do produto relacionadas com a linguagem de projeto. Segundo o pesquisador, o trabalho de síntese a ser feito pelo projetista implica definir o que denomina “*design characteristics*”, composta, segundo o trabalho, de quatro classes de características, entre elas a denominada “*Beschaffenheit Characteristic*”, o que poderia ser traduzido como “característica inerente”, a qual, segundo o autor, define o modo de ação, assim como as propriedades do produto. O trabalho não trata dos aspectos utilitários do conceito, pelo qual não detalha qualquer utilização para obter as especificações de projeto.

O aprofundamento na análise dos diferentes autores que têm tratado o tema da estrutura constitutiva dos produtos industriais, mostra pouca concordância entre eles. Naturalmente, trata-se de um tema novo, ao qual é necessário dedicar, ainda, um adequado nível de pesquisa, visando definir uma ferramenta utilitária, o mais universal possível, para a fase de início do processo de projeto. O fato de denominar indistintamente como características, propriedades, ou ainda de *taxinomia*, as classificações possíveis para a estrutura dos produtos, não é devido ao estabelecimento de escolas diferentes sobre o tema, é basicamente devido ao pouco tratamento que o tema tem tido na literatura sobre teoria de projeto.

O aprofundamento na estrutura dos produtos industriais a ser executado nesta pesquisa, será direcionado ao desenvolvimento de ferramentas a serem usadas no início do projeto, visando extrair elementos de apoio à elaboração das especificações, como base do projeto.

Na continuação será realizada uma breve análise sobre o processo geral de projeto, segundo o consenso existente entre os autores mais relevantes.

2.4.- A estrutura do processo de projeto.

Existe em nível internacional abundante literatura sobre o processo de projeto, destacando-se os trabalhos de [Asimow, M. 1962], [Pahl, G. e Beitz, W. 1996], [French, M. J. 1985], [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988], [Cross, N. 1989], [Suh, N. P. 1990], [Pugh, S. 1991], [Roozemburg, N. F. M. e Eckels, J. 1995], entre outros.

No Brasil, no início dos anos 80 foi publicada uma obra, [Back, N. 1983], criando-se em torno do autor um grupo de pesquisa sobre metodologia de projeto na Universidade Federal de Santa Catarina, dentro do qual tem-se desenvolvido a presente pesquisa.

Na grande maioria das propostas de metodologia de projeto atuais, destaca-se um consenso em torno da elaboração das especificações de projeto (bem no início) como um guia ou base para o trabalho de desenvolvimento do produto que vai ser projetado.

Uma análise das distintas metodologias do processo de projeto propostas por diversos autores aparece profundamente exposta em [Finkelstein, L. e Finkelstein, A. 1983], [Finger, S. e Dixon, J. 1989], [Fiod Neto, M. 1993], [Evboumwan, N. et al. 1996]. As mesmas têm resultados similares quanto às fases gerais do processo de projeto.

Não obstante, entende-se importante analisar a proposta de metodologia de projeto mais representativa, por ser a mais referenciada em eventos internacionais até o presente: trata-se da metodologia proposta em [Pahl, G. e Beitz, W. 1996], segundo mostrada na figura 2.2.

A proposta de metodologia geral de projeto, contempla quatro fases:

- Esclarecimento ou definição da tarefa de projeto;
- Projeto conceitual;
- Projeto preliminar e
- Projeto detalhado.

Os autores estabelecem que o processo de projeto se inicia com o esclarecimento ou definição da “tarefa de projeto”, equivalente ao denominado neste trabalho como problema de projeto. A atividade de projeto deve ser precedida por um trabalho da equipe de “marketing”, executada para definir, dentre o universo de produtos possíveis, aquele produto que vai ser

projetado e configurar, assim, a “tarefa de projeto”, como o documento que dá início ao processo de projeto.

Na obra expressa-se: “antes que um produto comercial possa ser projetado, é preciso ter uma idéia do produto”. A referência à “idéia do produto” resulta óbvia, se o enfoque do processo de projeto é ampliado, dando a abrangência do que se denomina “processo de desenvolvimento de produto”; neste enfoque ampliado, o projeto é um integrante importante, mas não o único e onde para executá-lo, a idéia do produto deve ser previamente criada como resultado dos estudos de mercado. A primeira fase da metodologia conclui com a elaboração do que denominam “lista de requisitos”, equivalentes às especificações de projeto.

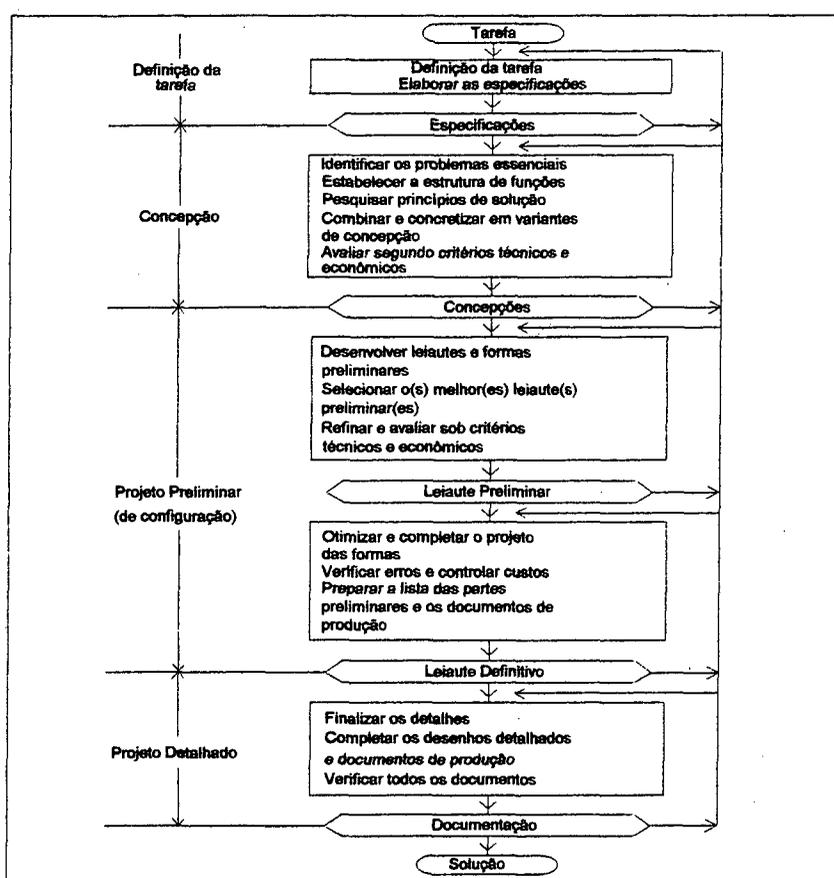


Fig. 2.2.- Metodologia de “projeto e planejamento”. [Pahl, G. e Beitz, W. 1996].

A “lista de requisitos” (especificações de projeto) elaborada durante a fase inicial do processo de projeto, será a base dos trabalhos nas fases seguintes. O fato das especificações de projeto serem a base dos trabalhos posteriores de projeto, é um fator comum nas metodologias de projeto propostas pelos diferentes autores consultados e será o ponto de partida sobre a qual se

estruturará a presente pesquisa. A elaboração das especificações de projeto, segundo diferentes autores, será objeto da análise a seguir.

2.5.- Estado da arte relacionado à obtenção das especificações de projeto de produtos.

O processo de obtenção das especificações de projeto foi escassamente abordado pela literatura especializada dos anos 70 e 80. É apenas no início dos anos 90 que apareceram algumas publicações sobre o tema, embaladas pelo sucesso da técnica do QFD (Quality Function Deployment), [Akao, Y. 1990] e sua introdução no ocidente [Hauser, J. R. e Clausing, D. 1988].

Na literatura observa-se a não existência de consenso na forma de obtenção das especificações de projeto. A grande maioria dos autores consultados simplificam o trabalho a ser executado. Duas tendências gerais se observam na atualidade:

- Obter diretamente as especificações de projeto, auxiliado ou não por uma “check-list”, sem levar em conta o trabalho prévio com as necessidades dos usuários e
- Obter as especificações de projeto baseado nas necessidades dos usuários e dos produtores, entre outros envolvidos no projeto sendo desenvolvido.

No primeiro caso, o trabalho pode ser descrito como: confrontando o problema de projeto, a equipe consulta uma lista de itens imprescindíveis (tentando não esquecer nenhum elemento importante) e decidindo, diretamente, obtém as especificações de projeto. Este procedimento é recomendado por autores como [Tjalve, E. 1979], [Blanchard, B. S. e Fabrycky, W. 1990], [Fiod Neto, M. 1993], entre outros.

Relativo a este primeiro caso, existe uma variedade grande de itens imprescindíveis, que vai desde uma lista abundante de fatores (tentando abarcar todos os aspectos possíveis do produto) [Blanchard, B. S. e Fabrycky, W. 1990] até uma lista de poucos itens, que incluem os fatores considerados mais importantes [Pahl, G. e Beitz, W. 1996].

A vantagem da obtenção direta das especificações de projeto é a grande economia de tempo na fase inicial do processo de projeto. O procedimento é característico de produtos onde a relação direta com o homem é pouco importante, como conjuntos mecânicos que formam parte de máquinas, como diferenciais, caixas de redução de velocidade, entre outros, onde o componente tecnológico é importante; também é recomendável nos casos de reprojeto, onde a equipe de projeto tem experiência no tipo de produto a ser projetado.

A confecção direta das especificações de projeto tem uma grande desvantagem, pois por mais volumosa que seja a lista de itens imprescindíveis, não dá nenhum tratamento às necessidades, ignorando portanto uma boa parte das opiniões dos clientes potenciais. Isto pode

provocar conseqüências desfavoráveis do produto no mercado, devido ao fato de que o produto que não é desenvolvido baseado nas consultas com os clientes e usuários potenciais, não está apoiado comercialmente. Por outra parte, ao decidir diretamente as especificações de projeto, passa-se por alto sobre avaliações importantes, como a realizada na casa da qualidade, que permite um aprofundamento no tratamento da informação que deve ser manuseada nesta fase inicial, relacionando necessidades com requisitos, permitindo assim um melhor conhecimento do produto.

No segundo caso a obtenção das especificações de projeto, partindo das necessidades de clientes e usuários, normalmente é feito de duas formas:

- Usando a casa da qualidade para relacionar necessidades e requisitos e
- Mediante o uso de Sistemas Computacionais, usando ou não a casa da qualidade.

O grupo de autores que recomendam o uso da casa da qualidade como base para a elaboração das especificações de projeto não propõem uma maneira sistemática de obter e tratar as informações de projeto nesta fase, se bem que a maioria deles se refere à necessidade de entrevistas com os consumidores diretos do produto e em alguns casos, propõem algumas técnicas de captação de necessidades, sempre dos usuários diretos do produto. Dentre estes autores, cita-se: [Hauser, J. R. e Clausing, D. 1988], [Juran, J. 1991], [Ullman, D. 1992], [Clausing, D. 1994], [Verma, D. et al. 1995]. A casa da qualidade deve ser vista como mais um método dentro do processo da fase inicial. Seu uso, sem um adequado tratamento prévio das necessidades e sem uma orientação sistemática para converter necessidades em requisitos, poderia resultar numa tarefa de utilidade duvidosa. A casa da qualidade apoia o trabalho na fase inicial, mas, somente depois de realizado o trabalho de captação e tratamento das necessidades.

O grupo de autores que recomendam o uso específico de sistemas computacionais, têm desenvolvido programas específicos para o tratamento da fase sob análise e em alguns poucos casos, têm usado técnicas da “Inteligência Artificial”, que integram determinados conhecimentos dentro da fase, aproveitando a facilidade que tem o computador para armazenar e relacionar dados e conhecimentos. Têm trabalhado com sistemas computacionais, [Fiod Neto, M. 1993], [Stauffer, L. e Morris, L. 1993], [Kaulio, M. et al. 1995], [Khadilkar, D. et al. 1995], [Sivalogathan, S. 1995], [Ogliari, A. 1999], entre outros. Eles têm trabalhado em sistemas específicos que apoiam, como parte de um programa maior, a elaboração das especificações de projeto. Na prática, os sistemas elaborados por estes pesquisadores, tratam de casos particulares ou de algum tipo específico de aplicação, sem uma abordagem generalizante que trate, em profundidade, a fase de início do processo de projeto.

Pela relevância que o tema tem, se tratará, na continuação, com certa profundidade, o uso da casa da qualidade para apoiar o trabalho de início do processo de projeto. O tema mais relevante da literatura publicada na fase sob análise, é referido ao uso do QFD, iniciais em Inglês do denominado *Quality Function Deployment*, que significa Desdobramento da Função Qualidade, [Akao, Y. 1990], [King, B. 1989] e sua primeira matriz, conhecida com o nome de casa da qualidade [Hauser, J. R. e Clausing, D. 1988]. Desde a sua aparição no Japão, nos inícios dos anos 70, a casa da qualidade vem sendo usada, para apoiar a obtenção das especificações de projeto, sob a filosofia de transladar a “voz do consumidor” ao processo de projeto e desenvolvimento de produtos.

Visando aprofundar o tema da casa da qualidade como a ferramenta mais recomendada na literatura especializada atual para apoiar na obtenção das especificações de projeto, será analisado o seu uso como parte da sistematização da fase de início do processo de projeto. Porém, será necessário fazer algumas considerações.

Como primeiro aspecto, deve-se destacar que é possível o uso da casa da qualidade sem a necessidade de usar, totalmente, a filosofia contida no QFD, pois; tal é o enfoque proposto em [Ullman, D. 1992] e [Ogliari, A. 1999]. O QFD é uma ferramenta de abordagem do desenvolvimento de produtos e baseia-se num grupo de matrizes sucessivas que se iniciam na casa da qualidade, desdobrando-se em forma sucessiva, partido das necessidades, até obter, finalmente, os parâmetros de qualidade da linha de produção. As matrizes continuam durante todo o processo de desenvolvimento do produto como elemento central de apoio, [King, B. 1989], visando, fundamentalmente, obter qualidade no produto final.

O uso da casa da qualidade, sem abordar o processo de projeto baseado no QFD, utiliza as vantagens da avaliação matricial entre necessidades e requisitos de projeto, como elemento importante na obtenção das especificações de projeto, sem usar, necessariamente, o desdobramento implícito no QFD.

Um aspecto importante a ressaltar, é o fato de que a quase totalidade dos exemplos de utilização da casa da qualidade reportados pela literatura consultada são feitos sobre produtos existentes, ou, baseados em protótipos de produtos físicos construídos, onde os diferentes clientes e usuários podem simular o uso, realizar seqüência de ações e dar critérios sobre toda a gama de aspectos de interesse para os projetistas, [Hauser, J. R. e Clausing, D. 1988], [Clausing, D. 1994], [Hundal, M. S. 1997], entre outros. Um outro aspecto importante a ser elucidado (e que a literatura existente não é clara ao respeito) refere-se ao possível uso da casa da qualidade para produtos novos que estão ainda na fase inicial do projeto, anterior ao projeto conceitual,

onde não existem referências claras dos problemas físicos, técnicos ou formais, por não existirem protótipos prontos.

Para a abordagem do processo de desenvolvimento de produtos usando o QFD, tomar-se-á a obra de [Clausing, D. 1994]; analisa-se a seguir esta obra, como ponto de referência, por ser este autor um dos introdutores, no ocidente, do trabalho com o QFD, [Hauser, J. R. e Clausing, D. 1988].

Na sua obra, [Clausing, D. 1994], expõe a filosofia de abordagem do desenvolvimento integral de produtos, baseado no que denomina como EQFD; a letra E significa “Enhanced”, palavra inglesa que pode ser traduzida como “ampliado”, denotando um enfoque “QFD ampliado”. Na realidade o QFD ampliado não altera a filosofia básica original, somente que o autor propõe, depois de avaliar necessidades versus requisitos de projeto na casa da qualidade, efetuar uma outra avaliação adicional, numa denominada “matriz de Pugh,” ou matriz de decisão, avaliando os requisitos de projeto versus soluções prováveis; isto visa obter uma solução conceitual. Embora diferente da conhecida matriz morfológica, a matriz de Pugh tem similares objetivos.

Na proposta metodológica geral de desenvolvimento, mostrada na figura 2.3, o autor considera quatro fases: a fase “conceitual”, que capta informação do mercado e da “corrente tecnológica”, criando-se assim a idéia do produto, (analisando necessidades e requisitos) e visando a definição dos requisitos de projeto e conceitualizando o produto; assim, os requisitos de projeto e o conceito decidido, passarão à fase seguinte denominada “projeto”, onde é executado o dimensionamento, projeção e cálculo; a terceira fase é de “preparação” (fabricação de protótipos), a produção da série inicial e o teste para a “produção” que seria a quarta fase.

A divisão em fases e sub-fases é detalhada a seguir:

- Fase de Conceito: Casa da qualidade e especificações do sistema;
 Concepção do sistema e
 Especificações dos sub-sistemas.
- Fase de projeto: Projeto dos sub-sistemas e
 Projeto das peças e partes.
- Fase de preparação: Verificação do sistema (inclui protótipo);
 Listo (os documentos) para produção e
 Produção piloto.

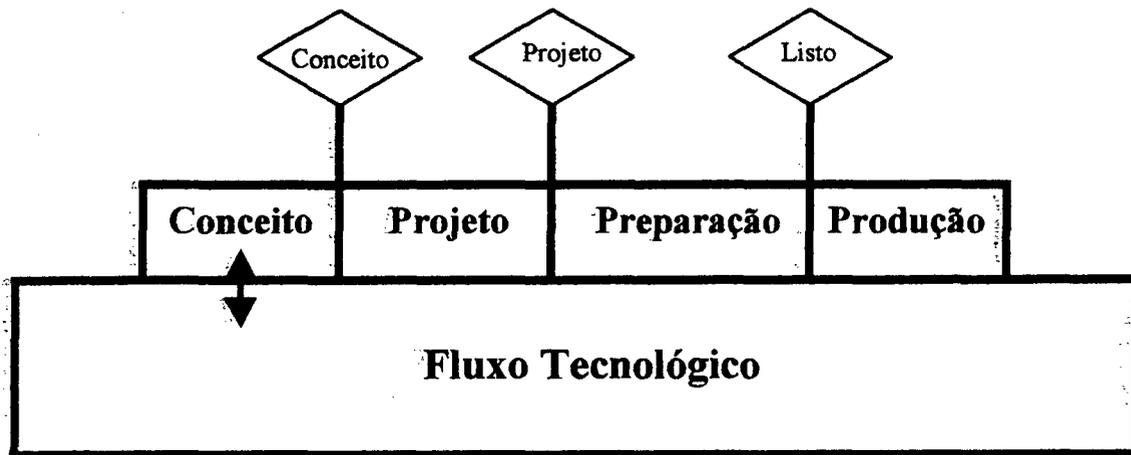


Fig. 2.3.- Esquema do processo de desenvolvimento de produtos [Clausing, D. 1994].

O método de trabalho proposto em [Clausing, D. 1994] é de equipe, composto por profissionais de várias especialidades, com incorporação das técnicas da engenharia simultânea. O QFD é desdobrado em matrizes sucessivas, desde as necessidades brutas, até as características principais dos produtos que serão projetados. O autor alerta para não passar à primeira matriz do QFD um número demasiado grande de necessidades “brutas”. Recomenda um trabalho prévio de clarificação, agrupamento e síntese das necessidades brutas, levando somente à matriz inicial um número mínimo de necessidades verdadeiramente importantes e adequadamente filtradas. Ainda em projetos complexos, recomenda uma redução da informação a ser levada adiante, expondo o exemplo do projeto do avião modelo DC-3, cujas especificações de projeto estavam contidas numa única folha.

Para a sub-fase da casa da qualidade, o autor propõe executar nove tarefas e vinte atividades. As tarefas são:

- 1) Escutar a voz do consumidor;
- 2) Expectativas sobre o produto;
- 3) Relação entre as expectativas do consumidor e da empresa;
- 4) Análise da concorrência segundo o consumidor;
- 5) Análise da concorrência segundo a empresa;
- 6) Trabalho de preenchimento da casa da qualidade;
- 7) Definição dos requisitos de projeto importantes;
- 8) Definição de valores metas para os requisitos definidos;
- 9) Análise para concentrar esforços em áreas selecionadas.

No que se relaciona à captação da “voz do consumidor”, são expostos diversos métodos de captação de necessidades, mas, somente dos usuários diretos do produto. O fato de trabalhar em ambiente de engenharia simultânea, provavelmente tem ocasionado a pouca, ou nenhuma referência aos especialistas que trabalham as diversas fases do ciclo de vida do produto, ou alguma outra guia para captar necessidades fora do usuário direto (dos produtores,

comercializadores, pessoal de manutenção, etc.). Neste particular, falta abrangência ao método proposto, pois limita o seu uso a um ambiente como o sugerido pelo autor, que nem sempre é possível de ser utilizado, em função dos recursos disponíveis para o projeto, mesmo que se reconheça como efetivo. O trabalho com a casa da qualidade (nos exemplos) é feito sobre um protótipo pronto e as necessidades levadas à matriz inicial do QFD, normalmente são necessidades de uso ou funcionamento somente, sem avaliar outras necessidades de fabricação, transporte, descarte, etc.

É um trabalho coerente, que mostra uma linha específica de procedimento e inclui uma metodologia de abordagem em cada fase da proposta geral, podendo-se considerar um compêndio exaustivo sobre técnicas de desenvolvimento de produtos.

Um problema do trabalho analisado é que está direcionado, basicamente, às empresas de grande porte, pois as propostas somente são factíveis de serem implementadas em empresas que disponham de grandes recursos para a atividade de desenvolvimento de produtos, pelos altos custos implícitos nas técnicas sugeridas, que não deixam opções.

O trabalho propõe as conhecidas técnicas de captação de necessidades diretamente dos usuários diretos, frente ao protótipo físico, pelo qual, o seu uso em pequenas empresas ou em escritórios de projeto de poucos recursos (e para trabalhos de desenvolvimento de produtos novos) é muito difícil de implementar.

Na realidade, a proposta de Clausing é uma mistura de propostas de projeto com técnicas de marketing e de gerenciamento, relativos à atividade geral de desenvolvimento de produtos. O trabalho corresponde a uma obra sobre desenvolvimento de produtos, engenharia simultânea, métodos administrativos de gerência e tomada de decisões, misturados com técnicas de qualidade total, direcionado às grandes empresas produtoras, mais que um trabalho sobre sistematização do processo de projeto.

Finalmente, pode-se dizer que constitui um método de desenvolvimento de produtos bem estruturado, mas caro, que inclui propostas sobre as diversas fases pelas quais o projeto atravessa, desde a concepção, passando pelo projeto detalhado até o lançamento do produto. Do ponto de vista da atividade de projeto propriamente dita, o trabalho não expõe princípios, mas somente técnicas, das quais não é possível extrair conceitos gerais para a teoria ou a metodologia de projeto.

Além da casa da qualidade, existe uma outra proposta importante, formulada por [Roth, K. 1982]. Por tratar-se de um trabalho que implica num sistema diferente da conhecida lista de itens ou “check-list”, passa-se a considerá-lo com certa profundidade.

A proposta consiste em obter as especificações de projeto, partindo de uma matriz que tem como coordenadas as fases gerais (aproximadamente) do ciclo de vida versus aspectos de tipo físico, organizacionais, legais, entre outros, do produto. Para cada interseção, o autor sugere um grupo de pontos de interesse a levar em conta pelos projetistas no momento de fazer a lista de especificações. No quadro 2.1, tem-se um modelo simplificado da matriz referida.

Quadro 2.1. Esquema da Matriz de ROTH. (Tradução livre de [Roth, K. 1982].)

Características Ciclo de Vida	Técnicos e Físicos		Relacionados à Pessoa	Econômicos	Normativos	Outros
	Tecnolog.	Natureza				
Desenvolvimento e Fabricação	Estado da Técnica Know-how	Leis naturais Efeitos da Natureza	etc.			
Distribuição	etc.	etc.				
Aplicação	etc.					
Reciclagem						

O mecanismo funciona como uma variante da “check-list”, no qual se elabora, diretamente, as especificações de projeto sem analisar as necessidades nem passar pelas avaliações da casa da qualidade, mas, leva em conta um fator importante nesta primeira etapa: o uso do conceito do ciclo de vida do produto. Entende-se que este trabalho é recomendável em projetos simples ou de produtos conhecidos pela equipe de projeto, como nos reprojeto, pelo fato de não trabalhar as necessidades nem interagir com os clientes e usuários.

Baseados no trabalho de [Roth, K. 1982], os pesquisadores [Nijhuis, K. J. e Roozenburg, N. F. 1997], apresentaram a proposta de uma outra matriz para gerar as especificações de projeto, na qual confrontam as etapas do ciclo de vida com três fatores presentes no projeto: *o usuário, a empresa produtora e o meio ambiente*, diferenciando adicionalmente os critérios relativos ao projeto dos concernentes ao produto. O procedimento recomendado é similar ao da matriz de ROTH; auxiliado pela nova matriz e usando o problema de projeto como guia, o projetista obtém as especificações de projeto.

No que se refere aos trabalhos de autores que recomendam a elaboração das especificações de projeto usando a “check-list”, se analisará a proposta contida em [Pahl, G. e Beitz, W. 1996].

Nesta obra, os autores expõem a necessidade de um trabalho prévio de planejamento do produto num departamento independente e anterior ao de projetos. O “departamento de planejamento de produtos”, trabalharia, segundo os autores, em coordenação com um terceiro departamento, o “departamento de marketing”, que recebe as consultas procedentes do mercado e inicia o processo de desenvolvimento do produto.

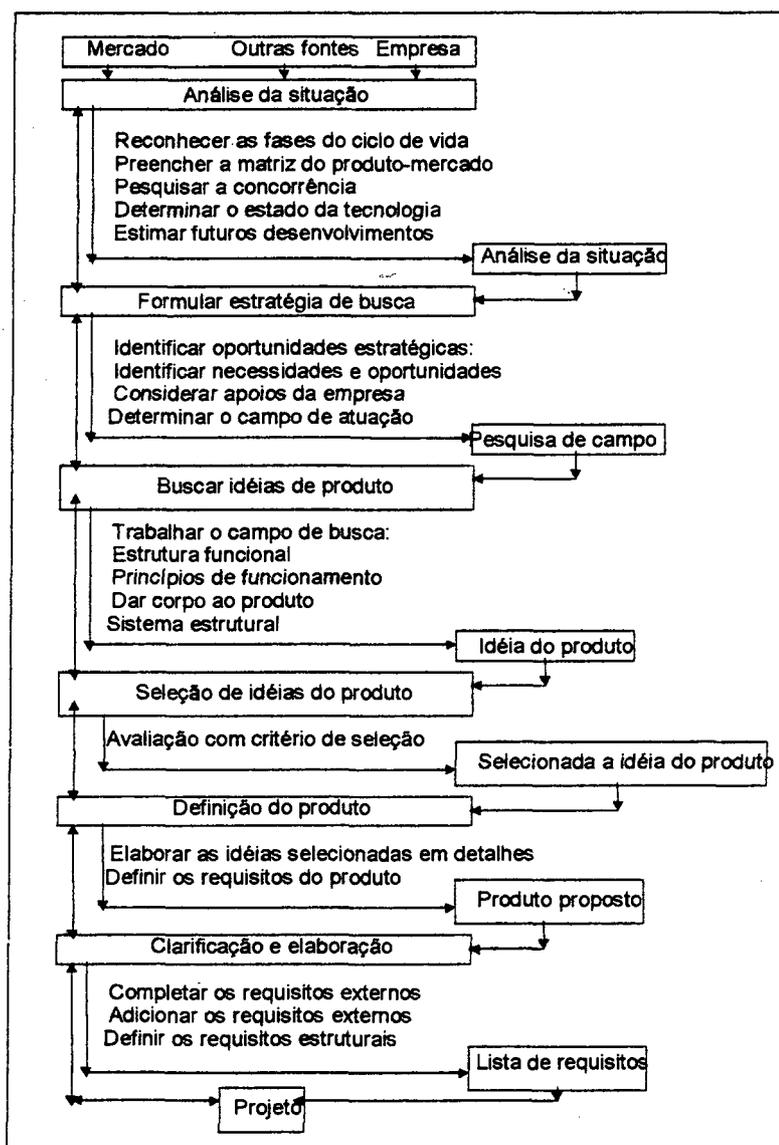


Fig.2.4. Metodologia de início do projeto. [Pahl, G. e Beitz, W. 1996].

Os autores propõem uma metodologia de abordagem, que na realidade é uma mistura de atividades das equipes de marketing, planejamento e projeto. A proposta está dividida em sete etapas diferenciadas, onde as quatro primeiras são claramente tarefas da equipe de marketing

misturadas com técnicas de planejamento e análises técnico-econômicas. É importante constatar que o trabalho de definição inicial do produto feito pelo pessoal de marketing, deve ser apoiado pelo pessoal da área de projeto, pois a “idéia do produto”, anterior às fases de projeto, leva implícita as tarefas de “análise funcional”, “princípios de solução” entre outras, segundo proposto na figura 2.4.

Tal como exposta, a seqüência visa integrar atividades próximas, como a de início do projeto propriamente dito com a fase prévia de análise de mercado do novo produto, porém, direcionada a empresas com elevados níveis de recursos.

Sobre a elaboração da lista de requisitos, os autores recomendam consultar uma tabela de dezesseis itens, que na realidade é uma mistura de atributos das fases do ciclo de vida com fatores geométricos e de funcionamento, baseada na qual, deve ser elaborada a mencionada lista. A razão exposta é que devem ser eliminados todos os procedimentos complicados para elaborar as especificações de projeto.

Segundo os autores, os projetistas têm que desenvolver um sentido de síntese, que por outro lado implica numa grande responsabilidade, por depender somente das características dos integrantes da equipe de projeto.

O processo de projeto propriamente dito, se inicia na sexta etapa, correspondente à “clarificação e elaboração da lista de requisitos”.

Existe uma outra obra sobre a qual é importante realizar uma revisão geral [Roozemburg, N. F. M e Eckels, J. 1995], pois seus autores são pesquisadores reconhecidos e têm exposto, em diferentes eventos internacionais, trabalhos sobre métodos de elaboração das especificações de projeto. Na obra dedicam todo um capítulo à análise da elaboração das especificações, expondo e analisando três formas de elaborar as referidas especificações de projeto:

- A elaboração levando em conta as necessidades e requisitos dos que denominam “stakeholders”, que pode-se traduzir como “os interessados, ou envolvidos” no projeto;
- A elaboração das necessidades e requisitos em cada fase do ciclo de vida e
- A elaboração segundo a casa da qualidade.

Nos dois primeiros casos recomendam usar a “check-list”, uma vez definidos “os interessados, ou envolvidos”, no primeiro caso, ou nas etapas do ciclo de vida, no segundo, obtendo diretamente as especificações de projeto. No terceiro caso, o procedimento com a casa da qualidade, se efetua levando em conta os critérios dos clientes e usuários, na maneira tradicional de consulta através de questionários. Entende-se que os três métodos são complementares e que uma adequada elaboração das especificações de projeto, deve levar em

conta as possibilidades que oferecem os três métodos e que seria proveitoso simplificar e normalizar, numa forma comum a todos os produtos, o “check-list” utilizado.

Com relação à publicação de artigos sobre o início do processo de elaboração das especificações, será apresentado um resumo das publicações relevantes mais atuais.

Na Suécia [Kaulio, M. et al. 1995] apresentaram uma pesquisa sobre o que denominaram de “Products Requirements Engineering” (PRE), ou seja, engenharia dos requisitos de projeto. O trabalho expõe o estado da arte referente ao uso de ferramentas para abordar a fase inicial do projeto. Os autores tratam as especificações de projeto como “a ponte entre consumidores e desenvolvedores dos produtos”, propondo a casa da qualidade como o principal método estruturado até o presente para guiar o processo nesta fase, embora alertem sobre a pouca precisão deste método para apoiar as etapas prévias de captação de necessidades junto a clientes e usuários.

O trabalho expõe, numa compilação sobre técnicas e métodos utilizados nesta fase inicial, um guia para auxiliar as empresas no trabalho de uso dos procedimentos no início do processo, além de uma pesquisa sobre a aplicação destes métodos na indústria sueca. No artigo, os autores propõem uma estrutura de meios e métodos, para a “Product Requirements Engineering” (PRE) e assim concentrar os esforços na fase inicial do projeto de produtos. São abordados, em detalhes, os melhores métodos de coleta de dados no início do projeto, os meios de obter as necessidades na fase inicial, assim como exemplos de aplicação destes meios, tudo exposto através de tabelas e gráficos. Finalmente o trabalho detalha os resultados de uma pesquisa realizada em várias empresas na Suécia, expondo os resultados em um diagrama de Pareto, ressaltando o fato da maioria das empresas, usar pouco ou quase nada os métodos para a primeira fase do processo de projeto.

O trabalho conclui com uma discussão das dificuldades para usar os métodos existentes e a necessidade de aprofundar nas pesquisas na fase de início do projeto, como forma de apoiar à indústria no trabalho de desenvolvimento.

[Stauffer, L. e Morris, L. 1993], por outro lado, elaboraram uma pesquisa centrada no usuário direto do produto, pois consideram que a técnica da casa da qualidade não apoia o trabalho de captação de necessidades na fonte. A primeira parte da pesquisa se baseou no estabelecimento do que denominaram “eliciting knowledge” (ELK), ou seja, um guia para como as necessidades (dos usuários diretos somente) devem ser detectadas. Neste sentido, tomaram como base as expectativas destes usuários diretos e confeccionaram uma denominada “taxinomia” sobre os requisitos dos usuários. Estes requisitos foram agrupados em três

categorias básicas: “ciclo de vida”, “interação homem-máquina” e “econômica”. Cada categoria foi desdobrada em elementos mais simples, como “função”, “estética”, “ergonomia”, etc.; estas, por sua vez, foram novamente desdobradas em seus componentes básicos. Esta parte da pesquisa foi realizada visando sistematizar os requisitos dos usuários diretos, em alguma das categorias da “taxinomia” criada.

A segunda parte da pesquisa foi um estudo piloto, efetuado com 6 participantes em 10 sessões, que determinaram a efetividade dos requisitos selecionados na categoria “ergonomia”, (da “taxinomia” antes criada) para, posteriormente, elaborar e testar um sistema especialista, denominado MOOSE, usando os resultados obtidos antes.

O MOOSE usa dois tipos de “FRAMES”; um deles usado para armazenar as necessidades e inclui alguns requisitos de projeto que potencialmente poderiam satisfazê-las. O outro tipo de FRAME serve para armazenar somente os requisitos de projeto, com campos específicos para: “porque”, “fonte de origem”, “concorrência”, assim como as necessidades que potencialmente poderiam ser satisfeitas com o requisito armazenado.

O sistema foi testado na avaliação do “*display*” de uma máquina impressora a laser; para cada necessidade, no primeiro tipo de FRAME, foram listados (pelo sistema) os potenciais requisitos de projeto que o satisfariam. O sistema vincula este FRAME inicial, com aquele FRAME do outro tipo, que contenha algum dos requisitos de projeto listados pelo sistema. O projetista decide, então, qual deles é o requisito (ou os requisitos) que passará a ser considerado como especificação de projeto que preenche as necessidades originais.

Na realidade os FRAMES são uma das várias técnicas da Inteligência Artificial e através deles, quer-se representar o conhecimento que relaciona necessidades com requisitos de projeto, visando uma tomada de decisões. De alguma maneira, num enfoque mais amplo, é uma variante, mais desenvolvida e de utilidade direta, da avaliação das necessidades versus requisitos de projeto realizada na casa da qualidade, visando, em ambos os casos, definir os requisitos de projeto que preenchem (ou solucionem) o problema que geraram aquelas necessidades.

Os pesquisadores concluíram em duas direções: desenvolver ainda mais o sistema especialista e ampliar a experiência a outros tipos de usuários existentes na primeira fase do projeto. O problema principal do trabalho analisado é a pouca abrangência, estando restrito somente ao uso do produto e ao usuário direto do produto e não a uma filosofia de abordagem.

No Brasil, têm-se propostos alguns trabalhos na área de teoria e metodologia de projetos, destacando-se os seguintes:

Em [Fiod Neto, M. 1993] propõe-se um sistema computacional que também apoia a fase de início do projeto, incluindo um módulo no qual aparecem, em forma classificada, dezoito tipos de requisitos, que são desdobrados em uma grande quantidade de itens imprescindíveis, que servem para gerar a “lista de especificações”. O trabalho é de utilidade para definir os critérios de classificação dos tipos de requisitos. Por outro lado, o autor recomenda o uso da técnica de “check-list” na elaboração das especificações de projeto, embora reconheça a possibilidade do uso da casa da qualidade para gerar a “lista de especificações”.

Existe uma outra proposta de sistema computacional de apoio à elaboração das duas primeiras fases do projeto [Ogliari, A. 1999], direcionado a um tipo específico de aplicação. O sistema contém 5 módulos, o primeiro dos quais é usado para captar as necessidades do projeto usando questionários estruturados e o segundo auxilia na geração dos “requisitos de projeto” usando a casa da qualidade; com esta finalidade, foi desenvolvido um *software* simples, tomado como base para a elaboração computacional do presente trabalho.

2.6.- Conclusões.

Os trabalhos analisados dão uma visão do estado da arte na área da metodologia de projeto, da estrutura constitutiva dos produtos industriais e da fase de início do processo de projeto, incluindo o estudo das necessidades e obtenção das especificações de projeto.

Nota-se uma tendência na hierarquização da fase de início do projeto, com crescente número de propostas direcionadas a obter as especificações de projeto. A técnica da “chek-list” vai dando lugar a métodos mais elaborados, como a denominada matriz de Roth, que introduz um conceito importante no início do projeto, o “ciclo de vida do produto” e a técnica da casa da qualidade, que leva em conta duas categorias importantes para o conhecimento do processo de projeto nesta fase: as categorias necessidade e requisito de projeto.

Mesmo com o avanço obtido na identificação desta fase inicial como uma fase importante no processo geral de projeto (passando a ser considerada na literatura atualizada, hierarquicamente igualada às fases de projeto conceitual, preliminar e detalhado), pouco se tem publicado no sentido do conhecimento dos processos internos inerentes à fase analisada, dando-se mais ênfase aos aspectos dos procedimentos práticos para obter as especificações que aos aspectos do conhecimento do que acontece dentro da fase.

Um aspecto principal a ser criticado é fator comum dos trabalhos analisados: a primeira fase do projeto não é enfocada como um processo integral de análise, em nível de informações, do produto que vai ser projetado. Entende-se que:

O processo de preparação das especificações de projeto, deve ser focado como um verdadeiro processo de projeto, onde o produto que está sendo projetado é um produto especial, denominado “especificações de projeto”.

Os diversos autores referem-se à fase sob análise como de “estudo preparatório”, “clarificação da tarefa”, “preparação das especificações”, não sendo focado como o processo informativo inicial sobre o produto e, portanto, como a atividade de “projetar” as bases informativas do projeto, definindo desde o seu desenvolvimento até o descarte.

O processo de projeto é descrito na literatura consultada como um processo de transformação de informações [Back, N. 1983], [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988], entre outros. Destaca-se a fase inicial como a principal responsável pela captação da maioria da informação externa ao projeto, pelo que propõe-se denominar esta primeira fase do processo de projeto como fase de **projeto informacional**, consistente num desdobramento sucessivo das informações de entrada, na forma de necessidades, até serem convertidas em especificações de projeto.

Um problema não resolvido, relacionado ao uso da casa da qualidade, é a pouca informação sobre como guiar, captar e processar as necessidades de clientes e usuários. Os trabalhos se concentram na parte operativa da casa da qualidade e em algumas técnicas para obter os critérios dos usuários diretos, mas, acerca do como obter e definir as necessidades úteis ao projeto, pouco tem-se publicado.

Não existe um estudo adequado sobre as categorias de informação relevantes existentes na fase sob análise, sobre sua identificação e sobre como processá-las, manuseá-las e transformá-las em dados úteis ao projeto. Este aspecto, que é a base teórica para a posterior sistematização do trabalho na fase analisada, não é abordado pela literatura.

Não se especificam os métodos a serem usados no caso de usar a casa da qualidade para gerar as especificações de projeto de produtos novos (que estão ainda na sua fase de início) sem que se tenha construído previamente um protótipo físico de comparação e análise.

Não existe um guia adequado de como converter necessidades em requisitos de projeto quando é usada a casa da qualidade. O procedimento é claro uma vez que se têm necessidades e requisitos de projetos prontos, mas nada se fala de como tratar ou gerar os mesmos partindo das necessidades brutas, assim como a relação causal entre eles.

Não existe uma terminologia que caracterize os diferentes elementos envolvidos, os que devem ser adequadamente identificados, caracterizados e normalizados. No capítulo seguinte, será proposta uma terminologia básica para o tratamento padronizado dos elementos que compõem esta fase, num ambiente geral de desenvolvimento de produtos.

"A mera formulação de um problema é, freqüentemente, muito mais essencial do que a sua solução"

Einstein, A. citado em [Simonsen, D.R. 1990]

CAPÍTULO III

AS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO NO CONTEXTO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: TERMINOLOGIA E DEFINIÇÕES.

3.1.- O processo de desenvolvimento de produtos.

A fase de projeto informacional está inserida num processo mais amplo: o processo de projeto. Este processo, por sua vez, forma parte de um processo mais geral: conhecido como o **processo de desenvolvimento de produtos**.

O desenvolvimento de produtos é o conjunto de atividades voltadas ao projeto, produção e lançamento de produtos industriais, atendendo às condições do mercado, abrangendo desde a definição primária do produto, segundo captado dos clientes e usuários potenciais, até a sua incorporação plena no mercado.

A atividade de projeto é das mais importantes dentro do processo de desenvolvimento de produtos, mas não é a única. Os especialistas encarregados de executar as tarefas iniciais são os especialistas de marketing, em geral pertencentes a outro departamento da empresa que possui características próprias.

Estes especialistas são responsáveis também pelo lançamento dos produtos no mercado, usando diversos métodos de promoção, através da mídia e da comunicação visual. Este contato com o mercado permite captar as preferências e tendências dos consumidores que servirão de base para planejar novos lançamentos.

A pesquisa de mercado parte de uma informação mínima sobre as características do produto que vai ser projetado, ganhando conhecimento sobre o mesmo na medida que se vai conformando a idéia do novo produto, até entregar ao departamento de projetos, uma "idéia do produto" a ser projetado, na forma de problema de projeto.

O projeto é executado, na atualidade, visando acelerar as definições nas etapas iniciais do processo, com o objetivo de minimizar o tempo até o lançamento do produto. Por esta razão tem-

se introduzido a denominada “engenharia simultânea” [Smith, R. 1997], que implica na participação, na equipe de projeto, de especialistas das áreas que desenvolvem o produto, (pessoal de marketing, manutenção, fabricação entre outros) que colaboram desde o início, tomando parte nas decisões, otimizando o produto.

Como base dos trabalhos que foram desenvolvidos na elaboração da tese, se estabeleceu o seguinte princípio: (no contexto do processo de projeto) as diversas atividades desenvolvidas na fase inicial do processo de projeto, serão executadas, partindo do estabelecimento de um determinado problema de projeto.

Como a fase de projeto informacional está inserida entre a atividade de pesquisa inicial de mercado e as atividades posteriores de projeto, é necessário estabelecer uma terminologia comum para o trabalho na fase inicial do processo de projeto.

3.2.- Terminologia e definições básicas propostas para o trabalho de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais.

Antes de abordar o trabalho de padronização da terminologia, entende-se ser importante estabelecer as definições dos elementos básicos que serão usados na tese, segundo a pesquisa bibliográfica realizada.

A metodologia é freqüentemente confundida com método e este, por sua vez, com técnica. A confusão dos termos deve ser aclarada. É com esta ótica que se expõe os conceitos a seguir:

METODOLOGIA: “*Esfera da ciência que estuda os métodos gerais e particulares das investigações científicas, assim como os princípios para abordar diferentes tipos de objetos da realidade e as distintas classes de teorias científicas*”, [Vários autores, 1978].

A metodologia permite abordar o objeto projeto; é o estabelecimento dos **que, quando, com que e como**. Daqui se depreende que a metodologia de projeto abarca o estudo de todos os mecanismos que facilitam, sistematicamente, a abordagem do projeto

MÉTODO: “(Do grego *METHODOS*, *via, procedimento para conhecer, investigar*). *Procedimento para a ação prática e teórica do homem que se orienta no sentido de assimilar um objeto*”, [Vários autores, 1978].

Da definição chega-se à conclusão de que o método é o **como**; considera os procedimentos mais adequados para alcançar os objetivos propostos, na área de projeto.

TÉCNICA: “(Do grego *TECHNÉ*, *maestria, arte*). *Sistema de objetos criados pelo homem e que são indispensáveis para a realização de sua atividade*”, [Vários autores, 1978].

A conclusão é que os modelos e ferramentas de trabalho desenvolvidos para o trabalho na atividade de projeto, são técnicas; são os com que.

MODELO: “*Símil do mundo real levado ao esquema simplificado, que representa as propriedades e condições relevantes de um fenômeno objetivo, próprio para ser submetido à análise*”, [Vários autores, 1978].

Os engenheiros e os cientistas estão fortemente relacionados aos modelos na simulação e explicação do mundo real.

FERRAMENTA: “*Objeto ou sistema de objetos, utilizados pelos seres vivos, visando determinada finalidade*”, [Vários autores, 1978].

Note-se que as ferramentas não são exclusivas do ser humano, porém, é o homem que melhor e mais eficientemente as tem usado para obter os fins que persegue.

Depois de expostas as considerações anteriores, passa-se a tratar da terminologia e da padronização da nomenclatura. O trabalho de terminologia abrange três aspectos, que são tratados na literatura especializada em forma diversa, sem qualquer padronização.

Em primeiro lugar, a proposta organizacional referida à seqüência metodológica trata sobre a terminologia a ser adotada para definir o que são passos, tarefas, etapas, ou fases, em que será dividida a atividade de projeto.

Em segundo lugar, as categorias do pessoal envolvido na fase de início do processo de projeto, onde clientes, usuários e consumidores são denominados indistintamente.

Em terceiro lugar, as categorias necessidades, requisitos e especificações, que são parte importante na base teórica do trabalho dentro da fase de início do processo de projeto e não estão claramente definidos na literatura especializada.

3.2.1.- Proposta de terminologia na denominação das divisões do processo de projeto.

Propõe-se denominar como **fases** aquelas divisões da seqüência metodológica geral; cada fase por sua vez, terá que ser subdividida em **etapas**, e cada etapa, terá a sua divisão em **tarefas**, estas compostas por vários **passos**. Desta forma, a seqüência metodológica geral de projeto passará ter várias fases, cada uma das quais terão várias etapas e estas pela sua vez, terão várias

tarefas que poderão conter vários passos. Desta maneira, o escopo do presente trabalho será objetivado sobre uma **fase**, a que dá início ao processo de projeto.

O nome da fase, decidido para designar uma parte do processo de projeto, não deve ser confundido com outra partição efetuada, como no caso no ciclo de vida do produto. O ciclo de vida do produto pode ser definido como as sucessivas fases pelas quais o produto atravessa desde a análise de marketing inicial definido o produto até o descarte. A literatura sobre o ciclo de vida reconhece com o nome, também de fase, às sucessivas divisões em que está dividido o mencionado ciclo. A seguir, deve-se tomar cuidado para não confundir os termos relativos às fases do processo de projeto ou, às fases do ciclo de vida.

3.2.2.- Definição das categorias e da denominação do pessoal que participa no desenvolvimento dos produtos industriais.

A literatura consultada não é clara sobre a terminologia a ser usada para designar o pessoal envolvido na fase de projeto informacional, fundamentalmente devido ao fato de ser literatura em idioma estrangeiro sem qualquer padronização. A literatura em português consultada, também não enfatiza a padronização na terminologia utilizada.

As denominações mais utilizadas para identificar os participantes, diretos e indiretos, durante o processo de projeto e desenvolvimento dos produtos industriais, são quatro:

Cliente;

Usuário;

Comprador e

Consumidor.

A denominação de comprador é referida ao pessoal que realiza compras e não precisa ser padronizada, ela está definida pela conotação da própria palavra. Podem existir compradores-usuários, compradores não usuários ou compradores-comerciantes, mas, de qualquer forma, esta categoria sempre estará englobada em outras categorias padronizadas definidas mais adiante.

A denominação de consumidor é referida ao pessoal dos setores de consumo e tem uma conotação mais ampla. É uma categoria muito usada na literatura relacionada ao mercado. Englobam-se no termo consumidor, tanto usuários, como compradores, todos pertencentes ao setor de consumo. Do ponto de vista do projeto, outras categorias, como a de usuário, é mais vinculada ao mundo dos objetos, pelo qual, a categoria consumidor, representativa de todos os integrantes do setor de consumo, também não será padronizada.

Os termos mais usados normalmente nos ambientes de projeto são os de **cliente** e **usuário**. Sendo assim, ao ordenar a terminologia, torna-se necessário adotar aqueles termos que menos dúvidas possam ocasionar (mesmo porque englobam os anteriores).

Visando um consenso, propõe-se as seguintes definições:

CLIENTE: Pessoa ou instituição que precisa de bens ou serviços relacionados ao projeto. Os clientes, normalmente, estabelecem relações com os parceiros.

USUÁRIO: Pessoa ou instituição relacionada ao produto, direta ou indiretamente. Os usuários atuam sobre o produto, posteriormente ao projeto.

Para os objetivos desta tese devem ser usados os termos anteriores durante o desenvolvimento de produtos, padronizando assim um mínimo de termos relacionados ao processo; por esta razão, durante o projeto, trabalhar-se-á normalmente com o termo:

CLIENTE, como categoria fundamental de pessoa ou instituição associada ao projeto.

Visto o anterior, passa-se a identificar, dentro da categoria de cliente, aquelas que serão usadas durante os trabalhos de projeto, como de:

Cliente interno;

Cliente externo e

Cliente intermediário.

Estas três categorias de clientes coincidem com a proposta contida em [Juran, J. 1991], mas as mesmas não estão restritas ao contexto de uma empresa específica (como na proposta do autor mencionado), mas, ao entorno empresarial em geral, mais abrangente. As categorias são definidas como:

- Será denominado *Cliente interno*, todo o pessoal ou instituição relacionada ao desenvolvimento do produto que pertença aos setores produtivos (atividades que agregam valor), seja dentro ou fora da empresa onde é executado o projeto.

É o caso do pessoal de marketing, dos projetistas, dos fabricantes, montadores, transportadores e do pessoal de armazenamento.

- Será denominado como *Cliente externo*, todo o pessoal ou instituição relacionada ao desenvolvimento do produto e que pertençam aos setores de consumo.

É o caso dos usuários diretos e indiretos do produto, do pessoal de manutenção, desativação, reciclagem e descarte.

- Será denominado como *Cliente intermediário*, todo pessoal ou instituição relacionado ao desenvolvimento do produto, pertencente aos setores do mercado.

É o caso dos comerciantes atacadistas, varejistas, dos vendedores e compradores de todo tipo.

Existe um outro termo importante, identificado no projeto informacional e vinculado à pessoa física ou jurídica que ordena a confecção do projeto. Nestes casos, o projeto é executado partindo de definições procedentes do ambiente externo da empresa onde está estruturada a equipe de projeto (projeto executado por encargo); é o caso de escritórios de projeto independentes, que normalmente trabalham para terceiros. Nestes casos, propõe-se:

Promotor: como a pessoa física ou jurídica, que encarrega a execução do projeto.

Posteriormente, no próprio trabalho, ao analisar integralmente o processo de desenvolvimento de produtos, tanto as categorias expostas como a definição dos setores de produção, mercado e consumo, todos estreitamente vinculados ao ciclo de vida do produto, terão os seus conteúdos convenientemente ampliados, definidos e exemplificados.

