

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Geraldo G. Delgado
Neto E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 20.07.2003

ORIENTADOR

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

Desenvolvimento e aplicação de um programa computacional, para abordagem sistemática de desenvolvimento de produtos e serviços

Autor: Geraldo Gonçalves Delgado Neto
Orientador: Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini

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

Desenvolvimento e aplicação de um programa computacional, para abordagem sistemática de desenvolvimento de produtos e serviços

Autor: Geraldo G. Delgado Neto

Orientador: Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos

Tese de doutorado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2009
S.P. – Brasil

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

D378d Delgado Neto, Geraldo Gonçalves
Desenvolvimento e aplicação de um programa
computacional, para abordagem sistemática de
desenvolvimento de produtos e serviços / Geraldo
Gonçalves Delgado Neto. --Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Franco Giuseppe Dedini.
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Projeto - Metodologia. 2. Interface (Computador).
3. Software - Desenvolvimento. 4. Produtos novos. I.
Dedini, Franco Giuseppe. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III.
Título.

Título em Inglês: Design and application of the software for systematic approach
of the products and services developments

Palavras-chave em Inglês: Design methodology, Computer interfaces, Software
development, New products

Área de concentração: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

Titulação: Doutor em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Gilberto de Martins Jannuzzi, Klaus Schützer, Roberto
Funes Abrahão, Zilda de Castro Silveira

Data da defesa: 20/07/2009

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

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

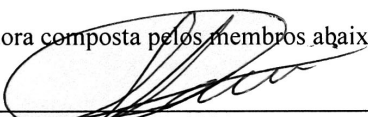
TESE DE DOUTORADO

**Desenvolvimento e aplicação de um programa
computacional, para abordagem sistemática de
desenvolvimento de produtos e serviços**

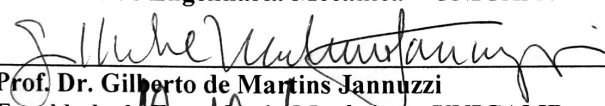
Autor: **Geraldo Gonçalves Delgado Neto**

Orientador: **Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini**

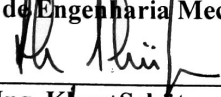
A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Tese:



Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini
Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP



Prof. Dr. Gilberto de Martins Jannuzzi
Faculdade de Engenharia Mecânica – UNICAMP



Prof. Dr.-Ing. Klaus Schützer
Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo – UNIMEP



Prof. Dr. Roberto Funes Abrahão
Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP



Prof. Dr. Zilda de Castro Silveira
Escola de Engenharia de São Carlos – USP

Campinas, 20 de Julho de 2009.

Dedicatória:

Dedico esse trabalho a meus pais e minha noiva.

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

Aos meus queridos pais, Marta M. F. Delgado e Geraldo G. Delgado Filho por tudo que representam para mim.

A minha noiva, Vivianne Cabral Vieira que esteve ao meu lado todo o tempo.

Ao meu amigo, Prof. Franco Giuseppe Dedini que me mostrou os caminhos a seguir.

A todos os professores e colegas da Faculdade de Engenharia Mecânica e do Departamento de Projeto Mecânico da Unicamp, que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho.

A todos os colegas do CTI, que ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho e em especial a dedicação do meu amigo Arnaldo Luis Lixandrão Filho durante o desenvolvimento do programa e ao apoio do amigo Pedro Yoshito Noritomi.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

*“Deus é a minha fortaleza e a minha força, e ele perfeitamente
desembaraça o meu caminho.”*

2 Samuel 22.33

Resumo

DELGADO NETO, Geraldo G., *Desenvolvimento e aplicação de um programa computacional, para abordagem sistemática de desenvolvimento de produtos e serviços*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 166 p. Tese (Doutorado)

Neste trabalho é proposto um estudo que tem como objetivo demonstrar a aplicabilidade da metodologia de projeto, para segmentos de produtos e serviços. A criação de novos produtos implica em uma elevada probabilidade de insucesso. Técnicas que permitam reduzir o tempo de desenvolvimento de projeto, com maior eficiência e que sejam sistematizadas são altamente indicadas, para projeto e melhorias de produtos e serviços. Neste contexto, a metodologia de projeto apresenta uma série de ferramentas e técnicas que podem nortear os objetivos desejados. Para o estudo de caso em serviços, a metodologia de projeto foi utilizada no desenvolvimento de novos produtos, através de um programa (ProCria) e Guia Rápido de Projeto, que são procedimento de boas praticas de projeto. Dessa forma, foi possível apresentar e avaliar esse processo sistemático, com os usuários do programa que certamente poderão difundir a importância da metodologia de projeto no desenvolvimento de produtos. Como resultado deste trabalho é apresentado a metodologia proposta, na qual são apresentadas as etapas de projeto para o desenvolvimento de produto com uma linguagem mais acessível e evidenciando a utilidade da metodologia.

Palavras chave

Metodologia de projeto; Desenvolvimento de produto; estudo de casos; interface computacional.

Abstract

DELGADO NETO, Geraldo G., *Design and application of the software for systematic approach of the products and services developments*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2009. 166 p. Tese (Doutorado)

The creation of new products implies in one high probability of failure. Techniques to provide a project development time reduction with more efficiency and systematically are highly indicated for project and for products and services improvements. In this context, the project methodology presents a series of tools and techniques which can guide the intended objectives. This work proposed a study that aims to demonstrate the applicability of the project methodology to products and services segments. For the case study in services, the project methodology was used in the new products development, through Software and Fast Guide of Project, that were created for this purpose. Thus, it was possible presents and evaluates this systematic process, with the software users who certainly will be able to spread out the importance of the project methodology in the products development. As result of this work is presented the purpose methodology, in which the project stages for the product development are presented with a accessible language and evidencing the methodology utility.

Key Words

Design methodology, product development; computational interface.

Índice

Lista de figuras.....	xii
Nomenclatura.....	xv
Capítulo 1	
1 Introdução	02
1.1 Objetivo.....	03
1.2 Educação	04
1.3 Aplicabilidade	05
1.4 Estrutura da Tese	06
Capítulo 2	
2 Projeto e Metodologia.....	08
2.1 Estado atual do desenvolvimento de projeto do produto	19
Capítulo 3	
3 Método Proposto.....	21
3.1 Etapas que compõe a metodologia – Estudo de Viabilidade.....	25
3.1.2 Estudo de Viabilidade - Análise de necessidades....	25
3.1.3 Estudo de Viabilidade - Explorar sistemas envolvidos	26
3.1.4 Estudo de Viabilidade - Soluções alternativas	26
3.1.5 Estudo de Viabilidade - Viabilidade física.....	27
3.1.6 Estudo de Viabilidade - Viabilidade econômica	27
3.1.7 Estudo de Viabilidade - Viabilidade financeira	28
3.1.8 Estudo de Viabilidade – Documentação gerada no Estudo de Viabilidade	28
3.2 Etapas que compõe a metodologia – Projeto Preliminar	29
3.2.1 Projeto Preliminar - Seleção da melhor solução	30

3.2.2 Projeto Preliminar - Formulação do modelo matemático	30
3.2.3 Projeto Preliminar - Sensibilidade e compatibilidade	32
3.2.4 Projeto Preliminar - Otimização dos parâmetros	33
3.2.5 Projeto Preliminar - Testar processo e prever desempenho	34
3.2.6 Projeto Preliminar - Simplificações	35
3.2.7 Projeto Preliminar - Documentação gerada no Projeto Preliminar	36
3.3 Etapas que compõe a metodologia – Projeto Detalhado Módulos e interfaces	36
3.3.1 Projeto Detalhado - Especificação de subsistemas	37
3.3.2 Especificar componentes.....	37
3.3.3 Projeto Detalhado - Descrição das partes.....	38
3.3.4 Projeto Detalhado - Desenho de conjunto de montagem	39
3.3.5 Projeto Detalhado - Normas e padronização.....	41
3.3.6 Projeto Detalhado - Liberar para fabricação	41
3.3.7 Projeto Detalhado – Documentação gerada no Projeto Detalhado.....	42
Capítulo 4	
4 Programa de apoio ao usuário do método.....	44
4.1 Fases de desenvolvimento do Programa de apoio ao usuário	46
4.2 Viabilidade/ Fase de definição	48
4.2.1 Análise de requisitos, restrições e recursos	49
4.2.2 Proposta de soluções	49
4.2.3 Viabilidade física.....	50
4.2.4 Estimativas e análise de riscos utilizando métricas.....	51
4.2.5 Protótipos de apresentação	51
4.3 Fase de desenvolvimento/ Design conceitual.....	51
4.3.1 Morfologia do programa	52
4.4 Fase de operação;	61
4.5 Manual Guia Rápido	62

Capítulo 5

5 Aplicação da Metodologia proposta.	63
5.1 Introdução - Aplicação da Metodologia proposta no Ensino	64
5.1.1 Objetivos - Aplicação no Ensino.....	64
5.1.2 Metodologia de Projeto - Aplicação no Ensino	65
5.2 Introdução - Aplicação do Método proposta no desenvolvimento de um produto em conjunto com grupos de pesquisa e indústria.....	66
5.2.1 Objetivos - Aplicação em grupos de pesquisa	69
5.2.2 Histórico e introdução da aplicação em grupos de pesquisa	69
5.2.3 Metodologia da aplicação em grupos de pesquisa	71
5.2.4 Protótipo Desenvolvido.....	71
Capítulo 6	
6 Resultados e discussão.....	77
6.1 Aplicação na Educação	78
6.2 Aplicação nos grupos de pesquisa e parcerias.....	86
Capítulo 7	
7 Conclusão.....	88
7.1 sugestões para próximos trabalhos	89
Referências Bibliográficas	91
Anexo I – Cronologia dos métodos de projeto	98
Apêndice I – Ferramentas Metodológicas	102
Apêndice II – Sistemas envolvidos.....	123
Apêndice III – Guia Rápido de Projetos	128
Apêndice IV – Questionário de Avaliação	149

Lista de figuras

Figura 1.1 – Atividade de projeto como interseção das atividades cultural e tecnológica, adaptado (Pah et. al 2005).....	02
Figura 2.1 - O Fluxograma de projeto proposto por Asimow (1968).....	09
Figura 2.2 – Metodologia estabelecida por Pahl e Beitz (1988).....	11
Figura 2.3 – Ciclo de vida do sistema, Blanchard e Fabrycky (1981).....	11
Figura 2.4 – Metodologia segundo Blanchard e Fabrycky (1981).	12
Figura 2.5 – Metodologia segundo Back (1983).	13
Figura 2.6 – Norma VDI 2221, adaptado de Delgado Neto (2005).....	14
Figura 2.7 - Morfologia da metodologia proposta por Clausing (1993).....	14
Figura 2.8 - Circulo de comunicação Clausing (1993).....	15
Figura 2.9 –Metodologia segundo Ertas e Jones (1994).....	17
Figura 2.10 – Distribuição qualitativa típica das atividades por área de conhecimento, Rozenfeld, H. et al (2006).....	22
Figura 3.1 – Processo de desenvolvimento do produto, adaptado Delgado Neto (2005)	22
Figura 3.2 – Estudo de Viabilidade, adaptado Delgado Neto (2005)	23
Figura 3.3 – Projeto Preliminar, adaptado Dedini (2002).....	24
Figura 3.4 – Projeto Detalhado, adaptado Dedini (2002)	24
Figura 3.5 – Etapas que compõe a morfologia do Método.....	25
Figura 4.1 – Mapa Conceitual CriaBrinq 2007.....	45
Figura 4.2 – Mapa Conceitual CriaProjeto 2008	46
Figura 4.3 - Fases usadas no desenvolvimento de programas.	47
Figura 4.4 - Fases de desenvolvimento do programa, segundo Dedini (2002)	48

Figura 4.6 – Processo de desenvolvimento do produto, adaptado Delgado Neto (2005).....	53
Figura 4.7 - Viabilidade – Documentação, entradas e saídas, adaptado Delgado Neto (2005).....	53
Figura 4.8 – O Projeto do Produto	54
Figura 4.9 - O Projeto do Produto – O programa fase Viabilidade.	55
Figura 4.10 – Segunda versão do programa com interfase Microsoft Excel®	56
Figura 4.11 – Versão do programa com interfase Visual Basic®	57
Figura 4.12 – Telas do programa da CriaProjeto	58
Figura 4.13 – Tela da Ultima versão do Programa ProCria.....	59
Figura 4.14 – Nautilus e interface.....	60
Figura 4.15 - Interface do programa CriaHelp.	60
Figura 5.1 - Modelo de integração dos diversos capitais.....	65
Figura 5.2 – Projetos simultâneos, Kit de Motorização.....	69
Figura 5.5 - Quadro Morfológico do Kit de Motorização	73
Figura 5.6 - Alternativa No 1	74
Figura 5.7 - Desenhos do Kit de Motorização	75
Figura 5.8 - Protótipo do Kit de Motorização.....	75
Figura 5.9 - Arquitetura básica de construção do Kit de Motorização	76
Figura 6.1 - Modelo de integração das unidades curriculares	79
Figura 6.2 – Gráfico relação de unidades por turmas.	80
Figura 6.3 - Mecanismo Articulado com servo motores	81
Figura 6.4 – Pré projeto semelhante ao projeto final.....	82
Figura 6.5 – À esquerda pista desenvolvida com metodologia, à direita pista construída sem o uso de qualquer metodologia de projeto.....	82
Figura 6.6 – Gráfico Formulário 1ª questão	83
Figura 6.7 – Gráfico Formulário 2ª questão.	83
Figura 6.8 – Gráfico Formulário 3ª questão	84
Figura 6.9 – Gráfico Formulário 4ª questão	85
Figura 6.10 – Gráfico Formulário 5ª questão	85
Figura 6.11 – Gráfico Formulário 6ª questão.	86

Nomenclatura

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASI - *American Supplier Institute*

ASME - *American Society Of Mechanical Engineers*

CAD - *Computer Aided Design*

CAE - *Computer Aided Engineering*

CAM - *Computer Aided Manufacturing*

CTI – Centro da Tecnologia da Informação - Renato Archer

DDP - Divisão para o Desenvolvimento de Produtos

FMEA - Análise de Modo e Efeito de Falha - *Failure Mode and Effect Analysis*

FTA - Análise de Árvore de Falhas

IES – Instituto de Ensino Superior

IHC - Interação Homem Computador

MEC – Ministério da Educação e Cultura

PROEXP - Prototipagem Experimental

PROIND - Prototipagem Industrial

PROMED - Prototipagem Medica

QFD - Desdobramento da Função Qualidade - *Quality Function Deployment*

RAD - *Rapid Application Development*

TRIZ - Teoria da Resolução de Problemas Inventivos - *Tvorba a Resní Inovacnich Zadání*

Capítulo 1

Introdução

A acirrada concorrência no mundo empresarial provoca instabilidades e mudanças nos mais diversos setores. Por decorrência desta condição surgem novas necessidades de mudanças nas operações e nas atividades dos negócios. Desta forma, tanto o ambiente interno como o externo, assim como as exigências governamentais se tornam influência no desenvolvimento das empresas e em projetos ao longo do tempo.

Neste ambiente competitivo e dinâmico, o desenvolvimento de novos produtos tem se tornado o principal foco de competição industrial internacional em busca de mercados consumidores sofisticados, e que tentam acompanhar as evoluções tecnológicas (Machado *et. al* 2007).

A missão de uma equipe de desenvolvimento de novos produtos é encontrar soluções para os problemas e necessidades do mercado. Para tanto, esta equipe deve ter um grande conhecimento interdisciplinar, idéias e talentos para determinar as características técnicas, econômicas e ecológicas do produto perante o fabricante e o usuário. As soluções precisam atender aos objetivos pré-determinados. Esclarecidos os problemas estes são transformados em sub-tarefas concretas que a equipe terá pela frente durante o processo de desenvolvimento do produto (Pahl *et. al* 2005).

Esta atividade apresenta inúmeros aspectos, podendo ser descrita sob diferentes pontos de vista. Pahl *et al* (2005), situam o projeto no centro de influências interferentes da vida cultural e técnica da sociedade moderna, conforme figura 1.1.

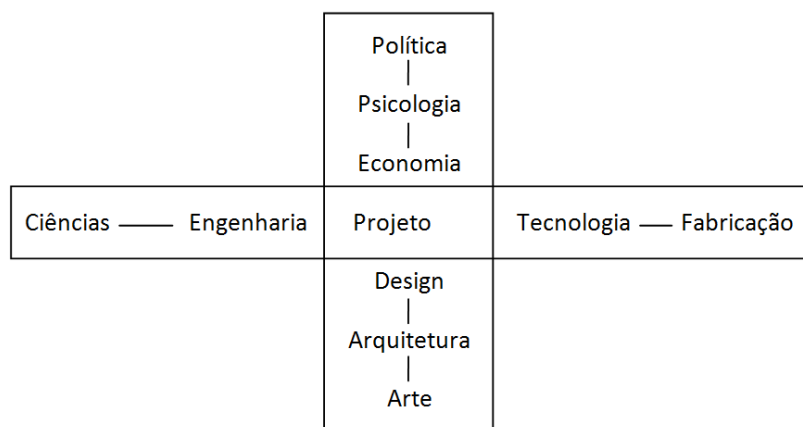


Figura 1.1 – Atividade de projeto como interseção das atividades cultural e tecnológica, adaptado (*Pah et. al 2005*).

A indústria brasileira ainda não apresenta um caminho bem definido na área de desenvolvimento de projetos de produtos. O que muito se vê nesta área é a tropicalização de produtos, através da execução de cópias, projetos similares, adaptados, com substituição e a isto, denomina-se erroneamente de desenvolvimento de novos produtos. (Leite, 2007).

A idéia de desenvolvimento de produto na indústria brasileira surgiu principalmente na era de Getúlio Vargas e de Juscelino Kubitschek, em que a principal proposta e palavra de ordem eram o desenvolvimentismo, trazendo produtos do mercado externo para serem fabricados no País. A consequência disto foi a negligencia de metodologias de projeto, pois para os engenheiros da época havia o conforto do fazer intuitivo, em face ao fazer sistematicamente. Outra causa para essa falha no conhecimento na área de projetos e o atraso das áreas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) era a necessidade e ambição de retorno rápido dos investimentos, em geral de curto prazo.

A partir da década de 80, com o lançamento da primeira obra literária brasileira sobre metodologia de projetos, do autor Nelson Back, ocorrem estímulos a pesquisadores e universidades sobre o tema. Desde então, universidades, equipes e centros de pesquisa vem introduzindo a cultura e a filosofia do projeto no meio acadêmico e industrial.

Atualmente, no Brasil, verifica-se que esta mudança de ponto de vista sobre projetos tem trazido bons resultados, em especial em alguns segmentos do mercado nacional, especialistas em suas áreas de atuação. Para exemplificar empresas desenvolvedoras, há empresas como a Opto eletrônica, localizada na cidade de São Carlos, criada a partir de um centro de pesquisa e que

atualmente desenvolve e fabrica espelhos especiais para satélites, vencendo concorrentes europeus e americanas. Outro exemplo é a Petrobrás que para atender a sua demanda específica perceberam a necessidade de desenvolver um departamento de P&D e varias parcerias com universidades e centros de pesquisa. Um ponto importante a ser observado é o valor das lições aprendidas, através de um levantamento histórico e pesquisa para desenvolvimentos “tropicalizados” e evitar cometer erros repetidos ao longo da história industrial do país.

Outro ponto importante a destacar é o de que em países em desenvolvimento, às vezes faltam as condições necessárias para o melhor desenvolvimento de produtos, como por exemplo, investimentos e infra-estrutura de pesquisa, condições tecnológicas e sociais. Com isso há uma maior facilidade de se trabalhar com adaptações e melhorias do produto, e o desenvolvimento dos produtos ocorre nos países com centros de desenvolvimento próprio. Dessa forma, nos países com extensão das empresas matrizes. Ocorre a transferência internacional de tecnologia, (Caminada Netto, 2006).

Dentro deste contexto este trabalho apresenta um veículo sobre o desenvolvimento de projeto com linguagem mais acessível, para diferentes perfis e formação dos membros de equipes multidisciplinares que aplicará o método no seu desenvolvimento de projeto, sem a pretensão de ser uma metodologia única, completa ou acabada. Ela procura ser simples, segura e inequívoca, auxilia no desenvolvimento do produto sem perder o foco. O objetivo é fornecer uma visão ao projetista, de técnicas e ferramentas para o produto na fase de viabilidade física e econômica e conceitual, estas etapas são fundamentais para as etapas posteriores do desenvolvimento do produto: projeto preliminar e projeto detalhado.

1.1 Objetivos

O objetivo deste trabalho é propor uma metodologia que reúna os aspectos importantes de várias metodologias em uma única seqüencial, e mais clara para uso, porque projetistas com pouca experiência possam utilizar. Para auxiliar o desenvolvimento da metodologia, são utilizadas ferramentas como: tecnologia da informação, tais como programas, mídia impressa e acesso a web, definidas com o uso da própria metodologia proposta para aumentar a acessibilidade. Com a validação da funcionalidade do método e das ferramentas, com aplicações controladas estudo de caso na área de ensino, pesquisa e aplicação de campo na indústria.

Um ponto abordado no trabalho é a disseminação do conhecimento. O conhecimento hoje é um grande diferencial, praticamente uma fonte de poder, mas sem troca e sem disseminação não serve para nada. Portanto, há a necessidade de uma rede de relacionamentos, para que as trocas de experiências e de informações possam gerar conhecimento. Isto mostra a importância da aplicação da teoria desenvolvida através da elaboração de métodos mais acessíveis e da própria aplicação em setores da economia, como educação, indústria e centros de pesquisa. Neste aspecto, o trabalho em equipe precisa ser bem estruturado, para que bons resultados possam surgir, facilitando mais uma vez a troca de informações e a geração e disseminação de conhecimento.

Ter uma visão ampliada, para ver além dos próprios limites possibilita a busca e a troca de informações tirando proveito do que já está sendo feito em outros lugares, como o uso de patentes, modelagens e materiais.

O planejamento das atividades de projeto é usado para se obter melhores resultados, como forma de atingir os objetivos e com isso criar um diferencial em relação às metodologias existentes, porém, levando em conta que as metodologias estudadas são também forma de aprimoramento da metodologia desenvolvida. Procura-se trabalhar com dois fatores básicos ao atendimento dos objetivos: o fator qualificador e o fator conhecimento de projeto. No fator qualificador trabalha-se com o desenvolvimento de uma metodologia que possa ser acessível ao maior número possível de projetistas, estabelecendo um mínimo de atendimento a esse público. O fator conhecimento de projeto, são as ferramentas utilizadas para disseminação desta metodologia; manual ou guia rápido, um programa de aplicação da metodologia e explicações no programa sobre as metodologias.

1.2 Educação

O ensino superior no Brasil vive hoje um momento bastante peculiar. Há aproximadamente 10 anos o ingresso no nível superior era modesto para os padrões continentais do país e o que foi visto desde então foi o aumento significativo do número de Instituições de Ensino Superior (IES), aumento no número de cursos e aumento no número de matriculados, apresentando um crescimento notável no ensino superior.

É consenso que, hoje, o ensino deve ser voltado para a formação de cidadãos preparados para atuar de forma crítica na sociedade. Com isso deve-se focar a educação na capacidade de resolver problemas, enfrentar desafios através do raciocínio crítico e da autonomia. Também é papel fundamental dar oportunidade aos alunos de colocar em prática os conhecimentos adquiridos.

A geração atual vive a Era da Informação e isso gera muitas mudanças no mercado de trabalho, e conseqüentemente estabelece mudanças também na educação. Hoje, o que se vê nas empresas é a necessidade de pessoas capazes de gerenciar tarefas, avaliar resultados e trabalhar de forma colaborativa. As empresas cada vez mais necessitam de profissionais generalistas que se sintam à vontade em serem desafiados e a usarem a criatividade, condição estendida ao meio acadêmico.

A presente tese propõe-se a apresentar a aplicação do método de projeto em cursos de graduação.

O perfil dos alunos dos referidos cursos são diferentes em vários aspectos: região, curso, instituição, recursos financeiros, etc. O que gera uma linha comum entre eles, é que a qualquer momento durante sua vida acadêmica será solicitado o desenvolvimento de um projeto de produto que supra uma necessidade em particular. Assim cabe ao educador fornecer subsídios em forma de modelos e métodos de forma a sustentar os alunos para responder a esta solicitação acadêmica, assim como a uma provável demanda real do mercado e indústrias.

1.3 Aplicabilidade

A proposta contribui no esclarecimento da importância estratégica da ciência do projeto e desenvolvimento de produto, como componente principal para obtenção de competitividade e qualidade dos produtos industriais. Segundo Dedini (2002), verifica-se que a negligência, com relação a esta ciência, tem levado países a perderem competitividade, devido à baixa qualidade de projetos de seus produtos.

Nos últimos anos, a área da metodologia de projeto vem ganhando reconhecimento como prioridade estratégica, visando sistematizar, de forma integrada, o processo e desenvolvimento de produtos. Assim, o desenvolvimento de um programa computacional de apoio ao projeto contribui para as fases iniciais do processo de projeto, nas quais se aplicam a metodologia.

Segundo Vasconcellos (2001), existem vários sistemas de apoio computacional auxiliando os projetistas, como o CAD - *Computer Aided Design* (desenho auxiliado por computador), CAE - *Computer Aided Engineering* (engenharia auxiliada por computador), CAM - *Computer Aided Manufacturing* (Fabricação Assistida por Computador) que são empregados para o desenho, dimensionamento e análise de ferramental, contribuindo para o desenvolvimento e redução de tempo de grande parte do projeto. Contudo, para as fases iniciais do projeto, observa-se uma carência destas ferramentas. Dentro desse contexto, o programa ProCria é um suporte para o desenvolvimento de novos produtos respeitando as etapas de desenvolvimento.

O sistema auxilia na indicação das metodologias mais cabíveis para a realização de cada etapa do projeto de desenvolvimento, através de ferramentas metodológicas e textos explicativos.

Com o objetivo de aliviar custos elevados, tornando-se uma barreira ao desenvolvimento do programa, optou-se pela utilização de programas livres (softwares livres), de forma a garantir, ainda, possibilidade de atualizações constantes tornando o programa sempre atualizado.

O programa utilizado para construir a interface é o Software Livre Lazaro®, mais apropriado para a proposta de desenvolvimento do programa ProCria. Dentre os outros programas livres utilizados para o desenvolvimento do programa estão o AbiWord®, que possibilita a criação e edição de textos, o programa HelpMaker® que possibilita criar os *helps*, ou textos de ajuda do programa de forma mais dinâmica e possibilita ser integrado com qualquer programa, já que pode gerar variados formatos de arquivos de ajuda e o Google Code®, que é o gerenciador de versão de programa.

As contribuições deste trabalho, entretanto, não ficam restritas em apresentar um método e criar uma forma de utilizá-lo, mas torna possível uma constante atualização de seus recursos e troca de informações entre os usuários, propondo a maior aplicação de metodologia por todos os usuários de diferentes formações.

Ressalta-se também a importância da cooperação, resultante desta pesquisa, entre a pesquisa acadêmica e a indústria, evidenciada pelos resultados do desenvolvimento de novos produtos.

1.4 Estrutura da Tese

Nos capítulos foram expostos os fundamentos que estruturam este trabalho, sendo necessária uma intensa pesquisa bibliográfica para efetuar o levantamento do estado da arte sobre o assunto. No Capítulo 2 é apresentada uma introdução sobre metodologia do projeto, sua definição e histórico respectivo, além de assuntos correlatos que contribuíram na tese.

Para a criação de um projeto, é evidente que o projetista necessita de uma grande quantidade de informações, quer sejam aquelas já acumuladas, ou as que deverá obter de outras fontes. Assim, reunir todas estas informações e facilitar o modo de aplicá-las são o nosso objetivo. O Capítulo 3 é dedicado a apresentar o método proposto de trabalho e na sequência, o Capítulo 4 evidencia a criação do software que auxilia no desenvolvimento de projeto e o manual “Guia Rápido de Projeto”.

A aplicação do método e desenvolvimento em conjunto com as áreas acadêmica, industrial e equipe de pesquisa é abordada no Capítulo 5. No Capítulo 6 são apresentados os resultados e discussões sobre a aplicação do método proposto. O trabalho encerra-se com o Capítulo 7, onde são apresentadas as conclusões e as sugestões para próximos trabalhos.

CAPITULO 2

Neste capítulo é apresentada uma fundamentação teórica dos métodos de desenvolvimento de projeto da literatura, bem como os artigos científicos que contribuíram para apresentar uma boa interface e acessibilidade do método com o usuário. A seguir, é evidenciada em ordem cronológica os títulos das principais publicações a respeito do estado da arte de desenvolvimento metodológico e os autores que contribuíram com suas obras relacionadas a metodologia de projeto. Os métodos são apresentados através de fluxogramas, diagramas de bloco e atividades sequenciais sempre de forma sistemática e lógica. No Anexo I é mostrada a cronologia de autores que publicaram trabalhos na área de metodologia de projeto em forma de uma tabela.

Projeto e metodologia

Existem inúmeras definições sobre projeto, que mostram como é ampla a conceituação do “ato de projetar”. Cada autor ou pensador tem sua definição ótima a respeito. Como descrito por Ertas e Jones (1993), *design* de engenharia é o processo de desenvolver um sistema /componente, ou processo, de forma a atender determinadas necessidades.

É um processo de decisão - muitas vezes interativo - no qual as ciências básicas - matemática e ciências da engenharia - são aplicadas para converter recursos otimizados para o atendimento de um objetivo primário.

Na visão de Back (2004), o projeto de engenharia é uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura.

Metodologia é o estudo dos métodos aplicados a soluções de problemas teóricos e práticos. O conceito “método” deriva etimologicamente do grego e significa “caminho para alguma coisa”, “caminho para se chegar a um fim” ou “andar ao longo de um caminho”.

Neste sentido, as metodologias são aplicadas no desenvolvimento de projetos. Para se obter bons resultados, independentemente de acasos, é necessária a adoção de metodologias no processo de criação.

A metodologia nada mais é do que um instrumento de trabalho e, portanto deve-se atentar à crença que, de sua aplicação, resultaria automaticamente num bom projeto de produto. O bom resultado é função da capacidade técnica e criativa de quem resolve o problema, sendo a metodologia apenas um suporte lógico. O objetivo de toda metodologia é apoiar o projetista no desenvolvimento do projeto.

O primeiro autor que abordou de uma forma mais orientada as atividades desenvolvidas ao longo do processo de projeto de engenharia, foi Asimow, M., em 1962, com a obra *Introduction to design: fundamentals of engineering design*.

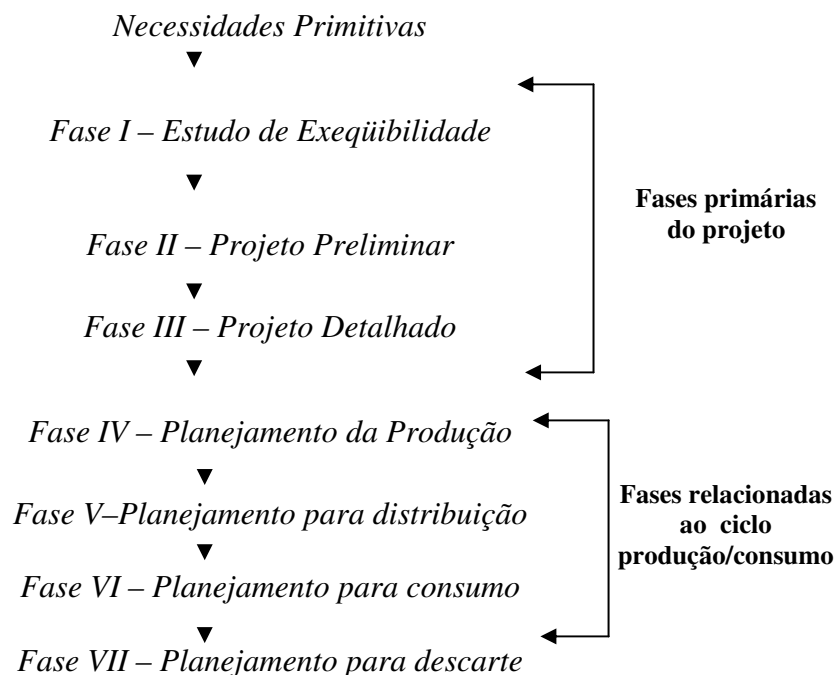


Figura 2.1 - O Fluxograma de projeto proposto por Asimow (1968).

A metodologia proposta por Asimow (1968), procura determinar de forma extensiva e encadeada todos os passos do desenvolvimento de produtos. Apresenta grande importância histórica, por se tratar de um trabalho pioneiro no desenvolvimento de metodologias de projeto.

Asimow (1968), apresentou a morfologia para desenvolvimento de um projeto, como mostra a figura 2.1. Segundo o modelo, o projeto irá se desenvolver através da série de fases apresentadas. Dentro do modelo proposto pelo autor uma nova fase não começará antes que a anterior esteja completa, mas esta determinação pode ser modificada para alguns casos

O modelo é dividido em dois grupos principais: Fases primárias do projeto (Fases I, II e III) e Fases relacionadas ao ciclo produção-consumo (Fases IV, V, VI e VII). O primeiro grupo está relacionado às atividades para desenvolvimento da concepção do projeto, enquanto o segundo grupo engloba as atividades ligadas ao desenvolvimento da produção e serviços de apoio.

Muitos autores desenvolveram seus trabalhos a partir da metodologia apresentada por Asimow (1968), adaptando-a às necessidades do contexto atual. Como exemplo pode-se citar o trabalho de Ertas e Jones (1993).

Em 1966, Woodson, T., com a obra *Introduction to engineering design*, trata sobre a forma sistemática de desenvolvimento de projetos de engenharia.

Em 1972 – 1974, Pahl, G. e Beitz, W., publicaram artigos em revistas, descrevendo a prática de projeto, como resultados de pesquisas de diversos centros acadêmicos na Alemanha. Surge assim, a sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, conforme a figura 2.2 ilustra.

Em 1981, Blanchard, B. S. e Fabrycky, W. J., com a obra *Systems engineering and analysis*, propõem o enfoque no ciclo de vida do produto e apresentam uma melhor visão global do processo de desenvolvimento de produtos, próxima da atual visão da engenharia simultânea.

Na figura 2.3, é apresentada uma forma simplificada do ciclo de vida adotada na metodologia proposta. Esta é classificada em duas fases básicas: viabilização e utilização.

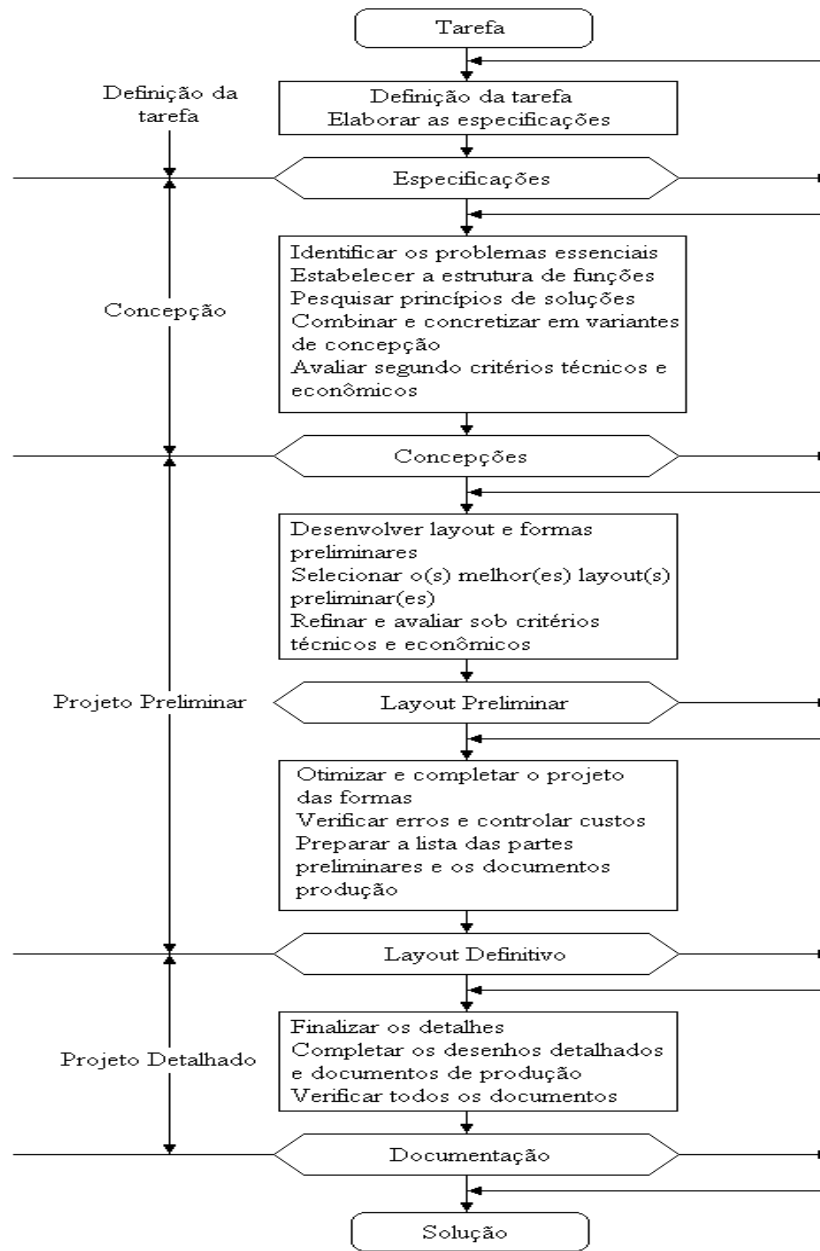


Figura 2.2 – Metodologia estabelecida por Pahl e Beitz (1988).

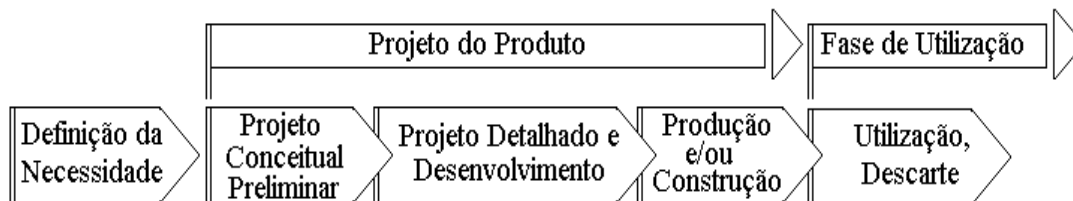


Figura 2.3 – Ciclo de vida do sistema, (Blanchard e Fabrycky 1981).

A metodologia é dividida em seis fases principais apresentada na figura 2.4.

- 1) Projeto Conceitual: são realizados os primeiros estudos de viabilidade e necessidades do projeto. Nesta fase são utilizadas pesquisas e algumas determinações de necessidades existentes. É uma fase para planejamento de todo o processo.
- 2) Projeto Preliminar do Sistema: Nesta fase são realizados os levantamentos técnicos do projeto e são definidas soluções para o problema proposto. Em conjunto com o desenvolvimento destas soluções, as necessárias alocações de recursos para a próxima fase são realizadas.
- 3) Detalhamento do Sistema: a solução proposta no passo anterior deve ser detalhada e testada. Protótipos da solução são testados para assegurar a sua capacidade de atingir os requisitos esperados.

As etapas restantes são: Produção e/ou Construção, Suporte do Ciclo de Vida e Utilização do sistema e Retirada do sistema.

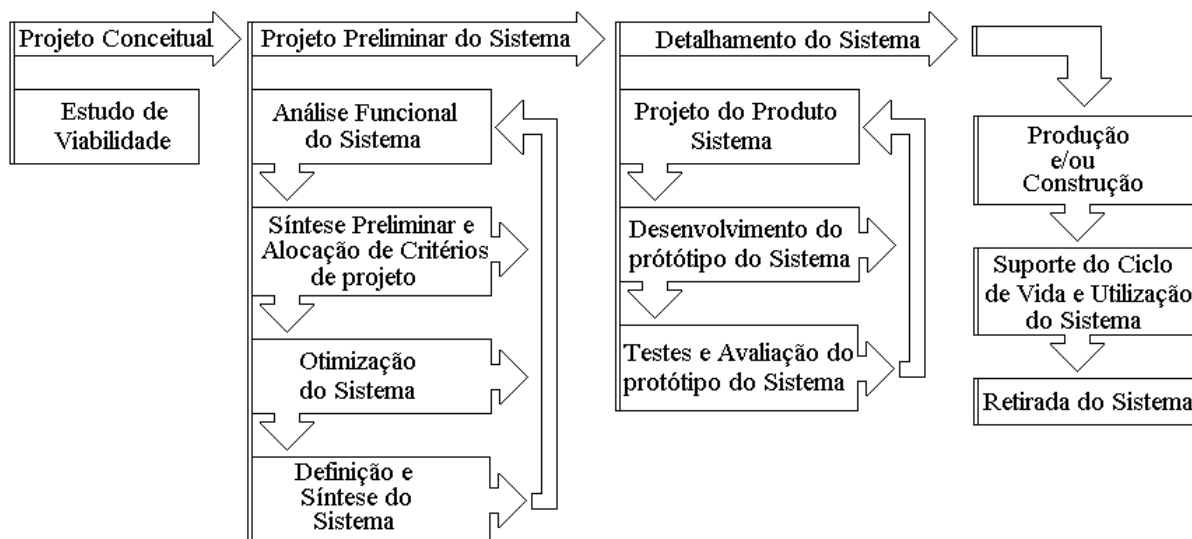


Figura 2.4 – Metodologia proposta por Blanchard e Fabrycky (1981).

