

**São Paulo
2002**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia

**ESTUDO DE METODOLOGIAS DE PROJETO COM
VISTAS AO DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE
PRODUTOS INDUSTRIAIS**

ANTONIO CARLOS DE OLIVEIRA

OK

2002 - 07

Universidade de São Paulo

São Paulo
2002

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia
Área de Concentração:
Engenharia Mecânica
Orientador:
Professor Livre-Docente
Paulo Carlos Kaminski

**ESTUDO DE METODOLOGIAS DE PROJETO COM
VISTAS AO DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE
PRODUTOS INDUSTRIAIS**

ANTONIO CARLOS DE OLIVEIRA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Neusa e ao meu filho Marcel, pelo infinito amor, estímulo e paciência, em todos os momentos e, À minha querida Jeannette, mãe e amiga, que mesmo não estando mais entre nós, permanece sendo minha grande incentivadora, desde sempre.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Paulo Carlos Kaminski, pela generosa amizade, apoio, estímulo e confiança, demonstrados em uma valiosa e essencial orientação, ao longo da elaboração deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Mecânica da EPUSP, pelos conhecimentos transmitidos, indispensáveis para esta realização.

Ao Prof. Dr. Alfredo Colenci Júnior, Vice-Diretor Superintendente do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, pelo apoio institucional e permanente incentivo.

Ao Eng. Iberê Luis Martins, por todas as discussões e sugestões apresentadas.

SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS	
	LISTA DE TABELAS	
	LISTA DE QUADROS	
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	
	RESUMO	
	ABSTRACT	
	Capítulo 1 – INTRODUÇÃO	1
	1.1 – Vantagens estratégicas na produção industrial	2
	1.2 – A estrutura industrial brasileira	3
	1.3 – Justificativa do trabalho	4
	1.4 – Objetivos do trabalho	5
	1.5 – Organização dos capítulos	6
	Capítulo 2 – DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	7
	2.1 – Introdução	7
	2.2 – O processo de desenvolvimento de novos produtos	12
	2.2.1 – O ciclo de produção e consumo	13
	2.2.2 – Ciclo evolucionário em estágios e revisões	16
	2.3 – O fator “tempo” no desenvolvimento de produtos	24
	2.4 – O ciclo de vida do produto	25

80	E SUA ANÁLISE CRÍTICA
	DE PROJETO DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS
	Capítulo 5 – UM ESTUDO DE CASO EM DESENVOLVIMENTO
76	4.6 – Prototipagem Rápida
74	4.5 – Sistemas CAD
73	4.4 – A análise dos modos e efeitos das falhas (FMEA)
71	4.3 – Desdobramento da função qualidade (QFD)
69	4.2.3 – As técnicas de geração de idéias
67	4.2.2 – A criatividade auxiliando o desenvolvimento de produtos
66	4.2.1 – A criatividade como estratégia empresarial
64	4.2 – Princípios da criatividade
62	4.1.1 – Desenvolvimento integrado de produtos
59	4.1 – Engenharia Simultânea
59	DE PROJETO
	Capítulo 4 – FERRAMENTAS AUXILIARES AO PROCESSO
54	3.3.3 – Metodologia segundo Pahl e Beitz
51	3.3.2 – Metodologia segundo VDI 2221
46	3.3.1 – Metodologia segundo Asimow
46	3.3 – Estudo de metodologias de projeto
43	3.2.3 – As fases e atividades do processo de projeto
39	3.2.2 – Modelos de representação do processo de projeto
37	3.2.1 - Escolas filosóficas
36	3.2 – A estrutura do processo de projeto
34	3.1 – A filosofia de projeto
33	Capítulo 3 – O PROCESSO DE PROJETO DO PRODUTO

112	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS
110	7.2 – Sugestões de novos trabalhos
109	7.1 – Conclusões
109	Capítulo 7 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS
105	6.2 – A estrutura da metodologia proposta
104	6.1 – Campo de aplicação
103	AS FASES PRIMÁRIAS DO PROJETO
	Capítulo 6 – PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA
100	5.5 – Resultado da análise crítica
95	empregado na empresa
	5.4 – Análise crítica sobre o procedimento de projeto
94	5.3.5.2 – O fluxograma do processo
89	5.3.5.1 – As etapas do processo
89	alimentadores vibratórios sub-ressonantes
	5.3.5 – O modelo de desenvolvimento do projeto de
87	5.3.4 – O desenvolvimento de produtos na empresa pesquisada
86	5.3.3 – A administração estratégica da empresa
84	5.3.2 – Estrutura organizacional da empresa
83	5.3.1 – Caracterização da empresa
83	5.3 – O estudo de caso
82	5.2.3 – Classificação segundo a abordagem da pesquisa
81	5.2.2 – Classificação segundo o método utilizado
81	5.2.1 – Classificação segundo os objetivos
80	5.2 – Classificação da pesquisa
80	5.1 – Objetivos da pesquisa

LISTA DE FIGURAS

10	Figura 2.1 – Novo ambiente de atuação das empresas
14	Figura 2.2 – O ciclo de produção e consumo
15	Figura 2.3 – Estratégia de concepção de produto
17	Figura 2.4 – Processo em estágios e revisões
24	Figura 2.5 – Processamento de fases em paralelo
26	Figura 2.6 – Ciclo de vida de um produto
30	Figura 2.7 – Efeitos do ciclo de vida na empresa
32	Figura 2.8 – Intervalo de lançamento de produtos
Capítulo 3	
33	Figura 3.1 – Aplicação de recursos e responsabilidades
36	Figura 3.2 – Filosofia de projeto
47	Figura 3.3 – As fases de um projeto completo segundo Asimow
52	Figura 3.4 – Procedimento geral para o desenvolvimento e projeto de sistemas técnicos – VDI 2221

LISTA DE FIGURAS (continuação)

	Capítulo 3 (continuação)	
55	Figura 3.5 – Hierarquia do processo de projeto	
58	Figura 3.6 – Os estágios do processo de projeto	
	Capítulo 4	
61	Figura 4.1 – Comparação entre desenvolvimento de produtos em estágios sequenciais e sob a ótica da engenharia simultânea	
63	Figura 4.2 – Etapas de desenvolvimento integrado de produto	
73	Figura 4.3 – A Casa da Qualidade	
	Capítulo 5	
85	Figura 5.1 – Organograma da Empresa	
85	Figura 5.2 – Organograma do Departamento de Engenharia	
86	Figura 5.3 – Organograma detalhado do Departamento de Engenharia	
94	Figura 5.4 – Fluxograma do processo	
	Capítulo 6	
108	Figura 6.1 – A metodologia de projeto proposta	

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Classificação das propostas de modelos para o processo de projeto

LISTA DE QUADROS

101	Quadro 5.2 – Atualização do procedimento de projeto
88	Quadro 5.1 – Características gerais de alimentadores industriais
9	Quadro 2.1 – Fases do ciclo de evolução da tecnologia

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CAD** – Projeto auxiliado por computador (*computer aided design*)
- CAE** – Engenharia auxiliada por computador (*computer aided engineering*)
- FMEA** – Análise dos modos e efeitos das falhas (*failure modes and effects analysis*)
- HoQ** – Casa da qualidade (*house of quality*)
- QFD** – Desdobramento da função qualidade (*quality function deployment*)
- VDI** – Associação Alemã de Engenheiros (*Verein Deutscher Ingenieure*)

RESUMO

Nesta era de globalização da economia, cada vez mais a sobrevivência das empresas, estará diretamente associada à competitividade e ao desenvolvimento de novos produtos, com qualidade, rapidez e com maior grau de inovação tecnológica. Esta característica tornou-se tão ou mais importante que matérias primas ou situação geográfica, como vantagem estratégica.

As metodologias de desenvolvimento de novos produtos auxiliam na transformação de uma idéia em um sistema técnico que pode ser produzido para satisfazer necessidades humanas. O processo normalmente é descrito como uma sucessão de fases, e pode ser partilhado em vários passos.

Com o intuito de determinar as metodologias utilizadas no desenvolvimento de produtos, este trabalho aborda os procedimentos e metodologias de projeto mais significativas. Desta forma, faz uma revisão da bibliografia que trata do assunto, destacando em seguida, as principais metodologias de projeto existentes.

Posteriormente, o modelo da pesquisa é desenvolvido, com base no exemplo de uma organização que o aplicou, além de ser apresentada a análise crítica do mesmo.

Palavras-chave:

Desenvolvimento de Produto, Engenharia de Projeto, Metodologia de Projeto.

ABSTRACT

On this economy globalization context, more and more, the companies survival has been directly associated to the competitiveness and new products development. Also associated the development of high-quality, technological innovative products in the shortest time, this attribute became so and more important than raw materials or geographical situation as strategic advantage.

New product development methodologies help to convert an idea into a technical system that can be produced to meet human needs. The process is usually described as a sequence of phases, and can be broken down into several steps.

With the objective of determine the used methodologies on products development, this work proposes a review of most important design procedures and methodologies. It begins a revision of the bibliography on the subject, and the main existing design methodologies are focused further on.

The research model is defined, based on the example of an organization that has applied it and the critical analysis of it is also presented.

Key words:

Product Development, Engineering Design, Design Methodology.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

A globalização da economia, os avanços tecnológicos e a presença crescente da informática nos processos de trabalho estão provocando mudanças radicais no perfil de empresas, de empresários e recursos humanos necessários à continuidade e desenvolvimento de produtos e serviços.

Nas últimas duas décadas, os administradores estão aprendendo a atuar em um ambiente regido pelo estabelecimento de novas regulamentações, onde as empresas devem ser flexíveis para responder rapidamente à competição e às mudanças no mercado (Porter, 1996). Elas devem buscar novas estratégias empresariais continuamente, utilizando-as como base ou referência para gerar e agregar novos conhecimentos do modo mais eficiente.

O conhecimento engloba também a capacidade de inovar, e a inovação tecnológica é um fator estratégico decisivo, neste cenário de rápidas mudanças.

Nesta nova era, onde o valor de uma empresa não é mensurado apenas pela quantidade de recursos materiais que ela possui, cada vez mais a sua sobrevivência, em um ambiente globalizado, estará diretamente associada à competitividade e ao lançamento de novos produtos, com maior rapidez e com maior grau de inovação tecnológica. Esta característica tornou-se tão ou mais importante que matérias primas ou situação geográfica, como vantagem estratégica.

1.1 – Vantagens estratégicas na produção industrial

Visando atingir uma posição de liderança, as empresas adotam estratégias, no sentido de manter seu sucesso junto ao consumidor, que atualmente não podem ficar restritas à quantidade de oferta e preço de seus produtos, como forma de poderem enfrentar os novos concorrentes que aparecem para disputar o mesmo segmento de mercado.

Mudanças constantes no mercado consumidor também acabam induzindo uma redução no ciclo de vida dos produtos, que age de maneira a pressionar as empresas, criando um ambiente em que a necessidade de geração de novos sistemas de desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias no processo produtivo é acelerada, principalmente se associada à rápida evolução tecnológica.

Também dentro deste novo contexto empresarial, questões como qualidade e respeito ao meio ambiente estão sendo inseridas aos produtos e processos de engenharia. Atualmente, assuntos ambientais em processos de produção não são novidade e devem fazer parte integrante do desenvolvimento de produtos.

Muitas empresas ainda intimidam-se frente aos esforços com prazos e valores financeiros que devem ser alocados a programas corporativos de proteção ambiental para que se assegure seu sucesso (Tong, 1994), pois um dos assuntos fundamentais que cercam a decisão de se implementar ou não tais programas está relacionado diretamente ao seu custo.

Entretanto, até mesmo independente de normas de regulamentação, fatores ambientais estão se tornando essenciais à competitividade. Na realidade, as iniciativas que cercam a implantação consciente de processos de fabricação integrados à proteção ambiental são em muito semelhantes àquelas que originaram o movimento pela qualidade, quanto aos procedimentos a serem adotados, embora não compartilhem dos mesmos objetivos.

No panorama apresentado, a sobrevivência de uma empresa pode ser determinada por vantagens estratégicas, capazes de administrar de forma efetiva o

desenvolvimento de novos produtos, inéditos ou como aprimoramento dos existentes, disponibilizando rapidamente suas inovações ao mercado.

Assim, alguns fatores primordiais como flexibilidade, inovação e qualidade, que possuem alterar as bases do ambiente organizacional quanto às exigências por maior competitividade, gerando efetivamente redução de custos ou produtos diferenciados, ganham importância e intensificam a obtenção de vantagens estratégicas entre as empresas.

Entretanto, sem uma metodologia para o desenvolvimento de produtos que ampare a transferência do conhecimento científico, em um processo de inovação, ligando a tecnologia ao mercado, as inovações básicas resultantes de pesquisas dificilmente poderiam ser utilizadas ou transformadas em benefício da empresa.

Estas metodologias possibilitam a materialização do conhecimento gerado pelas pesquisas, em produtos adequados às necessidades dos usuários, acrescentando valor aos produtos.

1.2 – A estrutura industrial brasileira

A formação da estrutura da indústria no Brasil deu-se pela aplicação de um modelo de desenvolvimento que privilegiava o crescimento interno, com uma economia com pouca exposição externa. Apesar de contar com um parque industrial diversificado, foram poucas as empresas que fizeram uma sólida inserção internacional, disputando fatias deste mercado.

Neste sentido foi um modelo diferente do adotado pelas economias de países como EUA e Japão, que apresentavam grande relação com o ambiente de globalização visto anteriormente.

O dinamismo do modelo brasileiro baseava-se principalmente na incorporação de tecnologia estrangeira acessada pela via de importação de tecnologias ou pelo investimento direto estrangeiro no País.

O próprio processo de desenvolvimento de produtos é a integração criativa de tecnologia, informação científica e conhecimento do mercado consumidor, onde se insere a atividade de projeto em engenharia.

Os procedimentos denominados metodologias de desenvolvimento de novos produtos, foram criados para amparar o processo criativo e o estabelecimento e acompanhamento progressivo de critérios que ordenam desde o estágio de geração da ideia que venha atender necessidades de consumo, reais ou planejadas, sejam elas latentes ou aparentes, até o lançamento do produto.

1.3 – Justificativa do trabalho

Este fato, frente à natureza complexa dos problemas atuais, sugere então a necessidade de uma abordagem lógica para o desenvolvimento de produtos, adaptada à realidade brasileira, que permita a administração e geração de novos produtos para o mercado interno e externo, provendo capacidade e oportunidades de renovação constante às empresas nacionais, possibilitando sua permanência num mercado altamente competitivo.

Neste modelo tradicional, até os anos 80, a indústria era dedicada à tarefa produtiva, desejando atingir de maneira mais rápida e econômica o mercado, porém com insuficiente capacitação tecnológica interna (Coutinho, 1994). Também no Brasil iniciou-se, na década de 90, um processo de abertura econômica, por intermédio da modificação das políticas de protecionismo à empresa nacional adotadas até então, seguido por um processo de modernização acelerada de muitos mercados e indústrias, de forma que as empresas brasileiras viram-se obrigadas a competir com o mercado externo, em um curto espaço de tempo.

Esse fenômeno já era observado em nível mundial, com um grande número de empresas atuando em um cenário internacional, gerando rivalidade direta entre as mesmas.

Desenvolver novos produtos com sucesso comercial a partir de uma exigência inicial requer passos formulados sistematicamente (Dhillon, 1996). Em outras palavras, o processo de desenvolvimento de produtos pode ser dividido em várias fases ou estágios, que são dinâmicas e apresentam grande interligação. O tempo requerido para cada fase pode variar consideravelmente e os tipos de tarefas executadas também podem ser bastante distintos, o que exige um processo de estudo e trabalho, baseado em métodos desenvolvidos com a finalidade de melhor administrar suas informações e atividades.

Nesta visão, mostra-se justificado e oportuno, o mérito do estudo de metodologias de desenvolvimento de produtos de origem científica, valorizando o seu conhecimento, sua divulgação e a sua aplicação de forma sistemática, tanto para a utilização em empresas quanto para o ensino universitário.

1.4 – Objetivos do trabalho

Este trabalho descreve o processo de projeto no desenvolvimento de equipamentos em uma empresa brasileira, filiada a um grupo multinacional, e neste contexto, seus objetivos gerais são:

- Apresentar, de forma genérica, a organização do processo de desenvolvimento de produtos, em termos da sistematização de um procedimento metodológico;
- Analisar metodologias de projeto, propostas na literatura, orientadas a ambientes industriais;
- Pesquisar o processo de projeto na empresa analisada, particularizado no modelo de desenvolvimento de alimentadores vibratórios;

Desenvolver uma metodologia de projeto, a partir do processo pesquisado, apresentando uma análise crítica do modelo, fundamentada nas metodologias analisadas.

Esta metodologia poderá servir como ferramenta de desenvolvimento integrado de produtos por empresas brasileiras, atuando na mesma área da empresa analisada.

1.5 – Organização dos capítulos

O presente trabalho estará organizado da seguinte forma:

Capítulo 2: apresenta um breve histórico da evolução do processo de transferência do conhecimento científico na área de desenvolvimento de produto, com as principais metodologias empregadas, enfocando sua importância no processo produtivo e no ciclo de vida do produto.

Capítulo 3: faz uma revisão bibliográfica sucinta sobre o processo de projeto de produto. Aborda a filosofia do projeto, suas escolas e os principais autores que as integram. Na sequência serão discutidas metodologias de projeto, em suas fases primárias de abordagem, concernentes às atividades que caracterizam o projeto de engenharia e as fases que as constituem.

Capítulo 4: este capítulo expõe em linhas gerais as ferramentas de auxílio ao processo de desenvolvimento de produtos. Também destaca a utilização do processo criativo e sua importância na engenharia de projetos.

Capítulo 5: neste capítulo será descrita a empresa onde se desenvolveu o estudo de caso, seu histórico em relação às ações de desenvolvimento de produtos, o modelo desenvolvido, a análise crítica do modelo em relação às metodologias selecionadas e sua adequação.

Capítulo 6: apresenta uma proposta de metodologia para as fases primárias de projeto.

Capítulo 7: relata as conclusões obtidas com o desenvolvimento do trabalho e as recomendações propostas para a execução de trabalhos futuros.

Capítulo 2

DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Este capítulo apresenta um breve histórico da evolução do processo de transferência do conhecimento científico na área de desenvolvimento de produto, com as principais metodologias empregadas, enfocando sua importância no processo produtivo e no ciclo de vida do produto.

2.1 – Introdução

Considerando-se a natureza complexa das atividades empresariais, e a grande competitividade existente entre organizações, sua dependência na capacidade de desenvolvimento de produtos tornou-se sinônimo de sucesso. Segundo Trueman (1998), para sobreviver num ambiente complexo de trabalho as empresas necessitam ser flexíveis e responsivas a mudanças, mas ao mesmo tempo alcançar altos níveis de produtividade e eficiência, o que normalmente apresenta-se como um dilema.

De fato, o dilema produtividade versus inovação é percebido em empresas que, por um lado, buscam alcançar vantagem máxima de produtos existentes, apresentando uma real necessidade por eficiência, enquanto enfrentam urgência por mudanças nos seus futuros produtos como decorrência de novas legislações, modificações nas exigências de consumidores e novas oportunidades tecnológicas, o que caracteriza a necessidade por inovações.

Quintella (2000) alerta que inovar cria ao mesmo tempo um ambiente de alto risco e de grande complexidade. Cita como importante garantir-se o estabelecimento

de metas claras que satisfaçam os objetivos propostos de negócios, e que atendam os requisitos de satisfação dos clientes.

Num primeiro momento, inovação e mudança provavelmente aumentarão os riscos e incertezas, reduzindo assim a eficiência e produtividade da empresa, e, se a inovação for bem sucedida, benefícios e vantagens competitivas somente serão alcançados ao longo prazo.

Contudo, abordando alguns aspectos da inovação em empresas, Baker et al. (1978) sustentam que o sucesso da inovação depende da instituição formal de procedimentos sequenciais, e que as incertezas irão se reduzindo progressivamente através do processo.

Valeriano (1998) defende a importância da inovação tecnológica ser concebida como um processo e sugere ainda, que o universo da tecnologia não é estático, pois sempre surgem novas tecnologias, ou conhecemos uma evolução nas tecnologias existentes, comparando-o com um ambiente vivo, pulsante e altamente competitivo.

O autor conceitua a tecnologia como sendo “o conjunto ordenado de conhecimentos científicos, técnicos, empíricos e intuitivos empregados no desenvolvimento, na produção, na comercialização e na utilização de bens e serviços” (Valeriano, 1998, p.12).

Valeriano (1998) afirma também que cada tecnologia que surge para competir e substituir uma outra passa por períodos de evolução e sucumbe, ao término de sua vida útil. São ciclos que se sucedem continuamente, cada um encerrando a vida do predecessor para, mais adiante, ceder a vez a seu substituto.

O ciclo completo desta evolução comporta três fases, mostradas no Quadro 2.1.

Casarotto Filho et al. (1999) também comentam o aumento de riscos neste novo ambiente em que atuam as empresas. Segundo ele, com a globalização da economia e os avanços tecnológicos, especialmente nas comunicações, as mudanças dos conceitos mercadológicos e de produção são cada vez mais rápidas e pode-se caracterizar esse risco para uma empresa da seguinte forma: alguma outra empresa, em algum lugar do mundo, a qualquer tempo, pode passar a produzir melhor e mais barato o mesmo produto, e essa outra empresa pode ter acesso aos mesmos mercados.

utilização	Completa o processo, pela introdução do produto ou serviço na economia, até que ele seja suplantado por outro, oriundo do ciclo que vai substituí-lo.
inovação	É o processo pelo qual uma idéia ou invenção é transportada para a economia, ou seja, ela percorre o trajeto que vai desde esta idéia, fazendo uso de tecnologias existentes ou buscadas para tanto, até criar o novo produto, processo ou serviço e colocá-lo em disponibilidade para o consumo ou uso.
invenção	É a centelha inicial, seja na forma de um conceito ou uma concepção, um esboço ou um modelo de um novo produto, processo, serviço. Ou até mesmo um considerável melhoramento daqueles já existentes.

Quadro 2.1 – Fases do ciclo de evolução da tecnologia (Fonte: Valeriano, 1998).

Particularmente no caso brasileiro, desde 1994 passou-se a trabalhar com o ambiente de economia estabilizada, diminuindo o grau de liberdade dos ganhos financeiros, ou seja, restringindo a obtenção da competitividade às funções-fim da empresa. A Figura 2.1 apresenta resumidamente este ambiente.

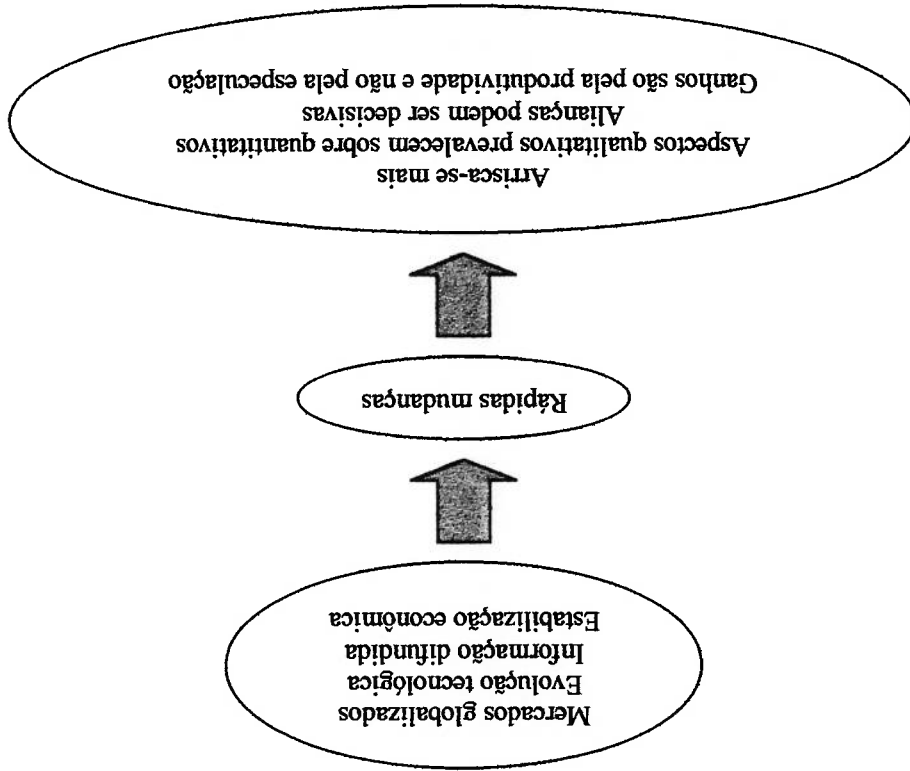


Figura 2.1 – Novo ambiente de atuação das empresas (Fonte: Adaptado de Casarotto Filho et al., 1999).

Baker et al. (1978), ao analisarem o processo de inovação em termos de componentes, não manifestam apoio irrestrito à opinião de que a inovação é necessariamente um processo ordenado e previsível. Mesmo assim, uma abordagem metódica, passo a passo, é de grande utilidade por propiciar um arcabouço lógico para a análise. Igualmente salientam que certos aspectos do processo de inovação somente podem ser executados em sequência. Por exemplo, a comercialização não pode preceder o projeto, desenvolvimento e manufatura do produto.

Quintella (2000) complementa que o desenvolvimento de novos produtos requer em primeiro lugar desenvolver interesses e habilidades tais como: identificação do que os consumidores desejam, que novidades e melhores produtos

Qualquer empresa, notadamente as industriais, para buscar competitividade, deve ter extrema capacidade de mudança para se adaptar a seu meio ambiente, cada dinâmica: mudar produtos, mudar processos, mudar padrões administrativos, cada vez num tempo menor. E mudança, em engenharia, significa projeto, afirmam Casarotto Filho et al. (1999). Se cada uma das mudanças, por menor que seja, for tratada e, portanto, gerenciada como um projeto, é bem provável que a empresa coloque, antes do que a concorrência, um novo produto no mercado, ou que o novo processo seja implantado, antecipando a redução de custos, ou, ainda, que o tempo de entrega dos pedidos seja diminuído, entre outros exemplos.

O desenvolvimento de novos produtos fornece condições favoráveis de aperfeiçoamento constante para as empresas, fazendo com que elas consigam atingir e então manter uma posição de liderança, sendo responsável por ampliar sua atuação no mercado e o resultado financeiro, possibilitando o aparecimento de novas oportunidades, a exploração de novos segmentos e agindo inclusive na renovação interna da própria organização.

Assim, as empresas precisam introduzir continuamente novos produtos e novos conceitos para impedir a ocupação de espaço pelos concorrentes.

Por ser um processo tão essencial e ao mesmo tempo tão complexo, conhecer e avaliar a sua organização, buscando o seu entendimento em referência ao desenvolvimento de novos produtos nas empresas, caracteriza-se como fator fundamental no esforço pela obtenção de um aperfeiçoamento constante, pois a gestão da inovação é, hoje em dia, mais do que em qualquer tempo, um ingrediente vital para o sucesso dos negócios. Não só porque a economia de livre mercado depende da competição, e, portanto, da superação de metas estabelecidas pelas empresas, mas principalmente porque metas são determinadas tanto por inovações tecnológicas, como também por inovações na própria área de marketing.

eles necessitam a preços razoáveis, e finalmente, como desenvolver as habilidades necessárias para levar os produtos aos consumidores.