3.2.3.- Definição dos termos necessidades, requisitos e especificações.

Com a finalidade de definir as categorias de informação relevantes da fase inicial, abordar-se-ão os conceitos que conformarão a coluna principal do trabalho.

3.2.3.1.- Necessidades.

Embora o conceito de necessidade seja de importância extrema para a primeira fase do projeto, uma definição simples é difícil, como foi amplamente analisado no capítulo II. As necessidades, para os objetivos do trabalho de projeto, serão consideradas como:

Aquelas expressões espontâneas dos usuários potenciais dos produtos, ou das distintas categorias de clientes, relacionadas com o projeto ou com o produto.

A necessidade, como expressão espontânea (na forma de desejos) dos clientes internos, externos e intermediários, implica num conceito amplo, que vai desde expressões confusas e ambíguas, até frases diretas, com fundamento técnico específico.

3.2.3.2.- Requisitos.

Um requisito é, segundo o dicionário AURELIO [Buarque, D. H. A. 1996]:

- ***Requisito: condição necessária para a obtenção de um objetivo, ou para o preenchimento de certo fim.***

Para a fase sob análise, o *requisito* será a condição para a satisfação de um ou mais objetivos de projeto. Na presente proposta o requisito sempre estará associado a um substantivo; se satisfaz necessidades, será denominado *requisito de usuário*; se é uma característica física do produto visando à solução de projeto, será denominado *requisito de projeto*.

Propõe-se denominar como:

***requisito de usuário** aquela primeira tradução das necessidades brutas obtidas dos diferentes tipos de clientes ou usuários, levadas a uma linguagem compreensível para projetistas e produtores.*

A proposta de definição reflete o fato de associar o requisito de usuário aos usuários ou consumidores do produto que está sendo projetado.

***requisitos de projeto**, são aquelas características técnico-físicas mensuráveis, que o produto deve ter para satisfazer os requisitos de usuário anteriores.*

A proposta de definição reflete o fato de associar o requisito de projeto aos entes físicos do produto, mais que a fatores subjetivos dos usuários.

Os requisitos de usuário terão que ser convertidos em requisitos de projeto, vinculando os desejos e necessidades de clientes e usuários às características técnicas, formais, de funcionamento, de uso, entre outras, do produto que vai ser projetado. Os requisitos de projeto devem ser expressões curtas das características físicas que possam ser adequadamente mensuradas. Um requisito de usuário tem de gerar, ao menos, um requisito de projeto, podendo gerar mais de um, dependendo do trabalho em execução.

3.2.3.3.- Especificações.

Segundo o dicionário AURÉLIO [Buarque, D.H.A. 1996]

- **Especificação: “ato de especificar; discriminação”.**

Será usado o termo “especificação de projeto” no sentido de especificar ou discriminar o que vai ser projetado durante o processo que se inicia.

Quadro 3.1.-Categorias de informação na fase de projeto informacional.

Categoria de informação	Significado
Necessidade	Declaração direta de usuário ou clientes
Requisito de usuário	Necessidade, levada à linguagem de projeto
Requisito de projeto	Requisito mensurável, aceito para o projeto
Especificação de projeto	Requisito de projeto, convenientemente especificado

A literatura existente sobre o tema designa indistintamente o termo aqui definido como especificações de projeto substituindo-o pelo termo “requisitos de projeto”, “lista de requisitos”, “requisitos técnicos” ou simplesmente “requisitos”. Na realidade estas denominações designam o

resultado final da fase de início do projeto tentando um direcionamento, na forma de bases, que orientem os projetistas na execução do projeto.

No quadro 3.1, tem-se a proposta de categorias de informação relevantes a serem levadas em conta durante o projeto informacional.

3.3.- O projeto como sistema de transformação de informação.

O projeto é considerado como um sistema que transforma informações [Back, N. 1983], incrementando a qualidade da informação de entrada, na medida que são efetuados os trabalhos durante o processo de projeto, tornando-a uma informação mais valiosa e processada durante as ações de projeto. [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988] esquematizam a transformação de informações, através de quatro sub-sistemas trabalhando conjuntamente, segundo o esquema da figura 3.1.

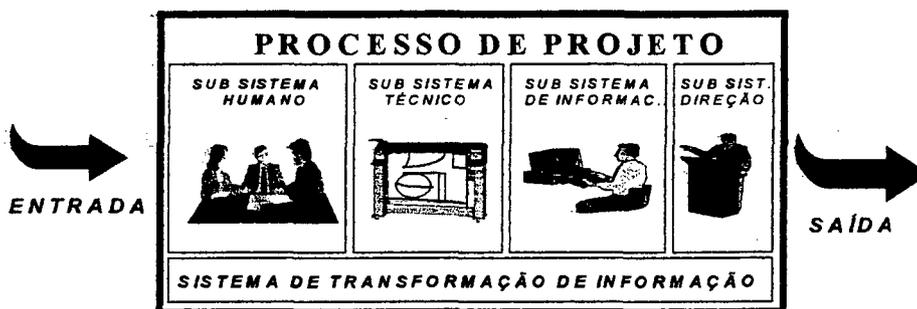


Fig. 3. 1.- Processo de projeto como transformação de informações. Figura adaptada de [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988].

As especificações de projeto são informações básicas para fases posteriores do processo, mas, que devem ser previamente trabalhadas partindo de informações iniciais brutas.

O projeto se inicia com um problema de projeto que implica num grupo de necessidades (estabelecidas ou não explicitamente no dito problema); a equipe de projeto inicia então, o processo de levantamento de outras necessidades envolvidas no problema sob análise, visando detectar todas as necessidades associadas ao produto sob análise.

O projeto informacional é executado para transformar a informação de entrada em especificações de projeto. Estas especificações se constituirão no guia dos trabalhos nas fases posteriores do processo de projeto, razão pela qual a sua obtenção implica numa responsabilidade para o sucesso do projeto no seu conjunto. O projeto informacional, inserido no processo geral de projeto, é esquematizado na figura 3.2.

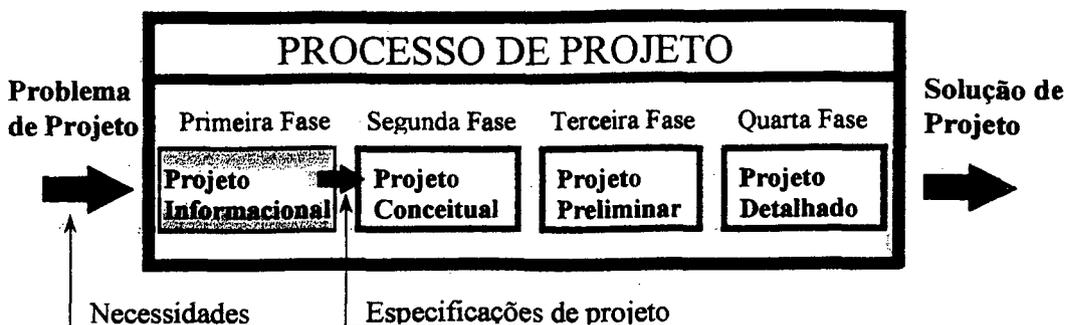


Fig. 3.2.- Processo geral de projeto.

Para uma adequada estruturação do projeto informacional, consideram-se quatro categorias de informação como categorias relevantes realmente existentes no processo: as necessidades, os requisitos de usuário, os requisitos de projeto e as especificações de projeto. Os requisitos de usuário, como a tradução das necessidades brutas à linguagem dos projetistas, é uma proposta nova de categoria, realmente existente dentro da fase, decorrente da análise seguinte:

O projeto informacional trabalha com informações que têm origem em necessidades externas à equipe de projeto; as necessidades, como se tem analisado no capítulo II, podem ser entendidas de maneiras diversas e de forma que podem induzir opiniões diferentes, ou ainda, de forma confusa. Isto significa que toda necessidade bruta (seja na forma escrita ou falada) deve ser submetida a uma análise de significado. Isto implica numa procura por consenso da equipe de projeto sobre o significado do que se expõe na necessidade.

Esta análise de significado tem como resultado o que se denomina requisito de usuário, que não é mais do que a necessidade bruta expressa em forma padronizada, de maneira que possa ser entendida, consensualmente e sem dúvidas, pela equipe de projeto.

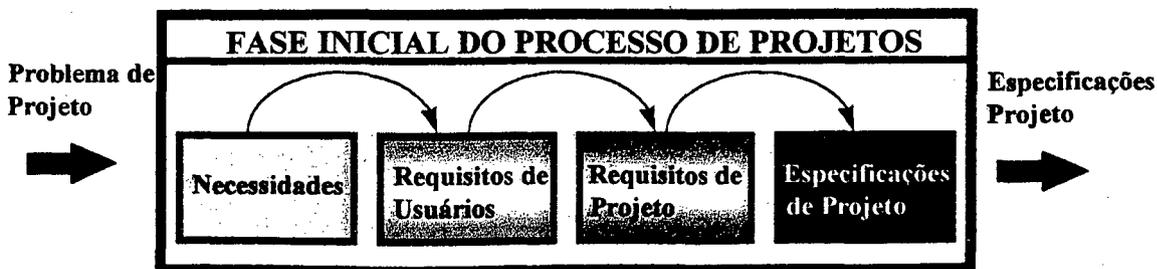


Fig. 3.3.- Transformações das informações dentro da 1ª fase do processo de projeto.

A fase de projeto informacional, como processo de transformação de informações, consiste num desdobramento das necessidades de entrada, que são transformadas em requisitos

de usuário primeiramente, em requisitos de projeto após e, finalmente, em especificações de projeto, segundo proposto na figura 3.3.

Um outro enfoque, que se entende complementar ao abordado anteriormente, aparece em [Suh, N. 1990], onde o processo de projeto é proposto como um mapeamento transformador de informações baseado em axiomas, entre o espaço das especificações funcionais e o espaço físico (visando satisfazer as especificações) segundo a figura 3.4.

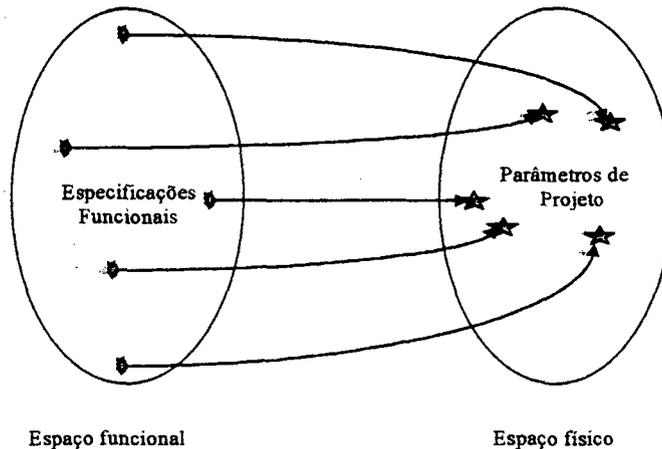


Fig. 3.4.- Processo de projeto segundo [Suh, N. 1990].

Na figura 3.4, a transformação é muito significativa, pois vai desde as especificações até a solução física no produto; porém, é evidente que o processo real é conformado por transformações menores entre domínios mais próximos, como proposto na figura 3.5, onde aparecem aspectos relevantes do projeto informacional, contidos num espaço semântico.

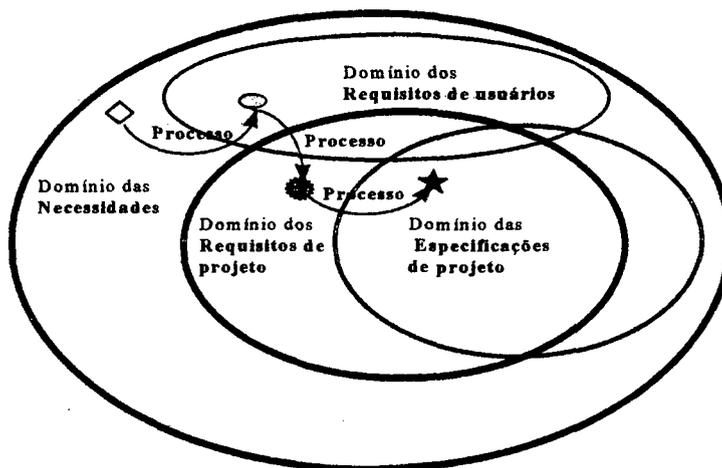


Fig. 3.5.- Transformações dentro da fase de projeto informacional.

Na figura 3.5 é exposta a relação que existe entre os domínios dos diferentes conjuntos onde estão contidas as quatro categorias de informação definidas durante o projeto informacional. No conjunto da categoria necessidade estão contidos os conjuntos das outras três categorias definidas, significando que as especificações de projeto, os requisitos de projeto e os requisitos de usuário, são tipos diferentes de necessidades, contidas em subconjuntos do mencionado conjunto maior.

Assim, os conjuntos onde estão contidas as categorias de requisitos de usuário, requisitos de projeto e especificações de projeto, têm zonas comuns, significando a equivalência entre eles nas zonas de sobreposição. A figura 3.5 esquematiza a transformação da informação (semântica) da fase de projeto informacional, onde as necessidades são transformadas em requisitos de usuários, estes em requisitos de projeto e estes últimos, finalmente, em especificações de projeto; a figura é uma alternativa (complementar) da figura 3.4.

Entende-se nesta pesquisa, que as quatro categorias propostas representam as informações relevantes, realmente existentes no processo dentro da fase de projeto informacional; identificar, definir e categorizar as mesmas, reduz a dificuldade na transformação entre elas e facilita a sistematização do processo.

Entende-se também que os processos de transformação da informação, que aparecem como “saltos” nas figuras de 3.3 a 3.5, constituem a essência do processo de projeto informacional propriamente dito e que, a identificação das categorias de informações existentes, aumenta o conhecimento sobre o processo a ser sistematizado.

3.4.- Características das especificações de projeto de produtos industriais.

Entende-se que as especificações de projeto, sendo abordadas integralmente, têm cinco características importantes que devem ser definidas e analisadas, visando destacá-las como elementos fundamentais para o desenvolvimento dos trabalhos de projeto:

- **A característica constitutiva;**
- **A característica relativa ao tipo de especificação, que se denominará tipológica;**
- **A característica classificatória;**
- **As características desejáveis e**
- **A característica diretriz.**

3.4.1.- A característica *constitutiva*.

Esta característica diz respeito a como as especificações de projeto estão constituídas, identificando e diferenciando as mesmas das outras categorias de informação. A maior confusão,

normalmente decorre, ao denominar especificações de projeto o que na realidade são requisitos de projeto e vice versa.

As especificações de projeto são constituídas pelos requisitos de projeto com suas metas alvos, objetivos e restrições individuais, indispensáveis para o desenvolvimento do projeto, mais as metas, objetivos e restrições do projeto como um todo.

Os requisitos de projeto são os aspectos físicos e técnicos mensuráveis do produto, decorrentes do trabalho de projeto na fase inicial, como é o requisito de projeto: "cor clara" ou "peso leve".

A diferença entre requisito de projeto e especificação de projeto, está na definição, ou não, das metas, objetivos e restrições. Nas especificações de projeto, estas precisam ser definidas e nos requisitos de projeto não precisam ser definidos. Um requisito de projeto passa a ser uma especificação de projeto, quando tem definido suas próprias metas, objetivos e restrições.

As metas são os valores alvos, a serem definidos nas métricas associadas aos requisitos de projeto selecionados; podem estar contidos no problema de projeto ou, na maioria das vezes, devem ser definidos pelos projetistas, como por exemplo: "cor verde" ou "peso igual ou menor do que 2 quilogramas".

Os objetivos são definições importantes contidas no problema de projeto, ou a serem levantadas pela equipe de projeto, que expressam o que se procura com determinado requisito ou trabalho de projeto, como por exemplo: "a cor deve tender a tranquilizar os usuários" ou "o produto tem que ser carregado somente com uma mão".

As restrições são elementos de limitação impostos no problema de projeto, decididas pela equipe de projeto ou impostas por normas, tais como: "não usar tinta acrílica" ou "nunca maior do que 5 quilogramas".

3.4.2.- A característica tipológica.

Esta característica serve para definir os diferentes tipos de especificações de projeto. Estes tipos são:

- **Especificações obrigatórias;**

São especificações que sempre devem ser observadas e a equipe de projeto não pode mudá-las sem um consenso com a equipe de marketing que preparou o problema de projeto ou do promotor, tal como:

"o brinquedo é para crianças entre 8 e 10 anos".

- **Especificações aconselháveis;**

São especificações consideradas pela equipe de projeto como elemento de avaliação durante a etapa de seleção de alternativas, mas sem a necessidade de serem atendidas na sua totalidade, como por exemplo:

“o produto pode ser feito em madeira”.

- **Especificação guia de projeto, para direcionar as soluções de projeto;**

Este tipo de especificação serve para direcionar as soluções de projeto, como a especificação:

“o produto deve ter forma arredondada, sem arestas”.

- **Especificações-objetivos, metas ou restrições;**

As especificações-objetivos, metas ou restrições do produto como um todo existirão sempre, partindo da lista de requisitos com as metas, objetivos e restrições definidos para cada requisito, segundo foi analisado. Estas metas, objetivos e restrições, correspondem à filosofia do projeto e se referem ao empreendimento projeto como um todo. É o caso das especificações seguintes:

“o objetivo é reprojeter o produto X, existente no mercado” como especificação objetivo;

“o produto é para atingir o mercado de exportação”, para especificação meta e

“a máquina não pode ser usada por crianças” como especificação restritiva.

3.4.3.- A característica *classificatória*.

Esta característica propicia a classificação das especificações de projeto. Propõe-se que seja feita segundo o critério do que se denomina *atributos básicos do produto*, conceito que será exposto detalhadamente mais adiante, agrupando-as dentro das classificações seguintes:

Especificações de funcionamento;

Especificações de ergonomia;

Especificações de estética;

Especificações econômico/financeiras;

Especificações de segurança;

Especificações de confiabilidade;

Especificações legais;

Especificações de inovação/patenteabilidade;

Especificações da normalização;

Especificações de modularidade e

Especificações relativas ao impacto ambiental.

3.4.4.- As características *desejáveis*.

São aquelas características que todas as especificações de projeto deveriam ter, individual ou coletivamente. Segundo [Roozemburg, N. F. M. e Eckels, J. 1995] são as seguintes:

Validade: que sejam reais, objetivas e imutáveis, como: “*comprimento entre 1-1,2 metros*”.

Completeza: significa que devem definir todo o produto; se obtém listando os atributos básicos do produto (item anterior) com o qual se garante um conjunto completo de especificações.

Operacionalidade: fornece critérios de avaliação posterior para as soluções, como “*o produto deve ser o mais leve possível, sem exceder os 1000 quilogramas*”.

Não redundância: não devem existir critérios repetidos nem contraditórios.

Que sejam concisas: devem ser expressas em forma simples e direta como: “*o produto deve ser projetado e construído segundo o sistema de normas ISO*”.

Praticabilidade: que sejam possíveis de ser implementadas como: “*usar acionamento elétrico*”.

3.4.5.- A característica *diretriz*.

Esta característica trata da utilidade que a especificação de projeto deve ter, de apoiar o processo geral de desenvolvimento do produto.

Como exemplos de diretrizes que as especificações de projeto devem ter, são mostradas a seguir:

- **Orientar a busca adequada de soluções de projeto;**
- **Limitar o espaço das soluções prováveis;**
- **Estabelecer as metas específicas a serem atingidas;**
- **Proporcionar elementos para a seleção de alternativas;**
- **Facilitar o gerenciamento da atividade de projeto e**
- **Oferecer um guia para o controle da atividade de desenvolvimento.**

3.4.5.1.- *Direcionar as soluções de projeto.*

A utilidade fundamental das especificações de projeto, é dar ao grupo de projeto a base adequada para a continuidade do trabalho. Ao descrever o produto, as especificações demarcam o campo das soluções prováveis, sinalizando o projetista no sentido correto do trabalho. As especificações de projeto não definem as soluções de projeto, estas devem ser desenvolvidas durante o trabalho posterior, mas, representam um critério qualitativo de valor, quanto ao campo das soluções mais promissoras.

3.4.5.2.- *Limitar o espaço das soluções.*

As especificações de projeto devem conter aquelas limitações impostas por distintos fatores que intervêm na estruturação do produto, tais como forma, espaço físico, tecnologias disponíveis, entre outros. Também devem conter as limitações do trabalho de projeto, como

aquelas soluções descartadas pelos que definiram anteriormente o problema de projeto (promotor ou equipe de marketing) ou pela equipe de projeto.

3.4.5.3.- Estabelecimento das metas alvos em cada especificação.

Durante o projeto informacional, são estabelecidas as metas alvos a serem atingidas para cada requisito de projeto definido, visando transformá-lo em especificação de projeto.

Este trabalho é independente do estabelecimento das metas gerais para o produto como um todo, que inclui outros fatores como fabricação, logística, uso, descarte, entre outros.

As metas alvos estabelecidas não devem ser, de forma alguma, uma restrição para o trabalho criativo que será executado; eles servirão de base para a elaboração do projeto conceitual, preliminar e detalhado, guiam o dimensionamento do produto e apoiam o estabelecimento posterior das especificações finais do produto.

3.4.5.4.- Proporcionar elementos para a seleção de alternativas.

O trabalho de projeto é um trabalho de tomada contínua de decisões. A lista de especificações de projeto adequadamente classificadas, fornece os critérios de avaliação, através das especificações desejáveis, para a seleção das alternativas de projeto. Aquelas soluções alternativas que cumprem a totalidade das especificações obrigatórias, terá que ser decidida dentre aquelas que possuam a maioria das especificações desejáveis e assim por diante. Por outro lado, durante as atividades posteriores de testes do protótipo, preparação dos sistemas de fabricação, avaliações de mercado, entre outras, são as especificações de projeto, as que darão suporte e fundamento às decisões nestes casos.

3.4.5.5.- Facilitar o gerenciamento do projeto.

Em projetos complexos as especificações de projeto servem como elemento de divisão natural do trabalho e ainda, possibilitam uma distribuição das tarefas, entre os diversos especialistas, em fases adiantadas do próprio processo. Partindo da elaboração das especificações de projeto, pode-se estabelecer um planejamento para o trabalho, assim como uma distribuição dos recursos humanos e materiais disponíveis, apoiando o adequado gerenciamento do processo de projeto.

3.4.5.6.- Auxiliar o controle da atividade de desenvolvimento.

Como as especificações fornecem as bases para o trabalho de projeto, elas permitem conhecer se em alguma das fases, ou ainda durante as etapas posteriores (como protótipo, testes,

decisões para o lançamento do produto, entre outras) tem-se cometido desvios dos objetivos originais. Manter o desenvolvimento do produto nos trilhos originais é uma responsabilidade apoiada nas especificações de projeto. A importância das especificações de projeto, durante o processo posterior de desenvolvimento do produto, incluindo as diversas etapas do ciclo de vida, será posteriormente ressaltado.

Desta maneira, depois de focar as especificações de projeto nas suas múltiplas conotações, é evidente o papel relevante que as mesmas têm durante todo o processo de desenvolvimento do produto.

3.5.- Conclusões.

No capítulo ficou estabelecida a terminologia, tanto dos elementos metodológicos fundamentais, como dos especialistas não projetistas participantes do processo na fase sob análise. Ficou caracterizado o projeto como parte de um processo maior, o processo de desenvolvimento de produtos. Foi analisado o processo de projeto como precedido pelas atividades primárias de marketing, seguido das atividades de preparação da produção, produção, lançamento, venda, uso, funcionamento, entre outras.

Foram estabelecidos os conceitos básicos relativos à metodologia, métodos, técnicas, modelos e ferramenta, além de serem definidas e padronizadas as categorias relevantes de informação existentes dentro da fase. Estas categorias conformam a base para o desenvolvimento dos trabalhos dentro da fase de projeto informacional.

Foram adequadamente identificadas e estudadas as especificações de projeto nas suas características principais, vistas integralmente como a informação resultante do processo projetual executado no projeto informacional e nas suas diferentes conotações, como base principal do processo de projeto que se inicia.

As definições e propostas expostas são as bases sobre as que se elaborará a proposta de sistematizar a fase de projeto informacional; não é possível um trabalho sistematizado sem uma base de definições também adequadamente estabelecida, que possa servir de ponto de partida consensual para definir e configurar cada categoria envolvida no processo. O anterior, além de importante para o trabalho metodológico que se expõe, significa em propostas de terminologia e conceitos básicos que podem ser de utilidade para trabalhos posteriores de pesquisas, num campo onde não existe consenso, na língua portuguesa, sobre os conceitos e propostas expostas.

"Os projetistas não estão destruindo o planeta por estarem especificando os tipos errados de madeira de lei, mas por estarem encorajando os modos errados de vida.."

[Campbell, R. 1993]

CAPÍTULO IV

METODOLOGIA PARA A ELABORAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS

4.1.- Introdução.

Diferentes técnicas e métodos isolados, possíveis de serem aplicados em momentos diferentes do início do processo de projeto têm sido implementados segundo a revisão bibliográfica exposta no capítulo II, mas, não têm tido a abordagem integrada necessária para oferecer um guia sistemático na elaboração das especificações de projeto.

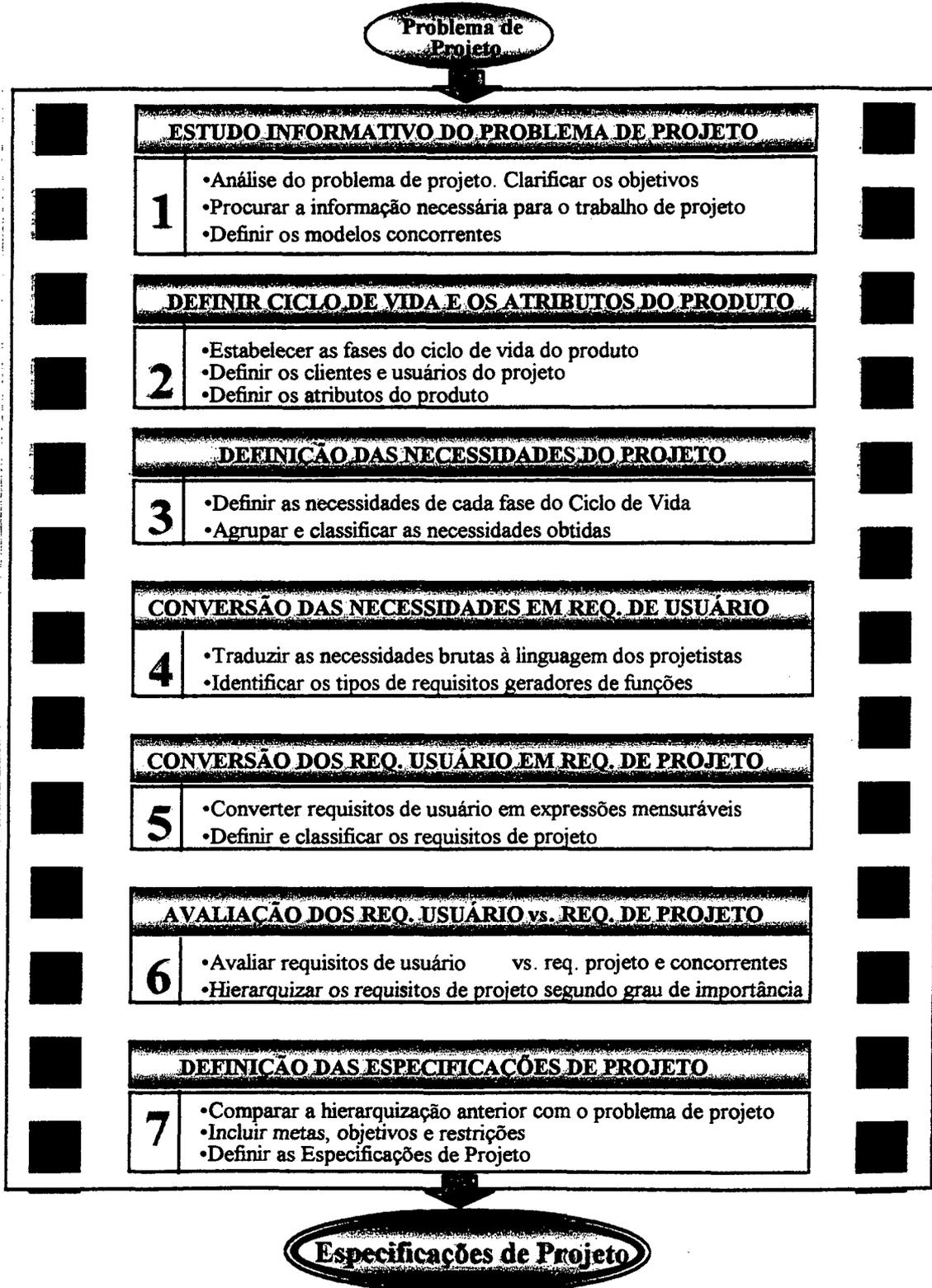
O projeto é um processo onde a experiência dos membros da equipe tem uma forte influência e onde os processos psicológicos e sociológicos têm um papel ainda não totalmente esclarecido. Isto se soma ao fato de tratar-se da fase inicial do processo, na qual existe pouca informação para o trabalho e onde a equipe de projeto precisa procurar, num ambiente externo do escritório de projeto, os elementos que permitirão o trabalho criativo. Provavelmente, pelo fato de tratar-se de uma fase onde o projeto ainda não tem forma, as ferramentas de trabalho ainda não foram desenvolvidas, sobretudo, no referente ao tratamento sistemático.

Tratar-se-á neste capítulo, da seqüência de passos estruturados, visando obter as especificações de projeto, partindo de um problema de projeto. O trabalho será focado tomando como base os resultados obtidos pelo autor, na sua dissertação de mestrado [Fonseca, A.J.H. 1996].

4.2.- Proposta de abordagem metodológica da fase de projeto informacional visando à obtenção das especificações de projeto de produtos industriais.

No quadro 4.1 aparece a seqüência proposta para a abordagem sistemática da obtenção das especificações de projeto, como objetivo principal da fase de projeto informacional; o quadro é um desenvolvimento da proposta original contida em [Fonseca, A.J.H. 1996].

Quadro 4.1. Sequência de etapas e tarefas para a obtenção das especificações de projeto.



Como a seqüência proposta se inicia com um problema de projeto determinado, passa-se a analisar, inicialmente, as características do dito problema.

4.3.- Estudo informativo do problema de projeto.

A primeira etapa é o estudo do problema de projeto. Serão analisadas as informações que devem ser coletadas visando complementar o dito problema. Inicia-se o trabalho de projeto com três tarefas:

4.3.1.-Análise do problema de projeto. Clarificar os objetivos.

Todo processo sistematizado se inicia com uma etapa obrigatória que consiste na familiarização com o problema que vai ser resolvido, procurando o maior volume de informação possível sobre o mesmo. Neste sentido, a equipe de projeto precisa levantar informações mínimas necessárias, expostas a seguir.

Na realidade, estas informações mínimas devem estar contidas no problema de projeto, porém, deve-se revisar o dito problema visando complementá-las. Os dados a serem levantados antes de iniciar o trabalho são:

- *Dados do estudo de marketing prévio (revisão do documento);*
- *Tipo de produto;*
- *Tipo de projeto;*
- *Volume planejado de fabricação;*
- *Desejos explícitos expostos no problema de projeto e*
- *Restrições do projeto ou do produto.*

4.3.1.1.- Dados do estudo de marketing prévio (revisão do documento).

Este estudo de marketing é a principal fonte de informação da equipe de projeto. É importante que a equipe de projeto tenha como norma de trabalho a elaboração de um documento interno que deve ser preenchido na entrada (início) de qualquer problema de projeto, denominado "ordem de projeto". O documento deve conter o mencionado problema, seja procedente da equipe de marketing ou procedente do ambiente externo.

A ordem de projeto deve conter informações importantes a serem levantadas junto ao promotor ou junto à equipe de marketing, preenchendo-os na presença deles, num primeiro contato de trabalho, indispensável para aclarar o problema.

Na ordem de projeto referida, devem aparecer, obrigatoriamente, os campos seguintes:

- **Objetivos;**
- **Metas;**
- **Restrições;**
- **Desejos explícitos e**
- **Descrição do problema de projeto.**

O documento deve conter o problema de projeto, na forma original em que foi definido. Em caso do documento não estar estruturado, a equipe de projeto redige este documento interno denominado ordem de projeto, com a descrição do problema, interagindo com os especialistas de marketing ou com o promotor do projeto, se for o caso.

4.3.1.2.- Tipo de produto.

Adotar uma classificação para os tipos de produtos é difícil, uma vez que existem muitas classificações para o universo dos produtos industriais produzidos; porém, é necessário adotar uma delas. De fato, produtos similares, têm similares ciclos de vida e atributos, razão pela qual, é um dado importante no processo. A classificação proposta aparece na figura 4.1.

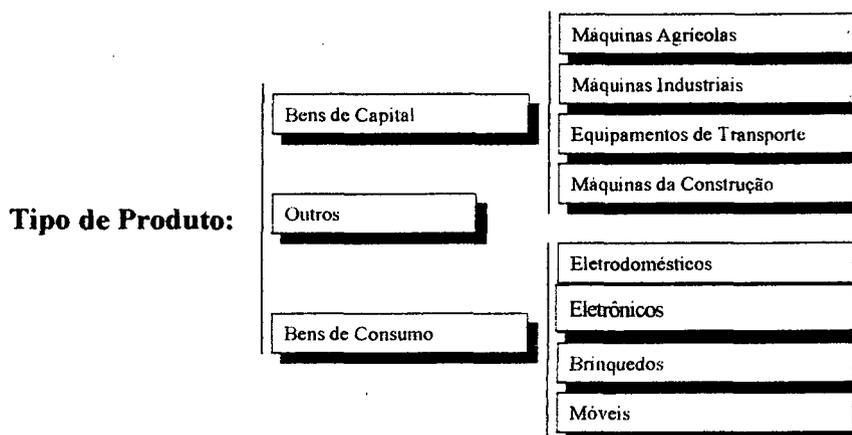


Fig. 4.1.- Proposta mínima para a classificação de tipos de produto.

Provavelmente a classificação mais completa segundo os tipos de produtos, é a adotada pelos órgãos oficiais de registro de patentes; é uma classificação universal, que tenta incluir a totalidade dos produtos industriais, por motivos óbvios.

A estrutura exposta servirá de base para trabalhar com um universo limitado de produtos. O anterior serve como uma proposta mínima, básica e inicial, que poderá ser, posteriormente, ampliada.

4.3.1.3.- Tipo de projeto.

A literatura diferencia dois tipos de projeto que tradicionalmente têm sido abordados na literatura: O projeto original e o reprojeto. Autores como [Pahl, G. e Beitz, W. 1996], ampliam a gama de classificação para três categorias:

O projeto original, o adaptativo e o variante ou reprojeto.

Na presente tese, propõe-se o denominado *modelo de Jansson*, citado no trabalho de [Condoor, S. et al. 1992], por entender-se mais abrangente que os analisados.

Segundo o modelo de Jansson, os diferentes tipos de projeto aparecem como áreas num espaço conformado pelos eixos coordenados: **Conceito** (relacionado ao grau de inovação conceitual) versus **Configuração** (relacionado à complexidade na configuração do produto sendo projetado); o modelo é mostrado na figura 4.2.



Fig. 4.2.- Classificação de tipos de projeto [Condoor, S. et al. 1992].

O projeto original é aquele com alto grau de novidade conceitual e alto grau de complexidade na sua configuração. Neste caso, o projetista, deve apoiar-se em produtos da mesma família, segundo a classificação de tipos de produtos. Exemplo é o projeto do primeiro aparelho de TV.

O projeto de variante ou reprojeto, é aquele projeto com pouco grau de novidade conceitual e pouco grau de complexidade na mudança da configuração. Neste tipo de projeto, os projetistas têm um guia ideal para definir o ciclo de vida e os atributos do produto (assim como para determinar em detalhes os problemas acontecidos) no produto original, oferecendo uma base sólida para a definição das necessidades. Exemplo, são os projetos dos modelos sucessivos de aparelhos de TV.

O projeto adaptativo é aquele projeto com alto grau de novidade conceitual e pouco grau de complexidade na configuração. Neste tipo de projeto, os projetistas têm um guia naqueles produtos similares em configuração, apontados na classificação de tipos de produtos. Exemplo é o projeto do "display" alfa numérico, como interface homem-computador, baseado num aparelho de TV.

O projeto de desenvolvimento é aquele com pouca novidade conceitual e alto grau de complexidade na sua configuração. Os projetos deste tipo, devem ser apoiados em produtos com

similar conceitualização, devendo desenvolver-se um trabalho para definir o ciclo de vida e os atributos do produto, em forma similar aos projetos do primeiro tipo. Exemplo, o aparelho de TV colorida.

4.3.1.4.- Volume planejado de fabricação e tipo de produção.

Deve ser levantado o volume de fabricação planejado; este dado define a tecnologia e tipo de produção mais conveniente, assim como as facilidades produtivas necessárias. A definição deve ser feita no início, gerando os requisitos e restrições adequadas ao tipo de produção a ser usada.

Serão consideradas quatro faixas para os volumes planejados de fabricação:

Produção individual ou personalizada, produção de pequena série, produção em série e produção massiva.

4.3.1.5.- Desejos explícitos expostos no problema de projeto.

No documento “ordem de projeto”, deve existir um campo dedicado exclusivamente a expor os desejos explícitos dos promotores, da direção da empresa ou da equipe de marketing que elaborou o problema de projeto. A importância destes desejos explícitos está associado à hierarquia e implícita nas pessoas físicas ou jurídicas que promovem o desenvolvimento do produto.

4.3.1.6.- Restrições do projeto ou do produto

Na “ordem de projeto” também deve existir um campo dedicado às restrições impostas pelo problema de projeto. A equipe de projeto vai definir outras restrições (como consequência do trabalho sob a sua responsabilidade); porém, as restrições incluídas no problema de projeto, tem que ser, prioritariamente levadas em conta.

O **resultado** relevante da análise do problema de projeto deve ser resumido num documento denominado **ordem de projeto**.

Concluída a análise do problema de projeto, passa-se a clarificar, integralmente, o trabalho de projeto que se inicia. A fonte fundamental (externa à equipe de projeto) para a clarificação do projeto, está no problema de projeto e nos promotores do mesmo.

Para clarificar integralmente o projeto, deve-se formular as seguintes perguntas:

- **Qual a finalidade de desenvolver o produto?**
- **Quais benefícios se obtém com seu desenvolvimento?**
- **Quais melhorias ocasionará o novo produto?**

Existem objetivos internos à empresa produtora e objetivos externos à mesma; como objetivos internos pode-se citar o incremento dos lucros da empresa, o incremento dos níveis de produção, entre outros; como objetivos externos, poder-se-ia tentar levar o produto a se tornar líder do mercado, ou redirecioná-lo a outra faixa de mercado, entre outros.

Outro trabalho da equipe de projeto, além de definir as especificações de projeto, será o de definir e ampliar os objetivos do mesmo, partindo das definições iniciais dadas.

4.3.2.- Procurar a informação necessária para o trabalho de projeto.

Definida a ordem de projeto e clarificados os objetivos do projeto, passa-se a procurar pelas informações relevantes para iniciar o processo de projeto propriamente dito.

A busca da informação sobre o projeto deve ser dirigida em três direções:

- Procura de patentes sobre o produto que vai ser projetado ;
- Procura de tecnologias e métodos de fabricação disponíveis e
- Procura de informação sobre produtos similares.

A seqüência da realização destas três atividades é irrelevante; podem ser procuradas em qualquer ordem e, ainda, simultaneamente.

Nos casos de produtos que vão ser reprojitados, a procura será baseada no produto existente, assim como no produto (ou produtos concorrentes) que tem tirado o mercado do produto a ser reprojitado. A informação do produto anterior, no caso de reprojeto, deve ser providenciada pelo fabricante do mesmo; em caso de produtos reprojitados, produzidos na própria empresa onde é executado o reprojeto, deve-se levantar toda a informação disponível na própria empresa.

A procura pode ser apoiada na Internet, onde existem “sites” de empresas produtoras de todo o tipo de produtos. Existem também “sites” para a procura de patentes, nacionais ou internacionais, assim como informações sobre tecnologias de produção disponíveis.

Além de pesquisar na Internet, é necessário a procura de patentes diretamente nos escritórios especializados ou Institutos de patentes (INPI ou equivalentes), no país onde o produto vai ser produzido (e ou) comercializado.

Sobre os produtos similares, além de visitar os sites adequados na Internet, deve-se procurar catálogos e ofertas de produtores concorrentes, assim como a maior quantidade de informação possível do produto que vai ser projetado.

Sobre as tecnologias de produção, deve-se pesquisar quais tecnologias são usadas para produzir produtos similares e tomar a maior quantidade de informação possível. Em qualquer

caso, visitas obrigatórias ao centro de produção onde vai ser fabricado o novo produto, garantindo uma estreita coordenação com os promotores do projeto, para garantir as informações dos especialistas de fabricação e montagem, e ver se estes podem fazer parte da equipe de desenvolvimento do produto, que seria a situação ideal.

4.3.3.- Definir os produtos concorrentes.

Da procura anterior pode-se extrair informação suficiente para definir os produtos ou modelos concorrentes, tomando como base a existência de produtos similares. Dentre os produtos similares identificados, devem ser definidos quais se constituem em líderes do mercado pela sua qualidade ou pelo seu preço, dependendo dos objetivos definidos para o produto. Dentre os produtos líderes, serão selecionados os concorrentes.

Naqueles casos onde o produto que vai ser projetado (por causa de seu caráter inovador) não tenha produtos concorrentes, devem ser definidos, dentre os produtos similares em configuração, tecnologia e funcionamento, vários deles, visando estabelecer padrões de comparação aproximados. Os **resultados** relevantes desta primeira etapa, são:

- 1) **Documento ordem de projeto;**
- 2) **Objetivos do projeto;**
- 3) **Produtos concorrentes e patentes relacionadas e**
- 4) **Tecnologias viáveis de fabricação.**

4.4.- Definir o ciclo de vida e os atributos do produto.

A segunda etapa é a definição dos atributos do produto e do ciclo de vida, assim como a identificação dos diferentes clientes que devem ser consultados. Esta etapa tem três tarefas:

- Estabelecer as fases do ciclo de vida do produto;
- Definir os clientes e usuários e
- Definir os atributos do produto.

4.4.1.- Estabelecer as fases do ciclo de vida do produto.

Com os dados disponíveis, obtidos na primeira etapa da metodologia (e a experiência da equipe), o objetivo é definir as fases do ciclo de vida do novo produto, baseado em produtos similares ou baseado nos produtos que o antecederam.

O ciclo de vida depende de vários fatores, dentre os quais destacam-se:

- **tipo de produto que vai ser projetado;** os bens de capital caracterizam-se por ciclos de vida

diferentes dos bens de consumo; nos primeiros, as fases do ciclo de vida estão mais associadas a sua complexidade durante a fabricação, a montagem, e o uso, se comparado aos bens de consumo.

- **tipo de projeto a ser executado;** as fases do ciclo de vida de um reprojeto está praticamente definido no produto precedente, sendo mais complexo no caso de um projeto original.
- **se vai ser consumido em grande escala, longe do centro de produção;** nestes casos as fases de transporte, armazenagem e manutenção, implicam numa importância maior que nos casos convencionais de produtos consumidos perto do lugar de produção.
- **suas características de funcionamento;** existem produtos onde a fase de funcionamento é extremamente complexa e comprometida, razão pela qual é a fase mais importante, implicando ainda em fatores de segurança e confiabilidade.
- **suas características de uso e manuseio;** naqueles produtos onde a interface humana é relevante, a fase uso deve ser a fase principal do ciclo de vida.
- **as possibilidades de serviços de manutenção;** aqueles produtos onde é necessário garantir um eficiente serviço pós-vendas, a fase de manutenção torna-se a fase crítica do ciclo de vida.
- **a filosofia de desativação, reciclagem ou descarte;** aqueles bens de consumo, sobretudo aqueles consumidos massa, devem ser estudados atentamente, sobretudo as fases de reciclagem e descarte como fases críticas do ciclo de vida.

À definição do ciclo de vida se deverá dedicar tempo suficiente, pois considera-se um fator fundamental para o trabalho de projeto.

4.4.2.- Definir os clientes e usuários.

Definido o ciclo de vida, é fácil detectar os clientes internos, intermediários e externos, envolvidos e associados às fases do ciclo de vida. A definição dos clientes é fundamental para levantar as necessidades, as quais devem ser definidas antes de serem tomadas as decisões. O anterior visa estabelecer uma filosofia de abordagem que hierarquize os clientes, considerando não somente os usuários diretos do produto, mas todo o pessoal envolvido nas fases do ciclo de vida, como os fabricantes, comercializadores, pessoal de manutenção e reciclagem, entre outros.

4.4.3.-Definir os atributos do produto.

A tarefa é definir quais dos atributos do produto serão usados como referência no levantamento das necessidades. A proposta mínima de atributos do produto, como conceito associado às propriedades comuns a todos os produtos industriais, será exposta no capítulo V. Esta proposta mínima servirá de referência, selecionando-se, dentre eles, aqueles atributos

relevantes para cada projeto específico.

A definição dos atributos do produto dependerá, como no caso da definição do ciclo de vida, de vários fatores, como tipo de projeto, tipo de produto, experiência dos projetistas no tipo de produto a ser desenvolvido, tempo disponível, recursos para executar o projeto, entre outros.

Os **resultados** relevantes da segunda etapa, são:

- 1) **Definição do ciclo de vida do produto;**
- 2) **Definição dos clientes externos, internos e intermediários e**
- 3) **Definição dos atributos do produto;**

4.5.- Definição das necessidades do projeto.

Nesta etapa definem-se as necessidades através de duas tarefas, expostas na continuação.

4.5.1.- Definir as necessidades de cada fase do ciclo de vida.

Existem duas maneiras gerais de levantar necessidades:

- Uma maneira é coletar as necessidades, em cada fase do ciclo de vida, através de questionários estruturados, atuando junto aos clientes. Coletadas as necessidades brutas através das entrevistas diretas ou telefônicas, através de envio de questionários escritos, ou usando qualquer outro método de interagir com clientes ou usuários [Kaulio, M. et al. 1995], [Beskow, C. et al. 1997], [Ulrich, K.T e Eppinger, S.D. 1995]; é necessário um processamento destas necessidades, classificando-as, ordenando-as e agrupando-as, usando as informações levantadas nas etapas e tarefas anteriormente executadas.
- A segunda maneira de levantar necessidades é, sem consultar os clientes do projeto a equipe de projeto define, diretamente, as necessidades do projeto que está sendo desenvolvido; isto baseado nos trabalhos iniciais de marketing, na experiência dos projetistas, em “check-list”, ou nos atributos do produto, usando em qualquer caso, as informações obtidas pelo trabalho precedente de captação de informações.

Nesta tese, tem-se desenvolvido um procedimento simples para a segunda maneira de levantar as necessidades diretamente pela equipe de projeto; isto para o caso que não for possível o trabalho de campo junto aos clientes. Consiste na consulta, em cada fase do ciclo de vida, dos atributos básicos do produto antes definidos. No capítulo V, será exposto o procedimento, na forma de matriz de levantamento das necessidades de projeto.

Deve-se salientar, adicionalmente, que este procedimento de levantamento das necessidades diretamente pela equipe de projeto, direcionado às pequenas empresas de poucos recursos para o desenvolvimento de produtos, projetistas individuais e estudantes de projeto, foi a linha principal de enfoque para a elaboração do sistema computacional.

4.5.2.- Agrupar e classificar as necessidades obtidas.

Posteriormente à definição das necessidades, é conveniente um agrupamento e classificação das mesmas, incluindo aquelas necessidades originais do problema de projeto; todas as necessidades serão agrupadas dentro da fase do ciclo de vida correspondente.

O agrupamento significa verificar os tipos de necessidades similares, eliminando-se as repetições e simplificando aquelas necessidades pouco relevantes para o projeto. Recomenda-se levar adiante somente um grupo selecionado (mínimo) de necessidades básicas, que atuem como filosofia geral dos trabalhos.

A classificação será feita, segundo as fases do ciclo de vida de procedência.

Os resultados relevantes desta terceira etapa são:

- 1) **Lista de necessidades de projeto e**
- 2) **Agrupamento e classificação das necessidades.**

4.6.- Conversão das necessidades em requisitos de usuário.

A quarta etapa é, converter as necessidades em requisitos de usuário. Esta etapa tem duas tarefas, que serão expostas a seguir.

4.6.1.-Traduzir as necessidades brutas à linguagem dos projetistas.

A tradução das necessidades implica numa sistematização simples. Para converter necessidades em requisitos de usuário, propõe-se o seguinte:

Todo requisito de usuário é :

- *uma frase curta composta pelos verbos ser, estar ou ter, seguida de um ou mais substantivos, ou*
- *uma frase composta por um verbo que não seja ser, estar ou ter, seguida de um ou mais substantivos, denotando, neste caso, uma possível função do produto.*

Os dois casos aparecem esquematizados na figura 4.3.

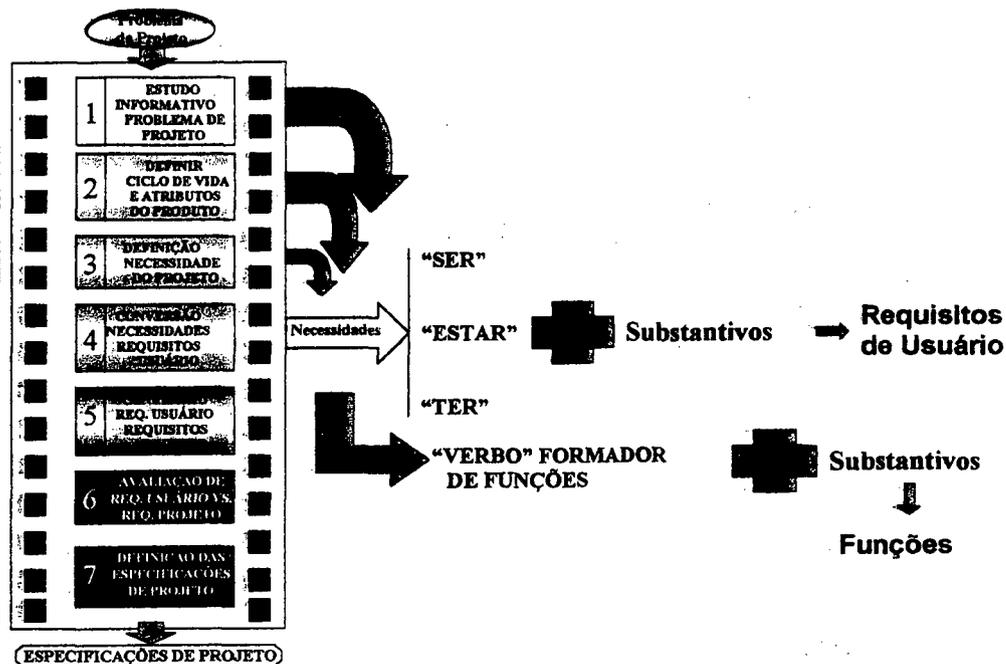


Fig. 4.3.- Conversão de necessidades em requisitos de usuário.

O primeiro caso (usar os verbos ser, estar ou ter), auxilia na geração dos requisitos de usuário que não constituem funções do produto, mas, são expectativas dos usuários. Estas expressões são as mais adequadas para expressar as necessidades brutas, contidas nas respostas dos questionários respondidos pelos clientes, no caso de ser usada este tipo de consulta. As frases deste tipo representam desejos, pedidos, ordens, que, de alguma maneira, os clientes acham que devem ser incluídas, através do produto que está sendo projetado. A equipe de projeto deve estar preparada para transformar os desejos dos clientes ao formato padronizado proposto.