Em 1983, Back, N., com a obra *Metodologia de projeto de produtos industriais*, publicou a primeira obra sobre metodologia de projeto de produtos industriais no Brasil. O conteúdo cobre aspectos de projeto do produto, desde a especificação, até a construção e teste do protótipo, sendo apresentada na figura 2.5.

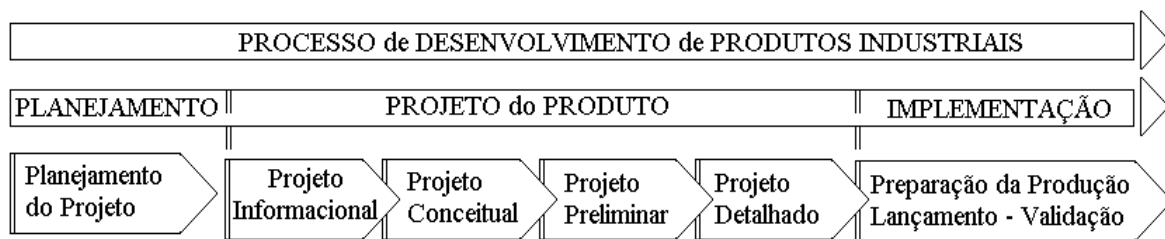


Figura 2.5 – Metodologia segundo Back (1983).

Em 1985, surge a metodologia baseada na norma alemã VDI 2222, derivada da VDI 2221 de 1977. A VDI 2222 procura determinar de forma geral, o que deve ser o “ato de projetar”, e busca delimitar o campo de projeto, apresentando um fluxo comum a todas as metodologias propostas para a atividade de projeto, conforme figura 2.6.

Em 1986, ASME (*American Society Of Mechanical Engineers*) , com a obra *Design theory and methodology: a new discipline*, publica um artigo que apresenta recomendações e diretrizes para o ensino e pesquisa na área de metodologia.

Em 1992, David G. Ullman, com a obra *The mechanical design process*, descreve as metodologias de desenvolvimento de produtos, com as visões de engenharia simultânea, qualidade total e desenvolvimento integrado ou projeto para competitividade, com preocupação com as reais necessidades do consumidor.

Em 1993, Yoshikawa, numa tentativa de organizar as metodologias existentes, propõem divisão em escolas, agrupando assim as metodologias, segundo premissas básicas que as compõem.

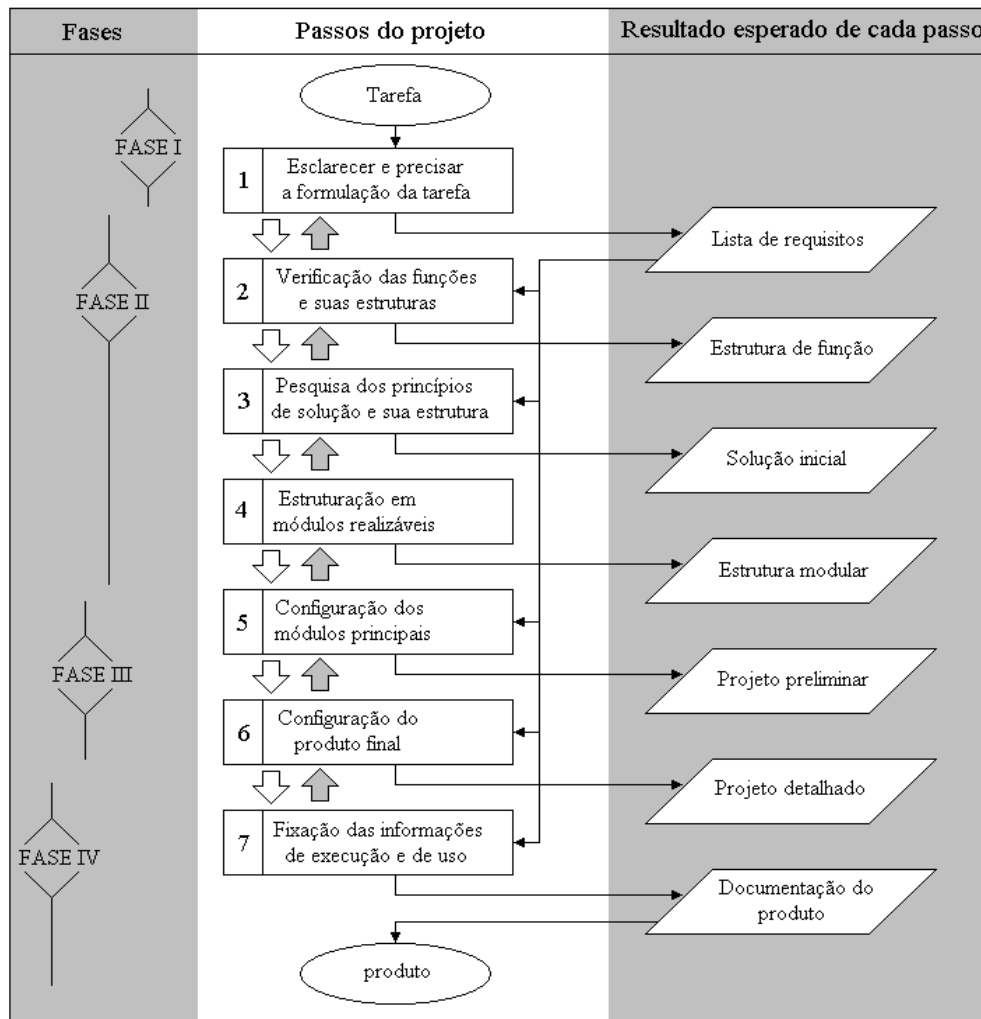


Figura 2.6 – Norma VDI 2221, adaptado de Delgado Neto (2005).

Em 1993, Clausing afirma que a competição global do mercado exige das empresas processamento constante das informações envolvidas nas etapas do ciclo de vida do produto. E descreve as metodologias de desenvolvimento de produtos, com as visões de engenharia simultânea, qualidade total e desenvolvimento integrado ou projeto para competitividade. Ver figura 2.7.

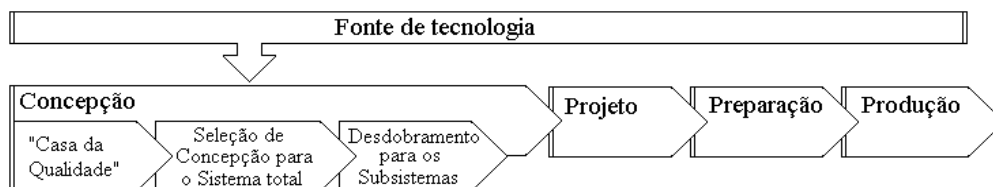


Figura 2.7 - Morfologia da metodologia da qualidade proposta por Clausing (1993).

As fases principais são:

- 1) Concepção: é a fase inicial. É dividida em três etapas: QFD (Desdobramento da Função Qualidade), Seleção da Concepção do Sistema Total, Desdobramento para as especificações dos Subsistemas. Nesta fase, quando necessário, é adquirida tecnologia, isto é, novos processos, técnicas e materiais, estudados para sua utilização no desenvolvimento do projeto. Como resultado tem-se uma concepção para o problema proposto.
- 2) Projeto: a concepção é detalhada e avaliada segundo critérios estabelecidos na fase anterior. Tem como resultado um projeto detalhado.
- 3) Preparação: nesta fase é realizada a preparação para a produção, ao seu final tem-se um produto pronto para entrar em produção.

Segundo Clausing (1993), a aplicação de ferramentas, como o QFD, no desenvolvimento de produtos é uma resposta aos principais problemas encontrados no processo tradicional de projeto, como: não ouvir o consumidor, não focar a competição, pouca troca de informação entre projeto e produção, perda de informações e outros problemas apresentados nos métodos tradicionais.

Nos métodos tradicionais as necessidades do consumidor são verificadas pelo Departamento de Marketing que informará ao Planejamento de Produto, como mostrado na figura 2.8. Este fluxo tenderá a distorcer a necessidade inicial do consumidor, criando um produto que não responde aos anseios do mercado.

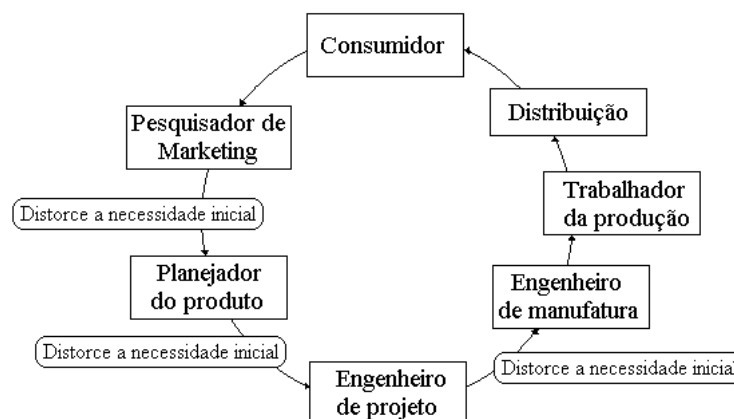


Figura 2.8 - Circulo de comunicação Clausing (1993).

Em 1993, Suh procura delimitar o projeto de sistemas através de axiomas, e destaca principalmente a independência dos requisitos funcionais.

Projeto Axiomático - Conceitos Básicos;

As atividades de projeto em geral seguem as seguintes fases:

- 1-Conhecer ou entender as necessidades do cliente;
- 2-Como satisfazer essas necessidades;
- 3-Conceituar a solução através de sínteses;
- 4-Fazer análises para otimizar a solução proposta;
- 5-Verificar se o resultado satisfaz as necessidades do cliente.

Uma definição para projeto, segundo Suh (1993): projeto é uma interface entre o que se quer atingir e como atingir. Uma vez entendida as necessidades dos clientes, deve-se transformá-las em requisitos funcionais (FRs) que descrevem as necessidades do cliente, e os parâmetros de projeto (DPs) descrevem como atingir as necessidades dos clientes.

O projeto possui quatro domínios:

- 1) Domínio do cliente (caracterizado pelas necessidades dos clientes);
- 2) Domínio funcional (as necessidades dos clientes são traduzidas em requisitos funcionais (FRs));
- 3) Domínio físico (para satisfazer as FRs especificadas, deve-se conceber os parâmetros de projeto(DPs));
- 4) Domínio do processo (para produzir o produto especifica-se as variáveis que podem produzir os parâmetros (PVs)).

As necessidades dos clientes devem ser traduzidas em requisitos de projeto (FRs). Durante esse processo, deve-se tomar as decisões corretas usando o Axioma da Independência. Quando existem vários projetos que satisfaçam o Axioma da Independência, o Axioma da Informação deve ser usado para a escolha da melhor solução.

Axioma 1: Axioma da Independência: Manter a independência dos requisitos funcionais (FRs)

Axioma 2: Axioma de Informação: Minimizar a informação contida no projeto.

Em 1993, Ertas e Jones, com a obra *The engineering design process*, se aproximam da proposta por Asimow. A diferença patente entre os autores, está nos métodos utilizados para a execução das atividades, como o uso de equipes de projeto, ferramentas computacionais e técnicas de qualidade, como por exemplo o QFD (*Quality Function Deployment*).

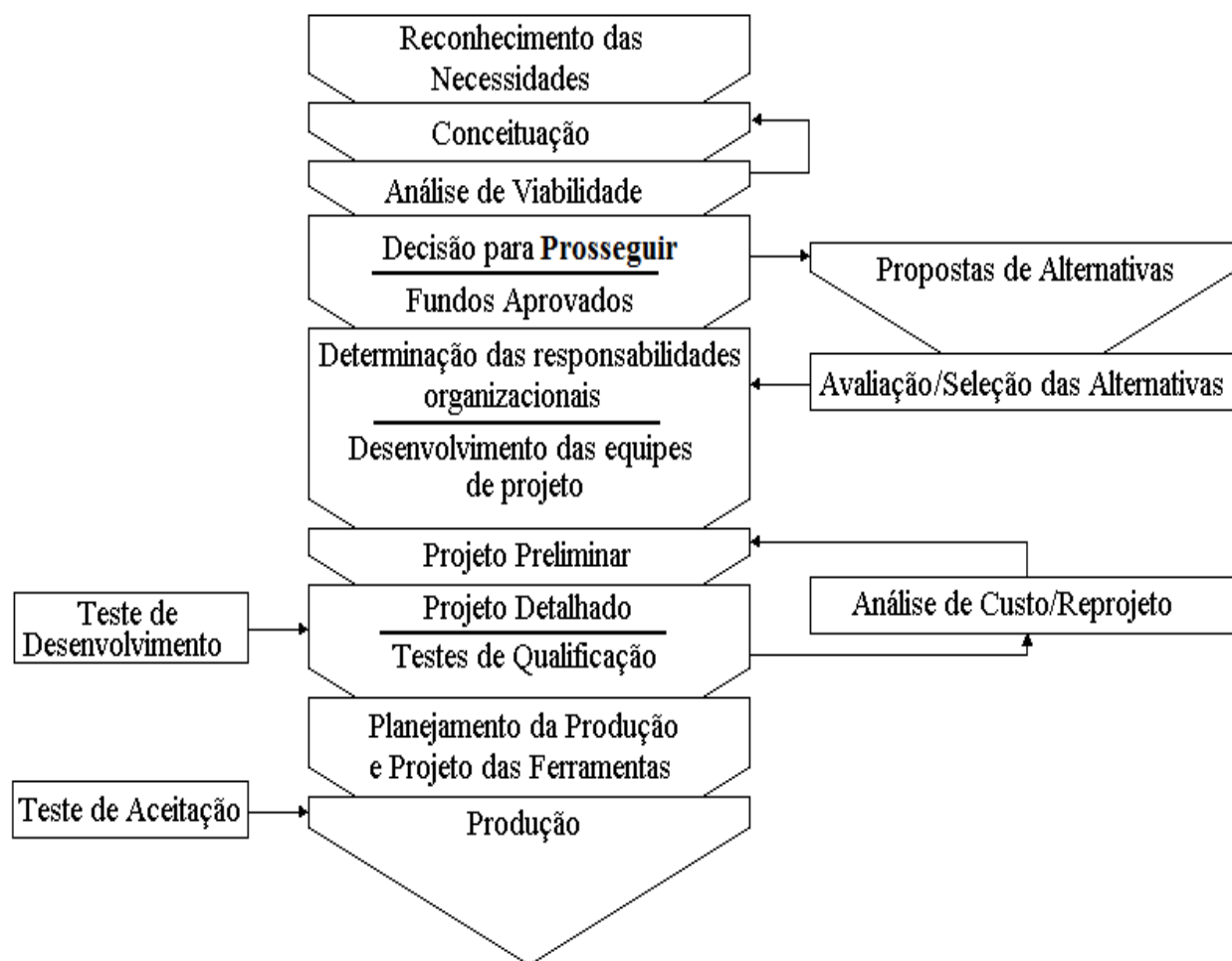


Figura 2.9 –Metodologia proposta por Ertas e Jones (1994).

Em 2006, Henrique Rozenfeld *et al*, com a obra *Gestão de desenvolvimento de produto*, apresenta uma sistemática de *gates*, que no final de cada fase do processo de desenvolvimento, deve acontecer uma revisão e aprovação formal dos produtos.

Áreas de conhecimento	Desenvolvimento					
	Projeto Informacional	Projeto Conceitual	Projeto Preliminar	Projeto Detalhado	Preparação Produção	Lançamento do Produto
Gestão de projetos	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████
Meio ambiente	██████████ ██████████	██████████ ██████████	██████████		██████████	██████████ ██████████
Marketing	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████	██████████		██████████ ██████████ ██████████
Engenharia de produto	██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████		
Engenharia de processo	██████████	██████████	██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████	
Produção	██████████	██████████	██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████
Suprimentos	██████████	██████████ ██████████	██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████
Qualidade	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████	██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████
Custos	██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████	██████████ ██████████ ██████████

Figura 2.10 – Distribuição qualitativa típica das atividades por área de conhecimento, Rozenfeld *et al* (2006).

2.1 Estado atual do desenvolvimento de projeto do produto

Verifica-se que os trabalhos publicados atualmente apresentam o processo de desenvolvimento de produtos industriais dividido em três fases principais; planejamento, projeto do produto e implementação.

A fase de projeto do produto pode ser dividida em três etapas; viabilidade, preliminar e detalhado. Observa-se que nestas três etapas existem certas variações de conceitos de acordo com a publicação e o autor, mas indicam-se de uma forma geral estas três etapas para facilitar a apresentação do estado atual do desenvolvimento de projeto do produto.

As diversas publicações sobre desenvolvimento de projeto do produto pesquisadas apresentam uma preocupação em comum com globalização de mercado, *standartização* e rápido lançamento de novos produtos para satisfazer um mercado em constante crescimento.

Segundo Krishnapillai (2006), a massificação da produção e a procura de clientes com perfil mais homogêneo para facilitar a produção em vez de responder as reais necessidades de uma população é um grande erro, pois se observa que existe a influência cultural de cada país nos produtos, e que modificações, mesmo que discretas, em função da cultura regional garante uma melhor aceitação. Segundo Bruce (2007), o produto precisa ser personalizado em função da cultura.

Há trabalhos que mostram forte preocupação com causa e efeito, de falhas no processo de produção, buscando corrigir problemas durante a produção em vez de corrigi-los durante o desenvolvimento do produto. Du (2008) apresenta a aplicação de modelos matemáticos e metodologia na manufatura durante a fase de processo de produção, para aumentar a qualidade dos produtos.

Segundo Salhieh (2007), identificar as funções de cada componente durante o desenvolvimento de produtos evita redundâncias dentro do projeto do produto e ajuda a criar famílias de produtos com o mínimo de mudanças entre produtos desta família, mostrando uma preocupação com o planejamento do produto e Maier (2007), alerta para o uso de projeto modular para criar famílias de produtos de forma otimizada.

Na fase de Planejamento do produto outros autores como Zhai (2009) mostram a importância do estudo das interações entre necessidades do consumidor e características de produto afetivas no projeto de produto.

Outros trabalhos mostram a produção de moldes na fase Preliminar, pulando o estudo de Viabilidade e os autores sugerem que esta seja substituída por pesquisa durante a construção do molde de produção, dispensando as fases de criatividade e planejamento, segundo Kamrani (2005) usando CAD pode-se acelerar a produção e tempo de lançamento em alguns casos.

Segundo Wu (2007), o uso de softwares pela equipe de projeto e de uma metodologia incomum a todos envolvidos no projeto geram menos erros na produção e aumenta a qualidade dos produtos, e mesmo benefícios para o meio ambiente como mostra o trabalho de Yang (2009). Para Zwolinski (2006) é importante o projetista considerar dentro do ciclo de vida do produto a fase de descarte e reaproveitamento do produto, promovendo desta forma a sustentabilidade.

De acordo com Ye (2008), as tecnologias de protótipos virtuais são eficientes para fazer um investigação, mas é necessário que o projeto já tenha sido construído e desenvolvido, mostrando

que é indispensável o uso de uma sistemática de projeto, independente da ajuda da tecnologia de prototipagem rápida e modelos virtuais.

Dentre os diversos autores pesquisados o desenvolvimento integrado de projeto do produto, o uso de tecnologias como softwares, a identificação das funções de cada parte e peças de um produto, produtos inequívocos, e o foco no cliente, podem ser distribuídos nas três fases de desenvolvimento do produto: viabilidade, preliminar e detalhado. Porém, todas são apresentadas individualmente em cada etapa e não explicadas ou aplicadas em todas as fases do projeto.

CAPITULO 3

Neste capítulo é apresentado o método a metodologia elaborada pelo grupo e o processo de implementação do software. Dessa proposta indicada foi elaborado um procedimento sistemático de aplicação geral para a prática de projeto de produto, que auxilia na indicação, organização e aplicação das metodologias conhecidas ou que ainda serão expostas forem mais apropriadas e eficazes para uma tarefa ou etapa de trabalho.

Método Proposto

A partir das metodologias apresentadas no capítulo precedente, elaborou-se um procedimento de desenvolvimento de projeto do produto que auxilia o projetista nas etapas necessárias para a criação de um novo produto, atentando a simplificação da linguagem, aos cuidados com a interface gráfica e que conta com a contribuição do usuário.

Segundo Dedini (2002), Processo de Desenvolvimento de Produtos Industriais, é dividido em três etapas sequenciais; Planejamento, Projeto do Produto e Implementação. Com foco na etapa de Projeto de Produto como pode ser visto na figura 3.1 é apresentada a morfologia do processo de projeto com os resultados de cada uma de suas fases.

O roteiro de projeto é todo desenvolvido em etapas, com informações e explicações, que auxiliam o projetista. Após as etapas concluídas, o projetista obtém um relatório com os conceitos fundamentais, para o desenvolvimento do projeto.

Na figura 3.1, são mostradas as etapas das três fases de atuação: estudo de viabilidade, projeto preliminar e projeto detalhado na forma de fluxograma. Com as respectivas atividades envolvidas em cada fase.



Figura 3.1 – Processo de desenvolvimento do produto, adaptado Delgado Neto (2005)

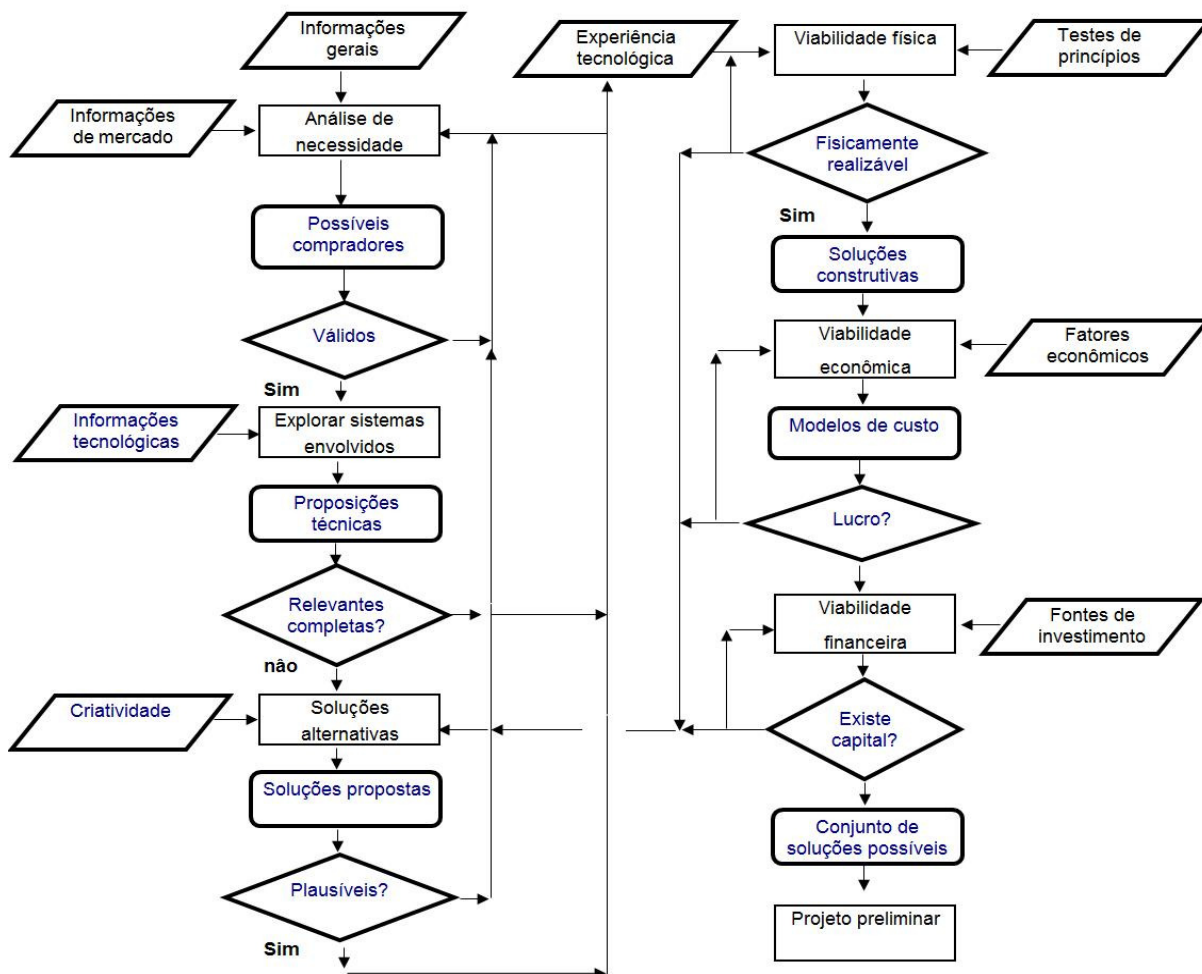


Figura 3.2 – Estudo de Viabilidade, adaptado Delgado Neto (2005)

O desenvolvimento do produto envolve as seguintes fases de projeto: **Estudo de Viabilidade, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado**. Um aspecto fundamental destas fases é a sua relativa independência de forma que ao final das atividades de uma das fases ela não será mais retomada. Isto permite um gerenciamento eficiente de prazos e metas, assim como de parâmetros de projeto. Outra vantagem deste procedimento é a obrigatoriedade de varredura de todas as possibilidades permitindo atingir resultados novos ou promissores em pouco tempo, apesar da longa fase inicial, fundamentalmente criativa. Assim de todas as etapas, destaca-se a fase de Estudo de Viabilidade, uma vez que nela são definidas as características do produto que determina o seu desempenho ao longo do ciclo de vida, Dedini (2002).

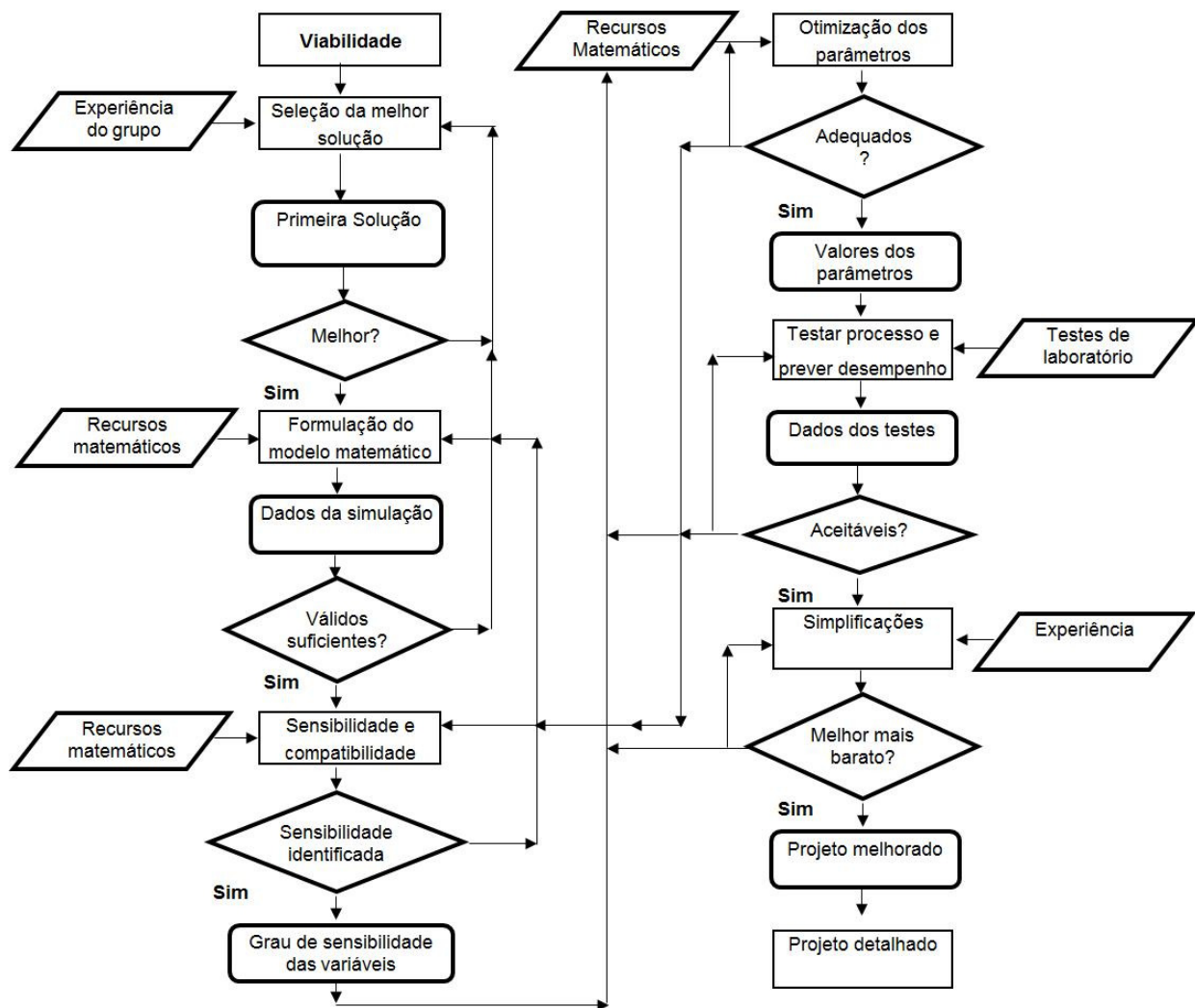


Figura 3.3 – Projeto Preliminar, adaptado Dedini (2002)

No Projeto Preliminar, o aspecto fundamental desta fase é a seleção e otimização da melhor solução da fase de viabilidade. Isto permite a formulação matemática, simulações e testes.

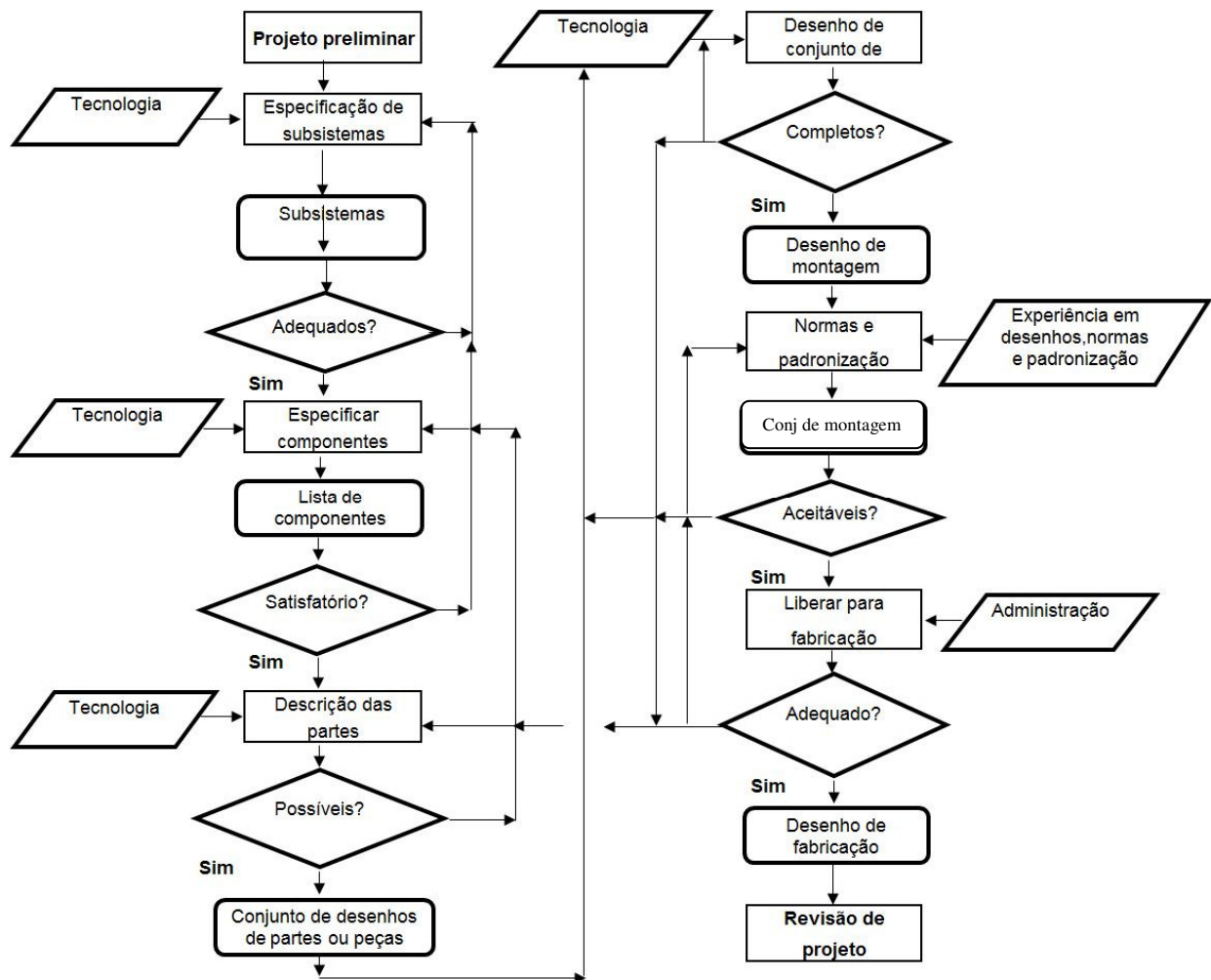


Figura 3.4 – Projeto Detalhado, adaptado Dedini (2002)

Apresentou-se estas três fases de projeto, através de fluxogramas: **Estudo de Viabilidade, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado**. Convertem-se estes três fluxogramas, de cada uma das fases, em uma forma gráfica que facilita a visualização em um único conjunto de fases, como pode ser visto na figura 3.5. Esta forma gráfica na qual todas as fases são apresentadas juntas facilita a visualização e compreensão do desenvolvimento do projeto do produto pelo projetista, apresentando o Método de uma forma linear.



Figura 3.5 – Etapas que compõe a morfologia da metodologia, Delgado (2008)

3.1 Etapas que compõe a metodologia – Estudo de Viabilidade

Fundamentalmente esta é uma etapa de elaboração de soluções alternativas usando a criatividade e a coleta de informações como fundamentos. No desenvolvimento desta etapa são previstos testes experimentais com protótipos a fim de estudar princípios de funcionamento ou melhorias de parâmetros. Também nesta fase um primeiro esboço de valor e custo deve ser elaborado, através da Engenharia do Valor.

3.1.2 Estudo de Viabilidade - Análise de necessidades

O primeiro passo para o estudo de viabilidade de um projeto é a análise das necessidades que o mercado apresenta, e que o esforço de engenharia tem condições de suprir. A necessidade

pode estar oculta ou ainda nem existir, sendo induzida ou evocada quando houver disponibilidade de meios econômicos para sua satisfação. Ela também pode ser sugerida por uma realização técnica que torne possível os meios para a sua satisfação, como no caso de novos desenvolvimentos tecnológicos.

A correta identificação da necessidade é fundamental para justificar o investimento do tempo no desenvolvimento do projeto e sua realização.

Existem dificuldades para se atingir a correta identificação das necessidades de mercado. Assim, deve-se evitar o risco de se impor idéias ao mercado consumidor. Muitas idéias geniais não encontraram respaldo no mercado, seja por momentos inadequados, custo ou simplesmente fatores de moda e convenções sociais.

Ferramentas mais utilizadas neste caso são o *Benchmarking* e o uso do QFD, desdobramento da Função Qualidade, basicamente na forma da primeira Casa da Qualidade, como descrito por Machado (2000) e Cheng e Melo Filho (2007).

3.1.3 Estudo de Viabilidade - Explorar sistemas envolvidos

Para execução desta etapa é fundamental se estudar e conhecer o problema do projeto, ou a necessidade. Após ter esta identificação claramente definida, surgirá algum esboço de idéias para o projeto. Estas idéias deverão combinar princípios, físicos e matemáticos. Para realização do projeto, pode-se combinar novas técnicas com técnicas já consolidadas.

Nesta etapa, a criatividade para se criar novos produtos é fundamental. Caso as soluções para o projeto não sejam satisfatórias, pode-se passar para a etapa seguinte a qual apresenta algumas metodologias de criatividade.

Utilização do Modelo Funcional, como indicado por Pahl et al. (2005) ou o desenvolvimento do Quadro Funcional ou Morfológico, que fornece aos projetistas uma visão sistemática das funções e dos componentes necessários ao funcionamento do sistema permitindo uma exploração sistemática de todas as possíveis variantes para um dado sistema como indicado por Ulrich e Eppinger (2004).

3.1.4 Estudo de Viabilidade - Soluções alternativas

Nesta etapa, através de algumas ferramentas auxiliares na criação de novas idéias, buscam-se soluções alternativas que sejam viáveis, e a partir destas, elaboram-se por exemplo: croquis e maquetes, diagramas, bem como comparam-se com as alternativas e soluções já existentes para o projeto.

No projeto pode-se usar a criatividade como uma forma eficiente de desenvolver novas idéias. Basicamente o projeto é, em todas as suas fases, um ato criativo, no qual a intuição e a metodologia têm função complementar, Back (1983).

3.1.5 Estudo de Viabilidade - Viabilidade física

Na fase anterior, foi gerado um conjunto de possíveis soluções. Este conjunto de possíveis soluções, foi planejado mentalmente, gerou esboços, e levando em conta, alguns dos fatores ou elementos principais, dos quais depende o projeto, permite a construção de protótipos e testes destes princípios. Essa sub-tarefa aumenta a segurança para o início da realização física do projeto.

Esta sub-fase leva em conta a possibilidade de construção das concepções realizadas nas fases anteriores, tendo por base fatores como: custo, materiais, tecnologia envolvida, horas de trabalho, tempo de desenvolvimento. Os resultados esperados é o aumento do conhecimento prévio sobre o produto (confiabilidade) e segurança para continuar o desenvolvimento. O desenvolvimento de projetos com maior apelo social ou humanitário é abordado nesta fase com maior rigor, Alvarenga (2006).

3.1.6 Estudo de Viabilidade - Viabilidade econômica

Nenhum projeto será um bom projeto se o seu valor não compensar o esforço investido.

Para que o termo valor não seja subjetivo, e para que se possa determinar o valor final, objetivamente, deve-se calcular o custo de um produto, através da soma dos custos da matéria-prima, mão de obra, energia e capital. O valor econômico pode ser estabelecido pela própria vontade do consumidor, de continuar a comprar, e pagar os preços propostos, como indicado por Csilag (1995) em suas publicações sobre Análise do Valor.

O projetista, também deve predizer a intensidade do valor do produto para o consumidor, de modo que se possa estimar o potencial do mercado, pois a escolha de uma concepção para o projeto, deve ser condicionada ao valor econômico de cada um dos principais protagonistas do ciclo produção, até o consumidor. É por esta razão que o projetista deve estar preparado e capacitado a colocar-se mentalmente nos estados econômicos e psicológicos de cada um dos seguimentos: produtor, distribuidor e consumidor, como explanado por Viviani (1998).

3.1.7 Estudo de Viabilidade - Viabilidade financeira

A existência da possibilidade de lucro ou balanço monetário financeiro positivo, não deve ser o único parâmetro envolvendo fatores econômicos, pois um produto pode ter lucro durante um período de tempo tão pequeno que não justifica o esforço financeiro para sua produção daquela forma ou naquele momento. É importante ao projetista entender que o total de ativos e passivos utilizados no projeto desenvolvimento e produção de um bem de consumo ou produto em particular deve ser de tal ordem a permitir seu ressarcimento e posterior ganho financeiro. Ou seja, não basta pensar um produto que seja tão especial que tenha “tudo”, mas que não gerará ganhos suficientes para cobrir as despesas para seu desenvolvimento e produção. Alguém tem que pagar pelo produto e alguém tem que pagar pela produção.

Segundo Viviani (1998) um projeto de engenharia quase sempre exige uma síntese dos fatores técnicos, humanos e econômicos. Assim, torna-se necessário considerar os fatores sociais, políticos e muitos outros, toda vez que qualquer um destes se mostre relevante.

3.1.8 Estudo de Viabilidade – Documentação gerada no Estudo de Viabilidade

Como resultado desta fase do projeto, a seguinte documentação é gerada para a fase seguinte:

- Descrição dos consumidores do produto

- Descrição dos requisitos/necessidades dos consumidores

- Descrição da competitividade do produto em relação aos consumidores

- Descrição dos requisitos de engenharia

- Descrição da competitividade do produto em relação aos requisitos de engenharia

Descrição dos objetivos de engenharia
Descrição dos títulos e objetivos de cada tarefa
Esboços e maquetes das Variantes desenvolvidas
Esboços e diagramas mostrando como funciona cada parte do produto
Esquema global do produto mostrando as funções das partes ou subsistemas
Literatura consultada na pesquisa sobre o produto
Resultado de pesquisa sobre patentes requeridas em relação ao produto
Relatório de aplicação de processos QFD na definição do produto
Relatório de aplicação de processos Criativos na definição do produto
Relatório de aplicação de Engenharia do Valor

Esta documentação contém toda informação gerada na fase inicial do projeto e deve ser agora utilizada para uma apresentação ao responsável pelo gerenciamento do projeto e desta forma, decidir se o projeto deverá continuar ou não.

3.2 Etapas que compõe a metodologia – Projeto Preliminar

A etapa do projeto preliminar inicia-se com um conjunto de soluções úteis desenvolvidas no estudo de viabilidade. O objetivo de um projeto preliminar é estabelecer qual das alternativas propostas apresenta a melhor concepção para o projeto. Cada uma das soluções alternativas fica sujeita à análise detalhada até que fique clara uma classificação através de critérios pré-estabelecidos. Com os estudos de síntese, são estabelecidos os limites de controle para cada parâmetro do projeto, assim como os limites de tolerância nas características dos elementos constituintes do projeto.