Nesse ambiente, a tarefa de projetar produtos não pode apenas ser baseada na intuição, dependente de ensaios e erros ou de empirismo; deve estar fundamentada, isto sim, na aplicação de métodos sistemáticos, com sólido embasamento científico, o que sugere a necessidade de um suporte lógico que permita sua execução, para assegurar maiores possibilidades de sucesso. Nesse sentido, foram criadas metodologias científicas direcionadas a esta finalidade.

De maneira geral, as metodologias são apresentadas em fases, referentes a estágios, definindo um processo de desenvolvimento de um novo produto, em seus diferentes níveis de detalhamento, como apresentado em seguida.

2.2 – O processo de desenvolvimento de novos produtos

Uma oportunidade de negócios só existe quando se pode identificar claramente necessidades e desejos dos consumidores, diferenças em relação aos produtos oferecidos pelos concorrentes e possibilidade de exploração de novas tecnologias disponíveis que permitam a fabricação de um novo produto que satisfaça a uma demanda até então não atendida no mercado.

Segundo Clark, Wheelwright (1993), o desenvolvimento de produto é um processo pelo qual uma organização transforma as informações de oportunidades de mercado e de possibilidades técnicas, em informações para a fabricação de um produto comercial. Assim, este processo vai além do projeto do produto, englobando relações com outros setores da empresa como a produção, o marketing e a logística, e com ambiente externo à empresa, como o mercado.

O desenvolvimento de novos produtos constitui uma atividade que, além de consumir tempo, é arriscada e onerosa. São necessárias muitas idéias de novos produtos para produzir um único produto bem sucedido, citam Boone, Kurtz (1995). De acordo com os autores, a taxa de mortalidade de novos produtos é bastante

preocupante: cerca de 80% (oitenta por cento), e quase metade dos recursos investidos em inovação é desperdiçado em produtos que fracassam comercialmente.

Desenvolver novos produtos, como já se viu antes, é fundamental para o sucesso dos negócios, mas identificar antigas necessidades no mercado, ou falhas nos produtos existentes e o que eles deixam de atender em termos de satisfação dos clientes, ou ainda que novos anseios os produtos existentes geram, pode tornar-se uma tarefa conflitante para a empresa.

2.2.1 – O ciclo de produção e consumo

Também é importante destacar-se no processo de desenvolvimento, o relacionamento entre a produção e o consumo de produtos. Este relacionamento é caracterizado como um ciclo, e seu conhecimento, para o novo produto que será desenvolvido, é de grande importância para o projetista.

Quatro grandes processos: produção, distribuição, consumo e recuperação, formam um modelo do ciclo de produção e consumo. Qualquer produto, sem exceção, enquadra-se nesse ciclo e deve ser compatível com os quatro processos (Asimow, 1968). A Figura 2.2 mostra um ciclo básico de fluxo material de um produto.

Além do fluxo físico de energia e materiais no ciclo, há ainda o fluxo de informações necessárias para a produção.

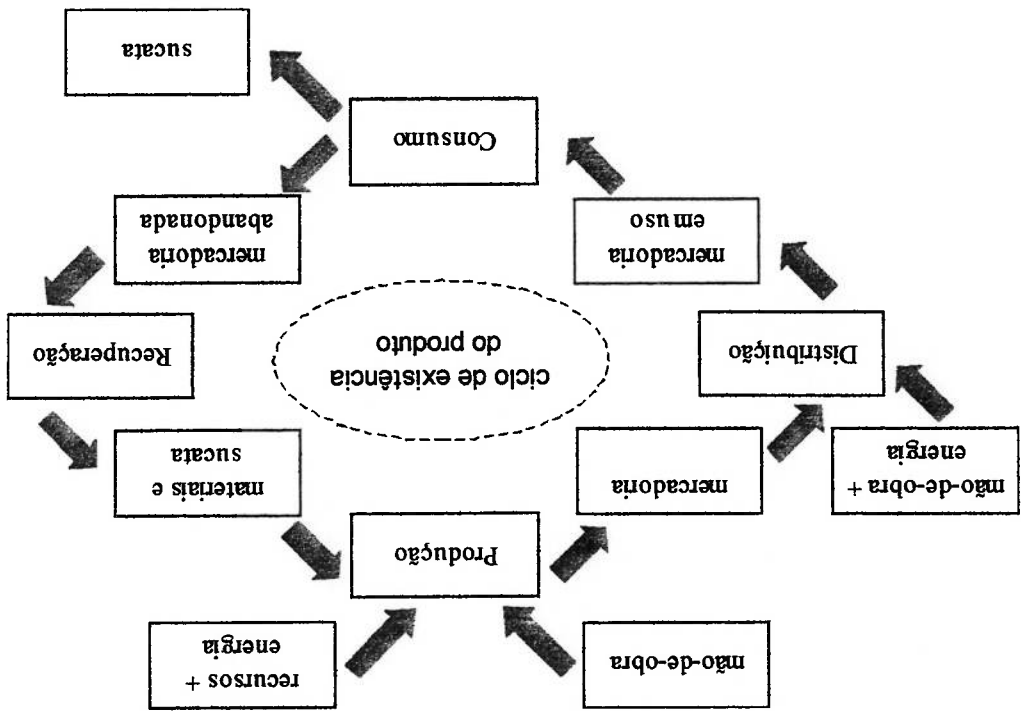
“Que a informação representa um papel importante no projeto de engenharia é evidente quando se considera que o projeto é essencialmente um processo de coleta e organização de informações” (Asimow, 1968, p.20).

Kaminski (2000) cita que basicamente o projetista projeta para o consumidor, que exige atributos do novo produto como aparência, durabilidade, etc; entretanto deverá preocupar-se também em atender ao fabricante, com facilidade de fabricação e utilização de poucos recursos, por exemplo. A equipe de distribuição e vendas deseja facilidade de transporte e armazenamento e atratividade comercial; o pessoal

no tempo correto. O diagnóstico, conceituação, tratamento e solução de um problema geram uma série de informações que, quando fixadas convenientemente, permitem a garantia de que, com alguma certeza, a informação relevante estará disponível no lugar correto e

tecnológico. Regras de tratamento da informação são básicas para a coordenação de todo o fluxo de informações na empresa, o que afeta especialmente a engenharia. Segundo Fleury (1983), para analisar a questão do suporte de informações necessário para a engenharia é preciso citar um aspecto não muito encontrado na literatura, que é a questão da fixação da informação na empresa, ou seja, da criação de um acervo

Figura 2.2 – O ciclo de produção e consumo (Fonte: Adaptado de Asimow, 1968)



de marketing impõe diferenciação e vantagens em relação à concorrência. Finaliza o autor afirmando que todos querem lucro e a sociedade de maneira geral pede produtos que não degradem o meio ambiente.

Estas exigências conflitantes no ciclo de produção e consumo surgem ao se reconhecer que:

- Vendedores desejam diferenciação e vantagens competitivas.
- Engenheiros de produção desejam simplicidade na fabricação e facilidade na montagem.
- Engenheiros de projeto gostariam de testar novos materiais, processos e soluções.
- Empresários querem pouco investimento e retorno rápido de capital.
- Consumidores desejam satisfação máxima de necessidades e custo mínimo.

A melhor concepção de produto de sucesso de fato, portanto, procurar atender a interseção dos desejos conflitantes destes cinco agentes no processo, como está apresentado na Figura 2.3.

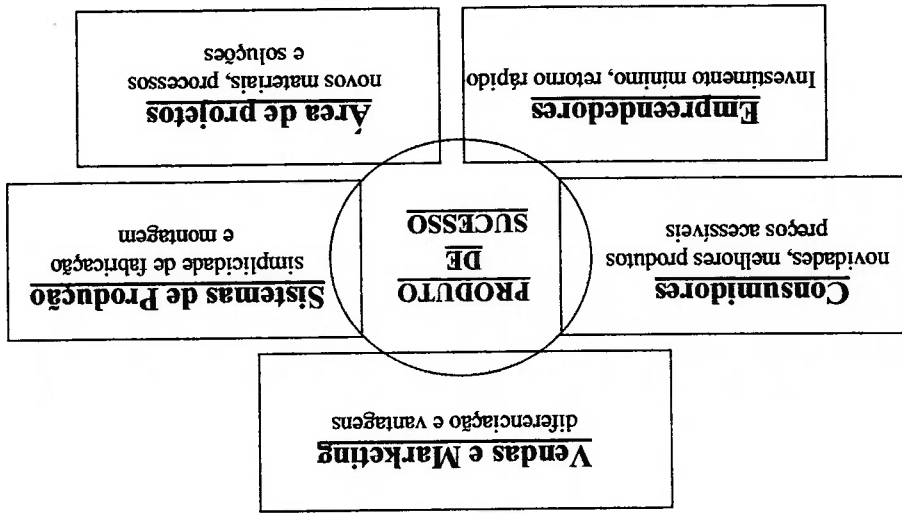


Fig. 2.3 – Estratégia de concepção de produto.

Então, quando há interseção entre as restrições desses cinco agentes, existe um produto de sucesso. Quando não há, o produto não será tão bem sucedido quanto um outro que a consiga.

2.2.2 – Ciclo evolucionário em estágios e revisões

O gerenciamento eficaz do processo de desenvolvimento, onde a empresa estabelece procedimentos para conduzir as ideias do novo produto para o mercado aumenta a probabilidade de êxito do produto. Um ingrediente essencial para o sucesso de um novo produto é o processo de desenvolvimento em estágios.

A subdivisão de atividades em estágios pelos quais são evolidos os novos produtos, passando por transformações sucessivas, é amplamente aceita, argumentam Baker et al. (1978). São estágios ou fases que independem do tipo de empresa, indústria ou produto considerado. Ainda segundo os autores, à medida que uma ideia ou produto se desloca através do processo de desenvolvimento, ao final de cada estágio apresenta-se necessariamente a decisão de rejeitar ou prosseguir.

Esse sistema, que fragmenta o processo de desenvolvimento do produto em estágios, transforma cada estágio em um conjunto de atividades pré-determinadas, multifuncionais e paralelas. A entrada para cada estágio é um ponto de decisão e estes pontos controlam o processo, tendo como funções, o controle da qualidade do projeto e a tomada de decisão que envolve as saídas.

A aplicação de um processo de desenvolvimento em fases e revisões ou pontos de decisão, segundo Zangwill (1993), pode cortar os tempos de desenvolvimento de produtos em um terço. A organização das atividades, formando um padrão sequencial lógico, em que um produto é desenvolvido através de uma série ordenada e sequencial de passos, caracteriza este processo, que impõe revisões periódicas, garantindo que os resultados planejados sejam atingidos.

Neste processo as revisões se constituem em pontos formais de decisão, possibilitando uma alternativa para interromper-se o desenvolvimento de produtos

que não foram bem concebidos e que por isso poderiam ter um desempenho negativo no mercado.

A abordagem em estágios no processo de desenvolvimento de produtos é aplicada em muitas empresas. Zangwill (1993) justifica esta ocorrência, comentando que este procedimento organiza o trabalho em uma sequência lógica e, através de revisões periódicas, assegura que a atividade planejada seja realmente realizada.

Segundo o autor, o número exato de fases depende do produto, frequentemente posicionando-se entre quatro e sete fases para o total desenvolvimento do processo.

Tradicionalmente, entretanto, um processo mais geral abrange seis passos num desenvolvimento em fases: (1) geração da ideia, (2) seleção, (3) análise comercial, (4) desenvolvimento em fases: (1) geração da ideia, (2) seleção, (3) análise comercial, (4) desenvolvimento, (5) teste de mercado e (6) comercialização (Figura 2.4). A cada passo é estabelecido um ponto de decisão de abandonar o projeto, prosseguir para o passo seguinte ou buscar informações adicionais antes de prosseguir. Na maioria dos casos, cada estágio é mais oneroso que o anterior.

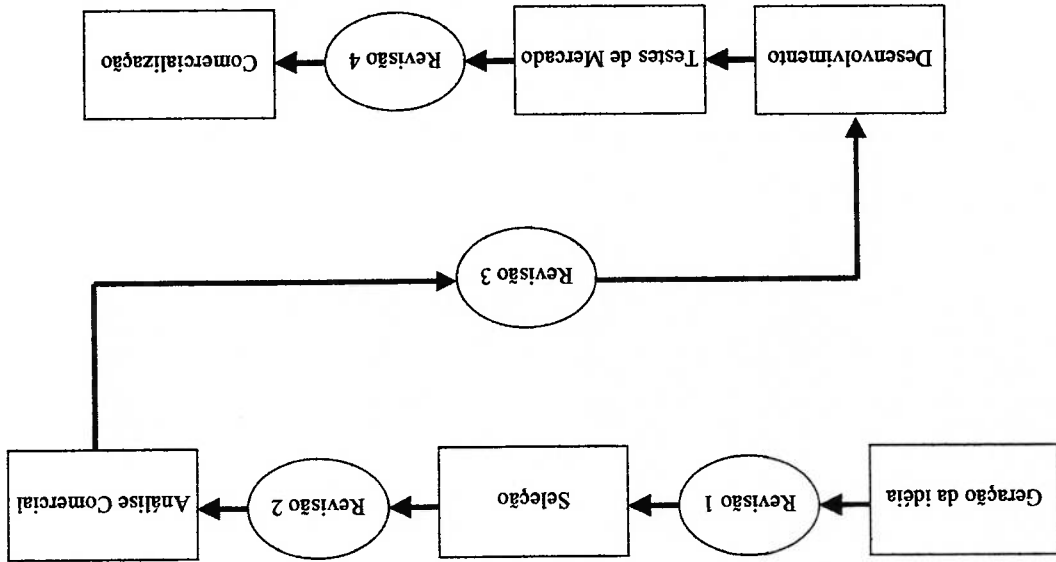


Figura 2.4 – Processo em estágios e revisões (Fonte: Adaptado de Zangwill, 1993).

Nem todas as ideias geradas neste estágio apresentam imediato potencial de mercado (Backer et al., 1978). Neste caso as empresas procedem a registros de

analisado, que valem a pena ser tomadas como exemplo.

análise, uma empresa pode melhorar e incorporar as características-chave do produto como uma empresa concorrente o fez (Slack et al., 1997). Como resultado desta A “Engenharia Reversa” consiste em desmontar um produto para entender

Reversa.

acompanhando de perto as atividades de seus concorrentes, utilizando a Engenharia produtos será abordada mais adiante. Outras empresas geram novas ideias utilização da criatividade como ferramenta auxiliando o desenvolvimento de funcionários a criatividade e capacidade de gerar ideias para novos produtos. A com vendedores que estão próximos aos clientes. Muitas incentivam em seus Algumas empresas desenvolvem ideias de produtos em um trabalho conjunto

novos (Backer et al., 1978).

amplitude das ideias pode ir de pequenos aperfeiçoamentos a produtos radicalmente funcionários, de especialistas em pesquisa e desenvolvimento, fornecedores, etc. A de muitas fontes e origens: de consumidores, da rede de distribuição e vendas, de O desenvolvimento de um novo produto em seu estágio inicial envolve ideias

Geração da ideia

apresentadas como segue (Zangwill, 1993; Boone, Kurtz, 1995):

As etapas de um processo geral de desenvolvimento de produtos podem ser

produto, de acordo com sua complexidade.

os estágios citados. Rotas apropriadas devem ser estabelecidas para cada tipo de organização específica, pois nem todos os tipos de processos devem passar por todos exemplo para se desenvolver modelos personalizados, adaptados para cada uma regra para todas as empresas. Conta, porém, com a vantagem de servir como um utilizados tipicamente por empresas de manufatura, e não deve ser considerado como O processo apresentado é muito genérico, e é fundamentado em processos

patentes de suas descobertas, com o intuito de assegurar direitos exclusivos, para posterior exploração comercial.

Revisão I

Na revisão inicial, as idéias para futuros produtos são confrontadas contra fatores chaves aos quais seria desejável que atendessem, num determinado nível mínimo. Estes fatores geralmente são relativos a assuntos como: magnitude da oportunidade, atratividade de mercado, sinergia com a atividade primária do negócio e com os recursos da organização, riscos e viabilidade do sistema de distribuição da empresa. Esta revisão é a primeira decisão de comprometimento de recursos a um desenvolvimento de novo produto, iniciando-se seu processo. Se a decisão for de iniciar o processo, este passa para o estágio de Seleção.

Seleção

Após as idéias terem sido relacionadas, o estágio seguinte procura eliminar aquelas que não atendem as políticas e objetivos da empresa, envolvendo a separação das idéias com potencial daquelas inexequíveis ou temporariamente inadequadas. Geralmente listas de verificação (*checklists*) são empregadas para determinar se as idéias de novos produtos devem ser abandonadas ou submetidas a outras considerações. Estas listas de verificação tipicamente incluem fatores como singularidade do produto, disponibilidade de matérias-primas e compatibilidade do produto proposto com os produtos já em oferta, as instalações existentes e as capacidades atuais.

Revisão 2

Esta revisão é essencialmente uma repetição da Revisão I onde são reavaliadas as idéias para um novo produto, porém com base nas informações adicionais fornecidas pelo estágio anterior. Neste ponto, o nível de incerteza quanto às informações disponíveis já é um pouco mais baixo e se a decisão for de prosseguir, o projeto entra para o próximo estágio.

Este é o ponto de decisão final antes do estágio de desenvolvimento. A importância desta revisão não pode deixar de ser enfatizada porque nos estágios subsequentes os custos tornam-se mais elevados, pois este é o último ponto no qual o processo pode ser cancelado. Ao vencer-se esta etapa o comprometimento financeiro da empresa no processo torna-se substancial. A avaliação envolve a revisão de cada uma das atividades do estágio da Análise Comercial, verificando se as atividades foram realizadas conforme o planejado e se os resultados foram positivos.

Revisão 3

Boone, Kurtz (1995) apontam vários estudos indicando que empresas que investem mais nas atividades pré-desenvolvimento tem registrado uma taxa mais alta de sucesso de produto e um número menor, tanto de erros como de tempo de desenvolvimento do produto.

Impõe-se então tomar decisões precisas acerca da compatibilidade do produto proposto com os recursos da empresa, como suporte financeiro para a promoção necessária, capacidade de produção e instalações, e canais de distribuição.

Nesta etapa, um acordo deve ser realizado com respeito aos itens chaves antes que se inicie o estágio de desenvolvimento. Estes itens incluem a definição das metas de mercado, entre elas, definição da concepção do produto, especificação do posicionamento estratégico do produto, delineamento dos benefícios que o produto deverá fornecer, um acordo quanto às características essenciais e desejáveis do produto, atributos e especificações.

Uma idéia de produto que sobrevive à seleção inicial é submetida a uma rigorosa análise comercial, que envolve uma avaliação do mercado potencial do novo produto. Neste estágio busca-se determinar, da forma mais exata quanto às informações disponíveis permitirem, a taxa de crescimento, retorno do investimento e possíveis pontos fortes competitivos, como a ampliação da linha do produto e o acesso a novos mercados.

Análise comercial

O resultado de uma análise financeira detalhada neste momento fornecerá informações importantes para o processo de tomada de decisão. O plano do estágio de desenvolvimento e os planos preliminares de marketing são revisados e aprovados neste ponto de decisão, onde as falhas poderão ser detectadas e eliminadas, quanto mais sólida for a base de informações que fundamenta a decisão de abortar ou prosseguir o processo.

Desenvolvimento Técnico

Este é o estágio que exige mais tempo para sua conclusão, onde os encargos financeiros aumentam substancialmente à medida que a empresa converte uma ideia de produto num produto físico.

Muitas empresas contam com a ajuda de sistemas informatizados (CAD/CAE), agilizando assim o estágio de desenvolvimento.

As vantagens oferecidas pelos sistemas CAD/CAE no apoio ao desenvolvimento promovem desde uma melhor documentação e apresentação do produto, com melhoria da qualidade dos desenhos, diminuição de tempo e custos, aumentando a produtividade geral, até um melhor gerenciamento do processo.

Para Karminski (2000), as tecnologias CAD (*Computer Aided Design*) e CAE (*Computer Aided Engineering*), e mais recentemente, a Prototipagem Rápida, tem alcançado expressiva importância no desenvolvimento de produtos.

Esta etapa do processo envolve a responsabilidade conjunta do departamento de desenvolvimento de engenharia, que transforma o conceito original, e do departamento de marketing, que fornece o retorno das reações do consumidor ao projeto do produto, embalagem, cor e outras características físicas. Portanto podem ser necessárias várias mudanças antes que o projeto inicial seja transformado em produto final.

Este procedimento caracteriza a interatividade das ações deste estágio, prescindindo de um ponto formal de decisão após sua conclusão.

Teste de mercado

Após o estágio de desenvolvimento, a próxima etapa conduz à avaliação da provável aceitação do produto onde muitas empresas submetem seus novos produtos a testes de mercado. O teste de mercado caracteriza o primeiro estágio no qual o produto está exposto às condições que determinam as reações dos consumidores.

Este estágio deve verificar se o produto atende técnica e comercialmente aos objetivos visualizados na proposta original de desenvolvimento

Segundo Boone, Kurtz (1995), algumas empresas evitam o teste de mercado e passam diretamente do desenvolvimento do produto para a produção em escala normal, alegando, como motivos, quatro problemas:

1. O teste de mercado é oneroso.

2. Os concorrentes que tomam conhecimento do teste podem desvirtuar os seus resultados.

3. Bens duráveis de vida longa raramente são submetidos a testes de mercado, tendo em vista não só os grandes investimentos de capital exigidos para o seu desenvolvimento, mas a necessidade da criação de uma rede de revendedores para a distribuição do produto, e de peças e assistência técnica.

4. A realização de um teste de mercado de um novo produto comunica os planos da empresa aos concorrentes antes de seu lançamento.

Revisão 4

Este ponto de decisão habilitará o novo produto a comercialização completa e, para que isto aconteça é necessário uma avaliação da qualidade do estágio anterior e dos resultados obtidos. As projeções financeiras são informações importantes na decisão de prosseguir com o processo. O plano de lançamento no mercado é revisado e aprovado.

Comercialização

Este estágio final envolve a implementação do plano de lançamento do produto, como resultado da aplicação de todos os passos do processo de desenvolvimento. O novo produto está pronto para ser lançado e submetido pela primeira vez ao mercado com capacidade plena.

O ciclo de vida do produto tem início neste estágio de lançamento. Evidentemente este estágio é crítico para qualquer produto novo e deve merecer atenção especial. Os programas de marketing precisam ser estabelecidos, as instalações necessárias devem estar viabilizadas, e a equipe de distribuição e vendas, assim como os clientes em potencial, precisam ficar familiarizados com o novo produto, indicando que o estágio de comercialização deve ser planejado nos estágios anteriores para que a transição seja feita com eficácia (Baker et al., 1978).

Em conclusão, Baker et al. (1978) citam que, como visto, os estágios do processo de desenvolvimento variam de importância de um produto para outro. Como exemplo, os autores lembram que o estágio de desenvolvimento não é tão longo e talvez não tão crítico para certos tipos de bens de consumo, como para uma nova marca de sabão, quanto um produto altamente técnico como uma máquina-ferramenta. Do mesmo modo, dentro dos próprios estágios os problemas encontrados por diferentes tipos de produtos normalmente apresentam diferenças. Assim, as dificuldades em testes de mercado para um novo tipo de chocolate são diferentes das encontradas no caso de uma nova máquina de soldar.

Apesar da importância relativa de cada estágio, e da diferença de ênfase entre eles, todo o desenvolvimento de novo produto, qualquer que seja, com maior ou menor grau de precisão parece ajustar-se dentro dos estágios esboçados. É verdade que a empresa pode ou não reconhecer explicitamente cada uma das fases, mas há necessidade de decisão para cada uma delas. No interesse de uma melhor prática gerencial em uma área de tal importância, o reconhecimento destes estágios no processo de desenvolvimento de um novo produto tem uma contribuição a fazer para

reduzir o índice de fracassos de novos produtos e concomitante desperdício de recursos escassos.

2.3 - O fator "tempo" no desenvolvimento de produtos

Até certo ponto, o processo em estágios e pontos de decisão é sequencial; um estágio segue-se ao outro. Mesmo sendo conveniente para finalidades analíticas, não é necessariamente o que sempre acontece nas atividades empresariais.

O processo de desenvolvimento, em muitos mercados, precisa ser acelerado em função da rápida evolução das tecnologias que o caracterizam, mudanças nas preferências dos consumidores ou pressões competitivas. Essa aceleração não visa propriamente a uma redução de custos, mas a possibilidade de lançar o novo produto ao mercado antes dos concorrentes. A abordagem em estágios sequenciais, embora lógica, mostra-se lenta como resposta, nestas oportunidades.

Zangwill (1993) cita o processamento em paralelo dos estágios, mostrando que há a possibilidade de sobreposição de atividades, como apresentado no exemplo da Figura 2.5, onde a Fase 2 pode ser iniciada antes da revisão da Fase 1.

Boone, Kurtz (1995) ressaltam que a utilização desta nova abordagem tem sido muito praticada ultimamente. Os autores citam o exemplo do setor eletrônico, onde o lançamento de um novo produto no mercado com atraso de apenas nove meses pode custar ao produto metade de seu lucro potencial.

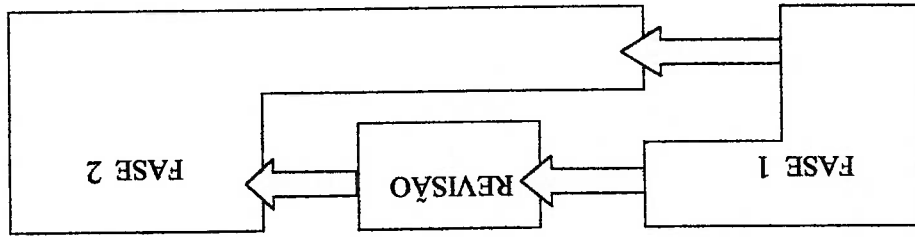


Figura 2.5 -- Processamento de fases em paralelo (Fonte: Zangwill, 1993)

A redução do tempo de desenvolvimento será obtida com toda a equipe envolvida desde a geração da idéia até a comercialização do produto, realizando um trabalho simultâneo, e não sequencial, dos estágios.

Casarotto Filho et al. (1999) observam que novas técnicas têm surgido no âmbito da administração de produtos. A engenharia simultânea ou concorrente, originalmente *concurrent engineering*, surgiu na década de 90, como uma forma de tornar mais rápida ainda a execução desses processos. Engenharia simultânea significa que atividades diferentes no processo de desenvolvimento são realizadas paralelamente. Ao invés de primeiro desenvolver o produto e depois projetar o processo de manufatura, o desenvolvimento de ambos produto e processo é realizado simultaneamente. O maior benefício desta técnica é a redução do tempo de desenvolvimento. Segundo os autores, superando a década de 80, caracterizada como a década da qualidade, a década de 90 iniciou-se como a década da responsividade, ou seja, a década da resposta rápida, especialmente na introdução de novos produtos. A execução sequencial de tarefas já não satisfaz em alguns casos. É necessário começar todo o processo de uma só vez, com equipes com grandes responsabilidades e altas decisões, pois lançar um produto depois da concorrência pode significar o fim da empresa, analisam Casarotto Filho et al. (1999).