Por exemplo, se um cliente expressa que o produto deve possuir massa suficiente para garantir um produto pesado (projeto de um âncora), o requisito de usuário seria redigido assim:

Ter peso grande.

No segundo caso, (verbo mais substantivo) o verbo pode (ou não) ser um formador de funções, que possui importância adicional, devido ao fato de que a expressão possa conter funções importantes do produto que está sendo projetado.

Quando as necessidades são definidas diretamente pela equipe de projeto, elas podem ser escritas diretamente na forma padronizada usando os verbos Ser, Estar ou Ter, mais substantivos, ou usando os verbos formadores de funções mais os correspondentes substantivos

obtendo-se, assim, diretamente os requisitos de usuário, sem necessidade de fazer a conversão posterior, acelerando o processo.

4.6.2.- Identificar os tipos de requisitos geradores de funções.

Existem verbos formadores das funções típicas da engenharia. Como um exemplo, durante a fase inicial do projeto de uma furadeira, a necessidade original de algum usuário expressa que: “que a furadeira tenha a potência suficiente para furar tanto madeira como concreto e metal”; esta expressão deve ser convertida em requisito de usuário.

A necessidade anterior é referida à potência do produto e define um dos parâmetros do projeto, neste caso a potência. Mas também, implicitamente, expressa uma função do produto quando diz “furar metais”, que mesmo sendo uma necessidade, é de um tipo diferente à anterior referida à potência. A necessidade de furar metais, é, na realidade, a que dá sentido à construção da furadeira, pelo qual é denominada *função principal* e sua expressão como requisito de usuário é: “Furar metais de diferentes tipos”.

Do anterior fica claro, que as necessidades brutas, uma vez convertidas em requisitos de usuário, podem gerar dois tipos de informações: uma denota desejos dos usuários, relativas a características não funcionais e outra que gera prováveis funções do produto.

Os resultados relevantes desta quarta etapa são:

- 1) **Lista de requisitos de usuário e**
- 2) **Lista de prováveis funções do produto.**

4.7.- Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

A quinta etapa é aquela sobre a qual a literatura tem poucas referências e constitui um primeiro passo importante para o projeto; uma necessidade levada à linguagem dos projetistas (requisito de usuário) está, ainda, na forma de necessidade, sem estar associada às características mensuráveis do produto. Convertê-la em requisito de projeto, significa decidir algo físico sobre o produto, que o afetará definitivamente durante o trabalho de projeto. Esta etapa tem duas tarefas.

4.7.1.- Converter requisitos de usuário em expressões mensuráveis.

Os requisitos de usuário são expressões padronizadas, mas, que podem não conter, ainda, elementos físicos mensuráveis, indispensáveis para guiar a execução do projeto.

A conversão de requisitos de usuário em requisitos de projeto será feita através do conceito dos atributos específicos do produto. Esta conversão é apoiada na *denominada matriz de obtenção dos requisitos de projetos*, a ser apresentada e discutida no capítulo V.

4.7.2.- Definir e classificar os requisitos de projeto.

Posteriormente à conversão em requisitos mensuráveis, os requisitos de projeto devem ser agrupados e classificados. A classificação dos requisitos de usuário é feita segundo as fases do ciclo de vida, mas os requisitos de projeto devem ser classificados segundo os atributos básicos do produto, onde aparecem aspectos de tipo ergonômico, estético, econômico, entre outros, mais apropriados para a classificação e mais adequados para uma posterior organização do projeto conceitual que virá na continuação. O resultado relevante desta quinta etapa é:

Lista dos requisitos de projeto.

4.8.- Avaliação dos requisitos de usuário vs. requisitos de projeto.

A sexta etapa é o trabalho com a casa da qualidade. Neste caso se procede da maneira similar à reportada extensamente na literatura, [Hauser, J. R. e Clausing, D. 1988], [King, B. 1989], [Akao, Y. 1990], levando em conta as características do trabalho na fase inicial do projeto, onde ainda não existem decisões sobre as características físicas definitivas do produto. No Capítulo VI, será apresentado um sistema computacional, que facilita o trabalho operativo de preenchimento da casa da qualidade, simplificando também a elaboração gráfica. Este sistema também realiza as operações algébricas envolvidas. A etapa da avaliação dos requisitos de usuário vs. os requisitos de projeto, tem duas tarefas básicas que serão descritas a seguir.

4.8.1.- Avaliar requisitos de usuário vs. requisitos de projeto e concorrentes.

Os requisitos de usuário são situados nas linhas da matriz principal da casa da qualidade e os requisitos de projeto nas colunas da mesma; eles são avaliados na denominada matriz principal da casa da qualidade. Os produtos concorrentes, definidos antes, serão situados nas colunas de uma denominada matriz secundária, à direita da matriz principal da casa da qualidade, na qual avalia-se também cada requisito de usuário versus cada produto concorrente.

4.8.2.- Hierarquizar os requisitos de projeto segundo o grau de importância.

A resultante da casa da qualidade é uma hierarquização dos requisitos de projeto, que servirá de base para a formulação posterior das especificações de projeto. O trabalho com a casa

da qualidade não é um imperativo para obter as especificações de projeto; a sua utilização dependerá de inúmeros fatores como complexidade do produto que está sendo projetado e das possíveis vantagens que a equipe de projeto obtenha com o seu uso, entre outros.

O **resultado** relevante desta sexta etapa é:

Hierarquização dos requisitos de projeto.

4.9.- Definição das especificações de projeto.

A etapa final da sequência proposta é a definição das especificações de projeto, levando em conta as restrições, metas e objetivos do projeto. Tem-se três tarefas, que se expõe a seguir.

4.9.1.- Comparar a hierarquização dos requisitos de projeto com o problema de projeto.

Consiste na confrontação da hierarquização final dos requisitos de projeto, resultantes da etapa anterior, com o problema de projeto original. A confrontação é feita visando retomar a filosofia inicial implícita no problema que deu início ao projeto, visando incluir outros elementos de importância que também formam parte das especificações do projeto, decidindo quais requisitos de projeto integrarão, finalmente, as especificações.

4.9.2.- Incluir metas, objetivos e restrições.

Devem ser incluídas nas especificações de projeto, aquelas diretivas explícitas procedentes do problema de projeto e resultantes do estudo de marketing prévio, além de expor claramente os objetivos, as metas que devem ser atingidas, assim como as restrições impostas ao projeto ou ao produto.

Por outro lado, para cada requisito de projeto selecionado como especificação de projeto, devem ser definidos os parâmetros alvos (metas específicas), a forma de avaliá-los e os fatores que devem ser evitados na sua implementação, como complemento de cada requisito de projeto, que o converte em especificação de projeto.

4.9.3.- Definir as especificações de projeto.

Os requisitos de projeto selecionados como especificações, (com seus parâmetros alvos, a avaliação, e o que deve ser evitado) se juntarão às metas, objetivos e restrições gerais do produto (tomado como conjunto); estes dados junto a uma descrição do produto a ser projetado, constituem as especificações de projeto.

O **resultado** relevante desta última etapa é:

Lista das especificações de projeto.

4.10.- Conclusões.

A sistematização da fase de projeto informacional ganha uma base importante através do estabelecimento da morfologia do processo que acontece dentro da mencionada fase; uma parte importante da metodologia que está sendo desenvolvida foi exposta neste capítulo, pois a morfologia é a base da sistematização do processo. Mesmo sendo o processo de projeto um processo de tomada contínua de decisões, (que implica numa retroalimentação constante e não numa seqüência rígida) a proposta morfológica exposta direciona as ações principais que devem ser executadas, encaminhando-as ao objetivo principal de obter as especificações de projeto.

A identificação e o guia detalhada para levantar as informações relevantes, tanto no início como durante o processo de projeto informacional, constituem-se em pontos fortes da proposta. Isto permite uma ação encaminhada ao tratamento e análise da mencionada informação, visando um incremento qualitativo da mesma, até obtê-las, finalmente, na forma de especificações de projeto.

Foi exposta em detalhes a seqüência metodológica mais lógica para o estabelecimento das ditas categorias relevantes de informações existentes no projeto informacional. O trabalho dentro da fase de projeto informacional foi baseado na análise do projeto como sistema de transformação de informações, conceito sobre o qual se propõe a abordagem desta fase.

As ferramentas que apoiam o trabalho de obtenção das especificações de projeto em forma sistemática, assim a análise do COMO, estas devem ser utilizadas dentro da seqüência proposta, será exposta no próximo capítulo, complementado-se, posteriormente, com a elaboração do sistema computacional e a elaboração de um estudo de caso, em capítulos sucessivos.

*"O que é preciso é um novo modelo econômico...
baseado na satisfação das necessidades do consumidor"
[Zaccai, G. 1993]*

CAPÍTULO V

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS E TÉCNICAS DE APOIO À OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS.

5.1.- Introdução.

No capítulo IV foi apresentada a morfologia do processo do projeto informacional como parte importante do corpo da tese. Serão abordadas, neste capítulo, as diferentes ferramentas úteis ao objetivo de tratar a informação dentro da fase e COMO usá-las para trabalhar dentro da proposta morfológica exposta. Desta maneira se completará o que denomina-se proposta metodológica ou metodologia de abordagem da fase sob análise.

Na continuação, serão analisadas as propostas de ferramentas de trabalho que apoiam na execução das etapas e tarefas, necessárias a serem executadas dentro da seqüência descrita. Algumas propostas constituem novas ferramentas, válidas para apoiar a captação e tratamento da informação relevante dentro da fase; em outros casos, serão usadas ferramentas conhecidas, como a casa da qualidade, utilizada também como parte importante do processo.

5.2.- Um modelo para o processo de desenvolvimento de produtos industriais: a espiral do desenvolvimento.

O projeto informacional é o sucessor natural do processo de procura, no ambiente do mercado, daqueles desejos insatisfeitos dos consumidores, para orientar na definição do produto que será projetado. No início do projeto, deve-se trabalhar com similares informações e fatores de mercado que deram origem ao denominado problema de projeto.

Para os objetivos da presente tese, prefere-se abordar a problemática da obtenção das especificações de projeto de produtos, com um enfoque mais geral do que aquele que a enquadra

dentro ou fora do processo de projeto, como sugerem alguns autores analisados no capítulo II, pelo qual propõe-se analisá-lo com critério integral de processo de desenvolvimento de produtos.

O trabalho da equipe de marketing, definindo a “idéia do produto” [Pahl, G. e Beitz, W. 1996] que vai ser projetado, normalmente parte com, relativamente, escassa informação naqueles produtos com alto grau de novidade. A idéia vai ganhando contornos e corpo, na medida em que são elaborados estudos de possibilidades produtivas, estudos de preferências do mercado e estudos de aceitação dos setores de consumo.

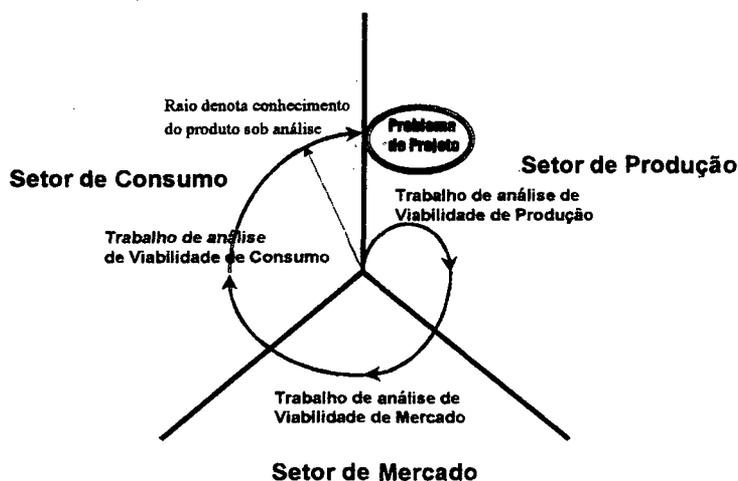


Fig. 5.1.- Modelo gráfico da definição do problema de projeto.

O processo anterior pode ser representado mediante um modelo baseado num sistema bidimensional de coordenadas polares, onde o raio significa o incremento do conhecimento sobre o produto que está sendo trabalhado. Traça-se assim uma espiral que, partindo de um conhecimento mínimo (teoricamente zero) sobre o produto viável, vai ganhando em conhecimentos na medida em que a pesquisa circula pelos setores produtivo, de mercado e de consumo. Nestes setores são realizados os estudos econômicos e de marketing correspondentes, até ganhar corpo final mediante a definição de um determinado problema de projeto, segundo aparece esquematizado na figura 5.1.

O processo inicia-se realmente no setor de consumo, que é onde são captadas as necessidades dos consumidores; o trabalho neste setor, inicialmente, é insignificante, gerando uma noção vaga do produto, pois se passa de imediato à realização da correspondente análise de viabilidade produtiva, que, se resultar positiva, daria lugar a uma pesquisa de mercado e,

finalmente, uma pesquisa aprofundada dos diversos setores de consumo, que dá corpo ao problema de projeto.

Este problema de projeto, por sua vez, é entregue à equipe de projeto, que inicia o trabalho da fase de projeto informacional, seguindo a seqüência metodológica exposta no capítulo IV. O trabalho consiste em percorrer as fases do ciclo de vida do futuro produto, para dali captar as necessidades que, transformadas em requisitos de usuário primeiro, em requisitos de projeto depois, darão lugar, finalmente, às especificações de projeto. O processo descrito, pode ser representado na espiral da figura 5.2, como um processo contínuo e único.

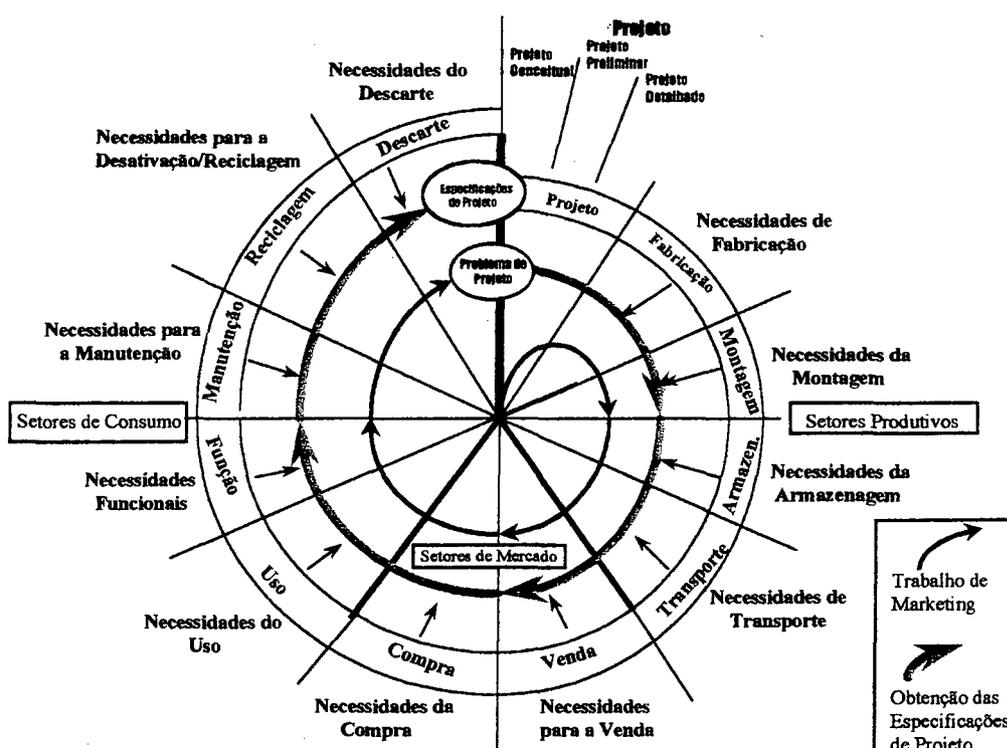


Fig. 5.2.- Espiral do desenvolvimento.

Continuando os trabalhos dos especialistas de marketing, a equipe de projeto trabalha, então, no projeto informacional, representado pela espiral seguinte, da figura 5.2. Com as especificações de projeto prontas, resultantes do trabalho no projeto informacional, se inicia o projeto conceitual, posteriormente se executa o projeto preliminar e, finalmente o projeto detalhado, para dali passar à produção, montagem, etc. e continuar o denominado ciclo de vida do produto, segundo se observa na figura 5.2. Cada produto tem seu próprio ciclo de vida, pelo que cada produto terá suas próprias fases na espiral.

Propõe-se que o modelo da figura 5.2 seja denominado como a espiral do desenvolvimento. Nesta figura se mostra uma espiral com três ramos concêntricos, significando o desenvolvimento do projeto e mostra, esquematicamente, a seqüência de atividades, às quais o produto é submetido desde a sua concepção até o descarte final. A figura 5.2, expõe, numa forma gráfica, o ciclo de vida do produto, assim como os setores principais do dito ciclo para uma análise geral, além de mostrar o percurso básico de ação durante o projeto informacional, razão pela qual, entende-se que se constitui num modelo básico, como parte da proposta de trabalho desenvolvida na presente tese, seguindo a linha de trabalhar baseada em modelos, recomendada em [Morup, M. 1993].

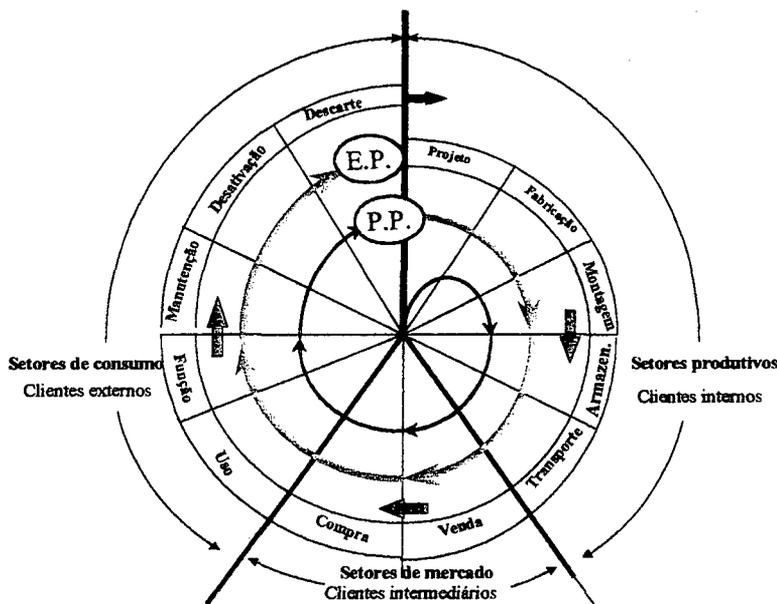


Fig. 5.3.- Setores vinculados ao projeto e pessoal envolvido no projeto informacional.

No capítulo III, foi proposta uma padronização da terminologia dos especialistas, envolvidos no projeto informacional, onde é indispensável uma captação de necessidades, consultando os diversos fatores a serem considerados em cada etapa do ciclo de vida do produto.

Foram definidas as categorias do pessoal vinculado ao projeto, como de: *cliente interno*, *cliente externo* e *cliente intermediário*, identificados na figura 5.3.

As categorias aparecem na figura 5.3 formando parte e associadas aos setores *produtivos* (*clientes internos*), que são aqueles setores onde se agrega valor ao produto, aos setores *de mercado* (*clientes intermediários*), onde o produto é comercializado e aos setores *de consumo* (*clientes externos*), onde o produto é usado em funcionamento.

Neste caso, a espiral do desenvolvimento serve, adicionalmente, de base para a identificação dos tipos de clientes propostos no projeto informacional, associados somente à posição no ciclo de vida, independentemente se estão dentro ou fora da organização onde é executado o projeto

5.3.- Os atributos do produto.

Passa-se a propor, no que serão denominados atributos do produto, uma ferramenta utilitária para a fase de projeto informacional, útil para o levantamento e tratamento das necessidades e seu desdobramento, durante o trabalho nesta fase de projeto informacional.

Foram identificados no capítulo III os tipos de informações relevantes nesta fase do processo de projeto, das quais as necessidades se constituem no ponto de partida de todo o processo. Procurar junto aos clientes das fases do ciclo de vida do produto, as necessidades a serem levadas em conta, é um fator importante para o direcionamento inicial, mas, está faltando uma ferramenta que permita “entrar” em cada fase do ciclo de vida com um guia abrangente de procura pelas ditas necessidades. Será analisada, na continuação, a proposta de uma ferramenta de apoio ao trabalho de levantamento das necessidades, dentro do ciclo de vida do produto.

A solução final de projeto leva à definição das características físicas, de forma, de materiais, de uso, de fabricação e muitas outras propriedades finais do produto que está sendo desenvolvido. Estas características, que integralmente compõem a solução de projeto, são o que se denominará de atributos do produto. É um termo utilitário na fase de projeto informacional para denominar as características que o produto finalmente terá.

Alguns destes atributos têm de satisfazer as necessidades que surgem do percurso temporal do produto pelas fases do ciclo de vida do produto (como na fabricação, na montagem, ou no descarte); outros deverão ser uma consequência dos próprios objetivos de projeto, contidos no problema de projeto. Procura-se então uma classificação da estrutura constitutiva comum, inerente a todos os produtos industriais de maneira que se possa listar um conjunto “universal” destes “atributos”; poderia, desta maneira, identificar-se determinadas características de utilidade para o projeto informacional; os projetistas teriam a sua disposição, assim, uma fonte de “atributos potenciais”, a serem analisados para cada produto específico, visando detectar as necessidades e os requisitos durante o início do processo.

Segundo o enfoque que se propõe (dos atributos do produto) a atividade de projeto pode ser considerada como o trabalho de detalhar os melhores atributos finais que o produto deve ter,

para corresponder da melhor maneira possível, aos objetivos propostos no desenvolvimento daquele produto.

De igual maneira, o projeto informacional seria considerado como a definição de quais “atributos” passariam a formar parte das especificações de projeto, visando a um processo tal que resulte na melhor solução do problema de projeto.

5.3.1.- Análise dos atributos propostos pelos diferentes autores.

O enfoque que se dá nesta pesquisa ao estabelecimento de uma estrutura constitutiva geral dos produtos industriais, visa fins utilitários diretos na obtenção das especificações de projeto. Um trabalho nesta direção, ainda não foi abordada antes deste trabalho, pelo que se pesquisou junto aos autores que de alguma maneira abordaram o tema, mesmo indiretamente.

Neste sentido procurou-se, entre as listas de itens dos autores que recomendam o procedimento de usar "chek-list" para obter as especificações de projeto, encontrando-se atributos do produto capazes de formar parte de qualquer estrutura constitutiva geral dos produtos industriais.

No trabalho de pesquisa foram usadas listas de itens recomendados pelos autores mais importantes que utilizam o mencionado método, [Pahl, G. e Beitz, W. 1996], [Blanchard, B. S. e Fabrycky, W. 1990], [Tjalve, E. 1979] [Rodriguez, L. 1989], entre outros, onde ficou clara a presença de um grupo de itens que se repetem nas diferentes recomendações. A observação anterior possibilitou hierarquizar estes itens como os mais representativos, razão pela qual se decidiu iniciar uma outra pesquisa, encaminhada a definir quais seriam os itens indispensáveis mínimos (que incluem a maioria das características comuns aos produtos industriais) com vistas a acometer um trabalho de identificação e classificação destes atributos.

A pesquisa incluiu também a análise dos fatores contidos na proposta de [Roth, K. 1982], assim como os trabalhos de [Nijhuis, K. J. e Roozenburg, N. F. 1997] e [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988], tentando obter uma lista de atributos, representativa da estrutura inerente dos produtos industriais, de utilidade para a fase de projeto informacional.

A análise das diferentes listas de itens, visando estabelecer os atributos do produto, apresentou como resultado a presença de atributos, incluídos em todas as listagens analisadas e que foram divididos em dois grandes grupos:

- **Atributos de tipo específicos, direta e facilmente mensuráveis, como forma, fluxo, cor, acabamento, entre outros e**

- **Atributos de tipo geral, nem sempre fáceis de mensurar, ou mensuráveis de forma indireta, como estética, segurança, fabricabilidade, entre outros.**

O primeiro grupo de atributos foi denominado de atributos específicos sendo agrupados sem maiores dificuldades devido à sua rápida identificação.

O segundo grupo de atributos (os remanescentes) foram denominados de atributos gerais. Curiosamente, os atributos gerais, apresentaram características particularmente interessantes do ponto de vista dos objetivos da presente pesquisa, podendo-se conformar (dentro deles) dois subgrupos bem diferenciados:

O primeiro subgrupo dos atributos gerais analisados apresentou-se fortemente associado às fases do ciclo de vida do produto, como fabricabilidade, manutenibilidade, reciclabilidade, entre outros; estes foram facilmente identificados, denominando-se de atributos do ciclo de vida.

O subgrupo restante foi formado pelos atributos que sobraram das classificações anteriores e se constituíram, consistentemente, num grupo composto pelos atributos provavelmente mais importantes, por serem os mais levados em conta na hora de avaliar o produto integralmente como: desempenho, segurança, economia, ergonomia, estética, entre outros, razão pela qual foram denominados atributos básicos.

A análise anterior, feita consultando as listagens dos diversos autores, se mostrou em todos os casos consistente, mostrando características similares às descritas, o que permitiu seu uso na pesquisa como base da classificação para os atributos do produto.

A classificação resultante da pesquisa realizada, além de conter os aspectos mais importantes da estrutura comum a todos os produtos industriais, reflete um fato não enfocado antes nas listas dos itens propostos pelos diversos autores.

Trata-se da diferença existente entre os “atributos que atendem características temporais ou ocasionais”, que os produtos industriais possuem, para enfrentar com sucesso fases transitórias e menos importantes de seu ciclo de vida, como transportabilidade, manutenibilidade ou descartabilidade e os “atributos básicos”, não relacionados com fatores ocasionais, mas com os objetivos pelos quais os produtos são desenvolvidos, como funcionamento, ergonomia, economia, entre outros.

Como exemplo do trabalho de classificação realizado nesta pesquisa sobre os itens propostos pelos diferentes autores, passa-se a mostrar, nos itens incluídos na classificação proposta em [Pahl, G. e Beitz, W. 1988], o trabalho de agrupamento proposto.

Quadro 5.1.- Lista (check-list) proposta em [Pahl, G. e Beitz, W. 1988], pp. 54, fig. 4.5.

Geometria, Cinemática, Forças, Energia, Materiais, Sinais, Segurança, Ergonomia,
Produção, Controle, Montagem, Transporte, Operação, Manutenção, Custos e
Planejamento.

No quadro 5.1 pode ser analisada a mistura de itens, sem relação estrutural do ponto de vista da estrutura constitutiva dos produtos industriais; alguns deles são itens relativos ao ciclo de vida como “transporte”, “montagem” ou “manutenção”, misturados com atributos específicos como “geometria”, “forças” ou “cinemática” entre outros; estes, pela sua vez, se misturam com atributos mais importantes e representativos dos objetivos pelos quais o produto foi fabricado, como “operação”, “ergonomia” ou “custos”.

Agrupando os itens da lista (check-list) do quadro anterior, segundo o enfoque de classificação proposto nesta pesquisa, o resultado aparece no quadro 5.2 a seguir. Nele foram incluídos todos os itens, com exceção do denominado “planejamento” que foi o único fator não considerado como atributo do produto, pois o planejamento é uma atividade própria da gerência e controle do projeto, e não define atributos do produto.

Quadro 5.2. Classificação dos “atributos” da “check-list” de PAHL e BEITZ.

Atributos Gerais		Atributos Específicos
Atributos Básicos	Atributos do Ciclo de Vida	
Segurança	Produtibilidade	Geometria
Ergonomia	Montabilidade	Cinemática
Operação	Transportabilidade	Forças
Custos	Mantenabilidade	Energia
		Materiais
		Sinais
		Controle

Da mesma maneira, foram pesquisadas na bibliografia citada outros atributos propostos e foi conformado um leque potencial para uma proposta de inclusão na classificação, levando em conta o caráter repetitivo dos atributos comuns nas obras consultadas, considerando somente incluir os mais utilizados, visando uma classificação mínima.

Desta maneira foram incluídos na proposta tanto os aspectos relevantes das diferentes “check-list”, como as “caraterísticas” ou “propriedades”, segundo a terminologia usada pelos diferentes autores consultados, obtendo-se uma proposta de classificação para os atributos do produto, que reponde às necessidades da fase de projeto informacional.

Esta classificação, como inclui todos os atributos que aparecem nas diferentes listas (chek-list), incluindo também as propriedades e características dos produtos industriais, segundo denominados por outros autores, pode considerar-se completa. Nela seriam incluídos todos os atributos potenciais, tanto básicos, como do ciclo de vida e específicos, o que constituiria uma lista grande e volumosa, mas, universal.

Entende-se que o termo “atributo”, deixa menos lugar a dúvidas que os termos “características” ou “propriedades”, sugeridos por alguns autores. O termo propriedades normalmente é referido às substâncias mais que a produtos. O termo “característica” poderia ser usado, mas, como se está tratando da fase inicial, prefere-se usar o termo “atributo” (pois ainda não existe o produto) razão pela qual entende-se impróprio falar de características sendo mais correto o termo “atributos” (que o produto “deveria” ter).

5.3.2.- Classificação dos atributos do produto.

Segundo descrito anteriormente, e como resultado da pesquisa realizada para propor elementos úteis no processo de projeto (sobretudo no projeto informacional), propõe-se na continuação, um conjunto mínimo de atributos de produtos.

A proposta a seguir é baseada na experiência do autor com a execução de vários projetos de engenharia. Foram analisados os atributos considerados mais representativos, por serem os mais utilizados na maioria dos projetos. Considera-se a proposta, não como um compêndio exaustivo da classificação de atributos do produto, mas como uma proposta mínima de atributos, para ser usada na fase de projeto informacional.

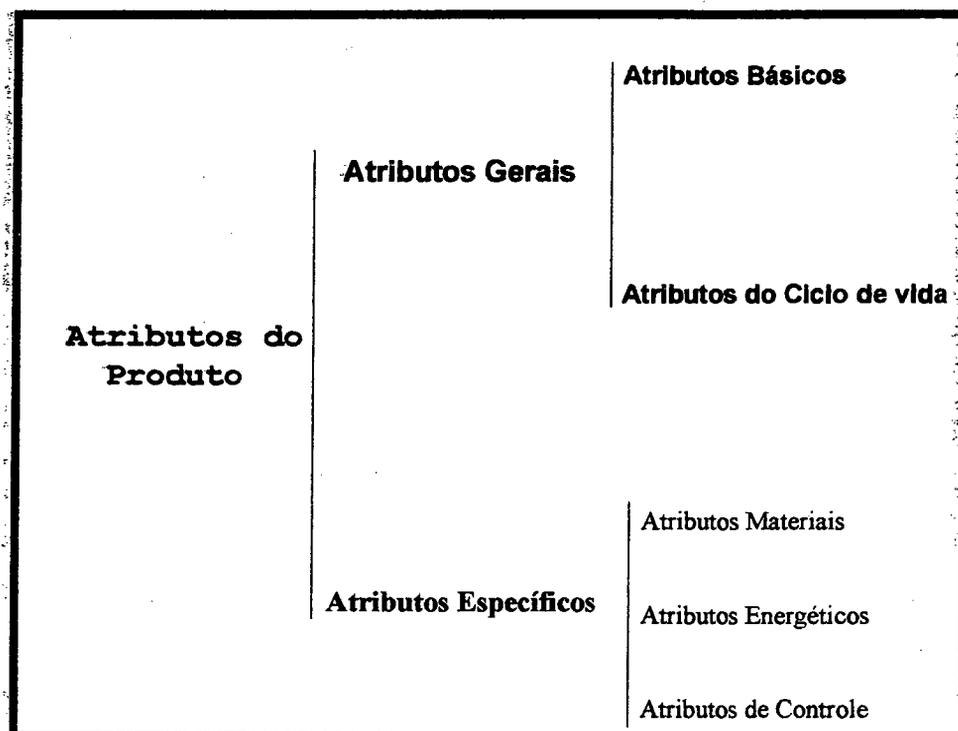
A classificação anterior divide os atributos do produto em dois grandes grupos:

- **Os atributos gerais e**
- **Os atributos específicos.**

Os **atributos gerais** são aquelas características dos produtos, relacionados às respostas que os mesmos devem dar às necessidades expostas pelos clientes e usuários, tanto pela adequação do produto durante o seu “passo temporal” pelas fases do ciclo de vida, como quanto à adequação às “condições permanentes” que o produto vai apresentar em uso e funcionamento.

No quadro 5.3, propõe-se uma classificação geral dos atributos do produto:

Quadro 5.3.- Atributos de produto. Classificação proposta.



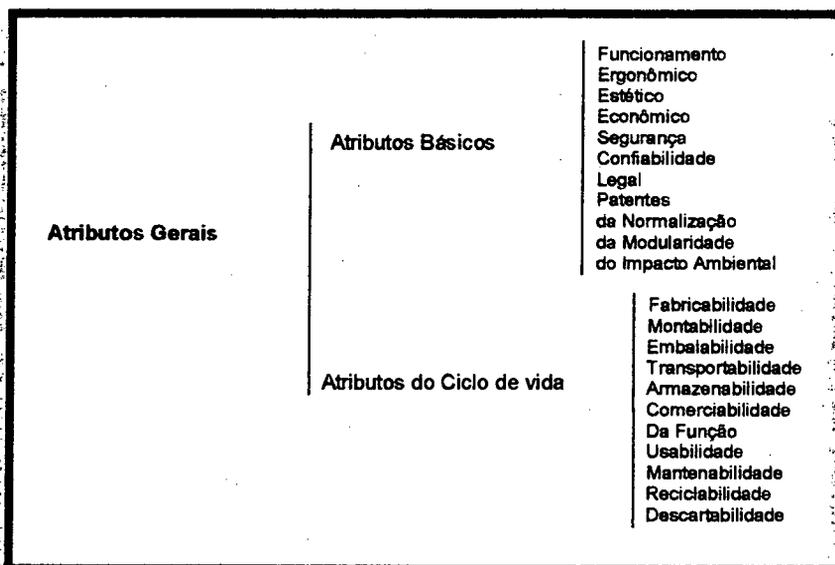
As propriedades que possuem os produtos para enfrentar as contingências através dos atributos gerais, geralmente se expressam através de palavras que terminam em “dade”, como fabricabilidade, modularidade, reciclabilidade, patenteabilidade, etc., (em alguns casos não é usual expressões deste tipo, mas, poderão ser utilizadas, como é o caso de "economicidade"); estes atributos definem características **fundamentais** do produto e são importantes para o sucesso do produto no mercado.

Os **atributos gerais**, por sua vez, como já apresentado no quadro 5.3, classificam-se em:

- *Atributos básicos e*
- *Atributos do ciclo de vida.*

Os *atributos básicos* são os mais importantes para qualquer produto industrial e representam seus fatores de competitividade, decidindo os elementos globais que identificam as características e propriedades permanentes dos produtos e pelos quais, devido à sua importância, o produto vai ser avaliado, tanto pelo mercado, como durante uma análise das características de projeto. A maioria dos métodos de avaliação de produtos, do ponto de vista das características de projeto, são baseadas nestes atributos [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988].

Quadro 5.4.- Atributos gerais do produto.



Quadro 5.5.- Componentes mínimos dos atributos básicos do produto.

Atributos Básicos	<p>Funcionamento: Aspectos vinculados com a operação do produto. Rendimento, desempenho, eficiência, função.</p> <p>Ergonômico: Aspectos vinculados com a relação homem-máquina. Ergonomia do uso, seqüência de ações, uso.</p> <p>Estético: Aspectos vinculados com a aparência do produto. Expressividade, símbolos, signos, linguagem do produto, semiótica, semântica.</p> <p>Econômico: Aspectos vinculados com o custo de produção e o preço de venda. Financiamentos, capital, juros, amortização.</p> <p>Segurança: Aspectos vinculados com a segurança durante o uso e funcionamento Proteção contra acidentes, atos inseguros, funcionamento inseguro.</p> <p>Confiabilidade: Aspectos vinculados com o uso e funcionamento estável. Taxa de falhas, redundâncias ativa ou passivas.</p> <p>Legal: Aspectos vinculados com as leis onde vai ser comercializado o produto Leis sobre uso ou segurança, leis ambientais, leis sobre comércio.</p> <p>Patentes: Problemas relativos ao uso de patentes registradas. Grau de novidade do produto, patentabilidade, pagamento de royalties, uso de patentes.</p> <p>Da Normalização: Problemas relativos ao uso de elementos e peças normalizadas. Normas internas, locais, setoriais, nacionais e internacionais.</p> <p>Da Modularidade: Problemas relativos ao projeto modular de componentes. Módulos de fabricação, de uso, de manutenção.</p> <p>Do Impacto Ambiental: Problemas relativos à contaminação ou degradação Ambiental, desativação, reciclagem, descarte.</p>
--------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Na classificação mínima, baseada na experiência de trabalho do autor com projetos de engenharia, propõe-se que sejam somente onze os atributos básicos. É claro que podem existir

outros atributos básicos que poderiam ser adicionados para uma classificação universal, mas, do ponto de vista utilitário, propõe-se uma classificação mínima, exposta no quadro 5.4 e 5.5.

Na realidade, cada atributo básico do produto é um ramo especializado do projeto de engenharia, razão pela qual é necessário estabelecer um guia ampliado sobre a abrangência de cada um deles, com a finalidade de poder usar o conceito na forma mais útil possível.

No anexo II expõe-se um guia adicional para o tratamento de cada atributo básico e no quadro 5.5 se detalham elementos (também mínimos para cada atributo básico) importantes para os atributos básicos propostos

Os *atributos do ciclo de vida*, são aqueles que dão resposta adequada à passagem do produto pelas fases do ciclo de vida. São onze os atributos expostos, embora cada produto deva ter o seu próprio ciclo de vida e portanto, seu próprio grupo de atributos associados, segundo mostrado no quadro 5.4, onde aparecem somente alguns atributos do ciclo de vida.

Os **atributos específicos** são aquelas características físicas, objetivas e mensuráveis do produto, diretamente identificáveis, que configuram os **detalhes específicos** e determinam a **métrica mensurável** do mesmo; por sua vez, são responsáveis, na sua combinação, pelos atributos gerais expostos anteriormente. Estes atributos específicos, relativos a dimensões, cor, forma, etc., por serem diversos, são mais difíceis de classificar numa estrutura mínima, que possa ser suficientemente abrangente; a proposta desta pesquisa aparece no quadro 5.6.

Quadro 5.6.- Atributos específicos do produto.

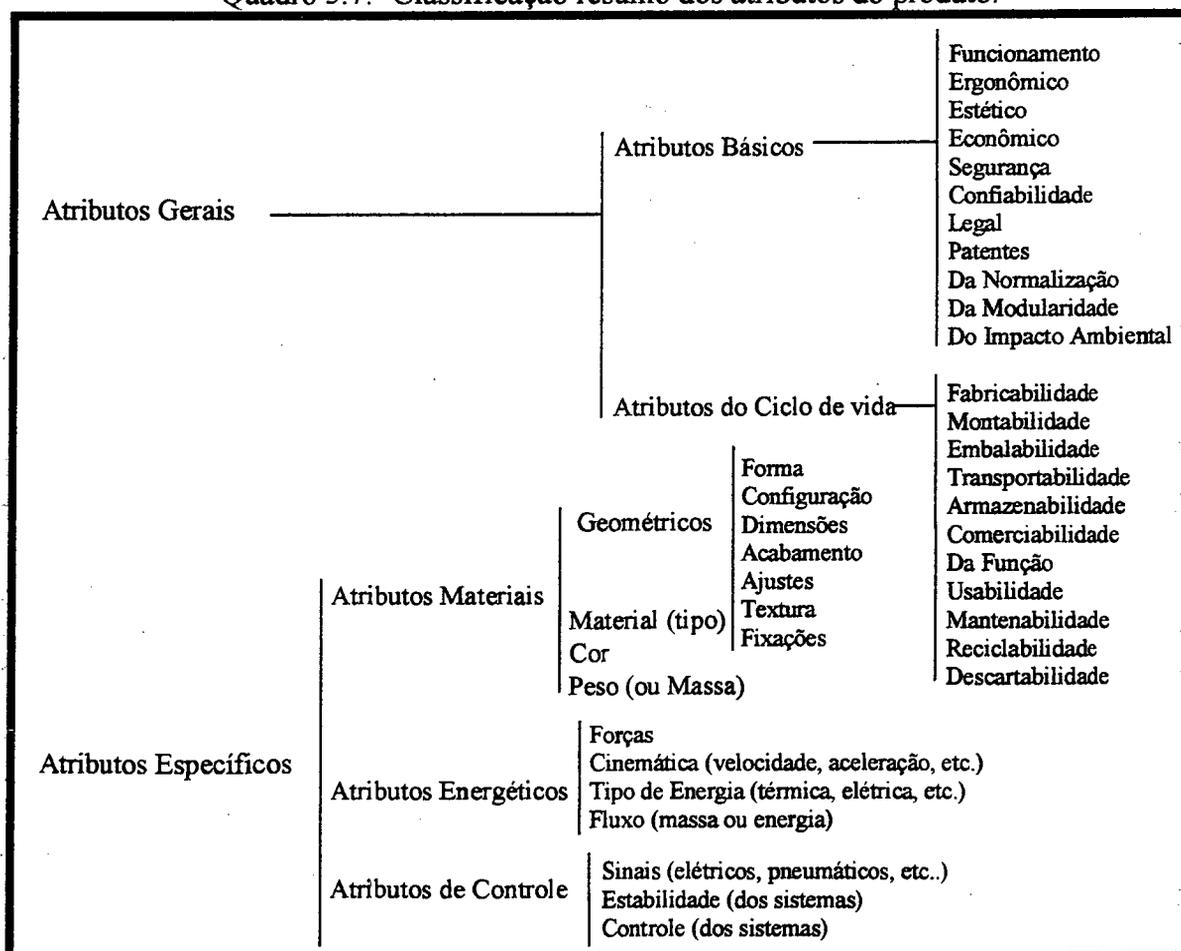
Atributos Específicos	Atributos Materiais	Geométricos	Forma Configuração Dimensões Acabamento Ajustes Textura Fixações
		Material (tipo)	
		Cor Peso (ou Massa)	
	Atributos Energéticos	Forças Cinémática (velocidade, aceleração, etc.) Tipo de Energia (térmica, elétrica, etc.) Fluxo (massa ou energia)	
	Atributos de Controle	Sinais (elétricos, pneumáticos, etc.) Estabilidade (dos sistemas) Controle (dos sistemas)	

Os **atributos específicos** propõe-se sejam classificados em três grupos: material, energia e controle ou sinal, os quais, por sua vez, são subdivididos em outras subcategorias importantes, como geometria, peso, forças, etc.

Os atributos específicos servem para apoiar na definição dos requisitos de projeto. É evidente que o universo dos atributos específicos potenciais resulta na impossibilidade de se considerá-lo na sua totalidade. A classificação exposta no quadro 5.6 deve ser considerada como a proposta mínima, baseada na experiência do autor e nas propostas de "check-lists" mais representativas da literatura, de maneira que permita um guia mínimo durante o projeto informacional, auxiliando na definição dos requisitos de projeto.

Da maneira antes exposta, fica proposta uma ferramenta que permite operacionalizar a captação das necessidades, assim como apoiar as sucessivas transformações que as mesmas sofrem nas diversas etapas do processo de projeto informacional. No quadro 5.7, tem-se um resumo da classificação geral proposta para os atributos do produto.

Quadro 5.7.- Classificação resumo dos atributos do produto.



5.4.- Os atributos do produto na obtenção das especificações de projeto.

O desenvolvimento exposto visa estabelecer as ferramentas de apoio à obtenção sistemática das especificações de projeto, mediante combinações matriciais das diferentes categorias de atributos propostos. Neste sentido, a seguir serão expostas as ferramentas desenvolvidas.

5.4.1.- Matriz de apoio ao levantamento das necessidades.

É conhecida (e abundantemente citada na literatura publicada sobre o tema) a recomendação de consultar os diferentes tipos de clientes, sobretudo os usuários diretos, no momento de levantar as necessidades. Embora seja este o procedimento mais recomendado, existem inúmeros casos onde a equipe de projeto deve, diretamente, levantar as necessidades (ou parte delas), procedimento para o qual não existe, até o presente, uma sistemática adequada.

Atributos básicos do produto

Ciclo de Vida	Funcionamento	Ergonomia	Estética	Econômico	Normalização	Modular
Produção		Ter fácil soldagem.				
Montagem		Ter facilitada a montagem.				
Transporte				Ter facilidade de transporte.		
Armazenagem				Ter facilidade de armazenag.		
Função	Ter porta material. Ter mesa c/port.mat		Ter cor agradável	Ter estrutura leve.		Estrutura mod. resistente.
Uso	Ter mesa mais larga. Ter mesa inclinada. Ter encosto maior.	Ser ergonômica. Não seja dura. Não ter ressaltos.				
Manutenção				Ter facilidade de manutenção.	Ter uniões normalizadas.	

Ser pintada sem desperdício.

Ter mínimo tempo produção

Ter custo mínimo produção.

Fig. 5.4.- Matriz de apoio ao levantamento das necessidades.

Neste sentido, propõe-se o uso do conceito de atributos do produto, estabelecendo uma viagem imaginária pelas fases do ciclo de vida e, em cada fase, levantar as necessidades do projeto auxiliado pelos atributos básicos do produto, usados como lista de apoio ao levantamento das ditas necessidades. Esta viagem imaginária pode ser representada mediante uma matriz, cujas linhas são as fases do ciclo de vida (as definidas para o produto sob análise) e as colunas representadas pelos atributos básicos do produto (também os definidos para o produto

específico) como mostrado na figura 5.4, tomada de um exemplo real, o reprojeto de uma cadeira escolar, [Silva, M. e Belém, M. 2000].

A matriz funciona através de um percurso horizontal; em cada linha da matriz (fase do ciclo de vida, específicas do produto), detendo-se em cada coluna (atributo básico do produto) levantam-se (na interseção) as necessidades associadas à dupla assim conformada (fase do ciclo de vida e atributo básico correspondente). Desta maneira, iniciando o percurso horizontal na linha superior e descendo, linha a linha, a equipe de projeto levanta as necessidades (quantas sejam possíveis levantar em cada dupla de fatores). Em cada interseção deve-se formular as perguntas estimulantes seguintes:

- ◆ Existe (na fase do ciclo de vida que se trata) alguma necessidade associada ao atributo básico da interseção?
- ◆ Qual é esta necessidade?
- ◆ É importante para o sucesso do produto?

Desta maneira vão-se conformando, durante o percurso na matriz, a lista de necessidades levantadas com as perguntas. Durante a procura direta pelas necessidades, a equipe de projeto já pode levantar as mesmas na forma padronizada (diretamente como requisitos de usuário) usando os verbos ser, estar ou ter num caso, ou usando os verbos formadores de funções, em caso de tratar-se de funções.

A matriz de apoio ao levantamento das necessidades, constitui-se numa ferramenta importante no início do processo de projeto e constitui um aporte importante da presente tese.

Nas etapas iniciais, além de ter-se poucos elementos sobre o produto que vai ser projetado, existe pouco apoio metodológico ou sistemático. Usando a matriz de referência, a equipe de projeto tem a possibilidade de fazer uma viagem virtual (detectando necessidades) pelos aspectos mais importantes do produto, arranjados em forma de matriz, conformada pelos aspectos temporais (ciclo de vida), pelos quais o produto deve atravessar durante sua vida vs. os aspectos mais relevantes do mesmo (atributos básicos).

5.4.2.- Matriz de apoio à conversão de requisitos de usuário em requisitos de projeto.

A segunda matriz, neste caso para converter requisitos de usuário em requisitos de projeto, é denominada matriz de apoio à obtenção dos requisitos de projeto.

Na figura 5.5 aparecem os requisitos de usuário (gerados antes na matriz de apoio ao levantamento das necessidades da cadeira escolar), como linhas da matriz, tendo como colunas

os atributos específicos do produto. Os cruzamentos das linhas (requisitos de usuário) com as colunas (atributos específicos), incentivam a equipe de projeto a decidir (estimulados pelos atributos específicos) quais requisitos de projeto (mensuráveis) satisfazem o requisito de usuário da linha, podendo-se gerar o (ou os) correspondente(s) requisito(s) de projeto nas interseções.

Atributos específicos do produto

Requisitos de usuário	Geométricos	Material	Cor	Peso ou massa	Forças	Cinemática	Tipo Energia	Fluxo	Sinais	Estabilidade	Qualidade
Ter fácil soldagem	Reduzir juntas complexas.										
Ser pintada sem desperdícios.	Usar peças similares.										
Ter mínimo tempo de produção.	Elementos normalizados.										
Ter custo mínimo de produção.	Mínimo de peças.										
Ter facilitada a montagem	Reduzir juntas complexas										
Ter facilitado o transporte.	Formas encaixáveis.										
Ter facilitada a armazenagem.	Formas empilháveis.										
Ter porta material cadeira e na mesa.	Usar a estrutura para o porta mat										
Ter cor agradável.		Madeira e tubo aço.	Evitar cores vivas								
Ter estrutura leve.	Estrutura modular simples										
Ter estrutura mod. resistente.	Decidir seções dos tubos.										
Ter mesa e encosto maiores.	Incrementar as áreas de mesa e encosto.										

Fig. 5.5.- Matriz de apoio à conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

Sabe-se que a conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto, constitui-se na primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado. Esta ação definirá parâmetros mensuráveis, associados às características definitivas que terá o produto sob análise, razão pela qual, esta etapa se constitui num momento importante para o processo de projeto em geral. A proposta de usar a matriz de apoio à obtenção dos requisitos de projeto visa estabelecer uma base mínima de atributos mensuráveis, que, evidentemente, poderia ser adequadamente complementada naqueles produtos com características atípicas.

As duas matrizes analisadas se constituem nas ferramentas básicas a serem utilizadas no levantamento das necessidades e no tratamento da informação durante o projeto informacional, visando obter, finalmente, as especificações de projeto.

5.5.- A casa da qualidade.

A casa da qualidade será usada como parte da sistematização proposta, com variantes que permitam avaliar produtos originais desde o seu início; será realizada uma análise do uso desta ferramenta de avaliação. O uso da casa da qualidade visa a estabelecer as relações entre as duas categorias de requisitos obtidas nas etapas anteriores: os requisitos de usuário e os requisitos de projeto, hierarquizando estes últimos, como base das especificações de projeto.