Nesta etapa, a avaliação dos materiais, processos construtivos, assim como o arranjo dos componentes e suas formas geométricas, permitem caracterizar os parâmetros importantes para o projeto. Através de recursos matemáticos é possível fazer um modelo matemático para o projeto e prever o seu possível desempenho. É estabelecida uma otimização de caráter geral (técnico construtivo/ econômico/ desempenho) e um ou mais projetos são liberados para detalhamento. Na parte experimental são elaborados protótipos funcionais, para testar características inovativas e de desempenho, e protótipos em escala (ou maquetes) para verificar problemas de montagem e

acesso, bem como de aceitação (valores estéticos). Confiabilidade, otimização técnica / funcional, e valoração são pontos fundamentais desta fase.

3.2.1 Projeto Preliminar - Seleção da melhor solução

Assim, o primeiro passo é comparar as várias soluções úteis, a fim de selecionar uma como a melhor concepção experimental. Os atributos vantajosos e desvantajosos de cada solução são registrados e é selecionada a que apresentar o conjunto mais favorável.

Com tudo, é difícil saber se os atributos registrados são importantes para as comparações entre as diversas soluções. Cada solução tem associada a si mesma, várias vantagens e benefícios, que são esperados a advir caso ela seja adotada. Cada projeto tem um conjunto de particularidades, que leva a várias conseqüências ou dificuldades, que podem ser mais ou menos fáceis de serem superadas. Desse modo, os três elementos que são interessantes na formulação de decisões críticas, quando estas surgem no processo do projeto, são as alternativas, os benefícios e as dificuldades de execução.

A experiência de cada elemento do grupo é fundamental para ajudar nos processos de decisão em projetos.

Primeira Solução:

Desenvolver a idéia mais promissora, que satisfaça alguns requisitos fundamentais, como;

1-Função principal e secundárias – o que o produto deverá fazer?

2-Operação – como o faz?

3-Manutenção – vida útil do produto.

3.2.2 Projeto Preliminar - Formulação do modelo matemático

No decorrer do projeto, este passa do abstrato para o concreto.

O projeto começa com uma concepção mental, passando por um modelo e se tornando um objeto físico. Os modelos são a ponte de ligação entre a concepção mental e o objeto físico.

Tão importante quanto as descrições verbais e ilustrações gráficas, são as descrições simbólicas, pois elas podem ser manipuladas com a facilidade que apresenta a lógica matemática em lidar com as implicações latentes na concepção.

A descrição simbólica torna-se um mecanismo que habilita o projetista a utilizar informações sobre a concepção, a fim de antecipar, analítica ou numericamente, o comportamento do protótipo. Nesse sentido, a descrição simbólica torna-se um arquétipo (modelo) matemático do objeto físico que ainda está por ser materializado.

O uso do modelo é importante para melhor visualização do projeto e seus subsistemas, bem como estudar seu funcionamento e possíveis falhas não previstas.

Em geral adotam-se modelos tendo em vista os seguintes aspectos:

1-É muito dispendioso construir todas as alternativas sugeridas até se encontrar uma solução satisfatória; este método é ainda menos prático para se determinar a melhor solução. Por outro lado, a maioria dos sistemas mais complexos não funciona da primeira vez, mas necessita de constante revisão. Além de ser impraticável, o processo direto pode, em muitos casos, ser destrutivo e perigoso.

2-Muitos fatores, características e qualidades podem ser considerados irrelevantes através do uso de modelos.

3-Pode-se, com o uso de modelos, definir melhor o problema, explorar diferentes condições excepcionais e decompô-lo em sub-sistemas.

4-Com o refinamento dos modelos, pode-se melhorar a precisão, permitindo a previsão para limites superiores.

5-Finalmente, com modelos é possível um exame rápido da situação de muitas variáveis, determinando suas sensibilidades.

Os modelos são geralmente classificados sob três nomes:

1-Modelo icônico é aquele que se parece com o original.

2-Modelo analógico é aquele que se comporta como o original, ou obedece às mesmas leis de ação.

3- Modelo simbólico é aquele que, compacta e abstratamente, representa os princípios do problema original.

O modelo matemático é usado porque permite que:

1-Máxima generalização na análise de problemas.

2-Simplificação de problemas complexos em problemas menores ou simplificados.

3-Uso de métodos analíticos, matemáticos e lógicos existentes.

As características obtidas por bom modelo matemático são as seguintes:

- 1-Realismo na previsão do desempenho.
- 2-Mínimo de complexidade, mínimo de termos e a matemática mais simples.
- 3-Termos separados para ações ou fenômenos.
- 4-Manipulação direta das expressões.
- 5-Fácil verificação.

3.2.3 Projeto Preliminar - Sensibilidade e compatibilidade

A análise de sensibilidade determina quais são as variáveis mais críticas no que se refere ao desempenho do sistema, e quais são os valores destas variáveis dentro da faixa crítica. Pretende-se saber quão sensível é o desempenho do sistema ao ajuste dos vários parâmetros: aqueles que afetam criticamente o desempenho devem ser cuidadosamente ajustados, ao passo que outros, menos críticos, podem ser arranjados de acordo com as conveniências.

Os parâmetros representam várias características do sistema: algumas podem caracterizar-se por suas dimensões críticas, outras por suas propriedades e qualidades importantes, e outras ainda, por serem possíveis estados do sistema.

São os seguintes os resultados esperados da análise de sensibilidade:

- 1-Maior conhecimento das operações do sistema ou mecanismo.
- 2-Identificação dos parâmetros críticos de projeto.
- 3-Indicações de margens de limitações.
- 4-Mais idéias quantitativas acerca do esperado desempenho geral do sistema

A análise de compatibilidade é usada para determinar possíveis interferências ou interações entre os diversos componentes ou partes do sistema. Uma combinação dos elementos implica num conjunto de objetos co-agentes. Para que a interação ocorra com sucesso, os objetos individuais devem ser compatíveis com seus co-membros.

- a) Informações - Recursos matemáticos

Sempre que um processo de desenvolvimento de projeto apresentar um alto nível de complexidade, será necessário o uso de recursos matemáticos para simplificar o projeto e identificar falhas no mesmo.

b) Sensibilidade identificada;

- Como e em quais regiões o projeto pode falhar?

- Há um modo de restabelecimento, após a falha ou acionar outro mecanismo de segurança?

c) Estabilidade;

Os sistemas e mecanismos projetados por engenheiros são expostos e devem ajustar-se às condições de um ambiente dinâmico.

Ao projetar deve-se prever várias situações nas quais o projeto pode oferecer risco ao usuário, ou ainda, em situações de má aplicação ou de uso incorreto, que garanta a integridade do usuário. Executa-se fatores que não são muito comuns, como por exemplo, projetar uma casa para resistir a um terremoto, sendo que está localizada em um lugar onde nunca ocorreu uma situação deste tipo, pois ao se investir em reforços estruturais desnecessários, se agrega valor desnecessário ao produto.

3.2.4 Projeto Preliminar - Otimização dos parâmetros

A otimização só pode ser efetuada após o desenvolvimento do sistema, quando já se tem um entendimento completo do mesmo. Nesta fase pode ser chamada de maximização dos lucros.

O passo consiste em determinar os valores dos parâmetros de projeto, de modo que os objetivos sejam mais bem alcançados, como especificados no critério formulado.

Até agora tentou-se fixar todos os principais parâmetros a valores definidos e singulares, todavia, para que o projeto se desenvolva, os parâmetros devem receber valores específicos. Para alguns dos parâmetros, isto significa uma fixação rígida a um único valor, como no caso do diâmetro de um determinado eixo de um mecanismo.

Um modo de se determinar o valor que deve prevalecer é, simplesmente, escolher qualquer combinação viável que seja considerada conveniente, isto é, combinações viáveis que satisfaçam todas as limitações de projeto, e, portanto, das quais se espera que funcionem.

Para se obter uma combinação ótima que seja superior as outras, podem ser aplicadas aproximações sucessivas, modificando-se os resultados dos projetos

3.2.5 Projeto Preliminar - Testar processo e prever desempenho

Avaliação de como o sistema se confrontará com os padrões de excelência no futuro, e previsão de como o sistema se comportará sob várias condições nas quais ele poderá funcionar, dados os valores dos parâmetros de projeto, o desempenho do sistema deverá ser avaliado, testado e verificado.

Também tem-se que examinar como o sistema em si, comportar-se-á no futuro, em virtude de suas características próprias e inerentes. Projeta-se um sistema com o objetivo de tornar-se efetivamente capaz, e por meio dele, produzir um grupo de resultados desejados numa determinada gama de ambientes. Em geral só é possível fazer prognósticos substanciais acerca do desempenho físico, das características de operação e dos custos de produção, após ter-se desenvolvido a concepção do projeto através da fase do projeto preliminar.

Muitos projetistas ficam satisfeitos quando podem demonstrar que o sistema, por ocasião de sua construção ou fabricação, está capacitado a satisfazer a um conjunto de especificações de aceitação. É importante, naturalmente, fazer tais prognósticos com segurança.

Mede-se racionalmente a vida útil de um sistema, ou de um mecanismo, considerando-se a duração versus o custo de manutenção.

a) Testes de laboratório

Utiliza-se o projeto experimental e as partes críticas da concepção do projeto em rigorosos testes físicos, e os resultados destes serão usados para revisá-las, se necessário.

b) Verificação

Atualmente as informações sobre o desempenho dos produtos são obtidas com muito mais rapidez, de modo a poder influenciar o projeto imediatamente. Para tal, o laboratório de testes é o recurso. As condições do meio a que o produto é submetido devem ser reproduzidas. O tempo e o espaço podem ser condensados para atender às limitações e conveniências do laboratório, ou podem ser ampliados quando a natureza do teste é microscópica.

c) Dados dos testes

Se o projeto passou ou não por todos os testes sem restrições e sem necessidades de revisão, deve-se arquivar toda documentação para futuras consultas. Caso o projeto esteja nas conformidades, e seus testes tenham sido satisfatórios, deve-se organizar a documentação para passar à próxima etapa.

3.2.6 Projeto Preliminar - Simplificações

À medida que, um projeto progride através dos vários passos, a concepção original inevitavelmente se torna mais complicada. O simples e o óbvio são difíceis de serem conseguidos. As soluções que primeiramente se apresentam, são embaraçadas e difíceis, mas, com o seu amadurecimento, torna-se evidente que podem ser simplificadas e desembaraçadas. E antes de se passar para a fase do projeto detalhado, deve-se verificar todos os meios possíveis de serem simplificados.

3.2.7 Projeto Preliminar - Documentação gerada no Projeto Preliminar

Quando esta etapa estiver concluída, deve haver uma clara definição dos conceitos de funcionamento envolvidos no produto e a identificação dos parâmetros chaves do projeto.

Além disso, a seguinte documentação deve ser gerada:

- Matrizes de decisão mostrando a escolha dos melhores conceitos, a partir dos modelos definidos.

- Memorial de Cálculos para:

- a) Dimensionamento dos componentes e análises estruturais.
- b) Determinação da vida útil e confiabilidade.
- c) Análise de valor e custos.
- d) De otimização dos itens anteriores, ou outros que forem considerados relevantes.

Estas informações serão suficientes para definir o potencial dos produtos, e desta forma, o gerente do projeto ou o grupo de trabalho encarregado, podem avaliar e decidir com clareza pela continuidade do projeto, e qual linha seguir (escolha do projeto mais promissor).

3.3 Etapas que compõe a metodologia – Projeto Detalhado

Nesta etapa do projeto, a melhor solução construtiva é detalhada em todos os seus pormenores, isto é, cada componente é calculado, desenhado, e otimizado a fim de se chegar a um produto fabricável. Esta é a fase do Projeto das Tolerâncias.

Nesta etapa pode-se construir os protótipos de pré-série, de forma a verificar possíveis problemas de montagem ou de adequação.

Nesta etapa são elaborados:

- Verificação das tolerâncias, formas construtivas e possíveis variantes do sistema.
- Desenhos de componentes (dimensionamento, tolerâncias, materiais, acabamento superficial, tratamento térmico ou químico, etc.).
- Composição dos componentes em subgrupos e grupos construtivos. Confeção dos desenhos de conjunto e de montagem.
- Elaboração de uma lista final de peças.
- Fabricação de protótipos e modelos experimentais de pré-séries. Controle final e confecção de memoriais de cálculo e descritivos.
- Elaboração de manuais de montagem, instalação, operação e manutenção.

O projeto detalhado conduz à concepção geral do projeto, desenvolvida nas etapas anteriores. O projeto torna-se nítido e fisicamente realizável, através da construção de um protótipo, a partir de um conjunto completo de instruções, testando-se o mesmo, e fazendo-se as necessárias revisões nas instruções, até que o sistema ou mecanismo seja satisfatório para produção, distribuição e consumo.

Para iniciar a etapa de especificações de subsistemas, é necessário estar com um layout diretor provisório, o qual deverá apresentar, por intermédio de desenhos, os resultados do projeto preliminar.

3.3.1 Projeto Detalhado - Especificação de subsistemas

No projeto preliminar, focaliza-se a atenção na concepção geral; os subsistemas foram examinados apenas como parte da concepção. Agora, cada subsistema deve ser observado como uma entidade individual, e este, deve ser avaliado com os mesmos cuidados dedicados no projeto preliminar, atentando para as limitações de orçamento do projeto para cada subsistema.

A concepção de subsistemas alternativos, para o projeto, deverá ser avaliada e selecionada, através do mesmo processo de decisão usado na seleção da concepção do sistema. A solução selecionada deve ser analisada com respeito à sensibilidade, compatibilidade e estabilidade. Deve ser otimizada da mesma maneira como foi o sistema, e sujeita a investigações sobre as possibilidades de complicações.

Por fim, prepara-se um layout diretor provisório para cada subsistema, o qual traduzirá, através de desenhos, os resultados dos projetos dos subsistemas. Esses layouts tornam-se a base para o desenvolvimento do projeto dos componentes.

Por exemplo, no subsistema tecnologia:

- Verificar se existe tecnologia de produção disponível;
- Verificar o que será necessário para desenvolver os subsistemas.

3.3.2 Projeto Detalhado - Especificar componentes

O trabalho necessário para o projeto dos componentes é praticamente uma repetição do que foi indicado para os subsistemas. Da mesma maneira que o sistema compreende vários subsistemas, estes, usualmente, compreendem um certo número de componentes, os quais são desenvolvidos da mesma maneira que os subsistemas. Nesta etapa do projeto os objetos se tornam menos abstratos, e os componentes são detalhadamente descritos e desenhados.

Como no caso do subsistema, os resultados dos projetos dos componentes devem estar encerrados nos layouts diretores provisórios, que constituem a base para o projeto detalhado das partes.

A lista de materiais, ou lista de peças, é como um índice para o produto. Quando feita em folha separada, a atualização ou modificação das informações é mais fácil. Tipicamente, a lista de peças contém seis informações principais:

- 1 - Número do item ou letra. Identifica o componente no desenho de montagem.
- 2 - Código do componente. Especifica o componente para controle interno da empresa, ou seja, controle de estoque, inventário, compras. Este código pode ser próprio da empresa fabricante do componente.
- 3 - Quantidade do item necessário para a montagem. Estoque mínimo.
- 4 - O nome ou descrição do componente. Deve ser de preferência um nome abreviado.
- 5 - O material do componente. Se o item é um subsistema, então não é necessário que apareça o material.
- 6 - A empresa fornecedora ou fabricante do componente. Se o componente é comprado, então o nome do fornecedor deve constar, se o componente é fabricado pela própria empresa, então deixa-se este espaço em branco.

3.3.3 Projeto Detalhado - Descrição das partes

As partes são as peças elementares com as quais são montados os componentes. Assim, quando uma parte está sendo projetada, nenhuma questão pertinente ao seu projeto deve permanecer sem solução; nenhuma ambigüidade sobre sua forma, seu material, ou seu tratamento, deve nublar as instruções para sua fabricação.

Os problemas de compatibilidade e simplificação têm especial importância no projeto de partes. Eles nos levam a questões sobre tolerâncias em dimensões, propriedades físicas, mecânicas e químicas, composição de materiais e qualidade de mão-de-obra. A associação com os custos de produção deve ser estreita, pois tolerâncias mais severas motivam custos mais altos.

Os meios de produção devem ser considerados cuidadosamente, pois, se refletem na capacidade de fabricação da companhia e nos custos de produção.

Os desenhos detalhados oferecem oportunidades para cuidadosas verificações.

Uma parte é definida por sua descrição, a qual deve ser suficientemente completa para descrever precisamente o que ela deve ser após ser fabricada. Para se realizar esse objetivo, talvez

sejam necessários: desenhos detalhados, especificações, instrumentações especiais, símbolos padrões, observações, esboços especiais e revisão ou modificações.

3.3.4 Projeto Detalhado - Desenho de conjunto de montagem

Somente depois que as partes constituintes são projetadas, é que a forma de um componente pode ser fixada. O layout provisório do componente pode então ser substituído, experimentalmente, por um desenho para montagens finais. Se ocorrer alguma incompatibilidade nos desenhos para montagem, estes devem ser revisados.

Após a preparação das montagens dos componentes, os desenhos correspondentes das montagens para os subsistemas devem ser elaborados. Novamente, incompatibilidades e incongruências de vários tipos podem ser reveladas, e devem ser corrigidas pelo mesmo processo de interação. Não se pode negligenciar de que forma será a relação espacial entre as peças. Nesse ponto, os custos de produção esperados podem ser estimados com maior precisão.

Os passos seguintes envolvem a construção de um ou mais protótipos para fins experimentais, e o risco de um extensivo programa de testes. Para alguns tipos de projeto, a construção de modelos de pequeno porte, ao invés da elaboração de desenhos para montagem, tem-se mostrado mais barata, mais rápida e mais útil na conversão do projeto para construção.

a) Desenho de *layout*

Este desenho é feito em escala, mas, apenas as dimensões principais são mostradas. Este tipo de desenho mostra com clareza as limitações geométricas ou espaciais contidas no produto. As tolerâncias geométricas normalmente não são mostradas, a menos que sejam criticamente necessárias. Notas e referências devem ser usadas para explicar as características ou funções do produto. Se o desenho de *layout* for todo feito em computador, através de um sistema CAD, pode-se usar as informações contidas nestes desenhos, como base de dados para o desenvolvimento dos desenhos de detalhamento e montagem.

b) Desenho de detalhes

O desenho de detalhamento deve ser feito para todas as partes do produto. Todas as dimensões e tolerâncias devem ser mostradas. Algumas empresas empregam tolerâncias próprias

para as dimensões mais críticas, bem como, uma linguagem própria para descrever a lista de materiais e detalhes de fabricação. Uma vez que o desenho de detalhamento é a representação final do produto e será utilizado no processo de fabricação da peça, cada desenho precisa ser aprovado pelo gerente responsável pelo projeto. Portanto, a assinatura de aprovação deve ser parte indispensável deste desenho.

c) Desenho de montagem

O objetivo dos desenhos de montagem é mostrar como os componentes se ajustam entre si. Existe uma grande variedade de desenhos deste tipo, mas, o mais comum é mostrar a montagem em vista ortogonal. O desenho de montagem é semelhante ao desenho de *layout*, mas, seu objetivo é outro e as informações contidas nele, são diferentes. Cada parte ou componente do conjunto é identificada com um número ou letra e receberá uma denominação. Uma lista de peças, contendo os nomes e os materiais das partes, deve acompanhar o desenho de montagem. Algumas empresas utilizam a mesma folha do desenho de montagem para mostrar esta lista de peças, outras, utilizam folhas separadas. Às vezes, se faz necessária uma referencia a outros desenhos e montagens para melhorar a compreensão sobre a montagem do conjunto, e estas referências devem constar no desenho de montagem. Assim como no desenho de detalhamento, o desenho de montagem necessita de uma assinatura de aprovação.

Construção Experimental

Com os desenhos em mãos, podem ser construídos os primeiros protótipos em escala real. Caso o primeiro protótipo seja o produto final, os projetos deverão ser modificados para superar as possíveis dificuldades que usualmente ocorre. Quando os protótipos são designados para servir a um objetivo experimental, é permissível maior liberdade nas revisões, mas somente por uma boa razão ou com justificativas econômicas. Fazer modificações desnecessárias pode causar desastre por ordem técnica.

Visão do produtor - essa é a oportunidade de verificar se a concepção do projeto é fisicamente realizável, e se é necessário realizar simplificações, que sejam mais economicamente viáveis para a produção.

O protótipo é uma primeira aproximação do produto que deverá ser posto nas mãos do consumidor. Visto que a princípio o protótipo estava sendo desenvolvido visando a produção, agora devesse orientar pelo lado do consumidor.

3.3.5 Projeto Detalhado - Normas e padronização

Com os desenhos dos conjuntos de montagens prontos, estes devem ser organizados, e verificados se os conjuntos de desenhos estão completos, e quais serão necessários para a produção. Os desenhos deverão estar dentro dos padrões e normas pertinentes ao produto. São avaliados os conjuntos de desenhos e, se necessários, são revisados.

Conjunto de desenhos:

Documentações geradas nas etapas anteriores são reunidas com as geradas nesta etapa.

3.3.6 Projeto Detalhado - Liberar para fabricação

Com os registros e as anotações da construção do protótipo, e os dados e outras observações do programa de testes, pode-se iniciar as preparações para a revisão. Pode ser feita uma acurada análise de custos, que deverá apresentar o custo diário de produção. Se o custo de produção estimado é muito alto, deve então ser estabelecido um grande programa de redução de custos como base para subseqüentes reprojatos.

Alguns meios pelos quais pode ser feita a redução de custos são:

- Simplificação do projeto.
- Moderação de tolerâncias severas.
- Alívio de algumas das especificações de desempenhos menos críticos.
- Utilização de materiais de mais baixos custos.
- Substituição de processos de produção dispendiosos por outros menos custosos.

Outros problemas pertinentes à produção que podem ocorrer: problemas de montagem, problemas de fabricações especiais, problemas de adaptação geral para a instalação de produção da companhia, problemas de embalagens especiais e armazenagem, problemas envolvendo riscos de trabalho aos operários.

Reprojeto:

Se a construção do protótipo e o programa de testes não afetarem severamente o projeto original, o trabalho de reprojeto consistirá, principalmente, de pequenas revisões. Se forem expostos grandes defeitos e falhas, o trabalho de reprojeto deverá alcançar grandes proporções e pode ser que se tenha que pesquisar concepções inteiramente novas para os componentes principais e mesmo para os subsistemas.

Em alguns casos, a concepção geral para o sistema pode mostrar-se falho, mas usualmente são detectados sinais de advertência ao longo do seu curso.

É claro que as conseqüências de cada revisão devem ser antecipadas com o maior cuidado, já que as decisões são mais críticas no projeto detalhado e seu custo mais elevado.

Administração:

Depende da forma de administração da empresa, envio de documentação, apresentação do relatório geral. Cópias do que será necessário para a fabricação.

3.3.7 Projeto Detalhado - Documentação gerada no Projeto Detalhado

Durante a fase de Projeto Detalhado, alguns tipos de desenhos devem ser produzidos. Os modelos, esquemas produzidos na fase de Viabilidade, devem agora ser transformados em desenhos finais, com detalhes suficientes para dar suporte à produção. Esta evolução normalmente começa com um desenho de *layout* do produto, ou seja, um desenho de todo o produto, mostrando como as partes ou subsistemas do mesmo, estão ligadas ou conectadas. Basicamente, pode-se dividir os tipos de desenhos produzidos nesta fase em três grupos: desenho de *layout*, detalhes e de montagem.

Outros itens que devem ser observados: a lista de materiais ou lista de peças - é como um índice para o produto e os manuais de montagem e uso.

Importância da Documentação gerada no processo de projeto

Durante o processo de projeto, são produzidos documentos que registram todas as fases de projeto. Os tipos de documentos produzidos durante o processo de projeto podem ser divididos em três categorias: registros de desenvolvimento do produto, relatórios para gerência e documentos finais do produto (fabricação, assistência técnica, fim de produção).

As empresas normalmente mantêm os registros das fases de nascimento e desenvolvimento dos produtos para uma referência de futuros desenvolvimentos ou pedidos de patentes. Um livro de projeto, seqüencialmente numerado, e indexado, geralmente serve como uma boa documentação sobre o surgimento de um novo produto. Estes registros podem ser atualizados diariamente e devem conter todos os esboços, anotações e cálculos relativos ao projeto.

A documentação mais evidente de um processo de projeto é o material que descreve o produto final. Este material inclui: desenhos de conjunto, desenhos detalhados, desenhos de montagem, documentos escritos - para instalação, montagem, inspeção, manutenção e controle de qualidade.

Cada técnica discutida anteriormente produz documentos que farão parte do futuro produto. A documentação produzida em cada uma das três fases do projeto é descrita a seguir, no desenvolvimento de projeto através do programa.

CAPITULO 4

Neste capítulo é apresentado o desenvolvimento do programa de apoio ao usuário da metodologia proposta neste trabalho. O desenvolvimento do programa tem como objeto facilitar a linguagem usada na metodologia e a aplicação por diferentes usuários e equipes de projeto. Criou-se também o livro Guia Rápido, como manual de apoio ao projetista.

4.1 Programa de apoio ao usuário do método

A metodologia tem como finalidade apoiar o engenheiro projetista no desenvolvimento do projeto. Para que isso seja possível, é desejável alcançar-se algumas metas:

- Desenvolver métodos de trabalho sistemático* - que possibilite a procura de todas as possíveis soluções novas e o aprimoramento das soluções existentes de acordo com a formulação inicial do problema;

- Estabelecer critérios para a seleção das possíveis soluções novas* – variáveis conceituais em relação a sua otimização técnico-econômica;

- Estabelecer regras, diretrizes e parâmetros* - para a conformação construtiva;

- Possibilitar a racionalização do processo construtivo*;

- Compilar a informação* - sobre os campos de conhecimentos antigos, aperfeiçoados e novos.

Para auxiliar o projetista a alcançar estas metas, criou-se um programa que poderia compilar as informações sobre metodologia e aplicá-las ao processo de projeto. Assim, o

programa auxiliaria o desenvolvimento de novos projetos com um enfoque em um método geral de desenvolvimento de projeto.

O programa de desenvolvimento de projeto, ProCria, foi criado com base no primeiro Mapa Conceitual do programa computacional CriaBrinq de 2007, que apresentava um método de projeto com exemplos dedicados a indústria de brinquedos, como pode ser visto na figura 4.1.

Segundo Kawasaki (1996), os mapas conceituais baseiam-se na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel e Jonh Novak. Nesta teoria os conhecimentos são armazenados em uma estrutura ordenada e hierarquizada de conceitos, a qual influencia na aprendizagem e no significado atribuído a novos conceitos.

A estrutura do mapa conceitual é formada por conceitos conectados por flechas, formando proposições com frases simples, nas quais estão contidas as informações. (Leão, 2000).

Segundo Leão (2002), o uso de mapas conceituais é o mais utilizado para organizar a informação para fins didáticos.

O programa CriaBrinq, quando apresentando para ser aplicado na indústria de brinquedo não despertou o interesse do setor, pois na época não se desenvolviam brinquedos no país, somente criavam-se similares de brinquedos estrangeiros ou brinquedos baseados em sugestões enviadas por consumidores à indústria.

Mapa Conceitual: Roteiro de Projetos, Software CriaBrinq 2007

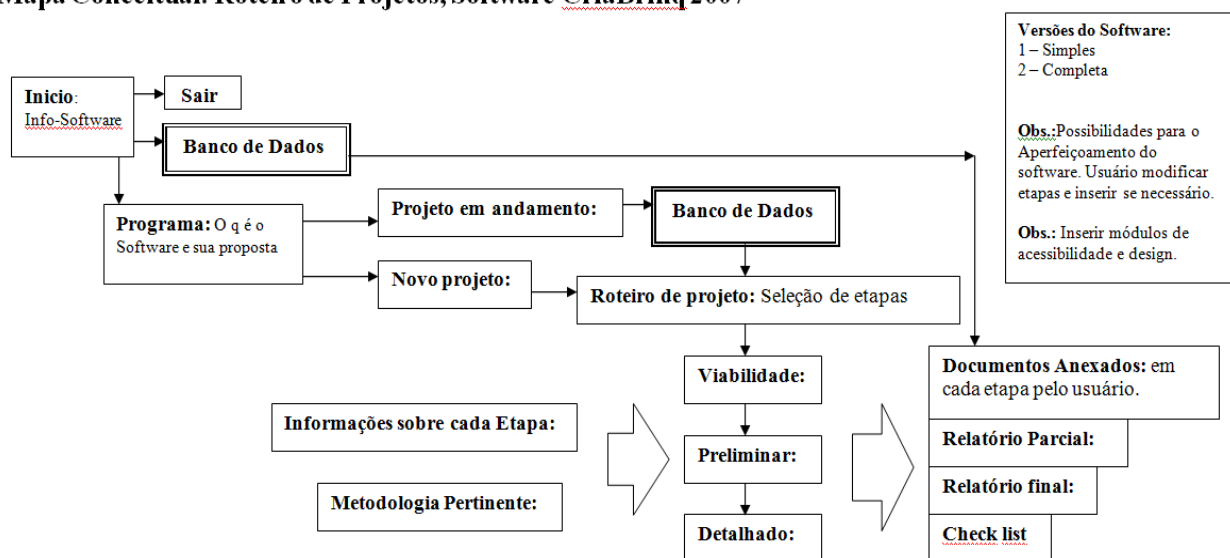


Figura 4.1 – Mapa Conceitual CriaBrinq 2007

Com a rejeição da proposta do software de apoio para o desenvolvimento de projeto do produto com exemplos dedicados para brinquedos, - e dificuldade encontrada no seu desenvolvimento como: tipo de linguagem, suporte técnico e atualização de versão - desenvolveu-se uma nova versão do programa aplicável a uma gama maior de projetos de produto e com uma linguagem mais simples para atingir um número maior de usuários. Estas modificações possibilitaram uma maior flexibilidade do programa em função do usuário e projeto. O novo mapa conceitual é demonstrado na figura 4.2.

Mapa Conceitual: Desenvolvimento de Projetos 2008

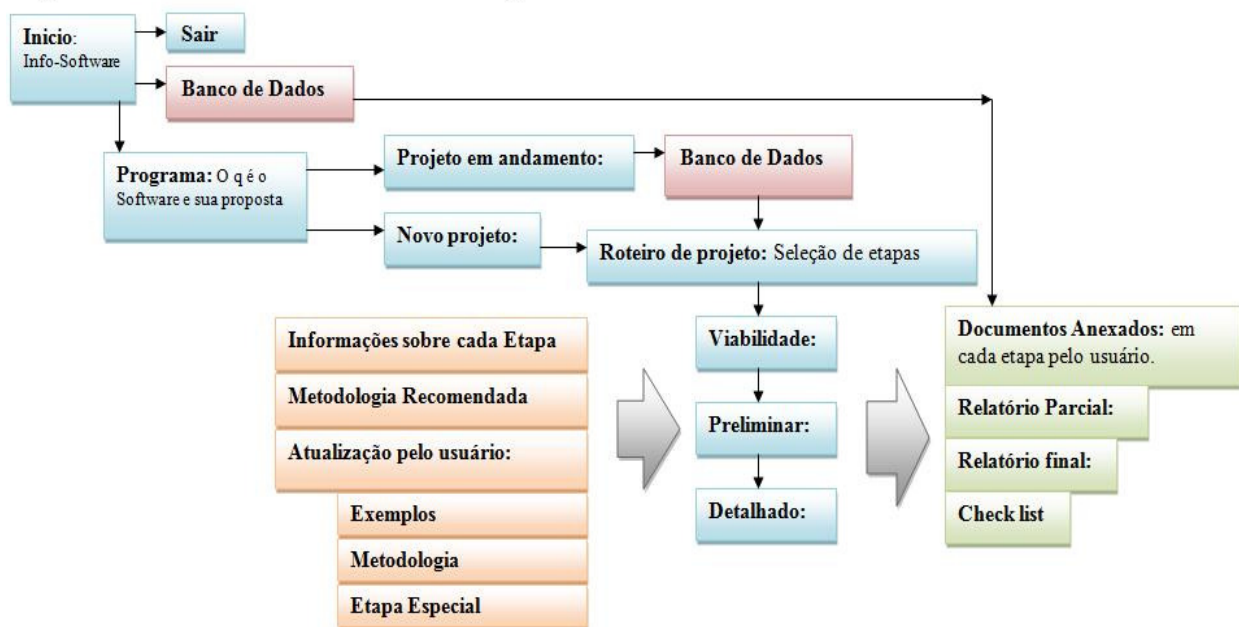


Figura 4.2 – Mapa Conceitual ProCria

Através da comparação dos mapas conceituais, da primeira proposta de programa de apoio que foi utilizado como motivação para o desenvolvimento do novo programa ProCria, ficam mais evidente as maiores possibilidades de contribuição do usuário na inserção de dados no programa.

O mapa conceitual é uma técnica utilizada para organizar a informação para fins didáticos, evidenciando mais a proposta de uma forma geral, assim este foi usado como ponto de partida para o desenvolvimento do ProCria.

4.1 Fases de desenvolvimento do Programa de apoio ao usuário

Para desenvolver o programa foram realizadas pesquisas sobre estruturas para o desenvolvimento de programa existentes e uma destas metodologias é apresentada na figura 4.3. Esta estrutura contempla: o desenvolvimento do programa que ocorre em três fases principais: Fase de definição, Fase de desenvolvimento/ Design conceitual e Fase de operação. Estas fases são compostas de sub-fases com definições e conceitos.

- a) Fase de definição: análise de requisitos, restrições e recursos, Proposta de soluções, Estudo de viabilidade, Estimativas e Análise de riscos utilizando *software* e Protótipos de apresentação.
- b) Fase de desenvolvimento/ Design conceitual: Instalação e configuração, Utilização, Operação e Suporte e Manutenção e evolução.
- c) Fase de Operação: Ver Figura 4.3.

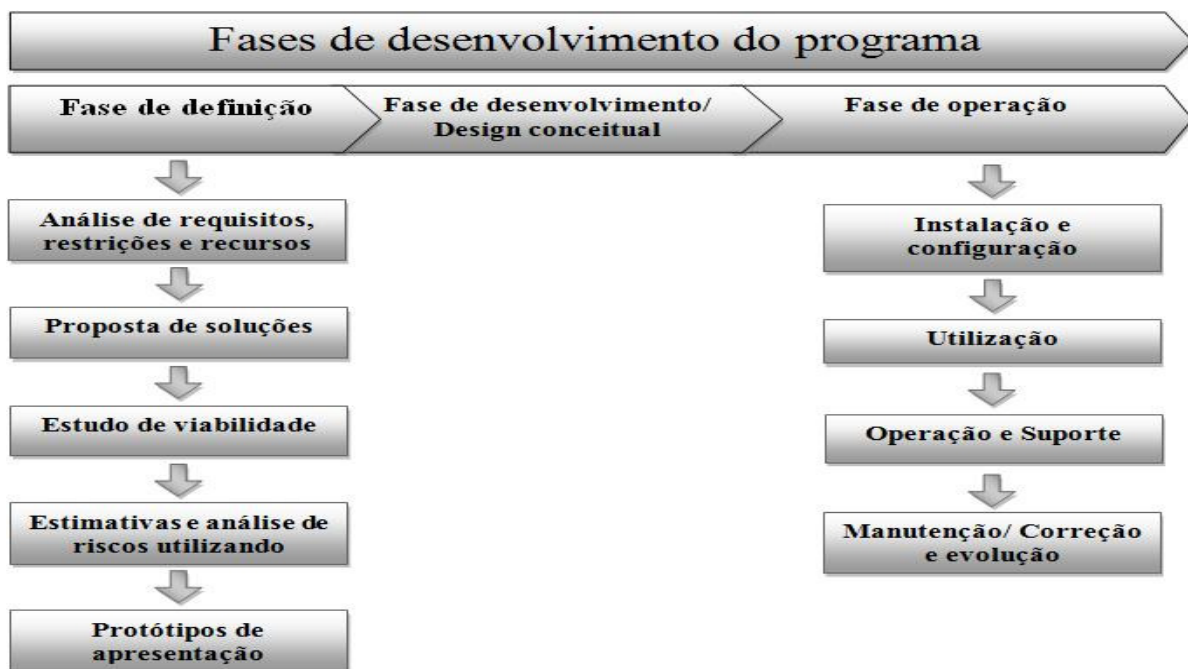


Figura 4.3 - Fases usadas no desenvolvimento de programas.

Com o conhecimento das etapas e a metodologia usada para desenvolver programas, foi proposto aplicar a metodologia apresentada neste trabalho para criar o próprio programa de apresentação da metodologia. Assim foram comparas as metodologias e sobrepostas como pode ser visto na figura 4.4. Comparando-se as duas metodologias, ficou evidente que a metodologia proposta está mais completa e detalhada.



Figura 4.4 - Fases de desenvolvimento do programa (Dedini, 2002).

4.2 Viabilidade/ Fase de definição

A Fase de definição do programa apresenta a Viabilidade do desenvolvimento do programa e o protótipo de apresentação da interface.

O Programa auxilia o desenvolvimento de projeto do produto, reunindo as etapas e fases projetuais, organizando a documentação gerada e metodologia necessária, como também possibilitando a consulta de um banco de dados direcionados a projetos. Este banco de dados de exemplos de projetos e metodologias pode ser acrescido de informações de projetos pelo usuário.

Para definir com clareza o que o programa necessita, é fundamental conhecer o que existe na área de Interação Homem Computador - I.H.C (Liesenberg e Lucena, 2000). A IHC é um estudo que vem sendo todo desenvolvido dentro das Universidades com farta literatura, são estabelecidas algumas diretrizes básicas para programas em geral.

Segundo Shneiderman (1998), tendo-se as diretrizes básicas para o desenvolvimento de um programa, pode-se listar as diretrizes desejáveis: legível, atrativo, organizado, atualizado, adequado aos usuários, adequado à tecnologia, adequado ao propósito, funcional, eficiente, robusto e confiável, bem documentado, manutenível, testável, portátil e reutilizável.

4.2.1 Análise de requisitos, restrições e recursos

O programa deverá gerar relatórios em forma de arquivos texto, possibilitando o acesso rápido e fácil através de um editor de texto. Durante a inserção de dados pelo usuário deverá haver mudanças visuais do programa, de forma a facilitar a percepção e o acompanhamento da evolução do projeto pelo usuário, bem como a preocupação com tamanho de fonte, disposição na tela dos recursos visuais, que torna o programa atrativo e organizado.

O programa contempla a facilidade de uso, para o usuário intuitivamente conseguir usar o programa diminuindo o tempo de aprendizado.

A seleção de uma linguagem de programação que não vá se tornar obsoleta e seus recursos porem de atender as necessidades e acompanhar o desenvolvimento da tecnologia disponível.

O programa é disponibilizado para duas plataformas: Windows® e Linux, o que torna adequado a tecnologia. Para garantir a manutenção, o programa é publicado na internet e com ciclos de atualização pré-definidos. E o programa disponibiliza janelas de ajuda ao usuário e pode ser executado em drives externos dispensando a instalação no computador, podendo ser usado em vários sistemas operacionais, já os arquivos de saída são padrão .doc ou .pdf.

O programa dispensa a necessidade do uso de senha para o usuário ter acesso e apresenta compatibilidade com outros programas. A principal restrição é criar o programa usando ferramentas comuns, de baixo custo, em pouco tempo de desenvolvimento e que não necessite de nenhum outro aplicativo além do sistema operacional. Para rodar o programa é simplesmente necessário que o computador do usuário tenha o sistema operacional.

O recurso disponível é de um programador utilizando um computador pessoal de configuração Windows e uma linguagem de programação acessível.

4.2.2 Proposta de soluções

Tópicos importantes para as possíveis soluções;

- 1- Usar linguagem de programação de rápido desenvolvimento de programa (RAD).
- 2- Usar *softwares* livres e com atualizações constantes.
- 3- Linguagem de programação apropriada para a finalidade do programa.
- 4- Programa de edição e criação de textos que possibilita o compartilhamento on-line e gerar relatórios compatíveis com outros programas de edição de texto.
- 5- Interface amigável e linguagem fácil para o usuário.
- 6- Permitir aos usuários compartilhar experiências e inserir dados no programa.
- 7- Gerenciamento e controle de versão do programa on-line.
- 8- Compatibilidade com diversas plataformas como Windows® e Linux®

As soluções propostas com base nos requisitos foram: desenvolver um programa com a linguagem Pascal orientada ao objeto, usando o programa livre Lazarus® que utiliza a plataforma de desenvolvimento rápido de aplicativos RAD (Rapid Application Development). Este método utiliza a interatividade de técnicas estruturadas e experiências do usuário para definir requisitos e concepção do sistema final.

Para desenvolver o programa ProCria, utilizou o programa Lazarus® para criar a interface e inserir os textos do programa. O programa disponibilizará um editor de texto que faz parte do pacote, este editor não precisa ser criado, podendo ser utilizado um já existente o AbiWord®, que é um programa livre.

Outra solução foi criar uma forma de *texto ajuda*, que funcionaria em conjunto com os programas que o projetista está acostumado a usar para auxiliar na criação e desenvolvimento de projeto o CriaHelp.

Assim para novos usuário seria mais recomendado o uso do programa ProCria, já para usuário mais experientes apresenta-se a proposta do programa de apoio através de *Help*, o CriaHelp que possibilita o trabalha simultâneo com qualquer programa.

4.2.3 Viabilidade Física

Quando apresentado o método proposto para o desenvolvimento de projeto, constatou-se a necessidade de um apoio computacional para tornar a processo de desenvolvimento mais dinâmico e proporcionar outra opção para apoiar a equipe de desenvolvimento de projeto.

O programa pode ser desenvolvido com baixo custo e linguagem acessível, sendo o ferramental indispensável microcomputador *low end*.

Com as novas plataformas tecnológicas de gerenciamento de desenvolvimento de software permite-se a interação de usuários do mundo todo, sem restrições de um ambiente fechado de desenvolvimento, o programa fica disponível on-line em um site do Google Code ®, garantindo a proposta de um programa livre.