2.4 – O ciclo de vida do produto

Concluindo o ciclo evolucionário do desenvolvimento de um novo produto, o estágio de lançamento do produto no mercado proporciona a transição para o ponto de partida do ciclo de vida do produto.

Ciclo de vida do produto é definido como um comportamento em etapas que os produtos bem sucedidos atravessam, do momento em que são introduzidos por uma empresa ao ponto em que os clientes não estão mais interessados em comprá-los (Slack et al., 1997).

O ciclo de vida do produto é apresentado como uma curva, geralmente representando a variação do volume de vendas ao longo do tempo, e comporta quatro estágios básicos: introdução, crescimento, maturidade e declínio.

Valeriano (1998) cita uma fase inicial, ainda muito ligada à inovação tecnológica, chamada de difusão, que comporta a introdução de um produto no mercado e o crescimento de suas vendas. Segue-se, segundo Valeriano (1998), uma certa estabilidade, enquanto o produto atinge seu estágio seguinte, a maturidade, que pode ter duração de alguns meses a muitos anos.

A incapacidade de evolução, a obsolescência, o desinteresse do mercado, podem afetar o sucesso comercial do produto, diminuindo sua aceitação entre os consumidores. Neste ponto de sua vida, o produto entra em declínio, sendo retirado do mercado com ou sem substituição por sucedâneo.

A Figura 2.6 mostra o ciclo de vida de um produto, como descrito por Valeriano.

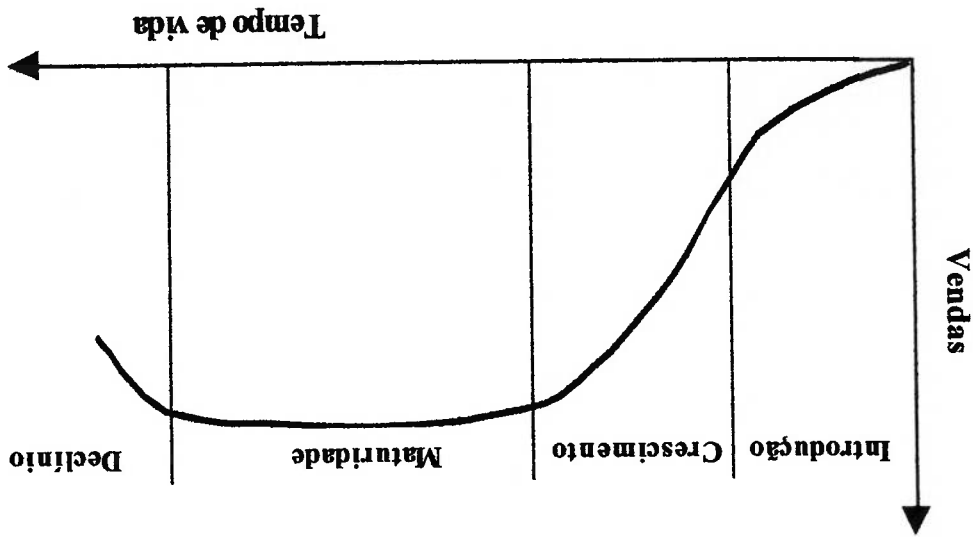


Figura 2.6 – Ciclo de vida de um produto (Fonte: Valeriano, 1998)

O lançamento de um produto então, dará início a um conjunto de atitudes e reações de clientes e concorrentes que, segundo Slack et al. (1997), pode ser generalizado, associando-o ao próprio ciclo de vida do produto em suas etapas:

Etapa de introdução

O objetivo da empresa nas primeiras etapas do ciclo de vida do produto é estimular a demanda para a entrada no novo mercado. Dada a incerteza relativamente alta inerente a estes mercados, a empresa necessita de uma gestão que implemente competitividade, desenvolvendo flexibilidade e ambiente para mudanças, mantendo seus níveis de qualidade, para não prejudicar o desempenho do produto.

Na etapa de introdução, os produtos geralmente apresentam novas características tecnológicas para sua categoria. Como o produto é desconhecido do público, campanhas promocionais enfatizam informações acerca de suas características. Nesta etapa o público se torna familiarizado com as vantagens do novo produto e começa a aceitá-lo. Os prejuízos financeiros são comuns durante a etapa de introdução, devido aos custos associados à promoção extensiva e aos grandes gastos com pesquisa e desenvolvimento.

Etapa de crescimento

O volume de vendas aumenta rapidamente, caracterizando a etapa de crescimento, pois, se o produto sobreviver à severidade de sua introdução ao mercado, começará a ser amplamente adotado, à proporção em que um número crescente de consumidores faz as primeiras compras e os compradores pioneiros repetem a compra do produto.

A etapa de crescimento geralmente tem início quando uma empresa passa a auferir lucros de seus investimentos. Inevitavelmente, o sucesso do produto atrai concorrentes, que começam a desenvolver produtos semelhantes, procurando manter-se no mercado ou proteger sua posição dentro dele. Na verdade, a maioria das empresas de um setor específico entra no mercado durante a fase de crescimento de um novo produto.

Resposta rápida e confiável à demanda neste período ajudará a empresa a manter sua participação no mercado, assegurando o aumento no volume de vendas, a medida em que a concorrência se torna mais acirrada.

Etapa de maturidade

O volume de vendas continua a aumentar na fase inicial da etapa de maturidade, atingindo posteriormente um patamar, com a demanda começando a estabilizar-se, quando então as encomendas dos clientes em potencial começam a diminuir. A esta altura um grande número de concorrentes já entrou no mercado, e os lucros da empresa começam a diminuir enquanto a concorrência fica mais forte, num ambiente cada vez mais competitivo e preocupado com preços.

Devido à mudança para a competição baseada em preços, custo e produtividade tornam-se as principais preocupações da empresa, quando será necessária uma gestão de redução de custos e aumento de produtividade, seja para manter os lucros ou para permitir uma redução nos preços, ou ambos.

Na etapa da maturidade as diferenças entre os produtos concorrentes diminuem à proporção que os concorrentes descobrem as características do produto mais desejadas pelos consumidores, sejam promocionais ou tecnológicas. Algumas empresas diferenciam seus produtos concentrando-se em atributos como qualidade, confiabilidade e serviços, ocupando pequenos nichos no mercado.

Nesta etapa do ciclo de vida, os produtos disponíveis superam a demanda setorial pela primeira vez, e as empresas podem aumentar sua participação no mercado somente com a saída de algum concorrente inicial.

Etapa de declínio

Na etapa final do ciclo de vida do produto, as inovações ou mudanças de preferências dos consumidores, provocam um declínio absoluto nas vendas da empresa, com o amplo atendimento da necessidade que o produto estava preenchendo. Os fabricantes gradualmente retiram os produtos em declínio de suas linhas e buscam novas alternativas.

Por outro lado, Quintella (2000) alerta quanto à eliminação de produtos, que deve ser bem planejada para que a empresa não perca o mercado já estabelecido.

1. Os produtos têm vida limitada.
2. As vendas do produto passam por quatro estágios distintos, com diferentes desafios.
3. Os lucros aumentam e diminuem nos diferentes estágios do ciclo de vida do produto.

de um produto:

Slack et al. (1997) derivam quatro importantes consequências do ciclo de vida

do marketing deve novamente acentuar o aumento da demanda primária. utilizada no período de maturidade e, durante o período de declínio, a preocupação seletiva no período de crescimento. A segmentação de mercado é amplamente etapa de introdução, passando o foco então para o desenvolvimento de uma demanda maximização de vendas em cada etapa, buscando enfatizar o estímulo da demanda na para a promoção do produto nas etapas finais, o marketing pode se concentrar na promocional geralmente passa das informações sobre o produto, nas etapas iniciais, assumem um padrão previsível ao longo das etapas do ciclo de vida e que a ênfase útil na tomada de decisão da estratégia de marketing. Sabendo que as vendas Boone, Kurtz (1995) lembram que o ciclo de vida do produto é uma ferramenta segurança, autonomia, conforto, etc.

prosseguindo em seu crescimento, com o incremento em fatores como economia, decadência de dezenas de tecnologias que ele próprio recebeu, utilizou e descartou, e ainda não entrou na etapa de declínio. O automóvel assistiu ao nascimento e automóvel de combustão interna, um produto que existe desde o final do século XIX mantêm o produto sempre atual. Exemplifica esta observação, apontando o veículo As tecnologias mais recentes são agregadas e depois substituídas, num processo que substituição de várias tecnologias e incorporando novas outras diferentes tecnologias. sua vida útil. Na etapa de maturidade, um produto pode sobreviver evoluindo com a considerado, contempla a utilização de várias tecnologias que se sucedem, durante Valeriano (1998) observa que, em geral, um mesmo produto, genericamente

4. Os produtos exigem diferentes estratégias de abordagem (marketing, finanças, produção, etc.) em cada estágio.

A Figura 2.7 apresenta a probabilidade de variação das características do produto nos diferentes estágios de seu ciclo de vida.

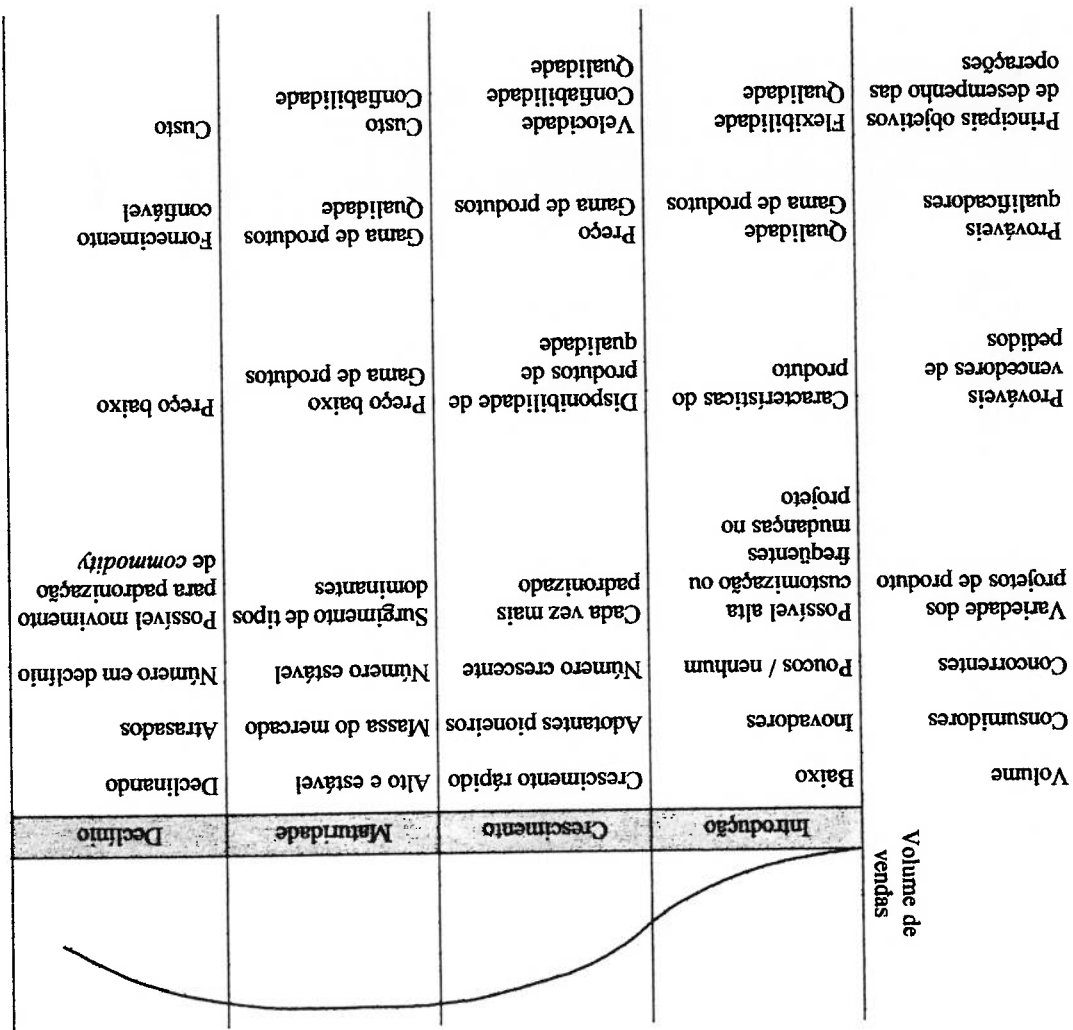


Figura 2.7 – Efeitos do ciclo de vida na empresa (Fonte: Slack et al., 1997)

Segundo Baxter (1998), o conhecimento da curva de vida do produto é importante para o planejamento estratégico do desenvolvimento de novos produtos. O planejamento estratégico deve estabelecer as metas ou missões que uma empresa

deve alcançar e define as estratégias ou ações que deve realizar para que estas metas ou missões sejam alcançadas.

Freeman (1987) (*apud* Baxter, 1998) define uma classificação de seis tipos de estratégias empresariais:

Ofensiva. A estratégia ofensiva é adotada pelas empresas que querem manter liderança no mercado, colocando-se sempre à frente de seus concorrentes. Elas dependem de grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento para introduzir inovações radicais ou incrementais em seus produtos.

Defensiva. As empresas que adotam esta estratégia acompanham as mudanças tecnológicas, mas não tem o objetivo de liderança. Deixam, deliberadamente, que outras empresas invistam em desenvolvimento e procurem absorver as inovações lançadas, introduzindo melhorias nos produtos pioneiros.

Imitativa. As empresas apresentam interesse nas inovações, mas não tem possibilidade de diminuir o hiato tecnológico em relação às empresas líderes.

Dependente. As empresas adotam uma postura reativa, promovendo mudanças em seus produtos somente por solicitação de seus clientes ou matrizes, pois não tem autonomia para lançar produtos próprios.

Tradicional. É adotada por empresas que atuam em mercados estáveis, com pouca ou nenhuma demanda para mudanças.

Oportunista. Esta ligada à sensibilidade do empresário em perceber uma oportunidade de mercado, quando em rápida mudança. Normalmente exige pouco esforço de desenvolvimento.

As informações sobre o ciclo de vida também são importantes para a decisão do lançamento de um novo produto B sucedâneo de A. Tomando-se o exemplo de uma empresa que adota uma estratégia ofensiva, com custos em pesquisa e desenvolvimento altos, o período de lançamento de um novo produto deverá ocorrer

em condição monopolista, que possibilita uma maior margem de retorno do investimento. Normalmente o lançamento do produto inovador B ocorre na fase de maturidade do produto A, que já enfrenta concorrência, principalmente de empresas que adotam estratégia defensiva, como mostra a Figura 2.8.

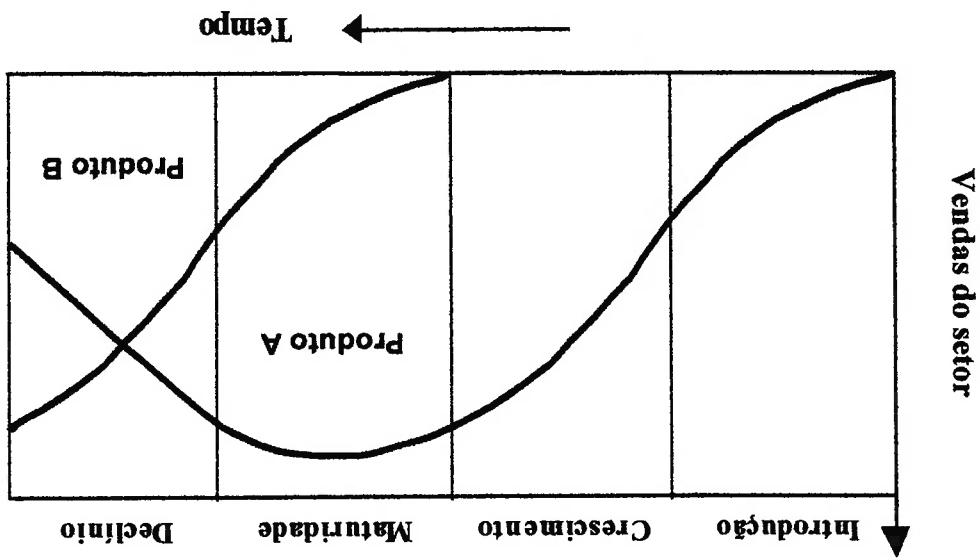


Figura 2.8 – Intervalo de lançamento de produtos (Fonte: Boone, Kurtz, 1995)

O PROCESSO DE PROJETO DO PRODUTO

Na fase do desenvolvimento técnico, que abrange o projeto e a fabricação de novos produtos, os estágios iniciais apresentam-se como os mais importantes. Quando o estágio de projeto do produto for finalizado, um grande número de decisões terá sido tomado e uma grande quantidade de recursos financeiros estará alocada, entretanto, nesta fase do desenvolvimento os custos ainda são relativamente pequenos (Baxter, 1998).

Asimow (1968) ilustra a ampliação dos recursos necessários para a fabricação do produto projetado (Figura 3.1). Percebe-se que a propagação de erros cometidos nos estágios iniciais pode causar prejuízos altíssimos.

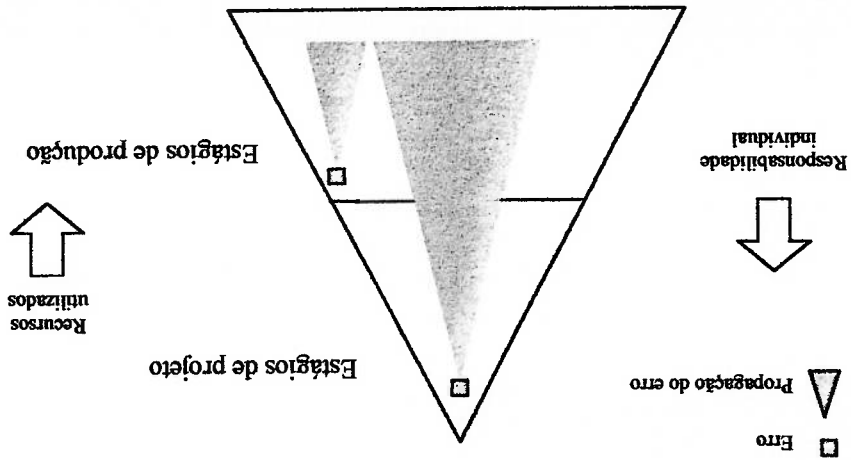


Figura 3.1 – Aplicação de recursos e responsabilidades (Fonte: Adaptado de Asimow, 1968)

Também a introdução de mudanças em etapas posteriores, como no estágio de produção, pode implicar em aumento expressivo no custo do produto.

Um fator determinante do sucesso no desenvolvimento do produto consiste, então, em investir mais tempo e criatividade durante os estágios iniciais, tornando o processo de projeto do produto uma atividade que precisa ser planejada cuidadosamente e executada sistematicamente.

A utilização de um método de projeto de produtos é então imprescindível. Auxilia a ação dos projetistas que poderão contar com um modelo de desenvolvimento confiável para realizar seu trabalho e, de maneira mais ampla, nas tomadas de decisão.

As atividades de projeto em engenharia, embora executadas por muitos séculos, não tinham qualquer estrutura ou organização, até aproximadamente a década de 60, quando surgiram publicações que procuravam formalizar as suas características típicas.

O livro "Introduction to Design: Fundamentals of Engineering Design" de 1962, publicado em português em 1968, com o título "Introdução ao Projeto de Engenharia", tornou seu autor, Morris Asimow, um pioneiro no tratamento metodológico de recomendações de projeto, como resultado de pesquisas científicas (Fleury, 1983). Asimow (1968) propõe em sua obra a elaboração de uma filosofia para o projeto de engenharia, afirmando que o projeto de produtos industriais não deve ser uma atividade empírica, mas deve estar delimitada por uma metodologia.

3.1 – A filosofia de projeto

Não há uma definição de projeto que seja reconhecida universalmente, existindo definições diferentes, citadas por diversos especialistas. Fleury (1983) apresenta a definição de Woodson para Projeto de Engenharia como:

“Um esquema de processos de decisão interativos para produzir os planos pelos quais recursos são transformados, de preferência de maneira ótima, em sistemas ou mecanismos que atendem às necessidades humanas”;

Da definição pode-se entender o projeto como uma idéia ou plano de alguma coisa, formulado numa configuração para comunicação, ação e avaliação.

Estes são os fundamentos de uma filosofia para o projeto, segundo Asimow (1968). A seleção de princípios e conceitos que sejam úteis e que possam dar origem a uma disciplina de projetos, que engloba as disciplinas que fornecem apoio ao desenvolvimento de projetos dentro desta filosofia.

Na formulação seguinte faz-se necessário instituir uma metodologia pela qual a disciplina de projetos possa ser aplicada no sentido mais geral, uma vez que uma filosofia que não resulte em ação é estéril: torna-se um exercício sem conseqüências. O conjunto das práticas realizadas para a obtenção de resultados, no campo onde a filosofia se aplica, é o corpo desta disciplina operacional. O resultado do seu estabelecimento será uma metodologia de projeto. O estabelecimento desta metodologia é apresentado pelo autor, como a principal problemática desta disciplina.

A função de avaliação é então estabelecida e, pelo seu exercício, elabora-se uma regra geral de discernimento que resulte num meio para medição da validade e do valor dos resultados, em aplicações específicas. Esta função deve tornar-se um instrumento de crítica que avalie as vantagens, identifique as falhas e indique as direções de aperfeiçoamento da disciplina operacional ou metodologia aplicada no desenvolvimento do projeto.

O processo de projeto requer uma constante reflexão nestes três componentes da filosofia do projeto. Falhas neste estágio do desenvolvimento de produtos predominam quando algum ou todos os componentes são ignorados. A Figura 3.2 apresenta o relacionamento dos componentes desta filosofia de projeto.

Analisaremos neste item um dos componentes da filosofia de projeto: o conjunto das disciplinas de projeto ou metodologia de projeto. A metodologia de projeto será abordada como um procedimento para a condução sistemática do projeto de produtos, estabelecido com a finalidade de orientar projetistas quanto à sua atuação e sobre os recursos que devem ser empregados na resolução de determinados tipos de problemas. Estes procedimentos apresentam-se, normalmente, na forma de fluxogramas das atividades de projeto, desde a identificação do problema até a

3.2 – A estrutura do processo de projeto

Asimow (1968) fixa assim os limites de uma filosofia para projetos de engenharia, com o estabelecimento destes elementos: 1) Um conjunto de informações necessárias para uma disciplina operacional, determinado pelo princípio geral em conjunto com informações referentes ao projeto ao qual a filosofia será aplicada; 2) Determinação de soluções para o projeto, que serão obtidas através da metodologia presente nesta disciplina operacional; e 3) Informações para melhorar o projeto ou expressá-lo como solução final, fornecidas de forma crítica pela função de avaliação.

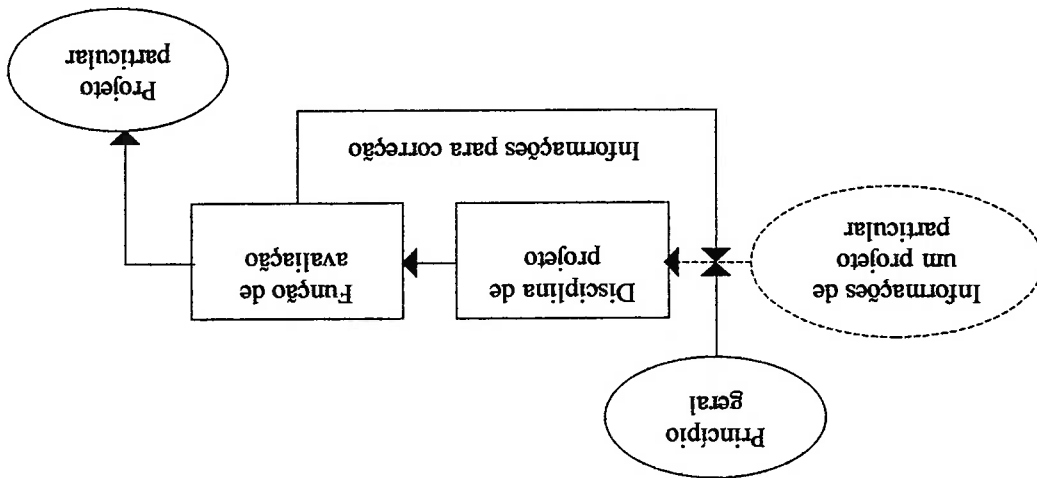


Figura 3.2 – Filosofia de projeto (Fonte: Asimow, 1968)

documentação final do produto, mostrando a natureza iterativa do processo de projeto.

Encontram-se várias metodologias propostas na literatura de projeto de engenharia (Maffin, 1998). Muitos autores desenvolveram seus trabalhos paralelamente, contribuindo com propostas que são bastante semelhantes entre si, diferenciando-se na terminologia empregada e no grau de detalhamento das atividades, surgindo assim soluções muito próximas.

3.2.1 - Escolas filosóficas

Estudos de revisão desta literatura, apresentados por Yoshikawa (1989) e Ebuomwan et al. (1996) mostram, de maneira detalhada, estas abordagens, analisando-as sob vários enfoques.

Em seu trabalho, que oferece uma visão geral sobre esta abordagem filosófica e as diversidades entre as diferentes metodologias, Yoshikawa (1989), propõe uma categorização para as metodologias, classificando cada categoria como uma escola de filosofia de projeto, agrupando assim as metodologias segundo premissas básicas que as compõem. Sua divisão é feita em cinco escolas: Escola Semântica, Escola Simática, Escola Histórica, Escola Psicológica e Escola Filosófica.

Escola Semântica

Yoshikawa (1989) expõe o dogma central da Escola Semântica como a imposição de que qualquer produto, como objeto de um projeto, é algo que transforma as entradas de três tipos: matéria, energia e informação, em saídas dos três tipos respectivos, em diferentes estados em relação às entradas. A diferença entre os dados de entrada e saída são denominados funcionalidades. Os requisitos iniciais são freqüentemente dados em forma de funcionalidades.

O projeto inicia com uma função global, que deve ser analisada em uma estrutura lógica, que fornece conexão entre sub-funções. Decompondo a função global inicial em melhores sub-funções, o projetista poderá substituir cada uma das

sub-funções por efeitos físicos que realizarão a transformação específica. Desta forma, os vários elementos do produto são divididos e a compreensão dos menores elementos poderá fornecer a compreensão do produto como um todo, o que caracteriza a filosofia desta escola.

Muitas pesquisas enquadraram-se nesta escola, principalmente na Alemanha e Suíça.

Escola Sintática

Esta escola é associada à preocupação em garantir-se algum formalismo no processo de projeto, num esforço para estruturar sua metodologia.