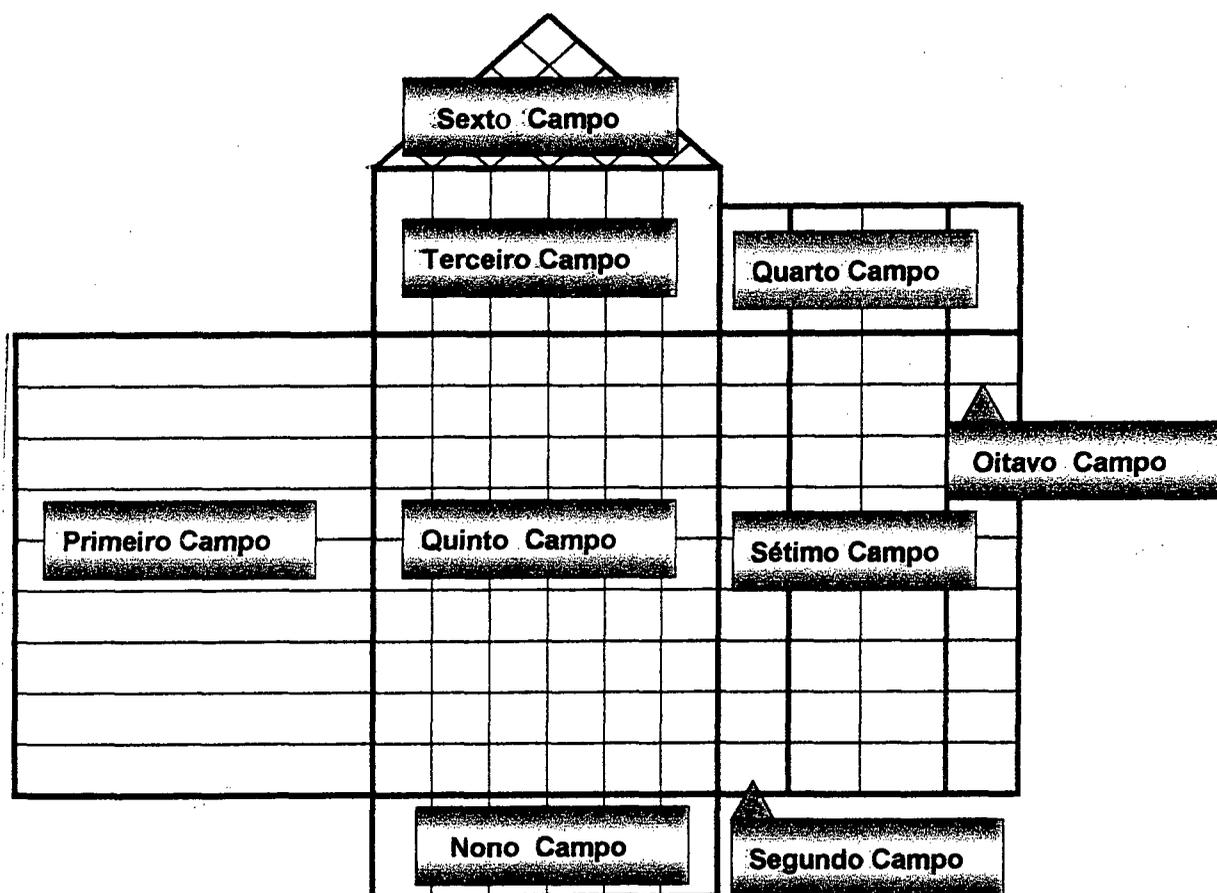


Fig. 5.6.- Casa da qualidade para obter as especificações de projeto.

Para o preenchimento da casa da qualidade recomenda-se constituir uma equipe composta por especialistas das diversas áreas do ciclo de vida (junto aos projetistas), denominada como equipe de engenharia simultânea. No caso em que não for possível constituir esta equipe, é conveniente (como mínimo para a análise dos critérios contidos na matriz principal da casa da qualidade) a presença dos especialistas de marketing que definiram o problema de projeto, assim como dos especialistas das áreas de produção, montagem e manutenção da empresa produtora.

O formato da casa da qualidade recomendado aparece na figura 5.6, passando-se a expor a maneira de preenche-la, usando a informação obtida.

- No primeiro campo da figura 5.6, conhecido como linhas da casa da qualidade, se situam os requisitos de usuário, classificados segundo a fase do ciclo de vida.
- O segundo campo corresponde à avaliação quantitativa de cada requisito de usuário, numa escala 0-100, segundo a sua importância, a ser preenchida pela equipe multidisciplinar formada, levando em conta as opiniões dos clientes.
- No terceiro campo (as colunas), situam-se os requisitos de projeto obtidos.
- O quarto campo, serve para situar os produtos concorrentes identificados.
- O quinto campo, é a matriz principal e nela são feitas as avaliações entre os requisitos de usuário e os requisitos de projeto, numa escala quantitativa (0-1-3-5).

O como fazer as avaliações na matriz principal, por representarem uns dos trabalhos mais importantes da casa da qualidade, será analisado brevemente na seqüência.

Os requisitos de usuário, segundo a sistematização proposta, precedem os requisitos de projeto, sendo ambos avaliados na matriz principal. É claro que o maior relacionamento se dará entre aqueles requisitos de usuário e os correspondentes requisitos de projeto a que dão origem (relação causal); porém, existem determinadas relações entre requisitos de usuário e de projeto, que não estão associados a esta relação causal, mas, a outros aspectos característicos do produto. Há ocasiões em que este relacionamento não causal constitui um fator básico na hierarquização dos requisitos de projeto. É o caso de um requisito de projeto que, pela sua importância, relaciona-se com todos (ou com quase todos) os requisitos de usuário.

As avaliações quantitativas são expressas em escalas de relacionamento, mediante números ou símbolos (aos quais corresponderá um determinado valor) associados ao peso do relacionamento, a ser situado no ponto de interseção entre os requisitos na matriz principal. Este valor varia segundo diversos critérios expostos na literatura sobre o tema [Clausing, D. 1994], [Ullman, D. 1992], [Akao, Y. 1990], [King, B. 1989]. [Hauser, J. R. e Clausing, D. 1988].

A um forte relacionamento corresponde uma avaliação máxima, recomendando-se somente para aqueles relacionamentos que não deixem nenhuma dúvida de sua relação causal ou de seu evidente relacionamento forte. Uma regra a seguir é:

Todo requisito de projeto relaciona-se, fortemente, com aquele(s) requisito(s) de usuário que o originaram.

Os relacionamentos não causais, vão depender dos critérios adotados em consenso da equipe de projeto e em qualquer caso dependem da experiência dos envolvidos no trabalho. As avaliações dos relacionamentos, entre os requisitos de usuário e de projeto, é de responsabilidade e deverá ser de consenso da equipe de projeto e forma parte dos aspectos relativos ao conhecimento sobre o produto sob análise.

- **O sexto campo é o teto da casa da qualidade e nele são feitas as avaliações entre os próprios requisitos de projeto.**

As avaliações podem ser do tipo “quando se incrementa um deles o outro também se incrementa”, ou do tipo “quando se incrementa um deles o outro diminui”; em ambos os casos, estas avaliações podem ser, pela sua vez, fortes ou normais; estas quatro possibilidades de avaliação, somadas à avaliação “nenhum relacionamento”, conformam os cinco tipos de avaliações no teto da casa da qualidade. Isto influi na hierarquização final, que vai se constituir num compromisso entre os requisitos de projeto. Denomina-se “relação positiva” aquele relacionamento entre os requisitos de projeto que se incrementam simultaneamente e “negativa” aquele relacionamento onde, quando um deles cresce, o outro diminui ou são conflitantes.

As avaliações contidas no teto da casa da qualidade podem ser incorporadas às avaliações da hierarquia principal. Em [Ogliari, A. 1999] propõe-se um algoritmo para introduzir as avaliações do teto na hierarquia final, concluindo com duas hierarquias diferenciadas:

- **Levando em conta somente as avaliações da matriz principal;**
- **Levando em conta as avaliações da matriz principal, incluindo as avaliações do teto.**

Na presente pesquisa, a implementação computacional feita inclui o algoritmo do teto da casa da qualidade, utilizando-se, adicionalmente, um outro algoritmo que introduz a avaliação da matriz secundária (dos produtos concorrentes) na hierarquização final, com o qual (usando os dois algoritmos, o do teto e o da matriz da concorrência) é possível obter, quatro hierarquizações diferentes dos requisitos de projeto.

- **O sétimo campo é usado para avaliar os relacionamentos entre os requisitos de usuário e os produtos concorrentes. É a denominada matriz secundária da casa da qualidade. Na implementação computacional deste trabalho, propõe-se um algoritmo que incorpora o critério da avaliação dos concorrentes na hierarquização dos requisitos de projeto, possibilitando obter, assim, duas hierarquizações adicionais.**

Os produtos concorrentes foram definidos no início da fase de projeto informacional; o trabalho é avaliar cada requisito de usuário frente a cada produto concorrente; deve-se avaliar como o produto concorrente sob análise, satisfaz o requisito de usuário sendo analisado.

Naqueles casos em que o produto concorrente atende, de alguma maneira, ao requisito de usuário, será a vez de fazer uma avaliação forte, média ou fraca, segundo seja o caso; em caso de que o produto concorrente não atenda o requisito de usuário, não existirá avaliação. Da mesma forma que nas avaliações da matriz principal, as avaliações da matriz secundária utilizarão símbolos similares na matriz, as quais também devem ser feitas pelo consenso da equipe de projeto, baseado no conhecimento das características dos produtos concorrentes selecionados e na experiência dos projetistas, numa escala (0-1-3-5), igual ao da matriz principal.

- **Finalmente, o nono campo, serve para preencher os resultados das avaliações e definir as hierarquias dos requisitos de projeto, sempre baseadas nas avaliações da matriz principal (com ou sem as avaliações do teto e, com ou sem as avaliações contidas na matriz secundária).**

A **hierarquia dos requisitos de projeto** é o **resultado final** das avaliações efetuadas na casa da qualidade e darão elementos fundamentais para a posterior definição das especificações de projeto. Baseado em trabalhos elaborados anteriormente no NeDIP [Ogliari, A. 1999] e como parte da implementação computacional para este trabalho, foi desenvolvido, em Delphi, um “software” específico para a casa da qualidade, que possibilita uma interface amigável com o usuário projetista.

Como a casa da qualidade possibilita a obtenção das quatro hierarquias, cabe à equipe de projeto decidir uma hierarquia final dos requisitos de projeto. Com esta finalidade é que se propõe a sistemática apresentada a seguir.

5.6.- Seleção das especificações de projeto finais como resultado da casa da qualidade.

Existe uma diferença entre requisitos de projeto e especificações de projeto; os requisitos de projeto são expressões mensuráveis de atributos específicos do produto que ainda não definem os alvos a serem atingidos durante o projeto, nem definem objetivos concretos, menos ainda as restrições que devem atender. As especificações de projeto devem conter, em cada especificação, os alvos a serem atingidos (dimensionais), de maneira que se constituam no guia de trabalho; devem conter, adicionalmente, os objetivos e as restrições, se estas existirem.

De qualquer maneira, a base fundamental das especificações de projeto são os próprios requisitos de projeto. Visando a definição das especificações, a equipe de projeto baseia-se nas quatro hierarquizações decorrentes da casa da qualidade.

Cada hierarquização é uma lista com uma ordem hierárquica diferente, dos mesmos requisitos de projeto. A proposta é dividir cada hierarquização, em três conjuntos, segundo a ordem de importância dos requisitos de projeto, dentro de cada lista.

- o primeiro conjunto, dos **requisitos de projeto mais importantes**, corresponde aos requisitos de projeto melhores colocados na ordem hierárquica em cada lista (no caso de existirem doze requisitos, seriam os quatro primeiros colocados).
- o segundo conjunto, correspondente a um terço dos **requisitos de projeto importantes seguintes**, na lista de requisitos (os quatro seguintes no caso de existirem um total de doze requisitos) e
- o terceiro conjunto, correspondente aos **requisitos de projeto menos importantes finais** em cada lista (os últimos quatro requisitos do exemplo analisado com doze requisitos).

Desta maneira existirão três conjuntos de requisitos de projeto para cada lista hierarquizada (os mais importantes, os importantes e os menos importantes). Isto permite comparar os conjuntos de requisitos de projeto com seus similares, nas diferentes hierarquizações. Na comparação, por exemplo, se nos primeiros conjuntos (os primeiros das listas existentes) os requisitos de projeto se mantêm, praticamente, os mesmos, é sinal de que o trabalho realizado tem consistência.

Se no conjunto dos requisitos de projeto mais importantes (primeiros conjuntos das quatro hierarquias), como exemplo, a maioria deles mantêm-se (dentro dos primeiros conjuntos, nas quatro listas, mesmo com mudanças na posição de algum requisito dentro do conjunto), significa que existem poucas contradições entre as hierarquias obtidas e o trabalho também tem validade. Neste caso, pode-se tomar para a hierarquização final, uma média das hierarquizações, ou decidir a mesma por consenso da equipe de projeto.

No caso de existirem grandes discrepâncias na posição hierárquica dos requisitos de projeto (nas quatro listas hierárquicas) deve-se revisar o trabalho da casa da qualidade, assim como o peso da importância de cada requisito de usuário, reiniciando o trabalho de avaliações.

Definida a hierarquização final dos requisitos de projeto, chegou-se ao ponto de definir as especificações de projeto. Cada requisito definido deve ser completado com:

- parâmetro alvo a ser atingido pelo requisito, no projeto, a fabricação ou funcionamento;
- a avaliação que se propõe estabelecer para verificar o cumprimento do alvo definido e
- aqueles aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

Desta maneira, as especificações de projeto se constituem nos requisitos obtidos pela hierarquia final da casa da qualidade, que incluem a definição dos alvos ou metas, os elementos

de avaliação para atingir os alvos e da definição dos elementos que devem ser evitados para o adequado atendimento do requisito.

Durante o desenvolvimento do sistema computacional foram preparados dispositivos para facilitar esta proposta, que será exposta em detalhes adicionais no estudo de caso. No exemplo selecionado para o estudo de caso e visando obter as especificações de projeto, somente serão avaliadas duas hierarquizações diferentes decorrentes da casa da qualidade, visando uma simplificação da exposição.

5.7.- Conclusões.

Foram expostas as pesquisas que levaram a propor o modelo da espiral do desenvolvimento como apoio à visualização do processo de desenvolvimento dos produtos industriais, que mostra, graficamente, o relacionamento entre as fases do processo de projeto, e o ciclo de vida do produto. Foi desenvolvido o conceito de atributos do produto e proposta a sua classificação; foi destacada sua importância para levantar e tratar necessidades e requisitos através de duas matrizes: uma delas usada para apoiar o levantamento das necessidades e a outra, utilizada para apoiar a conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

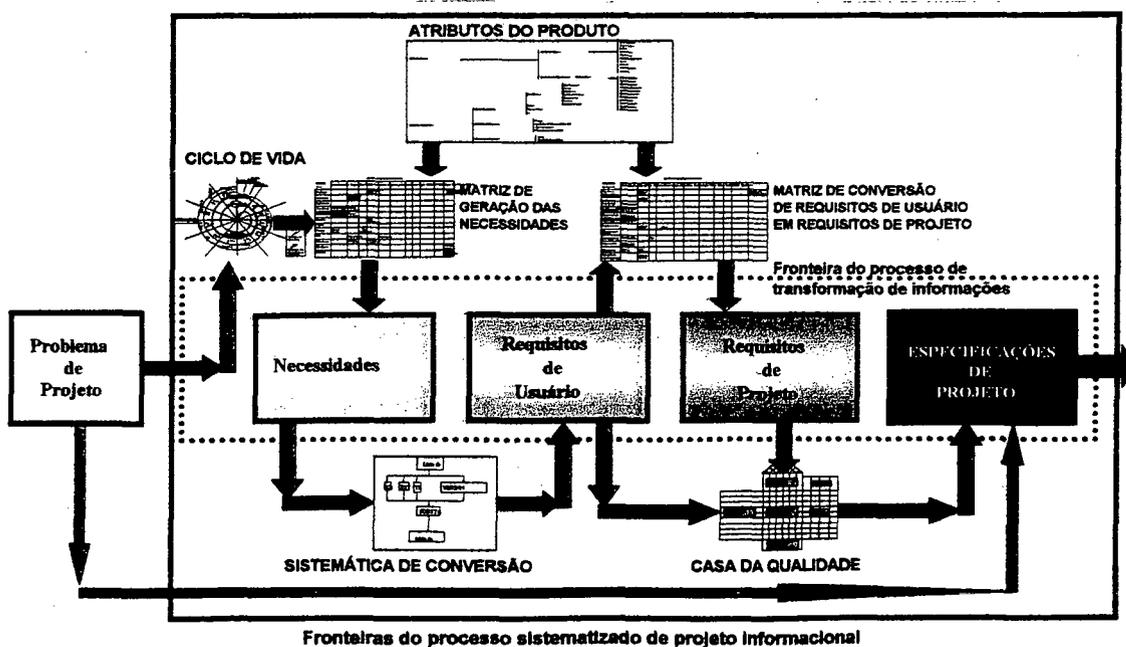


Fig. 5.7.- Resumo gráfico da sistematização proposta.

Foi analisada, adicionalmente, outra ferramenta útil para o projeto informacional, a casa da qualidade, sobre a qual se aprofundou no seu uso e seu preenchimento, decorrente da qual

podem ser obtidas quatro hierarquizações diferentes dos requisitos de projeto. Finalmente, foi proposta uma sistemática para avaliar as várias hierarquizações resultantes da casa da qualidade

Na figura 5.7, aparece um enfoque gráfico da sistematização do processo de transformação da informação, incluindo a seqüência do uso das ferramentas propostas.

Na figura 5.8, mostra-se a seqüência de etapas da metodologia proposta, junto com as principais ferramentas que podem ser aplicadas em cada etapa do projeto informacional.

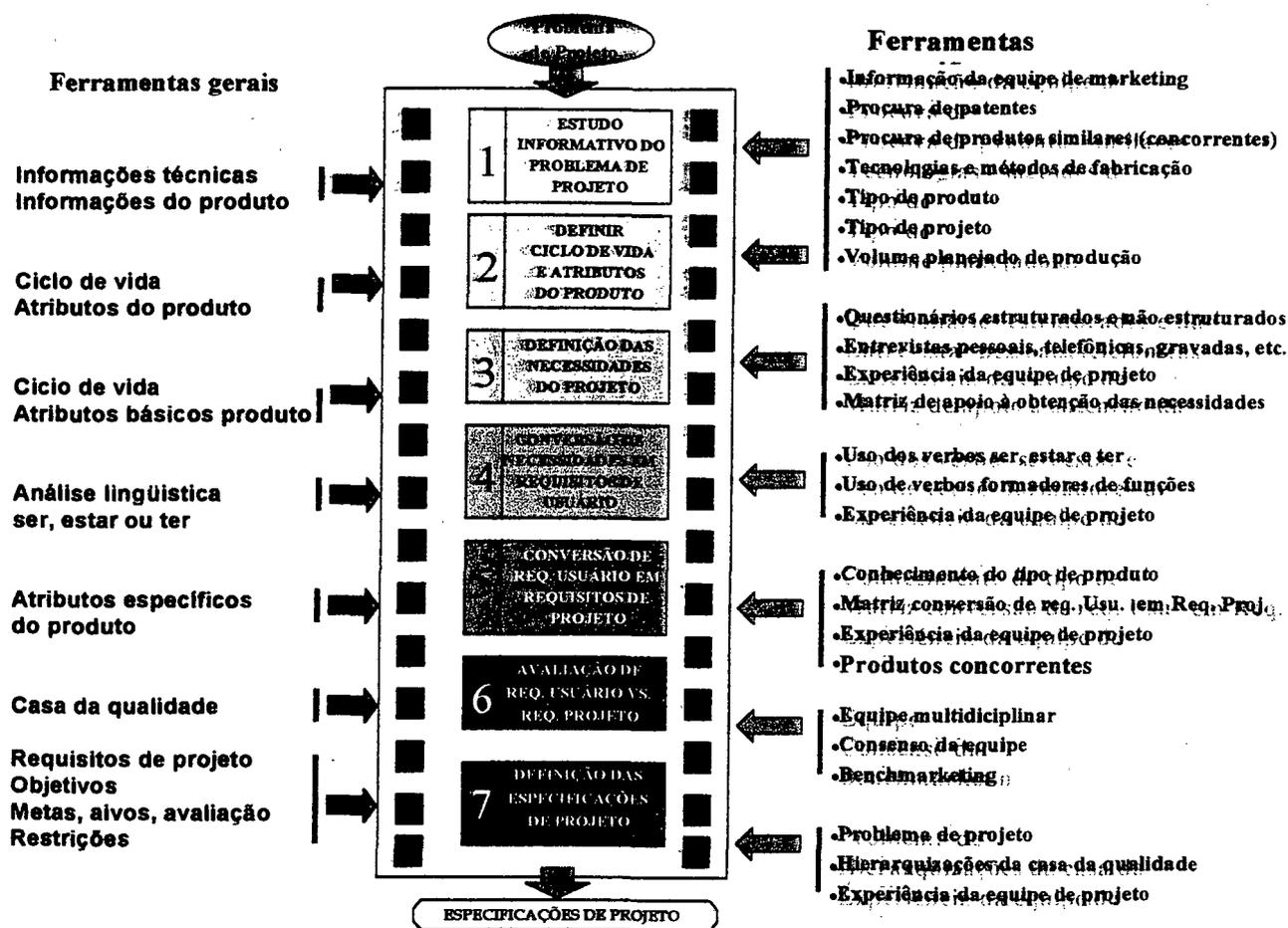


Fig. 5.8. Seqüência metodológica e ferramentas de apoio.

*"Temos que admitir que somente dentro de certos limites as máquinas podem substituir os escravos."
[Illich, I. 1973]*

CAPÍTULO VI

SISTEMA DE APOIO À OBTENÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS: PROTÓTIPO COMPUTACIONAL.

6.1.- Abordagem computacional para a obtenção das especificações de projeto de produtos industriais.

Um dos objetivos da metodologia como disciplina está relacionado com a possibilidade de implementar, computacionalmente, a seqüência resultante do trabalho de elaboração metodológica. Normalmente, aquela seqüência é traduzível em algoritmos apropriados à linguagem do computador. Por outro lado, o resultado das pesquisas efetuadas durante a elaboração da metodologia, permite, mediante um trabalho conjunto com especialistas da computação, conformar um sistema que inclua os conhecimentos e regras resultantes do trabalho de elaboração da metodologia, deixando encapsulados dentro do sistema os conhecimentos e as ferramentas desenvolvidas, para serem usados na prática profissional por aqueles que explorem o sistema computacional elaborado.

No presente capítulo, serão expostas as bases da implementação computacional, na forma de um protótipo de sistema para obter as especificações de projeto. A filosofia de execução do protótipo implementado foi direcionada para que o sistema computacional seja usado, futuramente, através de um servidor da Internet, onde possa ser livremente acessado pelos usuários potenciais.

6.2.- Sistema computacional.

O objetivo é elaborar um sistema computacional interativo que guie os projetistas, estabelecendo um ambiente de engenharia simultânea nas etapas da metodologia proposta.

Parte-se do pressuposto de que o sistema será de auxílio a equipes de projeto ou a escritórios de projeto, assim como a projetistas individuais e a estudantes de projeto, que

precisem de um guia para esta fase do processo de projeto. Tal é o caso dos escritórios de projeto dos países em vias de desenvolvimento ou projetistas individuais de pequenas empresas de produção, que precisem da informação metodológica contida no sistema desenvolvido.

Este direcionamento implica em providenciar as ferramentas necessárias para um adequado levantamento das necessidades de projeto, sem utilizar os custosos mecanismos de consulta direta a clientes e usuários, suprimindo dentro do sistema computacional um ambiente que simule a engenharia simultânea.

Os escritórios de projeto das grandes empresas produtoras poderiam também utilizar o sistema que se apresenta sem restrições de nenhum tipo; o sistema foi desenvolvido para o caso mais geral do projeto de produtos industriais, incluindo a consulta aos clientes, somente que, a implementação computacional foi resolvida em nível de protótipo.

Apresenta-se, na continuação, as principais características funcionais do programa, com a aplicação das seguintes técnicas computacionais:

- **Programação visual;**
- **Programação orientada a objetos e**
- **Base de dados.**

Para elaborar uma ferramenta computacional que responda às exigências estabelecidas, deve-se iniciar com uma análise sobre as tendências e trabalhos executados na área de apoio computacional à execução das especificações de projeto de produtos industriais. Verifica-se, ainda, a necessidade de estabelecer uma estrutura, que capture a metodologia proposta e a traduza em modelos computacionais. Associado a isto, deve-se identificar quais serão as melhores ferramentas para a colocação em prática da implementação de um programa que atenda as características desejadas. Em linhas gerais, estas ferramentas devem possibilitar a manipulação e o armazenamento de informações qualitativas, na forma de textos ("strings").

Foram consultados os trabalhos seguintes: o SADEPRO (Sistema Auxiliado por Computador para Desenvolvimento de Produtos Industriais) [Fiod Neto, M. 1993], e o WINSAPPI (Sistema de Apoio ao Projeto de Produtos Industriais) [Silva, J.S. 1995]. Ambos os programas citados traduzem, através de funcionalidades e ambientes computacionais, metodologias clássicas de apoio às fases iniciais do projeto do produto.

Considerando a fase de início do processo de projeto, foram analisados também os programas DEFNEC (Programa de apoio à definição de necessidades de projeto) e QFD (Programa da "Casa da Qualidade"), tendo sido desenvolvidos no NeDIP/EMC/UFSC, por

André Ogliari [Ogliari, A. 1999], nos quais implementaram-se métodos específicos para o estabelecimento das informações iniciais de projeto, como o método do questionário estruturado, direcionado à captação das necessidades do projeto dos diferentes clientes. Baseado no anterior e por tratar-se de um outro trabalho do mesmo grupo de pesquisa, na presente implementação computacional foi enfatizada a linha tendente à criação de ferramentas, fundamentalmente, de apoio ao levantamento das necessidades, diretamente pelos projetistas.

Os programas consultados caracterizam-se, em linhas gerais, por ambientes computacionais que orientam e conduzem o projetista desde o início do projeto, conforme uma metodologia de projeto determinada. Caracterizam-se também pela configuração do tipo banco de dados para o levantamento das informações iniciais de projeto.

Considerando os programas analisados e seguindo os objetivos deste trabalho, verifica-se que o desenvolvimento da ferramenta computacional para a elaboração das especificações de projeto deve atender os seguintes requisitos:

- **Apresentar interfaces agradáveis que mostrem claramente a evolução das informações de projeto ao serem geradas;**
- **Apresentar recursos para a recuperação e o armazenamento de registros de projeto em tempo de execução;**
- **Ser flexível para atender a diferentes tipos de projeto e tipos de produtos e**
- **Possibilitar a manipulação de informações de projeto, na forma de textos ou declarações dos usuários e do projetista.**

Para o desenvolvimento de ferramentas computacionais que atendam aos requisitos anteriormente enumerados (e que implementem as características da metodologia para a elaboração das especificações de projeto) foram escolhidas duas tecnologias específicas de grande utilização e, principalmente, pela facilidade no manuseio: Borland Delphi 3 e sistema Paradox de Banco de Dados [Borland Dephi, D.Guide, 1997].

Entre as linguagens visuais possíveis, poucas são tão adequadas à execução do protótipo do sistema quanto o Delphi. O Delphi tem um compilador capaz de gerar código diretamente executável pelo Windows, proporcionando uma velocidade de execução de 5 a 20 vezes maior que as linguagens interpretadas. Além disso, vem também com um gerenciador de banco de dados completo (neste caso, utilizou-se o padrão Paradox). O tempo de desenvolvimento do sistema é reduzido a uma fração do tempo que seria necessário usando outras linguagens, com um resultado superior.

Com estas ferramentas de implementação, observa-se as seguintes vantagens:

- O Delphi possui ferramentas de desenvolvimento bem definidas, como “templates” e “experts” de aplicações e formulários;
- tempo de implementação reduzido;
- possibilidade de manipular informações qualitativas (textos, símbolos, declarações) e
- As ferramentas citadas já vêm sendo utilizadas em outros trabalhos de pós graduação no Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP/EMC/UFSC), onde o presente trabalho foi desenvolvido.

6.3.- Estrutura do sistema computacional.

A informatização facilita a interação projetista – projeto, diminuindo o tempo de projeto e aumentando a eficácia do resultado final do mesmo. O Sistema de Apoio à Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais, SEPI, aqui proposto, visa a estabelecer um elo de ligação entre a metodologia anteriormente proposta e o desenvolvimento prático na obtenção e tratamento de necessidades e requisitos, com a finalidade de se obter as especificações de projeto de produtos industriais. Conforme os objetivos do trabalho apresentados, propôs-se a estrutura da Figura 6.1, para implementar o SEPI.

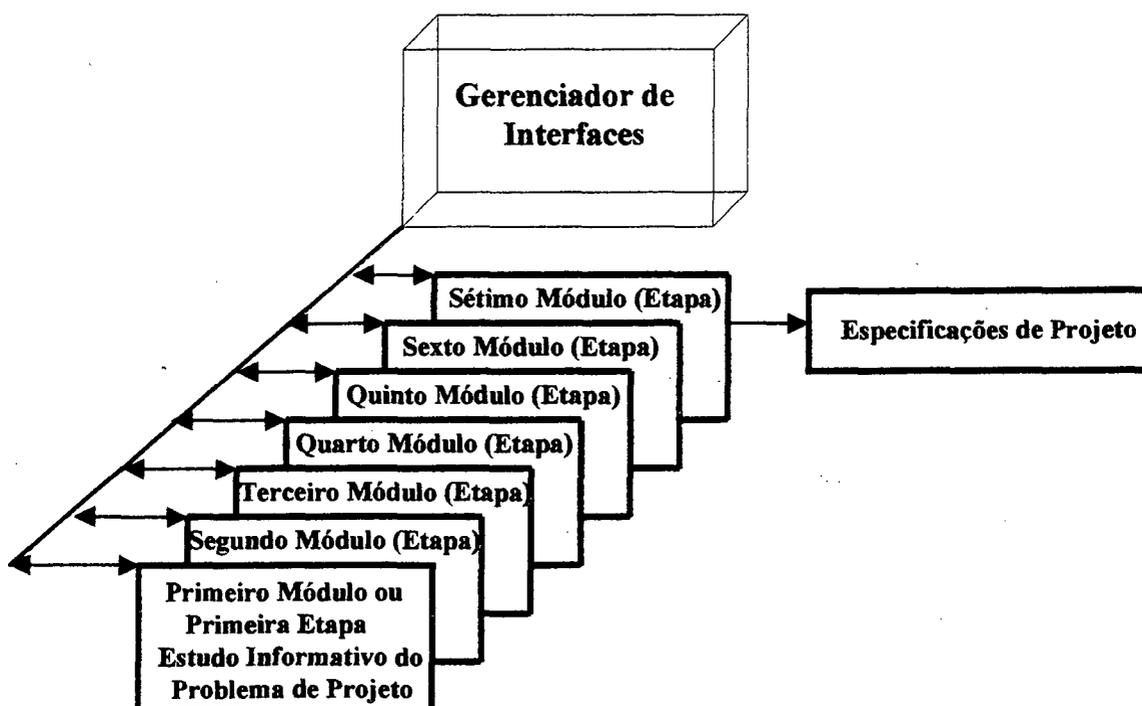


Fig. 6.1. – Estrutura geral do SEPI.

De acordo com a figura 6.1, o sistema proposto consiste de um gerenciador de interfaces que controla a comunicação (troca) de dados entre as mesmas. Esta troca de dados se faz basicamente por arquivos e tabelas, desconsiderando ligações entre elas através de código computacional. Desta forma, erros e implementações são tratados localmente sem afetar sua estrutura geral. A possibilidade de implementação de novos módulos fica facilitada, podendo-se embutí-los em qualquer ponto da estrutura, para dar seguimento à seqüência metodológica proposta. Esta técnica de implementação representa uma importante característica da programação orientada a objetos. Cada módulo do programa (ou interface) corresponde a determinadas atividades do projetista, conforme a metodologia proposta.

O sistema tem sete módulos, que coincidem com as sete etapas da metodologia, cada um dos quais tem os seus próprios objetivos e ferramentas que serão descritas a seguir.

6.4.- Primeiro Módulo: Procura de informação.

O projeto se inicia partindo de um problema de projeto; este aponta a direção de procura pela informação sobre o produto que vai ser projetado. Como foi exposto no capítulo IV, o projetista deve, inicialmente, realizar o estudo informativo do problema de projeto, visando entendê-lo, analisá-lo e complementá-lo.

A proposta é estabelecer um sistema computacional de apoio ao projetista neste primeiro módulo, que permita acessar e capturar a informação relevante (usando a Internet) e estabelecer algoritmos que vinculem a informação que deve ser alimentada ao sistema, com a informação que vai sendo adquirida através do mesmo.

O sistema está preparado, dentro do primeiro módulo, para dar apoio ao projetista na procura de informação, em três vias fundamentais:

- **Procura por patentes relacionadas ao produto que vai ser projetado;**
- **Procura por produtos similares, potencialmente concorrentes e**
- **Procura pelas melhores tecnologias produtivas para a fabricação do produto.**

O sistema possui uma interface de apresentação, na figura 6.2, na qual aparecem, na parte superior esquerda, os ícones para abrir novo projeto, consultar projetos anteriores ou sair do sistema, além de um ícone para aclarar dúvidas, na direita; também contém os menus “Arquivo”, “Projeto” e “Sobre”, nos quais pode-se clicar, obtendo os correspondentes novos menus da maneira convencional.



Fig. 6.2.- Interface de apresentação do protótipo de sistema computacional.



Fig. 6.3.-Interface para fornecer os códigos identificadores de um novo projeto.

Para iniciar e codificar um novo projeto, tem-se a interface mostrada na figura 6.3. Através desta interface pode-se denominar e armazenar projetos ou recuperar dados sobre projetos anteriormente armazenados.

Na interface seguinte o projetista pode digitar dados gerais sobre o projeto, ou seja a apresentação do problema de projeto como mostra a figura 6.4. Para orientar a busca de informações sobre o problema de projeto pode-se estabelecer bases de dados, que quando são fornecidos dados típicos do projeto em estudo, obtém-se indicações ou orientações sobre a busca de informações.

Na figura 6.5 tem-se a interface na qual se pode alimentar dados que orientam a busca de informações sobre o projeto. Nesta figura os dados a serem fornecidos são: tipo de projeto; tipo de produto e tipo de produção a ser usado no problema em desenvolvimento (exemplo: projeto original, bens de capital, máquinas industriais e individual).

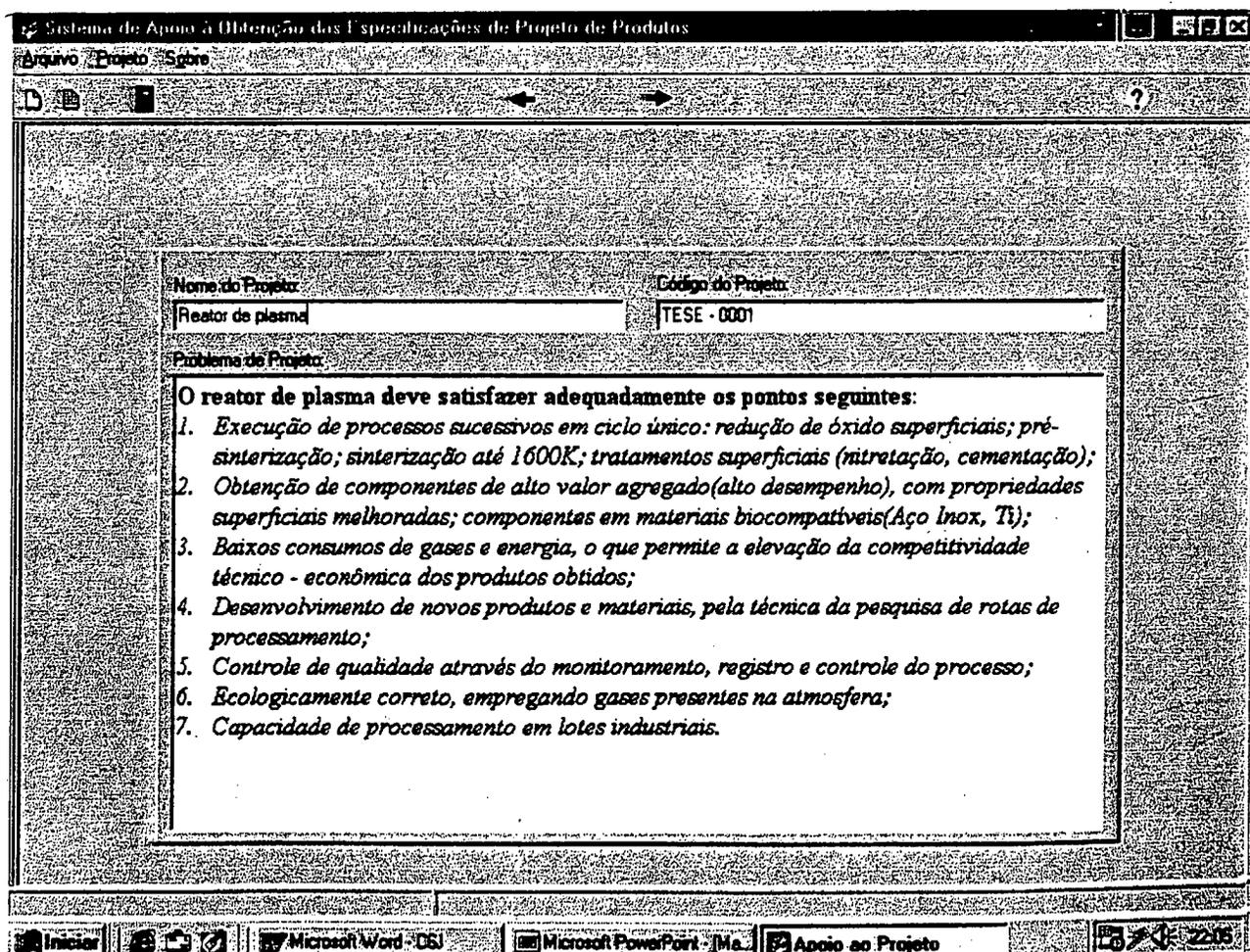


Fig. 6.4.- Entrada dos dados iniciais do projeto.

A interface mostrada na figura 6.5, permite orientar o sistema em duas direções:

- ◆ Criação de um arquivo contendo as informações desta tela, que serão usadas posteriormente.
- ◆ Possibilita a execução de dois algoritmos dentro do sistema:
 - O primeiro algoritmo auxilia na procura de informação relacionada ao produto que vai ser projetado, sugerindo “sites” para pesquisa na Internet onde procurar informações em bancos de dados, bancos de patentes, sugerindo possíveis produtos similares, empresas fabricantes e tecnologias usadas em produtos similares.
 - Um segundo algoritmo pode sugerir o ciclo de vida e os atributos básicos que poderão ser usados nas etapas sucessivas, no problema em desenvolvimento.

The image shows a screenshot of a software application window titled "Sistema de Apoio à Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos". The window has a menu bar with "Arquivo", "Projeto", and "Sobre". The main content area is divided into three sections:

- Tipo de Projeto:** Contains four radio buttons: "Projeto de Desenvolvimento" (unchecked), "Projeto Original" (checked), "Re-Projeto" (unchecked), and "Projeto Adaptativo" (unchecked).
- Tipo de Produto:** Contains two main categories: "Bens de Capital" (checked) and "Bens de Consumo" (unchecked). Under "Bens de Capital", there are radio buttons for "Máquinas Agrícolas" (unchecked), "Máquinas Industriais" (checked), "Equipamentos de Transporte" (unchecked), and "Máquinas de Construção" (unchecked). There is also a "Outros" label followed by a text input field. Under "Bens de Consumo", there are radio buttons for "Eletrodomésticos" (unchecked), "Eletrônicos" (unchecked), "Brinquedos" (unchecked), and "Móveis" (unchecked).
- Tipo de Produção:** Contains four radio buttons: "Individual" (checked), "Pequena Série" (unchecked), "Série" (unchecked), and "Massiva" (unchecked).

The taskbar at the bottom shows the "Iniciar" button, several application icons, and the following text: "Microsoft Word - [6]", "Microsoft PowerPoint - [Ma]", "Apoio ao Projeto", and a clock showing "22:40".

Fig. 6.5.- Interface de entrada de dados ao sistema computacional.

Usando um algoritmo baseado no esquema da figura 6.6, o sistema compara os dados de entrada da interface mostrada na figura 6.5, com a correspondente base de dados e determina as

características do projeto em desenvolvimento. Com o resultado obtido, o sistema inicia uma interação através de duas interfaces:

- a primeira, com a lista de endereços (Internet) ou locais onde se pode encontrar informações relevantes (patentes, fabricantes e tecnologia), como mostra a figura 6.7. Com um clique duplo no *mouse*, sobre o endereço de Internet proposto, um pequeno browser é aberto diretamente, onde se pode salvar e carregar páginas em HTML).
- outra interface (figura 6.10, analisada mais adiante), pode propor à equipe de projeto as fases do ciclo de vida e os atributos do produto sob estudo.

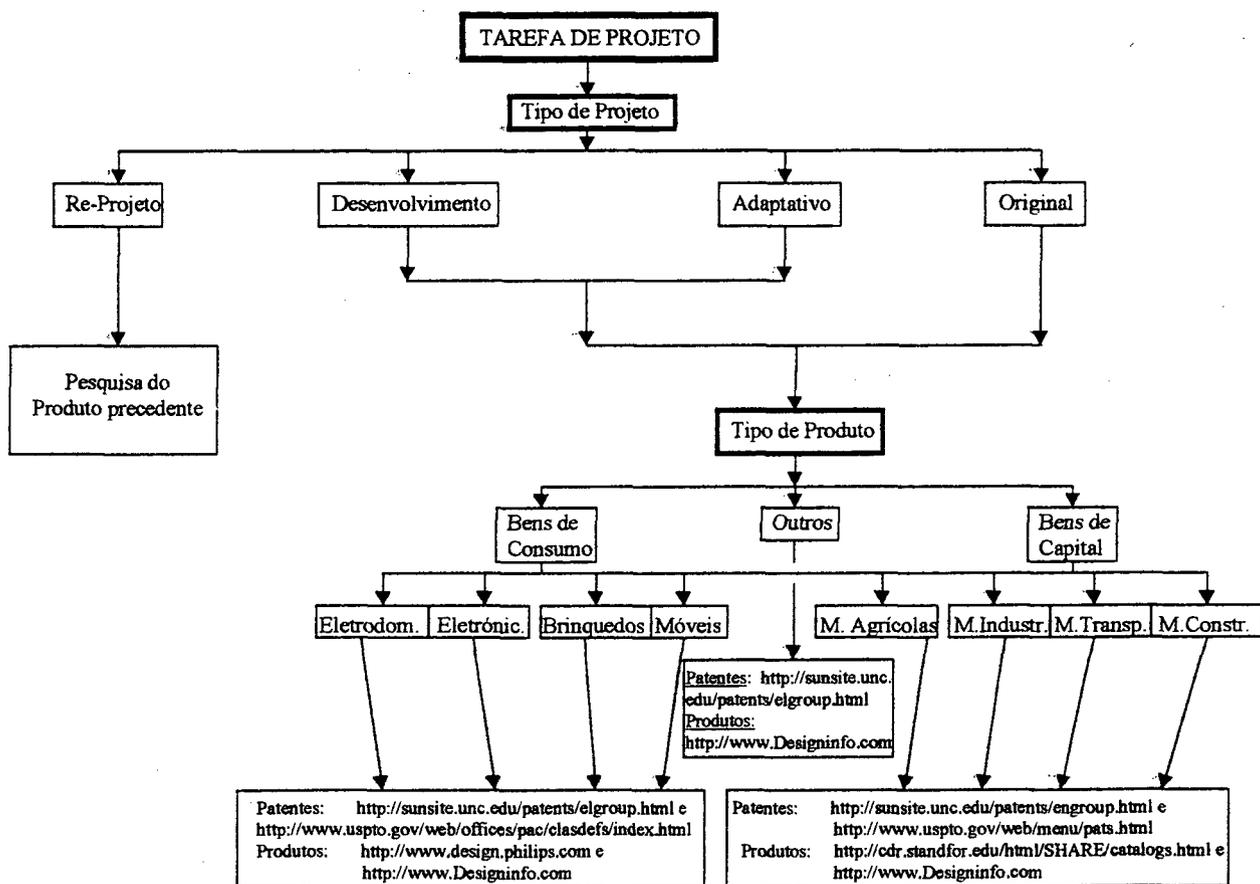


Fig. 6.6.- Esquema básico de algoritmo para propor endereços eletrônicos para a procura de informações iniciais sobre o problema de projeto.

As sugestões de: endereços para pesquisa por informações sobre o problema de projeto; ciclos de vida de produtos e atributos típicos, devem ser considerados como pontos de partida para o trabalho em desenvolvimento. Estas sugestões do sistema computacional deverão ser submetidas à avaliação da equipe de projeto, que por consenso pode aceitar ou não dependendo

do caso particular. A base de conhecimento para o processamento destes algoritmos foi parcialmente implementado e sugere-se que seja ampliada a sua implementação para domínios específicos de produtos.

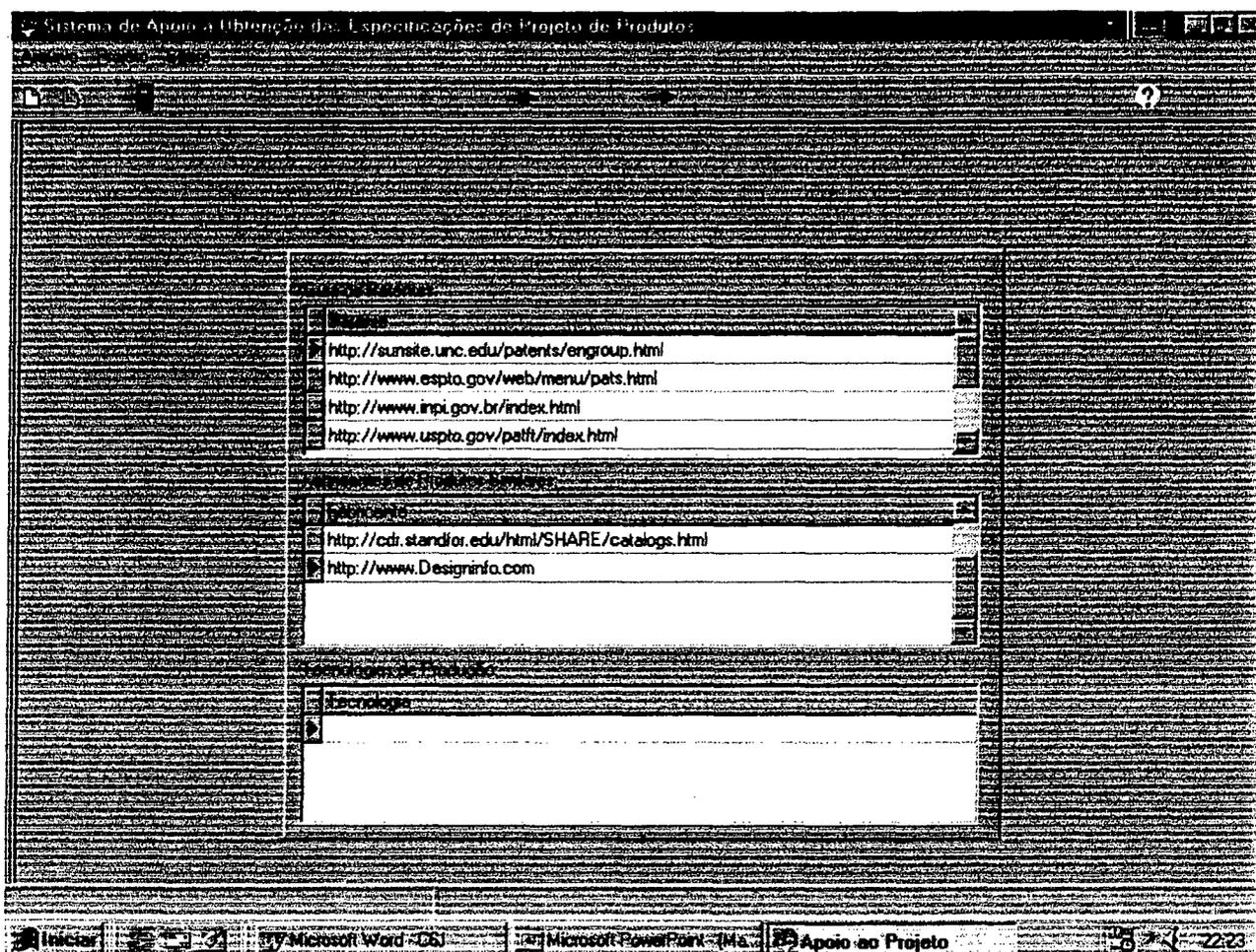


Fig. 6.7.- Interface com sugestões de endereços para pesquisa (para Internet).

Como um resumo do trabalho do primeiro módulo, o sistema oferece outra interface, para a confirmação de dados. As informações de projeto coletadas são introduzidas pela equipe de projeto no sistema, através da tela da figura 6.8, onde os dados são salvos em uma Base de Dados. Nesta, interface a equipe de projeto digitará os dados disponíveis nos campos vazios.

Os novos dados devem levar em conta tanto o conteúdo do problema de projeto (refletindo os interesses do promotor ou da equipe de marketing), como da procura informativa executada através da Internet ou, por decisão da equipe de projeto, outra via qualquer, como catálogos, propaganda, etc.

O primeiro módulo do sistema é introdutório e apoia, parcialmente, a procura pela informação, visando à obtenção da maior quantidade de dados existentes sobre o produto.

Sistema de Apoio à Elaboração das Especificações de Projeto de Produtos

Arquivo Projeto Espetro

Produtos Concorrentes

Protótipo de reator de Plasma da UFSC

Tecnologia Básica de Produção

Usinagem, estampagem, soldagem e fundição.

Objetivos do Projeto

Construir um reator de plasma pouco ionizado, de uma escala semi-industrial, através do qual definir os parâmetros principais para a construção de um produto final de aplicação industrial, para ser usado como processador de materiais, com a finalidade de sinterizar, nitretar e cementar diversos materiais.

Restrições

1) O investimento deve ser compatível com retorno.
2) Deve existir compatibilidade técnico-econômica para tratar lotes de peças.

Metas

1. Execução de processos sucessivos em ciclo único: redução de óxido superficiais; pré-sinterização; sinterização até 1600K; tratamentos superficiais (nitretação, cementação);
2. Obtenção de componentes de alto valor agregado (alto desempenho), com propriedades superficiais melhoradas; componentes em materiais biocompatíveis (Aço Inox, Ti);
3. Baixos consumos de gases e energia, o que permite a

Desajustes Explícitos

Contidos nas metas e restrições.

Iniciar Microsoft Word - GGJ Microsoft PowerPoint - [Ma... Apoio ao Projeto

Fig. 6.8.- Resumo da pesquisa informativa. O projetista preenche.

6.5.- Segundo Módulo: Definição do ciclo de vida e dos atributos do produto.

A etapa seguinte é a definição do ciclo de vida e dos atributos básicos do produto, os quais serão utilizados posteriormente como base do trabalho de levantamento das necessidades.

Como já foi mencionado no item anterior partindo dos dados da interface da figura 6.5, o sistema dispara um algoritmo, baseado na figura 6.9, que propõe um ciclo de vida e os atributos básicos do produto. Estas propostas são avaliadas pela equipe de projeto, a qual pode, na própria interface, adicionar ou apagar diretamente qualquer dado proposto, interagindo com a interface, conforme mostrado na figura 6.10.