O programa ProCria está disponível em: <http://code.google.com/p/metodologiadeprojeto/>. O programa utiliza um editor de texto robusto e gratuito, AbiWord®, que está disponível on-line e periodicamente é atualizado. Caso ocorra atualização deste programa que está dentro do ProCria, o gerenciador de programas Google Code®, é atualizado e disponibiliza uma atualização do ProCria. Através do uso de um programa para editar o texto poupou-se tempo de desenvolvimento e apresenta-se com recurso avançados como a produção simultânea de textos por diversos usuários on-line.

4.2.4 Estimativas e análise de riscos utilizando métricas

Sendo este a primeira versão do *software* a ser desenvolvido, não existem dados concretos de estimativas e análise de riscos que podem ser aplicadas às métricas.

4.2.5 Protótipos de apresentação

O protótipo do programa foi desenvolvido usando o programa livre Lazarus® que gerou um arquivo executável, que foi batizado de ProCria, com a finalidade de apresentar ao usuário apenas a interface gráfica do programa, sendo este o primeiro contato visual do usuário.

O usuário pode interagir com o programa clicando sobre as abas e botões, que possibilitou testar a parte intuitiva do usuário.

Outra interface do programa se apresenta em forma de texto de ajuda ao usuário, denominado de CriaHelp. Este pode ser executado junto com outros programas de auxílio ao projeto ou gerenciamento de projeto, apresentando as etapas de projeto.

4.3 Fase de desenvolvimento/ Design conceitual

Este programa tem como finalidade orientar e auxiliar leigos em desenvolvimento de projeto do produto, através da aplicação de metodologias. Este decompõe o projeto global em passos individuais e estabelece uma seqüência de eventos projetuais, de forma encadeada.

O usuário deverá alimentar o programa com dados pertinentes a cada etapa do projeto.

O usuário interagirá com este programa que fornecerá ajuda e referências, auxiliando no andamento do seu projeto. O programa possibilita gerar uma consolidação entre dados inseridos pelo usuário e das metodologias disponíveis. Esta consolidação será apresentada em forma de arquivo texto ou em forma de relatórios, parciais ou completos, a critério do usuário.

4.3.1 Morfologia do programa

O processo de criação ou desenvolvimento de um produto manufaturado, a partir de uma idéia inicial ou a partir de uma necessidade, não é uma tarefa fácil. Assim, para se obter bom resultado, independente de acaso, é necessário a adoção de metodologias, Dedini (2002).

A metodologia empregada para projetar um produto varia de empresa para empresa, de produto para produto e assim por diante, mas, pode-se construir um roteiro genérico, aplicável na grande maioria dos casos.

A proposta desta tese é tornar mais simples e acessível o processo de desenvolvimento de projeto do produto, e atingir o maior número de usuários através da quebra das barreiras da linguagem técnica e funcionar como um treino para adaptação do usuário com a sistemática de projeto de forma crítica e analítica. Este é o consenso comum com a filosofia de desenvolvimento do programa, assim a interface do programa deve ser intuitiva para o usuário.

A seguir apresenta-se as etapas do desenvolvimento da interface do programa.

A proposta da interface gráfica do programa teve como primeiro passo a seqüência de Processo de Desenvolvimento de Produtos Industriais, representado os processos do projeto, exemplificada pela Figura 4.6.



Figura 4.6 – Processo de desenvolvimento do produto, adaptado Delgado Neto (2005)

Desdobrando esta seqüência de processos pode-se ver as etapas que compõem a fase de Projeto do Produto, assim como a documentação de entrada e saída, desta fase. Na seqüência, pode-se ver aparência desta etapa na primeira proposta de interface gráfica do programa, em forma de fluxograma, conforme a Figura 4.7 ilustra.



Figura 4.7 - Viabilidade – Documentação, entrada e saída (adaptado Delgado Neto,2005)

Para facilitar o entendimento da evolução e desenvolvimento de versões do programa segue na tabela 4.1, a cronologia de desenvolvimento do programa e *softwares* para desenvolver a linguagem. Em seguida é apresentada cada versão desenvolvida.

Programa Desenvolvido		Versão	Software usado para desenvolver
01	CriaBrinq MF	Protótipo para teste de interface	<i>Macromedia Flash</i> ®
02	CriaBrinq Excel 01	Protótipo para teste de interface	<i>Microsoft Excel</i> ®
03	CriaBrinq Excel 02	Protótipo funcional	<i>Microsoft Excel</i> ®
04	CriaBrinq	Programa Completo	<i>Visual Basic</i> ®
05	CriaProjeto	Programa Completo	Software livre: <i>Lazarus</i> ®, <i>AbiWord</i> ®
06	CriaHelp	Help do programa que pode ser usado em conjunto com outros programas.	
07	ProCria	Versão Completa	<i>Lazarus</i> ®

Tabela 4.1. – Versões do programa

Durante o aperfeiçoamento do programa foi utilizado o protótipo do programa desenvolvido em *Macromedia Flash*®, que gerou um arquivo executável. Com a finalidade de apresentar ao usuário apenas o layout do programa, sendo este o primeiro contato visual com o programa.

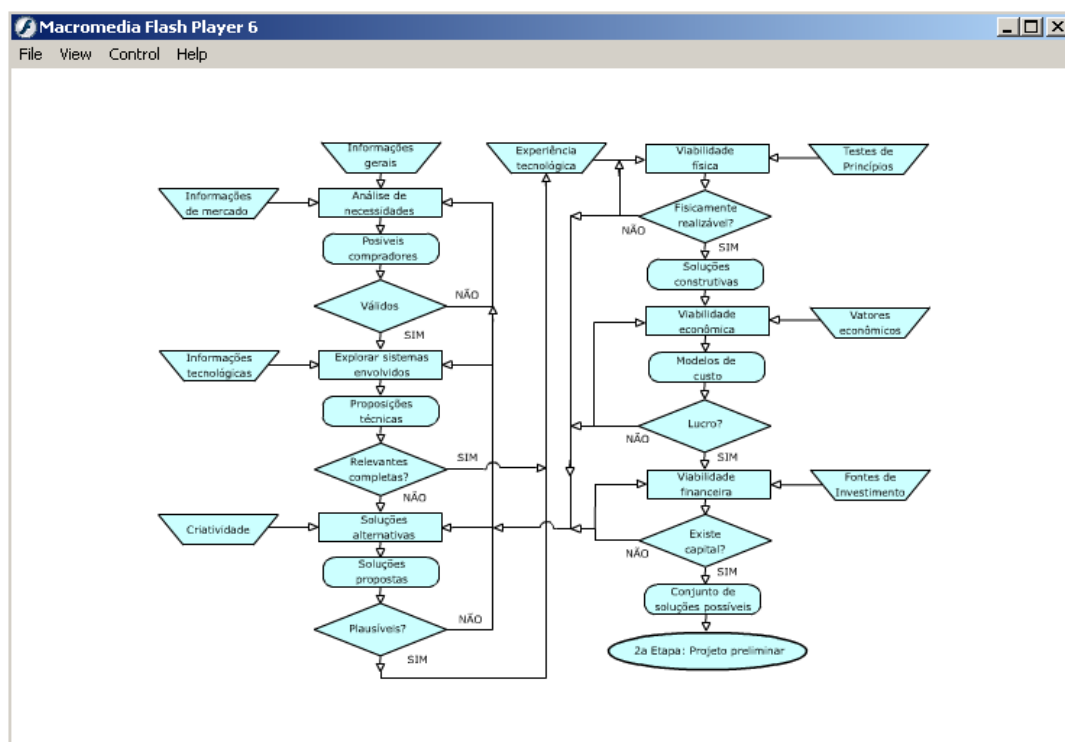


Figura 4.8 – Fluxograma da metodologia implementada

Nesta primeira versão do programa criado no *Macromedia Flash*®, só foi testada a interface gráfica, a qual propiciaria a primeira reação do usuário ao ver o fluxograma da metodologia proposta. E também para acompanhar suas dificuldades e expectativas quanto ao programa. Este primeiro protótipo não foi muito aceito pelos usuários, pois era necessária a instalação de um programa executável no computador do usuário, conforme figura 4.8. Na segunda versão foi mantido o mesmo fluxograma inicial e somente modificado o software executável. O protótipo rodava em *Microsoft Excel*® como interface facilitando a apresentação e testes com usuário, e mesmo na boa qualidade visual oferecido pelo modelo, conforme figura 4.9.

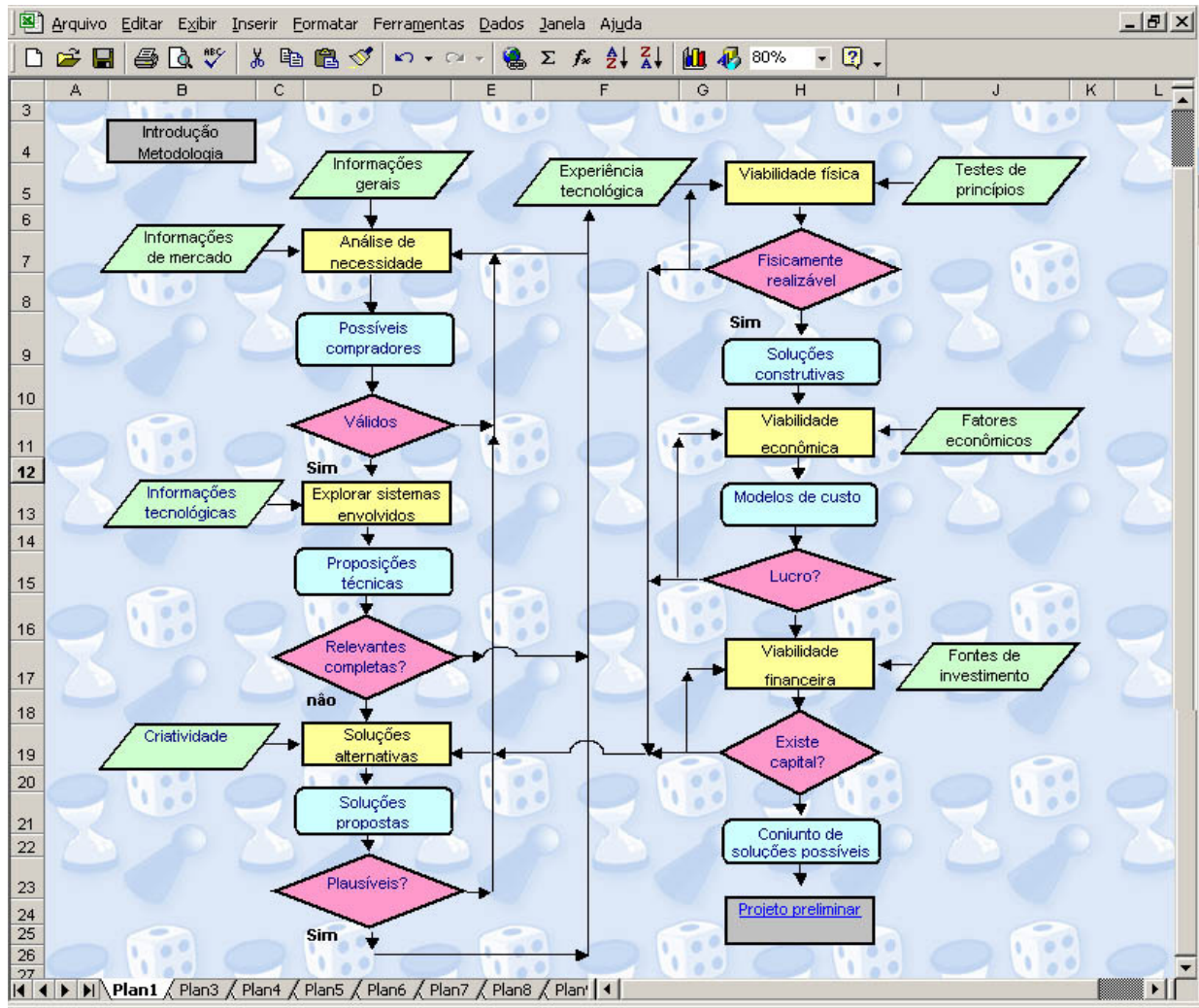


Figura 4.9 - O Projeto do Produto – O fluxograma da fase Viabilidade.

Este modelo, desenvolvido no Microsoft Excel[®], disponibiliza diversos recursos, como: dica de tela e explicações pertinentes às etapas de projeto do programa. Este recurso facilitou a aquisição de dados junto aos usuários, e contribuiu significativamente para o desenvolvimento do programa.

Conforme o desenvolvimento do programa e algumas interações com o programa pelos usuários ficaram evidentes algumas necessidades e sugestões, o que gerou uma segunda versão do programa em Microsoft Excel[®]. Este disponibiliza diversos recursos conforme proposto na versão atual do programa, conforme figura 4.10.

Nesta versão do modelo gráfico do programa, o usuário tem uma visão melhor de todo o processo de desenvolvimento do projeto, pois o fluxograma inicial foi linearizado e simplificado. Garantindo o menor número de *clicks* pelo usuário e mostra todas as etapas de uma forma geral e mais intuitiva que será necessária para realizar o projeto.

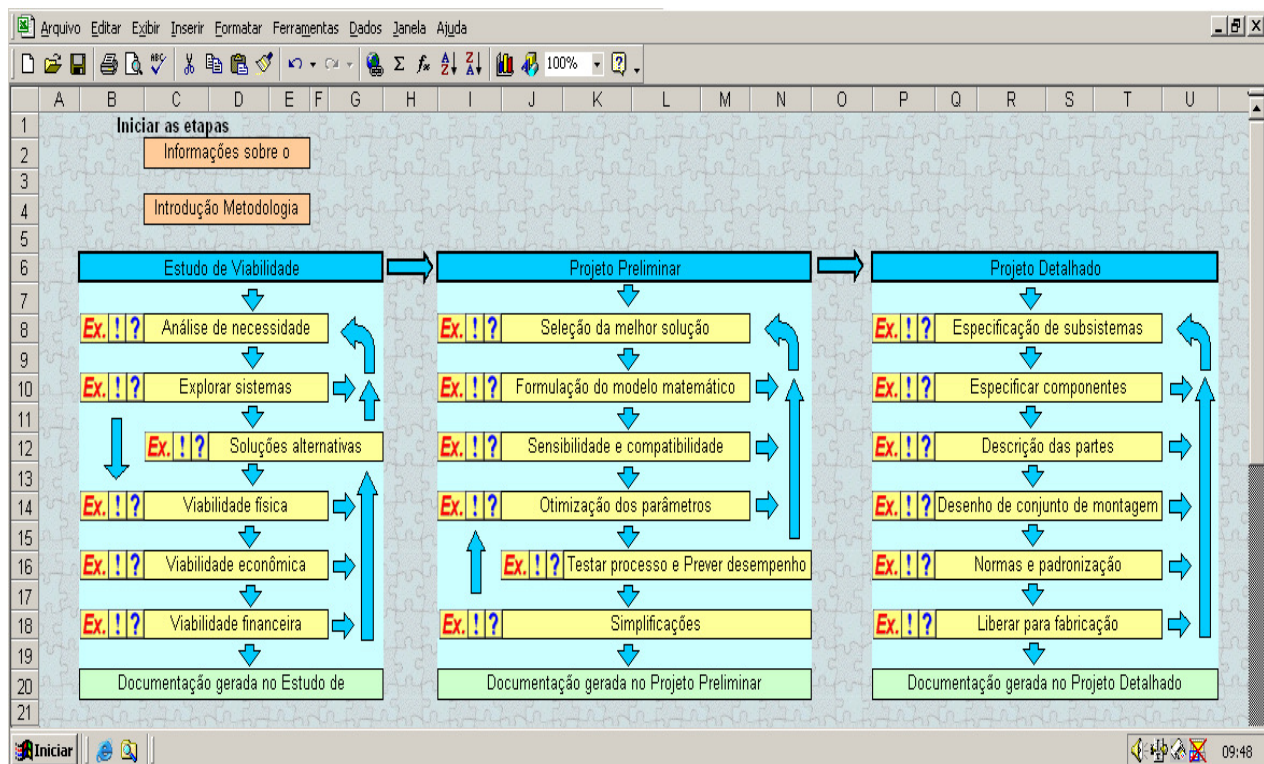


Figura 4.10 – Segunda versão do programa com interface Microsoft Excel[®]

Após realizar os testes da interface gráfica desenvolveu-se uma versão do programa com exemplos dedicados a brinquedos, já apresentado em trabalhos anteriores, conforme figura 4.11 - versão criada em Visual Basic[®].

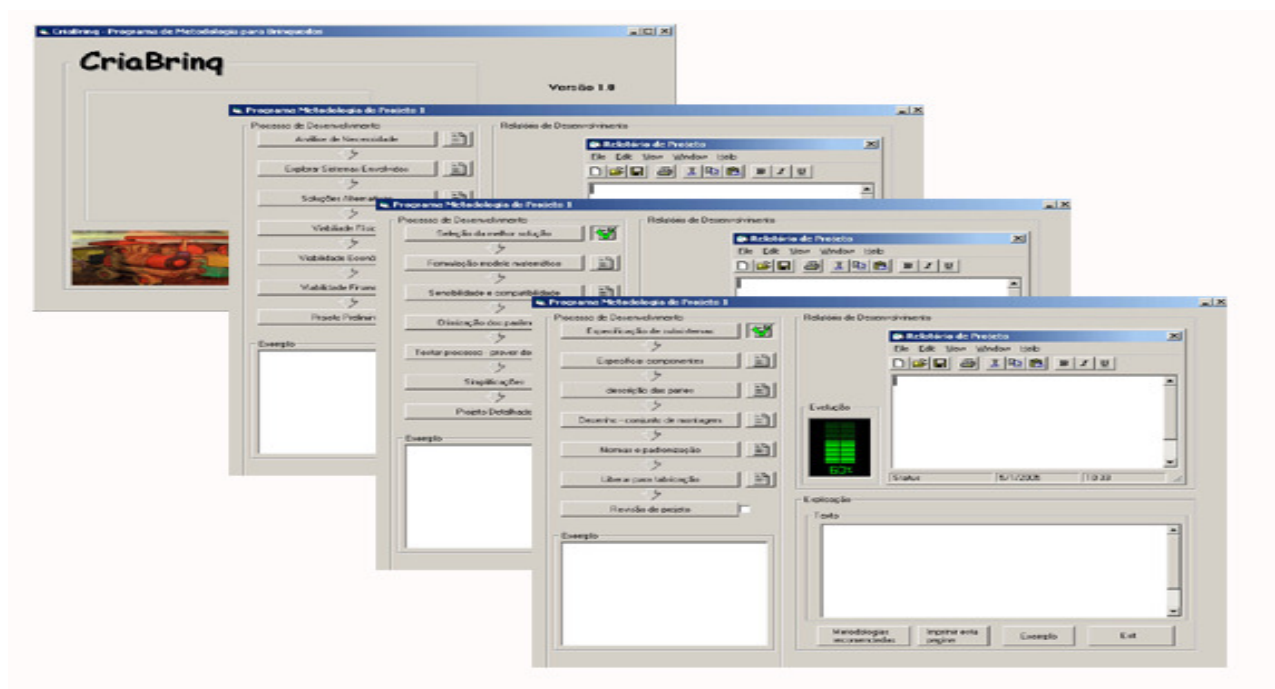


Figura 4.11 – Versão do programa com interface Visual Basic[®]

Em seguida são apresentadas as próximas versões do programa, CriaProjeto, CriaHelp e ProCria, em detalhes. Estes programas foram desenvolvidos com o auxílio da Divisão para o Desenvolvimento de Produto no Centro da Tecnologia da Informação – CTI .

A DDP/CTI é uma divisão inserida no Centro de Tecnologia da Informação que utiliza tecnologia de prototipagem rápida, para apoio à pesquisa e ao desenvolvimento de produtos, oferecendo os serviços de prototipagem rápida para pequenas e médias empresas, prioritariamente, mas também para o mercado em geral. Além dos serviços, a DDP aplica tecnologia de desenvolvimento e prototipagem rápida para apoio à pesquisa e trabalhos de pós-graduação, em conjunto com universidades, centros de pesquisa e hospitais.

O programa CriaProjeto é composto por uma tela principal e disponibiliza uma série de fichários, as quais contêm as fases de projeto para serem realizadas. Os fichários mantêm todas as opções sempre aparentes na tela, dentro de cada fichário é possível gerar o relatório de projeto,

consultar a descrição de cada etapa, ter acesso às metodologias sugeridas e exemplos dedicados a cada uma, como a opção do usuário de inserir as metodologias que conhece, como os exemplos que são importantes para o seu projeto, conforme a figura 4.12.

O programa pode ser inicializado, a partir de um ícone na tela do computador dentro da plataforma Windows® ou Linux®. Ao iniciá-lo é apresentado na tela um texto com informações sobre o desenvolvimento de projeto, disponibilizando as opções de sair do programa ou entrar no banco de dados para consultar projetos já realizados ou em desenvolvimento.

Após a seleção de iniciar um projeto novo, o usuário deverá inserir o nome do projeto e empresa. Mas, caso seja selecionado dar continuidade em um projeto, o usuário poderá conferir visualmente as fases já realizadas. O usuário tem a sua disposição: dica de tela e caixa de checagem de etapa concluída, conforme figura 4.12.

O programa apresenta uma representação gráfica da evolução e situação do andamento dos projetos em desenvolvimento.

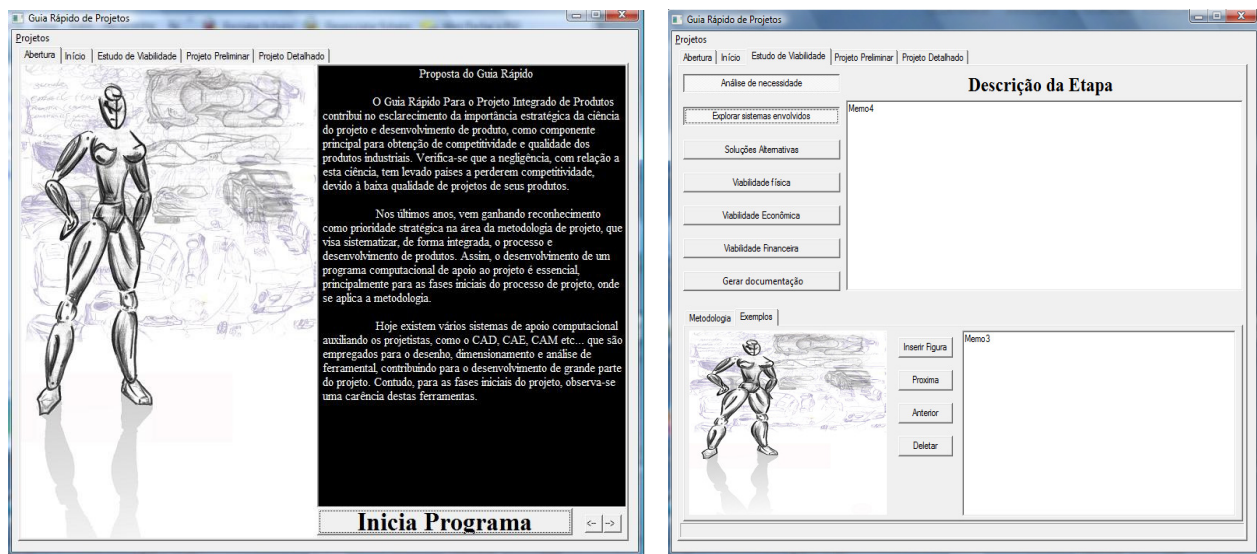


Figura 4.12 – Telas do programa da CriaProjeto

O programa mostra: o texto explicativo de cada etapa, espaço para mostrar exemplos que contenham figuras, botão que apresenta metodologias recomendadas para cada etapa, botão para imprimir explicação da etapa, botão de exemplos – para cada etapa e botão para sair do programa, apresentada na figura 4.12. Ao ser acionado o editor de texto abrirá outra janela na tela do computador, com o programa livre de edição de textos AbiWord®, que permite o usuário a

editar seu relatório individualmente ou simultaneamente on-line com outros usuários e opção de imprimir.

Este editor fornecerá relatórios com formato padrão de editores de textos mais conhecidos, bem como sua interface é muito amigável. Com o programa concluído iniciaram-se os testes com usuário. Estes forneceram novas necessidades e limitações do programa que deu origem a uma nova versão, o ProCria.

Esta versão final do programa apresenta uma interface mais amigável e esteticamente confortável ao usuário. Para construção de toda a interface gráfica e distribuição dos botões usou-se a espiral logarítmica e divisões harmônicas.

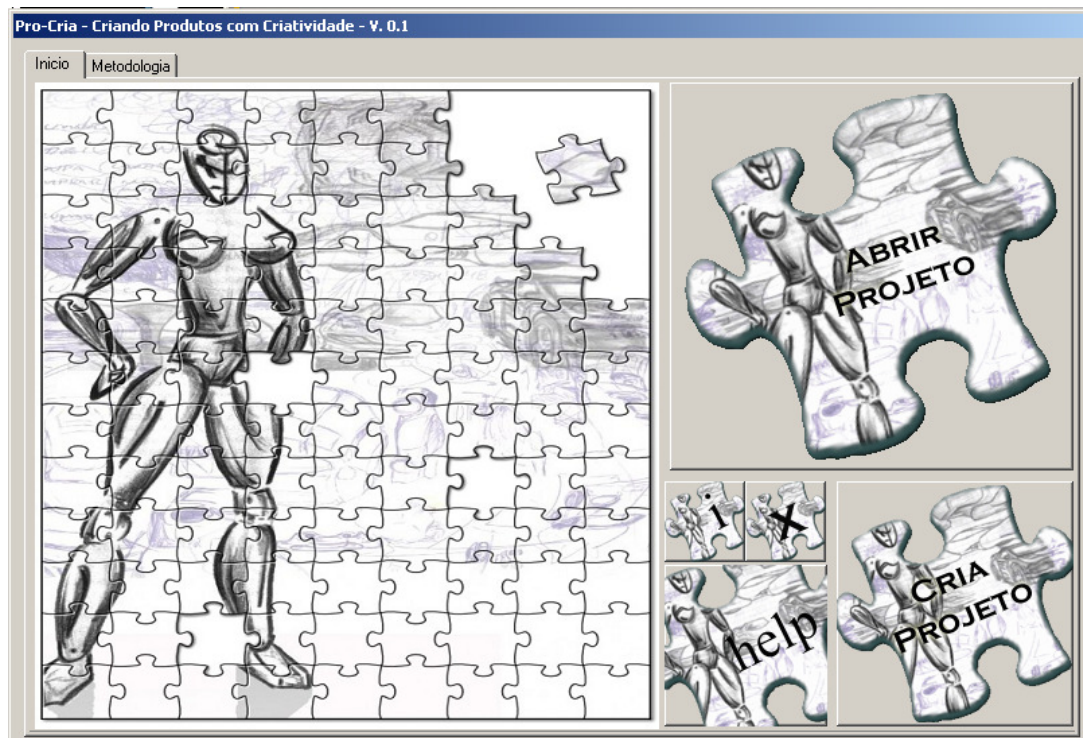


Figura 4.13 – Tela da última versão do Programa ProCria

Segundo Ghyka (1983), a espiral logarítmica e a divisões harmônicas é característica do crescimento de todas as coisas e propriedades que se repetem na natureza, representada pela figura 4.13 e 4.14. Com estas propriedades e características cognitivas tentou-se aumentar a chance de aceitação da interface pelo usuário.

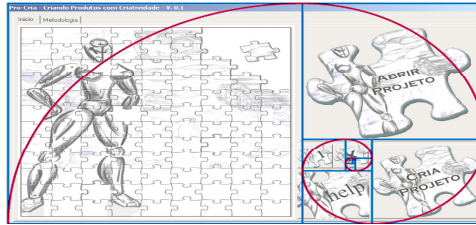


Figura 4.14 – Nautilus e interface.

Outra opção disponível para o usuário é utilizar o programa em forma de texto de ajuda, conforme figura 4.15 - Interface do programa CriaHelp.

O programa CriaHelp disponibiliza textos informativos sobre a metodologia, de uma forma mais compacta graficamente, dando liberdade para o usuário usá-la simultaneamente com outros programas de projeto.

Para desenvolver a interfase do CriaHelp, aplicou-se o processo de arquitetura da informação dos ambientes hipermídia. Segundo Colombo (2001), a maneira pela qual a informação é organizada irá também influenciar todo o sistema de navegação, de indexação da informação e de compreensão dos elementos apresentados. Como afirma Martin (1992) “é necessária uma estrutura clara de informação”, conforme a figura 4.16. O programa mostra os tópicos a esquerda e o texto explicativo à direita, já que esta disposição da informação esta de acordo com a leitura e percepção do usuário.

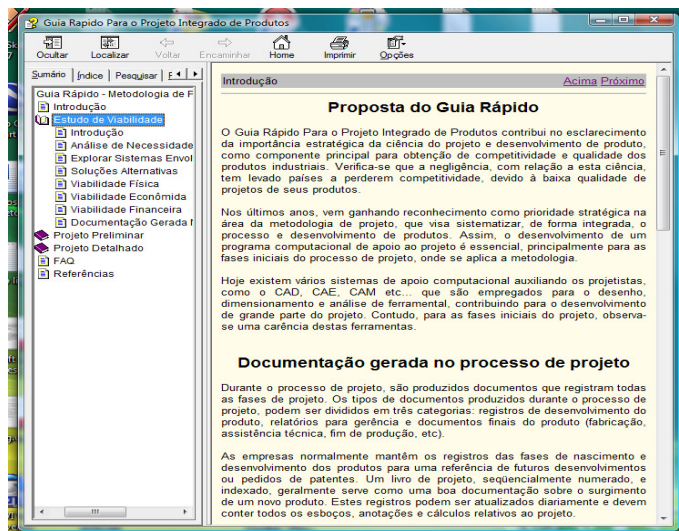


Figura 4.15 - Interface do programa CriaHelp e Capa do Guia Rápido.

4.4 Fase de operação;

4.4.1 Implantação/ Instalação e configuração:

O programa é direcionado à projetistas com pouca experiência, por isso foi desenvolvido com baixa complexidade, eliminando qualquer dificuldade na instalação e configuração do mesmo, de forma a dispensar mão-de-obra especializada.

O programa pode ser executado em um drive externo, como por exemplo, um *pendrive*, sendo necessário que o micro-computador do usuário tenha apenas o sistema operacional instalado em seu computador, Windows® ou Linux®.

4.4.2 Utilização:

O programa é direcionado ao usuário interessado no uso de metodologias para desenvolver projetos. Auxiliar na criação de relatórios e disponibilizar um banco de dados de metodologias com documentação específica, eliminando a necessidade de cursos específicos para uso do programa.

Compartilhar entre os usuários do programa experiências em desenvolvimento de projeto do produto.

4.4.3 Operação e Suporte:

O programa utiliza o editor de texto que estiver disponível no sistema do usuário. Caso ocorra atualização do programa ProCria, o gerenciador de controle de versões Google Code®, disponibiliza a atualização, disponível em: <http://code.google.com/p/metodologiadeprojeto/>.

A escolha do Gerenciador de controle de versão para o programa foi o Google® Code, por apresentar uma interface limpa e pela confiabilidade nos serviços disponibilizados pela Google®. Este gerenciador de controle de versões, Google Code®, oferece constante manutenção e correções de modo a se obter uma evolução que atinja os requisitos dos usuários. Disponibiliza recursos como: pacotes de atualizações, recursos para reportar problemas, sugestões de

modificações, bom espaço de armazenamento de arquivos, fácil e rápida criação de guias on line e aprimoramento do programa.

4.4.4 Manutenção/ Correção e evolução:

Para manutenção, correção e evolução do programa, usou-se o gerenciador de controle de versão para Software GoogleCode®, este apresenta inúmeros recursos como:

- Acompanhamento de atualização de versão de software.
- Acompanhamento de downloads do programa.
- Trocar informações sobre novas linhas de códigos do programa on line.
- Acompanhamento de problemas que o software pode gerar para o usuário ou código. Esta opção gera um modelo de relatório de problemas do software.
- No item descrição é apresentado o modelo de relatório de problema com as informações necessárias para verificar o problema e sugestões de outros usuários.
- Em qual etapa o usuário está no programa.
- O que é previsto de saída para o programa gerar e o quais os recursos são mais utilizados pelo usuário para ser disponibilizado na tela de interface do programa.
- Inserir informações adicionais.

4.5 Manual Guia Rápido

No início da aplicação do método foi criado um Guia Rápido Para o Projeto Integrado de Produtos, em CD, junto com o executável ProCria. O Guia Rápido é um pequeno livro no qual são apresentadas as etapas do método, exatamente igual ao Programa de Ajuda CriaHelp. O Guia Rápido pode ser visto no Apêndice III.

O Guia Rápido partiu das primeiras formas de incentivo a aplicação da Metodologia de Projeto de forma mais simples e rápida em novos projetos, para equipes multidisciplinares. E mais tarde tornou-se o manual do programa de desenvolvimento de projeto, conforme ilustrado na figura 4.15.

CAPITULO 5

Aplicação da Metodologia proposta

Neste capítulo são apresentadas aplicações da metodologia do projeto e do Programa ProCria em diferentes áreas, no ensino, equipes de pesquisa e parceria com a indústria. Nas aplicações são desenvolvidos novos produtos que seguem a proposta do método e ferramentas de projeto. A aplicação na educação apresenta-se como uma proposta de ensino para futuros engenheiros. Em equipes de pesquisa dentro da Universidade como forma de contribuir nas pesquisas, troca de conhecimentos, divulgação do método e na indústria como uma motivação para melhorar a cultura do desenvolvimento de produtos.

O trabalho desenvolvido com a futura geração de engenheiros e designers foi realizado no período de quatro anos em Instituições de Ensino Superior Particulares, em diferentes cursos de graduação, o que garantiu uma grande quantidade de estudos de viabilidade de produtos diferenciados.

Destaca-se também o trabalho realizado junto ao projeto ProBral, onde equipes de pesquisa da Technische Universität Darmstadt (TUD) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), trabalharam em conjunto durante três anos desenvolvendo um projeto integrado de teoria de controle e dinâmica veicular aplicada à dirigibilidade de cadeiras de rodas e veículos autônomos que permitiu uma troca de experiência, conhecimentos, aperfeiçoamento do método. Outra importante contribuição foi o apoio no desenvolvimento do método e sua aplicação em conjunto aos pesquisadores do Centro de Tecnologia da Informação – Renato Archer (CTI), que representa um centro de referência em tecnologia de ponta, ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia do

Brasil. Já as atividades de desenvolvimento de produto junto à indústria, foram aplicadas a uma empresa de equipamentos para deficientes físicos.

5.1 Introdução - Aplicação da Metodologia proposta no Ensino

Atualmente o Ministério da Educação e Cultura (MEC) tem direcionado recomendações, através de suas comissões de especialistas, para que haja uma maior flexibilização e regionalização da Instituição de Ensino Superior (IES). As diretrizes curriculares devem ser mais flexíveis, possibilitando maior liberdade na elaboração dos currículos das faculdades. De acordo com essas novas propostas, as disciplinas que fazem parte de um mesmo semestre devem estar em harmonia, possibilitando ao aluno uma disciplina que englobe e utilize as outras. Este trabalho apresenta os resultados da aplicação de um roteiro crítico de projeto e suas respectivas ferramentas no desenvolvimento de produtos em projetos de graduação de alguns cursos, como: Engenharia de Controle e Automação e *Design* de Produto. Estes cursos foram ministrados em IES diferentes com matrizes curriculares distintas e conseqüentemente com perfis de alunos também diferentes. Os alunos, de acordo com os planos de ensino das disciplinas, teriam que elaborar um determinado projeto. Dentro deste contexto decidiu-se levá-los a utilizar um roteiro de projetos como ferramenta metodológica desde a elaboração até a conclusão do projeto. As disciplinas foram oferecidas por um semestre e foram apresentados o roteiro crítico de projetos e as ferramentas metodológicas (métodos intuitivos e métodos discursivos). Assim pretendeu-se mostrar que a aplicação de um roteiro de projetos traz resultados positivos para os alunos de graduação nos mais diferentes perfis, tanto IES como alunos, chegando-se à produção dos produtos propostos.

5.1.1 Objetivos - Aplicação no Ensino

O objetivo da aplicação do método no ensino pode ser compreendido através da figura 5.1, que apresenta a integração dos diversos capitais. A proposta de integração não é nova, mas aplicar o método para facilitar a organização e sistematização do desenvolvimento de projeto do produto, sim.

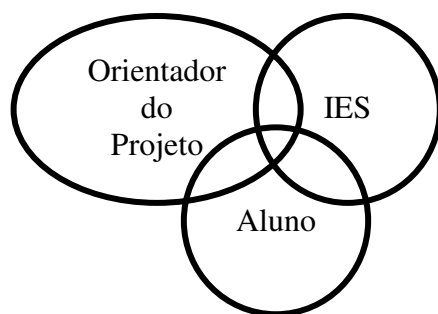


Figura 5.1 - Modelo de integração dos diversos capitais.

Modelo de integração dos diversos capitais é mostrado na Figura 5.1. O método apresenta teorias de projeto para os alunos como, por exemplo, introdução e fundamentação para o desenvolvimento do projeto do produto, para os professores apresenta um método mais palatável e estimulante e cabe a Instituição de Ensino investir financeiramente e dar suporte para ambos.

O encontro nas interações é o desenvolvimento e capacitação - qualidade do ensino, criatividade, capacitação da Instituição de Ensino Superior, do Professor e do aluno e quando o ciclo se fecha aumenta o conhecimento de todos: professor mais capacitado a ensinar metodologia, aluno motivado em aplicar o conhecimento na prática e no dia-a-dia e divulgação da Instituição de Ensino Superior.

5.1.2 Metodologia de Projeto - Aplicação no Ensino

Para se adequar as exigências do MEC são necessárias algumas mudanças na proposta pedagógicas dos cursos de graduação, estas contemplam a necessidade de aulas práticas usando o conteúdo programático das diversas unidades curriculares do semestre. Assim as propostas pedagógicas dos cursos de ensino superior criaram uma unidade curricular de Projeto de Produto. Esta unidade curricular coloca na prática todo o conhecimento teórico das demais unidades, e a cada semestre do curso esta tende a solicitar maior conhecimento do aluno aumentando as exigências de projeto. Assim o método consegue facilitar e integrar a exigência do MEC de uma forma simples, organizada e sistemática.

Como previsto no objetivo de aplicar o método e acompanhar o desenvolvimento de novos produtos criados por grupos de alunos, selecionaram-se dois cursos de Ensino Superior que já estariam de acordo com as novas exigências do MEC e respectivos vínculos com ciências Humanas e Engenharia, os cursos de Design de Produto, Design Gráfico e Engenharia de Controle e Automação. A dinâmica adotada para aplicação do método foi de desenvolvimento do projeto em grupos de alunos que criariam projetos dentro da perspectiva de integração de unidades curriculares para desenvolver um projeto único referente ao semestre. Sempre antes de uma aula prática apresenta-se a teoria sobre metodologia e orientações sobre o projeto em andamento.

As atividades que o aluno deveria realizar e acompanhar:

1-Gerenciamento do Grupo de Trabalho: desenvolvendo organogramas, padronizando documentação, criando os cronogramas e estratégias para se trabalhar o semestre com a equipe.

2-Aulas teóricas sobre o método: o método a ser utilizado é apresentado com material de apoio, Guia Rápido e laboratórios com aplicação da teoria em exercícios em aula.

3-O projeto é desenvolvido seguindo as etapas da metodologia proposta: realizar as etapas de projeto – viabilidade, projeto preliminar e projeto detalhado.

Exigências para avaliação dos alunos pela instituição e pelo professor:

1-Entregar documentação de projeto: atas diárias, relatórios parcial e completo ao fim do projeto, arquivos e materiais digitais como fotos, vídeos de desenvolvimento e relatórios.

2-Produção científica: artigo técnico, pôster e material didático de apresentação.

3-Entrega do projeto do produto: pré-projetos e produto final.

5.2 Aplicação do Método no desenvolvimento de um produto em conjunto com grupos de pesquisa e indústria.

De acordo com o último censo demográfico do IBGE, realizado em 2000, o Brasil tem 14% de deficientes, sendo que 41% deles possuem mais de uma deficiência. O número de deficientes na faixa de 0 a 14 anos é de 9%. Esses dados, porém, referem-se a uma amostragem da população brasileira (a cada dez domicílios, um recebia o questionário completo com perguntas sobre deficiência) e não a totalidade de pessoas portadoras de deficiência.

Acessibilidade não significa somente que pessoas com deficiências façam uso de produtos, serviços, softwares, comunicações ou equipamentos. Significa que o uso destes pode ser feito por todos, com o menor número possível de restrições. O produto que é acessível pode ser utilizado em diversas situações, independente do sistema, do usuário e do ambiente físico, é produzido, segundo Ferro (2003), centrado na diversidade das pessoas, que resulta em produtos e ambientes que podem ser usados por todos, independentemente da situação do usuário.

Todos são iguais perante a lei. Este é não só um direito constitucional, mas um direito humano. Nesse contexto o design inclusivo deve ser considerado como um método que visa atingir todos os usuários de seus produtos ou sistemas, sem qualquer tipo de restrição. Segundo Martins (2004), objetos, ambientes edificados e produtos e serviços usados no cotidiano podem excluir e discriminar alguns grupos sociais (como idosos, crianças, portadores de necessidades especiais), que têm, frequentemente, dificuldades de interação com o meio. Assim, implica contribuir para que o cidadão tenha o direito de “usar a cidade” de forma confortável (como orientar-se sem dificuldade em um ambiente, abrir uma embalagem ou preencher um impresso facilmente), interferindo, por exemplo, em interface de elevadores e terminais eletrônicos que incluam a fácil utilização por idosos (com suas limitações de tempo, audição e visão) e deficientes visuais.