Como uma das divisões propostas por Yoshikawa (1989), a Escola Sintática caracteriza-se por uma maior atenção dada aos aspectos processuais da atividade de projeto em lugar do próprio objeto do projeto, isto é, o produto que está sendo desenvolvido. Aspectos dinâmicos ou temporais são mais valorizados no projeto, negligenciando os aspectos estáticos, que foram enfatizados na Escola Semântica. Desta forma, a Escola Semântica de projeto irá estudar o produto em si, enquanto a Escola Sintática terá nas atividades de projeto, que darão origem ao produto, o seu objetivo de estudo.

O autor apresenta Asimow (1968) como um dos fundadores desta escola.

Esta filosofia, que enfatiza os aspectos dinâmicos de projeto, não é contraditória à Escola Semântica, que enfatiza os seus aspectos estáticos. Ambas poderão ser combinadas, para conseguir-se uma metodologia de projeto mais sofisticada.

Yoshikawa (1989) apresenta como destaque desta interação, o trabalho realizado por Pahl, Beitz (1988).

Escola Histórica

Esta escola de pensamento está associada com a visão que a habilidade de projeto não pode ser adquirida eficazmente de uma maneira teórica, mas por experiência.

A metodologia da Escola Histórica, ou Escola de Experiências Passadas (Ebvumwan et al, 1996), é baseada na necessidade do conhecimento da atividade de projeto para se desenvolver o mesmo. Nesta escola, é enfatizada a significação do histórico do desenvolvimento de casos anteriores, que suprirá toda a experiência e habilidade necessária para o desenvolvimento de um projeto.

Escola Psicológica e Escola Filosófica

As Escolas Psicológica e Filosófica são muito recentes. Seu desenvolvimento futuro será fundamentado em pesquisas nas áreas de sistemas de aquisição de conhecimentos, teorias de comportamento e motivação humanas, modelos de inteligência artificial e psicologia da criatividade.

3.2.2 – Modelos de representação do processo de projeto

Existem muitas propostas de modelos para o processo de projeto de produto. Para Cross (1996), alguns destes modelos simplesmente descrevem as sucessões de atividades que tipicamente acontecem no projeto, enquanto outros modelos tentam prescrever um padrão melhor ou mais apropriado de atividades.

Segundo o estudo de Ebvumwan et al. (1996), os modelos de representação da atividade de projeto surgiram de vários pontos de vista filosóficos, tendendo a pertencer a duas classes principais, denominadas Modelos Descritivos e Modelos Prescritivos.

Os Modelos Descritivos estão orientados nas ações e atividades do projetista durante o processo de projeto e normalmente enfatizam a importância de gerar rapidamente um conceito de solução no processo, refletindo assim o "foco na

solução" (Cross, 1996). Esta hipótese de solução inicial é submetida então a análise, avaliação, refinamento e desenvolvimento. Se na análise ou avaliação, falhas fundamentais forem evidenciadas na hipótese inicial, esta será então abandonada, dando oportunidade à geração de um novo conceito que reiniciará o processo.

Apresentam-se, como integrantes desta classe, as propostas de March (1984) (Evbuomwan et al, 1996; Cross, 1996), de Marchett (1966) e de Gero (1992) (Evbuomwan et al, 1996).

Os Modelos Prescritivos, por outro lado, procuram estabelecer uma visão do processo de projeto de uma perspectiva global, cobrindo os passos processuais.

Estes modelos geralmente tendem a prescrever o procedimento de processo de projeto a ser adotado e, em particular, sugerem como melhor executar o projeto, estimulando os projetistas a adotarem métodos progressivos de trabalho.

Muitos destes modelos prescritivos enfatizam a necessidade por uma abordagem mais analítica, precedendo a geração de conceitos de solução. A intenção é tentar assegurar que o problema de projeto seja completamente compreendido, que nenhum elemento importante do problema seja omitido, e que o problema verdadeiro seja identificado.

Apresentam propostas baseadas em modelos prescritivos: Asimow (1968); Watts (1966); Harris (1980); BS 7000 (1990) (Evbuomwan et al, 1996); Jones (1962); Pahl, Beitz (1988); VDI 2221 (1977); Marples (1960); Archer (1984); Krick (1969); Cross (1996); Hubka (1992); French (1985); Pugh (1990) (Evbuomwan et al, 1996; Cross, 1996).

Numa avaliação dos Modelos Prescritivos aplicados ao processo de projeto, Evbuomwan et al. (1996) mostram que um conjunto deles fundamenta os passos processuais das suas propostas no que pode ser considerado como atividades de projeto (ou seja: análise, síntese, avaliação, decisões, etc.), enquanto outros fundamentam os seus passos processuais no que pode ser considerado como as

fases/estágios de projeto (ou seja: projeto conceitual, projeto preliminar, projeto detalhado, etc.).

Os modelos que estão fundamentados nas atividades de projeto incluem as propostas de Jones, Marples, Archer, Krick, Cross e Harris (Everbuonmwan et al., 1996). O autor observa que em todos os modelos, são apresentadas três atividades predominantes: análise, síntese e avaliação. A análise está relacionada principalmente ao exame do problema de projeto, suas exigências e especificações. A atividade de síntese está interessada na geração de idéias, sugerindo soluções ao problema de projeto. A avaliação envolve a apreciação das soluções de projeto estabelecendo se elas satisfazem as exigências e especificações, fixando os critérios incorporados. A sequência das tarefas, em geral, tende a tratar inicialmente da atividade de análise, seguida da de síntese, e então da de avaliação.

As atividades de análise, síntese e avaliação caracterizam-se como predominantes, pois representam a essência do processo de projeto. Se a análise do problema ou de suas exigências não é executada, a síntese de soluções será dificultada, o que poderia resultar no estabelecimento de soluções impróprias. Uma vez criado um conjunto de soluções plausíveis há, então, a necessidade por avaliação, teste e estimativa quanto a sua fidelidade às exigências e especificações originais, como também aos critérios fixados.

Os modelos que estão fundamentados nas fases do processo de projeto são os modelos de Asimow; Pahl, Beitz; VDI 2221; Watts; Hubka e French (Everbuonmwan et al., 1996). Com a exceção dos modelos de French e da VDI 2221, os demais modelos também incluem, em uma forma mais detalhada, dentro de cada uma de suas fases/estágios, as atividades de projeto que caracterizam a maioria dos outros modelos.

Das publicações escritas em português que abordam o tema, deve-se citar as propostas metodológicas para projeto de produtos de Back (1983) e Kaminski (2000).

A classificação das propostas de modelos segundo os autores relacionados está

apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Classificação das propostas de modelos para o processo de projeto

MODELOS DE REPRESENTAÇÃO	DO PROCESSO DE PROJETO		DO PROCESSO FUNDAMENTAÇÃO				ESCOLAS FILOSÓFICAS	
	DESCRITIVOS	PRESCRITIVOS	AT	AT + F/E	F/E	ST	ST + SM	SM
	GERO (1992)							
	MARCH (1984)							
	MATCHETT (1966)							
	ARCHER (1984)	◇						
	ASIMOW (1968)	◇				○		
	BS 7000 (1990)		◇					
	CROSS (1996)		◇					
	FRENCH (1985)			◇				
	HARRIS (1980)		◇					
	HUBKA (1992)			◇				
	JONES (1962)		◇					
	KRICK (1969)		◇					
	MARPLES (1960)		◇					
	PAHL e BEITZ (1988)			◇			○	
	PUGH (1990)			◇				
	VDI 2221 (1977)				◇			○
	WATTS (1966)			◇				

LEGENDA:

AT - passos processuais fundamentados em atividades de projeto.

F/E - passos processuais fundamentados em fases / estágios de projeto.

AT + F/E – modelos que incluem, dentro de cada uma de suas fases / estágios, as atividades de projeto.

ST - escola sintática.

SM - escola semântica.

ST + SM - modelo que interage aspectos das escolas sintática e semântica.

3.2.3 – As fases e atividades do processo de projeto

Segundo Back (1983), o processo de projeto de um componente ou sistema apresenta em cada caso características e peculiaridades próprias. Mas à medida que um projeto é iniciado e desenvolvido, seu processo desdobra-se em uma sequência de eventos, numa ordem cronológica, em uma estrutura que partilha as atividades do projeto em fases.

Esta estrutura apresenta uma característica básica dos projetos: o seu desenvolvimento de forma não linear. Para Kaminski (2000), este procedimento evidencia o comportamento interativo do projeto, onde cada fase não fica completamente detalhada, quando a seguinte inicia. Dessa forma cria-se uma interdependência entre os itens, fazendo com que o sistema como um todo funcione harmonicamente. O autor associa esta estrutura à figura de uma espiral, denominando-a Espiral de Projeto.

O início das atividades de projeto decorre do reconhecimento de uma necessidade no ambiente da empresa, necessidade esta que pode ser atribuída à mudança nas condições sociais, econômicas e políticas do sistema em que está inserida a empresa (Fleury, 1983).

Fleury (1983) cita ainda que, de maneira geral, as atividades do processo de projeto podem ser divididas em três fases principais, ou fases primárias, onde, sinteticamente, o objetivo de cada fase seria:

- Estudo da Viabilidade: confirmar a suposta necessidade e produzir um conjunto de soluções viáveis;
- Projeto Básico: quantificar os parâmetros de forma a chegar à solução ótima;
- Projeto Detalhado: transformar a solução ótima em descrições para a fabricação.

Os modelos estudados tratam principalmente das fases primárias do projeto, que estão praticamente na esfera da engenharia de projetos, relacionadas às atividades para o desenvolvimento do produto; entretanto, alguns autores

estendem seus modelos, incorporando na estrutura do projeto fases relacionadas ao planejamento da produção e serviços de apoio, compartilhando a responsabilidade da engenharia de projetos com outros setores da administração.

As etapas concernentes a estas fases não serão consideradas no escopo deste trabalho, mas alguns aspectos devem ser ressaltados.

Segundo Asimow (1968), durante o projeto deve ser considerado todo o ciclo de produção e consumo, priorizando-se as fases em função do tipo de produto. Para o autor, as fases de planejamento são divididas em quatro etapas.

Planejamento da produção

Compreende o planejamento para a fabricação do produto. Para produtos feitos em série, a seguinte lista abreviada, apresenta o procedimento típico para esta fase:

- Planejamento de novas instalações;
- Determinação dos processos de fabricação e montagem;
- Determinação dos recursos humanos necessários;
- Projeto de ferramentas e dispositivos de fabricação e montagem;
- Estudo do controle da produção;
- Qualificação de fornecedores;
- Determinação das normas de segurança necessárias;
- Estabelecimento do sistema de garantia da qualidade;
- Planejamento do fluxo geral de informações.

Planejamento da disponibilidade ao cliente

O objetivo desta fase é planejar um sistema eficiente e flexível de distribuição do produto. Alguns dos itens a serem considerados formam a lista seguinte:

- Projeto da embalagem do produto;
- Escolha da forma e dos locais dos depósitos;
- Planejamento da promoção do produto.

Planejamento do consumo do produto

O consumo tem influência profunda no projeto de um produto. Como um processo, o consumo ocorre após a distribuição, mas como fase de projeto, deve ser levado em consideração em seus primeiros estágios. Asimow (1968) considera as seguintes características relativas à forma de utilização do produto:

- Facilidade de manutenção;
- Confiabilidade adequada;
- Segurança de operação;
- Interação homem – produto;
- Aparência estética;
- Economia de operação;
- Durabilidade adequada.

Planejamento do abandono do produto

Esta fase consiste no processo de eliminação do produto, quando estiver obsoleto. Esta eliminação pode ocorrer por formas distintas de obsolescência, como a física, a técnica, e a planejada.

A obsolescência física é caracterizada quanto ao desgaste do produto, impedindo a execução adequada de suas funções, sendo um motivo natural de seu abandono. A obsolescência técnica, também aceita, caracteriza-se por uma substituição mais rápida do produto, antes de seu desgaste. Mudanças na moda, no caso de produtos de vestuário ou utilização de tecnologias mais recentes, no caso de equipamentos de informática, exemplificam a obsolescência técnica.

Já a forma planejada de obsolescência acarreta um sério problema ético, pois impõe o abandono do produto através de mudanças de aspecto, sem o necessário aperfeiçoamento técnico.

3.3 – Estudo de metodologias de projeto

Atualmente, aumentam as evidências de que procedimentos de projeto pertencendo à categoria de modelos prescritivos apresentam maiores chances de se fixarem ao longo do tempo (Ervuonmwan et al., 1996).

O estudo de caso apresentado no Capítulo 5 contempla uma fundamentação do processo de projeto que estabelece seus passos em fases ou estágios.

Para ordenar a pesquisa bibliográfica aqui apresentada em sua adequação aos objetivos do trabalho, faz-se uma abordagem detalhada das metodologias de projeto segundo Asimow (1968), VDI 2221 (1977) e Pahl, Beitz (1988) que, como pode ser observado na Tabela 3.1, são propostas representadas por modelos prescritivos que fundamentam seus passos processuais em fases ou estágios, pertencendo às Escolas Semântica e Sintática, refletindo de maneira ampla o espaço proposto neste trabalho.

Na sequência estas metodologias de projeto serão estudadas em suas fases primárias, concernentes às atividades que caracterizam o projeto de engenharia, buscando amparar a análise crítica proposta para o modelo apresentado no estudo de caso deste trabalho, limitando assim o seu escopo.

3.3.1 – Metodologia segundo Asimow

A proposta por Asimow (1968) pertence à Escola Sintática e apresenta uma fundamental importância por tratar-se de um trabalho pioneiro no desenvolvimento de metodologias de projeto, utilizado por muitos autores na concepção de seus modelos, adaptando-o às exigências observadas na atualidade, agregando novas técnicas e ferramentas.

O modelo, que procura determinar de forma extensiva e concatenada todos os estágios do desenvolvimento de um projeto completo, é estruturado através da série de fases apresentadas na Figura 3.3.

O modelo é dividido em dois grupos: Fases Primárias do Projeto e Fases de Planejamento da Produção e Consumo, que não serão objeto de estudo neste trabalho.

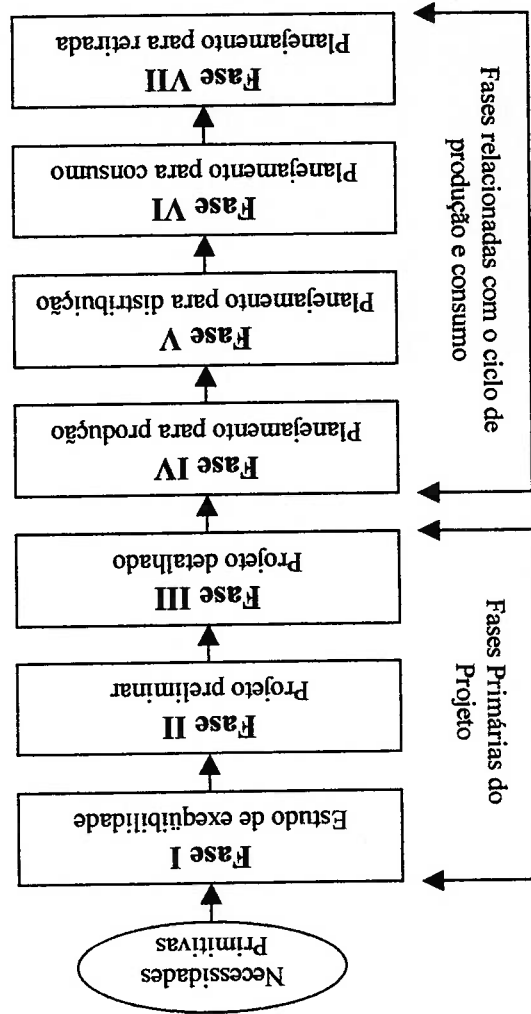


Figura 3.3 – As fases de um projeto completo (Fonte: Asimow, 1968).

As Fases Primárias do Projeto estão relacionadas às atividades de concepção e descrição completa do produto e abrangem:

Estudo da Exequibilidade – Fase I

Após a identificação da necessidade, a partir de informações de mercado, o autor sugere a formulação do problema de projeto, estabelecendo-se um conjunto de

atributos aos quais o projeto deverá satisfazer, caracterizando-os em obrigatórios e desejáveis.

Com o problema formulado, passa-se à concepção de possíveis soluções. As atividades desta etapa resultarão em concepções bem determinadas e com possibilidade de fabricação, exigindo esforços de criação e invenção.

As concepções potencialmente úteis são então separadas das alternativas geradas através de análises quanto à sua viabilidade física, econômica e financeira. A análise de viabilidade física consiste em se determinar se a concepção de solução pode ser prática e fisicamente construída. Admitindo-se que a solução seja plausível, faz-se necessário analisar, em igual consideração, todos os elementos constituintes da solução, transferindo-se a atenção para uma ordem inferior de subproblemas.

A viabilidade econômica decorre da ideia de que "nenhum objeto poderá ser um tópico adequado de um projeto de engenharia se for incapaz de passar no teste de compensação econômica.... 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 seguintes: produtor, distribuidor e consumidor" (Asimow, 1968, p.36).

A viabilidade financeira tem por fim verificar se "um projeto, meritório sob todos os pontos de vista e de um grande valor econômico" pode ser sustentado pelos recursos econômicos disponíveis.

Projeto Preliminar – Fase II

O projeto preliminar inicia-se com um conjunto de soluções úteis que foram desenvolvidas na fase anterior. Nesta fase as várias concepções serão avaliadas resultando numa concepção promissora, que deverá servir como guia para o projeto detalhado.

As atividades propostas para a determinação do projeto preliminar são:

1. Seleção da melhor concepção de projeto. Este passo consiste em comparar-se as várias soluções úteis, selecionando-se uma como a melhor concepção experimental.
2. Formulação de modelos (arquetipos) matemáticos. São representações da concepção de projeto, em sua progressão do abstrato para o concreto, permitindo análises quantitativas de suas características, tornando sua utilização essencial nos passos seguintes.
3. Análise de sensibilidade. Com a formulação dos modelos matemáticos, visualiza-se uma série de variáveis ou parâmetros do projeto. Na análise de sensibilidade pretende-se determinar o grau com que o funcionamento do projeto é afetado pelas variações de seus parâmetros, estabelecendo-se quais são os parâmetros mais importantes, ou seja, aqueles aos quais o projeto é mais sensível.
4. Análise da compatibilidade. A questão de compatibilidade envolve inicialmente considerações simples como tolerâncias geométricas, tolerâncias nas características físicas ou tolerâncias químicas, que devem ser observadas, garantindo a interação harmoniosa dos conjuntos, subconjuntos e elementos, que constituem a concepção de projeto. Há ainda a necessidade de compatibilidade entre as características internas de funcionamento, sempre que as variáveis de saída de um subconjunto sejam as de entrada de outro.
5. Análise da estabilidade. O objetivo desta análise é explorar o comportamento do sistema de tal modo que: garanta que o sistema, como um todo, não seja inerentemente instável; determine as faixas de instabilidade no espaço dos parâmetros de projeto, evitando-as; avalie os riscos e consequências das perturbações que possuem intensidade suficiente para causar falhas no sistema; e, forneça mais evidências, favoráveis ou desfavoráveis, à escolha final de uma particular concepção para o projeto.
6. Otimização formal. Os principais parâmetros do projeto, até este ponto, ainda não estão fixados com valores específicos. Para que o projeto tenha

continuidade, seus parâmetros devem receber definição, ou por valores fixos ou por valores médios. Uma forma possível de fixarem-se esses parâmetros é escolher, dentro das faixas estabelecidas nas análises de sensibilidade e compatibilidade, uma combinação de valores que forem julgados convenientes. A otimização formal é o processo pelo qual se determina a melhor, entre as várias combinações de possíveis valores escolhidos. Esta é chamada de combinação ótima.

Após estes passos, Asimow recomenda, completando o projeto preliminar, algumas atividades com vistas à adequação do produto ao mercado e à própria estratégia da empresa. Assim, estão previstas:

- Projeções para o futuro, no sentido de reavaliar a aceitação pelo mercado e as perspectivas de obsolescência tecnológica;
- Estudos sobre o comportamento do sistema ou produto em termos de sua própria deterioração (desgaste, anticorrosão e obsolescência), utilizando basicamente o ferramental de engenharia econômica;
- Um programa de testes (ou desenvolvimento), através da construção e ensaios em protótipos, visando a detecção de falhas;
- A simplificação do projeto, onde se considera, em relação à solução proposta, se a mesma é realmente a forma mais simples de se obter os resultados desejados.

Projeto Detalhado – Fase III

A concepção geral do projeto definida na fase anterior será, agora, detalhada.

A fase do projeto detalhado visa produzir desenhos para a fabricação com todas as dimensões, tolerâncias e especificações, que são as fontes primárias para o controle dos detalhes dos desenhos, até o último detalhe.

A norma técnica alemã “*Verein Deutscher Ingenieure*” (VDI) concentra diretrizes na área de projeto mecânico, incluindo a VDI 2221 – “*Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products*” (Cross, 1996), que procura determinar um procedimento geral no qual o processo de projeto, como parte integrante do desenvolvimento de um produto, é subdividido em estágios de trabalho,

3.3.2 – Metodologia segundo VDI 2221

Na sexta atividade, Construção Experimental, os protótipos ou plantas-piloto, passam por testes com o intuito de se concretizar a sua exequibilidade física, observar os problemas de produção e simplificar o processo de produção. Por outro lado, os testes terão uma orientação para os pontos de vista do consumidor. As duas últimas atividades são basicamente de revisão de previsões anteriores.

Se até a quarta atividade no fluxo proposto as atividades são voltadas à desagregação do produto e ao projeto das partes, na quinta iniciam-se as preocupações com a montagem. Dos desenhos de montagem surgem incompatibilidades técnicas e as primeiras evidências confiáveis dos custos de produção.

Dentro do fluxo de atividades proposto para esta fase, as primeiras quatro atividades visam na decomposição dos sistemas em subsistemas, componentes e partes de maneira a se poder projetar concretamente as partes. Neste processo, ressalva o autor, é extremamente importante a preocupação com componentes ou partes que possam ser compradas ao invés de fabricadas. Por outro lado, deve haver um contato cada vez mais próximo com a produção, de maneira que o detalhamento seja feito de acordo com as possibilidades do sistema produtivo. Dado o número de partes a ser projetado, geralmente o trabalho é dividido entre os projetistas.

As atividades apresentadas nesta fase são: preparação para o projeto; descrição dos subsistemas; descrição dos componentes; descrição das partes; desenhos de montagem; construção experimental; programa de testes do produto; análise e previsão; e, reprojeto.

tornando a abordagem de projeto mais transparente, racional e independente de um campo específico de aplicação.

É dividida em quatro fases principais que comportam sete passos processuais,

como mostrado na Figura 3.4.

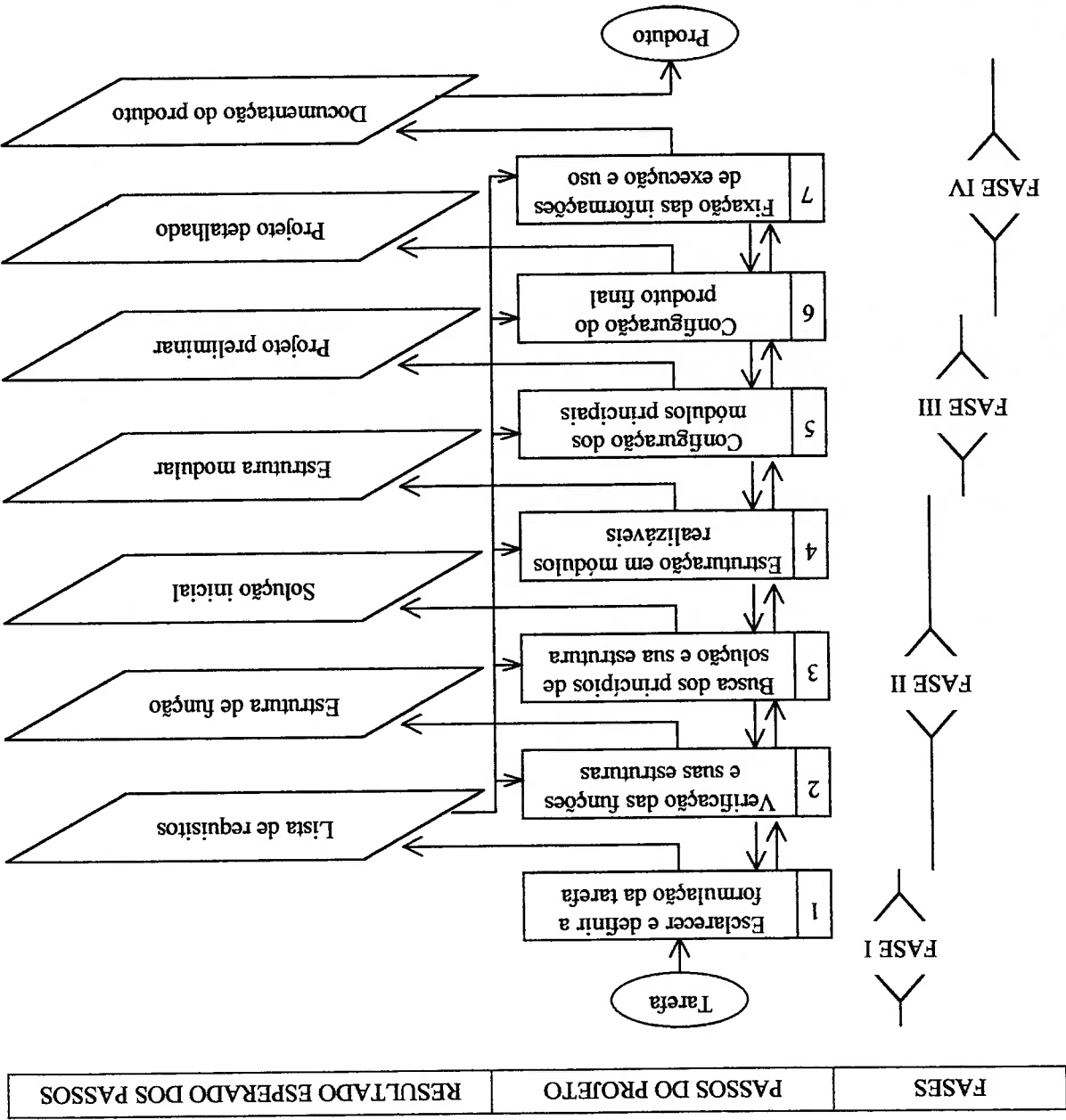


Figura 3.4 – Procedimento geral para desenvolvimento e projeto de sistemas técnicos VDI 2221 (Fonte: Pahl, Beitz, 1988).

Os passos processuais envolvem (Cross, 1996; Pahl, Beitz, 1988):

1º. Passo: estudo da tarefa

O primeiro passo esclarece os objetivos a serem alcançados com a elaboração do projeto. As informações obtidas resultam em uma lista de requisitos, que servirá como orientação para o desenvolvimento das fases subsequentes, permitindo acompanhar o atendimento às exigências prévias impostas ao produto.

2º. Passo: estudo da função a ser desempenhada pelo produto

A definição da tarefa e a elaboração da lista de requisitos permitem que se determine a função a ser executada pelo produto, que realize a tarefa especificada sob as condições previamente estabelecidas na lista de requisitos.