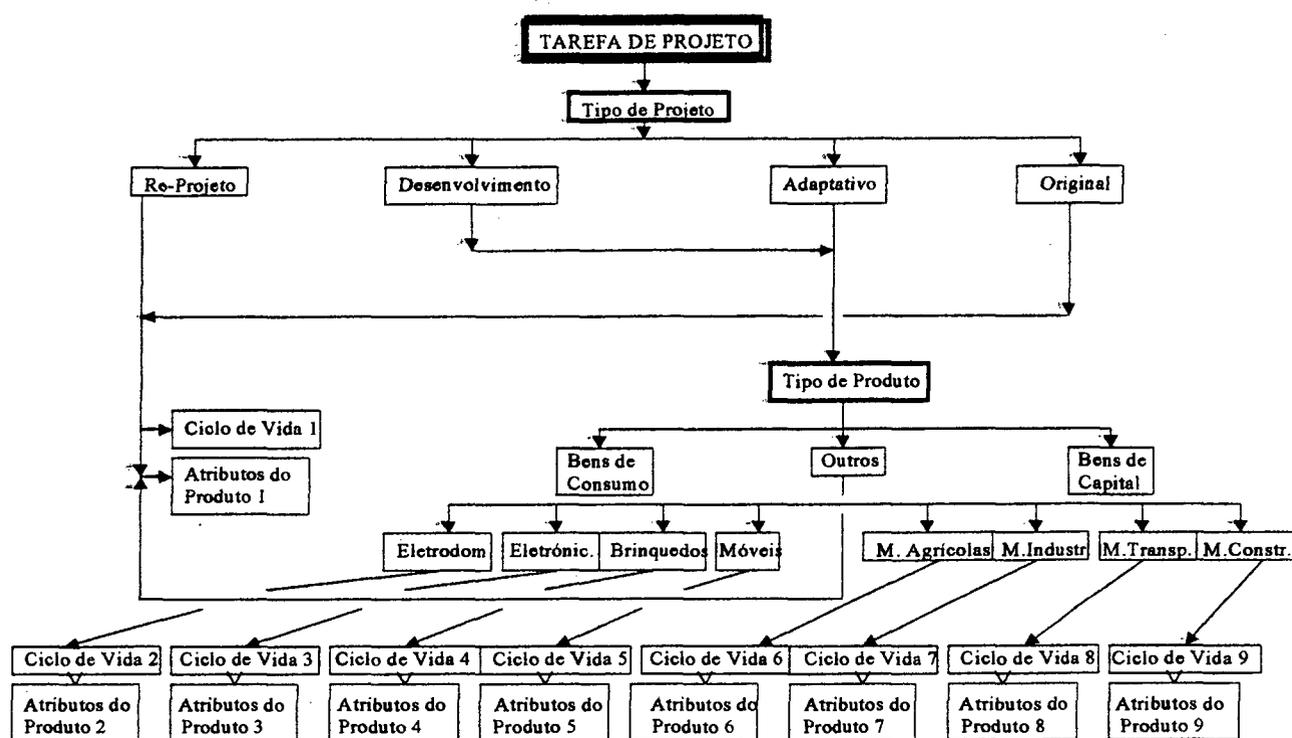


Fig. 6.9.- Esquema básico para elaboração do algoritmo que propõe fases do ciclo de vida e atributos básicos do produto.

A proposta deve ser adequadamente analisada pela equipe de projeto, pois tanto o ciclo de vida como os atributos básicos do produto, serão a base do processo de levantamento das necessidades. Ao ser definido o ciclo de vida, ficam também definidos os clientes, segundo a sua posição na espiral do desenvolvimento da figura 5.3. Definido o ciclo de vida, clientes do projeto e os atributos básicos do produto, conclui-se a segunda etapa da metodologia e o segundo módulo do sistema.

6.6.- Terceiro Módulo: Definição das necessidades do projeto.

Existem duas vias para o levantamento das necessidades, segundo o exposto na metodologia:

- **Primeiro caso:** consultando os clientes externos, internos e intermediários ou
- **Segundo caso:** a equipe de projeto define, diretamente, as necessidades do projeto.

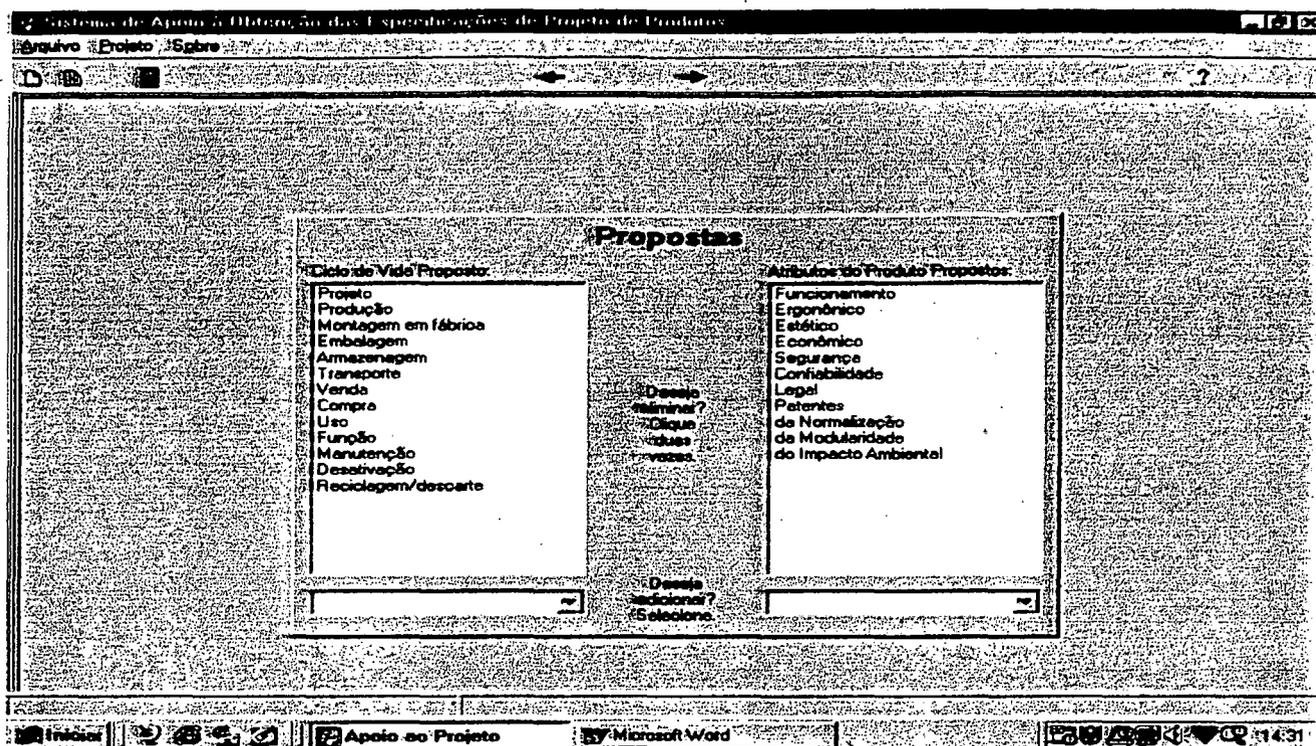


Fig.6.10.- Proposta de ciclo de vida e de atributos para o problema de projeto.

Em ambos os casos, os projetistas são auxiliados pela denominada matriz de apoio ao levantamento das necessidades; como foi exposto no capítulo anterior, esta matriz está configurada pelas fases do ciclo de vida, como linhas e os atributos básicos do produto, como colunas. Na interface computacional, no entanto e para dar maior facilidade à equipe de projeto, esta matriz é composta por várias páginas: uma para cada fase do ciclo de vida; e, por esta razão, se trabalhará com cada fase do ciclo de vida através de uma página individual. Em cada uma destas páginas, os atributos básicos do produto serão as colunas, como mostrado na figura 6.11.

Cada fase do ciclo de vida definida, pode ser selecionada clicando nos botões inferiores da interface. As colunas são formadas pelos atributos básicos do produto, nos quais se digita, diretamente, as necessidades da correspondente fase do produto na forma de requisito de usuário. Para o caso de consulta aos clientes, se digita uma letra X na interseção do ciclo de vida vs. atributo básico e, acionando a tecla "gerar questionário" (na própria interface de figura 6.11), se obtém o correspondente questionário estruturado, exemplo do qual aparece na interface da figura 6.12. Este questionário é usado para consultar diretamente, via mail ou via fax, os diferentes clientes que foram definidos na etapa anterior, ao definir-se as fases do ciclo de vida e sua posição na espiral do desenvolvimento. O sistema tem o respectivo dispositivo que imprime

o questionário. No anexo I aparecem os questionários propostos para estes casos, os quais estão armazenados numa base de dados do sistema.

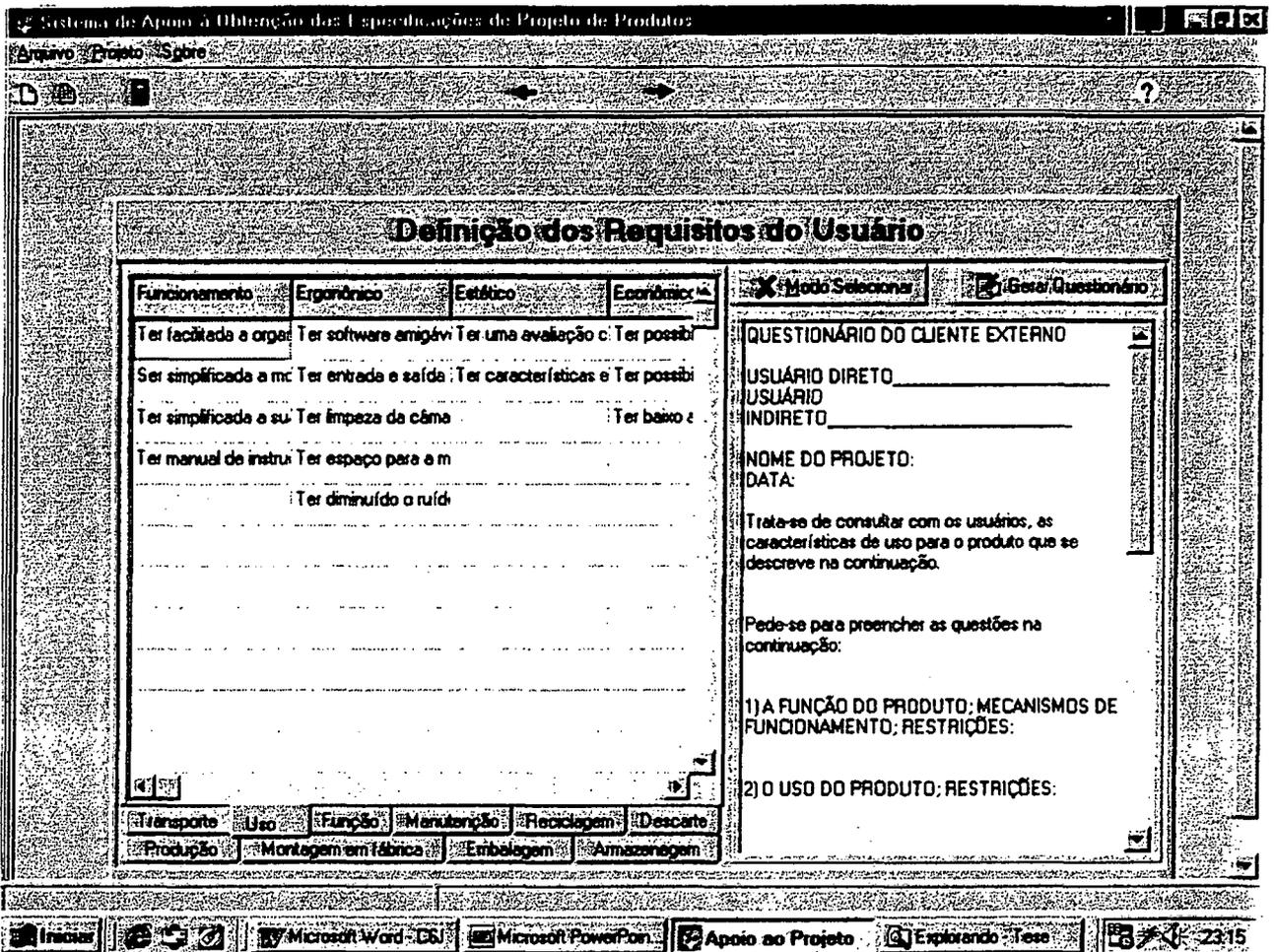


Fig. 6.11.- Levantamento das necessidades em cada fase do ciclo de vida.

Para o caso da definição das necessidades, diretamente pela equipe de projeto, basta clicar sobre uma das células (interseções) da interface da figura 6.11 e aparecerá a possibilidade de digitar, diretamente, a (as) necessidade(s) decidida(s) pela equipe de projeto.

A definição direta das necessidades é estimulada pelas questões que aparecem na caixa à direita da interface da figura 6.11 e, em qualquer caso, deve ser a equipe de projeto quem decide quais se aplicam ao problema em desenvolvimento. Esta etapa se constitui no ponto mais importante da metodologia proposta, pois é neste momento onde se gera a informação inicial, que servirá de base para o trabalho de projeto.

Sistema de Apoio à Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos

Arquivo Projeto Sobre

Projeto - Relatório

Salvar Imprimir e-mail Salvar

QUESTIONÁRIO DO CLIENTE EXTERNO

USUÁRIO DIRETO _____

USUÁRIO INDIRETO _____

NOME DO PROJETO: _____

DATA: _____

Trata-se de consultar com os usuários, as características de uso para o produto que se descreve na continuação.

Pede-se para preencher as questões na continuação:

1) A FUNÇÃO DO PRODUTO; MECANISMOS DE FUNCIONAMENTO; RESTRIÇÕES.

2) O USO DO PRODUTO; RESTRIÇÕES.

Produção Montagem em fábrica Embalagem Armazenagem

Iniciante Microsoft Word - DS1 Microsoft PowerPon... Apoio ao Projeto Explorando - Tese 23:40

Fig. 6.12.- Clicando na tecla "Gerar relatório" da figura 6.11, aparece o questionário estruturado que deve ser submetido aos clientes da fase do ciclo de vida em questão.

Uma vez levantadas as necessidades, usando as interfaces para cada fase do ciclo de vida, estas mostram-se, resumidas, numa outra interface resumo que aparece na figura 6.13; nesta nova interface aparecem organizadas as necessidades, na janela correspondente à fase do ciclo de vida de origem.

Para o caso de geração das necessidades diretamente pela equipe de projeto, estas devem ser expressas na forma padronizada descrita no capítulo 4, como requisitos de usuário, usando os verbos ser, estar ou ter, pois as mesmas se constituem em consensos evidentes da equipe de projeto que as formulara.

Neste ponto, conclui-se a terceira etapa da metodologia proposta, isto é, completou-se o levantamento das necessidades do problema em estudo.

Sistema de Apoio à Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos

Arquivo Projeto Siga

Requisitos do Usuário

Produção <input checked="" type="checkbox"/> Ter conexões fixas padronizadas <input checked="" type="checkbox"/> Ter filosofia de componente base	Montagem em fábrica <input checked="" type="checkbox"/> Ter uso preferencial de encaixes	Embalagem <input checked="" type="checkbox"/> Ser compacto <input checked="" type="checkbox"/> Ser dividido em módulos
Armazenagem 	Transporte <input checked="" type="checkbox"/> Ter estrutura transportável	Uso <input checked="" type="checkbox"/> Ter facilitada a organização de us <input checked="" type="checkbox"/> Ser simplificada a movimentaç <input checked="" type="checkbox"/> Ter simplificada a sua program <input checked="" type="checkbox"/> Ter manual de instruções <input checked="" type="checkbox"/> Ter software amigável <input checked="" type="checkbox"/> Ter entrada e saída de materi
Função <input checked="" type="checkbox"/> Ter homogeneidade no tratam <input checked="" type="checkbox"/> Ter ciclos programáveis <input checked="" type="checkbox"/> Ter monitoramento e controle <input checked="" type="checkbox"/> Ter uma adequada dissipação <input checked="" type="checkbox"/> Ter possibilidade de manipular <input checked="" type="checkbox"/> Ter baixo tempo de tratam	Manutenção <input checked="" type="checkbox"/> Ser facilitado o acesso aos senso <input checked="" type="checkbox"/> Ter minimizado o uso de ferramen <input checked="" type="checkbox"/> Ter facilidade de substituição de <input checked="" type="checkbox"/> Ter taxa de falhas mínima	Reciclagem <input checked="" type="checkbox"/> Ser composto por materiais recicl
Descarte <input checked="" type="checkbox"/> Ser composto por materiais reutiliz <input checked="" type="checkbox"/> Ser composto por materiais atóxic		

Iniciar [] [] [] Microsoft Word - C61 Microsoft PowerPon... Apoio ao Projeto Explorando - Teste 2253

Fig. 6.13.- Resumo das necessidades na forma de requisitos de usuário.

6.7.- Quarto Módulo: Conversão de necessidades em requisitos de usuário.

No caso de serem usados os questionários de consulta estes, com as respostas prontas dos clientes, devem ser analisados pela equipe de projeto, agrupando as necessidades detectadas, conforme as fases do ciclo de vida de procedência, visando converter por consenso, as necessidades captadas dos questionários em requisitos de usuário na forma padronizada.

Para traduzir estas necessidades em requisitos de usuário, (no caso de usar os questionários estruturados) é necessário digitá-las diretamente na tela. A equipe de projeto redige, na forma padronizada, (usando os verbos ser, estar ou ter, ou usando os verbos formadores de funções) os correspondentes requisitos de usuário como tradução das necessidades contidas nas respostas dos questionários, apoiada nas facilidades da interface da figura 6.13. Marcando, através da caixa que aparece na esquerda do requisito de usuário, são selecionados aqueles requisitos de usuário válidos para o problema, que vão, então, diretamente às linhas da casa da qualidade.

Mediante um clique no botão direito do “mouse” no espaço em branco (da fase do ciclo de vida da interface na figura 6.13), aparece um menu onde pode-se escolher as alternativas “inserir”, “excluir” ou “editar”, como mostra a figura 6.14.

Esta interface é usada para adicionar, apagar ou editar algum requisito de usuário. No caso de adicionar um requisito de usuário, então também é necessário relacionar este requisito ao ciclo de vida de onde procedeu a necessidade e, também, o correspondente atributo do produto. A interface da figura 6.15, mostra a forma de introduzir estes dados no sistema.

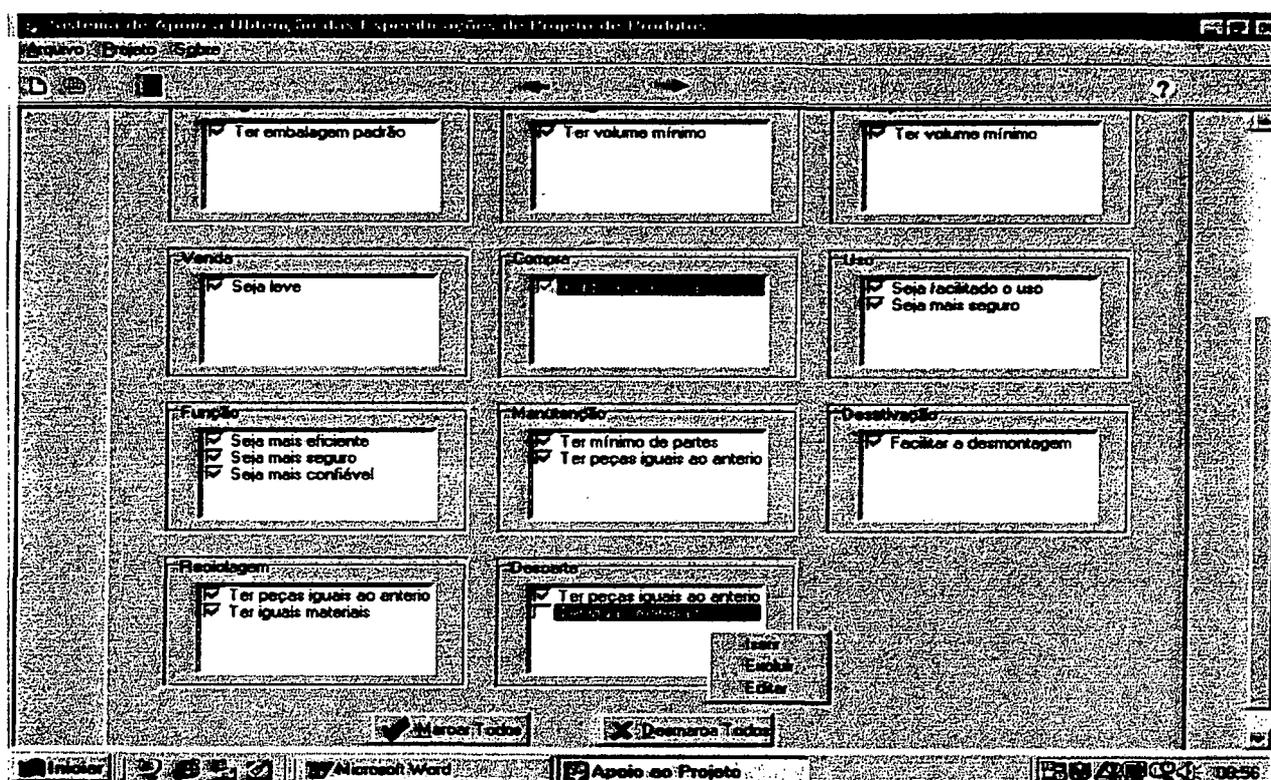


Fig. 6.14.- Menu na fase de “Descarte” do ciclo de vida.

Este procedimento de introdução dos requisitos de usuários no sistema computacional, mostrado na figura 6.15, é o mesmo para os dois casos expostos anteriormente. No primeiro caso é efetuado o levantamento das necessidades através de questionários e estas traduzidas para os requisitos de usuários e em seguida introduzidos no sistema. No segundo caso a equipe de projeto define, diretamente, os requisitos de usuários, e os introduz na forma padronizada no sistema computacional.

As interfaces das figuras 6.13 à 6.15, funcionam como apoio à conversão das necessidades em requisitos de usuário. Terminando esta parte do trabalho, conclui-se a quarta etapa da metodologia, ou seja o módulo de introdução dos requisitos de usuários.

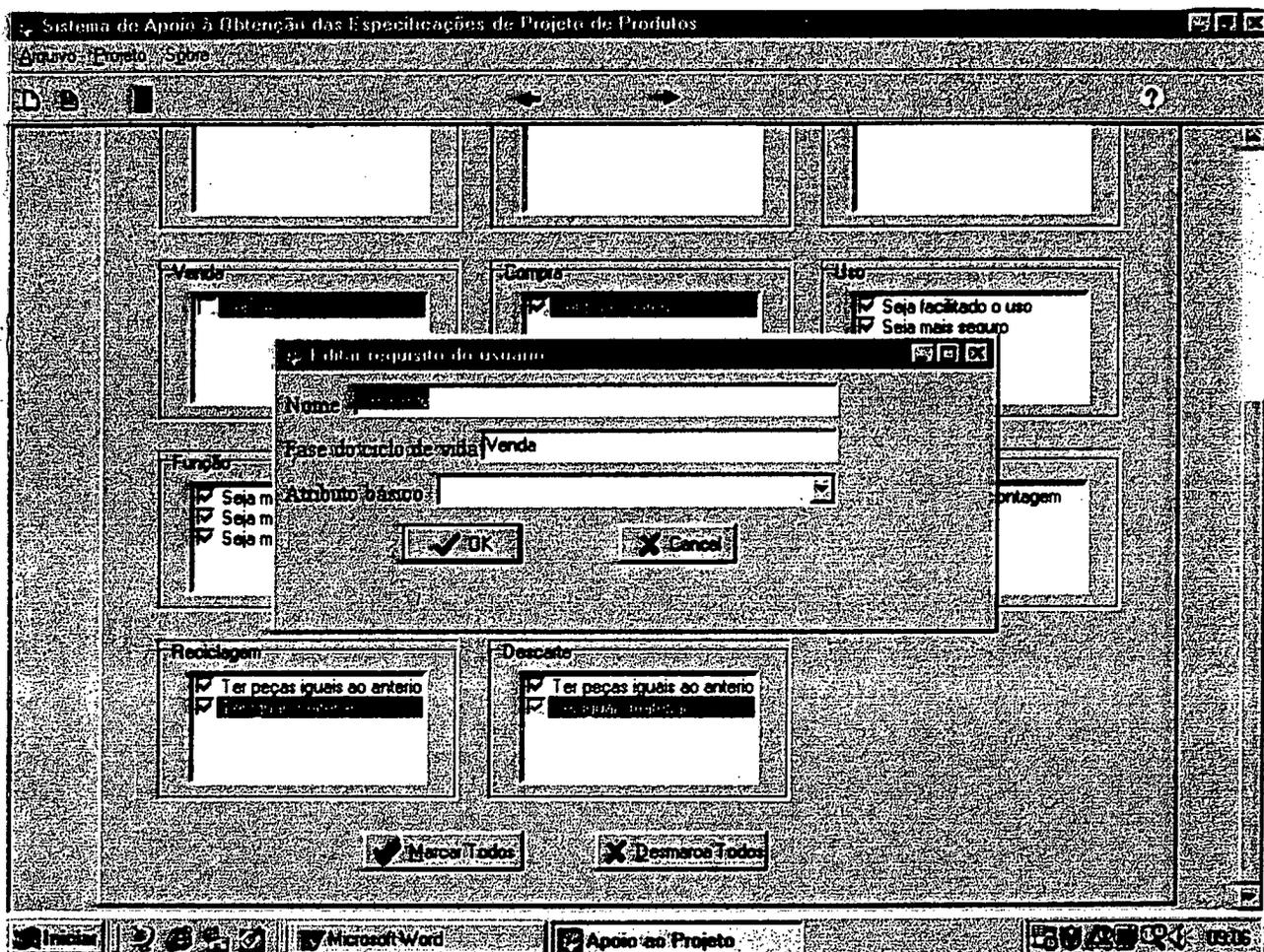


Fig. 6.15.- Interface para introduzir ou editar requisitos de usuário.

6.8.- Quinto Módulo: Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

Este módulo, apoia-se na denominada matriz de conversão de requisitos de usuário em requisitos de projeto, configurando-se para esta finalidade uma tela como a mostrada na figura 6.16.

Para montar esta tela poderia ser consultada uma base de dados para facilitar a conversão dos requisitos de usuários em requisitos de projeto. Estes requisitos de projeto, da base de dados, poderiam ser relacionados a necessidades típicas e às fases do ciclo de vida ou aos atributos.

Como mostra a interface da figura 6.16 tem-se na primeira coluna os requisitos dos usuários e nas demais colunas os atributos específicos como anteriormente definidos. Na

interseção das linhas dos requisitos de usuários com as colunas correspondentes aos atributos específicos do produto, são introduzidos os requisitos de projeto, que se constituem nos elementos ou parâmetros dimensionais, formais, ou de funcionamento do produto. Estes são os resultados da conversão dos “o *ques*” (os requisitos de usuários) em “os *comos*” (requisitos de projeto).

Req. do Usuário / Atrib. específicos	Geométricos	Materiais	Cor	Peso ou massa	Forças	Geração
Ter baixo consumo de componentes tendo	Elementos recicláveis					
Ter robustez	Materiais robô					
Ter acomodação pronta para o cliente	Espaço físico de					
Ter proteção contra sobrecarga						
Ter baixo aquecimento da fonte						
Ter vedação robusta	Sistema de s					
Ter segurança contra explosão de Câmara	Sistema de v					
Ter segurança no sistema elétrico de potência						
Ter máxima proteção contra o vazamento	Sistema de vedação					

Fig. 6.16.- Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

Usando esta matriz de conversão, cada requisito de usuário é confrontado com os atributos específicos do produto (Quadro 5.6) contidos nas colunas, como mostra a figura 6.16. Neste confronto, usando ou não uma base de dados de requisitos de projeto típicos, as necessidades, ou melhor os requisitos de clientes e de usuários são transformados ou traduzidos para parâmetros físicos do produto ou seja, os requisitos de projeto.

Na parte superior da tela, acima da matriz (figura 6.16), aparecem a fase do ciclo de vida e o atributo básico correspondentes da célula ou interseção da matriz sendo analisada.

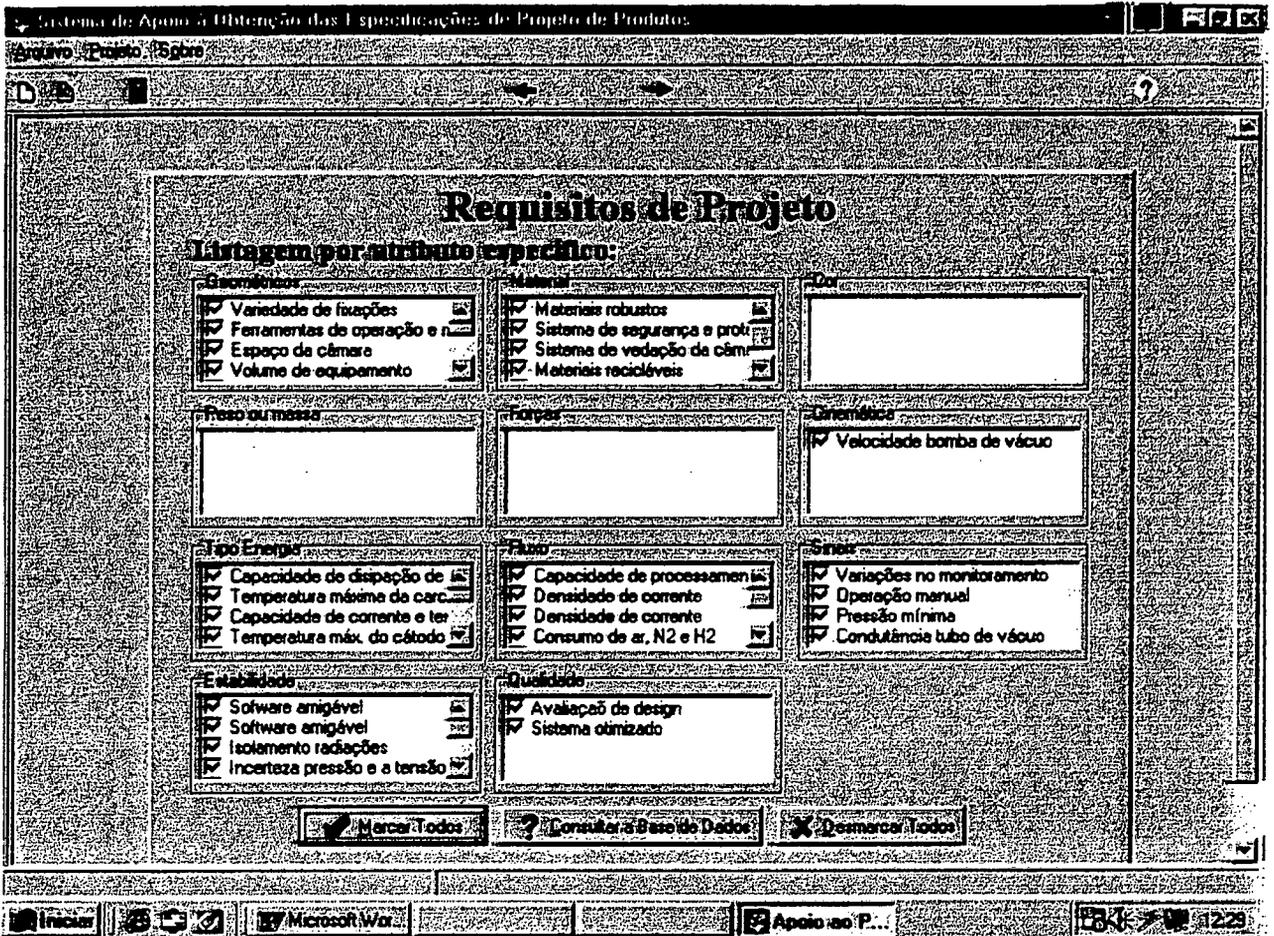


Fig. 6.17.- Resumo dos requisitos de projeto. Se adicionam ou eliminam requisitos de projeto.

Como mostra a interface na figura 6.17, os requisitos de projeto introduzidos e aprovados por consenso da equipe de projeto devem ser confirmados ou marcados. Os requisitos de usuário confirmados, mostrados a figura 6.13, são transferidos para as linhas da casa da qualidade (os *oques*). Os requisitos de projeto confirmados, como mostrados na figura 6.17, farão parte das colunas da casa da qualidade (os *comos*).

6.9.- Sexto Módulo: Avaliação dos requisitos de usuários vs. requisitos de projeto. Módulo da casa da qualidade.

Para a casa da qualidade tem-se uma implementação computacional simples e direta. Na interface da figura 6.18, os requisitos de usuário e os requisitos de projeto aparecem já digitados e prontos, como resultados das decisões tomadas anteriormente nos módulos quarto e quinto, descritos nos itens anteriores

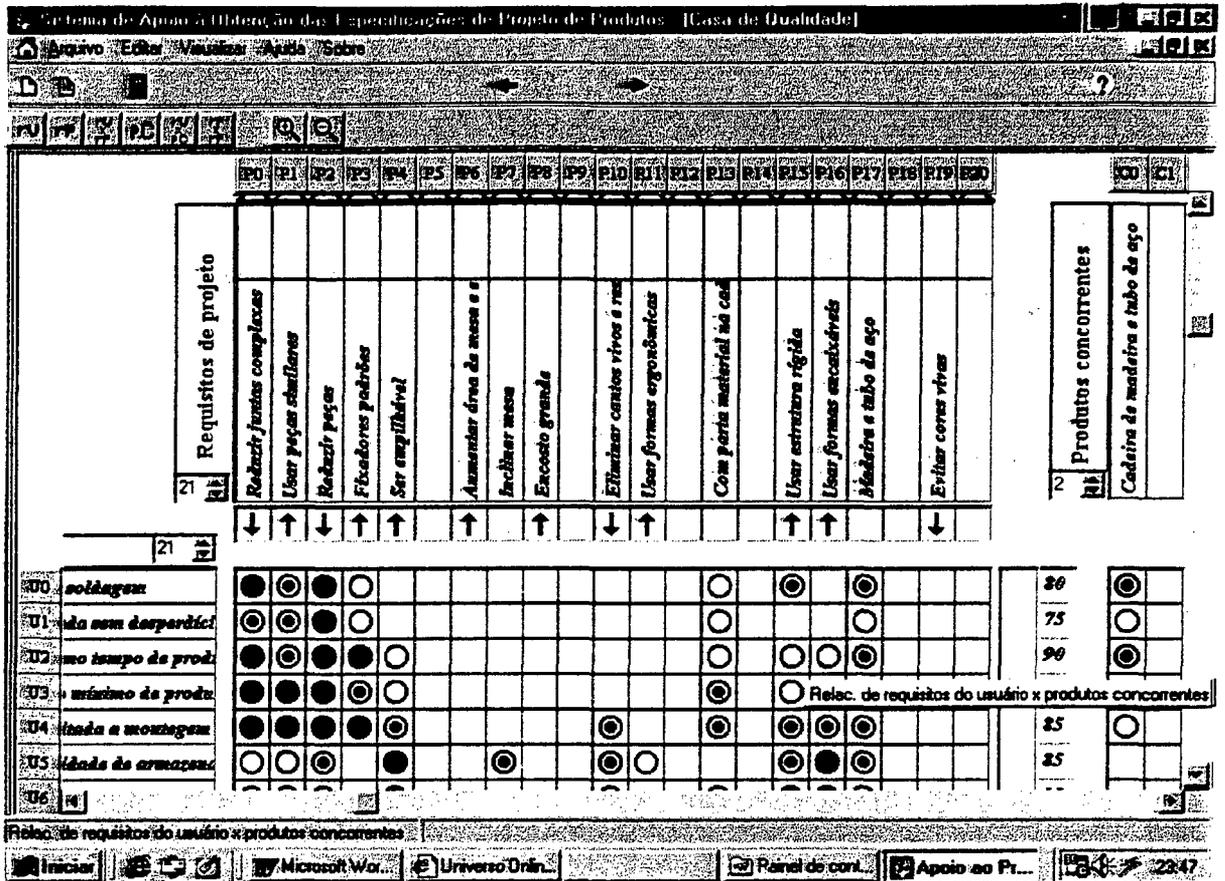


Fig. 6.18.- Casa da Qualidade.

Para avaliar os relacionamentos, na matriz principal (e na concorrência) basta clicar nas células correspondentes (interseções) e digitar os valores da avaliação (0, 1, 3, ou 5). Como resultados da valoração dos relacionamentos, aparecem os símbolos correspondentes da figura 6.18.

Como foi discutido no item 5.5, a casa da qualidade implementada no sistema computacional, possibilita quatro hierarquizações diferentes para os requisitos de projeto. A interface da figura 6.19, mostra esta possibilidade.

Por razões de simplificação de apresentação dos resultados de definições das especificações de projeto do próximo módulo, no presente serão adotadas somente duas hierarquizações, como segue:

- Hierarquia pela avaliação (dos requisitos de usuário versus os requisitos de projeto) sem o telhado; e
- Hierarquia pela avaliação (dos requisitos de usuário versus os requisitos de projeto), incluindo as avaliações dos produtos concorrentes e sem incluir o telhado da casa da qualidade.

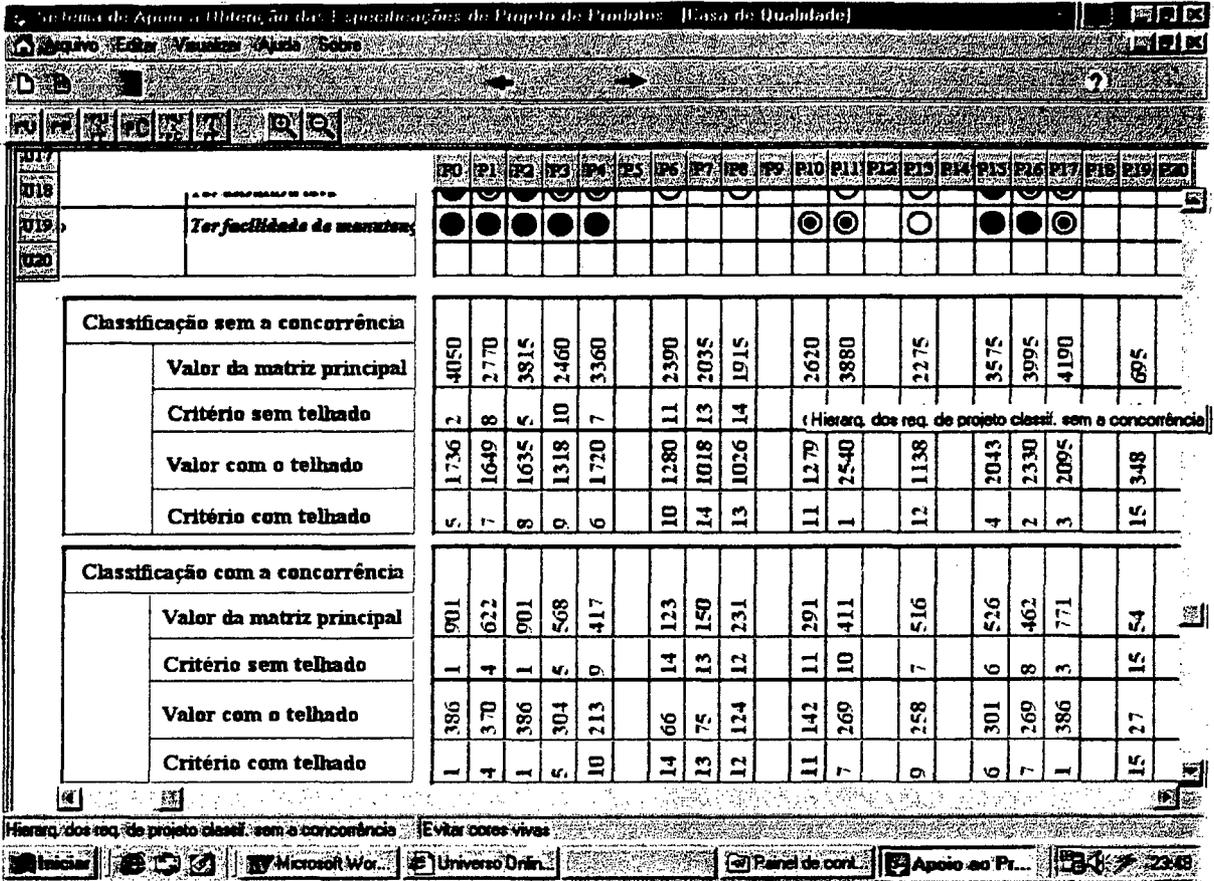


Fig. 6.19.- Quatro possíveis hierarquizações dos requisitos de projeto na casa da qualidade.

Os dois algoritmos correspondentes [Fonseca, A.J.H. 1996], permitem então as duas hierarquizações que aparecem ilustradas na figura 6.20. Como já foi mencionado anteriormente, se as duas hierarquizações dos requisitos de projeto são iguais ou muito próximas, o trabalho realizado mostra-se consistente, caso contrario, deve revisar-se o trabalho realizado.

Preenchidos os campos da casa da qualidade, o sistema hierarquiza os requisitos de projeto através de um algoritmos citados, terminando assim o trabalho da sexta etapa da metodologia, seguindo para a etapa da definição das especificações de projeto.

6.10.- Sétimo Módulo: Definição das especificações de projeto.

Neste módulo, a equipe de projeto seleciona os requisitos de projeto que integrarão as especificações de projeto, considerando duas interfaces.

Na primeira interface e considerando o caso da figura 6.20 mostra-se, como mencionado no item anterior, duas listas hierarquizadas resultantes do trabalho na casa da qualidade. Cada

lista de requisitos de projeto hierarquizados, está dividida em três conjuntos (ou grupos), segundo sua ordem de importância, como mostra a figura 6.20. Nesta tela são expostos outros dados, registrados ao longo do desenvolvimento das etapas anteriores tais como: objetivos, metas, restrições e desejos explícitos. Estes dados servem para tomar decisões na definição das especificações de projeto.

Nesta interface tem-se também acesso à base de dados de projetos anteriores, ou de projetos de produtos similares, com a finalidade de tomar como diretrizes nas decisões de escolha e de adição de especificações de projeto importantes.

Analisando as duas listas de requisitos de projeto hierarquizados mostradas na figura 6.20 (ou como descrito anteriormente poderiam ser quatro listas), a equipe de projeto decide por consenso a hierarquia final a ser adotada.

Na ordem de importância decidida pela equipe de projeto, os requisitos de projeto são agora transformados em especificações de projeto. Clicando em cada requisito de projeto este é transferido diretamente à próxima tela (figura 6.21) já como especificação de projeto, onde devem ser complementados, para serem considerados especificações propriamente ditas.

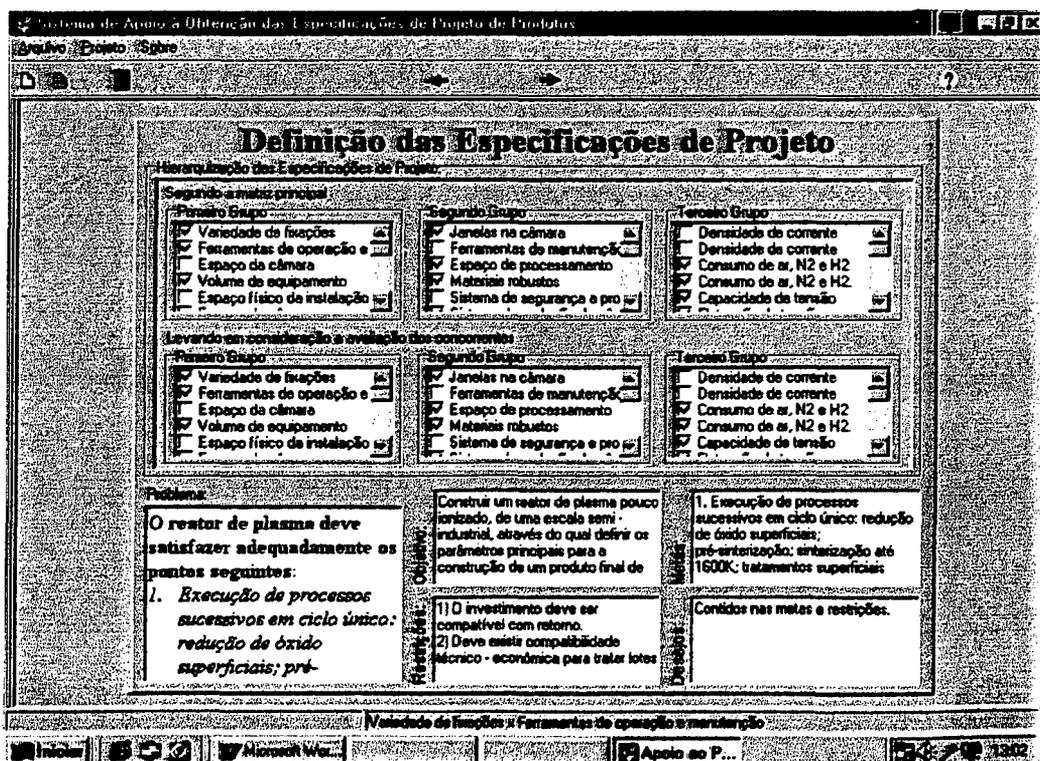


Fig. 6.20.- Escolha dos requisitos de projeto para transformar em especificações de projeto.

Sistema de Apoio à Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos

Arquivo Projeto | Ajuda

Especificações de Projeto

Especificação: Ferramentas 1-11 Ferramentas 2-11

Variedade de fixações:

Alvo **Inversão**

Um tipo de fixação para todos os pontos a serem fixados. Variedade de fixações diferentes.

Evitar **Observações**

Mais de dois tipo de fixações diferentes. Simplificar o trabalho de fixar.

Objetivo **Metas** **Restrições**

Construir um reator de plasma pouco ionizado, de uma escala semi-industrial, através do qual definir os parâmetros principais para a construção de um produto final de aplicação industrial, para ser usado como processador de materiais, com a

1. Execução de processos sucessivos em ciclo único: redução de óxido superficiais; pré-sinterização; sinterização até 1600K; tratamentos superficiais (nitretação, cementação);
2. Obtenção de componentes de alto valor agregado (alto desempenho), com

1) O investimento deve ser compatível com retorno.
2) Deve existir compatibilidade técnico-econômica para tratar lotes de peças.

Variedade de fixações: Ferramentas de operação e manutenção

Microsoft Word (66) Apoio ao Projeto 13:30

Fig. 6.21.- Interface de definição das especificações de projeto.

Na interface mostrada na figura 6.21, a equipe de projeto pode editar cada requisito de projeto para a forma final da especificação de projeto e deve preencher os campos correspondentes seguintes: ao alvo ou valor meta de cada especificação; os elementos de avaliação de cada especificação; os aspectos que devem ser evitados na implementação e observações se pertinentes em cada caso. Desta forma, os requisitos de projeto são convertidos, finalmente, em especificações de projeto e apresentadas na forma da interface da figura 6.22.

Esta lista de especificações pode agora ser impressa, que em conjunto com uma cópia da casa da qualidade completa a fase do projeto informacional. Este dois documentos são um resumo de todas as informações coletadas e transformadas desde a fase de levantamento das necessidades. Estes dados são a base para a próxima fase do desenvolvimento do produto que é a fase do projeto conceitual.

6.11.- Conclusões.

No presente capítulo foi exposto o sistema computacional desenvolvido, através de interfaces elaboradas durante a realização de vários exemplos executados.

O sistema computacional desenvolvido contém, implicitamente, a morfologia de projeto proposta no corpo da tese, assim como a seqüência metodológica desenvolvida, incluindo todas as ferramentas para trabalhar dentro da fase de projeto informacional.

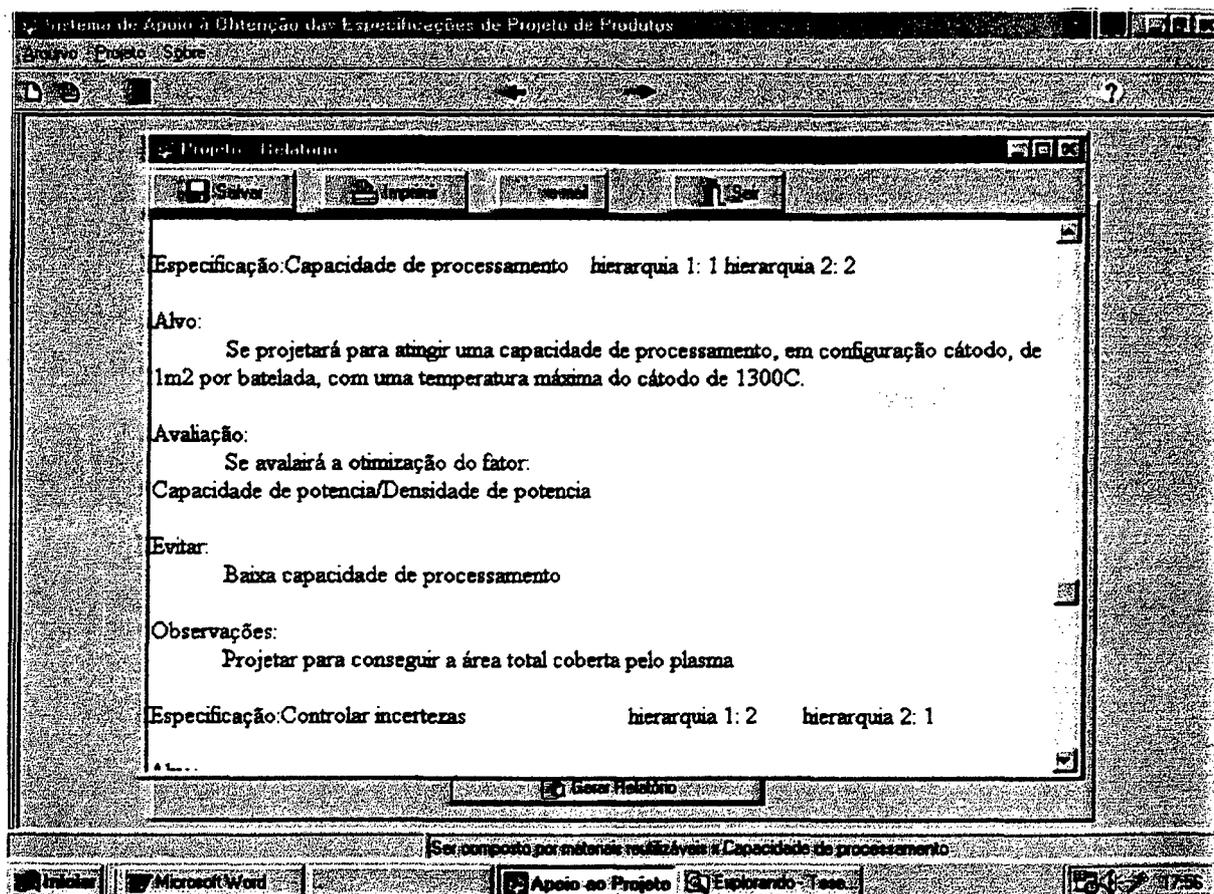


Fig. 6.22.- Lista final das especificações de projeto.

Os objetivos inicialmente traçados, de transformar a metodologia proposta em algoritmos e dali num protótipo de sistema computacional, foram integralmente cumpridos. Pode-se, através do sistema computacional exposto, resolver o problema da obtenção das especificações de projeto de produtos industriais, partindo de um problema de projeto. Mesmo com as limitações próprias de um protótipo, pode-se contar com uma ajuda metodológica que apoia todo o processo de projeto informacional, com orientações, recomendações, métodos e apoio na elaboração das especificações de projeto.

Como já foi mencionado não se teve o objetivo de automatizar o trabalho no processo sob análise, como também não foi traçado como objetivo, elaborar um sistema “universal” completo, contendo todas as bases de dados e conhecimentos, úteis ao trabalho nesta fase. A amplitude do trabalho na fase de início do processo de projeto para qualquer tipo de produto e para qualquer tipo de projeto, é desenvolvido como aqui apresentado, onde a equipe de projeto toma todas as decisões importantes e aquelas que são tomadas pelos algoritmos implícitos no sistema, são sugeridas interativamente. O fato de não existir, ainda, uma metodologia de consenso para esta fase, requer, de início, um sistema como o proposto, para se constituir num ponto de partida, suscetível de ser criticado, melhorado, ampliado e, finalmente, automatizado (se isto for, algum dia, possível).

O sistema proposto serve para apoiar a elaboração do projeto informacional de qualquer tipo de projeto ou produto, porém, é mais direcionado aos escritórios de projeto, aos projetistas individuais e aos estudantes de projeto, os quais serão auxiliados metodologicamente.

"Para o fabricante é mais importante que os seus produtos sejam comprados e bem menos importante que sejam usados"
[Rams D. 1993]

CAPÍTULO VII

PROJETO DE UM REATOR DE PLASMA PARA PROCESSAR MATERIAIS: ESTUDO DE CASO.

7.1.- Introdução.

Exposta a sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto e sua implementação computacional, passa-se a sua aplicação num caso real.

No Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC está sendo executado um trabalho conjunto entre o Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, NeDIP e o Laboratório de Materiais, labMAT, visando desenvolver um novo tipo de reator para o processamento de materiais, usando plasma pouco ionizado. O trabalho, ainda em andamento, será usado como estudo de caso, visando mostrar a aplicação da metodologia proposta nesta pesquisa.

7.2.- Determinação das especificações de projeto do reator de plasma.

Como parte dos trabalhos realizados no NeDIP para apoiar o desenvolvimento do reator, tem-se um estudo detalhado [Mendes, L. 1998], no qual são expostas as pesquisas executadas visando à construção de um protótipo do novo reator, de onde foi extraído o problema de projeto, condição de partida para a aplicação da metodologia, a seguir descrita.

Problema de projeto:

Projetar um reator de plasma que satisfaça adequadamente os seguintes aspectos:

1. Execução de processos sucessivos, em ciclo único com os seguintes processos: redução de óxidos superficiais; pré-sinterização; sinterização até 1600^oK; tratamentos superficiais (nitretação, cementação);
2. Obtenção de componentes de alto valor agregado (alto desempenho), com propriedades superficiais melhoradas; componentes em materiais biocompatíveis (Aço Inox, Ti);
3. Baixo consumo de gases e energia, o que permite a elevação da competitividade técnico-econômica dos produtos obtidos;
4. Desenvolvimento de novos produtos e materiais através da pesquisa de rotas de processamento;

5. Controle de qualidade através do monitoramento, registro e controle do processo;
6. Ecologicamente correto, empregando gases presentes na atmosfera; e
7. Capacidade de processamento de lotes industriais.

Restrições:

- 1) O investimento deve ser compatível com o retorno e
- 2) Deve haver compatibilidade técnico-econômica para tratar lotes de peças.

Estabelecido o problema de projeto, aplica-se a metodologia, cuja seqüência se mostra na figura 7.1, tomada do capítulo IV. A primeira etapa é o estudo informativo do problema de projeto, para o qual serão analisadas as informações a serem coletadas, visando complementar o dito problema.

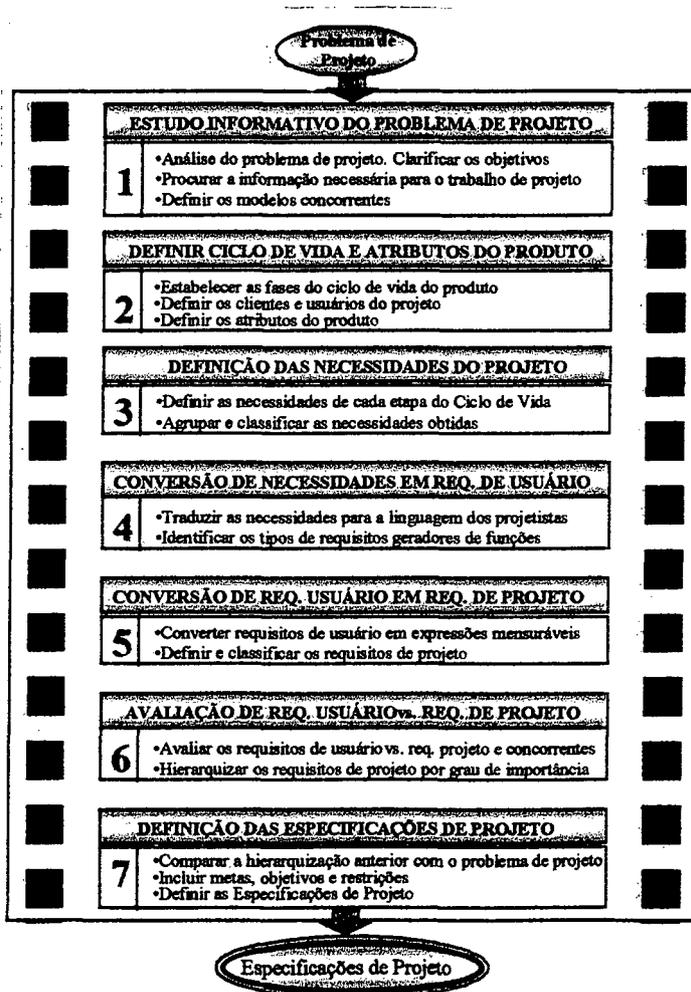


Fig. 7.1.- Seqüência Metodológica.

7.3.- Estudo informativo do problema de projeto.

Esta etapa tem três tarefas, que são apresentadas a seguir.

7.3.1.-Análise do problema de projeto. Clarificar os objetivos.

Segundo o exposto no capítulo IV, passa-se a revisar o problema de projeto, visando uma complementação do mesmo. As informações complementares são:

- *Dados do estudo de marketing prévio (revisão do documento);*
- *Tipo de produto;*
- *Tipo de projeto;*
- *Volume planejado de fabricação;*
- *Desejos explícitos expostos no problema de projeto e*
- *Restrições do projeto ou do produto.*

Os dados da lista anterior serão definidos a seguir, com auxílio do sistema computacional desenvolvido para apoiar o projeto informacional. Por outro lado, a tarefa de analisar o problema de projeto está relacionada com os objetivos da construção do reator, assim como com a geração da nova tecnologia implícita no desenvolvimento do produto. O objetivo declarado do projeto é:

Construir um reator à plasma pouco ionizado, para operar em escala semi-industrial, através do qual definir os parâmetros principais para a construção de um produto final de aplicação industrial, com a finalidade de sinterizar, nitretar e cementar diversos materiais.

7.3.1.1.- Dados do estudo de marketing prévio (revisão do documento).

Como não existe estudo de marketing para o estudo de caso selecionado, será efetuada uma revisão do problema de projeto, apoiado no sistema computacional SEPI.

A metodologia estabelece, para o caso de existência de estudo prévio de marketing, a necessidade de coletar a informação contida neste estudo, e preencher a denominada ordem de projeto, que deve conter campos para as seguintes informações:

- Objetivos;
- Metas;
- Restrições;
- Desejos explícitos; e
- Descrição do problema de projeto.

O objetivo foi definido previamente; os demais dados serão levantados pela equipe de projeto, tendo como guia o problema de projeto. Para esta finalidade passa-se a usar as facilidades computacionais desenvolvidas, usando o sistema computacional SEPI, no qual foi aberto um novo projeto, segundo aparece na figura 7.2: diretório do projeto: 2907, nome: Reator de Plasma.

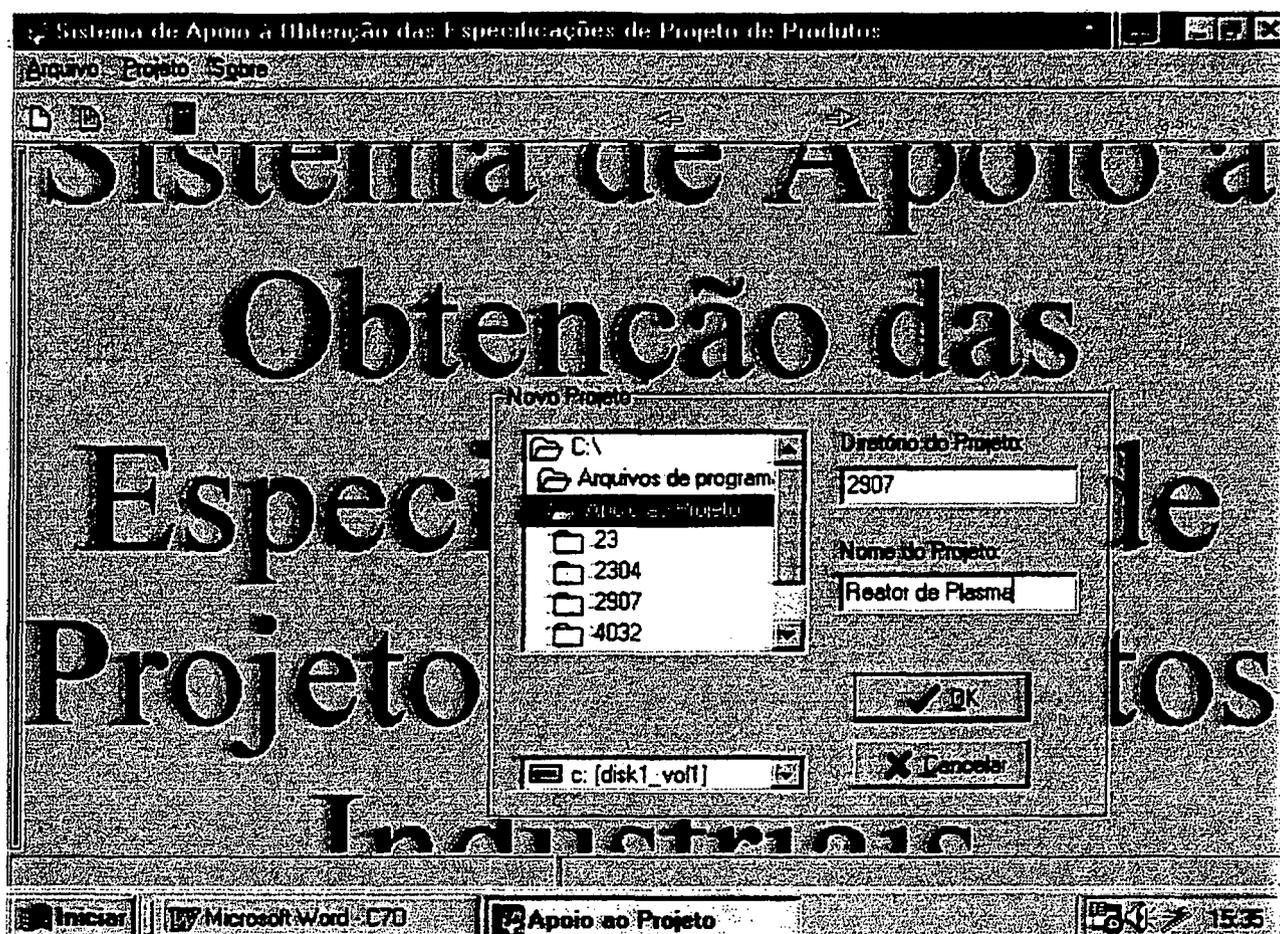


Fig. 7.2.- Novo arquivo do reator de plasma no sistema computacional.

Na interface seguinte do SEPI se introduz os dados que se tem do projeto, tomados diretamente do problema de projeto, conforme mostra a figura 7.3.

7.3.1.2.- Tipo de produto, tipo de projeto, desejos explícitos e restrições.

Visando uma busca por informações adicionais sobre o produto, alimenta-se no sistema computacional outros dados do reator, figura 7.4, por decisão da equipe de projeto baseada na experiência anterior e na informação contida no problema de projeto. O produto adotado para estudo de caso, se constitui num equipamento de alta tecnologia, razão pela qual sabe-se da dificuldade para encontrar informações sobre este equipamento específico. A tarefa se executa utilizando-se informações de produtos que possam ser considerados similares.

Os aspectos relativos ao tipo de produto e tipo de projeto, preenchidos também nesta interface, complementam as informações mínimas sugeridas pela metodologia. Os desejos explícitos do promotor do projeto, para este caso específico não foram considerados, mas, foram expostas duas restrições, alimentadas ao sistema na interface da figura 7.3.

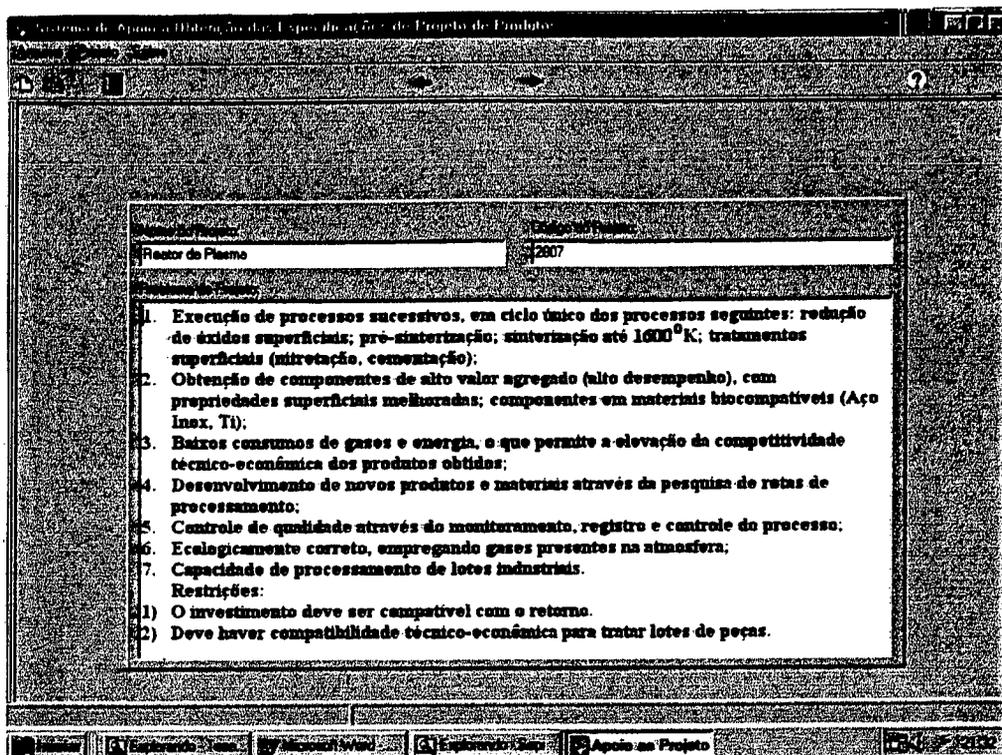


Fig. 7.3.- Problema de projeto, código e nome do projeto.

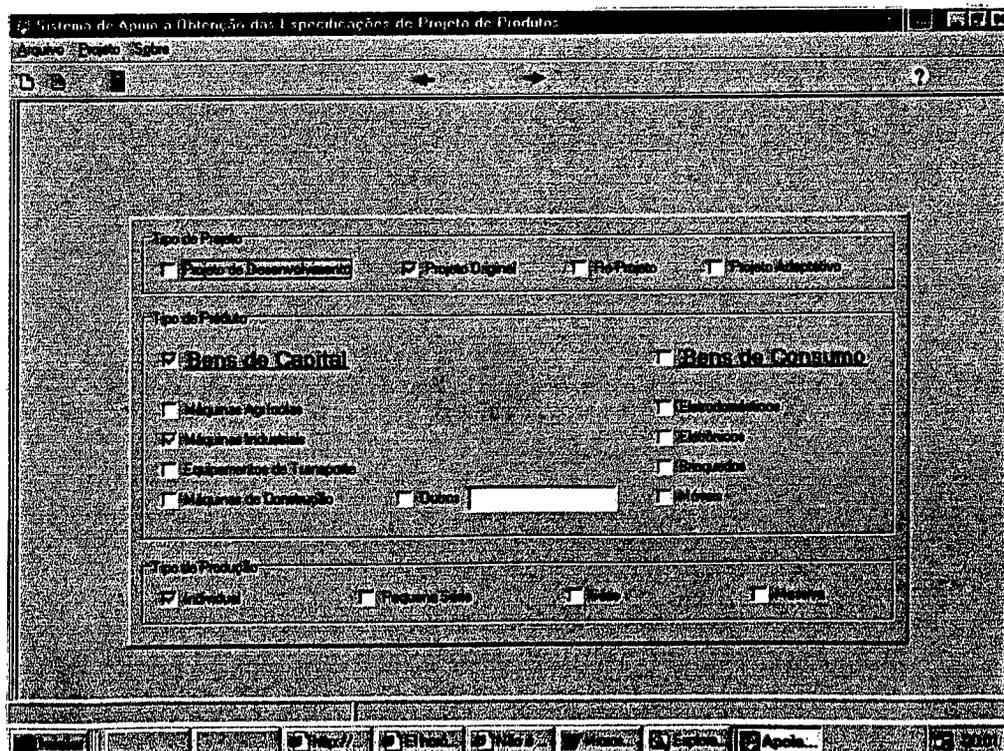


Fig. 7.4.- Tipo de projeto, tipo de produto e tipo de produção a ser usada.

7.3.2.- Procurar a informação necessária para o trabalho de projeto.

O sistema computacional desenvolvido não implica, evidentemente, em prescindir da consulta aos promotores do projeto, ou à equipe de marketing que gerou o problema de projeto; em qualquer caso, durante esta etapa inicial do projeto informacional, é necessária a consulta com a maior quantidade possível de fontes de informações externas à equipe de projeto. O SEPI, para esta segunda tarefa, possui um algoritmo que sugere buscas via Internet, em endereços relativos aos pontos mais importantes, fora dos promotores e da equipe de marketing, a saber:

- Procura de patentes sobre o produto que vai ser projetado ;
- Procura de tecnologias e métodos de fabricação disponíveis e
- Procura de informação sobre produtos similares.

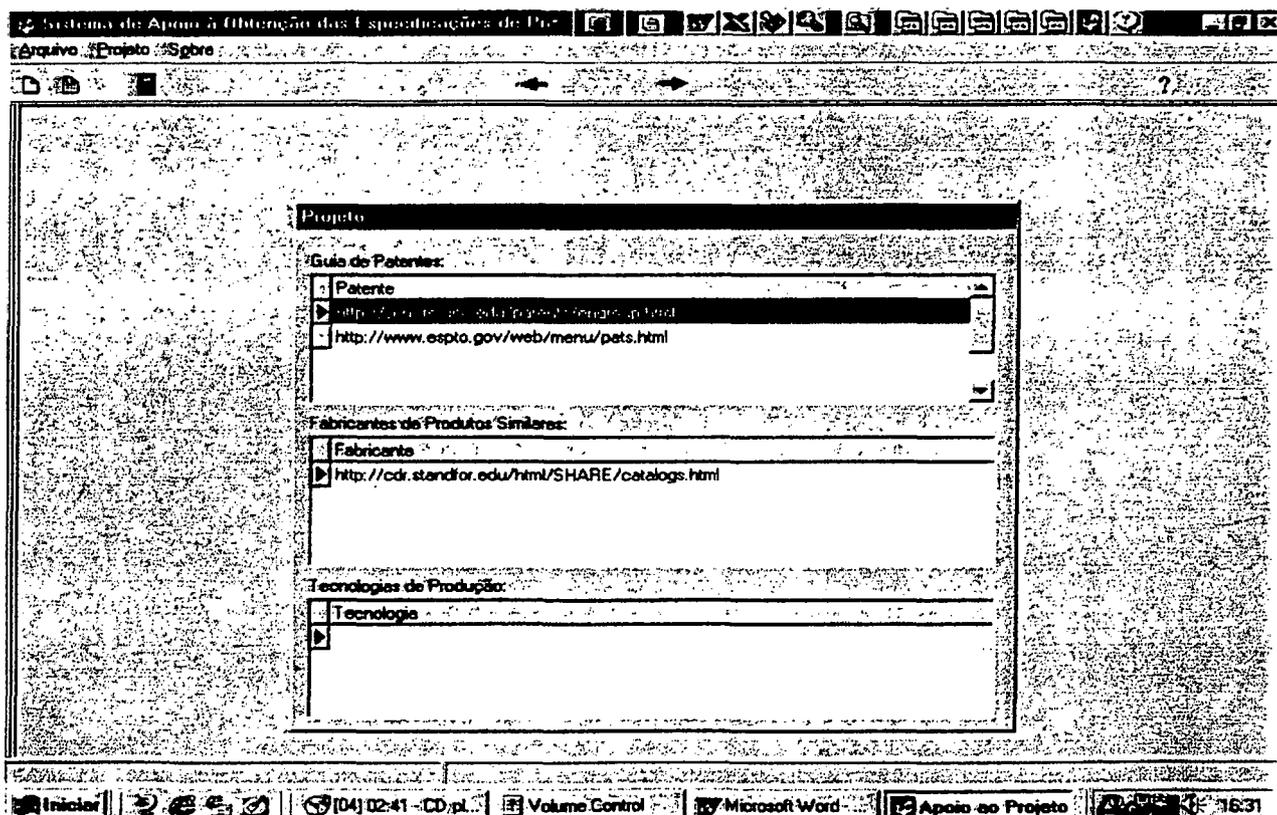


Fig. 7.5.- “Sites” recomendados para procura de informação.

Endereços eletrônicos em três direções, são sugeridos na interface da figura 7.5. Adicionalmente à procura via Internet, a equipe de projeto procurou informações no labMAT, considerado como o promotor do projeto, que informou o tipo de produção como individual. O labMAT, como promotor do projeto, foi perguntado também sobre as três seguintes questões:

- Qual a finalidade de desenvolver o produto?

- **Quais benefícios se obtêm com o desenvolvimento?**
- **Quais melhorias ocasionará o novo produto?**

A resposta à primeira pergunta, representa a base para conhecer claramente os objetivos do projeto. As respostas à segunda e terceira pergunta, é extensamente tratada no Anexo II, e faz parte importante dos elementos levados em conta para a execução do projeto.

O sistema computacional sugere sites da Internet para procurar informações relativas a produtos similares (figura 7.5). Clicando duas vezes nos endereços propostos, se inicia uma procura pelas informações sobre o reator.

A procura nos sites indicados, neste caso específico, não acrescentou dados concretos sobre o produto sendo projetado, devido ao fato de se tratar de um produto novo, com poucos antecedentes na indústria mundial e com possibilidades reais de ser patenteado.

É evidente que a maior quantidade de informação obtida nesta primeira fase do processo de projeto, foi obtida junto aos promotores do projeto, neste caso o labMAT da UFSC, que vem trabalhando há vários anos com este tipo de tecnologia.

Assim foram obtidas informações sobre o processo da obtenção e do controle do plasma pouco ionizado, bem como sobre os processos de sinterização, nitretação e cementação.

Segundo [Mendes, L. 1998]:

“Pesquisas relacionadas com a utilização do plasma na obtenção de propriedades específicas em materiais têm servido de tema para diversos trabalhos de pós-graduação na Divisão de Plasma do Laboratório de Materiais/UFSC. No campo aplicado, destacam-se recentes pesquisas envolvendo a nitretação e carbo-nitretação por plasma de aços estruturais, deposição de filmes de TiN sobre ferramentas de corte, e a aplicação de técnicas de diagnóstico de plasma, como espectrometria de massa e espectroscopia óptica. Os diversos trabalhos realizados permitiram, por sua vez, acumular certa experiência na utilização do plasma pouco ionizado (descarga elétrica luminescente em regime anormal), o que permitiu aos pesquisadores avançar sobre temas não explorados anteriormente. Esta experiência é uma valiosa fonte de informações sobre o comportamento dos plasmas luminescentes em função dos seus parâmetros macroscópicos e microscópicos”.

*“A sinterização por plasma passou a ser investigada com o trabalho de doutoramento **Desenvolvimento do Processo de Sinterização por Plasma** [Batista, V.J. 1996], com emprego da configuração de componentes catodizados na descarga elétrica. Diversos resultados demonstraram a possibilidade de sinterização por plasma dos materiais: ferro (Fe), aço inox AISI 316L e titânio (Ti)”.*

“Outras fontes de informações estão nas indústrias que produzem componentes PIM. Ao menos uma empresa, a SteelInject (grupo Lupatech S/A, de Caxias do Sul), que produz componentes por PIM, pode fornecer dados sobre tamanhos típicos de lotes de produção e características típicas dos componentes produzidos, auxiliares na determinação de parâmetros para o reator”.

7.3.3.- Definir os produtos concorrentes.

No presente caso não se tem produtos concorrentes. No entanto se toma o reator piloto para sinterização e nitretação por plasma, existente no labMAT, como produto similar aproximado, figura 7.6. Este reator será tomado como padrão de comparação, para determinar algumas das características operacionais do novo produto.

Nos sites da Internet, como foi dito antes, não foi possível conseguir informação direta, pelo fato de tratar-se de um desenvolvimento inédito; no entanto, os sites sobre patentes servirão para atualizar as diferentes soluções, analisando também a possibilidade de patentear algumas delas.

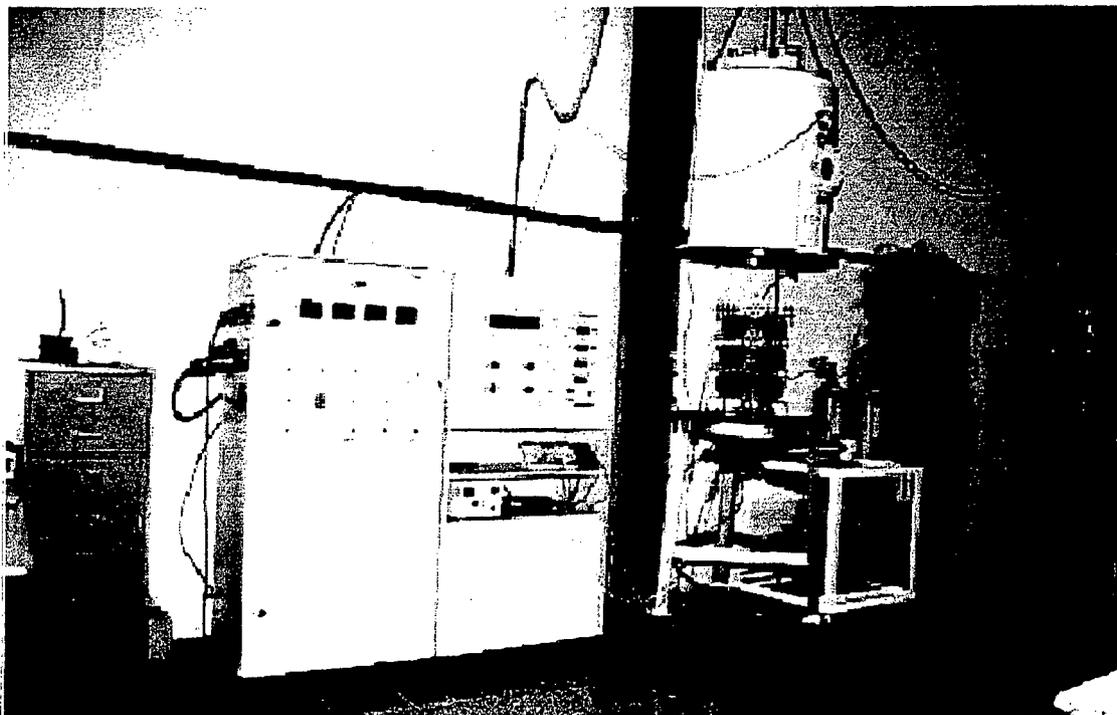


Figura 7.6.- Imagem do RPNP do labMAT/UFSC, [Mendes, L. 1998].

O SEPI oferece uma outra interface, contendo o resumo da pesquisa inicial do projeto, mostrada na figura 7.7. Nesta interface a equipe de projeto pode, segundo a pesquisa realizada,

preencher os campos contidos na mesma. A definição dos produtos concorrentes (neste caso o produto da figura 7.6), assim como outros dados importantes para o desenvolvimento do trabalho de projeto, os quais devem ser alimentados ao sistema através da interface da figura 7.7.

Dados relativos a tecnologia de produção, objetivos, metas, restrições e desejos específicos dos promotores do projeto, devem ser alimentados ao sistema através interface, como resumo dos dados de partida do projeto. Deste resumo pode ser feito um relatório, que se constitui, de fato, na ordem de projeto.

Sistema de Apoio à Obtenção das Especificações do Projeto de Produtos

Arquivo Projeto Sobre

Produtos Concorrentes
 Reator de plasma existente no labMAT

Tecnologia Básica de Produção
 Solda, conformação e usinagem

Objetivos do Projeto Construir um reator de plasma pouco ionizado em escala semi-industrial, através do qual definir os parâmetros principais para a construção de um produto final de aplicação industrial, com a finalidade de sintetizar, nitratar e cementar diversos materiais.	Restrições 1) O investimento deve ser compatível com o retorno. 2) Deve haver compatibilidade técnico-econômica para tratar lotes de peças.
Metas 1. Execução de processos sucessivos, em ciclo único dos processos seguintes: redução de óxidos superficiais; pré-sinterização; sinterização até 16000K; tratamentos superficiais (nitretação, cementação); 2. Obtenção de componentes de alto valor agregado (alto desempenho), com propriedades superficiais melhoradas; componentes em materiais biocompatíveis (Aço Inox, Ti);	Desejos Explícitos Contidos nas metas e restrições.

Windows taskbar: Iniciar, http://, El horó., Não é, Micros., Explor..., Apoi..., 23/21

Fig. 7.7.- Resumo da procura pela informação como base do projeto.

Concluída a primeira etapa do projeto informacional, o estudo informativo do reator de plasma, passa-se a trabalhar com a segunda etapa, no segundo módulo do sistema.

7.4.- Definir ciclo de vida e atributos do produto.

Esta etapa tem três tarefas:

- Estabelecer as fases do ciclo de vida do produto;

- Definir os clientes e usuários e
- Definir os atributos do produto.

O sistema computacional, propõe para o reator sob análise, o ciclo de vida e os atributos básicos do produto que são mostrados na figura 7.8. Estas propostas, devem ser submetidas à análise da equipe de projeto, visando identificar aquelas fases críticas, pois este produto não tem antecedentes diretos para comparação; é em contato com os pesquisadores do labMAT, que se pode obter a maior parte das informações sobre as características futuras do reator. O SEPI permite mudar as propostas de fases do ciclo de vida, assim como dos atributos básicos propostos; para o reator de plasma a proposta final aparece na figura 7.8, ficando definidas as fases do ciclo de vida e os atributos básicos do produto, ambos de referência para o levantamento das necessidades, completando assim as, primeira e terceira, tarefas desta etapa.

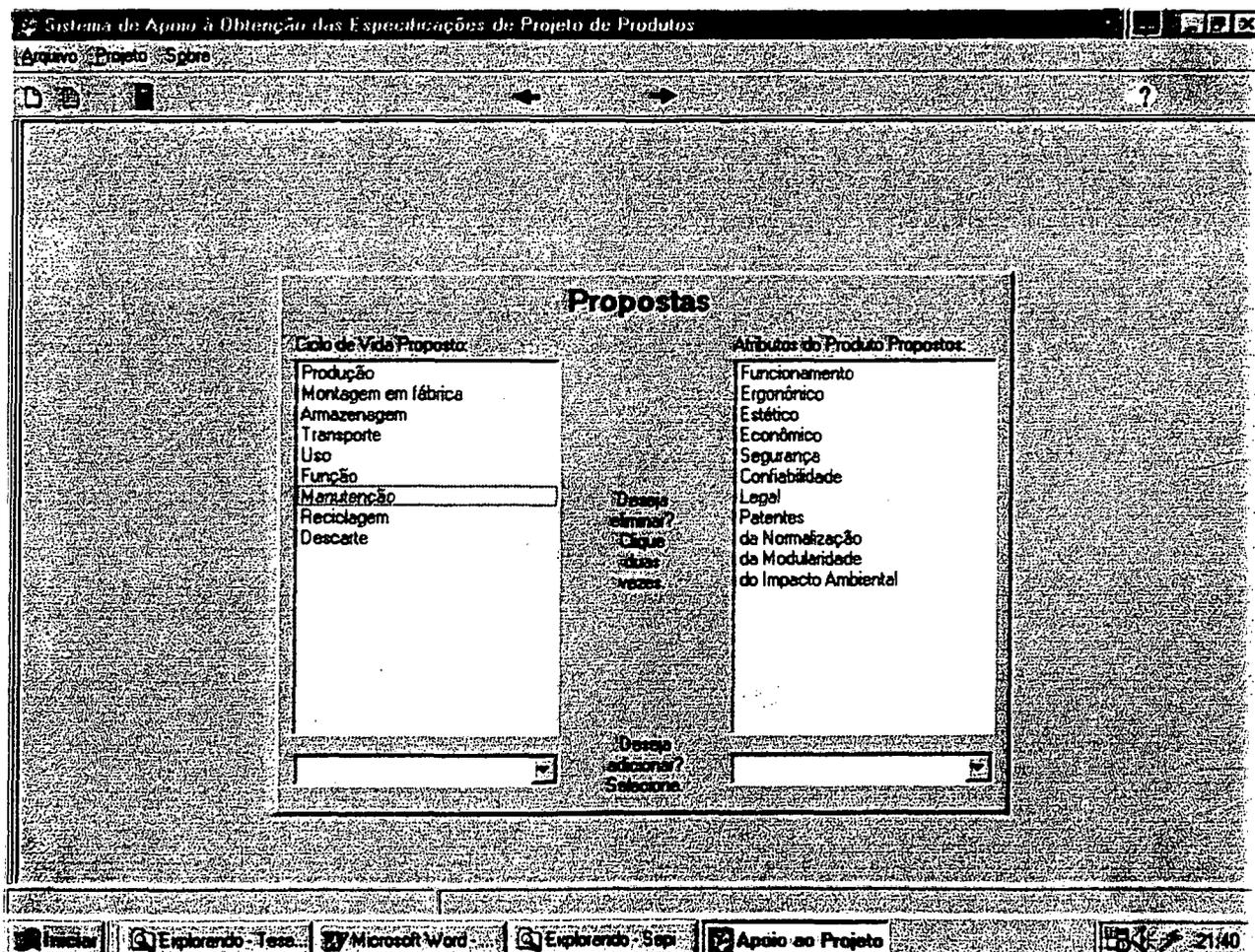


Fig. 7.8.- Proposta de ciclo de vida e atributos do produto.

Definido o ciclo de vida, devem ser definidos os clientes internos, intermediários e externos, associados às fases do ciclo de vida, iniciando a segunda tarefa desta etapa da metodologia.

Foram considerados como clientes externos:

- Pesquisadores das tecnologias de processamento de materiais por plasma;
- Pesquisadores de materiais tecnológicos e suas aplicações;
- Indústrias e pesquisadores envolvidos com processos relacionados: metalurgia do pó convencional, injeção de pós metálicos, considerando-se a etapa de remoção do ligante polimérico utilizado para injeção (debinding) e a etapa de sinterização; processos de endurecimento de superfícies, como nitretação e carbo-nitretação, além de processos de desoxidação de superfícies.

Foram considerados como clientes internos do projeto:

- Pesquisadores envolvidos no projeto, montagem e construção do reator;
- Funcionários da instituição e terceiros (empresas ou instituições externas) envolvidos na fabricação de partes.

Para o projeto deste primeiro reator, não se levaram em conta clientes intermediários ou do mercado, por considerar-se ainda cedo para uma avaliação do produto pelo mercado.

7.5.- Definição das necessidades do projeto.

Esta é a terceira etapa da metodologia de projeto informacional. Nesta etapa se definem as informações principais de entrada ao processo de projeto, razão pela qual é de extrema importância. Existem duas possibilidades: levantar, diretamente pela equipe de projeto, as necessidades do reator de plasma, ou consultar os clientes internos e externos definidos anteriormente.

Para um produto de inovação, que usa novas tecnologias como este, é preciso e indispensável consultar os pesquisadores envolvidos, assim como os fabricantes de produtos similares, razão pela qual se programaram as entrevistas com os clientes definidos. Para estas entrevistas, se prepararam questionários estruturados, direcionados a cada cliente, levando em conta suas responsabilidades nas fases do ciclo de vida, tendo como guia principal em cada questionário, os atributos básicos do produto, definidos na figura 7.8. No Anexo I aparecem os questionários propostos.

Nesta etapa se definem as necessidades através de duas tarefas:

7.5.1.- Definir as necessidades de cada fase do ciclo de vida.

Neste ponto da metodologia é importante uma observação. O estudo de caso selecionado é um produto novo, que possui características funcionais de tal magnitude, que o qualificam como de alta tecnologia. O problema de projeto definido, assim como os objetivos do mesmo, encaminham a equipe de projeto a definir a fase funcional (função) do reator, como a fase crítica e fundamental de seu ciclo de vida, à qual se deve prestar atenção especial.

Existe um fator implícito em qualquer metodologia de projeto, que resulta óbvio neste caso: para projetar um produto, este deve ser conhecido e dominado pela equipe de projeto, tanto nos seus aspectos relacionados ao funcionamento e uso, como nos demais aspectos de seu ciclo de vida. Alguns destes aspectos foram pesquisados na primeira etapa da metodologia, quando se procurou a maior quantidade de informação disponível sobre o reator e produtos similares, mesmo sendo uma pesquisa geral para conhecer o produto. Agora, ao levantar as necessidades, esta procura pela informação relevante ganha características específicas num produto novo: como vai funcionar o reator e quais parâmetros de projeto a definir para o seu funcionamento.

Pelo mencionado, foi efetuado um estudo focalizado no funcionamento do produto, baseado na tecnologia de funcionamento dos reatores que usam a descarga de plasma como fonte energética, quais sejam: o reator de nitretação por plasma e o reator de sinterização por plasma, ambos construídos e instalados no labMAT. No trabalho de referência [Mendes, L. 1998], tem-se uma descrição detalhada destes dois reatores mencionados, assim como os experimentos executados pelo autor, visando definir os parâmetros de projeto.

Não há entrevista com cliente que possa substituir o entendimento funcional do produto que está sendo projetado; as entrevistas são executadas, numa primeira etapa, para ganhar compreensão geral do processo funcional que deverá conter no produto, de maneira que a equipe de projeto obtenha os conhecimentos que permitam um projeto de sucesso. Uma vez que a equipe de projeto tenha um consenso do funcionamento do produto (neste caso um produto inovador), terá que fazer as entrevistas específicas aos diferentes clientes do projeto, visando ganhar elementos para levantar as necessidades, apoiado nas respostas dos especialistas.

Como consequência do exposto, foram realizadas entrevistas, inicialmente, com os clientes internos, visando obter elementos funcionais, que permitiram focalizar os fatores de conflito no projeto do reator. Ficou claro que fatores como demanda de energia, estabilidade da descarga elétrica e comportamento térmico, foram os parâmetros mais relevantes do aspecto funcional do reator. Estudaram-se os gráficos de comportamento destes parâmetros, nos dois reatores mencionados, e como descrito em [Mendes, L. 1998], foi também projetado um

dispositivo de testes, um reator de laboratório de pequenas dimensões visando obter outros parâmetros da parte funcional do projeto.

Segundo [Mendes, L. 1998]: *"Outros parâmetros relevantes, como fluxos de gases, pressão, tensão e corrente aplicados, também foram observados, e a partir destes pode-se calcular a demanda de potência e as densidades de corrente e de potência sobre a superfície do cátodo. Empregou-se um cátodo com 7cm² de área exposta ao plasma. A câmara possui um volume de aproximadamente 17l (0,017m³) e área superficial externa de 0,393m². Todos os termopares são do tipo 'K', em chromel-alumel"....*

Foram realizados vários experimentos, com três configurações diferentes para a combinação ânodo, cátodo e anteparo térmico, visando ganhar elementos geométricos para o projeto, assim como para dominar os parâmetros dimensionais, das variáveis envolvidas.

... "Os experimentos foram conduzidos pelo período de tempo necessário para a estabilização das temperaturas das diferentes partes do sistema a partir do momento em que foi alcançada a temperatura do processo. Neste ponto, quando a operação entrou em regime permanente, foram anotados os valores das variáveis de interesse, apresentados numa Tabela".

Visando determinar a influência da distância entre cátodo e ânodo no comportamento da descarga elétrica, foram projetados e construídos alguns dispositivos para permitir a realização de um segundo experimento. Deste teste, obteve-se dados da influência da configuração ânodo cátodo, sobre os outros parâmetros importantes ao funcionamento da descarga ionizada, evitando os problemas associados à instabilidade de sistema pela entrada do mesmo em regime de arco.

Os testes e dispositivos projetados para tomar os dados funcionais, foram previamente consultados com os clientes internos, visando atuar em fase com a experiência por eles acumulada. Na forma de resumo das entrevistas com os clientes internos e dos testes executados, [Mendes, L. 1998] apresenta sobre o aspecto principal do produto, o seguinte:

Sobre a função:

"O processamento de materiais por plasma é executado em bateladas, uma vez que é realizado sob vácuo (primário). Naturalmente, é desejável que os tempos de processamento sejam os mais breves praticáveis, tendo-se em vista a produtividade. Essencialmente, as taxas admissíveis de aquecimento e resfriamento são determinadas pelas exigências em relação a transformações nos materiais dos componentes em processamento e naqueles empregados em componentes do reator, a exemplo dos cerâmicos. Os tempos de patamar de temperatura e/ou de permanência do material sob a condição de processamento, seja esta sinterização, nitretação,

redução de óxidos, ou outra qualquer de interesse, determinam a maior parte do tempo necessário para um ciclo. Há que se considerar ainda os tempos de bombeamento e os tempos dos transientes de aquecimento e resfriamento do sistema, que apresentam relação com o volume e superfície interna da câmara, e com a capacidade térmica da massa do reator, respectivamente".

"A qualidade do produto obtido do processamento no reator é dependente não somente das propriedades resultantes nos materiais, mas também da homogeneidade dessas propriedades ao longo do lote de processamento. Um aspecto influente nesta homogeneidade é a distribuição por igual de temperaturas sobre o lote de processamento. Para que não hajam gradientes térmicos, tem-se como pré-requisito uma dissipação de calor simétrica entre os componentes e o meio exterior, haja vista que a distribuição de energia do plasma para o cátodo é suficientemente uniforme. Considerando-se a complementaridade dos benefícios sobre os materiais alcançáveis por meio das configurações cátodo e ânodo, é desejável a possibilidade de emprego das duas formas no reator. Ainda, em relação a qualidade dos produtos obtidos, é essencial a repetibilidade".

"As propriedades resultantes nos materiais dos componentes obtidos são uma função do histórico de processamento, ou seja, da evolução ao longo do tempo dos diferentes parâmetros que regem o processo: temperatura, fluxos dos gases, pressão, tensão aplicada e corrente resultante. Outras variáveis, relacionadas com diagnóstico de plasma, são acompanhadas por técnicas de espectroscopia óptica de emissão e espectrometria de massa. Um registro confiável dos históricos de processamento é fundamental, para que se possa fazer inferências consistentes sobre os resultados verificados nas análises posteriores de propriedades, em laboratório¹. Programação, monitoramento, registro e controle de ciclos de processamento estão associados a garantia da qualidade, a facilidade de operação (ergonomia), e ao controle da segurança".

"Efeitos colaterais, como danificação da superfície de componentes por arcos localizados, precisam ser coibidos. Fonte de potência com operação estável, proteção contra arcos (sobrecarga), e um bom projeto do suporte de componentes concorrem para o funcionamento comportado do sistema de plasma em relação a arcos. Ainda, é altamente indesejável a entrada indevida de oxigênio, presente no ar atmosférico, no interior da câmara durante o processamento, havendo potencialidade para se causar danos tanto ao lote de

¹ Atualmente, são comercializados diferentes sistemas customizáveis que permitem implementar o monitoramento e controle de processos.

processamento quanto aos elementos construtivos do sistema, devido às altas temperaturas. Deseja-se, portanto, robustez de vedações, tubulações e do sistema como um todo."

Como resultado das entrevistas com os clientes internos, na fase do ciclo de vida "função", assim como dos experimentos efetuados, obteve-se um grupo de fatores indispensáveis de serem levados em conta no projeto do novo reator; na forma de necessidades gerais; estas foram:

- Necessidades associadas ao ciclo de processamento dos materiais;
- Necessidades associadas ao processo a que é submetido o material tratado;
- Necessidades dos aspectos mecânicos e físicos do produto (instalação);
- Necessidades do sistema elétrico e de controle e
- Necessidades relacionados com o tratamento e o aquecimento do equipamento.

Da mesma maneira procedeu-se na fase do ciclo de vida correspondente ao "uso", como segundo fator mais importante para o sucesso do reator. Esta fase do ciclo de vida, é importante em produtos de alta tecnologia; ela implica na relação homem-máquina, o qual depende, em grande parte, dos fatores tecnológicos implícitos no produto. Segundo [Mendes, L. 1998]:

"O processamento por plasma, por depender de um ambiente sob baixa pressão, é um processo de batelada bem caracterizado; em contraposição ao processo contínuo, executado em fornos de esteira, onde se mantém uma atmosfera com as propriedades necessárias em pressões próximas da atmosférica. Considerando-se as características dos processos de batelada, há uma limitação clara em relação ao que se pode considerar como sendo 'de fácil operação'; qual seja o fato de que o conjunto de peças que compõem uma batelada a ser processada necessita de um trabalho intensivo de arranjo em um suporte, demandando uma mão-de-obra apreciável. Eventualmente, técnicas de automação industrial poderiam ser empregadas na execução deste trabalho. Considerando-se somente o conjunto composto pelo suporte e pelos componentes a processar, a montagem deste conjunto no reator, no início e fim de ciclos de processamento, responde por parte apreciável da ergonomia do sistema como um todo. Assim, sistemas auxiliares de movimentação, entrada e saída de carga, devem ser pensados, além da abertura e fechamento da câmara de vácuo".

"A forma do usuário realizar a condução do processo, através de uma interface computadorizada, determina outra parcela importante da ergonomia. É imperativo ter-se um sistema computacional amigável ao usuário, com resposta rápida aos comandos de entrada, fácil visualização de informações importantes, fácil entrada dos programas de ciclos de processamento e eficiente na advertência do usuário sobre anormalidades. A operação remota

de chaves e válvulas, juntamente com sensores, permite a automatização de diversos procedimentos, como ativar/desativar o sistema de potência, linhas de gás, válvulas, etc. Ainda assim, é desejável a existência de opções manuais nos acionamentos, por segurança”.

“Em relação ao ambiente de trabalho do operador, é necessário a existência de espaços adequados de trabalho, para manipulação, limpeza e manutenção de partes do sistema e/ou componentes a processar. A observação das condições de ruído e temperatura também é importante”.

“A possibilidade de acompanhamento visual do processo também é desejável, principalmente no caso de surgirem situações problemáticas no interior da câmara durante os processos. A sua avaliação e correção dependem em muito da observação visual. Ainda, permitem a avaliação qualitativa de informações fornecidas pelo sistema, e a comparação visual de situações de processamento em diferentes momentos”.

Os resultados das pesquisas junto aos clientes internos deu como resultado um grupo de necessidades gerais associadas à fase "uso" do ciclo de vida do reator que são:

- Necessidades associadas à operação do reator;
- Necessidades próprias do controle do reator;
- Necessidades do meio ambiente operativo e
- Necessidades físicas e de espaço para facilitar o uso em operação.

Concluídas as pesquisas nas fases mais importantes do ciclo de vida do reator, passou-se a levantar as necessidades das demais fases do ciclo de vida do produto, também pela consulta com os clientes internos e externos do projeto. A fase de produção do reator foi analisada em conjunto com a fase da montagem em fábrica, por tratar-se de um reator piloto, que será montado no lugar da produção.

Foram consultados especialistas em soldagem e usinagem, levando em conta as características dos modelos selecionados como protótipos de comparação.

Segundo [Mendes, L. 1998]: *“a produção e montagem do sistema devem ser simplificadas na medida do possível, tendo-se em vista, no caso, as necessidades de clientes internos. Para tanto, deve-se procurar técnicas conhecidas de projeto que visam aproximar o sistema do produto com características de fabricabilidade e montabilidade satisfatórias. Entre elas a utilização de componentes-base, sobre os quais são dispostos outros elementos (com auxílio de fixações), é favorável à rapidez na montagem, sendo que encaixes são preferíveis às ligações por rosca ou solda. A utilização de componentes padronizados, em detrimento daqueles*

especiais, facilita consideravelmente a fabricação. Naturalmente, necessidades localizadas definem, com maior peso, as técnicas de fabricação, o que não diminui a orientação geral”.

As necessidades de fabricação ficaram definidas como sendo:

Necessidade de facilidade de fabricação e

Necessidade de elementos modulares e normalizados.

Sobre as fases de armazenamento e transporte, foram pesquisadas as necessidades, mas, com menor intensidade que as fases anteriores. O transporte do reator deve ser pensado tanto em nível local nas suas próprias instalações, como entre locais distintos e à distância. Técnicas modernas de manufatura prevêm a possibilidade de modificação do leiaute industrial em função do planejamento da produção. A armazenagem do sistema, apesar de ser um aspecto pouco usual no contexto de um desenvolvimento, adquire importância em um contexto de produção do mesmo. Para o reator de plasma, as necessidades destas fases do ciclo de vida foram definidas pela equipe de projeto, diretamente, na forma de requisitos de usuário, apoiados pelo sistema computacional, como se verá mais adiante, baseado nos resultados das entrevistas efetuadas.

A fase de manutenção foi especialmente estudada nesta etapa. A princípio, tem-se como objetivo obter uma taxa de falhas que seja a mínima possível. De qualquer forma, deve-se prever serviços de manutenção nas diferentes partes do sistema. Para facilitar o trabalho do usuário ou do técnico de manutenção, deve-se prever a renovação de componentes com vida útil definida, bem como o ajuste dos sensores, mantendo-se boas condições de acesso a estes. Ainda, uma filosofia de poucas ferramentas para manutenção facilita estes serviços. Neste caso, as necessidades foram consolidadas, diretamente, como requisitos de usuário.

Finalmente, o levantamento de necessidades nas fases de reciclagem e descarte, foram analisadas conjuntamente. O emprego de materiais e sistemas recicláveis e/ou reutilizáveis concorrem para a classificação do produto como ecologicamente correto, algo que vem recebendo importância crescente nos tempos atuais. O levantamento destas necessidades será feito, diretamente, pela equipe de projeto, na forma de requisitos de usuário e serão expostos oportunamente.

Com esta análise, fica concluída a tarefa de definição das necessidades dentro de cada etapa do ciclo de vida.

7.5.2.- Agrupar e classificar as necessidades obtidas.

A segunda tarefa desta etapa, agrupar e classificar as necessidades obtidas, foi executada ao longo do desenvolvimento da tarefa anterior, faltando, adicionalmente, a definição de algumas

necessidades específicas que são obtidas, diretamente, como requisitos de usuário utilizando os recursos do sistema computacional.

7.6.- Conversão das necessidades em requisitos de usuário.

Esta etapa abrange duas tarefas principais:

- Traduzir as necessidades para a linguagem dos projetistas e
- Identificar os requisitos formadores de funções.

A primeira tarefa é executada através do sistema computacional, apoiada pela interface da figura 7.9, frente à qual se definem os requisitos de usuário por consenso da equipe de projeto.

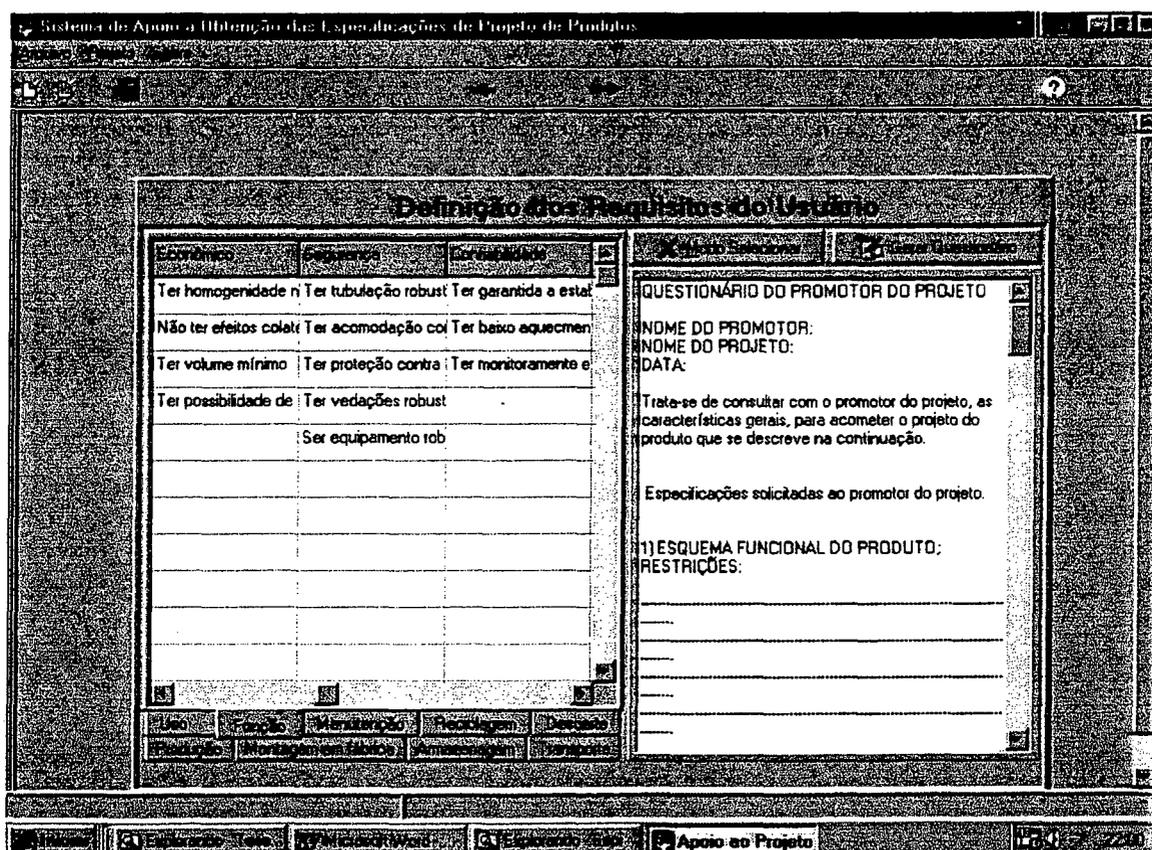


Fig. 7.9.- Requisitos de usuário do reator de plasma na fase "função" do ciclo de vida.