Conforme Martins (2004), o Design universal parte da premissa de que os espaços públicos e privados, dispositivos de acionamento manual e outros utensílios devem assumir formas, manejos e dimensões que permitam a inclusão de portadores de necessidades especiais no rol oficial de usuários. Existe a proposta de transformar-se em lei para a indústria da construção civil (como, por exemplo, o alargamento de portas e corredores, design de torneiras e maçanetas que facilitem o deslocamento, conforme Apêndice II.)

Atualmente as pessoas que precisam de uma cadeira de rodas têm a sua disposição três opções básicas deste produto: a cadeira de rodas manual, a cadeira motorizada e a “scooter”. Segundo Alvarenga (2006), todos os três admitem uma valiosa mobilidade, no entanto, houve a necessidade de uma nova classe que junta-se as principais vantagens das respectivas opções de cadeiras de rodas.

A partir desta necessidade, dispositivos híbridos começaram a chamar atenção. Esses dispositivos são acessórios que podem converter uma cadeira manual em uma cadeira motorizada. Tendo em vista a necessidade de desenvolver um produto que se almeja as principais

vantagens das respectivas opções de cadeiras de rodas e híbridos, surgiu a proposta da presente aplicação.

O trabalho apresenta o desenvolvimento de um módulo de locomoção para cadeira de rodas manuais, que visa auxiliar os usuários de cadeira de rodas a enfrentar obstáculos como subir e descer rampas e percorrer longas distâncias. A proposta deste módulo de locomoção é que o usuário que possui uma cadeira de rodas manual possa comprar o módulo de locomoção, que seria disponível como um kit de motorização, para ser instalado de forma simples e fácil pelo próprio usuário.

Este módulo de locomoção consiste em uma unidade composta por rodas motorizadas que pode ser acoplada embaixo da cadeira de rodas, à frente ou em outras posições. O módulo é unido e destacado facilmente da cadeira de rodas pelo próprio usuário da cadeira, permitindo a conversão da cadeira de rodas manual para motorizada, assim possibilitando a união das qualidades de uma cadeira de rodas manual e com uma motorizada. As cadeiras de rodas manuais permitem a passagem através de portas, o dobramento para o transporte, no entanto a maioria das cadeiras de rodas motorizadas possui um tamanho maior, não são dobráveis, são pesadas e de difícil transporte. Porém cadeiras de rodas motorizadas são geralmente prescritas a usuários que não possuem força ou coordenação motora para acionar manualmente uma cadeira convencional.

A acessibilidade tem tomado destaque com uma série de campanhas, exigências e incentivos do governo, criando novas necessidades e um crescente investimento de financiamento e desenvolvimento de pesquisas. Neste cenário surgem mudanças tímidas, mas fundamentais para o início da disseminação da proposta de tornar acessível e valorizar o indivíduo com produtos que satisfaçam suas necessidades evitando a criação de produtos para uma generalidade que exclui uma significativa população. Para que a cadeira de rodas possa ser utilizada pelo maior número de usuários, é necessária a geração de alternativas de interfaces e estratégias de controle. Estas alternativas devem agora englobar usuários que tenham mobilidade reduzida nos membros superiores, de modo a aumentar ainda mais a inclusão destes. Deste modo, a cadeira de rodas passa agora a ser encarada como um veículo autônomo. As estratégias para o controle deste veículo autônomo devem considerar os aspectos de dirigibilidade segura e conforto do passageiro. Este projeto abordou estes aspectos, com a finalidade de desenvolver um controle hierárquico seguro e eficiente.

O projeto do Kit de motorização já vem de longa data, vislumbrada pela equipe do LabSin, (Laboratório de Sistemas Integrados da Unicamp), coordenada pelo professor Franco Giuseppe Dedini, e o seu desenvolvimento passou por diversas etapas até sua consolidação, e sempre acompanhando as novas tecnologias e sistematicamente sendo aplicado o método de desenvolvimento de produto.



Figura 5.2 – Projetos simultâneos e complementares sobre o Kit de Motorização.

Em 2004 usando o método foi possível a construção do chassi e protótipo funcional do primeiro modelo do Kit de Motorização, indicado na figura 5.2 como trabalhos anteriores realizados. Foi possível gerar várias soluções e visualizar as inúmeras possibilidades de motorização, controle e simulações dos componentes envolvidos no projeto. Muitos trabalhos foram construídos e desenvolvidos a partir destas soluções o que possibilitou a parceria com a Universidade Darmstad - Alemanha, responsável pela parte de controle e aperfeiçoamento de novas tecnologias de controle e simulações virtuais, bem como a construção de bancadas de testes.

A parceria com a indústria durante o desenvolvimento possibilitou realizar as soluções alternativas e otimizações dos componentes do Kit de Motorização. A cada parceria possibilitou aplicar uma parte da metodologia e gerar resultados promissores nas soluções construtivas.

A metodologia usada também mostra a possibilidades de inúmeras aplicações em partes e componentes do projeto do produto.

5.2.1 Objetivos - Aplicação em grupos de pesquisa

O objetivo principal deste projeto além do desenvolvimento de novos estudos nesta área é consolidar os resultados obtidos durante o desenvolvimento do produto. Estruturar novas ferramentas para o auxílio no desenvolvimento de produtos e projetos.

Desenvolver novas idéias de melhorias ao protótipo e identificação das necessidades dos usuários de cadeiras de rodas, abordar problemas típicos em veículos autônomos utilizados em ambientes fechados, como: passagens estreitas, portas, rampas, estabilidade em manobras, etc.;

E por fim teste de um módulo com usuários e a avaliação do produto, aplicando novas idéias e melhorias.

5.2.2 Histórico e introdução da aplicação em grupos de pesquisa

A Universidade Estadual de Campinas dispõe de um grupo de pesquisadores que atuam no Laboratório de Sistemas Integrados, do Departamento de Projeto Mecânico da Faculdade de Engenharia Mecânica. O Laboratório conta com a presença de alunos de mestrado, doutorado, pós-doutorado, iniciação científica, além de pesquisadores voluntários (colaboradores). O Departamento de Projeto Mecânico é autônomo em termos de oficinas Mecânicas e Eletrônicas, contando com um quadro de funcionários técnicos de boa competência.

O Laboratório de Sistemas Integrados, anteriormente conhecido como Laboratório de Projeto Mecânico, do Departamento de Projeto Mecânico da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP tem tradição e capacitação no desenvolvimento e construção de protótipos. O histórico de atuação em cadeiras motorizadas também é antigo para este departamento sendo a 1ª cadeira construída em 1982. Já nesta época ficou claro que o problema não era apenas de técnica de engenharia, mas de estudos de informação das necessidades dos usuários, interação com o usuário, estética, custo e condições de operação. Desta época até os dias atuais o departamento tem atuado em problemas relacionados com a dinâmica dos veículos, metodologias de projeto, ergonomia, confiabilidade e processos de otimização.

Assim atualmente no Laboratório de Sistemas Integrados se encontram disponíveis os protótipos para teste, além de uma bancada experimental para o levantamento das características do pneu.

Por outro lado, a Universidade Técnica de Darmstadt conta com dispositivos e sistemas controle, cujas aplicações variam entre aplicação de técnicas. Além disso, a maior contribuição reside na oportunidade de intercâmbio científico com profissionais de elevada competência e reconhecida contribuição técnica na área de dinâmica e controle: liderado pelo Prof. Dr-Ing. Rainer Nordmann.

Desta forma, a troca de experiência técnica entre os grupos da UNICAMP e da TU Darmstadt apresenta grande potencial em termos de contribuição científica na temática de controle e dinâmica de veículos para pessoas com necessidades especiais.

5.2.3 Metodologia da aplicação em grupos de pesquisa

O trabalho apresenta o desenvolvimento de um módulo de locomoção para cadeira de rodas manuais, que visa auxiliar os usuários de cadeira de rodas a enfrentar obstáculos como subir e descer rampas e percorrer longas distâncias. A proposta deste módulo de locomoção é que o usuário que possui uma cadeira de rodas manual possa comprar o módulo de locomoção, que seria disponível como um kit de motorização, para ser instalado de forma simples e fácil pelo próprio usuário. Este módulo de locomoção consiste em uma unidade composta por rodas motorizadas que pode ser acoplada embaixo da cadeira de rodas, à frente ou em outras posições. O módulo é unido e destacado facilmente da cadeira de rodas pelo próprio usuário da cadeira, permitindo a conversão da cadeira de rodas manual para motorizada, assim possibilitando a união das qualidades de uma cadeira de rodas manual e com uma motorizada.

Aplicando um roteiro crítico de projeto e respectivas ferramentas metodológicas, aumentam as chances de sucesso do desenvolvimento do produto. A metodologia de projeto apresenta etapas do início da concepção do produto, viabilidade, otimização do produto, projeto preliminar ao fim da etapa de desenvolvimento do produto com a etapa de projeto detalhado.

O projeto de um componente ou de um sistema, apresenta para cada caso, um desenvolvimento metodológico e cronológico semelhante que possibilita criar um modelo comum a quase todos os projetos. Este é formado por uma sequência de eventos distintos e encadeados, resultando em uma sequência de etapas de projeto. A cada etapa pode-se aplicar diferentes ferramentas metodológicas, como QFD, *Brainstorming* e o Quadro Morfológico. Estas são algumas das ferramentas que foram utilizadas no projeto.

Com o QFD levantou-se as necessidades do cliente detalhadamente e com o quadro morfológico construído as alternativas de produtos, porém sempre atuando na etapa de Viabilidade do projeto.

Outras metodologias aplicadas foi o método sinérgico de "Brainstorming" (Tempestade cerebral de Alex Osborn) que é o método de pensamento criativo em grupo mais usado e divulgado, podendo ser aplicado em qualquer fase do desenvolvimento do produto. O termo pretende exprimir a liberação espontânea da imaginação sem restrições ou obstruções ao volume de idéias. (Delgado Neto, 2005)

O método Brainstorming tem como objetivo estimular um grupo de pessoas a gerar um número muito elevado de idéias para solucionar um problema de projeto. Para um bom desempenho algumas regras devem ser seguidas como mostra o Apêndice I – Ferramentas Metodológicas.

Através de uma seção de Brainstorming realizada foram listadas todas as opções possíveis para cada parâmetro do kit de motorização.

1. Limites, 2. Chassi, 3. Material, 4. Layout Baterias, 5. Armazenador de Energia, 6. Carregador, 7. Motores, 8. Rodas, Superfície e área de contato, 9. Transmissão, 10. Ajuste entre eixos, 11. Conexão, 12. Interface.

Com estes construiu-se o quadro morfológico. Segundo Bob King (1999), o quadro morfológico aplicado à criatividade auxilia a visualização da estrutura fundamental de um problema, apresentando uma gama de soluções possíveis, de forma estruturada e sistemática de cada principal característica ou parâmetro de uma solução e as opções mensuráveis para cada parâmetro, conforme figura 5.5. Este método, desenvolvido por Fritz Zwicky, consiste em decompor o problema global em problemas parciais (ou parâmetros do sistema). Estes dados são colocados na primeira coluna do quadro. Em seguida, deve-se mostrar em cada linha o maior número de possíveis alternativas para satisfazer o descrito na primeira coluna. Combinando as soluções de uma linha com todas as soluções de outras linhas, obtém-se um número muito elevado de soluções construtivas para o problema. Evidentemente muitas dessas soluções são inviáveis ou absurdas. A figura 5.5 mostra um esquema geral do quadro morfológico com duas possíveis soluções viáveis.

Parâmetros	Opções				
1. Limites					
2. Chassi					
3. Material					
4. Layout Baterias					
5. Armazenador de Energia					
6. Carregador					
7. Motores					
8. Rodas Superfície e área de contato					
9. Transmissão					
10. Ajuste entre eixos					
11. Conexão					
12. Interface					

Alternativa No1 ———
Alternativa No2

Figura 5.5 - Quadro Morfológico do Kit de Motorização

O quadro morfológico auxilia a geração de várias soluções alternativas para o produto, como pode ser visto na figura 5.5. Em destaque nesta figura destaca-se duas das alternativas de

produto geradas, logo são construídas as soluções alternativas, nas quais a equipe de projeto selecionou uma opção por linhas da tabela e traçou uma linha conectando as opções, esta linha representa as soluções possíveis. A primeira alternativa está em azul e com linha continua e segunda alternativa em preto e linha pontilhada.

A equipe selecionou a primeira alternativa para explorar mais detalhadamente, como é mostrado na figura 5.6. Após a seleção da alternativa foram feitas as seguintes etapas s de projeto; viabilidade física, econômica e protótipo.

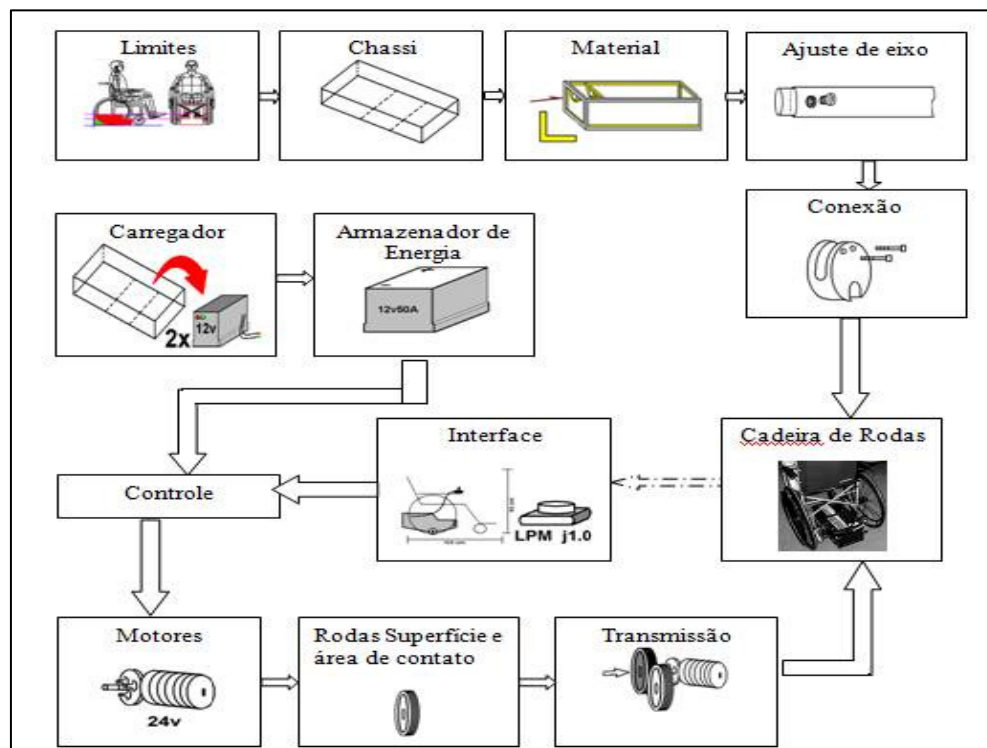


Figura 5.6 - Alternativa No 1

5.2.4 Protótipo Desenvolvido

Com base na solução escolhida, a partir do quadro morfológico foram desenvolvidas as outras etapas de projeto, como o detalhamento dos componentes do kit de motorização. Para o desenvolvimento desta etapa foi utilizado um programa de CAD/ CAE para otimização e prototipagem. Ver figura 5.7.

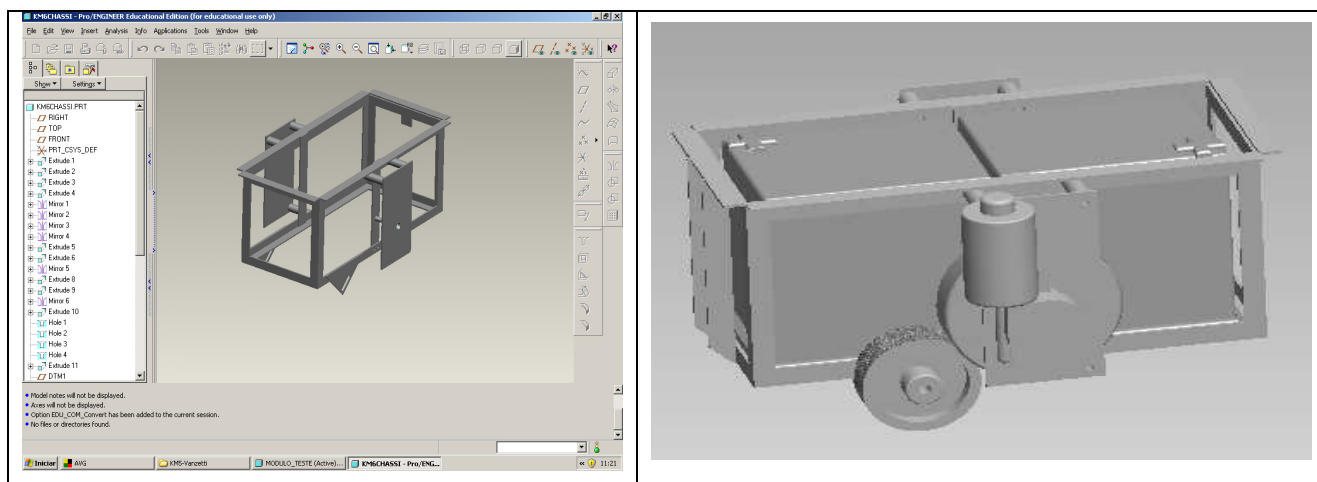


Figura 5.7 - Desenhos do Kit de Motorização

Assim com o detalhamento, a análise estrutural e dinâmica, é possível elaboração do protótipo funcional do kit de motorização e viabilizar a construção física para iniciar a etapa de Projeto Preliminar. Na figura 5.8, é apresentado o protótipo desenvolvido.



Figura 5.8 - Protótipo do Kit de Motorização

O kit de motorização possui uma configuração básica que pode ser alterada em função das necessidades do usuário. Assim, alterando um dos itens básico altera-se a configuração final, logo podem ser criados módulos que facilmente são alterados para atender a necessidade de cada cliente, conforme a figura 5.9.

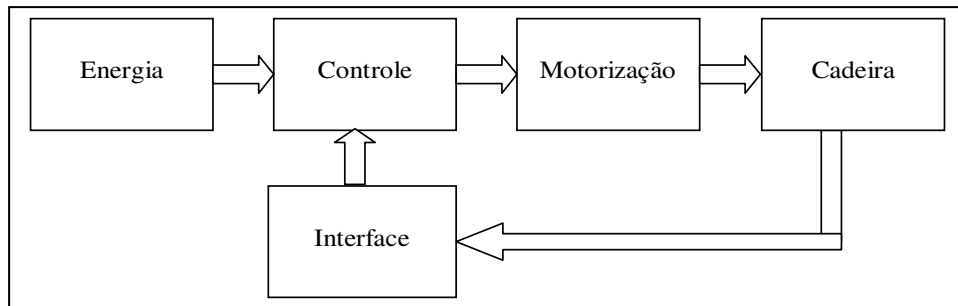


Figura 5.9 - Arquitetura básica de construção do Kit de Motorização

Com o desenvolvimento do Kit de Motorização em parceria com a indústria foram realizadas todas as etapas de documentação e acompanhamento do projeto pelos parceiros através de relatório trimestral. Este relatório é direcionado a todos da equipe que participam do desenvolvendo o projeto - para motivar a equipe de desenvolvimento e para a empresa parceira não achar que foi negligenciada ou ficar decepcionada quando passar alguns meses de desenvolvimento experimental .

CAPITULO 6

6 Resultados e Discussão

Através de trabalhos publicados por diversos autores e metodologias pesquisadas criou-se o método proposto. Assim foi possível a construção de um método mais abrangente, completo e com descritivo detalhado de cada fase. Enfatiza-se também a preocupação com a representação gráfica do método proposto, que passou por uma série de simplificações e modificações para se tornar mais linear e intuitiva ao usuário, sem que esta perdesse suas informações.

Com o descritivo de cada fase do método proposto criou-se o Guia Rápido, este pequeno guia impresso reúne as informações necessárias para aplicar a metodologia em qualquer projeto, e sua formatação é semelhante a um pequeno livro, com textos concisos sobre a metodologia dispensando históricos ou exemplos. Esta apresentação compacta, sistêmica e passo a passo garante que mesmo o projetista com pouca experiência possa usar o Guia Rápido e desenvolver um produto.

Com a proposta de difundir o uso de metodologia de projeto para usuários/ projetistas com pouca experiência, criou-se ferramentas através de mídias diversificadas, como mídia impressa, como Guia Rápido e mídia digital através do Programa ProCria, e com estas ferramentas em mãos aplicou-se em grupos de testes, como alunos de graduação e equipes de pesquisados de pós graduação que se estendeu a indústria, conforme demonstrado no capítulo anterior.

O desenvolvimento de um programa computacional solicitou pesquisa sobre usabilidade, interfase computacional, informação intuitiva e cognição.

Dentre as áreas de conhecimento pesquisadas a organização da informação teve uma grande contribuição. Para Figueiredo (2002) a organização da informação através da hierarquia pode ser

representada através de mapas para a estruturação e organização da informação. Devenport (1998) afirma que o benefício mais inequívoco do mapeamento é que ele pode melhorar o acesso à informação. Vilela (2002) adere, afirmando que os mapas usados adequadamente são uma poderosa ferramenta de organização, aprendizado e produtividade.

O programa de apoio ao usuário de metodologia de projeto gerará o registro do programa e sua divulgação entre o meio acadêmico, graduação e pós-graduação. Como algumas pesquisas e tecnologias na pós-graduação estão direta ou indiretamente aplicadas à indústria, o programa também se estendeu a aplicação na indústria. Logicamente a aplicação na indústria deverá ter um acompanhamento mais extenso e contínuo.

A proposta deste programa é apoiar o usuário e facilitar o entendimento sobre metodologia, bem como o uso de linguagem simples de programação através do uso de *softwares* livres para o seu desenvolvimento, visa uma mobilidade para o programador alterar e modificar o programa promovendo uma evolução contínua, evitando que este se torne obsoleto.

6.1 Aplicação na Educação

Com o material de apoio pronto, Guia Rápido, iniciou a aplicação no ensino desenvolvendo projetos do produto, com alunos de graduação.

Foram desenvolvidos projetos com uma turma de alunos de primeiro semestre até quinto semestre utilizaram o Guia Rápido e sua metodologia proposta. O uso da metodologia foi além das expectativas, sendo utilizada também para organizar e estruturar a integração de todas as unidades curriculares de um determinado semestre.

Na figura 6.1. são apresentadas as sete unidades curriculares de um curso de Engenharia de Controle e Automação, referentes ao primeiro semestre do curso. No centro do pentágono, da figura, temos a unidade curricular de Projeto: Fundamentos de Controle e Automação, e nos vértices do pentágono temos as outras unidades curriculares de perfil teórico, que serão fundamentais para o desenvolvimento do projeto. Em destaque dentro de cada retângulo temos o nome da unidade curricular, o conteúdo programático em comum com a unidade curricular de projeto.

O método possibilita a integração das unidades curriculares de uma forma mais fácil e sistemática e facilita o planejamento geral da integração multidisciplinar. A proposta de integrar

as disciplinas teóricas em uma única disciplina pratica não é nova, mas o método contribuiu para facilitar a visualização e entendimento dos envolvidos no projeto e suas respectivas contribuições.

ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Projeto Temático - UNIDADE CURRICULAR

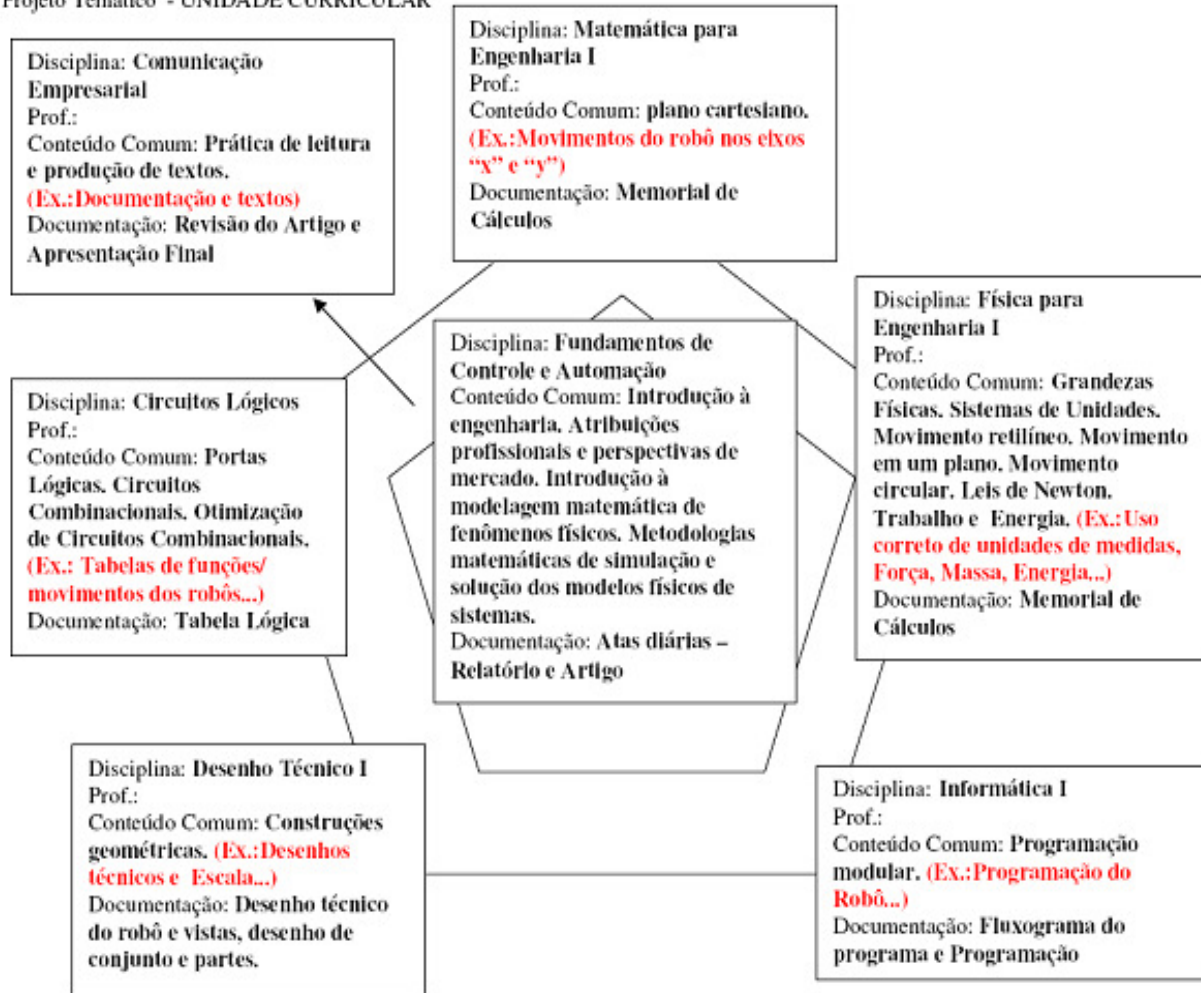


Figura 6.1 - Modelo de integração das unidades curriculares

Durante todo o período de aplicação da metodologia, concluiu-se 136 projetos, sendo que 13 projetos foram insatisfatórios, por falta de documentação ou não funcionamento do produto, 746 alunos conheceram a metodologia e a aplicaram em seus projetos.

No gráfico da figura 6.2, são apresentadas as Unidades de cada um dos itens em relação às Turmas. Os itens são compostos pelo número de:

Grupo – total de alunos de uma turma.

Semanas – semanas para realizar o projeto.

Projetos Ok – projetos realizados com sucesso e que apresentaram um produto final.

Projetos Não – projetos que não foram concluídos no prazo.

Usaram Método – total de alunos que usaram o método proposto para realizar o projeto.

Semestre – semestre em que os alunos estão matriculados.

Pagou Material – indicação se a IES (Instituição de Ensino Superior) pagou o material para os alunos, representado pelo numero 25, ou se não pagou indicado pelo numero 20.

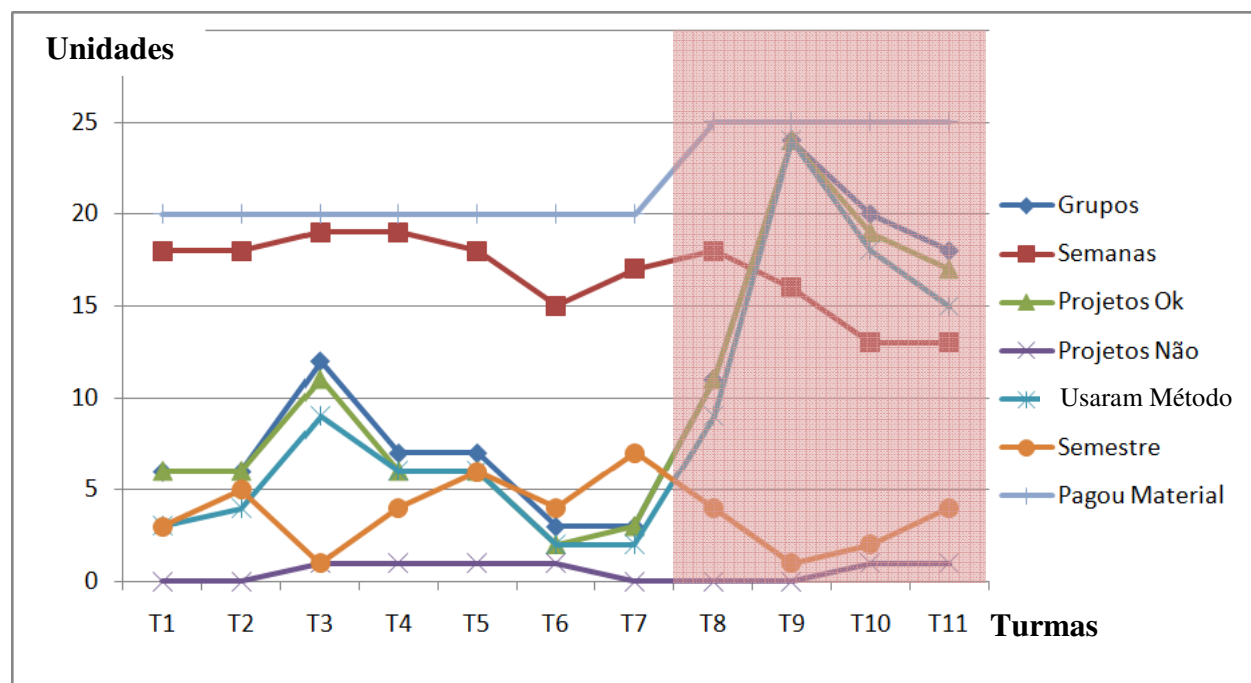


Figura 6.2 – Gráfico relação de unidades por turmas.

No gráfico, as constatações mostram diferenças na maneira como os projetistas novatos (alunos de primeiro e segundo semestre) e os projetistas experientes (alunos de quarto e quinto semestre) abordam as tarefas da metodologia de projeto.

Os alunos de primeiro e segundo semestres confiaram mais na metodologia seguindo todas as etapas por ele proposta e tendiam a usar um determinado padrão de tentativa e erro. Os alunos

de quarto e quinto semestres, conseguiram criar estratégias de projeto, e realizar mais atividades de projeto simultaneamente, bem como combiná-las entre si.

Os números de projetos realizados com sucesso tende a diminuir quanto mais os projetistas desacreditam nas ferramentas de projeto ou negligencia uma das fases da metodologia de projeto. Também ficou evidente que a Instituição de Ensino Superior quando financiava o material didático, compra de componentes, material de consumo e disponibilizava instalações adequadas para os alunos realizarem seus projetos, o tempo de desenvolvimento reduzia em média de três a quatro semanas.

Como forma de acompanhar a satisfação dos alunos quanto ao uso da metodologia e suas restrições, foram desenvolvidos questionários e aplicados em todas as turmas, mostrado no Apêndice IV – formulários de acompanhamento, que serão apresentados os resultados mais adiante.

Um resultado positivo da aplicação do método ficou evidente quando alunos do primeiro semestre que não eram familiarizados com componentes eletrônicos, robótica e materiais diversos conseguiram concluir o desenvolvimento de um produto, neste caso mecanismos articulados e robôs em apenas quatro meses, conforme figura 6.3. Os projetos conseguiram realizar as fases de Viabilidade, Projeto Preliminar e Detalhado.

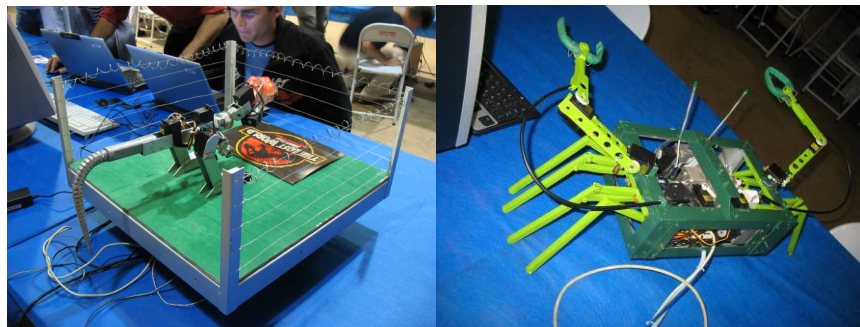


Figura 6.3 - Mecanismo Articulado com servo motores

Na figura 6.4, é evidenciado que o passo a passo do desenvolvimento do projeto, como a construção de pré-projeto, desenvolvido com o maior detalhamento geram melhores resultados nos testes e identificação de problemas no projeto final. Evitando problemas que possam interferir no processo de fabricação.



Figura 6.4 – Pré projeto semelhante ao projeto final

A aplicação da metodologia gerou produtos com uma série de detalhes de projeto que os tornam melhor elaborados e tangíveis, soluções construtivas que não são perceptíveis para os clientes que estão muito bem resolvidas nos projetos.

A seguir é apresentado um comparativo de dois projetos de pista para carros fora de estrada. Ver figura 6.5. Os projetos não apresentam as grandes dimensões de todos os resultados de aplicação da metodologia, mas é uma forma simples de ver os diferenciais entre os resultados.



Figura 6.5 – À esquerda pista desenvolvida com metodologia, à direita pista construída sem o uso de qualquer metodologia de projeto.

Com as ferramentas de apoio desenvolvidas e a população de alunos de graduação utilizando estas ferramentas criou-se um formulário com algumas perguntas para acompanhar os resultados de como a proposta contribuiu para esta população, conforme Apêndice IV.

O formulário de acompanhamento foi aplicado em todos os semestre e turmas que usaram o método, e as respostas da primeira questão chamou a atenção, conforme figura 6.6. Todas as

respostas mostraram que os alunos concordam que a metodologia ajudou no desenvolvimento do projeto do produto, mostrando a boa aceitação da metodologia por parte dos alunos.

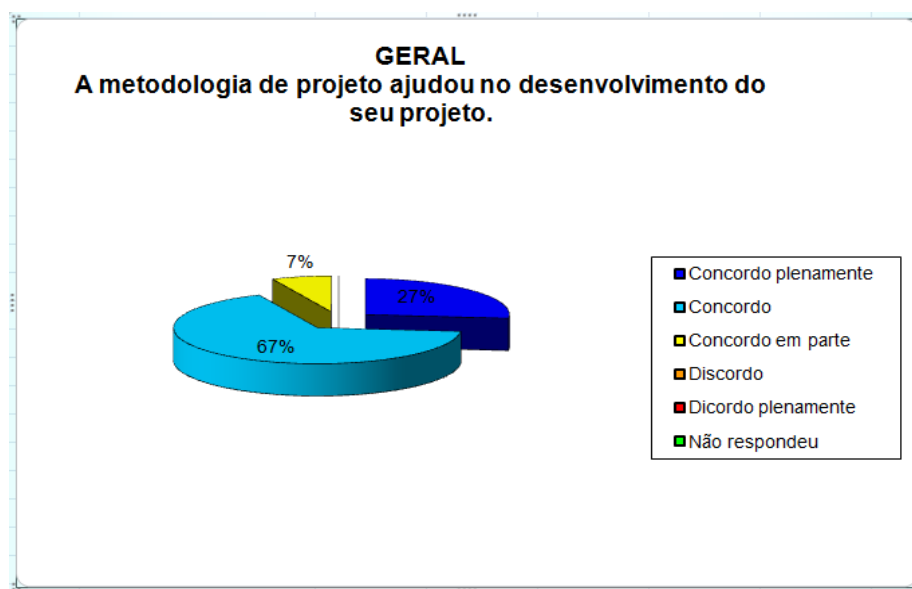


Figura 6.6 – Gráfico Formulário 1ª questão.

Outra questão importante é quanto a percepção dos alunos sobre a possibilidade de integrar as unidades curriculares do semestre dentro de um projeto que eles realizaram, como mostra a figura 6.7.

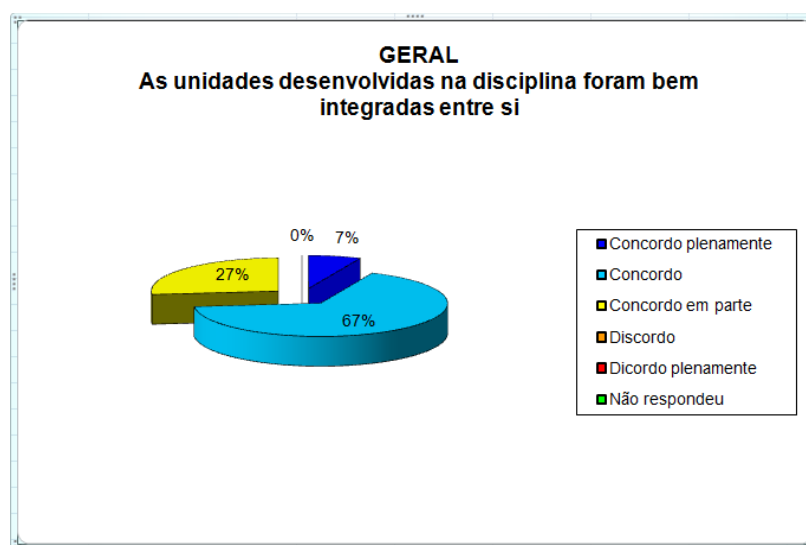


Figura 6.7 – Gráfico Formulário 2ª questão.

As equipes de alunos disponham de quarenta horas semestrais para desenvolver o projeto, o que são equivalentes há duas horas semanais, para se dedicar ao projeto. Assim o projeto necessita de muita disciplina quanto o cumprimento de cronogramas e prazos, e a maioria dos alunos, mais experiente ou poucos experientes em desenvolver projetos, acharam o prazo muito curto para se entregar um produto, mas mesmo com esta dificuldade foi grande o número de projetos concluídos dentro do prazo, conforme figura 6.8.

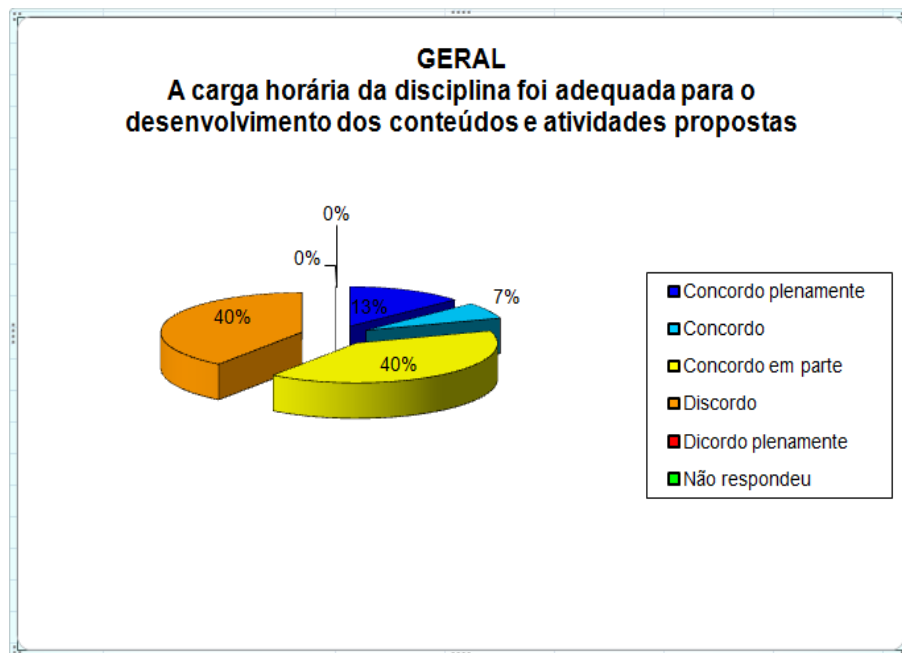


Figura 6.8 – Gráfico Formulário 3ª questão.

Quando questionados se os alunos perceberam a importância das etapas de projeto durante o desenvolvimento do produto, os alunos mais experientes em projeto não perceberam, pontualmente, o início e o fim de cada etapa, por executá-las simultaneamente. Já os alunos pouco experientes tinham que atualizar várias delas constantemente. Assim ambos tiveram dificuldade de identificar o começo e final de cada etapa e pontuar qual delas foi mais importante no projeto, mostrado na figura 6.9.