Procurando racionalizar a busca por soluções, a função global é dividida em funções parciais, de complexidade inferior. A articulação e combinação dessas funções parciais constituem a base para a busca por soluções parciais que, em seu conjunto, realizam a função global desejada para o produto.

3º. Passo: busca por princípios de solução

Para cada função parcial, faz-se necessário encontrar princípios de solução que, interligados em uma estrutura, resultam em uma combinação de princípios. Também é necessário escolher efeitos físicos e químicos que assegurem a realização da estrutura de funções já estabelecida. Como resultado, neste terceiro passo da metodologia um conjunto de soluções para as funções parciais é obtido.

4º. Passo: estruturação em módulos realizáveis

Os princípios de solução para as funções parciais são combinados para realizarem a função global. Essa associação deve ser orientada pela estrutura de funções, onde estão representadas as seqüências e as ligações entre as funções parciais, assegurando a compatibilidade lógica e física exigida para compor a solução global. O resultado esperado neste quarto passo é uma (ou mais) estrutura modular,

Várias das metodologias propostas apresentam uma estrutura geral para o processo de projeto, onde as numerosas tarefas e atividades necessárias são tratadas de forma minuciosa, com grande aprofundamento. Uma metodologia razoavelmente compreensível é a oferecida por Pahl e Beitz (Cross, 1986). Esta metodologia segue

3.3.3 – Metodologia segundo Pahl e Beitz

Semântica de projeto.

Pelo apresentado, a metodologia segundo a VDI 2221 pertence à Escola

resultado do processo.

a realização física da alternativa de solução selecionada são elaborados, concluindo o determinações definitivas sobre os elementos do produto. Os documentos finais para Completando o projeto preliminar de um sistema técnico, este passo fornece as

7º. Passo: Fixação das informações de execução e uso

configurações parciais já definidas para a realização do produto. representando da configuração final, um projeto global que apresenta todas as considerando-se a composição do produto final. O resultado esperado deste passo é a fabricação, montagem, utilização e custo. Uma avaliação técnica e econômica é feita Analisa-se a interação entre módulos, sob aspectos de segurança, ergonomia,

6º. Passo: configuração do produto final

econômica.

módulo enfocado, cuja configuração é submetida a uma avaliação técnica e compatibilidade espacial. O resultado esperado é um projeto preliminar para o materiais e processos de fabricação, definir medidas básicas do produto e testar a Neste passo objetiva-se dar forma e dimensão a cada módulo, selecionar

5º. Passo: configuração dos módulos principais

reconhecidamente realizáveis.

apresentando a divisão da solução global em módulos ou elementos

um procedimento sistemático que divide a função global em sub-funções, buscando atingir um nível mais simples possível, tornando a tarefa de encontrar sub-soluções convenientes de fácil execução, onde foi introduzido o conceito de hierarquia para o processo de projeto, mostrado na Figura 3.5 (Yoshikawa, 1989). A combinação de todas as sub-soluções resultará na execução do produto.

A proposta apresentada pelos autores combina características das Escolas Semântica e Sintática.

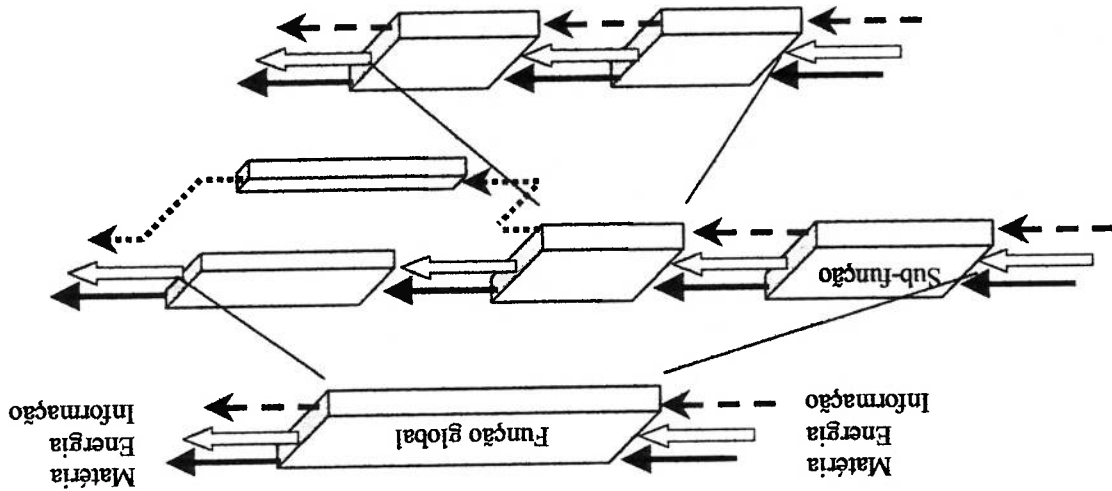


Figura 3.5 – Hierarquia do processo de projeto (Fonte: Pahl, Beitz, 1988).

A metodologia proposta por Pahl, Beitz (1988), se baseia nos seguintes estágios:

Definição da Tarefa

Destina-se a uma análise detalhada do problema ou da proposta de desenvolvimento de produto. Nesta fase coleta-se informações sobre os requisitos

que serão incorporados na solução do problema de projeto e sobre as restrições existentes e sua importância.

Esse conjunto de informações, juntamente com a definição do problema, formará a base de dados para a confecção da lista de requisitos, que é o objetivo final dessa fase da metodologia.

O término da primeira fase se dá quando a tarefa for suficientemente estudada, a sua viabilidade técnica e econômica estiver comprovada e ficar concluída a lista de requisitos. Satisfeitas essas condições, passa-se então à segunda fase do processo: o projeto conceitual.

Projeto Conceitual

É a etapa do processo que procura soluções para criar a função global exigida para o produto e para atender da melhor forma os requisitos definidos na etapa anterior. Esta fase resulta em uma ou mais concepções de solução.

O estabelecimento de estruturas de funções elementares, a partir da função global, propicia a busca por princípios de solução satisfatórios, que contenham o efeito físico e a configuração necessária para a realização de uma dada função.

Chega-se, então, a um conjunto de soluções suficientes para cada função elementar que, combinadas, compõem a função global, formando um conjunto de variantes de soluções, de onde se selecionam as mais adequadas, segundo critérios técnicos e econômicos, tendo como resultado uma ou mais concepções para o produto, que é o objetivo desta fase.

Projeto Preliminar

No projeto preliminar, a partir da concepção inicial, o produto passa a tomar formas definitivas com o estabelecimento de dimensões, seleção de materiais e processos de fabricação, sendo submetido a avaliações, sob considerações técnicas e econômicas.

Possíveis alterações futuras, após este estágio, poderão tornar-se mais difíceis e onerosas. O layout preliminar é submetido a etapas de decisão e avaliação, diminuindo-se as incertezas antes da fixação do layout definitivo, promovendo-se mudanças, ações corretivas e especificações adicionais para evitar problemas na fase do projeto detalhado.

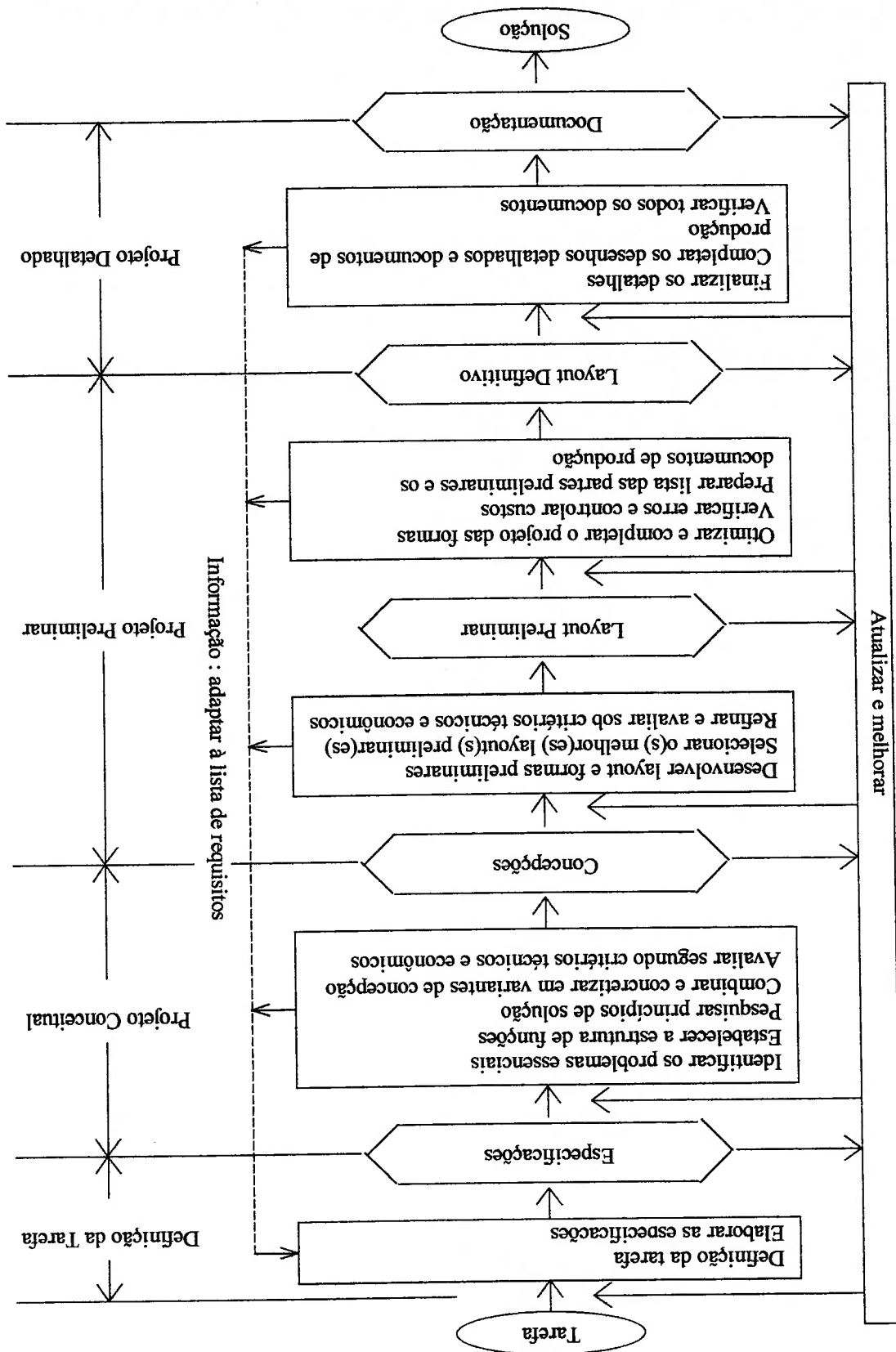
Projeto Detalhado

Nesta fase, o arranjo físico dos elementos, a forma, dimensões, acabamento das superfícies, a especificação de materiais, a documentação de processos, de desenhos e de todos os detalhes, finalmente são determinados em definitivo. A viabilidade técnica e econômica é revisada.

Partindo do projeto preliminar, todas as atividades de introdução do produto na linha de produção tem como base a documentação completa do produto, resultante deste estágio, contendo informações para produção até instruções de montagem, operação e manutenção.

A Figura 3.6 mostra a morfologia da metodologia proposta por Pahl, Beitz (1988).

Figura 3.6 – Os estágios do processo de projeto (Fonte: Pahl, Beitz, 1988).



FERRAMENTAS AUXILIARES AO PROCESSO DE PROJETO

Quanto mais cedo forem definidos os aspectos de projeto e produção, mais econômico, mais rápido e com menos erros define-se o produto final. Quanto mais informações sobre cada componente do processo de desenvolvimento do produto, maior a chance de detectar erros na fase inicial. Baseando-se nisso, pode-se dizer que o desenvolvimento de um projeto, além da metodologia empregada, depende também da utilização de ferramentas auxiliares, para ter seu sucesso assegurado.

Estas ferramentas de auxílio ao processo de desenvolvimento de produtos, como engenharia simultânea, técnicas de criatividade, o método QFD, a análise de falhas, sistemas CAD e prototipagem rápida, citadas anteriormente, serão agora melhor abordadas, em função de sua correlação com o trabalho aqui proposto.

4.1 – Engenharia Simultânea

O processo tradicional de criação de um novo produto é o da sequência de diversas atividades. Em uma época em que a entrada de produto no mercado é decisiva até para a sobrevivência da empresa, este processo em série, em muitos casos é intolerável, observa Valeriano (1998).

Por outro lado, as empresas passaram a sentir a necessidade de lançar seus novos produtos, tão cedo quanto possível, a fim de ocupar o espaço antes do concorrente. Isto é mais premente quando se trata de produtos com curtos ciclos de vida como, por exemplo, o dos componentes eletrônicos.

O autor comenta que foi concebida e aplicada, e está sendo aperfeiçoada, uma metodologia que consiste em trazer para as fases iniciais do processo, as participações dos profissionais de todas as demais fases, constituindo o que se tem chamado de engenharia simultânea.

A engenharia simultânea, às vezes designada por engenharia concorrente (do inglês “*concurrent engineering*”, sendo também utilizada a expressão “*simultaneous engineering*”) (Valeriano, 1998), ou engenharia paralela é, em geral, o que denominamos de desenvolvimento simultâneo em operações de manufatura (Slack et al., 1997). Embora não haja nenhuma definição de engenharia simultânea aceita universalmente, as visões da maioria das empresas são razoavelmente semelhantes.

O desenvolvimento de um produto requer que muitas etapas sejam feitas sequencialmente, tornando o tempo total de projeto muito longo. A engenharia simultânea preconiza que muitas dessas etapas podem ser feitas paralelamente, ou simultaneamente através de equipes multifuncionais.

A engenharia simultânea pode ser considerada como sendo uma ferramenta para desenvolvimento de projetos, que integra os diferentes recursos internos e externos de uma organização, num esforço único, no sentido de otimizar o tempo, o custo e a qualidade do produto e do processo, sendo que os setores de projeto e produção devem estar muito integrados a este modelo (Consalter, 1996). Segundo o autor, a engenharia simultânea agrega qualidade ao produto, mediante o aumento de produtividade, pois as atividades paralelas ajudam a evitar retrabalho, minimizando desperdícios, reduzindo tempos e custos de produção e atendendo melhor às exigências dos consumidores, estando ligada ao conceito de qualidade total.

Enquanto o desenvolvimento de produtos em estágios prevê etapas sequenciais, a engenharia simultânea prevê atividades paralelas, imprimindo na empresa a mudança para o trabalho em equipe. A engenharia simultânea promove explicitamente a formação de equipes multifuncionais. Ela alavanca a pericia de diferentes áreas no projeto e definição de produtos enquanto fomenta a comunicação interdepartamental.

Uma comparação entre as duas abordagens, apresentada na Figura 4.1, revela como na engenharia simultânea a equipe envolvida tem condições de avaliar e discutir os problemas potenciais, eliminando-os evidentemente antes que ocorram, ganhando tempo suficiente para gerar novas alternativas.

Nos procedimentos em série, as ligações entre as sucessivas equipes são tênues ou mesmo inexistentes o que, obviamente, conduz a atrasos nos cronogramas, elevações de custos e a atritos internos e com os clientes.

Segundo Zangwill (1993), para alcançar as propostas da engenharia simultânea é preciso formar um time multifuncional, com pessoal de todos os departamentos relevantes, tais como marketing, vendas, projeto e processo. Esse time deve se encarregar do conceito do produto e, paralelamente, administrar os processos, cuidando do cumprimento do cronograma.

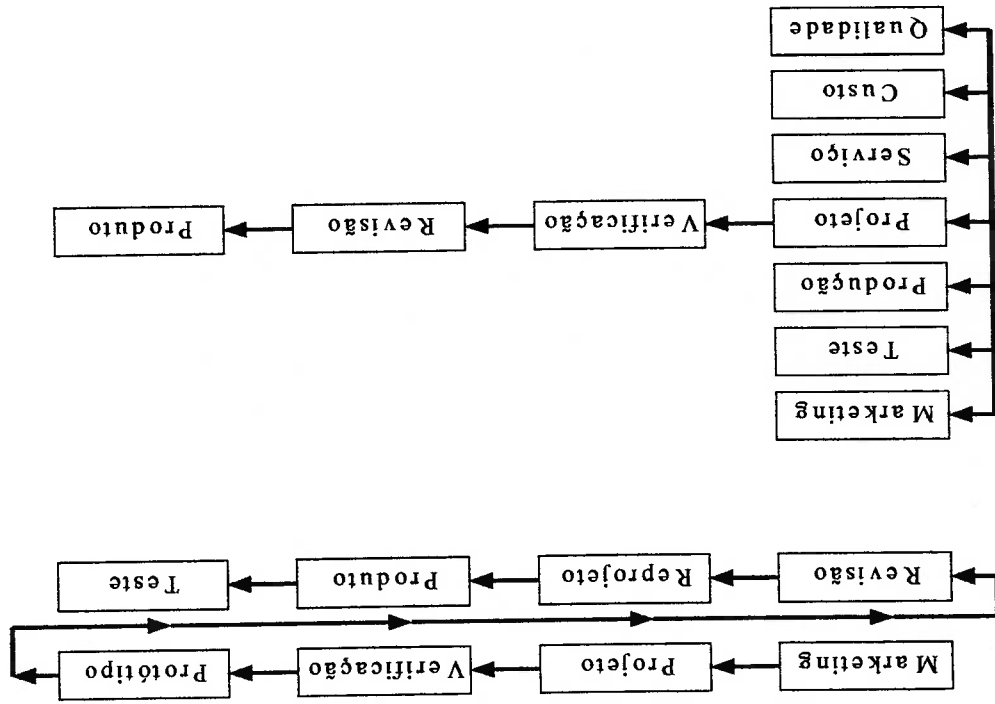


Figura 4.1 – Comparação entre desenvolvimento de produtos em estágios sequenciais e sob a óptica da engenharia simultânea (Fonte: Zangwill, 1993).

Com este espírito de desenvolvimento simultâneo, tão logo as características essenciais do produto estejam determinadas, a montagem da produção pode ser iniciada, enquanto os detalhes do processo e mesmo do produto estejam sendo elaborados, resultando em grande redução do prazo final, completa Valeriano (1998).

Alguns resultados comprovam o sucesso da aplicação da engenharia simultânea em empresas, referentes à redução no tempo de desenvolvimento de produtos entre 20 a 70%, aumentos de 20 a 100% na produtividade e incrementos de vendas de cinco a cinquenta vezes (Zangwill, 1993).

4.1.1 - Desenvolvimento integrado de produtos

Dentro da mesma linha da engenharia simultânea, autores como Andreasen (*apud* Casarotto Filho et al., 1999) idealizaram modelos de desenvolvimento integrado de produto que integram informações do mercado, desenvolvimento de produtos e planejamento e controle da produção. Também, tornam possível a integração entre projeto e a administração, enfatizando a necessidade de planejamento contínuo de produtos.

Para o autor citado, o desenvolvimento de produto é um processo criativo baseado nos três seguintes elementos:

1. Reconhecimento e criação de mercado e estabelecimento de vendas nesse mercado,
2. Criação de um produto que satisfaça esse mercado e que, ao mesmo tempo, possa ser produzido pelo terceiro elemento,
3. Um sistema de produção que atenda a esse propósito.

De uma forma integrada, os projetos são desenvolvidos de maneira iterativa, pois não existem métodos que possam conduzir diretamente de um problema a uma solução.

Os métodos iterativos de tentativa e erro podem envolver a necessidade de retorno a fases anteriores, que podem ser tão grandes que levem ao abandono do

projeto. Por esse motivo, o autor recomenda uma interação baseada em experiências anteriores, até mesmo no caso de pequenos detalhes.

Casarotto Filho et al. (1999), explanando sobre o desenvolvimento integrado comentam que, em sua primeira fase, a percepção e o reconhecimento de uma necessidade são transformados na forma de um negócio atrativo. Esse reconhecimento envolve qualidades desejáveis em mercado, no produto e em sua produção.

A Figura 4.2 mostra as etapas de desenvolvimento integrado de produto, seguindo o modelo de Andreasen.



Figura 4.2 – Etapas de desenvolvimento integrado de produto (Fonte: Casarotto Filho et al., 1999).

Em conclusão, a engenharia simultânea representa um avanço em relação ao processo tradicional de desenvolvimento em estágios, especialmente para aqueles produtos em que há uma grande defasagem de tempo entre os investimentos e seu

retorno, como no desenvolvimento de novos produtos. Contudo, sua aplicação não é simples, exigindo maturidade dos participantes do processo e dirigentes da empresa.

4.2 – Princípios da criatividade

O primeiro estágio da evolução de um novo produto começa com uma ideia para sua criação.

E o que é uma ideia? Uma ideia é simplesmente “algo” imaginário, concebível, porém não provado, não testado e não executado. Ela é capaz de tomar várias formas, de sutil diferença, tais como uma meta irrealizável: “viagens para Marte”; um produto não executável: “naves tripuladas que viajem para Marte”; um serviço inexistente: “vãos fretados para Marte”; como também uma introspecção, destituída de provas, em novos conceitos ou novos conhecimentos sobre fenômenos naturais, sociais ou empresariais, define Gurteen (1998).

Atualmente muitas empresas já consideraram que um de seus principais bens é a imaginação e ideias de seus funcionários. Perceber isto, entretanto, não é o mesmo que aproveitar ou utilizar estes múltiplos talentos e competências, já que seu gerenciamento apresenta muita dificuldade.

A chave para o gerenciamento competente é transformar ideias em conhecimento útil, aplicável e conhecimento agregado a produtos e serviços. Na prática, este é um meio de induzir funcionários ou colaboradores criativos a discutir e aperfeiçoar suas ideias, ainda que eles não queiram realmente fazer isto. E também um modo de descobrir e maximizar recursos necessários, quando esses recursos são limitados. Todos sabemos que os consumidores estão tornando-se mais e mais exigentes. Eles reclamam por produtos e serviços sempre melhores e satisfazê-los requer um raciocínio criativo. Se os clientes exigem mais produtos e serviços criativos, as organizações precisam ser capazes de agir com criatividade. Um bom projeto melhora não somente os produtos, mas também processos e toda a organização e os projetistas não são somente aquelas pessoas que surgem com a ideia sobre um novo automóvel ou um novo telefone celular, mas também os administradores e executivos que desenvolvem uma nova estratégia de

negócios. Todos aqueles que lideram uma organização, deverão cada vez mais estar pensando como projetistas, não somente de produtos, mas de idéias e métodos de trabalho.

Ao tentar administrar o que é frequentemente um processo imprevisível, preferivelmente a deixar a imaginação crescer, aflorando por conta própria em algo consistente, deve-se adotar um tratamento rigoroso para o gerenciamento de idéias, com as mesmas exigências com que são tratados, por exemplo, os gerenciamentos de finanças ou patrimônio. Ao mesmo tempo, se possível, o gerenciamento de idéias não deve ser cercador, coagente ou causar tolhimento, assim como o excesso de controle e comando somente originará o constrangimento de idéias criativas.

As pessoas cada vez mais procuram aprimorar seu próprio desempenho, buscam por respeito, realizações e a oportunidade para usá-los em seu próprio benefício. Estas expectativas são incompatíveis com a insegurança no trabalho e o desemprego. Um crescente número de pessoas está optando pela autonomia de atuação, inaugurando seu próprio negócio. O desafio para as empresas está em assegurar um ambiente que mantenha seus funcionários motivados e entusiasmados com seu trabalho, conquistando o melhor para sua organização, atendendo a essa expectativa.

Segundo McFadzean (2000), os funcionários somente podem ser incentivados a atuar em ambiente com criatividade se não estiverem receosos ou apreensivos com críticas ou punições. As idéias criativas geradas, com potencial de aproveitamento, também precisam ser efetivamente implementadas, dando continuidade ao seu sucesso. A geração de idéias é realizada e aperfeiçoada, de uma melhor maneira, num ambiente de excelência onde toda a hierarquia da empresa está comprometida com um desempenho de primeira linha. Finalmente, deve ser estabelecido e incentivado um clima para a criatividade. “Frequentemente os gerentes articulam o suporte para esse clima de criatividade, mas não atuam nele”, complementa.

Uma das razões que explicam porque a busca por criatividade adquiriu tanta vantagem competitiva, tanta importância, aponta que, nesta época incerta, as empresas estão incessantemente procurando por meios de sobrevivência e crescimento. Numa tentativa para cortar custos e concentrar-se em atividades de alto

deveria ser generalizado entre líderes empresariais.

pode ser observado, analisado, entendido, reproduzido, ensinado e gerenciado reconhecimento da criatividade não como uma coisa, mas como um processo que para comprar seus produtos, mas este quadro é raramente próximo da realidade. O amena, quando não há nenhum obstáculo no caminho e os clientes estão brigando na imitação de sucessos passados. Tal postura é aceitável quando a competição é criatividade e dar-lhe menor importância, confiando, para administrar seus negócios, conservam muitas dúvidas sobre sua relevância. Há a tentação de se negligenciar a Eles se esforçam para entender o que é a criatividade e como desenvolvê-la, mas controle. Para muitos empresários o conceito de criatividade é ainda desorganizado. considerando-se a imagem popularizada da criatividade como uma força de difícil Criatividade e negócios podem parecer parceiros incômodos, especialmente

4.2.1 – A criatividade como estratégia empresarial

auxiliam em seu trabalho.

persistentes quando da geração de idéias, usando estruturas ou técnicas que os engenheiros e cientistas mais criativos são também os mais organizados e Este é um contraste imperceptível à maioria das pessoas. Os projetistas,

sua criatividade.

ser estimulante a esses profissionais, é uma intimidação que muitas vezes paralisa a possibilidades na solução de problemas, a página em branco à sua frente, longe de “*magic circle*”, citam Walker et al. (1991). Ao contrário, ao deparar-se com infinitas Parece como um truque de ilusão, disponível apenas àquelas que pertencem ao

convicente a partir do nada, de uma simples idéia.