Com as necessidades levantadas em consulta com os clientes do projeto e conhecendo o funcionamento do reator, a equipe de projeto é auxiliada pelo sistema computacional, para converter as necessidades em requisitos de usuários. Na interface da figura 7.9, aparece a definição dos requisitos de usuário na fase "função" do ciclo de vida do reator, tomando como base as necessidades gerais obtidas nessa fase do ciclo de vida.

Os requisitos de usuário levantados na fase "função" são os seguintes:

- **Ter baixo tempo de tratamento por ciclo;**
- **Ter homogeneidade no tratamento;**
- **Não apresentar efeitos colaterais;**
- **Ter tubulação robusta;**
- **Ter acomodação correta para o cilindro de gás;**
- **Ter garantida a estabilidade da fonte;**
- **Ter proteção contra sobrecarga;**
- **Ter baixo aquecimento da fonte;**
- **Ter ciclos programáveis;**
- **Ter monitoramento e controle da regulação “on line”;**
- **Ter possibilidade de diagnóstico do plasma;**
- **Ter vedação robusta;**
- **Ter robustez;**
- **Ter volume mínimo;**
- **Ter uma adequada dissipação de calor ;**
- **Ter possibilidades de manipular lotes variáveis;**
- **Ter baixo consumo energético;**
- **Ter baixo consumo de gases;**
- **Ter baixo consumo de componentes renováveis;**
- **Ter segurança contra a implosão da câmara;**
- **Ter segurança no sistema elétrico de potência;**
- **Ter máxima proteção contra o vazamento de gases e**
- **Ter isolamento de campos eletromagnéticos.**

Da mesma maneira as necessidades, levantadas na fase de "uso" do ciclo de vida, foram convertidas em requisitos de usuário, em forma idêntica à fase "função", mostrada anteriormente.

Para a fase de "uso" tem-se os seguintes requisitos de usuários:

- **Ter facilitada a organização das peças no suporte;**
- **Ter simplificada a movimentação do suporte;**
- **Ter facilidade para ser programado;**
- **Ter fácil monitoramento;**
- **Ter software amigável;**
- **Ser fácil a operação remota de válvulas e chaves;**
- **Ter opção “modo manual de operação”;**
- **Ter entrada e saída de materiais facilitada;**
- **Ter possibilidades de movimentar coletivamente as peças;**
- **Ter limpeza da câmara facilitada;**

- **Ter facilidade na abertura e fechamento da câmara;**
- **Ter possibilidade de inspeção visual;**
- **Ter baixa demanda de espaço físico;**
- **Ter espaço para a manipulação das peças;**
- **Ter ruído da bomba de vácuo diminuído;**
- **Ter baixo aquecimento do meio;**
- **Ter manual de instruções;**
- **Ter cuidados com as partes quentes ;**
- **Ter segurança contra as radiações nocivas;**
- **Ter uma avaliação correta de design e**
- **Ter características ergonômicas.**

De forma semelhante se procede nas fases de produção e montagem em fábrica, onde foram definidos, os seguintes requisitos de usuário:

- **Ter uso preferencial de encaixes;**
- **Ter filosofia de componente base;**
- **Ter conexões fixas padronizadas e**
- **Ser modular.**

Nas fases de armazenagem e transporte, foram definidos os requisitos de usuário seguintes:

- **Seja de fácil “containerização” e**
- **Ter estrutura que facilite o transporte.**

Para a fase de manutenção, foram definidos os requisitos de usuário que se relacionam na continuação:

- **Ser facilitado o acesso aos sensores;**
- **Ter facilidade de substituição de componentes renováveis;**
- **Ter minimizado o uso de ferramentas na manutenção e**
- **Ter taxa de falhas mínima.**

Nas fases de reciclagem e descarte, têm-se:

- **Ser composto por materiais recicláveis e**
- **Ser composto por materiais reutilizáveis.**

No sistema computacional existe uma interface para cada fase do ciclo de vida, usada para levantar as necessidades na forma de requisitos de usuário, similar à da figura 7.9. A tarefa de agrupar e classificar as necessidades, neste caso, na forma de requisitos de usuário, efetuada antes manualmente, é realizada pelo sistema computacional na interface da figura 7.10.

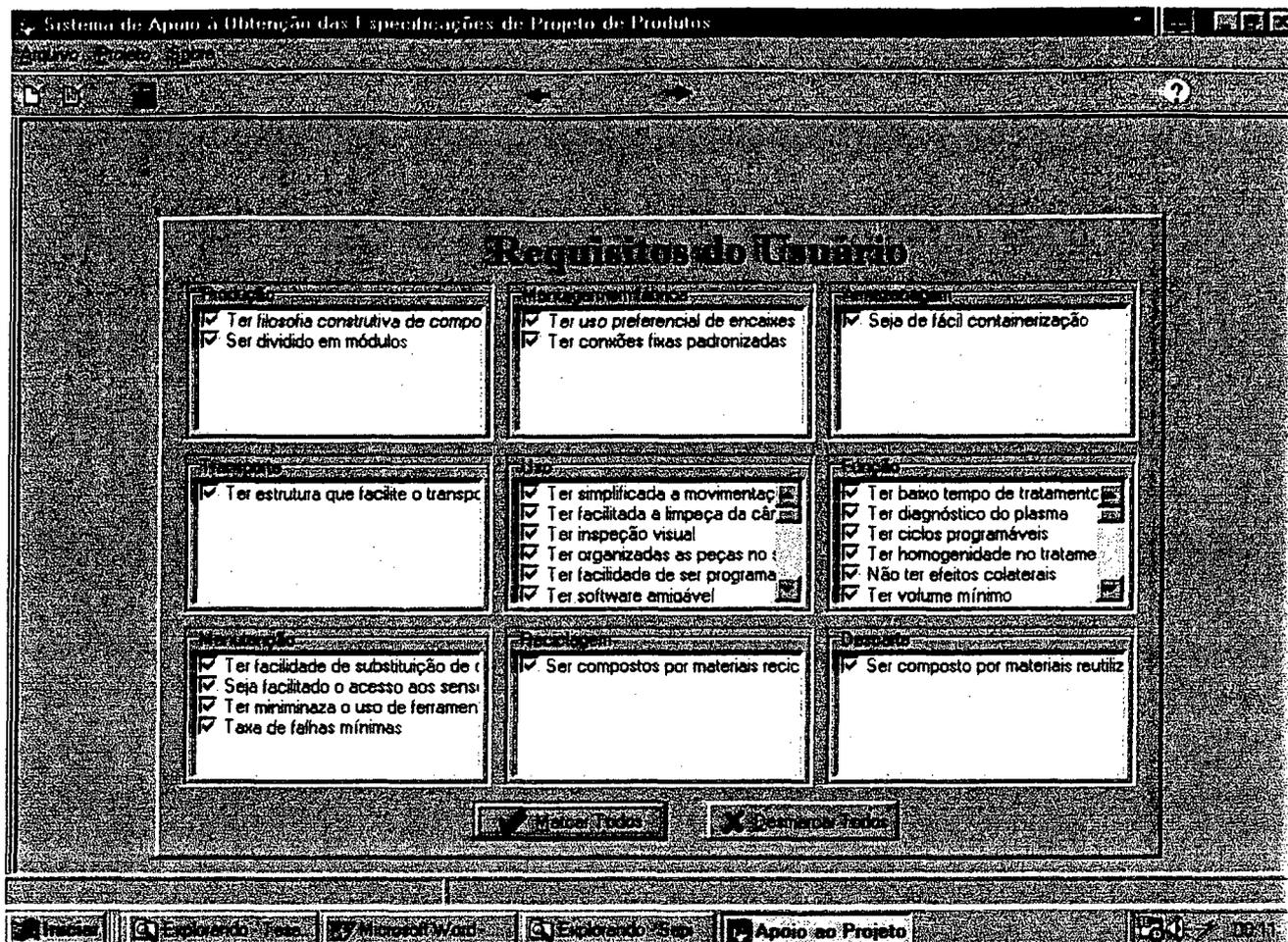


Fig. 7.10.- Resumo dos requisitos de usuário definidos para o reator de plasma.

7.7.- Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

Das duas tarefas que compõem esta etapa, a primeira é de converter os requisitos de usuário em expressões mensuráveis, se realiza através da matriz de apoio à definição dos requisitos de projeto, que aparece na interface da figura 7.11.

Cada requisito de usuário definido, é confrontado com os atributos específicos do produto, (mensuráveis) procurando saber se o requisito corresponde a uma característica de tipo material, energética ou de sinal. Esta procura indicará a resposta aos requisitos de usuário em questão, definindo assim o (ou os) correspondente(s) requisito(s) de projeto (para cada requisito de usuário), característico do produto sob análise.

Cada requisito de usuário pode gerar mais de um requisito de projeto; da mesma forma, vários requisitos de usuário podem gerar um requisito de projeto similar; para evitar duplicidade,

o sistema computacional dispõe de outra interface, onde se realiza a segunda tarefa desta etapa, que define e classifica os requisitos de projeto

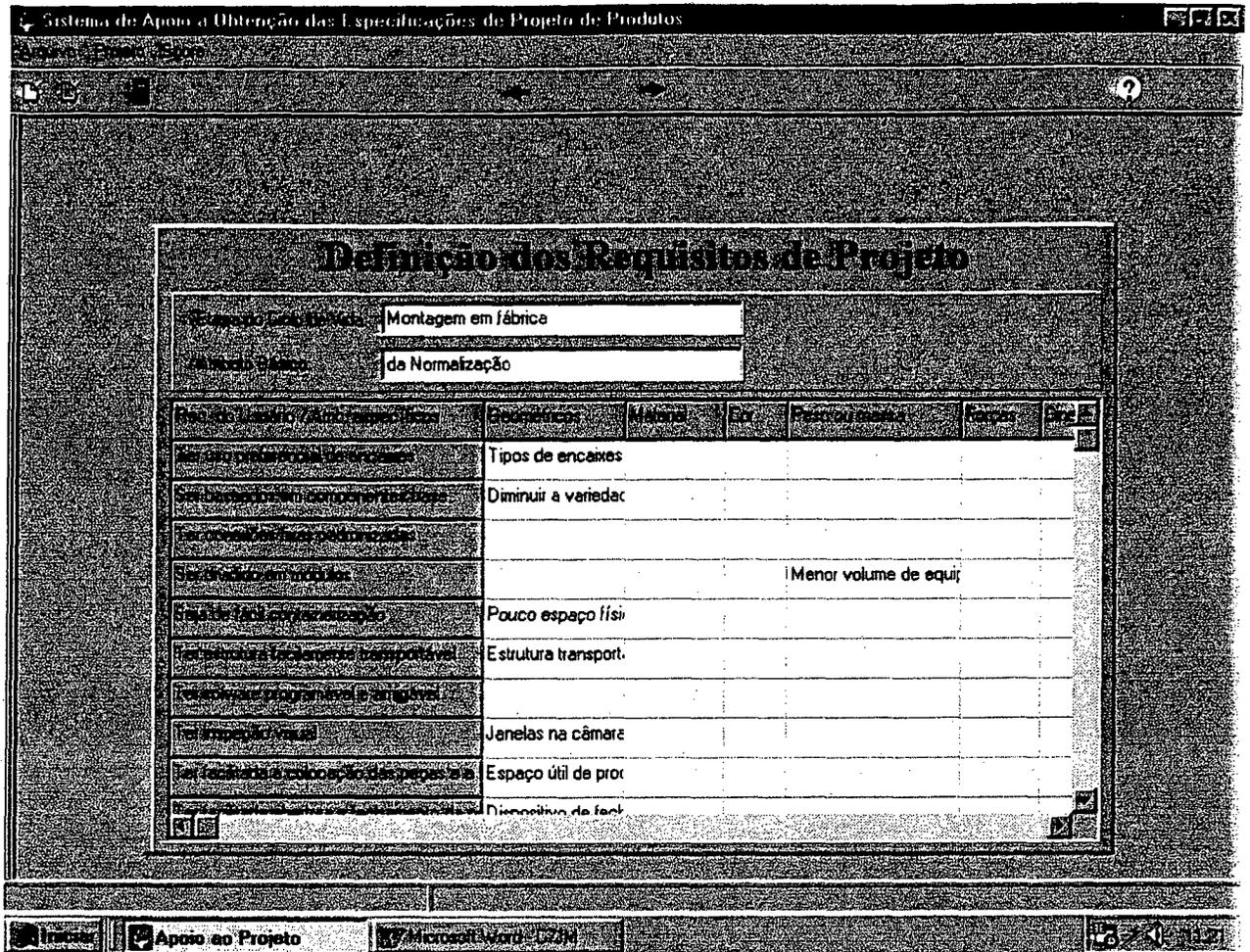


Fig. 7.11.- Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

Nesta interface, onde os requisitos de projeto são classificados segundo os atributos básicos de procedência, pode-se confirmar ou apagar qualquer requisito definido na interface anterior, conforme mostrado na figura 7.12.

7.8.- Avaliação dos requisitos de usuário vs. requisitos de projeto.

Esta etapa é conhecida como a etapa da casa da qualidade. A etapa tem duas tarefas:

- Avaliar requisitos de usuário vs. requisitos de projeto e
- Hierarquizar os requisitos de projeto.

O sistema computacional desenvolvido também fornece adequado subsídio para o trabalho com a casa da qualidade, em cujos procedimentos estão implícitas as duas tarefas desta etapa. Foi elaborado, como parte do sistema computacional, uma interface que executa uma parte

destes passos da casa da qualidade, na qual foi introduzida a avaliação dos produtos concorrentes, segundo a proposta formulada em [Fonseca, A. J. H. 1996].

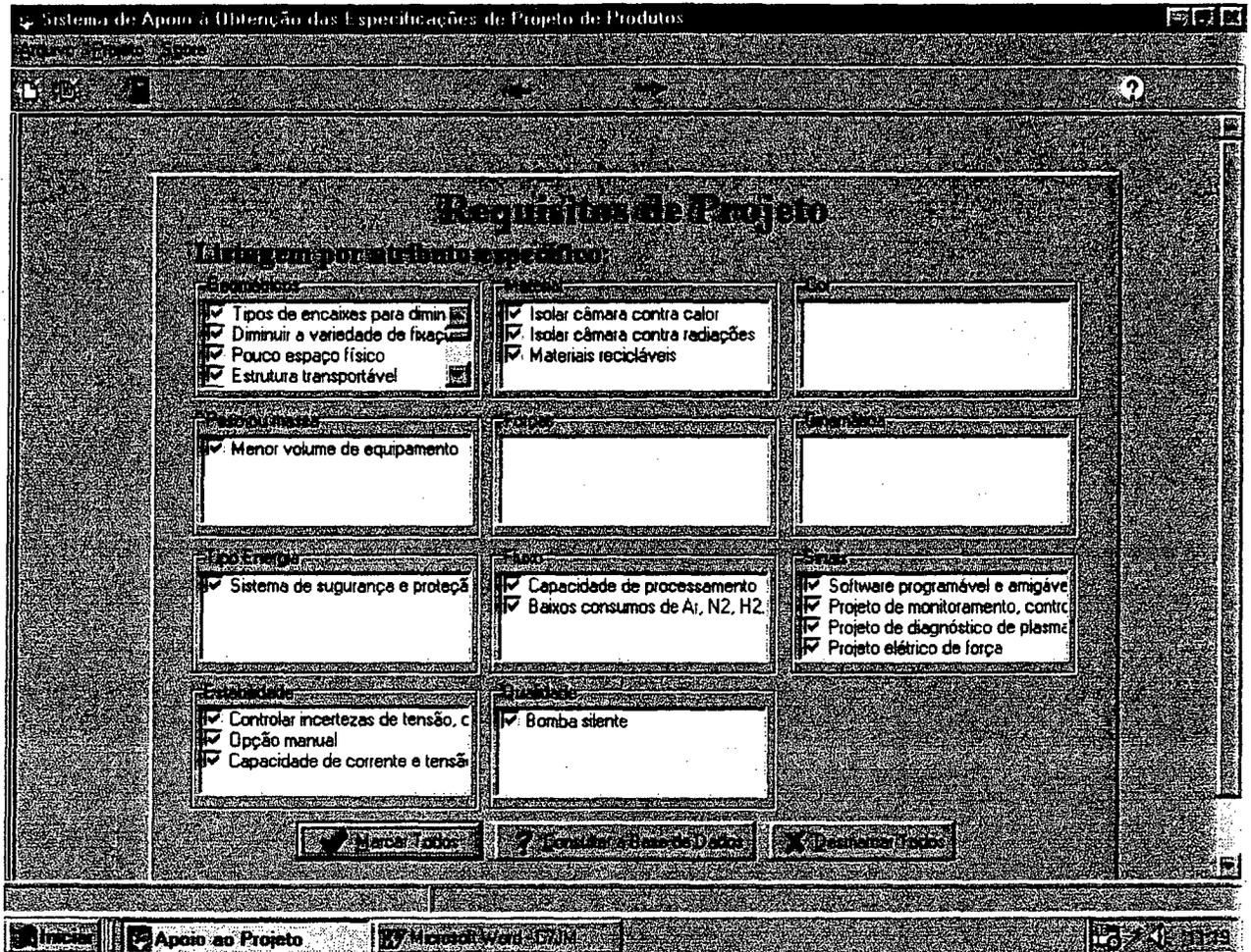


Fig. 7.12.- Classificação e definição dos requisitos de projeto.

A casa da qualidade para o reator de plasma aparece na figura 7.13, em duas partes, devido à escala na qual o sistema computacional trabalha e ao volume de informações utilizado neste produto. Em projetos de produtos como o presente, a importância da casa da qualidade é, que dá uma visão geral sobre quais requisitos de projeto são mais importantes para o sucesso do produto e suas relações com os requisitos de usuário; a hierarquização resultante, é a base para a elaboração das especificações de projeto.

Para o reator sob análise o preenchimento da casa da qualidade resultou num trabalho intensivo, devido à grande quantidade de parâmetros a serem avaliados. Foram realizadas, para uma matriz de 40 requisitos de usuário versus 28 requisitos de projeto, um total de 1120 avaliações. Somadas às 392 avaliações no telhado, mais outras 80 avaliações para os requisitos

de usuário e o produto concorrente, fazem um total de mais de 1580 análises comparativas e avaliações cuidadosas, que em várias ocasiões devem ser repetidos mais de uma vez. É evidente que nos números anteriores não estão contabilizadas as operações de somatória nas colunas e as avaliações do telhado [Ogliari, A. 1990], assim como das avaliações do(s) concorrente(s) descritas na referência [Fonseca, A.J.H., 1996]. O algoritmo da referência, que leva em consideração as avaliações de produtos concorrentes, foram implementadas no sistema SEPI.

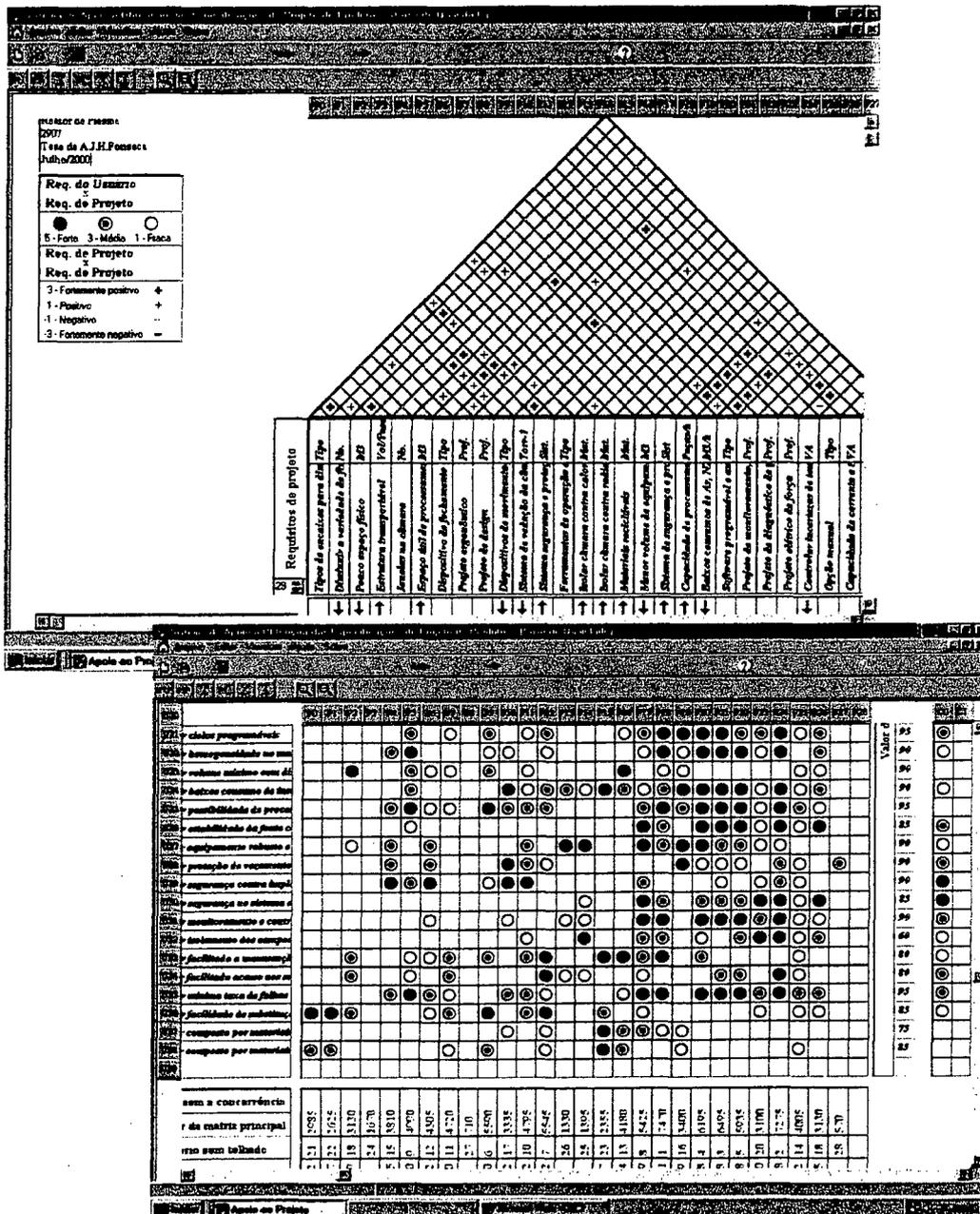


Fig. 7.13.- Casa de qualidade (vistas parciais) do reator de plasma.

Apesar do grande esforço que se realiza, vale salientar a grande vantagem que se obtém, no projeto informacional, quando a casa da qualidade é preenchida na sua totalidade. Isto coloca à disposição da equipe de projeto um valioso conjunto de informações, nos relacionamentos entre os requisitos de usuários, os requisitos de projeto e características dos produtos concorrentes, bem como alternativas de hierarquias de requisitos de projeto.

Na figura 7.14, parte da casa da qualidade obtida através do SEPI, se mostram as quatro hierarquizações analisadas no capítulo VI; delas, somente serão usadas duas hierarquias: a da matriz principal e a hierarquização da matriz principal considerando as avaliações da concorrência. Em ambos os casos, não foi levada em conta as avaliações do teto da casa da qualidade. Estas hierarquizações serão a base para a definição final das especificações de projeto e servirão para a o trabalho dentro do sistema computacional na última etapa da metodologia.

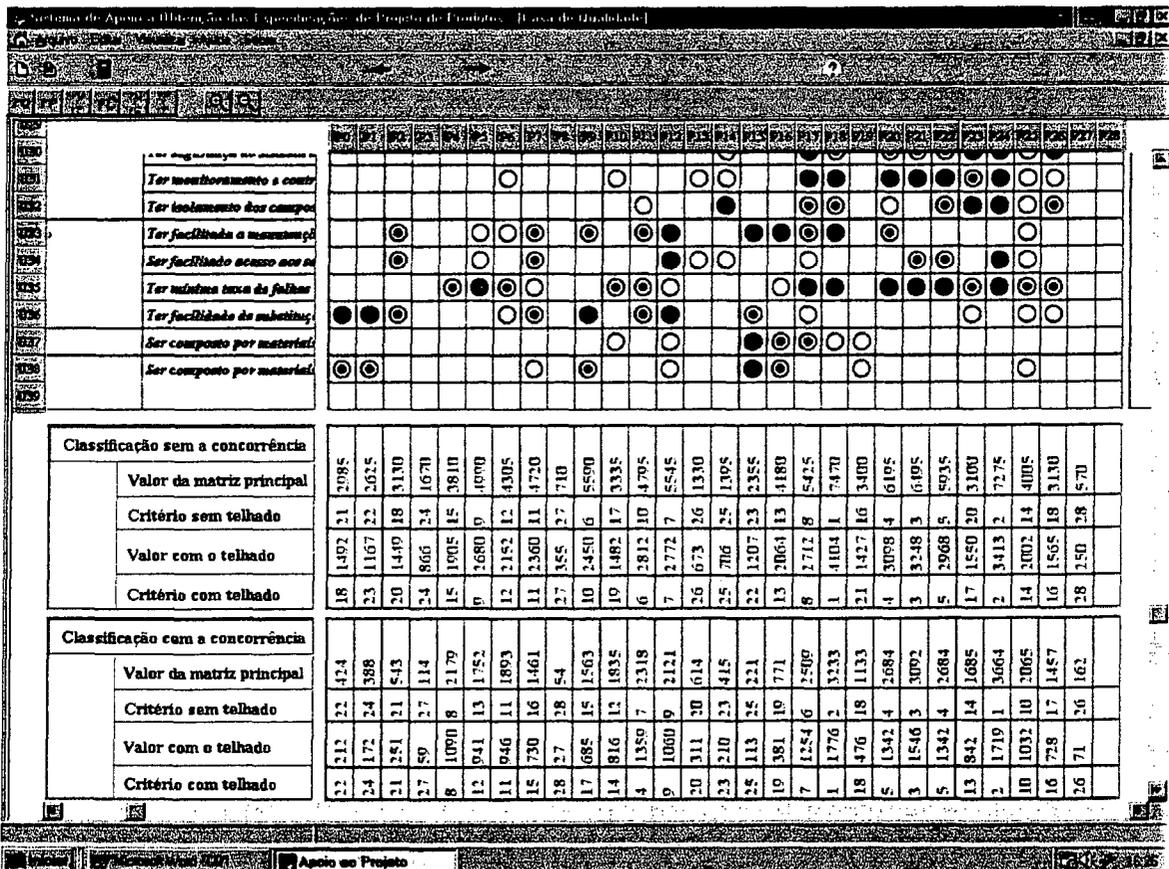


Fig. 7.14.- Quatro hierarquias resultantes da casa da qualidade do reator de plasma.

7.9.- Definição das especificações de projeto.

Esta última etapa da metodologia proposta, é constituída de três tarefas:

- Comparação da hierarquização anterior com o problema de projeto;

- Inclusão das metas, objetivos e restrições e
- Definição das especificações de projeto.

Foram definidos um total de 28 requisitos de projeto; estes são divididos, diretamente pelo SEPI, em três categorias, segundo a ordem de importância decorrente das hierarquizações feitas na casa da qualidade: uma primeira categoria formada pelos 10 primeiros classificados (1/3 do total) os mais importantes, os 9 seguintes considerados como importantes e os 9 últimos classificados como menos importantes. Estes resultados podem ser vistos nas seis janelas superiores, na interface da figura 7.15.

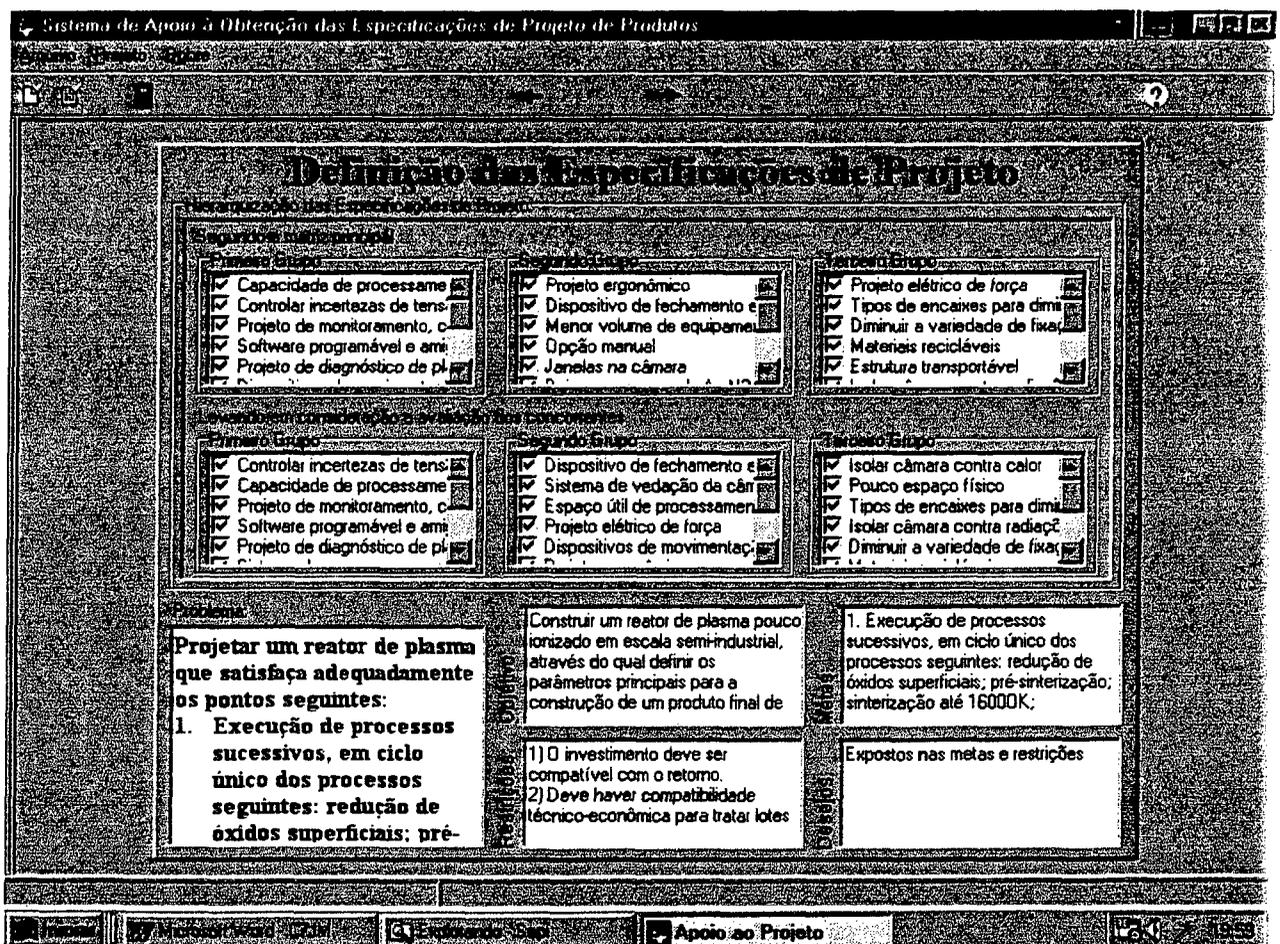


Fig. 7.15.- Interface com as duas hierarquizações dos requisitos de projeto.

O primeiro grupo (das duas primeiras janelas da parte superior esquerda da figura 7.15), corresponde aos requisitos de projeto mais importantes nas duas hierarquizações da casa da qualidade (com e sem concorrência). Embora as duas listas não tenham a mesma ordem (janelas superiores esquerdas da figura 7.15), tomando como conjuntos, a maioria dos 10 requisitos de projeto aparecem nos dois primeiros grupos, em ambas as hierarquizações efetuadas. A mesma

tendência acontece no segundo e no terceiro grupo de importância (janelas do centro e da direita, na parte superior da figura 7.15), razão pela qual, considera-se que não existem grandes discrepâncias nas duas hierarquizações consideradas. Esta análise dá segurança à equipe de projeto nas decisões para definir a ordem final dos requisitos de projeto, que é feito por consenso da equipe de projeto, mas, levando em conta as duas hierarquizações mostradas.

Na interface da figura 7.15, a equipe de projeto tem à sua disposição, fornecidos adicionalmente pelo sistema SEPI, dados importantes para a tomada de decisões finais, tais como: o problema de projeto original, os objetivos, as metas, as restrições e desejos explícitos dos promotores do projeto. Esta interface permite comparar a hierarquização tomada como referência com o problema de projeto, subsidiando a execução da primeira tarefa desta última etapa da metodologia.

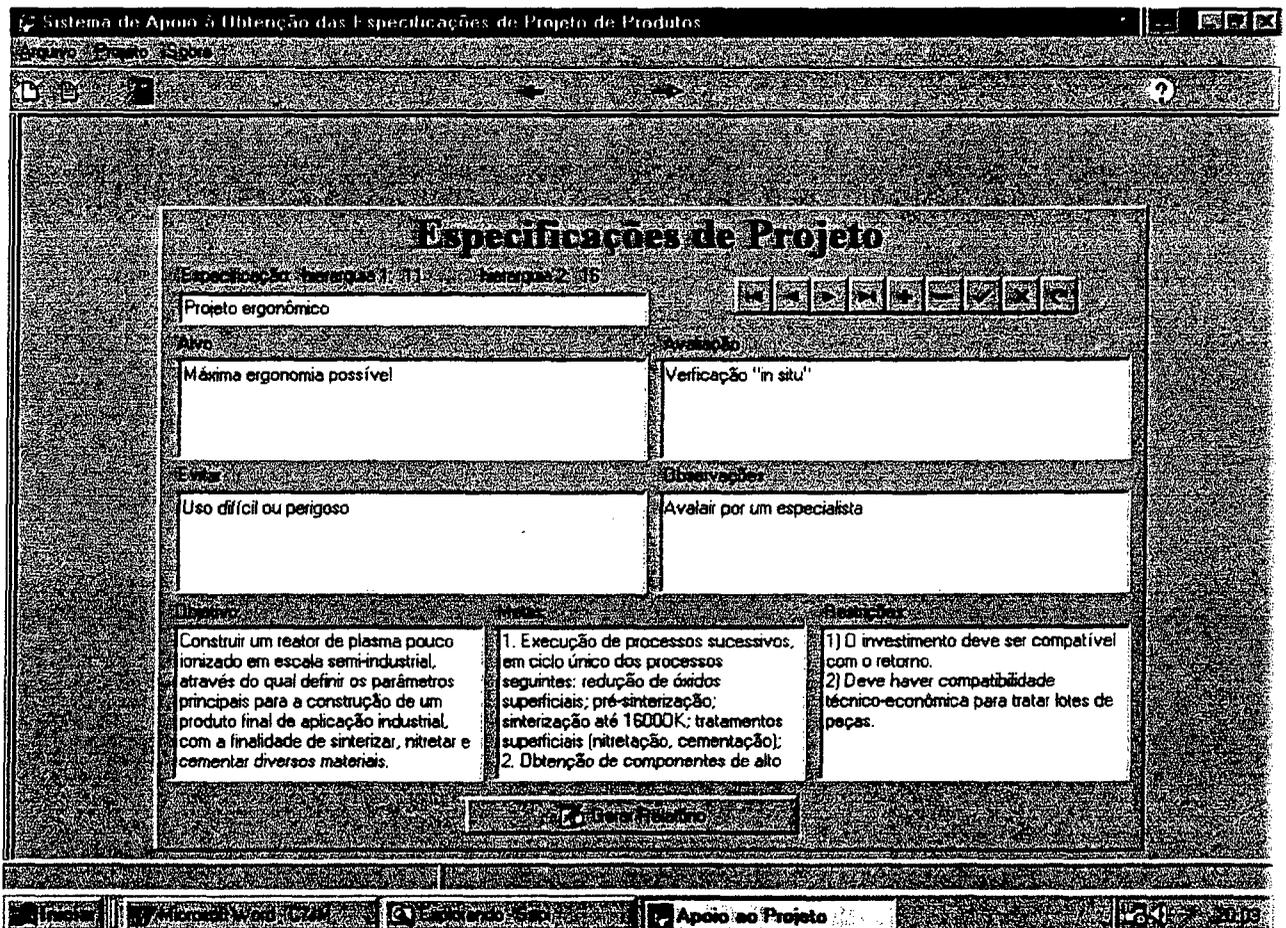


Fig. 7.16.- Cada requisito de projeto, com seu alvo, avaliação, o que se deve evitar e observações.

Na interface da figura 7.15, a equipe de projeto decide a hierarquia final dos requisitos de projeto, marcando diretamente no quadro ao lado de cada requisito, dentro das seis janelas superiores onde estão dispostos. Desta maneira, o SEPI armazena hierarquicamente a ordem de importância decidida, que passa a outra interface, mostrada na figura 7.16.

O que diferencia uma especificação de projeto de um requisito de projeto, neste ponto do processo, é a definição dos alvos, da forma de avaliar, o que deve ser evitado e as observações sobre o requisito. Estes são definidos, por consenso, pela equipe de projeto como resumo do trabalho informacional realizado durante toda a primeira fase do projeto. Nesta interface, as três janelas inferiores da figura 7.16 mostram as metas, os objetivos e restrições originalmente impostos, durante a primeira etapa do projeto. A interface permite uma revisão (ou a confirmação) destes fatores, em função de novos elementos obtidos pela equipe de projeto durante o trabalho anterior.

Do mesmo modo como os requisitos de projeto se transformam em especificações, ao adicionar os alvos, forma de avaliações e o que evitar, o documento global das especificações de projeto deve também incluir as metas, objetivos e restrições gerais, válidos para o projeto em seu conjunto, satisfazendo assim a segunda tarefa desta última etapa da metodologia.

A interface da figura 7.16, através dos dispositivos mostrados na parte superior direita, dá suporte para que a equipe de projeto forneça os dados de consenso que complementam os requisitos de projeto finais. Estes dispositivos possibilitam adicionar, eliminar, mudar a ordem e complementar os requisitos, de maneira que estes sejam adequadamente armazenados como especificações de projeto. Finalmente, a interface fornece também a possibilidade de listar, imprimir, mandar por "e-mail" ou outro meio, a lista final das especificações de projeto, através do acionamento do comando "gerar relatório", na parte inferior central da tela, satisfazendo assim a última tarefa desta etapa, definir as especificações de projeto.

Na figura 7.17 tem-se a interface final que contém a lista ordenada das especificações de projeto. Esta lista fornece, para cada especificação definida: a hierarquia do requisito de projeto nas duas avaliações consideradas pelo SEPI; os alvos ou metas de cada especificação; a forma da avaliação que deve ser feita durante a materialização da especificação; e o que deve ser evitado durante a execução do projeto ou durante a montagem e funcionamento do produto.

Desta maneira, as especificações de projeto estão compostas pelos seguintes dados:

- Lista de requisitos de projeto hierarquizados complementados com os alvos, as formas de avaliação, evitar e observações, se convertem em especificações de projeto;
- Objetivos do projeto como um todo;

- Metas do projeto como um todo; e
- Restrições do projeto como um todo.

É altamente recomendado que a equipe que realizou o projeto informacional, continue na execução do projeto até o seu final; caso isto não seja possível, ou que outros projetistas passem a formar parte da equipe que vai conceitualizar o produto, deve-se colocar à disposição da nova equipe de projeto, adicionalmente aos documentos descritos anteriormente, uma cópia da casa da qualidade elaborada. Este conjunto de documentos é a base e o guia de decisões e avaliações, durante as fases seguintes do processo de projeto.

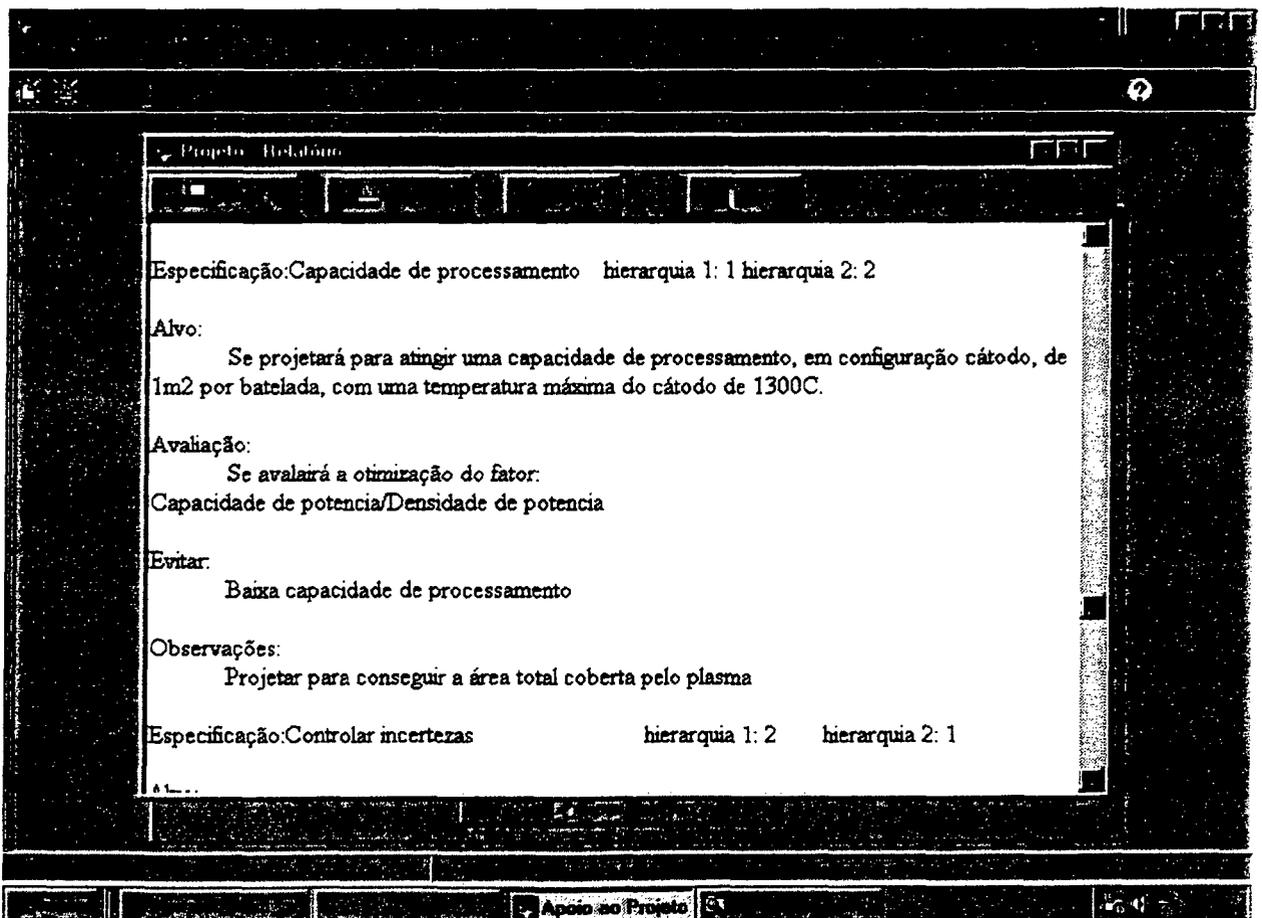


Fig. 7.17.- Lista final das especificações de projeto.

Uma cópia impressa do relatório da figura 7.17, na ordem de importância decidida para este projeto, se expõe, num formato contínuo, como especificações finais de projeto do novo reator de plasma.

Quadro 7.1.
ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO
REATOR DE PLASMA

Especificação:

Tipos de encaixes para diminuir tempo de montagem

Alvo:

- 1) Facilitar a montagem do reator.
- 2) Facilitar a regulagem da posição do suporte das peças na câmara de tratamento.

Avaliação:

- 1) Montagem em tempo adequado.
- 2) Facilidade na regulagem e colocação das peças no suporte da câmara de tratamento.

Evitar:

Soluções complexas

Observações:

Projetar dentro das normas

Especificação:

Diminuir a variedade de fixações diferentes

Alvo:

Até seis tipos diferentes de fixadores

Avaliação:

Simplicidade e segurança das fixações

Evitar:

Montabilidade e manutenção complicada

Observações:

Projetar fixações segundo normas

Especificação:

Pouco espaço físico

Alvo:

- 1) Usar um máximo de 40 m².
- 2) Tempo de montagem de 7 dias

Avaliação:

Medição na obra

Evitar:

Custo elevado da instalação

Observações:

Evitar complicar a montagem

Especificação:

Estrutura transportável

Alvo:

Conformar módulos de transporte que permita o traslado entre a oficina e o lugar de montagem

Avaliação:

Possibilidade de transportar os módulos sem equipamento especial

Evitar:

Operações complicadas de fabricação, no lugar da montagem

Observações:

Fazer programação de transporte e montagem juntos

Especificação:

Janelas na câmara

Alvo:

Disponer duas janelas na câmara

Avaliação:

Inspeção física

Evitar:

A impossibilidade de realizar medições de temperatura em pontos diferentes, usando a espectroscopia óptica

Observações:

Cuidar as perdas de energia radiante através das janelas

Especificação:

Espaço útil de processamento

Alvo: Projetar um espaço útil de 50 l equivalente a 0.05m³

Avaliação: Controle dimensional

Evitar: Forma que diminua a capacidade útil de utilização durante o processamento

Observações: Atrelado à geometria dos componentes tratados

Especificação: Dispositivo de fechamento e abertura da porta

Alvo: Dispositivo que garanta facilidade ergonômica de abertura com vedação total da câmara

Avaliação: Testes físicos de abertura e vedação

Evitar: Ter que usar dispositivos complexos de abertura

Observações: Projetar segundo normas

Especificação: Projeto ergonômico

Alvo: Ergonomia máxima, tanto fisicamente como nos aspectos de leitura e operação de instrumentos e válvulas, sem possibilidades de erros involuntários ou acidentais

Avaliação: Verificação física de cada sistema por um especialista

Evitar: Soluções de alto custo

Observações: No caso de conflito entre segurança e ergonomia a solução é decidir pela segurança

Especificação: Projeto de design

Alvo: Projetar um equipamento que tenha na sua forma a linguagem da alta tecnologia que possui

Avaliação: Avaliação por especialistas

Evitar: Aspecto amador do produto

Observações: Cuidar do aspecto economia

Especificação: Dispositivos de movimentação das peças

Alvo: Projetar dispositivos capazes de processar lotes de peças

Avaliação: Possibilidade de manusear lotes sem problemas

Evitar: Utilização de dispositivos complexos

Observações: Projetar usando elementos normalizados

Especificação: Sistema de vedação da câmara

Alvo: Vedação máxima

Avaliação: Teste de vedação

Evitar: Soluções complexas

Observações: Cuidar os projetos de vedação das janelas e os dispositivos de fechamento da porta

Especificação:

Sistema segurança e proteção mecânica

Alvo:

Sistema de segurança máxima contra acidentes físicos

Avaliação:

Inspeção em operação

Evitar:

Acidentes com usuários diretos e/ou danos ao equipamento

Observações:

Cuidado com as alturas, pesos, cantos vivos, objetos que sobressaem, partes quentes e radiação térmica excessiva

Especificação:

Ferramentas de operação e manutenção

Alvo:

Projetar o sistema para que as ferramentas de operação e manutenção sejam universais e em quantidades mínimas

Avaliação:

- 1) Número de ferramenta e dispositivos
- 2) Trabalho na operação e manutenção

Evitar:

Dispositivos especiais para alguma tarefa

Observações:

Não ultrapassar o orçamento nas soluções de projeto

Especificação:

Isolar câmara contra calor

Alvo:

A capacidade de dissipação de calor será de 40kW, com uma temperatura máxima da carcaça de 100C. Hierarquizar a velocidade de aquecimento da câmara.

Avaliação:

Medir com termopar a temperatura da superfície exterior da câmara

Evitar:

Perigo para o usuário direto

Observações:

Projetar isolamento seguro e durável

Especificação:

Isolar câmara contra radiações

Alvo:

Projetar para isolar de maneira tal que a emissão de radiações este dentro da norma de ondas das frequências utilizáveis

Avaliação:

Avaliar segundo a norma de emissão de radiações

Evitar:

Emitir mais radiações que o permitido pela norma

Observações:

Projetar com critério econômico

Especificação:

Materiais recicláveis

Alvo:

Projetar para ter o máximo de elementos recicláveis e/ou reaproveitáveis

Avaliação:

Análise dos elementos e conjuntos finais

Evitar:

Descarte de produtos de alto custo ou de alto valor agregado

Observações:

Seguir as normas

Especificação:

Menor volume de equipamento

Alvo:

Usar um máximo de 10m³ de equipamentos

Avaliação:

Medição final do equipamento produzido

Evitar:

Compactação excessiva

Observações:

Decidir módulos visando a transportabilidade

Especificação:

Sistema de segurança e proteção elétrica

Alvo:

Executar um projeto de proteção e segurança da parte elétrica de força, dispondo os circuitos e sistemas que evitem danos no equipamento, por erros ou falhas do sistema geral

Avaliação:

Análise do sistema de proteção e segurança elétricos

Evitar:

Falhas humanas que danem o equipamento ou falhas externas que afetem irreversivelmente o sistema.

Observações:

Projetar segundo as normas

Especificação:

Capacidade de processamento

Alvo:

Se projetará para atingir uma capacidade de processamento, em configuração cátodo, de 1m² por batelada, com uma temperatura máxima do cátodo de 1300C.

Avaliação:

Se avaliará a otimização do fator:
Capacidade de potência/Densidade de potência

Evitar:

Baixa capacidade de processamento

Observações:

Projetar para conseguir a área total coberta pelo plasma

Especificação:

Baixos consumos de Ar, N₂, H₂.