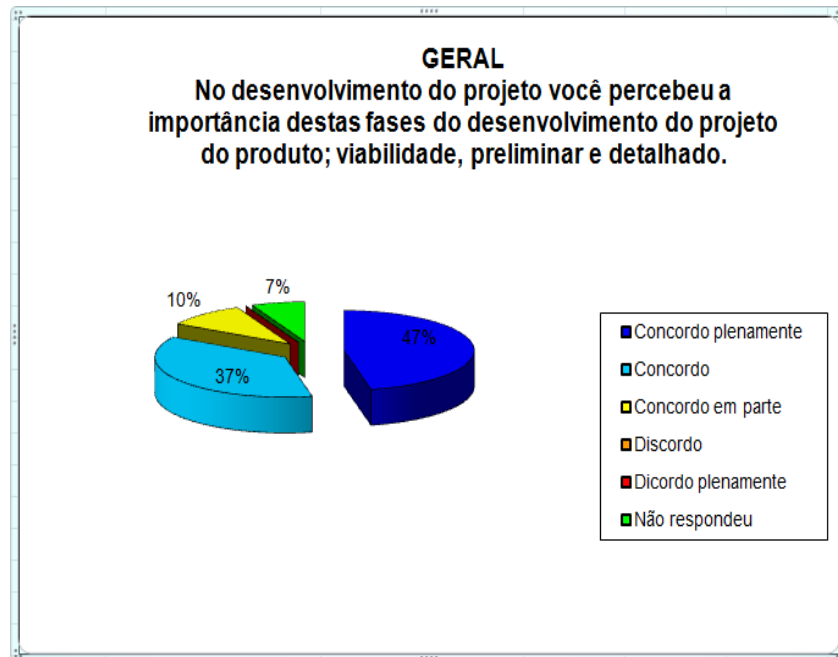


Figura 6.9 – Gráfico Formulário 4ª questão.

Um dos resultados positivos da aplicação da metodologia foi em ajudar os alunos a visualizar qual o papel de cada uma das disciplinas teóricas dentro das etapas de desenvolvimento de projeto, ou seja, consolidando os conceitos na prática, de acordo com a figura 6.10.

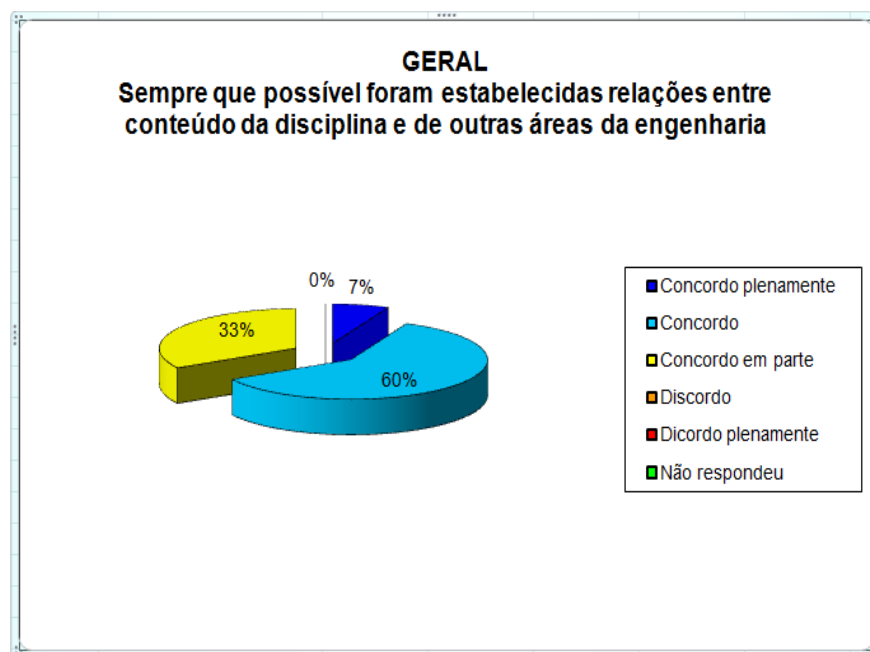


Figura 6.10 – Gráfico Formulário 5ª questão.

Comparando os resultados gerais, com o gráfico da figura 6.11, nota-se que mesmo que uma pequena porcentagem de projetos não tenha dado certo, os alunos concordaram que a metodologia é útil e contributiva para se realizar o projeto, mostrando-se uma importante ferramenta.

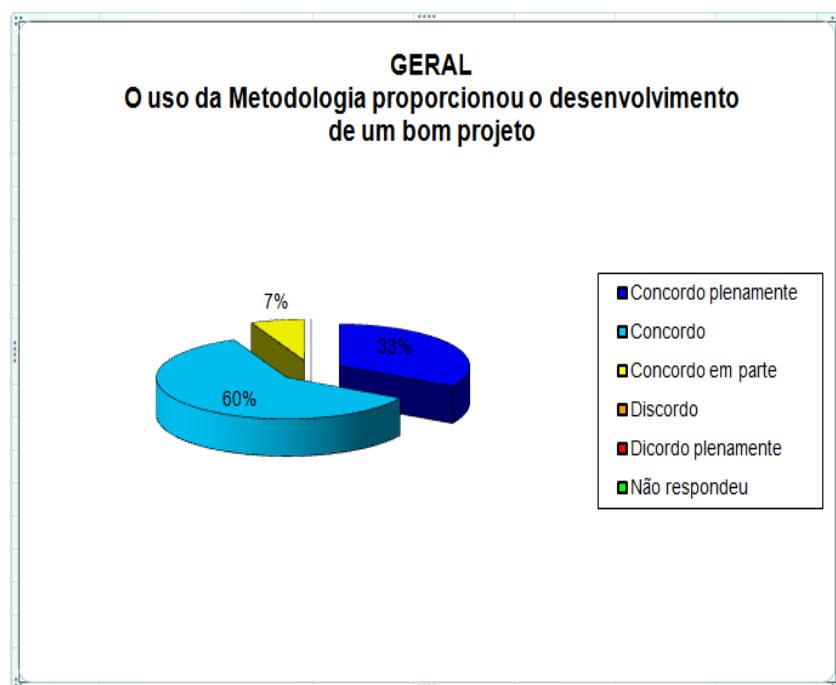


Figura 6.11 – Gráfico Formulário 6ª questão.

Os gráficos mostraram resultados positivos do uso da metodologia de uma forma geral, com uma amostragem de 100% dos alunos, já que estes questionários eram aplicados na mesma data em que a faculdade aplicava suas avaliações bimestrais. Mesmo o projeto sendo desenvolvidos em equipes, os questionários eram respondidos individualmente, mostrando resultados muito mais precisos, havendo uma contribuição maior para aperfeiçoamento da metodologia aplicada.

6.2 Aplicação nos grupos de pesquisa e parcerias

O desenvolvimento de produtos com equipes de pesquisa contribuíram para melhorar e estruturar novas ferramentas para o auxílio no desenvolvimento de produtos e projetos, com a

produção e publicações científicas, proporcionando uma divulgação no meio acadêmico, que adequou novas idéias de melhorias ao programa e a metodologia.

Com a troca de conhecimento proporcionado entre as equipes de pesquisa agregou novas ferramentas e exemplos a metodologia.

A metodologia por sua vez garantiu uma melhor organização da informação e desenvolvimento do produto com equipes multidisciplinares, como a construção de protótipos em parceria com outras universidades e indústrias.

CAPITULO 7

7 Conclusão

Neste capítulo são apresentadas as conclusões gerais deste trabalho, em função dos objetivos traçados. O objetivo deste trabalho foi propor uma metodologia que condensasse o mais interessante de várias metodologias de forma mais clara e para uso por projetistas com pouca experiência. Para isso propôs-se desenvolvimento de ferramentas modernas, baseadas em tecnologia da informação, como o Programa ProCria e o Guia Rápido para o Projeto Integrado de Produtos, definidas com o uso da própria metodologia proposta para aumentar a acessibilidade. Procurou validar a funcionalidade do método e das ferramentas com aplicações controladas em ambientes de ensino, pesquisa e aplicação de campo na indústria.

A metodologia se mostrou eficaz no aumento da competitividade e melhores níveis de projetos apresentados com o seu uso, resultando na contribuição de melhor desempenho das áreas científicas (acadêmica e pesquisa) e tecnológicas (indústria).

Existe uma corrente de pensamento não formal dentro do desenvolvimento de produtos, que prega que qualquer forma de sistematização poderá cedo ou tarde agir como inibidor do processo criativo. Há a idéia de que o produto nasce de uma mente privilegiada, que via de regra, é também a personalidade mais forte dentro de um grupo de trabalho. Estes mitos dificultam a aplicação da metodologia e geram uma resistência histórica dentro da área de projeto integrado. De acordo com os resultados obtidos pela aplicação da metodologia desenvolvida, verificou-se que existe possibilidade de modificar esses mitos através da persistência e aplicação sistemática das metodologias ao longo de períodos de tempo relativamente curtos, evitando que o projeto fique sujeito aos erros e aos re-projetos.

O gerenciamento da informação nos métodos de apoio ao uso da metodologia impactou diretamente na eficácia de sua utilização. O formato (tipografia, orientação de páginas, cores e legibilidade) do Guia Rápido e do Programa procuraram facilitar a usabilidade por parte do usuário, evitando-se restrições na sua aplicação.

Após pesquisa das várias metodologias conclui-se que a maioria não apresenta grande nível de detalhamento de suas fases e apesar de haver preocupação com a utilização de equipes multidisciplinares, o nivelamento da linguagem dirigida aos diversos profissionais presentes nos projetos é negligenciada. Já a metodologia proposta neste trabalho apresentou cuidado na adequação da linguagem, uma vez que um dos seus objetivos era o de tornar a metodologia acessível aos projetistas de pouca experiência.

Durante o desenvolvimento deste trabalho surgiram novas tecnologias que facilitaram a criação e implantação do Programa ProCria, assim como a viabilidade de integração entre os membros da equipe de projeto. Isto foi possível através do uso de programas de código livre, de gerenciamento de versões e cooperação de textos on-line.

Com o desenvolvimento do programa, surgiram outras linhas de pesquisa que contribuiriam para a sua concepção, como tecnologia da informação, linguagem de programação livre, estudo de interfaces e teoria da informação.

A utilização direcionada da metodologia de projeto apresentada, além do uso dos materiais de apoio disponibilizados, como o programa e o guia rápido, mostraram-se capazes de promover a inovação nos projetos, através de cooperação entre as áreas utilizadas para sua aplicação (ensino, pesquisa e indústria).

7.1 Sugestões para Próximos Trabalhos

Estando em sua terceira versão, o programa pode evoluir para novas versões mais completas. Estas podem conter explicações mais específicas e teóricas, para um público com maior conhecimento sobre metodologia e ferramentas metodológicas.

O programa poderia ser empregado dentro dos grupos de pesquisa da própria faculdade, para gerar um banco de dados de exemplos aplicados no meio acadêmico, e até a inclusão de trabalhos científicos publicados com atualização *on-line*.

Também poderiam ser introduzidos diferentes exemplos, conforme o tipo de indústria ou setor que se pretende utilizar o programa e criar um banco de dados por palavras chaves.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, Flavia Bonilha. **Proposta de uma abordagem metodológica e sistematização das fases iniciais do projeto para o desenvolvimento de produtos inclusivos.** 2006. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

_____. **Desenvolvimento de Sistemas de Motorização Alternativa para Cadeiras de Rodas Convencionais.** 2002. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

BACK, Nelson. **Metodologia de projeto de produtos industriais.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 389 p.

Back, N. , Forcellini, F. **Apostila da disciplina de projeto conceitual** – Curso de Pós –Graduação em Engenharia Mecânica. UFSC, 2000.

BAXTER, M.. **Product design: A practical guide to systematic methods of new product development.** London: Chapman & Hall, 1995.

_____. **Projeto do Produto.** São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

BECKER, M.. **Estudos sobre Robôs de Locomoção:** Formas Construtivas , Dirigibilidade e Controle. 1997. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

- _____. **Aplicação de Tecnologias Assistivas e Técnicas de Controle em Cadeiras de Rodas Inteligentes.** 2000. 136 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- BLANCHARD, B. S.; FABRYCKY, W. J.. **Systems engineering and analysis.** São Paulo: Prentice Hall, 1981. 752p.
- BRUCE, Margaret; DALY, Lucy; KAHN, Kenneth B.. Delineating Design Factors that Influence the Global Product Launch Process. **The Journal Of Product Innovation Management**, n. 24, p.456-470, 2007.
- CANDELLO, H. C. de S. P.; HILDEBRAND, H. R. Modelo semiótico para análise de revistas digitais. In: **Anais do Congresso Nacional de Ambientes Hiperídia para Aprendizagem**, Florianópolis, v. CONAHPA, 2006.
- CAMINADA NETTO, A. **Gestão da qualidade em projeto e desenvolvimento do produto:** contribuição para a avaliação da eficácia. 2006. 317 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- CAPUTO, Antonio C.; PELAGAGGE, Pacifico M.. Effects of product design on assembly lines performances: A concurrent engineering approach. **Industrial Management & Data Systems**, v. 108, n. 6, p.726-749, 2008.
- COLOMBO, Cláudia Bertoldo. **Arquitetura da informação na WEB:** Estudo de caso de WEB site corporativo. Campinas – Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. 2001.
- CSILAG, João Mário. **Análise do Valor, Metodologia do Valor.** São Paulo: Atlas, 1995. 370 p.
- DESCHAMPS, J. P.; RANGANATH, N.. **Produtos irresistíveis.** São Paulo: Makronbooks, 1996. 447 p.
- DEDINI, F. G., CAVALCA, K. L. Projeto de sistemas mecânicos. **Apostila graduação**, Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2001, 120p.
- DEDINI, F.G. Sistemas e métodos de Projeto. **Apostila pós-graduação**, Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2002, 155p.
- DELGADO NETO, G. G.. **Uma Contribuição à Metodologia de Projeto para o Desenvolvimento de Jogos e Brinquedos Infantis.** 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

DELGADO NETO, G. G. et al. Aplicação do roteiro crítico de projetos em cursos de graduação. In: **Anais do V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, Salvador, v. CON08, p.1-9, 2008.

_____. Kit de motorização para cadeira de rodas manuais. In: **Anais do V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, Salvador, v. CON08, p.1-9, 2008.

DELGADO NETO, G. G.; DEDINI, F. G. Software para criação de jogos e brinquedos infantis - Acessibilidade e Metodologia de Projeto. In: **Anais do IV Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, Recife, 2006.

_____. Uma contribuição à metodologia de projeto para o desenvolvimento de jogos e brinquedos infantis. In: **Anais do III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, Belém, 2004.

_____. Desenvolvimento de um software de metodologia do projeto para a indústria de brinquedos. In: **Anais do XI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – SIMPEP 2004**, Bauru, 2004.

DEVENPORT, Thomas H. **Ecologia da Informação**: porque só a tecnologia não basta para o sucesso da informação; tradução Bernadette Siqueira Abrão. São Paulo: Futura, 1998.

DU, Shichang et al. Product lifecycle-oriented quality and productivity improvement based on stream of variation methodology. **Computers In Industry**, n. 59, p.180-192, 2008.

ELAM, KIMBERLY. **Geometry of design**: studies in proportion and composition. New York: Princeton Architectural Press, 1951. 107p.

ERTAS, ATILA; JONES, J. C.. **The engineering design process**. 2. ed. New York: Willy, 1993. 525 p.

FALSON, PIERRE. **Ergonomia**. Edgar Blucher, 2007.

FERRO, F. Estudos sobre aspectos relativos à profissão de Design na Europa, **Directório 2002/ 2003**, Ano 3. n 3. Porto: Centro Português de Design, 2003.

FIGUEIREDO, Luiz Fernando. **Trabalho de Defesa do Concurso Público para professor adjunto**. 2000. – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

GHYKA, MATILA C. **Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes**. 3.ed. Barcelona: Poseidon, 1983. 300p.

- _____. MATILA C. **El numero de oro: ritos y ritmos pitagoricos en el desarrollo de la civilizacion accidental.** Barcelona: Editorial Poseidon, 1984.
- KAMRANI, Ali; VIJAYAN, Abhay. A methodology for integrated product development using design and manufacturing templates. **Journal Of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 5, p.656-672, 2006.
- KAWASAKI, Evelise Izumi. **Modelo e Metodologia para Projeto de Cursos Hipermedia.** São José dos Campos–Brasil. Dissertação de Mestrado. Deptº de Engenharia Eletrônica e Computação, do Instituto Tecnológico de Aeronáutica. 1996.
- KING, B.. **Criatividade: uma vantagem competitiva.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999. 330 p.
- KRISHNAPILLAI, Rajeev; ZEID, Abe. Mapping product design specification for mass customization. **Journal Of Intelligent Manufacturing**, n. 17, p.29-43, 2006.
- LEÃO, Lucia. **O labirinto da hipermedia: arquitetura e navegação no ciberespaço.** São Paulo: Editora Iluminuras Ltda., 1999.
- LEÃO, Lucia. **A estética do labirinto.** São Paulo: Anhembi Morumbi, 2002.
- LEITE, Heymann A.R. **Gestão de projeto do produto: a excelência na indústria automotiva.** São Paulo: Atlas, 2007.
- LEVY, C.E.; CHOW J.W. Pushrim- activated power-assist wheelchairs: Elegance in motion. **Am. J. Phys. Med. Rehabil**, v.83 n. 2 p.166-167, 1999.
- LOMBARDI JUNIOR, A. B.. **Desenvolvimento e Modelagem de uma Cadeira de Rodas Servo-Assistida para Crianças.** 2002. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- _____. **Desenvolvimento e Análise de Estratégias de Controle Colaborativo para Cadeiras de Rodas.** 2005. 239 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

- LOMBARDI JUNIOR, A.; DELGADO NETO, G. G.; DEDINI, F. G. Metodologia de Projeto Aplicada ao Desenvolvimento de Novo Conceito de Motorização de Cadeira de Rodas. In: **Anais do XVI SIMEA 2008 – Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva**, São Paulo, v. 1, p. 1-9, 2008
- _____. Design Methodology applied to a new wheelchair motorization concept development. In: **Anais do XVII Congresso SAE Brasil 2008**, São Paulo, 2008.
- LOPES, José Junio. **Ensino em ambientes virtuais I: Quarta Parada - Hipertextos e Mapas Conceituais**, Disponível em: <<http://www.clubedoprofessor.com.br/diariodebordo/4parada.html>>, consultado em abril. 2002.
- MACHADO, C. S.. **Contribuição ao Estudo da Metodologia e Morfologia do Processo de Projeto Mecânico**. 1997. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
- MAIER, Jonathan R. A.; FADEL, Georges M.. A taxonomy and decision support for the design and manufacture of types of product families. **Journal Of Intelligent Manufacturing**, n. 18, p.31-45, 2007.
- MARTIN, James. **Hiper documentos e como criá-los**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- MARTINS, R. F. F.. **A gestão de design como estratégia organizacional: modelo de integração do design em organizações**. 2004. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- MORGAN, JAMES M., LIKER, K. LIKER. Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: integrando pessoas, processos e tecnologia. Proto Alegre: Bookman, 2007. 392p.
- PHAL, G. et al. **Projeto de Engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006. 542 p.
- SALHIEH, Sa'ed M.. A methodology to redesign heterogeneous product portfolios as homogeneous product families. **Computer-aided Design**, n. 39, p.1065-1074, 2007.

- SILVA, J. V. L.. **Desenvolvimento de um modelo para melhoria e avaliação da pesquisa em laboratórios universitários**. 2007. 273 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- SILVA, L. C. A. et al. Levantamento experimental da força lateral para um modulo de locomoção. In: **Anais do V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, Salvador, v. CON08, p.1-10, 2008.
- _____. Strategies of Control Applied in Autonomous Guided Vehicles. In: **Anais do XVII Congresso SAE Brasil 2008**, São Paulo, 2008.
- SILVEIRA, Z. C.; CAVALCA, K. L. A methodology basead on robust design and optimization statistics for fitting parameters in mechanical systems. In: **Proceedings of 11th World Congress in Mechanism and Machine Science** - IFToMM 2004, Tianjin, China, 2004.
- SILVEIRA, Z. C. et al. On the adaptive design and development of a mini vibratory mill applied to ceramic materials. In: **Proceedings of 19th International Congress of Mechanical Engineering** - COBEM 2007, Brasília, DF, Brasil, 2007.
- TOLEDO, N. N.; GOZZI, S. A formal product development process: which is its importance for the information flow. In: **Revista Gestão Industrial**. V. 03, n 03, p 46-64, 2007.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D.. **Product Design and Development**. São Paulo: Mcgraw-hill, 2004.
- VILELA, Virgílio Vasconcelos. **Mapas mentais**, 2002. Disponível em: <www.mapasmentais.com.br>, Consultado em novembro de 2008.
- VIVIANI, V.. **Influência do Fator Econômico nas Metodologias de Projeto e Fabricação de Produtos Mecânicos**. 1998. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- WU, Chi-haur; XIE, Yujun. Linking product design in CAD with assembly operations in CAM for virtual product assembly. **Assembly Automation**, v. 27, n. 4, p.309-323, 2007.
- YANG, Xiaoyu et al. A practical methodology for realizing product service systems for consumer products. **Computers & Industrial Engineering**, n. 56, p.224-235, 2009.
- YEA, Xiuzi et al. Reverse innovative design—an integrated product design methodology. **Computer-aided Design**, n. 40, p.812-827, 2008.

ZHAI, Lian-yin; KHOO, Li-pheng; ZHONG, Zhao-wei. A rough set based decision support approach to improving consumer affective satisfaction in product design. **International Journal Of Industrial Ergonomics**, n. 39, p.295-302, 2009.

ZIRONDI, M.. **Aplicação do Thinking Process no Ambiente de Desenvolvimento de Produtos**. 2009. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Projeto Mecânico, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

ZWOLINSKI, Peggy; LOPEZ-ONTIVEROS, Miguel-angel; BRISSAUD, Daniel. Integrated design of remanufacturable products based on product profiles. **Journal Of Cleaner Production**, n. 14, p.1333-1345, 2006.

Anexo I – Cronologia dos métodos de projeto

Tabela A.1 - Cronologia dos métodos de projeto (Pahl e Beitz, 2005)

Ano Autor	Tema/Título
1953 Bischoff, Hansen	Projeto racional
1955 Bock	Sistemática de projeto - o método dos critérios classificadores
1956 Hansen	Sistemática do projeto
1962 Asimow, M	Introduction to design: fundamentals of engineering design.
1963 Pahl	Técnica de projeto para construção de máquinas térmicas
1966 Dixon	Design Engineering: Inventiveness. Analysis and Decision Making
1966 Woodson, T.	Introduction to engineering design
1967 Harrisberger	Engineermanship
1968 Roth	Sistemática das máquinas e suas funções mecânicas elementares
1969 Glegg	The Design of the Design. Teoria do projeto. Continuação do desenvolvimento de uma teoria do projeto
Tribus	Projeto baseado no conhecimento
1970 Beitz	Engenharia de sistemas na área de engenharia
Gregory	Creativity in Engineering
Pahl	Caminhos para a busca da solução
Rodenacker	Projeto metódico. 4ª edição 1991
1972 Pahl, Beitz	Publicação seriada Tara a Prática do Projeto" (1972 -1974)
1973 Altschuler	Inventividade: Manual para inovadores e inventores
VDI	Diretriz VDI 2222 Folha 1 (projeto): Concepção de produtos técnicos
1974 Adams	Conceptual Blockbusting-, Um manual para gerar ideias melhores
1976 Hennig	Metodologia do projeto de máquinas operatrizes
1977 Flursheim	Engineering Design Interfaces
1977 Ostrofsky	Design. Planning and Development Methodology
Pahl, Beitz	Projeto na Engenharia 1ª edição. 4ª edição 1997
VDI	Diretriz VDI 2222 folha 1: Concepção de produtos técnicos
1978 Rugenstein	Planilhas de trabalho: Técnica do projeto
1979 Frick	Integração da forma industrial ao produto. Processo de desenvolvimento, tarefas do design industrial
Klose	Contribuição para desenvolver um projeto de máquinas mediante reutilização de subconjuntos com auxílio do computador
Polovnikin	Análise e desenvolvimento de métodos de projeto

1981 Gierse Kozma. Straub Nadier Proceedings of the ICED by Hubka Schregenberger	Análise de valor e metodologia de projeto na área de desenvolvimento de produtos Tradução para o húngaro do livro Projeto na Engenharia de Pahl. Beitz The Planning and Design Approach Série de publicações WDK a partir de 1981 com edição bial Solucionar problemas metodicamente
1981 Blanchard, B. S. e Fabrycky, W. J.	Systems engineering and analysis
1982 Dietrych, Rugenstein Roth VD1	Introdução à ciência do projeto Projetar com auxílio de catálogos de projeto. 1ª a 3ª edição (2001) Diretriz VD1 2222. folha 2: Confecção e aplicação de catálogos de projeto
1983 Andreasen Hóhne	Design for Assembly Síntese estrutural e técnica de variação no projeto
1983 Back, N.	Metodologia de projeto de produtos industriais
1984 Hawkes, Abinett Altschöler Hubka Walczak Yoshikawa	The Engineering Design Practice Invenção - Alternativas para solução de problemas técnicos Teoria dos sistemas técnicos Tradução para polônês do livro Projeto na Engenharia de Pahl/Beitz Automation in Thinking in Design
1985 Wallace	Engineering Design. Edição e tradução para o inglês do livro Projeto na Engenharia de Pahl. Beitz
Archer	The Implication for the study for Design - Methods of Recent
Erienspiel	Desenvolver e projetar economicamente
Lindemann	Projetar
Franke	Metodologia de projeto e prática do projeto - uma análise crítica
French	Inventar e desenvolver continuamente, biônica (Conceptual Design
Koller	Teoria do projeto para a engenharia mecânica. Princípios, etapas de trabalho, soluções básicas. 3ª edição
van den Kronen-berg	Design Methodology as a Condition for Computer Aided Design
1986 Odrin Altchulier Taguchi	Síntese morfológica de sistemas Theory of Inventive Problem Solving Introduction to Quality Engineering
1986 Asme	Design theory and methodology: a new discipline
1987 Andreasen. Hein Erienspiel. Figel Gasparski Hales Schiottmann VDI/Wallace	Integrated Project Developments Appiication of Expert Systems in Machine Design On Design Differentiy Analysis of Engineering Design Process in an Industrial Context. Mana-ging Design Teoria do Projeto VD1 Design Handbook 2221 - Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products. Tradução inglesa
Wallace. Hales	Detailed Analysis of an Engineering Design Project
1988 Dixon Hubka. Eder	On Research Methodology - Towards a Scíentífic Theory of Engineering Design Theory of Technical Systems - A Total Concept Theory for Engineering Design
Jakobsen	Functional Requirements to the Design Process
Suh	The Principies of Design. Axiomatic Design
UJlmann, Staufer,	A Model of Mechanical Design
Dietterich	Process Based on Empirical Data

Winner, Pennell	The Role of Concurrent Engineering in Weapon Acquisition
1989 Cross	Engineering Design Methods
De Bóer	Técnica e decisão no projeto metódico
Elmaragh Seering.	
Ullmann	Design Theory and Methodology
Jung	Criação de uma configuração funcional - Teoria do projeto para configu ração de dispositivos, equipamentos, instrumentos e máquinas
Pahl, Beitz	Tradução para o chinês do livro Projeto na Engenharia
Ulrich, Seering	Synthesis of Schematic Description in Mechanical Design
1990 Birkhöfer	Da ideia ao produto - Uma reflexão crítica sobre a seleção e avaliação durante o projeto
Kontinnen	Tradução para o finlandês do livro, Projeto na Engenharia de Pahl/Beitz
Kostelic	Design for Quality
Müller	Métodos de trabalho das ciências tecnológicas - Sistemática, heurística, criatividade
Pighíni	Methodological Design of Machine Elements
Pugh	Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering
Rinderle	Konstruktionstechnik und Methodik
Roozenburg.	Intervalo de confiança das asserções de processos de avaliação e deci são
Eckeis	
1991 Andreasen	Methodical Design Framed by New Procedures
Björnemo	Evaluation and Decision Techniques in the Engineering Design Process
Boothroid, Dieter	Exposição da relação entre montagem e projeto automatizados
Clark, Fujimoto	Desenvolvimento de produtos bem sucedidos na indústria automobilística (estratégia, organização)
Flemming	A importância dos gêneros de construção no projeto
Hongo, Nakajima	Relevant Features of the Theories of Design in Japan the Decade 1981
Kannapan, Mar- shek	Design Synthetic Reasoning A Methodology for Mechanical Design
Staufer	Design Theory and Methodology
Walton	Da configuração ao projeto na engenharia mecânica (From Art to Practice)
1992 O'Grady, Young	Constraint Net for Life Cycle: Concurrent Engineering
Seeger	Integração do desenho industrial com o projeto metódico
Ullmann	Processo de projeto direcionado à aplicação
1992 Ullman, David G	The mechanical design process
1993 Breining, Flemming	Métodos e teoria do projeto
Linde. Hill	Invenção bem sucedida, estratégias de inovação voltadas à contradição
Miller	Concurrent Engineering Design

VD1	Diretriz VD1 2221; Metodologia para desenvolvimento e projeto de pro
1993 Yoshikawa	<i>Numa tentativa de organizar as metodologias existentes, propõem divisão em escolas, agrupando assim as metodologias, segundo premissas básicas que as compõem.</i>
1993 Clausing, D.	<i>Afirma que a competição global do mercado exige das empresas processamento constante das informações envolvidas nas etapas do ciclo de vida do produto</i>
1993 Ertas, Atila, Jesse C. Jones,	The engineering design process
1994 Clausing	Total quality development
1995 Ehrlenspiel Pahl/Beitz Wallace. Blessing Bauert.	Desenvolvimento integrado do produto Tradução para o japonês do livro Projeto na Engenharia Engineering Design 2a edição e tradução do livro de Pahl/Beitz Teoria do Projeto. 3a edição
19961996 Cross. Christiaans. Dorst Hazeirigg Waldron. Waldron	Design for Excellence Congresso Internacional para análise das atividades de projeto Engenharia de sistemas: An Approach to information based Design Teoria e método do processo de projeto
1997 Frey. Rivin, Hata-mura Magrab	Introdução de TRIZ no Japão Análise concisa do desenvolvimento de um produto e do desenvolvimento do processo de produção
1998 Frankenberger, Badke-Schaub, Birkhofer Herb (Editor) Hyman Pahl/Beitz Terninko. Zusman, Slotin	Projetistas como fator da maior significância no desenvolvimento de um produto Editor do livro de Terninko. Zusman e Zlotin: TRIZ Fundamentos da técnica de projeto Tradução para o coreano do livro Projeto na Engenharia Inovação sistemática: Uma introdução ao TRIZ
1999 Pahl Samuel, Weir	Formas de pensar e agir ao projetar Desenvolvimento do produto com pronunciado caráter básico para elementos de máquina
VDI	Diretriz VDI 2223 (projeto): Anteprojeto metódico de produtos técnicos
2001 Antonsson. Cagan Gausemeyer. Ebbesmeyer Kallmeyer Kroll, Condoor. Jansson	Formal Engineering Design Synthesis Inovação do produto com planejamento estratégico Análise paramétrica da etapa conceitual do desenvolvimento do produto
2002 Sachse Eigner. Steizer Neudörfer Orloff Wagner	Pensar no anteprojeto e diligenciar a representação, solidificar os pensamentos na concepção Sistemas de gerenciamento de dados dos produtos Projeto de produtos levando em conta a segurança Fundamentos da TRIZ clássica (russo: Teoria da criatividade na solução de problemas) Guia para inventores
2005	Pahl/Beitz Tradução para o português do livro Projeto na Engenharia

Apêndice I – Ferramentas Metodológicas

1. Introdução ao QFD – *Quality Function Deployment* / Desdobramento da Função Qualidade

Deschamps (1996), com uma maior interação dos mercados, os consumidores tornam-se cada vez mais conscientes, e passam a exigir produtos com grande ênfase em qualidade. Desta forma, custo, tempo de desenvolvimento e qualidade são considerados as maiores determinantes do sucesso de um novo produto.

Mizuno (1994), o desdobramento da função qualidade (QFD) é uma importante ferramenta de desenvolvimento do produto, desenvolvida no Japão com o objetivo de transferir os conceitos do controle de qualidade da manufatura para o processo do desenvolvimento de novos produtos.

A principal característica do QFD é o foco nos desejos e necessidades dos consumidores - “voz do cliente” - e traduzi-los em requisitos técnicos de engenharia, utilizando uma matriz detalhada que se chama “casa da qualidade”.

O QFD pode ser empregado em toda a extensão do desenvolvimento de um novo produto ou melhoria de um projeto já existente.

Alguns dos benefícios de adotar o QFD, são:

- Redução do tempo de desenvolvimento do produto;
- Redução de mudanças do projeto;
- Redução dos custos do projeto e da fabricação;

- Aumento da qualidade;
- Aumento da satisfação do cliente.

Estes benefícios foram uma resposta as alterações que o mercado apresentava. Destaca-se entre elas:

- Diminuição do ciclo de vida dos produtos;
- Surgimento de inovações tecnológicas em tempos cada vez menores;
- Aumento da complexidade dos produtos.

O QFD surgiu pela mão do japonês Yoji Akao, no final da década de 60, como ferramenta de apoio ao projeto de navios de grande porte. Entre 1977 e 1984 a metodologia foi aplicada na indústria de automóvel, que criou estímulos através de relatórios com resultados positivos. Estes incluíram uma redução de custos no desenvolvimento de produtos em 61%, e uma diminuição no ciclo de desenvolvimento, em um terço, e na redução dos problemas relacionados ao vencimento de garantia.

Atualmente, o conceito é aplicado em todo o mundo, e nos mais variados contextos organizacionais, cobrindo um vasto leque de atividades, da indústria aos serviços, passando pelo ensino e a saúde.

2. Cronologia - QFD

1966 - Os conceitos de QFD foram propostos por Yoji Akao da Universidade de Asahi no Japão.

1983 - Os Estados Unidos tem o primeiro contato com a metodologia, quando Dr. Ishikawa dirigindo uma delegação japonesa, explica a filosofia a alguns integrantes da Ford Motor Co.

1983 - Dr. Clausing apresenta aos Estados Unidos a experiência desenvolvida na Fuji-Xerox, no Japão.

1984 – A Ford, convencida da eficácia da ferramenta, inicia a utilização do método sob a orientação do Dr. Clausing.

1987 - É publicado nos EUA o primeiro livro sobre QFD escrito por um americano, Dr. Bob King, com o seguinte título: "Better Designs in Half the Time - Implementing QFD Quality Function Deployment in America".

1987 - Dr. Akao escreve e publica seu segundo livro.

1990 – O segundo livro do Dr. Akao é publicado nos EUA com o título: "Quality Function Deployment - QFD: Integrating Customer Requirements into Product Design." esta obra é de grande importância, tendo em vista a quantidade de exemplos de implementação da metodologia em diversos setores de negócios.

No Brasil o QFD só começou a ser estudado no final da década de 80 e início de 90. Na aplicação industrial é ainda pouco difundido, mas sabe-se que grandes empresas como a Consul, a IBM Brasil, e algumas empresas automotivas, estão utilizando esta metodologia no desenvolvimento de novos produtos.

As diferentes abordagens do QFD

O desdobramento das necessidades dos clientes até o estágio de produção é feito através do uso de matrizes de relacionamento e de priorização, duas das novas ferramentas da qualidade. O mecanismo é baseado na comparação de dois grupos de itens para identificar os elementos que se relacionam e a intensidade desta correlação, bem como hierarquizar os elementos conforme critérios preestabelecidos como importância, custo e dificuldade de execução.

Atualmente existem três grandes abordagens da metodologia de QFD. As três linhas seguem o mesmo mecanismo de desdobramento, diferindo entre si nas etapas propostas para a execução dos desdobramentos no número de matrizes utilizados para cada uma destas etapas e no uso de diferentes ferramentas auxiliares. Em síntese, a diferenciação básica está no modelo conceitual desenvolvido em cada uma das abordagens.

A primeira abordagem, de Akao: é bastante abrangente e contempla quatro perspectivas distintas de desdobramento: desdobramento da qualidade, desdobramento da tecnologia, da contabilidade e do custo. Fases do modelo conceitual de Akao, Mizuno (1994).

- Desdobramento da Qualidade

- Desdobramento das Funções
- Desdobramento dos Mecanismos
- Desdobramento da Produção
- Desdobramento da Tecnologia
- Desdobramento da Confiabilidade
- Desdobramento do Custo

A primeira fase de desdobramentos, encabeçado pelo desdobramento da qualidade é denominado, como um todo, de desdobramento da qualidade. O modelo de Akao sugere a utilização destes quatro desdobramentos para um estudo mais abrangente e completo sobre um dado tema, no entanto a presença ou não das quatro fases do desdobramento num determinado estudo é dependente dos objetivos estabelecidos, ou seja, depende do setor da indústria e da proximidade ao consumidor final. É importante frisar neste momento que quatro fases de desdobramento não implicam em quatro matrizes, para cada um dos desdobramentos, o autor sugere uma série de matrizes, que são utilizadas dependentemente dos parâmetros supra citados.

Para a execução das matrizes, o autor sugere a utilização de técnicas como a Engenharia e Análise do Valor, a Engenharia de Gargalos, a Metodologia Taguchi, Delineamento de Experimentos, Análise de Árvore de Falhas (FTA) e Análise de Modo e Efeito de Falhas (FMEA) compondo assim um sistema estruturado para gerenciar o desenvolvimento de produtos e serviços com um enfoque voltado para as necessidades do consumidor, Mizuno (1994).

Deschamps (1996), a abordagem de Bob King reorganiza o sistema de Akao agrupando todas as matrizes em uma única matriz chamada de Matriz das Matrizes. Além disto, esquematiza os desdobramentos de maneira mais ordenada, como em uma "receita de bolo". Por último, ela inclui o novo conceito de Método de Seleção do escocês Stuart Pugh que assegura a introdução do ingrediente inovação no processo do QFD. No modelo de King são utilizadas 30 matrizes e ele sugere para cada objetivo específico, uma seqüência diferente de utilização matrizes.

Pugh - Conceitos básicos

A abordagem proposta por Pugh (1990 e 1991) possui uma forte influência da experiência prática que este teve trabalhando durante anos como projetista e gerente de projetos em diversas indústrias. Sua principal preocupação era com a busca de uma visão total da atividade de projeto, ou seja, que superasse as visões parciais presentes em cada setor tecnológico específico. Para atingir este objetivo ele dedicou uma grande ênfase à educação e desenvolveu um modelo, que ficou muito conhecido como Total Design. Este modelo possui um conjunto de 6 etapas todas elas interativas e aplicáveis a qualquer tipo de projeto (independente da disciplina tecnológica envolvida). Cada etapa é representada por um cilindro significando que nela são empregados um conjunto específico de conhecimentos compostos por diversas visões tecnológicas parciais.

Modelo do projeto dinâmico:

- Entender as necessidades do cliente;
- Especificação : Utilizar ferramentas (Utilização do método QFD);
- Fase Conceitual do projeto;
- Detalhamento do projeto (Utilização do método Taguchi);
- Fabricação;
- Colocar no mercado.

2.1 Abordagem de Macabe

Finalmente a abordagem das quatro matrizes, proposta inicialmente por Macabe. Este método é o mais difundido devido a sua simplicidade, por isto tem como principais disseminadores nos EUA nomes como Don Clausing (1993), John Hauser, Hauser e a American Supplier Institute (ASI). Talvez devido a facilidade de acesso à bibliografias americanas, no Brasil este é o método que tem recebido o maior número de adeptos. As quatro fases desta abordagem se constituem em quatro matrizes que direcionam o desenvolvimento do produto ou serviço, desde os requisitos dos consumidores até a fabricação como mostra as fases de desdobramento do modelo conceitual de Macabe.

Requisitos do Consumidor - Requisitos de Projeto=> MATRIZ I

Requisitos de Projeto - Características das Partes=> MATRIZ II

Características das Partes - Operações de Fabricação=> MATRIZ III

Operações de Fabricação - Requisitos de Produção=> MATRIZ IV

Apesar de sua grande aceitação junto às empresas, esta abordagem tem sido muito criticada pelos estudiosos japoneses devido à sua limitação, pois como o modelo é reduzido à apenas quatro matrizes, permite apenas uma análise superficial da empresa ou objeto de estudo sem considerar as peculiaridades de cada caso como: o tipo de produto ou serviço, o mercado em que está inserido, as condições de concorrência etc. Além disso, o método não contempla objetivos mais específicos como desdobramento de custos ou de contabilidade.

O QFD é um processo de planejamento dirigido para o cliente, com a finalidade de orientar a concepção, produção e marketing dos produtos. O processo é dividido em quatro fases, que vão da pesquisa para idealizar o melhor produto, ao planejamento da produção.

Fase 1 : Planejamento do Produto - Casa da Qualidade;

-O departamento de Marketing ou a Engenharia do Produto planeja o produto. No início desta etapa são pesquisadas e definidas junto ao consumidor suas necessidades e desejos. Avaliam-se as características do produto, os concorrentes e a capacidade da empresa de satisfazer todos os critérios. Garante-se a qualidade dos dados levantados, para gerar resultados satisfatórios.

Fase 2: Design do Produto

-O departamento de engenharia realiza esta etapa – é o uso da criatividade e busca de idéias inovadoras. Nesta fase são realizadas as concepções do produto, especificações do projeto e geração da documentação.

Fase 3: Planejamento do Processo

-O departamento de engenharia de manufatura planeja o processo. É gerado o esquema de cada processo que são parametrizados, e os resultados são documentados.

Fase 4: Controle de Processo

-É criado o controle de processo, onde são estabelecidos indicadores que monitorarão o processo de produção, os prazos estabelecidos e a mão de obra disponível. Esta fase, gerenciada

pela equipe da qualidade, trabalhando em conjunto com a equipe de Manufatura, também analisa os pontos de maiores riscos, onde são instalados controles específicos para prevenir falhas.