Para muitas pessoas existe algo de misterioso sobre criatividade, sobre a habilidade de artistas, engenheiros e projetistas para criar algo consistente e

Esta situação demanda que as empresas utilizem um rápido e eficiente processo de desenvolvimento de produtos, exigindo que projetistas tornem-se criativos em todos os estágios do processo de projeto: na identificação das necessidades dos

rapidamente, em uma maior variedade e melhor qualidade. dos clientes na obtenção de produtos atualizados, aperfeiçoados e disponíveis mais computacionais no processo de projeto. Tais mudanças são orientadas por exigências manufatura, novas tecnologias nos produtos ou mesmo pelo uso de tecnologias de capturem novos mercados podem ser resultado da introdução de novas tecnologias de convencionais. Mudanças que imprimem maior impeto para que competidores encontrar a solução para um problema que não pode ser resolvido por caminhos empresas diferenciarem seu negócio e seus produtos da competição, ou de Criatividade empresarial não significa mudança por si só. É um meio de as

4.2.2 – A criatividade auxiliando o desenvolvimento de produtos

alimenta a sobrevivência das empresas e, esperançosamente, seu sucesso. criatividade depende fortemente do fluxo e troca de idéias e informações, que para o incremento e desenvolvimento da criatividade como estratégia, pois a suprindo meios para uma comunicação flexível e imediata, são bases de sustentação conhecimento e domínio sobre representação e gerenciamento de sistemas, todos aparecimento de novos espaços de oportunidades. Redes de computadores, o A explosão das tecnologias de informação tem também propiciado o

progresso. disponível para produzir idéias originais e resolver problemas e obstáculos ao criatividade. Estruturada corretamente, a criatividade é uma ferramenta empresarial inovação são os verdadeiros condutores deste crescimento, daí a exigência por precisam de novas idéias, novos geradores de crescimento. Tecnologia habilitada e funções, mantendo apenas aquelas essenciais, centradas no capital intelectual. Elas comando ou chefia. Algumas organizações promovem uma terceirização de muitas número de pessoal, diminuição dos níveis de administração e menores cargos de valor agregado, as organizações enfrentam uma cirurgia radical, com redução do

Ressalta-se que as habilidades criativas necessitam ser incentivadas ou promovidas em todos aqueles que estiverem engajados no processo de projeto (Walker et al., 1991). O potencial destes profissionais em gerar idéias originais só poderá ser descoberto pela estimulação de seus talentos criativos. Isto é viabilizado através da aplicação de técnicas de criatividade. Coates et al. (1996) ressaltavam que as técnicas de geração de idéias são estabelecidas para intensificar o processo criativo,

Particularizando a utilização de criatividade na solução de problemas de projetos, principalmente na indústria de manufatura, onde os projetistas devem ser lógicos em seu raciocínio, restringidos pelo estabelecimento de certos fundamentos, teorias e leis da engenharia, observa-se que os problemas são abordados e resolvidos de modo rotineiro, utilizando-se procedimentos conhecidos de solução.

desenvolver.

Então a nossa dedução, com certeza, é que a criatividade não é apenas um talento natural, ela é também uma habilidade que cada pessoa pode aprender e

à natureza humana.

O motivo disso em parte está relacionado à nossa própria preservação. Se fossemos inovadores a respeito de tudo, nunca daríamos nada por acabado, mas isto não significa que as pessoas são desprovidas de potencial criativo. Jagan et al. (1995) argumentam que, ao contrário, psicólogos acreditam que o potencial criativo é inato

de dominar o processo criativo (Csillag, 1995).

Em muitos de nós a criatividade não ocorre naturalmente. Dificilmente nos sentimos capazes de desenvolver idéias novas e originais. Há pessoas que acreditam, ainda hoje, que a criatividade é uma "arte" e que nem todos são bem dotados a ponto

pensamento criativo.

Esta abordagem, enquanto tenha seus méritos óbvios, é, com certeza a anttese de um (1991) definem como uma "abordagem em linha reta" para a solução de problemas. disciplinada e são competentes no uso de um pensamento lógico, que Walker et al. Como resultado de uma educação convencional, a maioria destas pessoas foi clientes, analisando os problemas de projeto e encontrando soluções inovadoras.

superando obstáculos causados por fatores emocionais, culturais, perceptivos e ambientais.

4.2.3 – As técnicas de geração de idéias

Walker et al. (1991) apontam a existência de um grande número de técnicas bem experimentadas, explícitas e relativamente fáceis de seguir e usar, cada uma com o seu mérito, que podem agir como um estímulo na exploração de problemas de projeto, que promovem e favorecem a criatividade.

Os principais benefícios de tais técnicas, segundo os autores, são:

- Solução sistemática, e não lógica, de problemas (especialmente problemas mal definidos e desestruturados),
- Período de solução de problemas é reduzido, com melhor uso do tempo através de esforço organizado e aplicado,
- Geração, em maior quantidade, de idéias, por uma abordagem mais racional para selecionar as melhores possibilidades de solução,
- Vantagens no trabalho em grupo pela inclusão de pessoas de diferentes áreas,
- Incentivo às habilidades de comunicação individuais,

Csillag (1995) faz uma abordagem das técnicas de geração de idéias, classificando-as segundo procedimento quanto à associação a outro elemento como: forçadas, livres e complexas. Destaca que, quanto à sua aplicação, as técnicas podem ser utilizadas individualmente ou em grupo.

Vários autores sugerem técnicas para conceber ou gerar alternativas de soluções de projeto, onde destacamos técnicas tipicamente utilizáveis para o desenvolvimento de novos produtos:

Concluindo, torna-se claro que quebrando regras, desafiando princípios estabelecidos, permitindo ao raciocínio fluir por opções inexploradas e apoiando-se em técnicas de geração de idéias, pode-se educar o pensamento criativo, tanto individual como coletivo, organizando o processo criativo nas empresas. E assim a criatividade, entendida como um processo, é uma ferramenta poderosa e imprescindível para o desenvolvimento, com sucesso, de novos produtos.

- *Sinética visual* (Pahl, Beitz, 1988; Csillag, 1995; Hyman, 1998)
 - *Sinética* (Back, 1983; Pahl, Beitz, 1988; Csillag, 1995; Cross, 1996; Baxter, 1998; Hyman, 1998).
 - *Lista de verificação* (Pahl, Beitz, 1988; Walker et al., 1991; Csillag, 1995; Baxter, 1998; Hyman, 1998).
 - *Brainwriting* (Pahl, Beitz, 1988; Csillag, 1995; Baxter, 1998; Hyman, 1998)
- É um procedimento de associação livre, para uso em grupos e foi originalmente desenvolvido por Alex Osborn em 1939 e é, provavelmente a mais conhecida e utilizada de todas as técnicas de geração de idéias (Csillag, 1995).

A técnica de *Brainstorming* é a precursora de muitas das técnicas de geração de idéias existentes, mas permanece atual, pois é citada em todos os autores pesquisados.

- *Brainstorming* (Back, 1983; Pahl, Beitz, 1988; Walker et al., 1991; Ullman, 1992; Csillag, 1995; Cross, 1996; Baxter, 1998; Hyman, 1998; Kaminski, 2000)
- *Analogia* (Back, 1983; Pahl, Beitz, 1988; Walker et al., 1991; Csillag, 1995; Baxter, 1998; Kaminski, 2000)
- *Análise morfológica* (Back, 1983; Walker et al., 1991; Csillag, 1995; Cross, 1996; Baxter, 1998; Hyman, 1998)

4.3 – Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

No desenvolvimento de produtos, quando a experiência individual mostra-se insuficiente para a tomada de decisões, a resposta adequada estará na experiência coletiva, devidamente concentrada no assunto. Métodos sistemáticos para tomada de decisão e que proporcionam o aumento da qualidade tem, antes da fase de produção tem sido empregados com considerável sucesso. Um dos melhores sucedidos é o denominado Desdobramento da Função Qualidade – QFD (do inglês “*Quality Function Deployment*”) (Pugh, 1996). Para o autor, a palavra desdobramento (*deployment*) significa uma tradução da linguagem do consumidor para uma linguagem técnica, preparando a tomada de decisão pela equipe, enquanto o termo função qualidade (*quality function*) refere-se ao conjunto de atividades desenvolvidas pela empresa através das quais atinge-se as várias dimensões da qualidade, como adequação ao uso e conformidade com as especificações.

O desdobramento da função qualidade representa, portanto, um procedimento sistemático de garantir que o desenvolvimento das especificações e características do produto, bem como desenvolvimento de metodologias, processos e controles, sejam orientados pelas necessidades do consumidor, citam Hauser, Clausing (1988), e seu alicerce é a convicção de que os produtos devem ser projetados refletindo as preferências e desejos dos consumidores.

Segundo Hauser, Clausing (1988), a concepção do método QFD foi introduzida no Japão na década de 1970, e seu principal objetivo é tentar assegurar que o projeto final de um produto realmente atenda às necessidades de seus clientes. Os clientes podem não ter sido considerados explicitamente desde a etapa de geração do conceito, e por isto é adequado verificar se o que está sendo proposto como projeto do produto atenderá a estas necessidades.

Um importante efeito apontado pelos autores está na diminuição de custos e do tempo de projeto, que pode chegar entre metade a um terço. A comprovação deste fato está no relato da aplicação do método pela Toyota, uma empresa japonesa fabricante de veículos, que entre 1977 a 1984, apresentou uma redução acumulada de

61% (sessenta e um por cento) nos custos iniciais de lançamento de um novo veículo. Durante esse período, o ciclo de desenvolvimento do produto foi reduzido em um terço, com aumento correspondente na qualidade devido à redução no número de alterações de engenharia.

A Casa da Qualidade

Segundo Baxter (1998), o método QFD permite transformar as necessidades do consumidor em requisitos de projeto, utilizando uma matriz de conversão ou “Casa da Qualidade” (do inglês “*House of Quality*” – HoQ) (assim conhecida por sua aparência). A técnica tenta captar o que precisa o cliente e como isto pode ser conseguido.

Estes requisitos podem ser quantificados e priorizados pela análise dos produtos concorrentes e com o uso de um sistema de ponderação das importâncias relativas.

Então, partindo das necessidades dos consumidores, o método QFD as converte em parâmetros técnicos. A Figura 4.3 apresenta o diagrama da “Casa da Qualidade”.

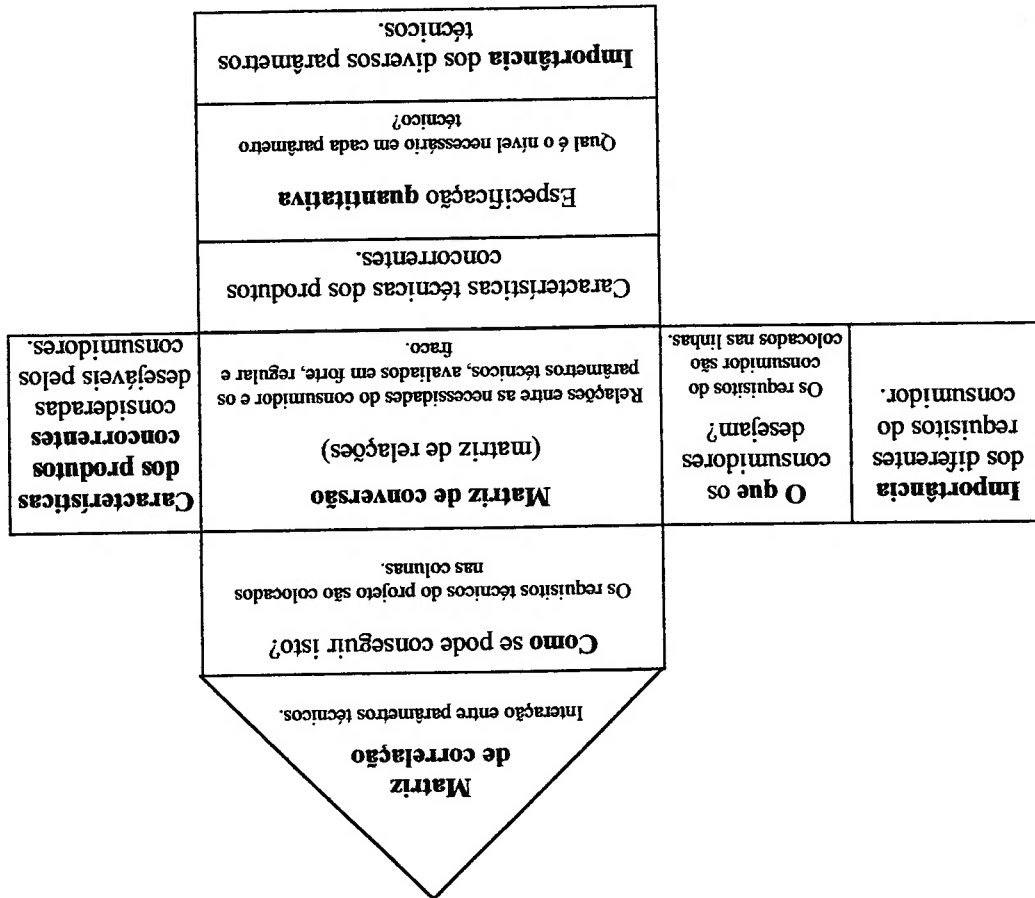
A aplicação do método QFD no desenvolvimento de produtos mostra-se, então, como uma ferramenta importante, pois estes requisitos irão direcionar os esforços das equipes de projeto na busca do atendimento às necessidades dos consumidores (Cross, 1986).

Uma falha mecânica é qualquer alteração ou qualquer erro de projeto ou fabricação que torna um componente, montagem ou sistema incapaz de realizar sua função específica (Ullman, 1992).

A metodologia FMEA (do inglês “*Failure Modes and Effects Analysis*”) é uma ferramenta de busca que identifica as características do produto que são críticas para vários tipos de falhas e tem por principais objetivos: prever os problemas mais importantes, impedir ou minimizar as consequências desses problemas, e maximizar a qualidade e confiabilidade de todo o sistema (Kaminski, 2000).

4.4 – A Análise dos Modos e Efeitos das Falhas (FMEA)

Figura 4.3 - A Casa da Qualidade (Fonte: Baxter, 1998).



A sua aplicação ao produto (FMEA de projeto), procura as causas das falhas que poderão advir da utilização do produto, antes da liberação do projeto para a fabricação.

A execução de uma FMEA é normalmente documentada com formalismo, permitindo:

- Avaliar requisitos e alternativas de projeto de maneira objetiva;
- Armazenar históricos de análise de falhas para posterior utilização em novos desenvolvimentos;
- Dar prioridade a projetos de melhoria do produto;
- Recomendar ações para a redução do risco de ocorrência de falhas.

As etapas da FMEA de projeto, sua descrição e utilização estão estudadas em Kaminski (2000).

4.5 – Sistemas CAD

Segundo Kaminski (2000), os sistemas CAD (do inglês “*Computer Aided Design*”) ou sistemas de projeto assistido por computador podem ser entendidos como a utilização de sistemas computacionais no auxílio à criação, modificação e otimização do produto.

Slack et al. (1997), apresentam como as principais vantagens dos sistemas CAD a sua capacidade de armazenar e recuperar dados de projeto rapidamente, bem como a sua capacidade de manipular detalhes de projeto, características que podem aumentar consideravelmente a produtividade da atividade de projeto.

Outras vantagens oferecidas pelos sistemas CAD no apoio ao projeto podem ser comprovadas em muitas de suas etapas, indo desde uma melhor documentação e apresentação do produto, com melhoria da qualidade dos desenhos, diminuição de tempo e custos, flexibilidade para executar alterações e modificações, até um melhor gerenciamento do projeto.

Por outro lado, os sistemas CAD somente podem ter seu potencial totalmente aproveitado se estiverem integrados ao processo produtivo como um todo. Em uma estrutura integrada, o CAD proporciona, além dos ganhos intrínsecos ao projeto, um aumento da eficiência das funções relacionadas ao planejamento, fabricação e qualidade.

Os primeiros sistemas CAD foram motivados por demandas de mercado no final da década de 50 (Laschuk, 1995), que exigiam uma flexibilidade e uma complexidade até então desconhecidas nos processos de produção.

O desenvolvimento e fabricação de um novo produto eram operações demoradas que exigiam muitos ajustes na linha de produção até que ela efetivamente funcionasse, sendo uma operação economicamente válida somente para a produção em massa. Pequenos lotes de produtos individualizados para clientes eram proibitivos. A coordenação de todo esse processo era muito complexa e frequentemente surgiam problemas na linha de produção, por falta de componentes nos almoxarifados, por máquinas que quebravam sem se ter alternativas rápidas, por produção excessiva de itens intermediários sem que fossem usados a tempo na próxima etapa, etc.

Assim, havia um ambiente propício para a integração com o computador, de uma maneira mais eficiente, tanto no processo de controle gerencial da produção, como no desenvolvimento de novas máquinas-ferramentas que rapidamente pudessem ser preparadas para executar novas tarefas, além de executar funções mais elaboradas que as possíveis de serem feitas manualmente por um operador.

Os projetos assim criados poderiam ser arquivados na memória do sistema e recuperados para uso posterior. Isto permitiu a construção de bibliotecas de desenhos padronizados de peças e componentes, ajudando a reduzir a possibilidade de erros no projeto e fabricação.

Os sistemas CAD desenvolvidos foram então o elemento que deu início à caracterização do processo de interface entre projeto e produção.

A Prototipagem Rápida é uma tecnologia de construção de sólidos lançada no início dos anos 90, com o objetivo de produzir modelos, como representações

4.6 – Prototipagem Rápida

Kaminski (2000) relaciona as principais funções dos sistemas CAD, que possibilitam uma interação rápida e precisa com o projetista, com resultados que podem ser incorporados ao objeto e visualizados imediatamente pelo projetista que poderá, então, tomar decisões visando modificar o objeto de forma a um melhor atendimento das especificações.

Slack et al. (1997) citam ainda que os sistemas CAD permitem a elaboração de simulações de produtos em computador, onde seu desempenho pode ser testado com um alto grau de exatidão, pois a construção de protótipos físicos foi facilitada pelo uso de novas tecnologias, como equipamentos de prototipagem rápida.

Ao mesmo tempo, como a definição de um objeto envolve grandes e variadas descrições de produto e material, e em muitos casos a geração de um vasto volume de dados, muita atenção foi dada à natureza e estrutura das bases de dados para abranger todas essas informações.

Neste momento deixou-se de se representar os desenhos de um objeto para se representar o próprio objeto, com uma fundamental repercussão: o objeto representado passou a ter estrutura e atributos, físicos e lógicos. A estruturação do objeto permitiu que suas partes fossem tratadas individualmente com o aproveitamento imediato de partes semelhantes já desenvolvidas em outros projetos. A incorporação de atributos físicos, além dos geométricos, proporcionou ao objeto uma forma concreta e real. E os atributos lógicos, permitiram que as partes se relacionassem entre si, além de facilmente permitirem que, para a visualização, fossem selecionadas somente aquelas partes que apresentassem certas propriedades. Além disso, outros programas de computador poderiam usar esse objeto, desenvolvido num sistema CAD, e submetê-lo a procedimentos de análise, como resistência do objeto a esforços e temperatura; a cálculos de área, volume e peso; a estimativa de custos; a geração de listas de matéria prima; etc.

idealizadas de uma situação real, que auxiliam a análise ou previsão de determinado fenômeno ou processo, partindo da elaboração de desenhos tridimensionais gerados em sistemas CAD (*Computer Aided Design*) (Hyman, 1998).

Os protótipos são modelos analógicos utilizados para estimar o funcionamento de um produto por avaliações experimentais como, por exemplo, verificação de forma, resistência e função.

Nesse sentido, a Prototipagem Rápida, é uma tecnologia que traz importantes contribuições, devido a sua capacidade de reduzir ainda mais o tempo dos estágios iniciais do ciclo de desenvolvimento, garantindo a rápida concepção de um novo produto, com qualidade, custo final reduzido, privilegiando a capacidade de produção, lançamento e comercialização, tornando esta tecnologia uma vantagem estratégica a ser utilizada por empresas.

Atuando de maneira oposta em relação aos sistemas de usinagem, que são de natureza extrativa, o sistema de Prototipagem Rápida compõe peças utilizando materiais como plástico, cerâmica e metal, depositando finas camadas horizontais, diretamente de um modelo gerado no computador.

O desenvolvimento do desenho em uma plataforma utilizando um sistema de CAD tridimensional, visando a futura geração de um protótipo, deve garantir uma geometria rigorosamente precisa e minuciosamente descrita, pois disso dependerá a qualidade final do protótipo.

O funcionamento dos vários equipamentos de Prototipagem Rápida é similar, mas suas especificações tecnológicas são bem diferentes. Conforme a natureza do produto é feita a escolha entre as tecnologias disponíveis, o mesmo ocorrendo relativamente aos materiais.

Oliveira (1998) cita também as tecnologias de Cura por Solidificação (*Solid Ground Curing* – SGC), a Fabricação de Modelos Sander (*Sander's Model Maker* – MM) e Impressão 3D.

A quantidade de peças que compõe um produto tem aumentado sensivelmente, inerente à sua maior complexidade, exigindo em seu processo de desenvolvimento a utilização de métodos sistemáticos. Os estágios iniciais do desenvolvimento do produto são os mais importantes, pois os gastos nesta fase são pequenos em relação às fases posteriores, possibilitando que a fase de projeto até o protótipo torne-se um diferencial importante para o ganho de competitividade.

A Prototipagem Rápida se constitui, em consequência a sua integração com sistemas CAD, em tecnologia alternativa que vem substituindo a metodologia tradicional, como elemento de agilização no desenvolvimento do produto, facilitando a elaboração de protótipos de maneira mais precisa e rápida, reduzindo a demora nas fases de projeto conceitual, testes e atividades pré-produção, possibilitando a produção de peças protótipos, que em certas situações, podem ser utilizadas como produto final ou parte dele, reduzindo a duração do processo tradicional de meses para dias. Moldes em processos de fundição são um exemplo (Mietti et al., 2000).

Medland (1995), cita que esta nova tecnologia pode ser usada para introduzir aperfeiçoamentos no produto precocemente, adotando modelos como meio primário de transportar informações de função e forma dos produtos, obtidas em pesquisa de opinião com futuros consumidores, melhorando não somente a qualidade, mas também o seu prazo de lançamento no mercado.

Segundo o autor, a principal vantagem que estes modelos oferecem é a de suprir representações físicas precisas, não apenas para apresentação visual ou de montagem, mas também para propósitos de avaliação funcional, análise de processos de fabricação e testes de desempenho.

A Prototipagem Rápida permite ao projetista elaborar modelos completos do produto que será avaliado. Eles podem ser usados como parte integrante de um exercício de avaliação do produto, como também podem auxiliar o refinamento da criatividade no projeto, complementando Medland (1995).

Como tecnologia de ruptura, Mietti et al. (2000) concluem que a Prototipagem Rápida adiciona significativas vantagens competitivas à cadeia produtiva, e sua

relevância aumenta quanto mais os conhecimentos e o desenvolvimento de materiais e processos, ainda em fase de pesquisa, forem a ela agregados.

**UM ESTUDO DE CASO EM DESENVOLVIMENTO DE
PROJETO DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS E SUA
ANÁLISE CRÍTICA**

Este capítulo tem por objetivo caracterizar e justificar a metodologia da pesquisa adotada para a execução do trabalho proposto e apresentar o estudo de caso desenvolvido.

5.1 – Objetivos da pesquisa

- a) Determinar como a empresa gerencia o processo de desenvolvimento de projeto de equipamentos.

- b) Apresentar uma análise crítica sobre a forma de gerenciamento, fundamentada nos conceitos disponíveis na literatura a respeito de metodologias de desenvolvimento de produtos, seu enfoque e sua avaliação.

5.2 – Classificação da pesquisa

Pesquisa pode ser definida como um procedimento racional e sistemático (Gil, 1995). A pesquisa torna-se necessária quando o conjunto de dados é inexistente, ou insuficiente como suporte à solução do problema em questão ou quando os dados mesmo que existentes, não sejam adequados à procura da solução proposta.

As pesquisas podem ser classificadas segundo seus objetivos gerais, métodos utilizados e quanto à sua abordagem.

A conceituação de um estudo de caso, segundo Gil (1995), caracteriza-se pelo estudo profundo e exaustivo de um (ou poucos objetos), de forma a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento. A vantagem desta pesquisa consiste em estimular novas descobertas. Como seu planejamento é flexível, o pesquisador pode ser levado a novas descobertas, que podem tornar-se mais relevantes que a solução do problema inicial. A desvantagem é a dificuldade na generalização dos resultados obtidos.

Analisando-se cada método de pesquisa e relacionando-os ao objetivo do trabalho, justifica-se a escolha do método Estudo de Caso como o mais adequado.

Quanto aos métodos utilizados, tem-se uma outra forma de classificar as pesquisas. Para Bryman (1995), os principais métodos de pesquisa quanto aos procedimentos técnicos são: pesquisa experimental, pesquisa de levantamento, estudo de caso e pesquisa ativa. Gil (1995) estabelece outra classificação um pouco mais detalhada, mas em sua essência semelhante: bibliográfica, documental, experimental, pesquisa *ex-post-facto*, levantamento, estudo de caso, pesquisa-ação e participante.

5.2.2 - Classificação segundo o método utilizado

Podem-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal conceber idéias ou descobrir intuições. Seu planejamento é flexível, de modo a possibilitar a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.

Com base no objetivo de pesquisa para este trabalho, que é a determinação de como a empresa gerencia o processo de desenvolvimento de projeto de equipamentos, a pesquisa será classificada como Exploratória, pois são as que procuram familiarizar-se com o problema, visando torná-lo mais explícito ou construindo hipóteses.

Para Gil (1995), com base em seus objetivos gerais, as pesquisas se classificam em exploratórias, descritivas e explicativas.

5.2.1 – Classificação segundo os objetivos

Na pesquisa adotada houve a participação do pesquisador no estabelecimento dos conceitos e no desenvolvimento da ação, sendo, portanto, o modelo adotado. A ocorrência da oportunidade foi determinante na realização da pesquisa e deste trabalho.

5.2.3 – Classificação segundo a abordagem da pesquisa

De acordo com Bryman (1995), duas são as abordagens para pesquisa organizacional: abordagem quantitativa e abordagem qualitativa.

A distinção entre a pesquisa quantitativa e qualitativa não está na existência ou não de quantificação; a principal diferença da abordagem qualitativa em relação à quantitativa é a ênfase na perspectiva sobre o indivíduo estudado. A pesquisa quantitativa está relacionada a considerações prévias da teoria e a qualitativa esta mais relacionada ao pesquisador como fonte da análise da informação, permitindo maior proximidade do pesquisador com o objeto da pesquisa (explorando sua percepção), maior flexibilidade exploratória. Ressalta ainda a sequência dos eventos ao longo da pesquisa, diminuindo as dificuldades e ampliando o domínio do pesquisador em reproduzir as suas etapas.

Em função dos objetivos deste trabalho e dos aspectos envolvidos com as abordagens descritas, conclui-se que a abordagem indicada às necessidades desta pesquisa é a abordagem Qualitativa. Esta se justifica pela necessidade do envolvimento da presença do pesquisador ao objeto de estudo e/ou à fonte dos dados, tendo em vista as variáveis abrangentes relacionadas ao tema da pesquisa e a necessidade de um envolvimento perceptivo sobre as ações gerenciais da organização e, também, pela necessidade da confiabilidade dos dados e informações que foram coletadas.

Em conclusão, a definição da classificação da pesquisa é de fundamental importância para garantir a sua validade, e o método escolhido deve estar alinhado com o objetivo proposto para ela. Para o caso do presente trabalho, caracteriza-se a pesquisa conforme a classificação a seguir:

Na década de 70, esta empresa teve seu controle acionário adquirido por um grupo empresarial com sede nos EUA, que detinha unidades industriais naquele país,

A empresa está no mercado desde a década de 40, quando iniciou a produção de equipamentos utilizando sua tecnologia em processos de fundição. Aproveitando nessa época o seu conhecimento em fundição de aço, desenvolveu tecnologia própria de produção de aço resistente ao desgaste, principalmente com aqueles que continuam alta porcentagem de mangans.

O mercado que atinge é o do transporte e tratamento de minérios. Parcela significativa do mercado é constituída de clientes localizados fora do país, sendo que de seu faturamento mais da metade provém de exportação de equipamentos e peças. O mercado brasileiro é distribuído em todos os estados do país, com especial foco nas áreas de mineração dos estados de Minas Gerais, Pará e São Paulo. Parte de sua exportação é composta de peças, destinadas a outras unidades pertencentes ao mesmo grupo acionário.