Alvo:

Consumo nominal de hidrogênio: <3.5dm³/s/m³
Consumo nominal de nitrogênio: <11.5dm³/s/m³
Consumo nominal de argônio: <10.5dm³/s/m³

Avaliação:

Fluxímetro

Evitar:

Alto consumo

Observações:

Disponer as garrafas de gases num lugar adequado e seguro

Especificação:

Software programável e amigável

Alvo:

Projetar um software capaz de automatizar totalmente o processo, além de permitir programar bateladas, controlando os parâmetros de operação

Avaliação:

Facilidade de operação e programação de ciclos diferentes

Evitar:

Interfaces complexas com a parte eletro-mecânica

Observações:

Tomar como base a experiência do labMAT

Especificação:

Projeto de diagnóstico do plasma

Alvo:

Ter possibilidades de diagnosticar o trabalho do plasma, através dos sistemas de medição, automação e controle, valendo-se do software utilizado

Avaliação:

Possibilidade de diagnóstico do que acontece no processo

Evitar:

Custos excessivos

Observações:

Realizar testes

Especificação:

Projeto elétrico de força

Alvo:

Capacidade de corrente da fonte: 200A
Capacidade de tensão 700V

Avaliação:

Tensão e corrente dentro dos parâmetros

Evitar:

Uma execução complexa do projeto elétrico

Observações:

Cuidar os custos

Especificação:

Controlar incertezas de tensão, corrente, temperatura

Alvo:

Incerteza da corrente: 1% da leitura (por mais ou por menos)
incerteza da tensão: 1% (por mais ou por menos)
Incerteza da temperatura: 15C (por mais ou por menos)
Incerteza da pressão: 0.25 da leitura (por mais ou por menos)

Avaliação:

Cada incerteza será avaliada pelos dispositivos de medição de corrente, tensão, temperatura ou pressão

Evitar:

Que o sistema fique instável em corrente, tensão, temperatura ou pressão

Observações:

É importante controlar estes parâmetros na operação inicial do sistema e nas primeiras bateladas do mesmo

Especificação:

Opção manual

Alvo:

O sistema deve ser projetado visando uma operação manual, caso pane do software ou dos sistema de controle e automação

Avaliação:

Testar o sistema em operação manual

Evitar:

Falta de operação e controle manual do processo

Observações:

Não comprometer o sistema

Especificação:

Capacidade de corrente e tensão

Alvo:

Densidade de corrente característica: 20mA/cm² (200A/m²)
Densidade de potência: 10W/cm² (100000W/m²)

Avaliação:

Medições dos parâmetros de funcionamento

Evitar:

Tempo excessivo de espera pelo aquecimento do sistema

Observações:

Está relacionado com o projeto elétrico

Especificação:

Bomba de vazio silente

Alvo:

- 1) Bomba de vazio o mais silente possível.
- 2) Velocidade efetiva de bombeamento de 200m³/h.
- 3) Pressão mínima atingível: 10-3torr.
- 4) Projetar a tubulação do vazio para uma capacidade maior do que a bomba

Avaliação:

Avaliar cada alvo em operação.

Evitar:

Sobre cargas no sistema de bombeamento

Observações:

Fazer uma degasagem inicial do sistema

7.10.- Discussão dos resultados.

O estudo de caso mostra o exemplo de um “bem de capital”, neste caso um equipamento industrial, onde o fator tecnológico, sobre tudo no que se refere à fase função do ciclo de vida, é de forte influência nas decisões de projeto e onde o fator da interface humana apresenta um papel menos relevante no levantamento das necessidades.

Embora este seja um caso pouco freqüente de ser encontrado na prática, pois trata-se de um projeto de inovação e que utiliza alta tecnologia, a metodologia avaliada tem-se mostrado suficientemente robusta para ser considerada válida e capaz de ser aplicada em casos reais. Por outro lado e apesar do sistema computacional ser considerado como um protótipo, mostrou-se, também, suficientemente flexível para realizar com sucesso o caso analisado, precisando ampliar suas bases de dados e ser convertido num sistema profissional.

No que se relaciona ao produto analisado e às especificações obtidas, um comentário geral deve ser feito. O levantamento da informação primária de entrada ao processo, na forma de necessidades funcionais, para o caso específico do reator de plasma, pode ser dividida em duas áreas:

- Necessidades associadas às soluções mecânicas, dimensionais e estruturais; e
- Necessidades associadas aos problemas energéticos, elétrico e de controle.

Estas necessidades, transformadas primeiro em requisitos de usuário e em requisitos de projeto posteriormente, continuaram a diferenciar-se de forma semelhante na casa da qualidade. Uma análise simples dos resultados das quatro hierarquizações da casa da qualidade, da como resultado uma conclusão:

Para o projeto do reator de plasma sob análise, são mais importantes os aspectos energéticos, elétricos e de controle, que os aspectos mecânicos, dimensionais ou estruturais, por isto o sucesso do produto vai depender diretamente das corretas soluções de projeto nestas áreas.

De acordo com o dito anteriormente, o exemplo mostra a utilidade da metodologia proposta, como guia para a adequada estruturação dos trabalhos de projeto na sua fase inicial; na definição do que deve ser feito e quando deve ser feito; das ferramentas que auxiliam cada atividade a ser realizada e como cada tarefa deve ser executada. Mostra adicionalmente o tratamento correto das necessidades, o adequado processo de captação das necessidades de projeto, como e onde estas devem ser procuradas; de como converter as mesmas em requisitos de usuário primeiro e em requisitos de projeto depois, para posteriormente passar à casa da qualidade. Mostra também, a maneira de processar os resultados da casa da qualidade e como estes devem ser complementados para convertê-los em especificações de projeto.

No exemplo mostrou-se o paralelismo entre a metodologia de projeto proposta e o sistema computacional desenvolvido; este reflete os detalhes da metodologia inclusive, na primeira etapa, onde a busca pela informação deve ser feita, principalmente na forma de visitas, conversações e contatos, todos realizados fora do ambiente do escritório de projeto; nestes casos, o sistema auxilia também, direcionando, resumindo e concentrando as informações captadas pelos trabalhos da etapa. O sistema computacional, SEPI, leva implícito a seqüência metodológica proposta nesta pesquisa, assim como as ferramentas desenvolvidas.

Finalmente, depois de executado o estudo de caso, considera-se que a metodologia possui a universalidade que se espera de uma ferramenta sistemática como esta, como guia do processo de projeto informacional. Estima-se, também, que o protótipo de sistema computacional responde favoravelmente às expectativas com que foi desenvolvido, embora, deva continuar seu desenvolvimento.

"A maior parte do que entendemos como valor é riqueza intelectual e impalpável"
[Greenspan, A. 1999]

CAPÍTULO VIII

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1.- Introdução.

Pareceres conclusivos parciais foram expostos nos capítulos precedentes, durante o tratamento dos aspectos principais da tese. Neste capítulo final aborda-se, em geral, os elementos mais relevantes, na forma de conclusões e recomendações, sugerindo potenciais trabalhos de continuidade e complementação.

A pesquisa desenvolvida considerou um tema pouco tratado pela literatura existente, sobretudo, no que se refere à natureza das ações mais eficazes que devem ser realizadas pelos projetistas visando a obtenção das especificações de projeto de produtos industriais de uma maneira sistematizada. O tema passa, necessariamente, pela morfologia do processo de projeto na fase de projeto informacional em forma geral e pelas características e qualidades do projetista, no sentido particular, incluindo as ferramentas para trabalhar dentro da metodologia.

Foram cumpridos os objetivos, o principal e os secundários traçados inicialmente no item 1.5, que foram tratados no decorrer dos capítulos do trabalho exposto.

8.2.- Contribuições da Tese.

Como já foi dito, desenvolveu-se pesquisa num tema pouco tratado pela literatura especializada, sobretudo no que se relaciona ao estabelecimento de um trabalho sistemático durante o projeto informacional, como fase inicial do processo de projeto.

A maioria dos autores que trabalham esta fase, recomendam métodos empíricos de abordagem ao processo de obtenção das especificações de projeto, tratando-o como uma fase isolada do resto do processo, iniciando-o, na maioria das vezes, com uma consulta a uma lista de itens recomendados pela experiência de autores conceituados; no melhor dos casos, o processo se resume ao preenchimento da casa da qualidade, sem vínculo anterior ou posterior com as demais partes do projeto que está sendo executado e sem subsídios para a identificação e tratamento das necessidades, como o tipo de informação que deslança o processo sob análise.

Neste sentido, a maior contribuição feita durante o trabalho, foi a proposição de um enfoque sistemático de um processo com início, meio e fim, descrevendo as etapas sucessivas desta primeira fase do processo de projeto.

Cabe destacar, também, a proposta de padronização da terminologia utilizada para esta fase de projeto informacional, onde tradicionalmente se confundem termos próprios do ambiente interno da equipe de projeto, com as denominações dos distintos especialistas envolvidos no ciclo de vida do produto. A proposta contida na tese, serve de base ao estabelecimento de uma normalização dos entes empresariais, humanos e especializados, que influem nas decisões tomadas no início do projeto, visando um melhor conhecimento.

A abordagem das especificações de projeto em todas suas facetas, tanto utilitárias como constitutivas, representa um esforço relevante para caracterizar esta importante categoria de informação de projeto, como base para todo o trabalho de desenvolvimento do produto.

A morfologia proposta, se bem que baseada num trabalho anterior do mesmo autor, foi adequadamente enriquecida e complementada, constituindo-se numa proposta mais enfocada, completa e sistematizada, razão pela qual considera-se como mais um aporte deste trabalho.

Por outro lado, o fato de se utilizar um modelo gráfico como o da espiral do desenvolvimento e ter enquadrado nele todos os aspectos que acontecem no início do processo de desenvolvimento dos produtos industriais, com ênfase no projeto informacional, se constitui numa outra contribuição desta pesquisa.

O aprofundamento no estudo da estrutura constitutiva comum aos produtos industriais, que gerou o conceito de atributos do produto e serviu de base para a elaboração das ferramentas fundamentais para o levantamento e tratamento da informação relevante de projeto, representam dois elementos de peso nos aportes da presente pesquisa. Estas ferramentas são básicas para o levantamento das necessidades e para converter requisitos de usuário em requisitos de projeto.

Finalmente, o desenvolvimento de um protótipo de sistema computacional, capaz de dar resposta ao trabalho na fase de projeto informacional, representa um primeiro passo para a obtenção de aperfeiçoamentos posteriores, ampliando a capacidade e multiplicando o potencial de abrangência do sistema proposto.

8.3.- Conclusões.

Além dos comentários anteriores sobre os pontos mais relevantes do trabalho executado, pode-se agregar, alguns aspectos gerais como conclusões deste trabalho.

Como tem-se comentado, anteriormente, na pesquisa aprofundou-se nas ferramentas a serem aplicadas no tratamento da sistematização do processo. A proposta final resultante, constituiu-se na base para a elaboração do protótipo de sistema computacional, o qual foi direcionado ao fornecimento de subsídios para projetistas individuais, pequenas empresas e estudantes de projeto, sem a perda do caráter abrangente da sistemática proposta.

Uma dificuldade importante enfrentada, foi a falta de uma terminologia universalmente aceita. Isto se constituiu num problema a resolver, procurando uniformizar os termos da literatura existente e levando a apresentar uma proposta de terminologia como consta no Capítulo 3.

Do corpo da tese pode-se extrair conclusões gerais, como cumprimento dos objetivos gerais e específicos expostos no primeiro capítulo, que se expõem a seguir:

Primeira:

A sistemática proposta mostrou-se adequada para o trabalho de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e de utilidade para subsidiar pesquisadores, estudantes e equipes de projeto. A metodologia, desenvolvida nesta pesquisa, fornece os elementos que permitem um trabalho integral na fase do projeto informacional, demonstrado através do estudo de caso exposto no capítulo VII da tese e outros trabalhos desenvolvidos usando o sistema computacional decorrente do trabalho.

Segunda:

A etapa de início do processo de projeto, apesar de apontada como de extrema importância pela literatura atual, tem sido pobremente abordada e tratada por pesquisadores e projetistas, razão pela qual um trabalho neste sentido preenche uma necessidade comum a projetistas, pesquisadores e estudantes de projeto. Têm-se identificadas, no trabalho exposto, as ações mais eficientes a serem executadas durante o projeto informacional, propondo-se um modelo cognitivo para a fase sob análise.

Terceira:

As especificações de projeto foram definidas em todas as suas características constitutivas, diferenciando-as de outras categorias utilizadas na literatura, como requisitos de projeto, lista de requisitos ou lista de especificações, estabelecendo-se claramente a diferença entre especificações de projeto e requisitos de projeto.

Quarta:

A informação que deve ser tratada durante a obtenção das especificações de projeto de produtos, inicia com as necessidades, continua com a categoria de requisitos de

usuário, como uma transformação semântica destas necessidades na forma de frases curtas, utilizando os verbos ser, estar ou ter somente, e, identificando também aquelas necessidades que, potencialmente, são geradoras de funções para o produto que vai ser projetado. O mecanismo desenvolvido apoia, adicionalmente, o preenchimento sistematizado da casa da qualidade.

Quinta:

A espiral do desenvolvimento, como modelo gráfico que representa o que acontece na fase de projeto informacional, mostra-se adequada para ser adotada como modelo gráfico para simular os processos que ocorrem durante o trabalho de desenvolvimento dos produtos industriais. Do mesmo modo, a espiral do desenvolvimento se constitui num modelo gráfico apropriado para o ensino do processo de desenvolvimento de produtos industriais, dando uma melhor visão do ciclo de vida do produto.

Sexta:

Foi desenvolvido o conceito de atributos do produto, como ferramenta útil para auxiliar no levantamento e tratamento da informação de projeto nesta fase. Partindo do estudo da natureza comum na estrutura constitutiva dos produtos industriais e baseado nos estudos de diversos autores que têm tratado o assunto, foi elaborada uma classificação mínima para ser utilizada no sistema computacional.

Sétima:

Dentro da morfologia proposta, destaca-se a importância de trabalhar tomando como base os conceitos de ciclo de vida e atributos do produto; partindo deste conceitos, foram desenvolvidas duas ferramentas úteis no levantamento e tratamento das informações de projeto: a matriz de apoio ao levantamento das necessidades e a matriz de apoio à transformação dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

Oitava:

A casa da qualidade, extensamente utilizada para hierarquizar requisitos de projeto partindo das necessidades, não fornece nenhum subsídio para o levantamento e tratamento das necessidades, como também não garante, diretamente, a definição das especificações de projeto. Antes de trabalhar com a casa da qualidade, precisa-se executar várias tarefas importantes definidas na morfologia proposta, visando estabelecer as bases do trabalho informativo que será avaliado através da casa da qualidade.

Nona:

O protótipo de sistema computacional desenvolvido possibilita um melhor uso, tanto das ferramentas como da metodologia exposta, por parte de projetistas individuais e estudantes de projeto. O sistema computacional, direcionado aos pequenos escritórios

de projeto, implicou em determinadas simplificações e adequações dos conceitos contidos na morfologia geral proposta.

8.4.- Recomendações.

Estabelecida a sistematização do projeto informacional como consequência dos trabalhos da tese, verifica-se o potencial para novas pesquisas relacionadas à fase inicial do processo de projeto, assim como ao desenvolvimento da ferramenta computacional proposta. Visando um avanço na área de sistematização da fase inicial do processo de projeto, recomenda-se os pontos seguintes:

Primeiro:

Testar as propostas do presente trabalho, através da utilização da metodologia desenvolvida em trabalhos de pesquisa ou desenvolvimentos de novos produtos no NeDIP, coletando-se os critérios relativos à efetividade da mesma, trabalhando-se e aperfeiçoando-se os pontos fracos que a mesma vier a apresentar, dentro de uma nova pesquisa decorrente dos resultados obtidos.

Segundo:

A utilização da metodologia desenvolvida, para ser usada pelos estudantes do curso de engenharia, tanto na graduação como na pós-graduação, visando facilitar as tarefas relativas ao ensino da fase de projeto informacional, como parte dos conteúdos das disciplinas relativas ao ensino de projeto.

Terceiro:

Visando à difusão do protótipo computacional desenvolvido, assim como a metodologia implícita no mesmo, recomenda-se adaptá-lo a um servidor da Internet, de maneira que possa ser acessado, livremente, por profissionais e estudantes de projeto, pondo à disposição os subsídios desenvolvidos para o seu uso em projetos diversos.

Na figura 8.1 tem-se uma visão geral da metodologia desenvolvida para a obtenção das especificações de projeto ou seja a metodologia de desenvolvimento do projeto informacional. de produtos industriais

Referências bibliográficas

- Adler, A. What Life Should Mean to you, Boston, Ed. Tittle Brown, 1931.
- Akao Y. Quality Function Deployment. Integrating Customer Requirements into Products Design. Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, Norwalk, Connecticut, 1990.
- Asimow, M. Introduction to Design, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1962.
- Back, N. Metodologia de Projetos de Produtos Industriais, Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 1983.
- Blanchard, B. S. e Fabrycky, W. Systems Engineering and Analysis. Prentice Hall, N. Jersey, 2a. ed. 1990.
- Borland Delphi – Developer's Guide, 1997.
- Buardillard, J. La Génesis Idelógica de las Necesidades, Editorial Anagrama, Barcelona, 1973.
- Buarque, D. H. AURELIO. Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa, Ed. Nova Fronteira S/A, Rio de Janeiro, 1996.
- Campbell, R. Eco chambers, Boston Globe, 25 july 1993.
- Chawdhry, P. et al. Design Web: Towards A Distributed Design Research Information Server, University of Bath, BA2 7AY, U.K., 1996.
- Clausing, D. Total Quality Deployment, New York, ASME Press, 3rd. print., 1994.
- Condoor, S. et al. A Cognitive Framework for the Design Process, Design Theory and Methodology, vol. 12, pp. 277-281, 1992.
- Cross, N. A History of Design Methodology, M. J. de Vries et al. (eds.), Design Methodology and Relationships with Science, p 15-27, 1993.
- Cross, N. Engineering Design Methods, Chichester, John Wiley, London Ltd., 1989.
- Dorfles, G. Naturaleza y artificio. Lumen Editorial, Barcelona. 1972.
- Edwards, B. Desenhando com o Lado Direito do Cérebro, Ediouro S.A., 1984.
- Evboumwan, N. et al. A Survey of Design Philosophies, Models, Methods and Systems, Part B, Journal of Engineering Manufacture, BO 4495 IMechE, 1996.
- Finger, S. e Dixon, J. A Review of Research in Mechanical Engineering Design, Part. 1: descriptive, prescriptive and computer based models of design process, Res. in Eng. Des., 1989.

- Finkelstein, L. e Finkelstein, A. Review of Design Methodology, IEE Proceeding, part A, No.4, June, 1983.
- Fiod Neto, M. Desenvolvimento de um Sistema Computacional para Auxiliar a Concepção de Produtos Industriais, Tese de doutorado, UFSC, Dpto. Eng. Mecânica, Set., 1993.
- Fonseca, A. J. H. Desenvolvimento de uma Sistemática para a Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.
- French, M.J. Conceptual Design for Engineers, I edição, Ed. The Design Council, London, 1985.
- Fromm, E. Tener o Ser?, Ed. Fondo de cultura económica, México, 1978.
- Galbraith, J.K. The new industrial state, Boston:Houghton Mifflin, 1997.
- Hauser, J. R. e Clausing, D. The House of Quality, Harvard Business Review, May-Jun., 1988.
- Hall, A. D. A Methodology for Systems Engineering, Princeton, NJ. Van Nostrand, 1962.
- Hubka, V e Eder, W. E. Theory of Thechnical Systems, London, Springer-Verlag, 1988.
- Hubka, V. WDK Principles of Engineering Design, Heurista, Zurich, Suiza, 1980.
- Hundal, M. S. Design Methods: A Synergistic View, ICED 97, vol. 1, p. 205-210, Tampere, 1997.
- Illich, I. Tools for Conviviality, New York: Harpur and Row, 1973.
- Jakobs, D. O Valor de Produtos, FIESC/SENAI/LBDI, Anais Memórias, Fórum Design Mercosul, p 29-39, Florianópolis, Brasil, 1995.
- Juran, J. Controle de Qualidade: Handbook, vol. 1, Ed. McGraw-Hill, 1991.
- Kaulio, M. et al. Products Requirements Engineering. Methods Mediating Objetcs and Preconditions in SMEs, ICED, vol. 2, pp. 617-630, Praga, 1995.
- Khadilkar, D. et al. Evaluating the Reuse of Design Information: and Experimental Case Study, ICED, vol. 2, pp. 484-489, Praga, 1995.
- King, B. Better Design in Half the Time, Impleementing QFD, Quality Function Deployment in America, Third edition, Published by Goal/QPC, 1987-1989.
- Marcuse, H. El hombre Unidimensional, Ed. J. Mortiz, México, 1968.
- Maslow, P. Motivation and Personality, New York, Ed. Harper and Row, 1954.

- Mc Clelland, J. L. Research Group, Parallel Distributed Processing, Vol. 2 Psychological and biological models, Cambridge, Mass., MIT Press, 1986.
- Mendes, L. Sistematização do Desenvolvimento de um Reator de Processamento de Materiais por Plasma. Trabalho de defesa de exame de qualificação, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
- Morup, M. Total Life Models-An Important Tool in Design for Quality, ICED, vol. 2, pp. 849-856, The Hauge, 1993.
- Mortensen, N. H. Design Characteristics as Basis for Design Languages, ICED, vol. 2, pp. 23-30, Tampere, 1997.
- Murray, V. Motivação e Emoção, Rio de Janeiro, Ed. Zabor, 1973.
- Nijhuis K, J. e Roozenburg, N. F. Evaluating the Use of Product Design Specifications in Dutch Product Development Practice, ICED, vol. 2, pp. 137-142, Tampere, Finlandia, 1997.
- Ogliari A. Sistematização da concepção de produtos auxiliadas por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetado. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Julho 1999.
- Pahl, G. e Beitz W. Engineering Design-A Systematic Approach, Springer-Verlag, London Limited, 1996.
- Pugh, S. Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering, I edição, Addison-Wesley, England, 1990.
- Rams, D. The Mexico papers. ICSID News, Helsinki, n.2, 1993.
- Rodriguez, L. El Diseño Pre-Industrial. Sus Orígenes, Tilde Editores S.A., México, 1994.
- Rodriguez, L. Teoria del Diseño, Tilde Editores S.A., México, 1989.
- Roozemburg, N. F. M. e Eckels, J. Product Design: Fundamentals and Methods, John Wiley, 1995.
- Roth, K. Konstruieren mit Konstruktion Katalogen, Ed. Springer, Berlin, 1982.
- Selle, G. Ideología y Utopia del Diseño, Ed. Gustavo Gil, Barcelona, 1973
- Silva, J. S. WINSAPPI: A evolução de uma metodologia computacional para o projeto conceitual de produtos industriais. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.
- Silva, M. e Belém, M. Estudo do Reprojeto de uma Cadeira Escolar. Trabalho de Conclusão de Curso, TCC, Departamento de Engenharia Mecânica, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, UFPa, Belém, Pará, 2000.

- Smith, R. A. The Historical Roots of Concurrent Engineering Fundamentals. Proceedings: IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 44, No.1, pp 67-78, February, 1997.
- Simonsen, D.R. Criatividade e Marketing McGraw-Hill, São Paulo, 1990.
- Sivalogathan, S. et al. Products Development with Design Function Deployment, ICED, vol. 3, pp. 702-704, 1995.
- Stauffer, L. e Morris, L. Enhancing the Product Definition Process, ICED, vol. 2, pp. 624-633, The Hauge, 1993.
- Suh, N. The Principles of Design, Oxford University Press, New York, 1990.
- Tichem, M. et al. Product Structuring, an Overview, ICED 97, vol. 2, pp. 45-50, Tampere, 1997.
- Tjalve, E. A Short Course in Industrial Design, Ed. Butterworth and Co. Ltd., London, 1979.
- Ullman, D. The Mechanical Design Process, McGraw-Hill, Singapura, 1992.
- Ulrich K.T e Eppinger S.D. Product Design and Development, McGraw-Hill, Inc., New York, 1995.
- Vários autores, Diccionario de filosofia, Ed. Cultura Popular, México, 1978.
- Verma, D. et al. Development of Fuzzy Requirements Matrix to Support Conceptual Systems Design, ICED, vol. 2, pp. 567-572, Praga, 1995.
- Zaccai G. The Mexico papers, ICSID News, Helsinki, n. 2, 1993.

Bibliografia consultada.

- Åkesson A. e Bjärnemo, R. Dynamic Products Design Specifications, ICED 99, Munich, vol. 1 p. 389-392, 1999.
- Andreasen M.M. e Hein, L. Integrated Product Development, FS (Publications) Ltd/Spronger-Verlag, UK, 1987.
- Baxter, M. Projeto de Produto, Editora Edgar Blücher Ltda., 1ª Edição, S. Paulo, 1998.
- Beitz, W. Designing for Easy of Recycling- General Approach and Industrial Application, ICED, vol. 2, pp. 731-739, The Hauge, 1993.
- Berrill, N. Man's emerging mind: man's progress through time-trees, ice, flood, atoms and the universe, New York: Dodd, Mead, 1955.
- Beskow, C. et al. Dialogue Conferences as a means to Improve Co-operation in Industrial Product Development, ICED 97, vol. 1, pp. 81- 90, Tampere, 1997.
- Descartes, A. El Discurso del Método. Ed. Letras Cubanas, Tradução da Obra Original, Habana, Cuba, 1970.
- Eudice, M. et al. Towards a Theory of Engineering Requeriments Definition, ICED 99, vol. 3, p. 1541-1546, Munich, 1999.
- Ferreira, M.G. Utilização de Modelos para a Representação de Produtos no Projeto Conceitual, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- Fonseca, A.J.H. et al. Especificaciones de Diseño de Productos Industriales. Un enfoque metodológico, IV Congreso Chileno de Ingenieruía Mecánica, Valparaiso, Chile, 1998.
- Fonseca A. J. H. et al. Uma Experiência em Projeto Conceitual de Produto no Departamento de Engenharia Mecânica da UFPa, CONEM 2000, Natal, RN, Brasil, Agosto 2000.
- Fonseca, A. J. H. et al. Projeto de uma Cadeira Escolar, CONEM 2000, Natal, RN, Brasil, Agosto 2000.
- Hubka, V. e Eder E.W. Design Science: Introduction to needs, scope and organization of Engineering Design Knowledge, 2. Ed. Great Britain, Springer-Verlag, London Ltd., 1996.
- INTELCORP, INC. Kappa-PC User's Guide, Versão 2.0, 1992.
- Jacobsen, K. et al. Formalized Specification of Functional Requirements, ICED 91, vol. 1, p. 367-372, Zurich, 1991.

- Klein, R. I. New Techniques for Listening to the Voice of the Customer, A reprint presented by Applied Marketing Science, Inc., <http://www.ams-inc.com/Readings/reprint3.htm>. 2000.
- Lopensino J.J. Projeto de Ônibus Urbano Modular, Trabalho válido para o Exame de Qualificação do Doutorado Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Agosto, 1998.
- Mortensen, N. H. Designing in a Interplay with a Product Model Explained by Design Unit, ICED, vol. 2, pp. 100-115, Budapest, 1995.
- Mumford, L. Thechnics and Civilisation, New York: Harcourt, Brace Yovanovitch, 1944.
- Machado, C.S. e Dedini, F.G. A CAD System to Conceptual Phase of Design, XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, São Paulo, Bauru, Dez. 1997.
- Mendes, L. A., Fonseca, A. J. H. e Back, N. House of Quality. Application on the Development of a Plasma Reactor for Materials Processing, 5th International Symposium on Quality Function Development, Belo Horizonte, Agosto 1999.
- Ogliari, A. et al. Implementação Computacional do Processo de Concepção de Produtos Utilizando Análise Orientada a Objetos e Sistemas Especialistas, Anais (CD-ROM): XIII Congresso Brasileiro e II Congresso Ibero Americano de Engenharia Mecânica, Belo Horizonte, Dec., 1995.
- Pahl, G. e Beitz, W. Engineering Design-A Systematic Approach, The Design Council/Springer-Verlag, London, 1984.
- Pahl, G. e Beitz, W. Engineering Design: a Systematic Approach. Spring-Verlag, Berlin, 1988.
- Paulino, L. S. Relatório de bolsista de iniciação científica ou apoio à pesquisa. Período Março de 1998 a Fevereiro de 1999. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Produtos, Processo No. 523038/96-8(NV), Florianópolis, Fevereiro de 1999.
- Roosemburg N. F. M. et al. Some guidelines for the development of performance specifications in product design, ICED 91, vol. 2, p. 359-366, Zurich, 1991.
- Silva, J. C. Expert System Prototype for Hydraulic System Design Focusing on Concurrent Engineering Aspects, Tese de Doutorado em Engenharia, Especialidade Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- Ulrich, K.T. e Eppinger, S.D. Product Design and Development, McGraw-Hill, Inc. 1995.
- Zukin, M. et al. Digital Communication Technology: Connecting Design, Engineering and Manufacturing, Paper n. 1/97, Dept. of Computer Science, PUC-RIO, pp. 1-34, 1997.

ANEXO I**QUESTIONÁRIOS ESTRUTURADOS CAPTADORES DAS
NECESSIDADES DESDE CADA FASE DO CICLO DE
VIDA DO PRODUTO****CONTÉM:**

Questionário dos Produtores e Montadores;

Questionário dos Distribuidores Logísticos;

Questionário dos Comerciantes;

Questionário dos Usuários diretos e indiretos do produto;

Questionário do pessoal de Manutenção;

Questionário do pessoal de Reciclagem/Descarte e

Questionário do Promotor do projeto.

QUESTIONÁRIO DO PRODUTOR

NOME DA EMPRESA:

NOME DO PROJETO:

DATA:

Trata-se de consultar com o pessoal técnico dessa empresa, as características economicamente factíveis para produzir o produto que se descreve na continuação.

BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO QUE ESTÁ SENDO DESENVOLVIDO:

TECNOLOGIA BÁSICA DE PRODUÇÃO:

OBJETIVOS DO PROJETO

METAS:

RESTRIÇÕES:

DESEJOS EXPLÍCITOS DOS PROMOTORES DO PROJETO:

Pede-se para preencher as questões na continuação:

- 1) PROCESSO DE PRODUÇÃO RECOMENDADO PARA O PRODUTO DESCRITO; RESTRIÇÕES:
- 2) VIABILIDADE PRODUTIVA COM A TECNOLOGIA DISPONÍVEL; RESTRIÇÕES:
- 3) MATERIAIS A SEREM USADOS NA FABRICAÇÃO; RESTRIÇÕES:
- 4) QUANTIDADE ECONOMICAMENTE RENTÁVEL A SER PRODUZIDA; MÍNIMO ECONÔMICO; RESTRIÇÕES
- 5) NECESSIDADE DE TERCEIRIZAÇÃO DE PROCESSOS E PEÇAS; DETALHES:
- 6) USO DE FERRAMENTAL E MÁQUINAS CONVENCIONAIS OU ESPECIAIS; RESTRIÇÕES:
- 7) NECESSIDADE DE DETERMINADO PROCESSO PRODUTIVO ESPECIAL; ESPECIFIQUE:
- 8) NECESSIDADE DE NOVO INVESTIMENTO; ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRO:
- 9) VIABILIDADE DE MONTAGEM; ECONOMIA ASSOCIADA; RESTRIÇÕES:
- 10) USO DE ELEMENTOS OU PEÇAS NORMALIZADAS; RESTRIÇÕES:
- 11) COMENTÁRIOS SOBRE O PESO DO PRODUTO; MANIPULAÇÃO, RESTRIÇÕES:

12) COMENTÁRIOS SOBRE O VOLUME (PESO) DO PRODUTO; EMBALAGEM, RESTRIÇÕES:

13) COMENTÁRIOS SOBRE O PROJETO:

14) COMENTÁRIOS SOBRE O PRODUTO:

15) OUTROS COMENTÁRIOS:

QUESTIONÁRIO AOS DISTRIBUIDORES LOGÍSTICOS (TRANSPORTE E ARMAZENAGEM)

NOME DO DISTRIBUIDOR:

NOME DO PROJETO:

DATA:

Trata-se de consultar com o pessoal técnico dessa empresa, as características econômicas factíveis de distribuição, para o produto que se descreve na continuação.

BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO QUE ESTÁ SENDO DESENVOLVIDO:

TECNOLOGIA DISPONÍVEL DE PRODUÇÃO:

OBJETIVOS DO PROJETO:

METAS:

RESTRIÇÕES:

DESEJOS EXPLÍCITOS DOS PROMOTORES DO PROJETO:

Pede-se para preencher as questões na continuação:

1) CAIXAS, CONTEINERS E EMBALAGENS PREFERENCIAIS; RESTRIÇÕES:

2) SISTEMAS DE MANIPULAÇÃO; RESTRIÇÕES:

3) SISTEMAS DE TRANSPORTE A SEREM USADOS; RESTRIÇÕES:

4) ARMAZENAMENTO. REQUISITOS ESPECIAIS; RESTRIÇÕES:

5) RESTRIÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO:

6) COMENTÁRIOS SOBRE O PROJETO:

7) COMENTÁRIOS SOBRE O PRODUTO:

8) COMENTÁRIOS GERAIS:

QUESTIONÁRIO AOS COMERCIANTES

NOME DO COMERCIANTE:

NOME DO PROJETO:

DATA:

Trata-se de consultar com o pessoal técnico dessa empresa, as características econômicas factíveis de comercialização, para o produto que se descreve na continuação.

BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO QUE ESTÁ SENDO DESENVOLVIDO:

TECNOLOGIA BÁSICA DE PRODUÇÃO:

OBJETIVOS DO PROJETO:

METAS:

RESTRIÇÕES:

DESEJOS EXPLÍCITOS DOS PROMOTORES DO PROJETO:

Pede-se para preencher as questões na continuação:

- 1) FACILIDADE DE MANIPULAÇÃO DESJÁVEIS; RESTRIÇÕES:
- 2) ASPECTO ERGONÔMICO/ESTÉTICO; PREFERÊNCIAS, RESTRIÇÕES:
- 3) CONTENEDORES, CAIXAS E EMBALAGEM; RESTRIÇÕES:
- 4) ANÁLISE DE PREÇOS E CUSTOS; RESTRIÇÕES:
- 5) ARMAZENAMENTO E EXPOSIÇÃO; PREFERÊNCIAS; RESTRIÇÕES:
- 6) COMENTÁRIOS SOBRE O PROJETO:
- 7) COMENTÁRIOS SOBRE O PRODUTO:
- 8) COMENTÁRIOS GERAIS:

QUESTIONÁRIO AOS TÉCNICOS DE MANUTENÇÃO E REPAROS.

NOME DA ORGANIZAÇÃO:

NOME DO PROJETO:

DATA:

Trata-se de consultar com o pessoal técnico dessa empresa, as características econômicas factíveis de manutenção e serviços, para o produto que se descreve na continuação.

BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO QUE ESTÁ SENDO DESENVOLVIDO:

TECNOLOGIA BÁSICA DE PRODUÇÃO:

OBJETIVOS DO PROJETO:

METAS:

RESTRICÇÕES:

DESEJOS EXPLÍCITOS DOS PROMOTORES DO PROJETO:

Pede-se para preencher as questões na continuação:

1) FACILIDADE DE REPAROS; RESTRICÇÕES:

2) MANUTENÇÃO PREVENTIVA; RESTRICÇÕES:

3) USO DE ELEMENTOS MODULARES DE REPOSIÇÃO; RESTRICÇÕES:

4) COMENTÁRIOS SOBRE O PROJETO:

5) COMENTÁRIOS SOBRE O PRODUTO:

6) COMENTÁRIOS GERAIS:

QUESTIONÁRIO SOBRE O DESCARTE/RECICLAGEM.

NOME DA INSTITUIÇÃO:

NOME DO PROJETO:

DATA:

Trata-se de consultar com o pessoal técnico dessa empresa, as características econômicas factíveis de reciclagem/descarte, para o produto que se descreve na continuação.

BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO QUE ESTÁ SENDO DESENVOLVIDO:

TECNOLOGIA BÁSICA DE PRODUÇÃO:

OBJETIVOS DO PROJETO:

METAS:

RESTRIÇÕES:

DESEJOS EXPLÍCITOS DOS PROMOTORES DO PROJETO:

Pede-se para preencher as questões na continuação:

1) DESCARTE DO PRODUTO; PROPOSTAS E RESTRIÇÕES:

2) DESCARTE DA EMBALAGEM; RESTRIÇÕES:

3) POSSIBILIDADE DE RECICLAGEM; RESTRIÇÕES:

4) IMPACTO AMBIENTAL DO PRODUTO E DA EMBALAGEM; RESTRIÇÕES:

5) COMENTÁRIOS SOBRE O PROJETO:

6) COMENTÁRIOS SOBRE O PRODUTO:

7) COMENTÁRIOS GERAIS:

QUESTIONÁRIO DO CLIENTE EXTERNO

USUÁRIO DIRETO-----USUÁRIO INDIRETO-----

NOME DO PROJETO:

DATA:

Trata-se de consultar com os usuários, as características de uso para o produto que se descreve na continuação.

BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO QUE ESTÁ SENDO DESENVOLVIDO:

TECNOLOGIA BÁSICA DE PRODUÇÃO:

OBJETIVOS DO PROJETO:

METAS:

RESTRIÇÕES:

DESEJOS EXPLÍCITOS DOS PROMOTORES DO PROJETO:

Pede-se para preencher as questões na continuação:

- 1) A FUNÇÃO DO PRODUTO; MECANISMOS DE FUNCIONAMENTO; RESTRIÇÕES:
- 2) O USO DO PRODUTO; RESTRIÇÕES:
- 3) A SEGURANÇA DO PRODUTO; RESTRIÇÕES:
- 4) A TECNOLOGIA USADA NO PRODUTO:
- 5) A PRECISÃO DO PRODUTO; RESTRIÇÕES:
- 6) A MANUTENÇÃO E REPAROS; RESTRIÇÕES:
- 7) A CONFIABILIDADE E DURABILIDADE; RESTRIÇÕES:
- 9) A ESTÉTICA EXPRESSIVIDADE; PREFERÊNCIAS:
- 10) O AMBIENTE DE TRABALHO DO PRODUTO; RESTRIÇÕES:

11) COMENTÁRIOS SOBRE O PROJETO:

12) COMENTÁRIOS SOBRE O PRODUTO:

13) COMENTÁRIOS GERAIS:

QUESTIONÁRIO DO PROMOTOR DO PROJETO

NOME DO PROMOTOR:

NOME DO PROJETO:

DATA:

Trata-se de consultar com o promotor do projeto, as características gerais, para acometer o projeto do produto que se descreve na continuação.

BREVE DESCRIÇÃO DO PRODUTO QUE ESTÁ SENDO DESENVOLVIDO:

TECNOLOGIA BÁSICA DE PRODUÇÃO:

OBJETIVOS DO PROJETO:

METAS:

RESTRIÇÕES:

DESEJOS EXPLÍCITOS DOS PROMOTORES DO PROJETO:

Especificações solicitadas ao promotor do projeto.

1) ESQUEMA FUNCIONAL DO PRODUTO; RESTRIÇÕES:

2) ESQUEMA DE USO/ERGONÔMICO DO PRODUTO; RESTRIÇÕES:

3) ESQUEMA DE PRODUÇÃO/MONTAGEM; RESTRIÇÕES:

4) ESQUEMA ESTÉTICO/EXPRESSIVO; RESTRIÇÕES:

5) ESQUEMA COMERCIAL; RESTRIÇÕES:

6) ESQUEMA ECONÔMICO/FINANCEIRO; RESTRIÇÕES:

7) ESQUEMA DE SEGURANÇA; RESTRIÇÕES:

8) ESQUEMA AMBIENTAL/DISCARTE; RESTRIÇÕES:

9) ESQUEMA DE NORMALIZAÇÃO/LEGAL; RESTRIÇÕES:

10) ESQUEMA DE MANIPULAÇÃO/EMBALAGEM; RESTRIÇÕES:

11) ESQUEMA DE TRANSPORTE/ARMAZENAMENTO; RESTRIÇÕES:

12) ESQUEMA DE DISTRIBUIÇÃO/VENDA; RESTRIÇÕES:

13) ESQUEMA DE MANUTENÇÃO/REPAROS; RESTRIÇÕES:

14) COMENTÁRIOS SOBRE O PROJETO:

15) COMENTÁRIOS SOBRE O PRODUTO.

16) COMENTÁRIOS GERAIS:

ANEXO II

Tratamento adicional dos atributos básicos do produto.

1) Funcionamento. Função.

1.1.- Está definida a função principal do produto mediante um verbo e um substantivo?

1.2.- O produto está definido adequadamente de maneira que possa ser estabelecido, em termos funcionais, segundo um diagrama de blocos de funções principais, secundárias, etc.?

1.3.- Foram definidas no produto as funções operacionais, de desempenho, de uso e de manutenção?

1.4.- O esquema funcional apresentado ou definido é suficiente para estabelecer as especificações totais de funcionamento do produto?

1.5.- O produto ou sistema tal como definido pelos esquemas funcionais, é suficiente para estabelecer a necessidade de subsistemas visando estabelecer fatores de viabilidade, manutenção, logística, e custos?

1.6.- Têm sido estabelecidos parâmetros de rendimento ou eficiência para o funcionamento ou o desempenho do produto?

1.7.-Foram estabelecidos testes para avaliar o funcionamento do produto? Existem estes testes, ou eles têm que ser projetados?

1.8.- Quais são as escalas hierárquicas para a avaliação do funcionamento do produto? Quais escalas de avaliações na ordem de importância para o produto?

2) Ergonômico. Uso.

2.1.- Existe clara diferenciação entre o uso do produto e sua função?

2.2.- É o uso do produto parte importante da sua função?

2.3.- É clara a diferença entre o uso para o funcionamento do produto e o uso para a manutenção, manuseio e transporte?

2.4.- Precisa o produto de uma embalagem?

2.5.- A embalagem do produto poderia apoiar o manuseio durante as fases logísticas do ciclo de vida?

2.6.- Estão claramente estabelecidas as seqüências de ações de uso do produto?

2.7.- Existem propriedades ergonômicas de importância para o uso, incorporadas nas formas ou na estrutura do produto?

2.8.- Existem claras indicações operacionais para evitar falhas no uso do produto?

2.9.- Existem ajustes no produto que são claramente estabelecidos para serem usados corretamente pelos usuários do mesmo?

2.10.- As ações de uso ou ajuste do produto devem ser executadas com o apoio de ferramentas ou instrumentos especiais?

2.11.- Um erro de uso ou ajuste pode ter consequências catastróficas?

2.10.- Está otimizada a interface homem-produto?

2.11.- O produto precisa de um manual de uso?

2.12.- Estão considerados os fatores antropométricos, psicológicos e fisiológicos?

2.13.- Estão contemplados os esforços físicos a serem desenvolvidos pelos usuários, dentro do fatores de segurança do produto?

3) Estético. Expressivo.

3.1.- O tipo de produto precisa de um trabalho de Design?

3.2.- É a forma do produto importante para a sua função ou para seu uso?

3.3.- São os fatores estéticos-expressivos importantes para o sucesso do produto no mercado?

3.4.- Os fatores estéticos-expressivos agregam valor ao produto?

3.5.- É importante valorizar o valor simbólico do produto?

3.6.- Está definida a fatia (e a nacionalidade) da população à qual vai ser direcionado o produto?

3.7.- A semiótica do produto é claramente identificada pelos usuários potenciais?

3.8.- É usada a semiótica por razões utilitárias de ajuste, uso ou controle do produto?

3.9.- A forma do produto deve responder a determinado padrão de produtos similares?

3.10.- É possível o uso da cor como elemento importante do Design do produto?

3.11.- É importante valorizar o valor de troca do produto através da forma?

4) Econômico. Financeiro.

4.1.- É justificável o desenvolvimento do produto em termos de financiamentos para a sua produção?

4.2.- Existe capital para financiar o processo de desenvolvimento?

4.3.- Existem elementos suficientes para definir os custos principais de produção?

4.3.- Existem dados de custos de produção dos concorrentes identificados? Existem dados de preços de venda destes concorrentes?

4.4.- Quais fatores pesarão mais nos custos? Podem ser estes estimados nesta etapa?

4.5.- Os custos de produção dependerão fortemente das quantidades produzidas?

4.6.- Existem riscos identificados do ponto de vista financeiro ou econômico?

4.7.- O produto será comercializado em países de moeda forte?

5) Segurança.

5.1.- O produto é potencialmente perigoso em uso ou funcionamento?

5.2.- Existe um modelo de segurança máxima para o uso e funcionamento do produto?

5.3.- Existe uma análise das ações potencialmente perigosas durante o uso ou funcionamento do produto?

5.4.- Existem condições de funcionamento, potencialmente perigosas no produto? Produz ruído, gases, vibrações, acima do nível normal?

5.5.- Existem condições ambientais (umidade, temperatura, poeira, ruídos, vibrações, etc.) potencialmente perigosas para o uso ou funcionamento do produto?

5.6.- É necessário incorporar especificações de segurança para o projeto de elementos ou mecanismos que intervêm nas ações de uso ou funcionamento?

5.7.- Em produtos que usam eletricidade, são consideradas as medidas de segurança das normas?

5.8.- Em produtos, que geram calor, alta temperatura, umidade, poeira ou outra classe de fator potencialmente nocivo à saúde, foram contempladas as medidas de segurança adequadas?

5.9.- Existem normas ou leis para a segurança do tipo de produto sob análise. Está-se seguindo as orientações, normas ou leis de segurança para o tipo de produto?

5.10.- Existem bordas, cantos, pontas ou elementos da forma do produto que precisam de tratamento para evitar cortes ou acidentes?

5.11.- Existe perigo durante as ações de manutenção ou conserto do produto?

5.12.- Existem elementos em movimento sem a proteção adequada?

5.13.- Precisa, no funcionamento ou no uso do produto, de algum tipo de proteção especial para os usuários diretos, indiretos ou para o pessoal de manutenção do produto?

6) Confiabilidade.

6.1.- São definidos os parâmetros de funcionamento do produto dentro dos considerados como um projeto robusto?

6.2.- Têm sido minimizados os componentes do produto? É um produto simples o suficiente?

6.3.- Estão identificados os sistemas críticos? Existem sistemas que dependem de elementos únicos para danificar gravemente o produto?

6.4.- Existem cabos e conexões que possam, potencialmente, dificultar o trabalho do produto? Serão usados outros elementos normalizados de alta qualidade?

6.5.- Existem elementos de calibração capazes de tirar o funcionamento do produto dos limites definidos para a operação robusta?

6.6.- Os indicadores de funcionamento, controle e ajuste do produto são claros e precisos o suficiente?

6.7.- Estão definidos os testes de confiabilidade relacionados com a segurança do produto?

6.8.- Os sistemas ou subsistemas que possam falhar no produto, comprometem a segurança das pessoas que trabalham com o produto?

6.9.- Está contemplada a análise do produto em funcionamento, as temperaturas vibrações, desgastes, entre outros fatores potencialmente perigosos, a ser atingidos por cada parte e os materiais adequados para suportar as mesmas?

6.10.- Existe coincidência nos ciclos de desgaste e manutenção dos diferentes subsistemas do produto?

6.11.- Estão detectadas as possíveis falhas? São elas aceitáveis? Podem ser melhoradas as condições para minimizar as falhas?

6.12.- Existem testes definidos para garantir a confiabilidade? Devem ser eles projetados?

6.13.- Serão construídos modelos para serem submetidos aos diferentes testes, usando FMEA, FMECA, FTA, entre outros?

7) Legal.

7.1.- Existem leis específicas relacionadas ao uso, funcionamento, comercialização, segurança ou qualquer outro item relacionado ao tipo de produto que vai ser projetado?

7.2.- Existem leis ou regulamentações relacionadas ao controle de poluentes emitidos durante o uso ou funcionamento do produto, como gases, ruídos, etc.?

7.3.- O produto vai ser comercializado em outro, ou outros países com leis diferentes ao país de projeto? Existe possibilidade de ter acesso a tais leis?

7.4.- Existem restrições por razão de idade, sexo, grupo social, ou outros itens relacionados ao tipo de produto, contemplados na legislação vigente?

7.5.- Existem restrições na forma, gráfica ou a embalagem do produto, decorrentes de ser comercializado em outro país de religião, idioma, ou costumes diferentes? Existem leis a respeito?

7.6.- É eticamente aceitável a produção, uso, funcionamento, efeito físico ou psíquico, decorrente do uso do produto? Existem leis a respeito?

7.7.- Existem leis que regulamentem as fases finais do ciclo de vida do produto, ou dos materiais usados na fabricação, para a sua desativação, reciclagem ou descarte?

8) Patentes.

8.1.- Foram realizadas buscas de patentes de produtos similares ao produto que vai ser projetado?

8.2.- Existem patentes a serem utilizadas no desenvolvimento do produto?

8.3.- As patentes existentes, sobre o tipo de produto a ser projetado, podem ser melhoradas?

8.4.- As patentes existentes a serem usadas no desenvolvimento do produto estão registradas no país onde vai ser fabricado o produto?

8.5.- O processo de projeto vai dar lugar a solicitação de novas patentes?

8.6.- Os pedidos de patentes vão ser realizados somente no país onde vai ser fabricado o produto? Se o produto vai ser comercializado em outro país ou países, serão realizados os pedidos de patentes nestes países?

8.7.- Existem outros países fabricantes de produtos similares onde pode ser conveniente registrar o pedido de patente do produto que está sendo projetado?

9) Normalização.

9.1.- Existem normas internas na empresa produtora do produto que vai ser projetado? Existe obsolescência nestas normas?

9.2.- Existem normas nacionais relacionadas ao produto que vai ser projetado? Existe obsolescência nestas normas?

9.3- Existem normas internacionais relacionadas ao produto que vai ser projetado?

Existe obsolescência nestas normas?

9.4.- Serão amplamente usados elementos normalizados na fabricação do produto?

Outros produtos similares usam estes elementos normalizados?

9.5.- Os elementos normalizados serão produzidos pela empresa que vai fabricar o produto ou vai adquiri-los no mercado?

9.6.- Existem normas operacionais para o uso ou funcionamento do produto?

9.7.- Existem normas para os testes do produto?

9.8.- Existem normas para as embalagens, manuseio, transporte ou armazenagem do produto?

9.9.- A gráfica, marcas, etiquetas e rótulos do produto, seguem as normas a respeito?

9.10.- Os elementos de comando, ajuste e controle, seguem os padrões e normas de equipamentos similares?

10) Modularidade.

10.1.- O produto a ser projetado vai adotar o critério da modularidade?

10.2.- Será um produto modular que vai dar lugar a uma família de produtos modulares?

10.2.- Será um produto conformado por módulos, porém não dará lugar a uma família de produtos?

10.3.- Os módulos que serão usados estão normalizados?

10.4.- A vantagem dos módulos será para beneficiar fundamentalmente a fabricação, a montagem, o transporte, a armazenagem, a manutenção, a reciclagem, o descarte, a venda, o uso ou o funcionamento do produto? Identifique a fase do ciclo de vida que lidera na definição dos módulos.

10.5.- Existem produtos similares conformados por módulos?

10.6.- O projeto de cada módulo é focado como um projeto de produto?

10.7.- São as interfaces entre módulos normalizadas? São seguras o suficiente?

10.8.- Como se analisa o potencial incremento dos custos de fabricação do produto conformado por módulos?

10.9.- Como se analisa a eventual perda da imagem do produto conformado por módulos?

10.10.- Serão comercializados os módulos independentemente?

11) Impacto ambiental.

11.1.- Existe um estudo do impacto ambiental do produto em uso ou funcionamento, por emissão de poluentes tais como vibrações, ruídos, poeira, etc.?

11.2.- São os materiais componentes do produto recicláveis ou descartáveis?

11.3.- Os materiais componentes do produto são potenciais poluidores do entorno ecológico?

11.4.- Os materiais componentes do produto promovem a destruição do entorno ecológico?

11.5.- A produção do produto, ou os materiais componentes do produto, precisam de processos produtivos poluidores ou agressivos ao entorno ecológico?

11.6.- A imagem do produto se insere no ambiente ao qual vai direcionado?

11.7.- Existem estudos do ciclo de vida do produto relacionado a sua desativação, à reciclagem e ao descarte?

11.8.- O produto é eficiente o suficiente naqueles processos que consomem recursos não renováveis como combustível fóssil. Existe outra alternativa substitutiva?

11.9.- Existe um estudo da compensação social, da presença do produto, relacionado aos efeitos ambientais nocivos?