Mizuno (1994), em traços gerais, a aplicação do QFD envolve a construção de um conjunto de matrizes, das quais a mais utilizada é vulgarmente designada como "Casa da Qualidade". Nesta matriz figura 2.3, encontramos nas linhas as necessidades dos clientes (requisitos dos clientes) e nas colunas a resposta desenvolvida pela equipa de trabalho no sentido de satisfazer tais necessidades. A "Casa da Qualidade" contém ainda outras submatrizes (ou "Quartos") que permitem aferir o posicionamento relativamente à concorrência, evidenciando os aspectos a otimizar para se obter um produto ou serviço de elevado valor acrescentado.

Escutados os clientes e feito o confronto com a concorrência, a equipa de desenvolvimento está apta a estabelecer as especificações técnicas do produto - que constam igualmente da "Casa da Qualidade" -, o output fundamental.

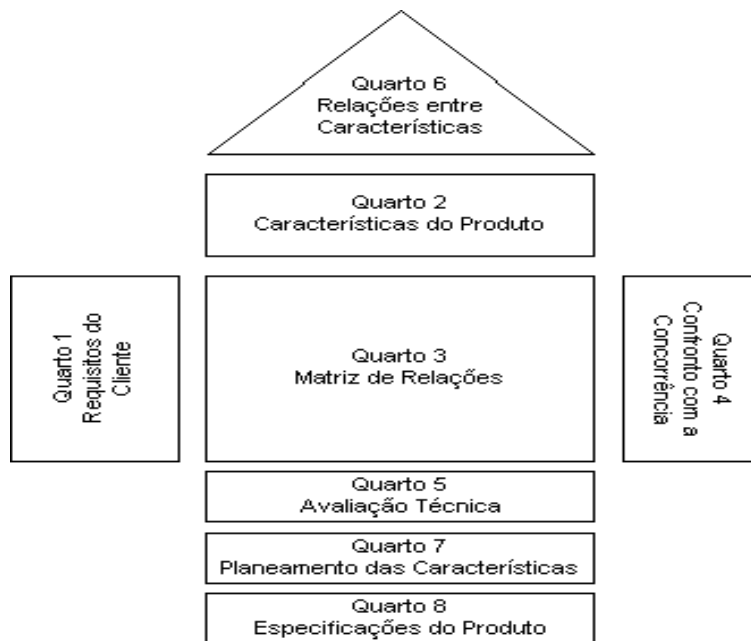


Figura 2.3 – Matriz QFD, adaptado Deschamps (1996)

A Casa da Qualidade

A Casa da Qualidade é a primeira matriz utilizada para a execução do QFD. Sua realização segue um processo estruturado, utilizando uma linguagem visual e um conjunto de diagramas de

engenharia e administração interligados que utilizam as *Sete Novas Ferramentas da Qualidade*. Esta estabelece os valores do consumidor utilizando a "Voz do Consumidor" e transforma estes valores para as características das atividades de projeto, produção e manufatura. O resultado é um processo de engenharia de sistemas que liga o desenvolvimento do produto, de forma a assegurar a qualidade do produto, segundo a definição do consumidor .

Execução da Casa da Qualidade

Existem muitas propostas para a execução da Casa da Qualidade e neste trabalho será aplicado a proposta de Don Clausing que sugere as seguintes etapas, Clausing (1993):

- a) Ouvir a "Voz do Consumidor" - coletar a qualidade requerida, pelo consumidor;
- b) Determinar os Requisitos de Projeto - tradução das necessidades dos consumidores em requisitos técnicos de engenharia;
- c) Relacionar a "Voz do Consumidor " x Requisitos de Projeto – é criada uma matriz de correlação entre as necessidades dos clientes e os itens de projeto;
- d) A percepção do consumidor – *benchmarking* (um processo de comparação contínua da empresa em relação à outras organizações);
- e) Avaliação dos concorrentes - necessidades que tornarão o produto um sucesso;
- f) Correlação dos Requisitos de Projeto - avaliação dos competidores em busca de melhores padrões para o produto;
- g) Planejamento - avalia-se a importância de cada requisito de projeto;
- h) Determinação das Metas - parâmetros fundamentais para o sucesso do projeto.

3. Introdução DFSS (Design For Six Sigma): (Idem para o Seis Sigma!!)

Muito utilizada no segmento automotivo, a estratégia Seis Sigma tem conseguido resultados satisfatórios e ganhos efetivos, tanto em qualidade quanto em custos. Esta abordagem muda a forma de gerenciamento, pois as decisões passam a ser baseadas em dados e, não apenas, em intuição ou sentimentos.

Seis Sigma busca o aumento da satisfação dos clientes e de resultados pela redução da variabilidade e, conseqüentemente, dos defeitos. Tem-se mostrado a ferramenta eficiente, para a

redução drástica de falhas, permitindo o aprimoramento de processos de forma estruturada, consistente e duradoura, pois analisa os problemas sob o ponto de vista científico.

Embora as ferramentas estatísticas utilizadas no Seis Sigma não sejam novas, esta abordagem acrescenta considerável valor a elas, ao formalizar seu uso de forma integrada e uniformizada em toda a organização, seguindo um caminho lógico que evita empregá-las isolada e individualmente. O Seis Sigma, intensifica a necessidade de entender e reduzir as variações, em vez de somente estimá-las.

Em 1986, foi desenvolvido pelo Engenheiro Bill Smith, da Divisão de Comunicações da Motorola. Campos (2004), com a finalidade de resolver o crescente aumento de reclamações relativas às falhas no produto dentro do período da garantia, o método padronizou a forma de contagem dos defeitos e também definiu um objetivo, próximo ao ideal, o qual foi denominado de Seis Sigma.

Esta estratégia auxiliou a Motorola no alinhamento dos processos às necessidades do cliente, na mensuração e aprimoramento do desempenho dos processos críticos, e na documentação destes, levando-a a triplicar a produtividade no ano de 1997. O trabalho resultou na obtenção do prêmio Malcolm Baldrige National Quality Award (Prêmio Nacional da Qualidade dos EUA) em 1988. Em seguida, esta estratégia recebeu contribuições importantes de organizações como IBM, Xerox, Texas Instruments, AlliedSignal e GE, onde o processo de melhoria DMAIC (sigla das iniciais das palavras Definir, Medir, Analisar, Aprimorar e Controlar em inglês), foi padronizado como o principal método de aprimoramento, para atingir a qualidade Seis Sigma. Ver figura 3.1.

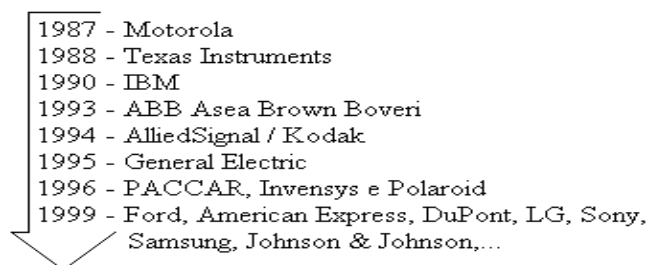


Figura 3.1 - Cronologia Seis Sigma, adaptado de Campos (2004).

A fabricante de autopeças, AlliedSignal, foi uma das primeiras a utilizar o Seis Sigma em seus projetos na área automotiva. Os resultados obtidos pelas organizações pioneiras, auxiliaram a disseminação em alta velocidade às principais montadoras e fabricantes de autopeças americanas, como: Dana, Delphi, Johnson Control, Ford, Lear, Visteon, Eaton, Cummins, Caterpillar, John Deere, entre outras.

3.1 Método

Seis Sigma é uma estratégia que procura alcançar a satisfação dos clientes e os menores custos pela redução dos possíveis defeitos e variações do processo. Também representa uma medida de desempenho e meta para operação de processos.

Com a aplicação do Seis Sigma, possibilita-se reduzir diversas fontes de desperdício, associadas ao custo da qualidade, que não agregam valor à organização. A base da melhoria é a realização de aprimoramentos, projeto a projeto. Cada "problema" potencial é visto como uma oportunidade de aumento da satisfação do cliente ou uma economia que pode ser revertida em benefício da organização.

Campos (2004), a implantação desta ferramenta, inicia-se pelo levantamento da satisfação do cliente, suas necessidades e requisitos, que associados aos objetivos estratégicos do negócio, definirão os projetos prioritários. Com base nestes dados serão estabelecidas as Características Críticas para a Qualidade (CTQs) em cada processo e começa a aplicação com o método DMAIC. Ver figura 3.2.

Voz do Cliente + Estratégia
Processos Críticos
Projetos de Melhoria
DMAIC

Figura 3.2 – Processo para o método DMAIC, adaptado Campos (2004).

Seis Sigma segue um caminho lógico, utilizando o método científico, chamado DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Aprimorar e Controlar), consistindo das seguintes etapas. Ver figura 3.3.

Definir - São analisados os requisitos do cliente e as necessidades do negócio, para a identificação dos processos críticos que definirão a escolha dos projetos a serem desenvolvidos.

Medir - São aplicadas as ferramentas estatísticas que medem o desempenho dos processos, permitindo a visualização do estado atual dos mesmos, para a definição das metas de aprimoramento. Esta etapa é fundamental para avaliar se houve sucesso nos projetos de aprimoramento.

Analisar - São aplicadas as ferramentas estatísticas que permitem descobrir as causas dos problemas apresentados.

Aprimorar - São aplicadas as ferramentas estatísticas que permitem aprimorar o processo.

Inicia-se o aperfeiçoamento dos processos, eliminando os erros ou desenvolvendo novas soluções.

Controlar - São aplicadas ferramentas estatísticas, possibilitando que os aprimoramentos obtidos sejam mantidos na organização e se transformem em novos padrões.

Definir o problema
Medir o defeito
Analisar os dados
Aprimorar o processo
Controlar o processo

Figura 3.3 - Fases da aplicação – DMAIC, adaptado Dedini (2002).

Estas etapas devem ser seguidas criteriosamente, para que se evite trabalhar nas conseqüências ou sintomas dos problemas, e sim agir na causa. Este encadeamento lógico entre as etapas, em que só se executa uma etapa após a finalização da anterior, permite uma melhor compreensão dos processos, facilitando o caminho para a resolução dos problemas ou o aprimoramento dos processos.

3.2 Implantação e equipe de implantação

A implantação do Seis Sigma é executada por uma equipe de especialistas nos processos, capacitados a pensar estatisticamente, a fim de encontrarem a solução para a verdadeira causa dos problemas. Esta equipe de especialistas atuará como agente de mudança na organização,

aplicando e disseminando o uso das ferramentas estatísticas e da qualidade no aprimoramento dos projetos. Usualmente, são chamados de *Black belts* e *Green belts*, numa referência às denominações dos especialistas em artes marciais, sendo funcionários das unidades de negócios, e não funcionários da área da qualidade. O *Black belt* tem dedicação total de seu tempo aos projetos e o *Green belt*, dedicação parcial.

Um aspecto crítico na implantação de Seis Sigma, é a capacitação dos agentes de mudança, pois na maioria das vezes, são especialistas de processos, que usam pouco ou até desconhecem as ferramentas estatísticas, que serão aplicadas.

Assim, a capacitação deve ter forte base conceitual e privilegiar o aspecto prático de aplicação, para que os profissionais possam entender como utilizar as ferramentas e, principalmente, compreender os resultados das análises estatísticas. Isto é facilitado pela utilização de softwares de análises estatísticas.

Os seguintes pontos devem ser observados para um treinamento eficaz da equipe:

- Carga horária adequada;
- Instrutores com grande experiência e boa comunicação;
- Instrutores com excepcional base em estatística;
- Treinamento adaptado à realidade da organização;
- Realização de atividades práticas.

4. Diferencial Seis Sigma

Tanto a abordagem de qualidade, denominada Controle de Qualidade Total (TQC), quanto Seis Sigma, apoiam-se em ferramentas comuns, mas a gestão das duas estratégias é bastante diferentes. Tradicionalmente, o TQC baseia-se no aprimoramento contínuo e é considerado uma jornada em que nunca se atinge o alvo, pois ele está sempre à nossa frente. A estratégia Seis Sigma não rompe com a busca da perfeição, mas difere, fundamentalmente, na resolução projeto a projeto, com alvos bem definidos, com os quais sabemos, com muita clareza, quando os objetivos foram alcançados, tornando os ganhos mais evidentes. Outra diferença acentuada - o Seis Sigma é uma estratégia de negócios e, não somente de qualidade, auxiliando a organização em várias áreas, como vendas, logística, marketing e produção.

Características que destacam o Seis Sigma:

- Integração de pessoas e de processos no aprimoramento;
- Foco claro na busca de resultados;
- Um método que seqüência e liga ferramentas de aprimoramento dentro de um enfoque global.

4.1 Diferenças entre o Seis Sigma e Controle de Qualidade Total:

Seis Sigma

Propriedade executiva
Estratégia dos negócios
Funções cruzadas
Treinamento em larga escala com retorno financeiro e forte base estatística
Ferramentas básicas e avançadas
Aprimoramento "Projeto a Projeto"
Alvo palpável
Orientação aos resultados do negócio

TQC - Controle de Qualidade Total

Times auto-direcionados
Iniciativa da Qualidade
Funções individuais
Treinamento restrito
Ferramentas básicas da qualidade
Aprimoramento "contínuo"
Alvo "obscuro"
Orientado à Qualidade

5. Métodos Criativos:

5.1 Brainstorming

Osborn (1971), o método sinérgico de "Brainstorming" (Tempestade cerebral de Alex Osborn) é o método de pensamento criativo em grupo mais usado e divulgado, podendo ser aplicado em qualquer fase do desenvolvimento do produto. O termo pretende exprimir a liberação espontânea da imaginação sem restrições ou obstruções ao volume de idéias.

O método tem como objetivo estimular um grupo de pessoas a gerar um número muito elevado de idéias, não necessariamente plausíveis, para solucionar um problema de projeto. Através da incitação recíproca promove-se o fluxo do pensamento; Um pensamento leva a outro liberando uma torrente de novas idéias. O livre fluxo de idéias permite que as idéias absurdas estimulem novos caminhos e estes levem a soluções lógicas, aplicáveis e inéditas em projeto.

Problemas complexos devem ser decompostos em problemas parciais e resolvidos em grupos separados de "Brainstorming". Para o bom desempenho do "Brainstorming" é preciso que quatro regras básicas sejam seguidas. As regras básicas para o bom sucesso de uma reunião de "Brainstorming" são:

1 - A imaginação é livre e ilimitada. Não há limites para a fantasia - sem desviar do tema principal. Cada membro do grupo pode desenvolver pensamentos e idéias à vontade. Quanto mais ousada a idéia, tanto melhor. Deste modo atravessa-se o campo das soluções mais próximas e, geralmente, convencionais e encontram-se soluções raras, originais e incomuns;

2 - A crítica é proibida, uma vez que ela inibe os membros do grupo atrapalhando o processo de geração de idéias. A fase de procura de idéias - único objetivo do "Brainstorming" - é rigorosamente separada da fase de avaliação de idéias, a qual é reservada para um outro grupo. Os participantes não devem criticar as idéias expostas. Isso é particularmente válido para formas de crítica pessoal tal como: "O Sr. aceita o risco!?", "A idéia é absurdamente cara!", "Isso tudo já existe", "Você está divergindo, isso é bobagem!", estas frases matam o processo completamente - bem como para insinuações não-verbais (como gestos ou expressões faciais);

3 - A quantidade precede a qualidade. Os participantes devem exprimir o maior número possível de idéias e propostas, independentemente do seu valor. Essa exigência estimula a espontaneidade e a associação, além de favorecer a probabilidade de encontrar soluções absolutamente novas. Na fase inicial, as idéias boas e maduras têm a mesma importância das idéias duvidosas e inseguras;

4 - Pensamento sem rivalidade. Cada participante deve estar preparado, não somente para aceitar as idéias dos outros, mas acima de tudo, para desenvolvê-las e aperfeiçoá-las no sentido

imparcial. Assim, o conhecimento individual pode ser integrado numa solução comum seguindo os princípios da sinergia.

Dedini (2002), na preparação de uma reunião de "Brainstorming" deve-se ter em conta a estrutura de participação, ou seja, que a reunião seja feita por um grupo entre 5 e 12 pessoas, mas a preferência deve recair em grupos entre 6 a 8 pessoas. É recomendável que os componentes representem diversos campos de atividades, inclusive não técnicas. Os leigos contribuem, muitas vezes, com idéias simples e de fácil execução. Entre os membros não devem existir desníveis de posição (chefe e subordinado na mesma mesa). O coordenador do grupo deve agir como moderador estimulando as idéias e a discussão, sem influenciar o grupo e sem demonstrar autoridade. O cronograma das reuniões deve ser elaborado com muita antecipação e as reuniões devem ter um tempo de 50 a 60 minutos no máximo. É necessário um senso crítico para saber quando terminar a sessão, trata-se de deixar as pessoas desenvolverem as idéias a fundo sem que cheguem a ficar cansadas e irritadas. O processo se inicia com algumas idéias até alcançar um pico que é seguido por um período de silêncio. Se a equipe não seguir por si mesma para uma nova etapa de geração de idéias, o facilitador deve estimular o início com perguntas ou escolhendo as idéias mais interessantes da lista gerada na etapa anterior e pedindo para o grupo brincar com elas. A segunda fase terá um número menor de idéias, porém estas serão relativamente mais criativas. Pode-se seguir para uma terceira e até uma quarta etapa, se o coordenador julgar apropriado. Ver figura 5.2.

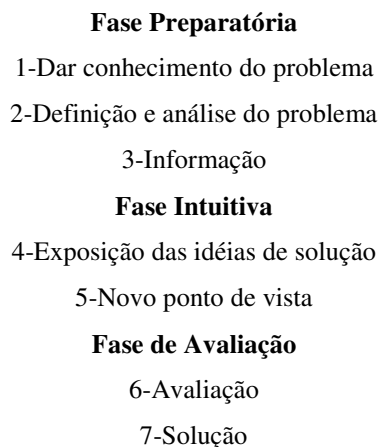


Figura 5.2 - Fluxograma do “brainstorming”, adaptado Dedini (2002)

Segundo Dedini (2002), a aplicação deste método é muito eficaz em longo prazo nas indústrias, quando bem aplicado e gerenciado.

Um processo bem elaborado de “brainstorming” desenvolve a criatividade da equipe, gera um clima de confiança e intensifica o espírito empreendedor dos indivíduos.

“Brainwriting” ou método 6.3.5

O “Brainwriting” é uma variação do “brainstorming”, no qual, como o próprio nome sugere, a exposição das idéias não acontece verbalmente mas de maneira escrita., ou seja, os participantes escrevem suas idéias em um papel ao invés de expressá-las oralmente. Este método também é conhecido como 6.3.5, nome que se refere às suas três principais características: 6 pessoas em um grupo, três idéias por rodada e cinco minutos de geração de idéias em cada rodada.

Cada participante recebe uma ficha como a ilustrada a seguir, escreve três idéias na primeira linha e passa a ficha para a pessoa da sua direita. Todos lêem as idéias anteriores e acrescentam mais três. E assim segue até que todas as fichas cheguem à mão do iniciador.

Ao final, as idéias são avaliadas e as melhores são selecionadas.

5.2 “Brainstorming” imaginário

Dedini (2002), o “Brainstorming” imaginário, mesmo sendo uma variação do “brainstorming” clássico difere bastante dele pelo fato de que nele o objetivo é encontrar soluções não para o problema em si, mas para um problema modifica, ou seja, imaginário. Se o problema a ser resolvido é “Como fazer pessoas comprarem um determinado produto?”, podemos procurar soluções para problemas diferentes do problema real como “Como fazer pessoas usarem chapéu?”, ou ainda, “Como fazer pessoas dançarem balé?”. Este novo problema será um problema imaginário mas, ainda assim, estritamente ligado ao problema real. Esta ferramenta proporciona a equipe à possibilidade de procurar soluções mais criativas, impedindo que fiquem presas a idéias tradicionais e enraizadas. As idéias geradas para o problema imaginário são transportadas para o problema real e aplicadas a ele.

Mas, como encontrar um problema imaginário adequado para a aplicação da ferramenta?

Após uma sessão de “brainstorming” normal, a equipe deve definir os elementos-chave do problema. Se o problema for “Meios de melhorar as comunicações com outros departamentos”, podemos definir como elementos-chave “melhorar”, “comunicações” e “outros departamentos”. Depois, deve escolher um dos elementos chave e trocar por outro elemento semelhante, no caso poderia-se fazer a troca de “outros departamentos” por “marcianos”, assim o problema ficaria “Meios de melhorar as comunicações com marcianos”.

5.3 Associações e Analogias Palavra-Figura

Para descrever esta ferramenta é necessária a definição precisa das palavras “associação” e “analogia”. Chamamos associação quando algo que vemos ou pensamos trás à mente outras imagens ou idéias através de conexões mentais. Dedini (2002), quando vemos uma aliança lembramos de casamento, vestido de noiva, bolo de casamento, são associações que a nossa mente faz.

Analogias, por sua vez, são comparações de características atribuídas às pessoas, animais ou objetos. Quando dizemos que uma pessoa fala como uma arara, estamos comparando, fazendo uma analogia. Essas conexões e comparações são responsáveis pelo surgimento de soluções criativas quando se utiliza a ferramenta que será apresentada.

O processo consiste em trabalhar em cima de figuras, seres vivos ou palavras para encontrar soluções alternativas usando de associações e analogias. Nossa mente tem uma enorme habilidade de combinar elementos que são aparentemente díspares para gerar um novo conceito. Essa habilidade é a responsável pela criatividade que nada mais é do que uma combinação dos conceitos e formas que absorvemos pelos nossos sentidos formando uma idéia totalmente nova e diferente do que foi recebido.

Quando a equipe for trabalhar com palavras, o facilitador deve escolhe-las e expô-las uma a uma, fazendo perguntas que auxiliem as associações e analogias, como “o que esta palavra representa?”, “Que imagens ela trás à mente?”, “Como o objeto funciona?”, “Qual a estrutura do objeto?”. Quando figuras forem utilizadas, deve-se prestar atenção em cada detalhe, uma grande vantagem de se trabalhar com figuras é que ela apresenta uma imagem mais exata do que a apresentada mentalmente através das palavras. Com isso, mais associações podem surgir, é como

uma pessoa tentando desenhar um objeto, se ela puder ver o objeto o desenho será mais completo e com mais detalhes do que se ela desenhar apenas lembrando do tal objeto. As analogias e Associações com seres vivos são muito poderosas pelo fato da natureza desenvolve soluções para os seres vivos que podem ser adaptadas para problemas que temos que resolver. Observando como um ser se alimenta, se defende, se move, mais precisamente, observando suas funções vitais podemos encontrar inspiração para novas soluções.

Quadro Morfológico

O método estimula a criatividade através da exploração sistemática de um grande número de possíveis soluções, representadas em forma de um quadro ou matriz, chamado quadro morfológico. Ver Tabela 5.3.

		Soluções Parciais (conhecidas ou possíveis)					
	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
	2	2.1	2.2	2.3			
	3	3.1	3.2	3.3	3.4		
	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	
	5	5.1	5.2				
	6	6.1	...				
	...	...					

Tabela 5.3 - Quadro morfológico, adaptado Dedini (2002)

Dedini (2002), este método, desenvolvido por Fritz Zwicky, consiste em decompor o problema global em problemas parciais (ou parâmetros do sistema). Estes dados são colocados na primeira coluna do quadro. Em seguida, deve-se mostrar em cada linha o maior número de possíveis alternativas para satisfazer o descrito na primeira coluna. Combinando as soluções de uma linha com todas as soluções de outras linhas, obtém-se um número muito elevado de soluções construtivas para o problema. Evidentemente muitas dessas soluções são inviáveis ou

absurdas. A figura mostra um esquema geral do quadro morfológico com 3 possíveis soluções viáveis. Uma exploração sistemática de todas as combinações possíveis permite a concepção de novos grupos e sistemas construtivos.

Este método não é restrito ao uso em problemas técnicos, podendo ser usado para sistematizar informações de qualquer natureza. Em geral as informações técnicas podem ser consideradas em sua forma mais pura.

5.4 Sinéctica

A sinéctica (do grego "synechein" união de elementos sem correlação), como um método de geração de idéias, em grupo, foi desenvolvida por Willian Gordon através de extensas investigações sobre a maneira de trabalho e pensamento criativo de inúmeros inventores e pesquisadores. Como no caso do "Brainstorming", um fator fundamental para o sucesso de um grupo de sinéctica é a diversidade de formação, treinamento e experiência profissional. Um grupo não deve ter mais que 7 pessoas (ideal 4 a 6), mas, ao contrário do "Brainstorming", as pessoas têm que ser altamente treinadas em aplicação da sinéctica. Um treinamento em sinéctica tem por objetivo aumentar a capacidade criadora de cada membro.

Fase Preparatória

- 1-Dar conhecimento do problema
- 2-Definição e análise do problema
- 3-Expressar espontaneamente idéias de soluções

Fase Intuitiva

- 4-Reformular comprimir
- 5-Fazer sistematicamente estranho por meio de analogias
- 6-Analisar termos análogos
- 7-Novo ponto de vista

Fase de Avaliação

- 8-Avaliação
- 9-Solução

Figura 5.4 - Diagrama de funcionamento do método Sinéctico, adaptado Dedini (2002)

Vantagens :

- Mais profundo e analítico que o "Brainstorming"
- As soluções são em geral mais originais.

Desvantagens:

- Exige maior formação e maior treinamento dos participantes.

TRIZ - Teoria da Resolução de Problemas Inventivos

A Triz, foi desenvolvida por G. S. Altshuller durante os anos 50, na ex-URSS. Altshuller, indignado com a lentidão com que informações de diferentes descobertas e patentes migravam entre as diferentes áreas da tecnologia, iniciou seu estudo de mais de um milhão de patentes de diferentes áreas, com o objetivo de buscar alternativas mais eficazes aos métodos para a solução criativa de problemas então disponíveis. É unanimidade que a TRIZ, hoje composta por diversos métodos para a formulação e a solução de problemas, ainda está no início de seu desenvolvimento e que muitos conhecimentos científicos ainda serão adicionados à base de dados e métodos mais eficazes serão desenvolvidos e/ou unificados com os já existentes. Apesar disso, esta ferramenta é um meio absolutamente revolucionário de resolver problemas de engenharia de maneira sistemática, com base na ciência e tecnologia.

Os principais métodos da TRIZ são: Princípios Inventivos e Matriz de Contradições, Análise C-S (Campo-Substância), Método da Separação, Método das Partículas, e Efeitos Físicos, Químicos, Geométricos e Biológicos.

5.4.1 Princípios Inventivos e Matriz de Contradições

Este método, que foi um dos primeiros criados por Altshuller, baseia-se em parâmetros de engenharia e princípios inventivos. Parâmetros de engenharia seriam a generalização das grandezas envolvidas em problemas técnicos, essas grandezas devem ser maximizadas, minimizadas, ou mantidas ao redor de uma faixa dependendo do problema. Princípios inventivos, por sua vez, seriam sugestões das soluções possíveis para um problema, - são uma generalização das soluções repetidamente usadas na criação.

O processo de aplicação desse método consiste em se fazer uma análise do sistema técnico e escolha dos parâmetros a se melhorar. Depois, verifica-se, se os parâmetros são contraditórios ou não. Se nenhuma contradição for encontrada, os princípios inventivos podem ser usados livremente visando a melhora de cada parâmetro. Mas se contradições forem identificadas, deve-se agrupar os parâmetros contraditórios dois a dois.

Então, consulta-se na matriz de contradições os princípios inventivos adequados. Nas colunas estão os parâmetros de engenharia que se deseja melhorar, e nas linhas, os parâmetros que são prejudicados com a melhora dos parâmetros das colunas. No cruzamento da linha com a coluna estão os princípios inventivos utilizados anteriormente para a solução da contradição por ordem de frequência de uso.

Uma vez com os princípios inventivos definidos, procura-se uma solução baseada nesses princípios.

Apêndice II – Sistemas envolvidos

1. Acessibilidade e Gestão do Design

De acordo com o último censo demográfico do IBGE, realizado em 2000, o Brasil tem 14% de deficientes, sendo que 41% deles possuem mais de uma deficiência. O número de deficientes na faixa de 0 a 14 anos é de 9%. Esses dados, porém, são uma amostragem da população brasileira (a cada dez domicílios, um recebia o questionário completo com perguntas sobre deficiência) e não a totalidade de pessoas portadoras de deficiência.

Acessibilidade não significa somente que pessoas com deficiências façam uso de produtos, serviços, softwares, comunicações ou equipamentos. Significa que o uso destes pode ser feito por todos, com o menor número possível de restrições. O produto que é acessível pode ser utilizado em diversas situações, independente do sistema, do usuário e do ambiente físico, é produzido, segundo FERRO (2003), centrado na diversidade das pessoas, que resulta em produtos e ambientes que podem ser usados por todos, independentemente da situação do usuário.

Todos são iguais perante a lei. Este é não só um direito constitucional, mas um direito humano.

Nesse contexto o design inclusivo deve ser considerado como um método que visa atingir todos os usuários de seus produtos ou sistemas, sem qualquer tipo de restrição. Segundo MARTINS (2004), Objetos, ambientes edificados e produtos e serviços usados no cotidiano podem excluir e discriminar alguns grupos sociais (como idosos, crianças, portadores de necessidades especiais), que têm, freqüentemente, dificuldades de interação com o meio. Assim, implica contribuir para que o cidadão tenha o direito de “usar a cidade” de forma confortável

(como orientar-se sem dificuldade em um ambiente, abrir uma embalagem ou preencher um impresso facilmente), interferindo, por exemplo, em interface de elevadores e terminais eletrônicos que incluam a fácil utilização por idosos (com suas limitações de tempo, audição e visão) e deficientes visuais.

Conforme MARTINS (2004), o Design universal parte da premissa de que os espaços públicos e privados, dispositivos de acionamento manual e outros utensílios devem assumir formas, manejos e dimensões que permitam a inclusão de portadores de necessidades especiais no rol oficial de usuários. Existe a proposta de transformar-se em lei para a indústria da construção civil (como, por exemplo, o alargamento de portas e corredores, design de torneiras e maçanetas que facilitem o deslocamento).

1.2 Acessibilidade

De acordo com o último censo demográfico do IBGE, realizado em 2000, o Brasil tem 14% de deficientes, sendo que 41% deles possuem mais de uma deficiência. O número de deficientes na faixa de 0 a 14 anos é de 9%. Esses dados, porém, são uma amostragem da população brasileira (a cada dez domicílios, um recebia o questionário completo com perguntas sobre deficiência) e não a totalidade de pessoas portadoras de deficiência.

Acessibilidade não significa somente que pessoas com deficiências façam uso de produtos, serviços, softwares, comunicações ou equipamentos. Significa que o uso destes pode ser feito por todos, com o menor número possível de restrições. O produto que é acessível pode ser utilizado em diversas situações, independente do sistema, do usuário e do ambiente físico, é produzido, segundo FERRO (2003), centrado na diversidade das pessoas, que resulta em produtos e ambientes que podem ser usados por todos, independentemente da situação do usuário.

Todos são iguais perante a lei. Este é não só um direito constitucional, mas um direito humano. Nesse contexto o design inclusivo deve ser considerado como um método que visa atingir todos os usuários de seus produtos ou sistemas, sem qualquer tipo de restrição. Segundo MARTINS (2004), Objetos, ambientes edificados e produtos e serviços usados no cotidiano podem excluir e discriminar alguns grupos sociais (como idosos, crianças, portadores de necessidades especiais), que têm, freqüentemente, dificuldades de interação com o meio. Assim, implica contribuir para que o cidadão tenha o direito de “usar a cidade” de forma confortável

(como orientar-se sem dificuldade em um ambiente, abrir uma embalagem ou preencher um impresso facilmente), interferindo, por exemplo, em interface de elevadores e terminais eletrônicos que incluam a fácil utilização por idosos (com suas limitações de tempo, audição e visão) e deficientes visuais.

Conforme MARTINS (2004), o Design universal parte da premissa de que os espaços públicos e privados, dispositivos de acionamento manual e outros utensílios devem assumir formas, manejos e dimensões que permitam a inclusão de portadores de necessidades especiais no rol oficial de usuários. Existe a proposta de transformar-se em lei para a indústria da construção civil (como, por exemplo, o alargamento de portas e corredores, design de torneiras e maçanetas que facilitem o deslocamento).

2. Gestão de Design

Devemos estabelecer que o design como uma área dedicada ao projeto. Visto dessa maneira, o design para dedicar-se ao projeto deve utilizar-se da gestão que sugere a correlação entre planejamento, projeto e programação.

Estes itens são fundamentais para a disciplina, organização e ação dos projetos. Conforme João Souza Leite, em palestra proferida no “Seminário Um Olhar Contemporâneo”, a gestão se constitui na capacidade de se ter uma visão de conjunto, ordenadora de um plano de ação que comporta processos, projetos e tarefas que, independente da capacitação específica do gestor, importa no reconhecimento de que idéias sempre se expressam através da linguagem e da estética.

Podemos perceber então que a gestão do design deve contribuir como um instrumento da estratégia empresarial através da inclusão e do uso do desenho industrial.

A gestão do design surge a partir do momento em que o design passou a integrar unidades de negócios nas empresas, através de estudos sobre a projeção da imagem da empresa e seus produtos sobre o público, para que os projetos tivessem uma condução eficaz e uma melhora na comunicação com os clientes, conforme MOZOTA (2002).

A área de design deixa de ser apenas estética e passa a ter valor estratégico, auxiliando na diferenciação e na racionalização dos custos de produção.

Para BAHIANA (1998, apud MARTINS, 2004) o potencial da gestão estratégica deve ser incorporado ao processo de produção desde a concepção da estratégia da empresa, passando pela

concepção do produto e em todas as fases do ciclo de vida, integrado com outras áreas, e sob todos os aspectos, em que possa ser aplicado como marca, identidade visual, embalagem do produto, embalagem de transporte, comunicação, material de apoio de vendas, arquitetura, entre outras, ao que se chama Gestão de Design.

Sobre a gestão do design, MERINO (2003) completa: ela consiste em integrar necessidades tecnológicas, sociais e econômicas, biológicas e efeitos psicológicos de materiais, forma, cor, volume e espaço. Proporciona a percepção do conjunto e do detalhe, do imediato e o final.

O MANUAL DE GESTÃO DE DESIGN (1997) atribui ao gestor de design as seguintes tarefas e responsabilidades: conexão com a estratégia da empresa, avaliação do problema, recursos necessários, planificação do projeto, seleção da equipe, contato e seleção de especialistas externos, forma de atuação, organização do processo (procedimentos, fases, níveis de decisão e comunicações), documentação (coordenação, criação e administração de caderno de encargos), acompanhamento e controle, avaliações parciais, avaliação final.

A gestão do design pode ser desenvolvida de formas específicas em cada um dos seguintes níveis: estratégico, tático e operacional.

No nível estratégico levam-se em conta fatores ambientais e fatores internos. No nível tático são os recursos, habilidades para o design, processos, normas e procedimentos, objetivos, entre outros. E no nível operacional a natureza dos projetos, a seleção e o relacionamento da equipe, documentação, implementação e avaliação.

O MANUAL DE GESTÃO DE DESIGN (1997) diz que a Gestão de Design Estratégico está relacionada com a concepção do projeto, desde os processos de transformação de uma idéia em um produto até seu lançamento e distribuição no mercado.

O design visto da área estratégica procura integrar o produto e a imagem da empresa. Tudo que a empresa faz, produz e comunica é percebido como imagem da empresa e por isso devem estar coerentes com o seu objetivo. Para GIANFRANCO (1995), uma equipe deve ser formada por profissionais de design, marketing, engenharia, controle da qualidade e de produção. A Gestão de Design, praticada de forma hábil, pode ser “o elo perdido” entre o marketing e engenharia.

Para MARTINS (2004) a Gestão de Design harmoniza as ações levadas em conjunto para a demanda pelas funções envolvidas no produto (unidades organizacionais), por meio de uma

coordenação dosada e coerente. O design caminha para uma situação em que não se forneça mais projetos isolados a clientes, por melhor que eles sejam. Um investimento em um projeto isolado sempre se perde por falta de acompanhamento em sua produção (por exemplo, um detalhe de pintura que distorça a marca da empresa em uma parede pode por a perder todo um trabalho projetado com o maior rigor). Os resultados não acontecem, e a ineficiência sempre recai sobre o design, além do fato de que, se o empresário não conhece a atividade, nem tampouco como gerenciá-lo, não investirá em novos projetos se não vir resultados que lhe tragam benefícios concretos.

Apêndice III – Guia Rápido de Projetos

Documentação gerada no processo de projeto

Durante o processo de projeto, são produzidos documentos que registram todas as fases de projeto. Os tipos de documentos produzidos durante o processo de projeto, podem ser divididos em três categorias: registros de desenvolvimento do produto, relatórios para gerência e documentos finais do produto (fabricação, assistência técnica, fim de produção, etc).

As empresas normalmente mantêm os registros das fases de nascimento e desenvolvimento dos produtos para uma referência de futuros desenvolvimentos ou pedidos de patentes. Um livro de projeto, seqüencialmente numerado, e indexado, geralmente serve como uma boa documentação sobre o surgimento de um novo produto. Estes registros podem ser atualizados diariamente e devem conter todos os esboços, anotações e cálculos relativos ao projeto.

Durante o processo de projeto, apresentações e relatórios periódicos precisam ser feitos à gerência, aos membros da equipe de projeto ou mesmo a consumidores. Para uma boa apresentação das idéias, recomenda-se a seguinte orientação:

1 – Torne fácil a compreensão do produto:

A comunicação é de responsabilidade do portador de informação, logo, é essencial ao explicar um conceito para outras pessoas, que se saiba com clareza o que se conhece e o que ainda não se conhece sobre os conceitos e tecnologias envolvidas no produto.

2 – Considere a ordem de apresentação:

Como deve ser descrita, por exemplo, uma bicicleta, para alguém que nunca viu uma antes? Deve-se descrever primeiro as rodas, depois o quadro, as engrenagens, ou deve-se começar pelo conjunto completo? Normalmente, é mais fácil começar pelo conjunto e explicar o funcionamento geral do produto. Depois, descreve-se as partes principais e suas funções no conjunto completo.

3 – Esteja preparado com material de qualidade:

A melhor maneira de comparecer em uma reunião é estar preparado para ela. Isto implica em ter bom material visual, documentos e desenhos, uma agenda pessoal e estar preparado para questões além do material apresentado.

A documentação mais evidente de um processo de projeto é o material que descreve o produto final. Este material inclui: desenhos de conjunto, desenhos detalhados, desenhos de montagem, documentos escritos - para instalação, montagem, inspeção, manutenção e controle de qualidade.

Cada técnica discutida anteriormente, produz documentos que farão parte do futuro produto. A documentação produzida em cada uma das três fases do projeto é descrita a seguir, no desenvolvimento de projeto através do programa.

Metodologia de projeto

A metodologia de projeto pode ser definida como uma coleção de procedimentos, métodos e técnicas, com o objetivo de auxiliar os projetistas na atividade de desenvolvimento de produtos.

Há um certo risco no lançamento de novos produtos, tornando-se uma tarefa difícil tal iniciativa. Necessita-se geralmente de conhecimento e experiência sobre o tema, sendo exigida certa sensibilidade para identificação de futuras falhas no projeto. Na comparação do projeto novo com o anterior, busca-se explorar ao máximo as alternativas para solução dos problemas, tentando com isto dar seguimento, ou não, ao novo projeto antes que se tenham maiores prejuízos.

Para se projetar um novo produto, não existe uma regra única; são apresentados vários caminhos e ferramentas distintas. É importante que, após identificada a solução mais adequada ao projeto, haja empenho em seu desenvolvimento, estabelecendo-se metas, comparando-se o processo com as metas estabelecidas, usando-se criatividade nas soluções de problemas que surjam no decorrer do desenvolvimento do projeto. As ferramentas de projeto auxiliam na análise de problemas, estruturando as atividades de criação.

As vantagens comprovadas do uso de uma metodologia no desenvolvimento de um projeto são:

- Permite a divisão do projeto global em passos individuais - claros e logicamente dependentes;
- Permite que a qualidade das soluções construtivas não dependa exclusivamente da capacidade criativa de poucas pessoas;
- Aumenta a segurança e a velocidade da decisão;
- Estimula a atividade criativa nas diversas etapas do projeto;
- Permite o trabalho em grupos integrados;
- Reduz de forma significativa o tempo de desenvolvimento do produto, apesar da extensa fase de concepção,
- Melhora o fluxo de informações;
- Aumenta a visão global do projetista, permitindo a saída do pensamento convencional na procura de soluções originais;

Lembre-se: o processo construtivo do projeto estende-se desde a concepção do produto, até a liberação para a fabricação, e abrange tanto as atividades organizacionais de planejamento, como a solução técnica do problema.

CAPITULO 1

Estudo de Viabilidade

Para que um projeto seja iniciado deve haver uma necessidade. Esta necessidade pode ser real, mas também hipotética. A identificação desta necessidade pode ser determinada pela observação do comportamento do mercado ou da concorrência, pelo acompanhamento do desenvolvimento científico ou tecnológico, ou ainda por uma encomenda direta por pessoas físicas, jurídicas ou governamentais. Em todo caso só é justificada se houver a perspectiva de que “alguém” pagará pelo produto resultante. Assim uma análise cuidadosa do mercado potencial é sempre muito importante.