A empresa pesquisada situa-se no Estado de São Paulo. Conta com duas unidades industriais localizadas na cidade de Sorocaba e outra destinada às atividades comerciais e de assistência técnica, localizada na cidade de São Paulo.

5.3.1 – Caracterização da empresa

O estudo de caso apresentado descreve a empresa onde se desenvolveu a pesquisa, seu posicionamento no mercado, características de sua administração estratégica, seu histórico em relação às ações de desenvolvimento de produtos, o modelo desenvolvido, a análise crítica do modelo, e os resultados obtidos.

5.3 – O estudo de caso

1. Quanto ao seu objetivo: Exploratória
2. Quanto ao método: Estudo de caso
3. Quanto à abordagem: Qualitativa

atuantes no mesmo ramo da nova filial brasileira, como também na produção de equipamentos e componentes utilizados na indústria da mineração. Sob o novo controle acionário, introduziu-se na linha de produção da empresa, uma nova gama de produtos cuja tecnologia de projeto, fabricação e aplicação, as outras unidades pertencentes ao mesmo grupo já detinham.

Neste período, foram efetuadas modificações no escopo de atuação relativo a novos produtos, buscando otimizar a relação da empresa com as demais pertencentes ao mesmo grupo. Com isso, ocorreu um aumento e diversidade da oferta de novos produtos, na área de atuação do grupo, para o mercado brasileiro, modificando o papel antes desempenhado pela empresa de supridora de peças de desgaste, voltando a cada vez mais, para a produção de equipamentos.

Atualmente é considerada como de grande porte no seu ramo de atividade. Possui cerca de 1100 funcionários e sua linha de produtos é acatada como uma das mais completas e conceituadas na área de britagem, peneiramento e processamento de minérios. Projeta e produz sistemas e instalações de manuseio a granel de materiais, envolvendo: processamento, classificação, transporte, estocagem e recuperação.

Das unidades industriais que compõem a filial brasileira do grupo, uma unidade é denominada Fundição e a outra é denominada Fábrica de Equipamentos. Para este trabalho há interesse na unidade produtora de equipamentos.

5.3.2 – Estrutura organizacional da empresa

A estrutura organizacional da empresa, após sua aquisição, foi ampliada para suportar a nova orientação. À época esta estrutura era comum às duas unidades e constituída por uma superintendência e diretorias, conforme ilustrado na Figura 5.1. Segundo Kaminski (2000), esta estrutura pode ser definida como uma estrutura departamental do tipo funcional.

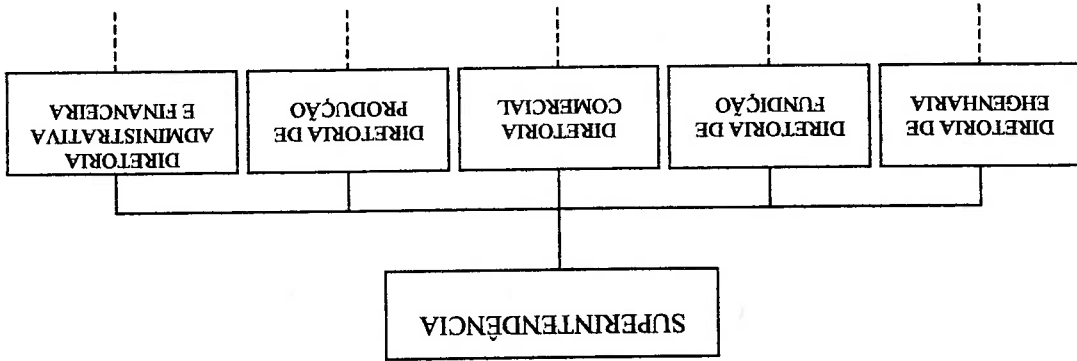


Figura 5.1 – Organograma da Empresa

O departamento de engenharia da Fábrica de Equipamentos apresentava uma diretoria de engenharia, que era subdividida em gerências por linha de atividade

(Figura 5.2).

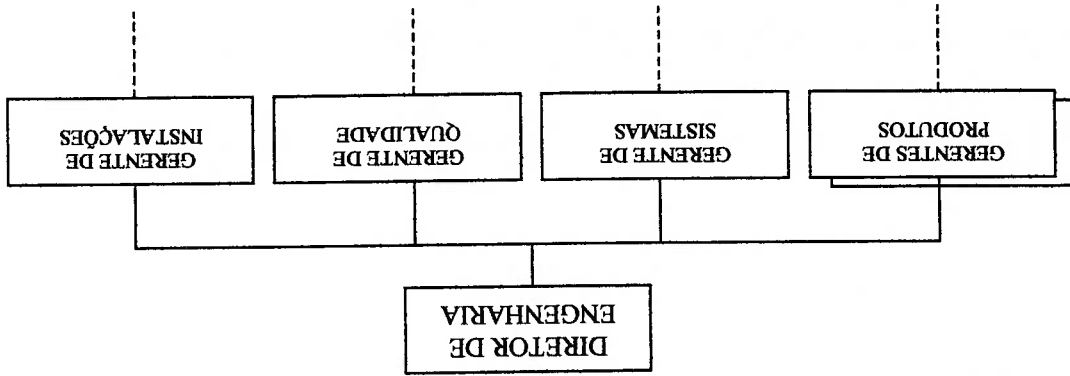


Figura 5.2 – Organograma do Departamento de Engenharia

Como se pode observar, na área determinada pelo departamento de engenharia, a responsabilidade por projeto do produto estava configurada em gerências específicas, subordinadas ao diretor de engenharia. Seguindo-se a estrutura, as gerências do produto eram partilhadas em áreas, correspondentes a características particulares dos equipamentos produzidos na empresa, como ilustrado na Figura 5.3.

Na visão da superintendência, à época, ter o menor preço de mercado proporcionava vantagem decisiva, sendo o principal fator de competitividade e sempre o primeiro aspecto considerado na análise comparativa com a concorrência.

▪ A estratégia competitiva

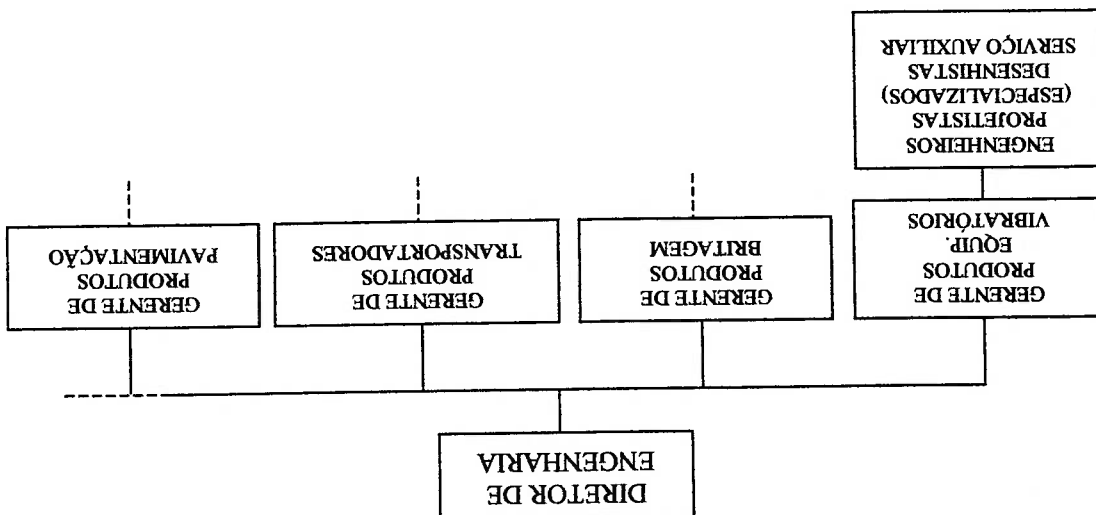
O principal objetivo a ser atingido, formalmente definido e divulgado pela superintendência, constituindo ponto de referência para as diretrizes e ações de gerenciamento, era o de aumentar a participação no mercado nacional.

▪ O objetivo estratégico da empresa

Em função da análise dos ambientes internos e externos, que na época estavam exercendo influências na empresa, a superintendência, posicionada como a maior autoridade hierárquica e representante direta dos acionistas, propôs e implementou uma forma de administração estratégica que será descrita em seguida:

5.3.3 – A administração estratégica da empresa

Figura 5.3 – Organograma detalhado do Departamento de Engenharia



A empresa classifica os alimentadores de sua linha de produtos por seu princípio de funcionamento como: alimentadores de correia, esteira, os helicoidais, de gaveta e os alimentadores vibratórios, divididos em mecânicos e sub-ressonantes.

Em seu Manual de Britagem, a empresa pesquisada descreve os alimentadores industriais como equipamentos utilizados em sistemas de processamento de materiais, geralmente montados sob um silo ou uma bica. Sua função é regular a vazão, provendo a quantidade necessária, e auxiliar o fluxo, por gravidade, do material.

No final da década de 70, a empresa pesquisada, através de sua gerência de marketing, identificou uma oportunidade de mercado para a comercialização de alimentadores industriais, em plantas de mineração, que apresentassem certas características operacionais, particularizadas como: funcionamento em locais de difícil acesso, pouco espaço instalado, baixo consumo de energia e facilidade de montagem.

Apresenta-se em seguida, no objetivo deste trabalho, o estudo de caso, exploratório e qualitativo, fundamentado no processo de projeto de alimentadores vibratórios sub-ressonantes, na empresa analisada.

5.3.4 – O desenvolvimento de produtos na empresa

Oferecer menores prazos de entrega proporcionava vantagem considerada; já os aspectos referentes à qualidade precisavam atingir um bom padrão em relação ao mercado, principalmente na confiabilidade do produto. Em termos de flexibilidade de atendimento ao cliente devia-se estar atento ao padrão e tendências do mercado. Portanto, de acordo com a prioridade definida na visão da superintendência, a estratégia voltada ao preço era a indicada para a empresa como um todo e, em particular, ao desenvolvimento de novos produtos, foco no qual está o interesse deste trabalho.

A empresa cita as características e vantagens comparativas entre as várias classificações, com relação aos demais, em sua aplicação específica, observadas no

Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Características gerais de alimentadores industriais

Alimentadores	Características Gerais
Esteiras (ou Sapatas)	Indicado para serviços pesados, com alta resistência a impactos, permite descarga direta na esteira e trabalha bem com materiais de alto teor de umidade.
Gaveta	Utilizado para dosagem de materiais, tem bom controle de alimentação e baixo custo.
Helicoidal	Apresenta a possibilidade de elevação do fluxo de alimentação.
Vibratório Mecânico	Indicado para serviços pesados, separação prévia de finos, fácil manutenção, bom controle de alimentação.
Vibratório Sub-ressonante	Aplicado em circuitos que requerem dosagens precisas, e alta capacidade, com ótimo controle de alimentação, pequenas dimensões e baixo ruído operacional.

Após uma análise preliminar de mercado, foram identificadas duas empresas fabricantes de equipamentos similares, que seriam concorrentes potenciais, mas sem atuação na área de mineração.

Um levantamento junto aos produtos patenteados e disponíveis no grupo controlador da empresa apontou vantagens comparativas, para a aplicação pesquisada, de alimentadores vibratórios sub-ressonantes, posicionando este equipamento como a melhor alternativa da empresa para suprir a necessidade identificada.

Esta análise apontou também para o atendimento ao objetivo e estratégia competitiva da empresa, e a decisão de oferecer alimentadores vibratórios sub-ressonantes ao mercado brasileiro foi então tomada.

5.3.5 – O procedimento de projeto de alimentadores vibratórios sub-ressonantes

Neste estudo, serão abordadas as fases que antecedem o planejamento do processo, da produção e a fabricação propriamente dita, e que estão relacionadas diretamente às atividades da gerência de produto.

O modelo contempla o roteiro de atividades realizadas pela gerência de produto do departamento de engenharia, da empresa pesquisada, decorrente a uma solicitação para o desenvolvimento de um novo projeto.

5.3.5.1 – As etapas do processo

As principais etapas do processo de projeto de alimentadores vibratórios sub-ressonantes podem ser relacionadas ao fluxo de atividades da empresa e estão descritas abaixo, dentro de um ordenamento cronológico:

Inicialmente a gerência de marketing identifica as oportunidades de mercado, numa análise preliminar. Essa constatação muitas vezes não se apresenta de maneira clara e, para a definição exata da necessidade real, faz-se uma análise cuidadosa do mercado potencial, estudam-se as tendências de crescimento da economia nacional e

internacional e, de preferência as tendências de expansão individuais das empresas clientes.

Em um primeiro estágio, determinada a necessidade, a gerência de marketing elabora sua associação a soluções com equipamentos já disponíveis na empresa ou constantes da gama de equipamentos do grupo controlador, definindo características técnicas e quantitativas básicas, proporcionando às gerências de vendas uma abordagem específica a cada cliente, oferecendo um sistema ou um equipamento, já definido à aplicação levantada. Esta abordagem é feita como uma proposta técnica. Antecedendo a elaboração da proposta técnica, uma avaliação econômica e financeira das soluções é equacionada.

As características de aplicação: parâmetros, limitações e critérios principais, constantes na proposta técnica, são de responsabilidade da gerência de produtos e dimensionadas no âmbito do engenheiro do produto.

As atividades que caracterizam este primeiro estágio são:

1. Recebimento da solicitação de desenvolvimento: toda a solicitação para a realização de um estudo de desenvolvimento de produto é efetuada por uma solicitação de atividade, a qual deve ser emitida pelo solicitante de um novo produto. A área responsável pela execução do estudo faz uma avaliação na solicitação, aprovando ou rejeitando, conforme o caso. Uma vez aprovada a solicitação, a mesma resulta no início das atividades na gerência executora. Em caso contrário, esta deve ser devolvida ao solicitante com sua respectiva justificativa.

A gerência de produtos para a área de equipamentos vibratórios recebeu uma solicitação de desenvolvimento, enviada pela gerência de marketing, que continua as informações básicas acerca do equipamento já definido à aplicação específica.

A empresa filiada ao grupo que detinha informações sobre o equipamento, com sede nos EUA, foi contatada, possibilitando a transformação das informações básicas iniciais contidas na solicitação de atividades, em especificações técnicas do produto, o que permitiu a aprovação da solicitação.

2. Estudo da viabilidade técnica e econômica: a avaliação da necessidade de estudo da viabilidade técnica e econômica deve ser realizada pela gerência responsável pelo projeto com base na natureza e na complexidade da solicitação de desenvolvimento. A execução do estudo da viabilidade técnica e econômica é considerada como uma etapa de aprovação antes do planejamento do projeto.

Neste ponto foram realizadas reuniões de grupo, envolvendo a gerência do produto, seu pessoal subordinado à área específica, as gerências de marketing, vendas e produção, para analisar a concepção técnica da solução e sua expectativa de custo, compondo um cronograma preliminar para definir quando novo produto estaria em condições de ser produzido.

3. Aprovação do estudo: após ser concluída a fase de execução do estudo, são avaliados todos os resultados objetivando definir a aprovação do mesmo. Caso a avaliação resulte na rejeição da solicitação, a mesma retorna ao solicitante.

Na fase anterior foram avaliadas as características técnicas do equipamento em conjunto a uma análise do custo da produção e do investimento em ferramentas, equipamentos, dispositivos, etc., proporcionando a competente autorização para prosseguir.

Um segundo estágio tem como objetivo analisar as diversas exigências de projeto, apresentadas no estágio anterior, estabelecendo a melhor concepção para o produto.

A concepção é então modelada e submetida a análises para se determinar uma faixa dentro da qual os principais parâmetros de projeto devem ser controlados. Tolerâncias e os materiais dos principais componentes do sistema, também são determinados, bem como a extensão das variáveis que afetarão a estabilidade do sistema. Considera-se, neste estágio, a seleção de fornecedores, bem como a matéria prima necessária e disponível no mercado.

Suas principais atividades são:

Outra atividade considerada foi uma elaboração da estrutura de projeto do produto. O produto foi estruturado em componentes, que por sua vez foram agrupados em subconjuntos independentes que, associados configuraram o conjunto final, os quais foram listados e ordenados conforme a sequência de montagem. Esta

6. **Execução do projeto:** uma vez definido o planejamento do projeto, iniciou-se a execução do mesmo. Uma das principais atividades da engenharia nesta etapa foi elaboração dos desenhos, porém esta atividade foi executada complementarmente a outras necessidades, tais como a elaboração de documentação e normas específicas e especificação de materiais.

Em um terceiro estágio, passa-se ao detalhamento do projeto, ou seja, a elaboração dos desenhos de conjunto, subconjuntos, elementos, listas de peças e informações técnicas para instalação, operação e manutenção do equipamento. Este estágio possui as seguintes atividades:

Nesta e na próxima etapa, realizaram-se reuniões para concepção de idéias, utilizando-se a técnica de *brainstorming*, em busca de princípios de solução para novos processos, aplicações, materiais, etc.

5. **Anteprojeto:** nesta etapa foram realizadas as seguintes tarefas quanto ao desenvolvimento: pesquisa bibliográfica, avaliação de concorrentes, contato com fornecedores, definição do modelo e análise de seus parâmetros e dimensionamento dos componentes, elementos e estrutura do equipamento.

O planejamento do projeto consistiu na execução do cronograma definitivo, contendo todas as tarefas realizadas pela gerência de produtos e áreas envolvidas no desenvolvimento. Para tanto, foi fundamental a necessidade de uma visão global das implicações do projeto, tornando-se imprescindível incluir neste cronograma, todas as atividades das demais áreas.

4. **Planejamento do projeto:** o planejamento é obrigatório para projeto e desenvolvimento de novos produtos, pois afeta sua especificação final, seu desempenho, segurança e/ou interfere no atendimento dos requisitos legais.

estrutura continha a denominação do componente, o código do mesmo, o material do qual era composto e a quantidade em que era consumido.

7. Avaliação do projeto: Após a execução do projeto, foi efetuada uma análise para sua verificação, confrontando-o com os dados de entrada da solicitação de atividades, investigando-se o projeto quanto ao cumprimento de seus requisitos. Este procedimento ocorreu de forma interativa às outras etapas, pois em casos onde o resultado não foi favorável a aprovação, o projeto retornou a um novo planejamento para que sua execução acontecesse com as recomendações impostas na avaliação.

A equipe responsável pela avaliação dos requisitos do projeto foi formada por pessoas de diversas áreas da empresa, dentre as quais, a área responsável pela qualidade do produto. Muitas sugestões de melhorias foram geradas nesta ocasião, levando a novas alterações do projeto.

Com as expectativas alcançadas, uma folha de consenso foi emitida, aprovando o projeto para o início da implementação do produto e sua produção.

8. Certificação do projeto: a execução do projeto também compreendeu a elaboração da documentação relativa a sua oficialização. Quando a avaliação final do projeto apresentou-se concluída, um relatório foi elaborado, com objetivo de gerar a certificação do produto. Este relatório continha todas as especificações do produto sendo comparadas com as especificações recebidas originalmente.

O relatório recebeu a aprovação da diretoria de desenvolvimento da empresa filiada, localizada nos EUA, que emitiu um parecer de certificação do projeto do produto. Este parecer é o documento que permitiu a produção do novo equipamento, na empresa filiada brasileira, atestando que as alterações efetuadas em seu projeto, não afetavam as condições funcionais ou estruturais do projeto original.

9. Conclusão da execução do projeto: com o projeto detalhado, nesta etapa a atenção foi voltada à conclusão da documentação técnica e comercial, integrantes do conjunto do equipamento, para a sua correta instalação, operação e manutenção.

10. Validação do projeto: esta é uma pequena etapa que antecede a produção do alimentador vibratório sub-ressonante. A validação foi uma atividade realizada no âmbito da gerência de produtos, tendo o objetivo de implementar a documentação do projeto, confrontando os dados de entrada do projeto, com o produto a ser fabricado, ou seja, avaliou-se toda sua documentação, verificando-se desde a folha de solicitação de atividade, os estudos de viabilidade técnica e econômica, os modelos e dimensionamentos, e também se o projeto realmente foi executado conforme previsto no planejamento. Após a liberação destes relatórios de validação, iniciou-se a fabricação do equipamento.

5.3.5.2 – O fluxograma do processo

O roteiro de atividades estudado na pesquisa permite a elaboração de um fluxograma, dividido em estágios, para o processo de projeto descrito, que está proposto na Figura 5.4.

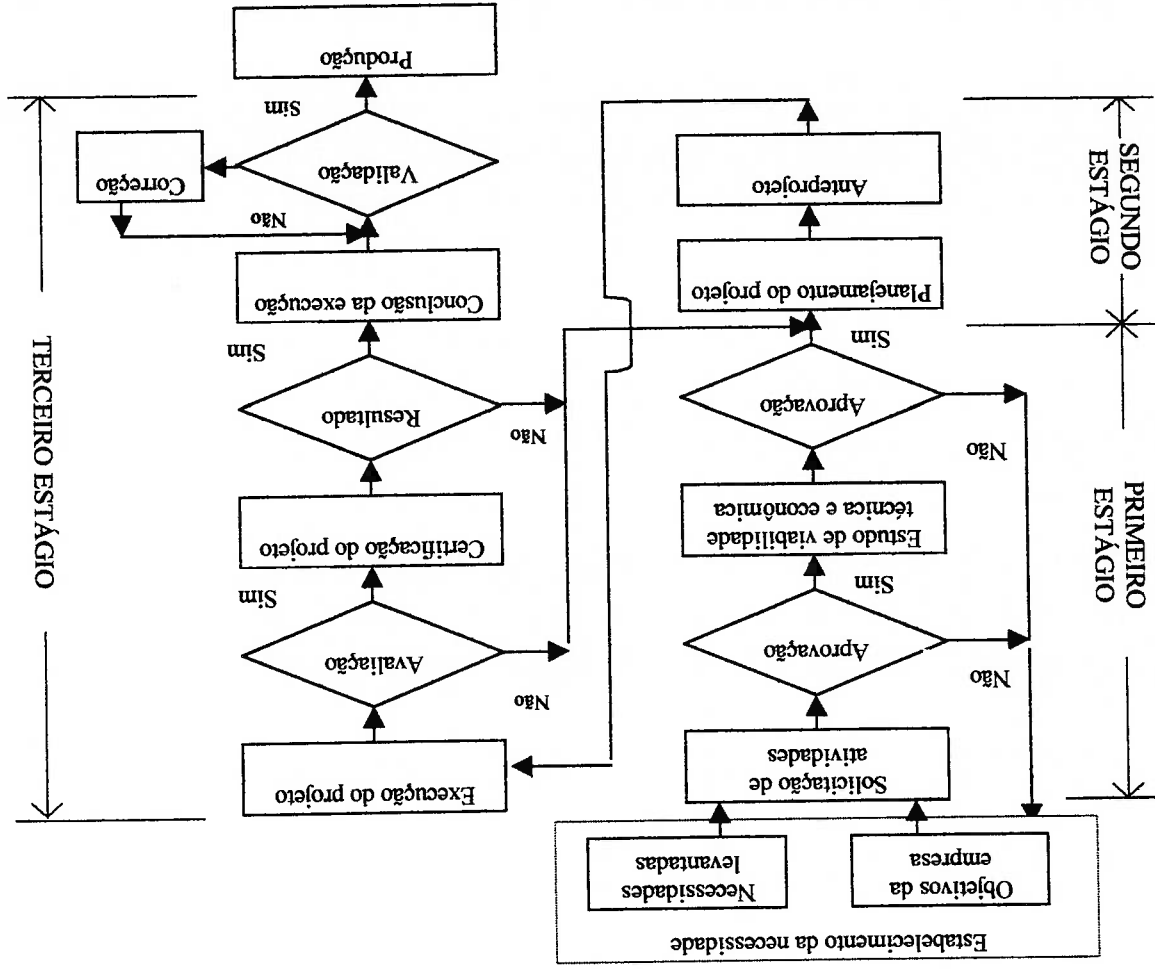


Figura 5.4 – Fluxograma do processo

5.4 – Análise crítica sobre o procedimento empregado na empresa

Se algum procedimento, proveniente de uma oportunidade ou intuição, é utilizado em lugar de metodologias de projeto de origem científica, uma verificação deve ser efetuada para garantir-se que os resultados não violaram as considerações processuais recomendadas na literatura (Eder, 1998).

O procedimento para o projeto de alimentadores vibratórios sub-ressonantes, que expôs as atividades realizadas na empresa, abordado no item 5.3.5, apresenta uma série de características interessantes que, sob sua ótica, contemplam os principais benefícios e prescrições de metodologias de projeto de origem científica.

A análise crítica que será feita procura refletir sobre o procedimento adotado, confrontando-o com as principais recomendações encontradas na literatura e, em especial, com os preceitos das metodologias de projeto segundo Asimow (1968), VDI 2221 (1977) e Pahl, Beitz (1988).

Os aspectos mais relevantes são destacados em tópicos e seu atendimento em relação ao procedimento empregado é apresentado em seguida.

1. Identificação de oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos

Esta atividade normalmente é conduzida pelos representantes de marketing ou vendas, e envolve um intenso entendimento do mercado onde a empresa compete e formas para descobrir oportunidades de vendas. Bastante freqüentemente, a área de marketing executa esta tarefa; se não, um grupo de pesquisa de mercado pode ser contratado.

Procedimento de projeto:

No procedimento de desenvolvimento empregado na empresa, esta atividade pode ser identificada em seu fluxograma, apresentada na Figura 5.4, sendo executada pela gerência de marketing, que prepara uma análise preliminar, orientada aos objetivos da empresa.

O julgamento da oportunidade de desenvolvimento do novo produto está contido na etapa de solicitação de atividades, em nível da gerência do produto.

2. Análise de capacidade para o atendimento das oportunidades identificadas

O propósito desta fase que é frequentemente composta por integrantes da engenharia de projeto e equipe de engenharia industrial é criar uma avaliação objetiva do que a empresa pode e não pode fazer. Isto conduz a uma matriz que detalha a gama inteira de capacidades.

Esta avaliação não pode ser apenas uma avaliação superficial. Deve estar completa, assim podem ser avaliadas todas oportunidades de oferta de produtos. Uma equipe multifuncional julgará então o que realmente pode ser fabricado pela empresa.

Procedimento de projeto:

Na etapa de estudo de viabilidade técnica e econômica, esta consideração está atendida. Uma equipe multifuncional apreciou a exequibilidade do equipamento, na empresa filiada brasileira, avaliou sua expectativa de retorno e decidiu pelo seu desenvolvimento.

3. Estabelecimento do conceito do produto

O conceito do produto estabelece suas diretrizes como custo, retorno esperado, data de entrega, especificações, etc., definindo detalhadamente suas características técnicas. Os conceitos especificados nesta fase são então valorados e selecionados de acordo como quais bem eles satisfazem as exigências de mercado e finalmente toma-se a decisão de investimento no detalhamento do melhor conceito.

Engenharia de projeto e marketing lideram as atividades, procurando combinar as oportunidades de mercado com as capacidades da empresa.