O Projeto sempre deve começar com o estudo de viabilidade, tendo por objetivo a elaboração de um conjunto de soluções úteis para o mesmo. Dentro desta etapa está a fase de concepção do projeto ou Projeto do Sistema. Fundamentalmente esta é uma etapa de elaboração de soluções alternativas usando a criatividade e a coleta de informações como chave. No desenvolvimento desta etapa são previstos testes experimentais com protótipos funcionais a fim de testar um ou outro princípio de funcionamento. Também nesta fase um primeiro esboço de valor e custo deve ser elaborado através da Engenharia do Valor. Quando, para um dado projeto, é indicado ao grupo de projetistas uma determinada concepção, fica subentendido que o estudo de viabilidade já teria sido efetuado, ou que a equipe técnica administrativa teria tanta experiência em projetos afins que dispensaria estudos adicionais.

Análise de necessidade

Identificação da necessidade que o mercado apresenta

O primeiro passo para o estudo de viabilidade de um projeto é a análise de necessidade que o mercado apresenta, e que o esforço de engenharia tem condições de suprir. A necessidade pode ainda não existir, mesmo que esteja oculta e ela pode ser evocada quando houver disponibilidade de meios econômicos para sua satisfação. Ela também pode ser sugerida por uma realização técnica que torne possível os meios para a sua satisfação.

A correta identificação da necessidade é fundamental para justificar o investimento do tempo no desenvolvimento do projeto e sua realização.

Existem dificuldades para se atingir a correta identificação das necessidades de mercado. Assim, deve-se evitar o risco de se impor idéias ao mercado consumidor.

Observação: a confirmação de uma necessidade pelo público consumidor não irá determinar a aceitação de um produto.

Os possíveis compradores geram a necessidade ou demanda de um produto. Esta pode originar-se:

- 1 - Solicitação do consumidor ao fabricante;

- 2 - Sugestão do fabricante;
- 3 - Introdução de um novo produto.

Informações gerais relevantes para esta etapa: *São dados sobre algo – conhecimentos*

Nesta etapa é fundamental o levantamento de todos os tipos de informações conhecidas a respeito do que se pretende projetar. As informações devem ser coletadas, triadas, classificadas, tabuladas, armazenadas, etc.

Que tipo de informações necessita o projeto?

- Fundamentos de engenharia e dados de projeto,
- Detalhes de projeto, de materiais e de fabricação
- Informações comerciais, de mercadologia e custos,
- Dados de aplicação e informações de uso do produto,
- Dados de normas e
- Métodos de trabalho e administração.

Onde consigo informações para o projeto?

- Bibliotecas técnicas, anais de congressos, artigos publicados, livros, revistas e periódicos,
- Relatórios técnicos de associações e instituições técnicas, profissionais ou de pesquisa,
- Folhetos técnicos e catálogos de fornecedores, feiras de amostras, agentes, visitas técnicas,
- Organização de Normas Técnicas, seminários, cursos especiais e métodos da empresa,
- Resultados experimentais, consulta a usuários, acompanhamento da vida dos produtos,
- Documentação de projeto, gerenciamento da produção e arquivos da companhia
- Notas pessoais, contatos pessoais com colegas e visitas breves.

Informações de mercado: Demanda - Considerando a demanda, trata-se o tipo de informações necessárias.

É importante não se esquecer que o mercado poderá variar consideravelmente entre os períodos da pesquisa inicial ao lançamento final do produto.

Para amparar o projetista, recomenda-se alguns auto-questionamentos, como:

- 1- Quantos e que tipos de produtos similares ou processos são atualmente usados?
- 2- Quais serão as ofertas existentes no mercado?
- 3- Quais serão os recursos necessários?
- 4- Quais serão as características do consumidor ou operador?
- 5- Quem irá comprar o produto e por quê?
- 6- Qual será o clima econômico?
- 7- Quais leis, que possam influenciar o uso do produto, poderão ser decretadas?
- 8- Onde se encontra o especialista e a literatura pertinente?

10- Outras questões?

Possíveis compradores

Um bom exemplo é: como quem consome brinquedos são as crianças, mas quem compra são os pais, a publicidade de brinquedos é diferente da publicidade normal, pois tem dois alvos distintos e simultâneos; deve ser atrativo e belo graficamente para quem consome, e salientar atributos práticos e funcionais para quem compra.

Validar etapas

Para validar a etapas anteriores e passar para as etapas seguintes é necessário que já conste no seu projeto:

Planejamento do Produto;

- Descrição dos consumidores do produto,
- Descrição dos requisitos/necessidades dos consumidores,
- Descrição da competitividade do produto em relação aos consumidores,
- Descrição dos requisitos de engenharia,
- Descrição da competitividade do produto em relação aos requisitos de engenharia

Explorar sistemas envolvidos

Transformar as idéias lingüísticas do consumidor em requisitos de engenharia.

Para execução desta etapa é fundamental se estudar e conhecer o problema do projeto, ou a necessidade. Após ter esta identificação claramente definida, surgirá algum esboço de idéias para o projeto. Estas idéias deverão combinar princípios, materiais e componentes. Para realização do projeto, pode-se combinar técnicas novas com já conhecidas.

Nesta etapa, a criatividade para se criar novos produtos é fundamental. Caso as soluções para o projeto não sejam satisfatórias, pode-se passar para a etapa seguinte a qual apresenta algumas metodologias de criatividade.

Informações tecnológicas

- Pesquisa de produtos similares
- Tecnologia existente para aplicação no seu projeto
- Avaliação de material
- Tecnologia nova ou a já conhecida por sua empresa
- O investimento em ferramenta nova devido à quantidade de produtos a ser fabricado, compensa o investimento?

Proposições técnicas

Transformar as idéias lingüísticas do consumidor em requisitos de engenharia.

Soluções alternativas

Através da Criatividade são elaboradas as soluções mais viáveis.

Nesta etapa, através de algumas ferramentas auxiliares na criação de novas idéias, cria-se soluções alternativas mais viáveis, e a partir destas, elabora-se desenhos, maquetes, diagramas e etc, bem como compara-se com as alternativas e soluções já existentes para o projeto.

Informação – Criatividade

Criatividade é a capacidade de formar mentalmente idéias, imagens e situações abstratas, ou ainda a capacidade de dar existência a algo novo, único e original, porém com objetividade.

No projeto podemos usar a criatividade como uma forma eficiente de desenvolver novas idéias. Basicamente o projeto é, em todas as suas fases, um ato criativo, no qual a intuição e a metodologia têm função complementar.

Fases do processo criativo:

- Preparação:** “Definir claramente o verdadeiro problema.”
- Incubação:** “Momento de concentração entre a preparação e a iluminação”
- Iluminação:** “Quando ocorre a iluminação, e surge solução.”
- Verificação:** Após gerar a solução, questiona-se:
 - Qual o valor desta solução?
 - Devemos parar as pesquisas e desenvolver a idéia?
 - Será ela o início de uma solução ainda melhor?
- Finalização:** A idéia já esta implementada. Os efeitos desejáveis são:
 - Sensação de realização.
 - Maior confiança para o criador ou mesmo para o grupo.
 - Incentivo para outros trabalhos criativos.

Assim, a criação deve ter algumas qualidades, como:

- 1-Novidade – Criação única
- 2-Ser útil
- 3-Apresentar simplicidade.

Soluções propostas

Nesta etapa considera-se as soluções mais viáveis, e que apresentem características pertinentes ao projeto.

Através da Criatividade são elaborados:

- Esboços e maquetes das variantes desenvolvidas.
- Esboços e diagramas mostrando como funciona cada parte do produto.

- Esquemas mostrando como cada parte, ou subsistema, depende ou se relaciona com as outras partes do produto.
- Esboço global do produto mostrando as funções das partes ou subsistemas.

Plausíveis

Para validar as etapas anteriores e passar para as etapas seguintes é necessário que já conste no seu projeto:

- Solução criativa determinada.
- Esboços e maquetes das variantes desenvolvidas.
- Esboço e diagramas mostrando como funciona cada parte do produto.
- Esquemas mostrando como cada parte, ou subsistema, depende ou se relaciona com as outras partes do produto.
- Esboço global do produto mostrando as funções das partes ou subsistemas.

Viabilidade física

Levar em conta a possibilidade de construção das concepções realizadas nas fases anteriores.

Na fase anterior, foi gerado um conjunto de possíveis soluções. Estes conjuntos de possíveis soluções, foram planejados mentalmente, gerados esboços, e levam em conta, alguns dos fatores ou elementos principais, dos quais depende o projeto, e havendo a possibilidade de construção destes princípio, já se aumenta a segurança para o início da realização física do projeto.

Nesta fase leva em conta a possibilidade de construção das concepções realizadas nas fases anteriores, tendo por base fatores como custo, materiais, tecnologia envolvida, horas de trabalho, tempo de desenvolvimento, etc. E com o resultado disto, tem-se uma maior confiabilidade/ segurança para continuar o desenvolvimento.

Informações - Experiência tecnológica

São conhecimentos adquiridos ao longo do tempo, seja da empresa, seja dos funcionários, sobre a tecnologia disponível e que será empregada na construção do produto em desenvolvimento, fornecendo elementos que limitarão, ou mostrarão a viabilidade de desenvolvimento do produto de acordo com as técnicas existentes.

Informações - Testes de princípios

Esta é uma etapa de testar e verificar as soluções alternativas, e coletar informações. No desenvolvimento desta etapa são previstos testes experimentais com protótipos funcionais, a fim de testar um ou outro princípio de funcionamento.

Fisicamente realizável

O seu projeto é fisicamente realizável quando:

- Você tem tecnologia e consegue desenvolver,
- Você tem tecnologia e consegue desenvolver com custo aceitável,

-Os princípios de funcionamento mostraram ser eficientes para atender as necessidades do consumidor.

Soluções construtivas

Para validar as etapas anteriores e passar para as etapas seguintes é necessário que já conste no seu projeto:

- Solução Criativa determinada
- Esboços e maquetes das variantes desenvolvidas
- Esboço e diagramas mostrando como funciona cada parte do produto
- Esquemas mostrando como cada parte ou subsistema depende ou se relaciona com as outras partes do produto
- Esboço global do produto mostrando as funções das partes ou subsistemas

Viabilidade econômica

Nenhum projeto será um bom projeto se o seu valor não compensar o esforço investido.

Para que o termo valor não seja subjetivo, e para que se possa determinar o valor final, objetivamente, deve-se calcular o valor de um produto através da soma dos custos da matéria-prima, mão de obra, energia e capital. O valor econômico pode ser estabelecido pela própria vontade do consumidor, de continuar a comprar, e pagar os preços propostos.

O projetista, também deve prever a intensidade do valor do produto para o consumidor, de modo que possa estimar o potencial do mercado, pois a sua escolha de uma concepção para o projeto, deve ser condicionada ao valor econômico de cada um dos principais protagonistas do ciclo produção, até o consumidor. É por esta razão que o projetista deve estar preparado e capacitado a colocar-se mentalmente nos estados econômicos e psicológicos de cada um dos segmentos: produtor, distribuidor e consumidor.

À medida que se visualiza em cada papel, o projetista deve extrair as contribuições essenciais para o projeto, que cada ponto de vista oferece. É claro que as soluções que não passarem no teste de compensação econômica, nos três principais nós do ciclo produção - consumidor, serão eliminadas da lista das soluções aceitáveis.

Viabilidade financeira

Informação - Fontes de investimento

- Existe capital de giro?
- Existe subsídio do governo?
- Existe alguma fonte de investimento?
- Existe patrocínio?

Fatores econômicos

Um projeto de engenharia quase sempre exige uma síntese dos fatores técnicos, humanos e econômicos. Assim, torna-se necessário considerar os fatores sociais, políticos e muitos outros, toda vez que qualquer um destes se mostre relevante.

Modelos de custo

Exemplo: Para a produção do seu produto será necessário?

- 1 -Pagamento de Royalties.
- 2 -Importação de matéria-prima.
- 3 -Pagamento de terceiros.
- 4 –Custos de produção.

Documentação gerada no Estudo de Viabilidade

Como resultado desta fase do projeto, a seguinte documentação é gerada para a fase seguinte:

- ☐ Descrição dos consumidores do produto
- ☐ Descrição dos requisitos/necessidades dos consumidores
- ☐ Descrição da competitividade do produto em relação aos consumidores
- ☐ Descrição dos requisitos de engenharia
- ☐ Descrição da competitividade do produto em relação aos requisitos de engenharia
- ☐ Descrição dos objetivos de engenharia
- ☐ Descrição dos títulos e objetivos de cada tarefa
- ☐ Esboços e maquetes das Variantes desenvolvidas
- ☐ Esboços e diagramas mostrando como funciona cada parte do produto
- ☐ Esquema global do produto mostrando as funções das partes ou subsistemas
- ☐ Literatura consultada na pesquisa sobre o produto
- ☐ Resultado de pesquisa sobre patentes requeridas em relação ao produto
- ☐ Relatório de aplicação de processos QFD na definição do produto
- ☐ Relatório de aplicação de processos Criativos na definição do produto
- ☐ Relatório de aplicação de Engenharia do Valor

Esta documentação contém toda informação gerada na fase inicial do projeto e deve ser agora utilizada para uma apresentação ao responsável pelo gerenciamento do projeto e desta forma, decidir se o projeto deverá continuar ou não.

CAPITULO 2

Projeto Preliminar

A etapa do projeto preliminar, inicia-se com um conjunto de soluções úteis desenvolvidas no estudo de viabilidade. O objetivo de um projeto preliminar é estabelecer qual das alternativas propostas apresenta a melhor concepção para o projeto. Cada uma das soluções alternativas fica sujeita à análise detalhada até que fique clara uma classificação da melhor e pior. Com os estudos de síntese, são estabelecidos os limites de controle para cada parâmetro do projeto, assim como os limites de tolerância nas características dos elementos constituintes do projeto.

Nesta etapa, a avaliação dos materiais, processos construtivos, assim como o arranjo dos componentes e suas formas geométricas, permitem caracterizar os parâmetros importantes para o projeto. Através de recursos matemáticos é possível fazer um modelo matemático para o projeto e prever o seu possível desempenho. É estabelecida uma otimização de caráter geral (técnico construtivo/ econômico/ desempenho) e um ou mais projetos são liberados para detalhamento. Na parte experimental são elaborados protótipos funcionais, para testar características inovativas e de desempenho, e protótipos em escala (ou maquetes) para verificar problemas de montagem e acesso, bem como de aceitação (valores estéticos). Confiabilidade, otimização técnica / funcional, e valoração são pontos fundamentais desta fase.

Seleção da melhor solução

A etapa do projeto preliminar inicia-se com um conjunto de soluções úteis desenvolvidas no estudo de viabilidade. E a solução mais promissora pode ser adotada provisoriamente como a concepção para o projeto.

Assim, o primeiro passo é comparar as varias soluções úteis, a fim de selecionar uma como a melhor concepção experimental. Os atributos vantajosos e desvantajosos de cada solução são registrados e é selecionada a que apresentar o conjunto mais favorável.

Com tudo, é difícil saber se os atributos registrados são importantes para as comparações entre as diversas soluções. Cada solução tem associada a si mesma, várias vantagens e benefícios, que são esperados a advir caso ela seja adotada. E cada projeto tem um conjunto de particularidades, que leva a várias conseqüências ou dificuldades, que podem ser mais ou menos fáceis de serem superadas. Desse modo, os três elementos que nos interessam na formulação de decisões críticas, quando estas surgem no processo do projeto, são, as alternativas, os benefícios e as dificuldades de execução.

Experiência do grupo

A experiência de cada elemento do grupo é fundamental para ajudar nos processos de decisão em projetos.

Primeira Solução

Desenvolver a idéia mais promissora, que satisfaça alguns requisitos fundamentais, como;

1-Função principal e secundária – o que o produto deverá fazer?

2-Operação – como o faz?

3-Manutenção – vida útil do produto.

*Observação: Lembre-se que todas as idéias geradas na fase de criatividade devem ser guardadas, mesmo que não muito promissoras – manter banco de dados dessas idéias.

Formulação do modelo matemático

No decorrer do projeto, este passa do abstrato para o concreto.

O projeto começa com uma concepção mental, passando por um modelo e se tornando um objeto físico. Os modelos são a ponte de ligação entre a concepção mental e o objeto físico.

Tão importante quanto as descrições verbais e ilustrações gráficas, são as descrições simbólicas, pois elas podem ser manipuladas com a facilidade que apresenta a lógica matemática em lidar com as implicações latentes na concepção.

A descrição simbólica torna-se um mecanismo que habilita o projetista a utilizar informações sobre a concepção, a fim de antecipar, analiticamente, o comportamento do protótipo. Nesse sentido, a descrição simbólica torna-se um arquétipo (modelo) matemático do objeto físico que ainda está por ser materializado.

O uso do modelo é importante para melhor visualização do projeto e seus subsistemas, bem como seu funcionamento e possíveis falhas não previstas.

Em geral adotam-se modelos tendo em vista os seguintes aspectos:

1-É muito dispendioso construir todas as alternativas sugeridas até se encontrar uma solução satisfatória; este método é ainda menos prático para se determinar a melhor solução. Por outro lado, a maioria dos sistemas mais complexos não funciona da primeira vez, mas necessita de constante revisão. Além de ser impraticável, o processo direto pode, em muitos casos, ser destrutivo e perigoso.

2-Muitos fatores, características e qualidades podem ser considerados irrelevantes através do uso de modelos.

3-Pode-se, com o uso de modelos, definir melhor o problema, desenvolver perspectivas e decompô-lo em subproblemas.

4-Com o refinamento dos modelos, pode-se melhorar a precisão, permitindo a previsão para limites superiores.

5-Finalmente, com modelos é possível um exame rápido da situação de muitas variáveis, determinando suas sensibilidades.

Tipos de modelos - Os modelos são geralmente classificados sob três nomes:

1-Modelo icônico é aquele que se parece com o original.

2-Modelo analógico é aquele que se comporta como o original, ou obedece às mesmas leis de ação.

3- Modelo simbólico é aquele que, compacta e abstratamente, representa os princípios do problema original.

O modelo matemático é usado porque permite:

- 1-Máxima generalização na análise de problemas.
- 2-Simplificação de problemas complexos em problemas menores.
- 3-Uso de métodos analíticos, matemáticos e lógicos existentes.
- 4-Produção de resultados numéricos.

As características de um bom modelo matemático são as seguintes:

- 1-Realismo na previsão do desempenho.
- 2-Mínimo de complexidade, mínimo de termos e a matemática mais simples.
- 3-Termos separados para ações ou fenômenos.
- 4-Manipulação direta das expressões.
- 5-Fácil verificação.

Observação: para alguns tipos de projeto, a construção de modelos de pequeno porte, ao invés da elaboração de desenhos para montagem, tem-se mostrado mais barata, mais rápida e mais útil na conversão do projeto para construção.

Informações - Recursos matemáticos

Uso de computadores para criar modelos virtuais, são ótimas alternativas, assim como o uso de prototipagem.

Dados da simulação

É de extrema importância, reunir toda documentação que representa como foram feitas as simulações e testes. Avaliar os dados da simulação.

Válidos suficientes?

- O modelo foi bem feito?
- O modelo está de acordo com o esperado?
- O modelo está de acordo com os requisitos predeterminados?

Sensibilidade e compatibilidade

A análise de sensibilidade, determina quais são as variáveis mais críticas no que se refere ao desempenho do sistema, e quais são os valores destas variáveis dentro da faixa crítica. Pretende-se saber quão sensível é o desempenho do sistema ao ajuste dos vários parâmetros: aqueles que afetam criticamente o desempenho devem ser

cuidadosamente ajustados, ao passo que outros, menos críticos, podem ser arranjados de acordo com as conveniências.

Os parâmetros representam várias características do sistema: algumas podem caracterizar-se por suas dimensões críticas, outras por suas propriedades e qualidades importantes, e outras ainda, por serem possíveis estados do sistema.

São os seguintes os resultados do passo da análise de sensibilidade:

- 1- Maior conhecimento das operações do sistema ou mecanismo.
- 2- Identificação dos parâmetros críticos de projeto.
- 3- Indicações de margens de limitações.
- 4- Mais idéias quantitativas acerca do esperado desempenho geral do sistema

A análise de compatibilidade é usada para determinar possíveis interferências ou interações entre os diversos componentes ou partes do sistema. Uma combinação dos elementos, implica num conjunto de objetos co-agentes. Para que a interação ocorra com sucesso, os objetos individuais devem ser compatíveis com seus co-membros.

Informações - Recursos matemáticos

Sempre que um processo de desenvolvimento de projeto apresentar um alto nível de complexidade, será necessário o uso de recursos matemáticos para simplificar o projeto e identificar falhas no mesmo.

Sensibilidade identificada;

- Onde pode falhar o projeto?
- Tem como ele se restabelecer ou acionar outro mecanismo de segurança?

Estabilidade

Os sistemas e mecanismos projetados por engenheiros são expostos e devem ajustar-se aos caprichos de um ambiente dinâmico.

Ao projetar devemos prever várias situações onde o projeto pode oferecer risco ao usuário, ou ainda, em situações de má aplicação ou de uso incorreto, garanta a integridade do usuário. Excetua-se fatores que não são muito comuns, como por exemplo projetar uma casa para resistir a um terremoto, sendo que está localizada em um lugar onde nunca ocorreu uma situação deste tipo, pois ao se investir em reforços estruturais desnecessários, se agrega valor desnecessário ao produto.

Otimização dos parâmetros

A otimização só pode ser efetuada após o desenvolvimento do sistema, quando já se tem um entendimento completo do mesmo. Nesta fase pode ser chamada de maximização dos lucros. O passo consiste em determinar os valores dos parâmetros de projeto, de modo que os objetivos sejam mais bem alcançados, como especificados no critério formulado.

Até agora tentou-se fixar todos os principais parâmetros a valores definidos e singulares, todavia, para que o projeto se desenvolva, os parâmetros devem receber valores específicos. Para alguns dos parâmetros, isto significa uma fixação rígida a um único valor, como no caso do diâmetro de um determinado eixo de um mecanismo.

Um modo de se determinar o valor que deve prevalecer é, simplesmente, escolher qualquer combinação viável que seja considerada conveniente, isto é, combinações viáveis que satisfaçam todas as limitações de projeto, e portanto, das quais se espera que funcionem.

E para se chegar na combinação ótima que seja superior as outras, esta pode ser obtida por aproximações sucessivas, modificando-se os resultados dos projetos

Testar processo e prever desempenho

Avaliação de como o sistema se confrontará com os padrões de excelência no futuro, e previsão de como o sistema se comportará sob várias condições nas quais ele poderá funcionar, dados os valores dos parâmetros de projeto, o desempenho do sistema deverá ser avaliado, testado e verificado.

Também tem-se que examinar como o sistema, em si, comportar-se-á no futuro, em virtude de suas características próprias e inerentes. Projeta-se um sistema com o objetivo de tornar-se efetivamente capaz, e por meio dele, produzir um certo grupo de resultados desejados numa determinada gama de ambientes. Em geral só é possível fazer prognósticos substanciais acerca do desempenho físico, das características de operação e dos custos de produção, após se tiver desenvolvido a concepção do projeto através da fase do projeto preliminar.

Muitos projetistas ficam satisfeitos quando podem demonstrar que o sistema, por ocasião de sua construção ou fabricação, está capacitado a satisfazer a um conjunto de especificações de aceitação. É importante, naturalmente, fazer tais prognósticos com segurança.

Mede-se racionalmente a vida útil de um sistema, ou de um mecanismo, considerando-se a duração versus o custo de manutenção.

Testes de laboratório

Utiliza-se o projeto experimental e as partes críticas da concepção do projeto em rigorosos testes físicos, e os resultados destes serão usados para revisa-las, se necessário.

Verificação

Atualmente as informações sobre o desempenho dos produtos são obtidas com muito mais rapidez, de modo a poder influenciar o projeto imediatamente. Para tal, o laboratório de testes é o recurso. As condições do meio a que

o produto é submetido, devem ser reproduzidas. O tempo e o espaço podem ser condensados para atender às limitações e conveniências do laboratório, ou podem ser ampliados quando a natureza do teste é microscópica. Os testes e o projeto experimental são geralmente mais dispendiosos em dinheiro e tempo, do que o projeto relatório.

Dados dos testes

Se o projeto passou ou não por todos os testes sem restrições e sem necessidades de revisão, deve-se arquivar toda documentação para futuras consultas. Caso o projeto esteja nas conformidades, e seus testes tenham sido satisfatórios, deve-se organizar a documentação para passar à próxima etapa.

Simplificações

À medida que um projeto progride através dos vários passos, a concepção original inevitavelmente se torna mais complicada. O simples e o óbvio são difíceis de serem conseguidos. As soluções que primeiramente se apresentam, são embaraçadas e difíceis, mas, com o seu amadurecimento, torna-se evidente que podem ser simplificadas e desembaraçadas. E antes de se passar para a fase do projeto detalhado, deve-se verificar todos os meios possíveis de serem simplificados.

Documentação gerada no Projeto Preliminar

Quando esta etapa estiver concluída, deve haver uma clara definição dos conceitos de funcionamento envolvidos no produto e a identificação dos parâmetros chaves do projeto.

Além disso, a seguinte documentação deve ser gerada:

- Matrizes de decisão mostrando a escolha dos melhores conceitos a partir dos modelos definidos.
- Memorial de Cálculos:
 - Estruturais.
 - Para a determinação da vida útil e confiabilidade.
 - Para a previsão do desempenho.
 - Para a análise de valor e custo.
 - De otimização dos itens anteriores, ou outros que forem considerados relevantes.

Estas informações serão suficientes para definir o potencial dos produtos, e desta forma, o gerente do projeto ou o grupo de trabalho encarregado, podem avaliar e decidir com clareza pela continuidade do projeto, e qual linha seguir (escolha do projeto mais promissor).

CAPITULO 3

Projeto Detalhado

Nesta etapa do projeto, a melhor solução construtiva é detalhada em todos os seus pormenores, isto é, cada componente é calculado, desenhado, e otimizado a fim de se chegar a um produto fabricável. Esta é a fase do Projeto das Tolerâncias.

Nesta etapa pode-se construir os protótipos de pré-série, de forma a verificar possíveis problemas de montagem ou de adequação.

Nesta etapa são elaborados:

- 1- Verificação das tolerâncias, formas construtivas e possíveis variantes do sistema.
- 2- Desenhos de componentes (dimensionamento, tolerâncias, materiais, acabamento superficial, tratamento térmico ou químico, etc.).
- 3- Composição dos componentes em subgrupos e grupos construtivos. Confecção dos desenhos de conjunto e de montagem.
- 4 – Elaboração de uma lista final de peças.
- 5 – Fabricação de protótipos e modelos experimentais de pré-séries.
- 6 – Controle final e confecção de memoriais de cálculo e descritivos.
- 7 – Elaboração de manuais de montagem, instalação, operação e manutenção.

Especificação de subsistemas

Projeto detalhado

O projeto detalhado conduz à concepção geral do projeto, desenvolvida nas etapas anteriores. O projeto torna-se nítido e fisicamente realizável, através da construção de um protótipo, a partir de um conjunto completo de instruções, testando-se o mesmo, e fazendo-se as necessárias revisões nas instruções, até que o sistema ou mecanismo seja satisfatório para produção, distribuição e consumo.

Para iniciar a etapa de especificações de subsistemas, é necessário estar com um *layout* diretor provisório, o qual, deverá apresentar, por intermédio de desenhos, os resultados do projeto preliminar.

No projeto preliminar, focalizamos nossa atenção na concepção geral; os subsistemas foram examinados apenas como parte da concepção. Agora, cada subsistema deve ser observado como uma entidade individual, e este, deve ser avaliado com os mesmos cuidados dedicados no projeto preliminar, atentando para as limitações de orçamento do projeto para cada subsistema.

A concepção de subsistemas alternativos, para o projeto, deverá ser avaliada e selecionada, através do mesmo processo de decisão usado na seleção da concepção do sistema. A solução selecionada deve ser analisada

com respeito à sensibilidade, compatibilidade e estabilidade. Deve ser otimizada da mesma maneira como foi o sistema, e sujeita a investigações sobre as possibilidades de complicações.

Por fim, prepara-se um *layout* diretor provisório para cada subsistema, o qual traduzirá, através de desenhos, os resultados dos projetos dos subsistemas. Esses *layouts* tornam-se a base para o desenvolvimento do projeto dos componentes.

Tecnologia

- Existe tecnologia de produção disponível?
- O que será necessário para desenvolver os subsistemas?

Especificar componentes

O trabalho necessário para o projeto dos componentes é praticamente uma repetição do que foi indicado para os subsistemas. Da mesma maneira que o sistema compreende vários subsistemas, estes, usualmente, compreendem um certo número de componentes, os quais são desenvolvidos da mesma maneira que os subsistemas. Nesta etapa do projeto os objetos se tornam menos abstratos, e os componentes são detalhadamente descritos e desenhados.

Como no caso do subsistema, os resultados dos projetos dos componentes devem estar encerrados nos *layouts* diretores provisórios que constituem a base para o projeto detalhado das partes.

Lista de componentes - lista de materiais:

A lista de materiais, ou lista de peças, é como um índice para o produto. Quando feita em folha separada, a atualização ou modificação das informações é mais fácil. Tipicamente, a lista de peças contém seis informações principais:

- 1 - Número do item ou letra.** Identifica o componente no desenho de montagem.
- 2 - Código do componente.** Especifica o componente para controle interno da empresa, ou seja, controle de estoque, inventário, compras, etc. Este código pode ser próprio da empresa fabricante do componente.
- 3 - Quantidade do item necessário a montagem.** Estoque mínimo.
- 4 - O nome ou descrição do componente.** Deve ser de preferência um nome abreviado.
- 5 - O material do componente.** Se o item é um subsistema, então não é necessário que apareça o material.
- 6 - A empresa fornecedora ou fabricante do componente.** Se o componente é comprado, então o nome do fornecedor deve constar, se o componente é fabricado pela própria empresa, então deixa-se este espaço em branco.

Descrição das partes

As partes são as peças elementares com as quais são montados os componentes. Assim, quando uma parte está sendo projetada, nenhuma questão pertinente ao seu projeto deve permanecer sem solução; nenhuma ambigüidade sobre sua forma, seu material, ou seu tratamento, deve nublar as instruções para sua fabricação.

Os problemas de compatibilidade e simplificação têm especial importância no projeto de partes. Eles nos levam a questões sobre tolerâncias em dimensões, propriedades físicas, mecânicas e químicas, composição de materiais e qualidade de mão-de-obra. A associação com os custos de produção deve ser estreita, pois tolerâncias mais severas motivam custos mais altos.

Os meios de produção devem ser considerados cuidadosamente, pois, se refletem na capacidade de fabricação da companhia e nos custos de produção.

Os desenhos detalhados oferecem oportunidades para cuidadosas verificações.

Uma parte é definida por sua descrição, a qual deve ser suficientemente completa para descrever precisamente o que ela deve ser após ser fabricada. Para se realizar esse objetivo, talvez precisemos de uma ou de todas as formas seguintes de descrição: desenhos detalhados, especificações, instrumentações especiais, símbolos padrões, observações, esboços especiais e revisão ou modificações.

Desenho de conjunto de montagem

Somente depois que as partes constituintes são projetadas, é que a forma de um componente pode ser fixada. O *layout* provisório do componente pode então ser substituído, experimentalmente, por um desenho para montagens finais. Se ocorrer alguma incompatibilidade nos desenhos para montagem, estes devem ser revisados.

Após a preparação das montagens dos componentes, os desenhos correspondentes das montagens para os subsistemas devem ser elaborados. Novamente, incompatibilidades e incongruências de vários tipos podem ser reveladas, e devem ser corrigidas pelo mesmo processo de interação. Não se pode negligenciar de que forma será a relação espacial entre as peças.

Nesse ponto, os custos de produção esperados podem ser estimados com maior precisão.

Os passos seguintes envolvem a construção de um ou mais protótipos para fins experimentais, e o risco de um extensivo programa de testes.

Para alguns tipos de projeto, a construção de modelos de pequeno porte, ao invés da elaboração de desenhos para montagem, tem-se mostrado mais barata, mais rápida e mais útil na conversão do projeto para construção.

Desenho de *layout*

Este desenho é feito em escala, mas, apenas as dimensões principais são mostradas. Este tipo de desenho mostra com clareza as limitações geométricas ou espaciais contidas no produto. As tolerâncias geométricas normalmente não são mostradas, a menos que sejam criticamente necessárias. Notas e referências devem ser usadas para explicar as características ou funções do produto. Se o desenho de *layout* for todo feito em computador, através de sistema CAD, pode-se usar as informações contidas nestes desenhos, como base de dados para o desenvolvimento dos desenhos de detalhamento e montagem.

Desenho de detalhes

O desenho de detalhamento deve ser feito para todas as partes do produto. Todas as dimensões e tolerâncias devem ser mostradas. Algumas empresas empregam tolerâncias próprias para as dimensões mais críticas, bem como, uma linguagem própria para descrever a lista de materiais e detalhes de fabricação. Uma vez que o desenho de detalhamento é a representação final do produto e será utilizado no processo de fabricação da peça, cada desenho precisa ser aprovado pelo gerente responsável pelo projeto. Portanto, a assinatura de aprovação deve ser parte indispensável deste desenho.

Desenho de montagem

O objetivo dos desenhos de montagem é mostrar como os componentes se ajustam entre si. Existe uma grande variedade de desenhos deste tipo, mas, o mais comum é mostrar a montagem em vista ortogonal. O desenho de montagem é semelhante ao desenho de *layout*, mas, seu objetivo é outro e as informações contidas nele, são diferentes. Cada parte ou componente do conjunto é identificada com um número ou letra e receberá uma denominação. Uma lista de peças, contendo os nomes e os materiais das partes, deve acompanhar o desenho de montagem. Algumas empresas utilizam a mesma folha do desenho de montagem para mostrar esta lista de peças, outras, utilizam folhas separadas. Às vezes, se faz necessária uma referência a outros desenhos e montagens para melhorar a compreensão sobre a montagem do conjunto, e estas referências devem constar no desenho de montagem. Assim como no desenho de detalhamento, o desenho de montagem necessita de uma assinatura de aprovação.

Construção Experimental

Com os desenhos em mãos, podem ser construídos os primeiros protótipos em escala real. Caso o primeiro protótipo seja o produto final, os projetos deverão ser modificados para superar as possíveis dificuldades que usualmente ocorre.

Quando os protótipos são designados para servir a um objetivo experimental, é permissível maior liberdade nas revisões, mas somente por uma boa razão ou com justificativas econômicas. Fazer modificações desnecessárias pode causar desastre por ordem técnica.

Visão do produtor - essa é a oportunidade de verificar se a concepção do projeto é fisicamente realizável, e se é necessário realizar simplificações, que sejam mais economicamente viáveis para a produção.

O protótipo é uma primeira aproximação do produto que deverá ser posto nas mãos do consumidor. Visto que a princípio o protótipo estava sendo desenvolvido visando a produção, agora devesse orientar pelo lado do consumidor.

Observação : Desenho de montagem. Manual de fabricação e montagem. Manual do usuário.

Normas e padronização

Com os desenhos dos conjuntos de montagens prontos, estes devem ser organizados, e verificados se os conjuntos de desenhos estão completos, e quais serão necessários para a produção. Os desenhos deverão estar dentro dos padrões e normas pertinentes ao produto. São avaliados os conjuntos de desenhos e, se necessários, são revisados.

Conjunto de desenhos

Documentação gerada nas etapas anteriores são reunidas com as geradas nesta etapa.

Liberar para fabricação

Com os registros e as anotações da construção do protótipo, e os dados e outras observações do programa de testes, pode-se iniciar as preparações para a revisão. Pode ser feita uma acurada análise de custos, que deverá apresentar o custo diário de produção. Se o custo de produção estimado é muito alto, deve então ser estabelecido um grande programa de redução de custos como base para subseqüentes reprojeto.

Alguns meios pelos quais pode ser feita a redução de custos são:

- Simplificação do projeto.
- Moderação de tolerâncias severas.
- Alívio de algumas das especificações de desempenhos menos críticos.
- Utilização de materiais de mais baixos custos.
- Substituição de processos de produção dispendiosos por outros menos custosos.

Outros problemas pertinentes à produção : problemas de montagem, problemas de fabricações especiais, problemas de adaptação geral para a instalação de produção da companhia, problemas de embalagens especiais e armazenagem, problemas envolvendo riscos de trabalho aos operários, e etc.

Reprojeto

Se a construção do protótipo e o programa de testes não afetarem severamente o projeto original, o trabalho de reprojeto consistirá, principalmente, de pequenas revisões. Se foram expostos grandes defeitos e falhas, o trabalho de reprojeto deverá alcançar grandes proporções e pode ser que se tenha que pesquisar concepções inteiramente novas para os componentes principais e mesmo para os subsistemas.

Em alguns casos, a concepção geral para o sistema pode mostrar-se falho, mas usualmente são detectados sinais de advertência ao longo do seu curso.

É claro que as conseqüências de cada revisão devem ser antecipadas com o maior cuidado, já que as decisões são mais críticas no projeto detalhado e seu custo mais elevado.

Administração

Depende da forma de administração da empresa, envio de documentação, apresentação do relatório geral. Cópias do que será necessário para a fabricação.

Documentação gerada no Projeto Detalhado

Durante a fase de Projeto Detalhado, alguns tipos de desenhos devem ser produzidos. Os modelos, esquemas produzidos na fase de Viabilidade, devem agora serem transformados em desenhos finais, com detalhes suficientes para dar suporte à produção. Esta evolução normalmente começa com um desenho de *layout* do produto, ou seja, um desenho de todo o produto, mostrando como as partes ou subsistemas do mesmo, estão ligadas ou conectadas. Basicamente, pode-se dividir os tipos de desenhos produzidos nesta fase em três grupos: desenho de *layout*, desenho de detalhes e desenho de montagem.

Outros itens; a lista de materiais ou lista de peças - é como um índice para o produto. E os manuais de montagem e uso.

Apêndice IV – Questionário de Avaliação - Modelo

CURSO: ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO/ IES- Grupo de Teste TURMA 10 – T10

TURMA: 1º ANO - 1º SEMESTRE - 2008

DISCIPLINA: PROJETOS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Prezado estudante:

Seguem abaixo três questionários para avaliação da disciplina, do professor e auto-avaliação. Solicito sua colaboração **responsável** para respondê-los, pois eles visam dois objetivos muito importantes para o aperfeiçoamento do ensino:

- 1) o aprimoramento da disciplina - metodologia de projeto aplicada ao desenvolvimento do produto;
- 2) o aprimoramento do professor.

Para responde-los, preencha as respectivas grades de respostas de acordo com o código abaixo. Onde oportuno, **por favor**, complete com os seus comentários por escrito, no verso desta página, identificando claramente a questão. Suas opiniões, críticas e sugestões pessoais são extremamente importantes!

Avaliação da Disciplina

- 1 – A metodologia de projeto ajudou no desenvolvimento do seu projeto;
- 2 – As unidades desenvolvidas na disciplina foram bem integradas entre si;
- 3 – A carga horária da disciplina foi adequada para o desenvolvimento dos conteúdos e atividades propostas;
- 4 – No desenvolvimento do projeto você percebeu a importância destas fases do desenvolvimento do projeto do produto; viabilidade, preliminar e detalhado;
- 5 – Sempre que possível foram estabelecidas relações entre conteúdo da disciplina e de outras áreas da engenharia;
- 6 – O uso da Metodologia proporcionou o desenvolvimento de um bom projeto;
- 7 – Faça qualquer outro comentário, sugestão ou crítica que julgar oportuno em relação à disciplina (práticas desenvolvidas, métodos utilizados, material utilizado, etc.)

Avaliação do Professor

Ao longo do curso o professor

- 1 – Demonstrou clareza e segurança e soube destacar os pontos mais importantes na exposição dos conteúdos da disciplina;
- 2 – Enriqueceu as aulas com exemplos de pesquisa e desenvolvimentos atuais;
- 3 – Utilizou recursos e procedimentos adequados aos objetivos propostos para a disciplina;
- 4 – Incentivou a participação dos alunos;
- 5 – Estimulou participações críticas;
- 6 – Incentivou aprofundamento e re-elaboração dos conteúdos por parte dos alunos;
- 7 – Desenvolveu um relacionamento positivo com os alunos;
- 8 – Mostrou-se acessível para esclarecimento de dúvidas quando necessário;
- 9 – Apresentou e deixou claros os critérios para avaliação;
- 10 – Utilizou instrumentos (provas, trabalhos, etc) de avaliação compatíveis com o conhecimento, habilidades e atitudes desenvolvidas na disciplina;
- 11 – Analisou e discutiu com os alunos os resultados das avaliações;
- 12 – Estabeleceu relações entre conteúdos da sua e de outras disciplinas e da profissão;
- 13 – Faça qualquer outro comentário, sugestão ou crítica que julgar oportuno em relação ao professor.

NÃO É NECESSÁRIO COLOCAR SEU NOME JUNTO ÀS RESPOSTAS

Código de resposta (Avaliação da disciplina e do professor) Código de resposta para auto-avaliação

5 – concordo plenamente

4 – concordo

3 – concordo em parte

2 – discordo

1 – discordo plenamente

SO – questão não respondida

5 – Excelente

4 – Bom

3 – Regular

2 – Fraco

1 – Insatisfatório

SO – questão não respondida

AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA							AVALIAÇÃO DO PROFESSOR							AUTO AVALIAÇÃO						
Q/C	5	4	3	2	1	SO	Q/C	5	4	3	2	1	SO	Q/C	5	4	3	2	1	SO
1.							1.							1.						
2.							2.							2.						
3.							3.							3.						
4.							4.							4.						
5.							5.							5.						
6.							6.							Auto-avaliação 1 – Cumprimento do horário; 2 – Cumprimento das atividades/exercícios propostos pelo professor; 3 – Participação nas aulas; 4 – Participação nas atividades em grupo; 5 – Aprendizado dos conteúdos abordados pela disciplina.						
7.							7.													
							8.													
							9.													
							10.													
							11.													
							12.													
							13.													