No processo de projeto, as pessoas desempenham um papel funcional, enquanto usam sua própria experiência e conhecimento. Elas também possuem um importante papel na formação de uma equipe, aplicando suas características particulares de caráter ou comportamento, auxiliando o trabalho. Uma equipe pode

5. A equipe de projeto

A elaboração das especificações do produto, em nível da gerência de produtos, força então uma definição do que a empresa poderá oferecer para o cliente. Isto minimiza a possibilidade de a empresa fazer uma oferta que será difícil cumprir. Tende também a impedir enganos entre os clientes e o departamento de vendas sobre o produto.

Nesta etapa, o representante de marketing apenas assegura que o conceito de produto satisfaz as necessidades percebidas do mercado.

A etapa referente à solicitação de desenvolvimento orienta para que as especificações iniciais sejam convertidas em especificações técnicas do produto.

Procedimento de projeto:

Freqüentemente, existem falhas em projeto porque o problema inicial não foi definido corretamente. Se um conceito de produto é considerado exequível, será necessário estabelecer, da forma mais completa que as informações disponíveis permitirem, uma especificação de produto.

4. Definição da tarefa

Esta característica está fortemente inserida no procedimento de projeto da empresa, em suas etapas de solicitação de atividades e estudo de viabilidade técnica e econômica, passando pelas etapas de avaliação e decisão para continuidade do projeto. Nestas etapas, parte da atividade de avaliação consiste na busca por pontos fracos, corrigindo-os ou interrompendo o procedimento.

Procedimento de projeto:

ter as habilidades e experiências certas e adequadas, mas pode precisar de equilíbrio de personalidades para ser produtiva.

Procedimento de projeto:

A composição de uma equipe específica para o desenvolvimento do produto está prevista no organograma funcional da empresa, que divide a Engenharia em Gerências de Produto, configurando-as com equipes especializadas.

6. Utilização de ferramentas auxiliares

Um aparato de literatura, métodos e técnicas estão agora disponíveis como ferramentas que auxiliam o projeto.

Procedimento de projeto:

Algumas ferramentas, como técnicas de geração de idéias e trabalho simultâneo, foram empregadas no procedimento. Entretanto, certas atividades, como a execução de desenhos, feitos em pranchetas num método tradicional, aumentam o prazo de desenvolvimento, diminuem qualidade e dificultam a obtenção e utilização das informações geradas.

A utilização intensa de ferramentas auxiliares, que interferem no prazo de desenvolvimento do processo de projeto, deve então ser recomendada como integrante de uma metodologia de projeto.

7. Manter o projeto simples

Um projeto deveria ser feito tão simples quanto possível, por exemplo, reduzindo o número de componentes, fazendo componentes executarem mais de uma tarefa ou promovendo o uso de novas tecnologias.

Procedimento de projeto:

Esta preocupação está evidenciada na etapa de execução do projeto, onde a elaboração de uma estrutura, definindo o produto em componentes agrupados em subconjuntos independentes, permite sua simplificação, adequando o procedimento aos recursos da empresa.

8. Comunicação entre todas as fases

O tempo no processo de projeto é um dos parâmetros mais controlados e sua diminuição é considerada uma vantagem estratégica. Em prazos de desenvolvimento muito restritos, a especificação das exigências do cliente pode tornar-se superficial e a comunicação efetiva entre todas as fases do processo torna-se indispensável nas equipes de projeto.

Procedimento de projeto:

No procedimento de projeto adotado pela empresa, a comunicação entre as diversas fases é efetiva, e esta evidenciada na preocupação com o planejamento das atividades e o trabalho em equipe. Durante o processo, itens considerados críticos foram discutidos em reuniões envolvendo toda a equipe sendo, em consequência, liberados mais rapidamente.

9. Detalhamento do projeto

O detalhamento pobre de um projeto pode arruinar um bom conceito.

Quando o projeto entra na fase de detalhamento, comumente as atividades são transferidas aos projetistas para sua finalização, elaborando-se desenhos com procedimentos convencionais ou eletrônicos (sistemas CAD). Esta fase é destacada nas metodologias de origem científica e agrega pessoas com um perfil mais operacional que as fases que a precedem.

Procedimento de projeto:

A etapa de execução do projeto atende à preocupação e importância da fase de detalhamento do produto, onde suas características determinantes foram avaliadas e

calculadas, com seus desenhos elaborados em detalhes. Em seguida, a etapa de avaliação do projeto verifica a cadeia dimensional do conjunto final e aperfeiçoa as especificações do detalhamento.

10. Seleção de materiais e componentes

A utilização de materiais e componentes de qualidade inferior, ou sem o adequado desenvolvimento de fornecedores, é um problema crescente. Algumas empresas utilizam procedimentos para assegurar o correto provimento de materiais e componentes especificados.

Procedimento de projeto:

Na etapa de anteprojecto, a equipe de projeto realiza contato com fornecedores, buscando garantir a procedência de componentes que serão comprados, e não detalhados, e dos materiais empregados nos componentes detalhados.

11. Interatividade no processo de projeto

Apesar de sua apresentação sequencial em fases, é importante garantir-se que as fases de um processo de projeto tenham uma grande superposição, ou seja, uma atividade de uma fase pode ser iniciada antes que a fase anterior seja finalizada, desde que a informação necessária ao seu desenvolvimento já esteja disponível.

Procedimento de projeto:

No procedimento adotado, a interatividade entre as diversas etapas mostrou-se relativamente adequada, pois a transferência de informações para a evolução do desenvolvimento é interrompida nas etapas de aprovação, avaliação e validação, que são pontos de tomada de decisão sobre a continuidade do processo.

5.5 – Resultado da Análise Crítica

Como se pode notar na análise crítica efetuada no item 5.4, o procedimento de projeto descrito atende em grande parte às recomendações encontradas na literatura,

confrontando-se as necessidades presentes atualmente nas empresas, principalmente em relação a dois relevantes parâmetros: o tempo de execução do processo de projeto e o atendimento a critérios do cliente.

Quadro 5.2 – Atualização do procedimento de projeto.

Característica de atualização do procedimento	Aspectos relevantes na análise crítica do procedimento de projeto		
	Atendimento	Sim parcial	não
Desenvolver produtos a partir de critérios do cliente, não somente por critérios técnicos; enfatizar o custo antes do preço; expandir os objetivos econômicos com a incorporação de objetivos sociais.		X	
2. Análise da capacidade da empresa	X		
3. Estabelecimento do conceito do produto	X		
4. Definição da tarefa		X	
5. A equipe de projeto		X	
6. Utilização de ferramentas auxiliares			X
7. Manter o projeto simples	X		
8. Comunicação entre todas as fases	X		
9. Detalhamento do projeto	X		
10. Seleção de materiais e componentes		X	
11. Interatividade no processo de projeto		X	
Substituir técnicas de qualidade projetada (prevenção).			
Determina-se a utilização de sistemas CAD e recomenda-se a aplicação de ferramentas auxiliares ao processo de projeto.			X
Utilização de equipe multifuncional para o projeto, ampliando o ambiente da engenharia do produto.			X
Buscar redução no tempo de desenvolvimento do projeto.			X

Uma atualização deste enfoque está apresentada no Quadro 5.2, que relaciona os tópicos do procedimento de projeto adotado e as suas características, abordados na análise crítica.

Esta atualização poderá adaptar a aplicação do procedimento descrito, como uma metodologia formal de projeto, integrando a tecnologia disponível ao desenvolvimento de novos produtos, mesmo sendo proveniente de um processo não convencional.

Esta metodologia, se empregada em empresas que desenvolvem produtos ou articulam o processo de projeto com decisões em nível individual, substituindo procedimentos não sistemáticos ou inexistentes, poderá trazer resultados expressivos em termos de tempo de desenvolvimento, custo e qualidade.

Fundamentada como uma proposta de uma metodologia de projetos, envolvendo o trabalho em equipe com um procedimento sistemático, desde as fases iniciais do projeto, possibilitará a participação nas decisões, e problemas de desenvolvimento poderão ser detectados e evitados antes que se inicie a produção propriamente dita.

PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA AS FASES PRIMÁRIAS DO PROJETO

Um procedimento sistemático proporciona um trabalho de projeto com maior antecedência, e melhor, fazendo o produto chegar à produção mais cedo e, uma vez iniciada a produção, sem apresentar necessidade de correções ou adaptações.

Segundo Eder (1998), as metodologias recomendadas na ciência de projeto são formuladas em um nível muito genérico e abstrato.

Estas metodologias devem ser adaptadas e particularizadas em relação ao problema proposto, empresa, economia, escala, etc., isto é, para a situação de projeto existente. Para o autor, esta adaptação é reconhecidamente difícil.

Alguns procedimentos mais simples, denominados pelo autor de “*industry best practices*”, e utilizados no desenvolvimento do processo de projeto, podem ter seus resultados descritos em uma metodologia sistemática. Tais procedimentos, entretanto, devem ser devidamente justificados e armazenados na documentação do desenvolvimento do processo de projeto.

No Capítulo 3 foram apresentadas várias metodologias utilizadas no desenvolvimento de projetos, tendo sempre como foco suas fases primárias. Neste capítulo buscou-se determinar uma metodologia de projetos básica, de fácil interpretação, que contemple as principais recomendações das metodologias de origem científica e que possa ser implantada em empresas do setor metal mecânico,

fabricantes de produtos sob encomenda, pretendendo desenvolver-se assim um sistema de apoio às suas atividades de projeto.

A metodologia proposta está apresentada na sequência, onde se discutem os problemas iniciais, o modelo utilizado, seu campo de aplicação e suas restrições.

6.1 – Campo de aplicação

A metodologia tem caráter amplo, sendo aplicável em vários campos do projeto, como o projeto de sistemas mecânicos, projeto de bens de consumo, projeto de serviços, entre outros. Porém os métodos propostos para a sua execução apresentarão melhores resultados em ambientes de projeto que apresentarem algumas características como:

- Empresas semelhantes à pesquisada: atuantes no setor metal mecânico, com produtos industriais fabricados sob encomenda, que apresentem problemas de projeto.

- Ambiente favorável ao trabalho: disposição do principal executivo em investir nas fases primárias do desenvolvimento de produtos. Isto significa que é necessário o apoio para a formação de uma equipe de projeto. Esta deve possuir o suporte necessário para realizar seu trabalho.

- Equipe de projeto: o trabalho em equipe pode garantir um aumento da criatividade individual, fornecendo assim meios para um melhor resultado.

- Administração produtiva da equipe: a equipe de projeto deve estar organizada de forma produtiva, isto é, com capacidade de interação aos demais setores da empresa, dentro de seus objetivos específicos.

A satisfação destes pontos aumenta as chances da metodologia resultar em um novo produto de qualidade, com diminuição do tempo total de desenvolvimento. No entanto, a aplicação desta metodologia poderá ocorrer sem estes parâmetros, com menores chances de sucesso.

Dentro da metodologia proposta o levantamento das necessidades será realizado pelo método QFD. Este passo é necessário para definir os requisitos do projeto, que são as características que se deseja alcançar no desenvolvimento do produto, originários das necessidades dos consumidores. Os requisitos de projeto são

Para se iniciar o desenvolvimento, a equipe de projeto deve ter uma visão consistente e homogênea dos objetivos da empresa. A equipe deve conhecer os limites impostos pelo ambiente da empresa onde o produto será produzido, sendo necessário determinar as informações gerenciais associadas ao trabalho.

O estabelecimento do estudo de levantamento de necessidades, que venham a ser supridas por sistemas ou produtos da empresa, pode não aparecer formalmente no processo, por estar relacionado a atividades consideradas como rotina nos departamentos envolvidos nesta fase inicial de desenvolvimento. Porém, o desenvolvimento de produtos inicia-se sempre fundamentado na constatação de uma necessidade.

Fase I – Estabelecimento da necessidade

Em seguida apresenta-se uma descrição sucinta de cada uma das fases do desenvolvimento de produtos da empresa, segundo o fluxograma proposto:

A morfologia proposta para a metodologia é apresentada na Figura 6.1. Esta é dividida em quatro fases principais, com estágios de atividades específicas dentro de cada uma.

Para o estabelecimento desta metodologia foram utilizados vários aspectos do trabalho apresentado no capítulo anterior, onde foi feita a pesquisa do procedimento de projeto em uma empresa. Estes sofreram adaptações, em função do resultado da análise crítica efetuada, visando ampliar sua aplicação e inserindo a utilização de ferramentas auxiliares ao processo de projeto.

6.2 – A metodologia proposta

um desdobramento das necessidades em uma linguagem mais objetiva, técnica e quantitativa.

Fase II – Concepção

A busca de concepções para solucionar o problema de projeto é a primeira atividade desta fase.

Determinados os requisitos de projeto, elabora-se sua associação a um conjunto de soluções inéditas ou envolvendo o aperfeiçoamento daquelas já disponíveis na empresa, definindo características técnicas e quantitativas básicas, baseando-se em experiências anteriores e na intuição e criatividade da equipe de desenvolvimento. Estas soluções são então submetidas a um estudo de viabilidade técnica e econômica, separando as que poderão ser escolhidas como solução para o problema de projeto.

Fase III – Conversão

A otimização das concepções tem como objetivo analisar as diversas exigências de projeto, apresentadas na fase anterior, estabelecendo a melhor concepção para o produto.

Uma boa concepção poderá facilitar e garantir as etapas futuras, no entanto, erros ou equívocos nesta fase acarretarão em aumento do tempo de projeto, devido à necessidade de se refazer o projeto.

O planejamento do projeto envolve as estratégias e etapas que serão realizadas posteriormente e é de extrema importância dentro do desenvolvimento de qualquer atividade, garantindo um trabalho proveitoso e evitando problemas futuros devido a esquecimentos e imprevistos.

Nesta etapa da metodologia proposta, a equipe de projeto irá planejar as interações entre as várias atividades do processo de projeto, as formas de análise dos dados obtidos, editando informações e estabelecendo os objetivos de cada etapa futura, viabilizando o seu desenvolvimento.

Na etapa do anteprojecto, a concepção ótima é então modelada e submetida a análises para se determinar uma faixa dentro da qual os principais parâmetros de projecto devem ser controlados.

Tolerâncias e os materiais dos principais componentes do sistema, também são determinados, bem como a extensão das variáveis que atetarão a estabilidade do sistema. Considera-se, nesta fase, a seleção de fornecedores, bem como a matéria prima necessária e disponível no mercado.

Uma avaliação de progresso se faz necessária para verificar a adequação do volume de informações presentes até o momento. As informações adquiridas até aqui não devem mais ser alteradas, correndo o risco de aumentar excessivamente o tempo de projecto.

Fase IV – Execução

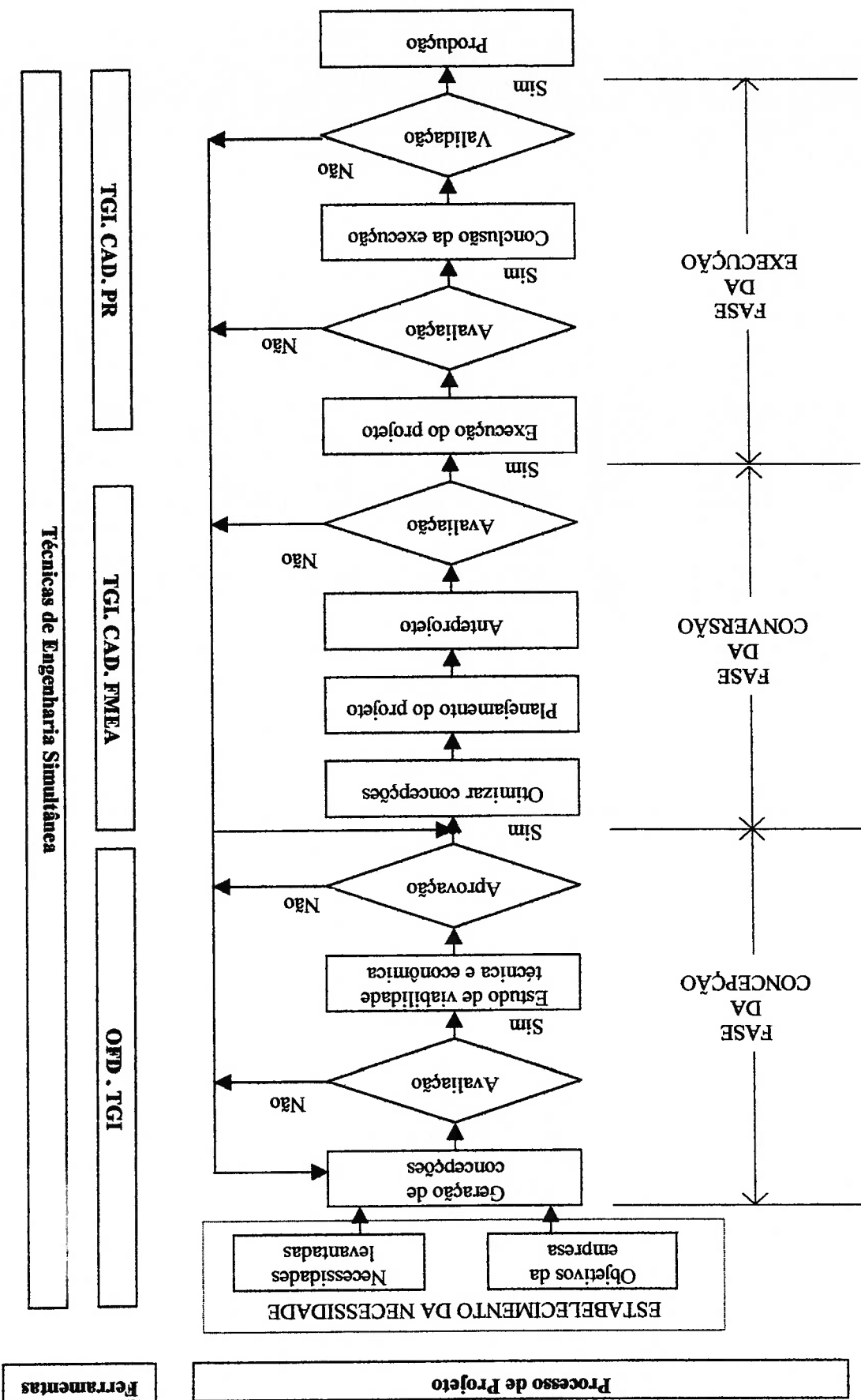
Baseado no anteprojecto definido anteriormente passa-se à etapa de execução do detalhamento do projecto, ou seja, a elaboração dos desenhos de conjunto, subconjuntos, peças individuais e listas de peças, que sintetizam grande quantidade de informações, servindo de meio de expressão entre os setores de engenharia, planejamento e produção. Ao final, o projecto encontra-se detalhado e claramente descrito.

Após a execução do projecto, efetua-se uma avaliação, confrontando o resultado final quanto ao cumprimento dos requisitos de projecto.

Um resultado favorável conduz à conclusão da execução, finalizando-se a documentação técnica do projecto, com informações para instalação, operação e manutenção do equipamento.

A validação do projecto é uma pequena etapa que antecede a produção do equipamento, onde toda sua documentação será avaliada, verificando-se os estudos de viabilidade técnica e económica, os modelos e dimensionamentos, e também se o projecto realmente foi executado conforme previsto no planejamento.

Figura 6.1 – A metodologia de projeto proposta.



Capítulo 7

CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apresentamos as conclusões obtidas na produção deste trabalho e recomendações para a execução de trabalhos futuros.

7.1 – Conclusões

Em obediência aos objetivos propostos neste trabalho, apresentou-se o ciclo de desenvolvimento de novos produtos mostrando a importância de sua condução de forma sistemática, partilhando-o em fases dinâmicas e interligadas.

Toda a bibliografia revisada neste trabalho aponta que, durante as fases iniciais do ciclo de desenvolvimento, as possibilidades de melhorias ao produto são mais viáveis, pois os custos associados a isto são pequenos e há uma diminuição no tempo de lançamento do produto. Dessa forma, numa abordagem do processo de projeto do produto, as metodologias de projeto foram analisadas, divididas em escolas filosóficas e caracterizadas segundo modelos para sua representação, possibilitando assim uma melhor compreensão das mesmas.

Em seguida, foram estudadas metodologias propostas na literatura, orientadas a ambientes industriais, em suas fases primárias, levantando-se suas mortologias e conceitos principais.

Observou-se que, para ter seu sucesso assegurado, o desenvolvimento de um projeto, além da metodologia empregada, depende também da utilização de

ferramentas auxiliares. As principais ferramentas, relacionadas ao trabalho, foram então examinadas.

No estudo de caso apresentado, analisou-se o processo de projeto em uma empresa, particularizado em um produto, os alimentadores vibratórios, que proporcionou a execução de uma análise crítica de seu desenvolvimento em relação às metodologias de projeto estudadas. Seu resultado foi comentado.

Finalizando os objetivos deste trabalho, uma metodologia de projeto foi proposta, amparada no estudo de caso, com alterações provenientes do resultado da análise crítica, englobando ainda alguns aspectos presentes nos vários modelos estudados.

A metodologia proposta utiliza ferramentas auxiliares, com sua aplicação voltada ao trabalho de equipes de projeto. Desta forma pretendeu-se atualizar a metodologia e torná-la mais ágil na busca por melhorias no desenvolvimento dos produtos.

Destaca-se que a utilização da metodologia possui um caráter didático, pois é de fácil interpretação e implementação, e poderá proporcionar caminhos mais promissores e ampliar a possibilidade das empresas e particularmente dos projetistas.

Em conclusão, pode-se afirmar que os objetivos iniciais deste trabalho foram alcançados.

7.2 – Sugestão de novos trabalhos

No desenvolvimento deste trabalho foram verificadas algumas possibilidades para sua ampliação:

- Verificar a aplicação da metodologia proposta neste trabalho em uma situação real, pesquisando seus pontos fortes e suas falhas, para adaptá-la às necessidades apresentadas em um ambiente industrial.

- Realizar um levantamento das metodologias de projeto praticadas na indústria brasileira, em particular nas pequenas e médias empresas do setor metal mecânico, verificando seu grau de adequação, sugerindo alterações ou adaptações que venham a direcionar os seus esforços no desenvolvimento de novos produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASIMOW, M. Introdução ao projeto de engenharia. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1968.
- BACK, N. Metodologia de projeto de produtos industriais. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1983.
- BAKER, M., Mc TAVISH, R. Política e gerência do produto. São Paulo: Editora Saraiva, 1978.
- BAXTER, M. Projeto de produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1998.
- BOONE, L.E.; KURTZ, D.L. Marketing contemporâneo. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1995.
- BRYMAN, A. Research methods and organization studies. London: Routledge, 1995.
- CASAROTTO FILHO, N.; FAVERO, J.S.; CASTRO, J.E. Gerência de projetos / engenharia simultânea. São Paulo: Editora Atlas, 1999.
- CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. Managing new product and process development. New York: Free Press, 1993.
- COATES, N.F.; COOK, I.; ROBINSON, H. Idea generation techniques in an industrial market. Journal of Marketing Practice: Applied Marketing Science, v.3, n.2, p. 107-118, 1996.

CONSALTER, L.A. Fatores e procedimentos determinantes da qualidade do projeto de produtos visando a competitividade. *Revista Gestão e Produção*: v.3, n.1, p. 75-85, Abril 1995.

COUINHOS, L. G. Superação da fragilidade tecnológica e a ausência de cooperação. In: *Ciência e Tecnologia: Alicerces do desenvolvimento*. CNPq, 1994.

CROSS, N. *Engineering design methods*. London: John Wiley & Sons, 1996.

CSILLAG, J.M. *Análise do valor*. São Paulo: Editora Atlas, 1995.

DHILLON, B. S. *Engineering design: a modern approach*. Chicago: Irwin, 1986.

EDER, W.E. Design Modeling – A design science approach. *Journal of Engineering Design*, v. 9, n. 4, 1998.

EVBUOMWAN, N.F.O.; SIVALOGANATHAN, S.; JEBB, A. A survey of design philosophies, models, methods and systems. *Proc Instn. Mech. Engrs*, v. 210, p. 301-320, 1996.

FLEURY, Afonso Carlos Corrêa. *A questão da tecnologia e a organização da engenharia na empresa industrial brasileira*. São Paulo, 1983, Tese (Livre Docência em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Gil, A.C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Editora Atlas, 1995.

GURTEEN, D. Knowledge, creativity and innovation. *Journal of Knowledge Management*, v.2, n.1, Sep. 1998.

HAUSER, J.R.; CLAUSING, D. The House of Quality. *Harvard Business Review*, p. 63-73, May-June, 1988.

HYMAN, H. *Fundamentals of engineering design*. London: Prentice Hall, 1998.

- JALAN, A., KLEINER, B. H. New developments in developing creativity. *Journal of Management Psychology*. v.10, n.8, p. 20-23, 1995.
- KAMINSKI, P. C. *Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2000.
- LASCHUK, A. Computação gráfica: o que, onde e para onde? In: III Escola Regional de Informática, 1995, Rio Grande do Sul, "Anais.." p. 108-120.
- MAFFIN, D. Engineering Design Models: context, theory and practice. *Journal of Engineering Design*, v. 9, n. 4, 1998.
- Mc FADZEAN, E. Techniques to enhance creative thinking. *Team Performance Management: An International Journal*. v.6, n. 3/4, p. 62-72, 2000.
- MEDLAND, T. An engineering designer's view of virtual engineering and rapid prototyping. *World Class Design to Manufacture*. v.2, n.3, p. 41-44, 1995.
- MIETTI, M. A., VENDRAMETO, O. Uso de prototipagem rápida como fator de competitividade. *Anais do XX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2000.
- OLIVEIRA, J. H. Estudo das vantagens e da validade da prototipagem rápida. Trabalho apresentado para a disciplina Projeto Integrado de Sistemas Mecânicos, EPUSP, 1998.
- PAHL, G.; BEITZ, W. *Engineering design: a systematic approach*. Berlin: Springer-Verlag, 1988.
- PORTER, M.E. *Estratégia competitiva*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1986.
- PUGH, S. *Creating innovative products using total design*. Massachusetts: Addison-Wesley, 1996
- QUINTELLA, H. M. *Gestão total do produto*. Rio de Janeiro: Editora Tama, 2000.

- SLACK, N. et al. *Administração da produção*. São Paulo: Editora Atlas, 1997.
- TONG, G. Design and the environment. *World Class Design to Manufacture*. v.1, n.1, p. 39-41, 1994.
- TRUEMAN, M. Managing innovation by design – how a new design typology may facilitate the product development process in industrial companies and provide a competitive advantage. *European Journal of Innovation Management*. v.1, n.1, p. 44-56, 1998.
- ULLMAN, D.G. *The mechanical design process*. USA: McGraw Hill, 1992.
- VALERIANO, D.T. *Gerência em projetos*. São Paulo: Editora Makron Books, 1998.
- WALKER, D.G.; DAGGER, B.K.; ROY, R. *Creative techniques in product and engineering design*. England: Woodhead, 1991.
- YOSHIKAWA, H. Design philosophy: The state of the art. *Annals of the CIRP* v. 38/2, p. 579-586, 1989.
- ZANGWILL, W.I. *Lightning strategies for innovation*. New York: Lexton Books, 1993.