



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

*“Desenvolvimento Enxuto de Produto: Um modelo de
integração entre engenharia simultânea e co-design”*

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

ALEXANDRE CARLOS SANDES
ORIENTADOR: Prof. Paulo Ghinato

RECIFE, MARÇO / 2003



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

ALEXANDRE CARLOS SANDES

***“Desenvolvimento Enxuto de Produto: Um modelo de
integração entre engenharia simultânea e co-design”***

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DE PRODUÇÃO

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o candidato ALEXANDRE CARLOS SANDES - **APROVADO**

Recife, 20 de Março de 2003.

Prof. PAULO GHINATO, PhD (UFPE)

Prof. ALEXANDRE STAMFORD DA SILVA, Doutor (UFPE)

Prof. VILMA MARIA VILLAROUÇO SANTOS, Doutor (UFPE)

E quando lhe parecer que não há mais
esperança, continue firme, em ação.
Você poderá estar criando dias melhores
para quem vem depois.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por corresponder a todos os meus pedidos de força e paciência para concluir esta obra.

Aos meus pais, irmãos e toda a minha família pelo fundamental apoio, incentivo e pela base concedida.

Agradeço ao professor Paulo Ghinato, orientador e amigo, pelos ensinamentos e toda a colaboração.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, pela oportunidade de desenvolver esta dissertação.

Aos membros participantes da banca examinadora: professor Paulo Ghinato, professor Alexandre Stamford da Silva e professora Vilma Maria Villarouco Santos.

A todas as pessoas que de alguma forma incentivaram e contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A tentativa de lançar produtos novos no mercado o mais breve possível e anteriormente à concorrência, com um alto nível de qualidade e a um custo baixo, faz com que as empresas busquem aperfeiçoar o processo de desenvolvimento de seus produtos, para que se tornem cada vez mais competitivas nestes parâmetros de desempenho. Para tanto, torna-se necessário o entendimento e a aplicação dos princípios do Sistema de Produção Enxuta, desenvolvido na Toyota Motor Co., que aspira a total eliminação das perdas existentes em todo o sistema, assim como o uso de metodologias enxutas, que ajudem as empresas a atingir suas metas e obter vantagem competitiva a partir do processo de desenvolvimento de seus produtos. Enfatize-se o uso de ferramentas importantes, como a engenharia simultânea e o *co-design*, que integram a estrutura do desenvolvimento de produto, fazendo com que seu *lead time* seja sensivelmente reduzido.

Neste trabalho apresenta-se e discute-se, a partir de um estudo de caso conduzido em uma indústria calçadista nacional, o processo tradicional de desenvolvimento de produto, que caracteriza as indústrias manufatureiras em geral. A partir da análise e identificação das principais fases e pontos críticos do processo tradicional de desenvolvimento de produto e de uma pesquisa bibliográfica focada na identificação do estado-da-arte na engenharia e desenvolvimento de produto, esta pesquisa apresenta um modelo geral de desenvolvimento de produto que combina os conceitos fundamentais e práticas do processo de desenvolvimento ("lean development") aplicado pela Toyota Motor Company com a abordagem da "engenharia simultânea" e "co-design".

ABSTRACT

The attempt of releasing new products on the market very briefly and prior to their competition, with a high level of quality at a low cost causes the enterprises to search for the improvement of the development process of their products so that they become more competitive in these performance parameters. It takes both the understanding and the application of principles of the lean production system, developed at Toyota Motor Co., which aims at the total elimination of any existing waste in the whole system, as well as the use of lean methodologies which may help companies achieve their goals and sustain competitive advantage from the process of development of their products. Meaningful tools such as concurrent engineering and co-design are highly emphasized. They integrate the structure of product development, making its lead time become considerably reduced.

In this work, it is discussed and introduced, from a case study carried on a national footwear manufacturer, the traditional process of product development, which characterizes manufacturing industries in general. From analysis and identification of the major stages and critical points of the traditional process of product development and also a bibliographic review focused on the state-of-the-art identification in the engineering field and product development, this research presents a general model for product development that matches the fundamental concepts and practices of the product development process applied by Toyota Motor Company with the approaches of “concurrent engineering” and “co-design”.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
SUMÁRIO	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
1 INTRODUÇÃO	2
1.1 Importância da Pesquisa	3
1.2 Objetivo da Pesquisa	5
1.3 Método de Pesquisa	5
1.4 Estrutura da Pesquisa.....	6
1.5 Limitações da Pesquisa.....	6
2 O SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA	8
2.1 Produção em Massa × Produção Enxuta	8
2.2 O Modelo da Produção Enxuta e seus Princípios Fundamentais	11
2.2.1 O Modelo da Produção Enxuta.....	11
2.2.2 O Princípio do Sistema Toyota de Produção.....	18
3 O CONCEITO DA CADEIA DE VALOR: INTEGRAÇÃO DO SISTEMA, DO FORNECEDOR AO CLIENTE	23
3.1 Definição de Cadeia de Valor.....	23
3.2 A Integração da Cadeia de Valor.....	24
4 O PROJETO DE PRODUTO COMO VANTAGEM COMPETITIVA	29
4.1 A Função Projeto em Gestão da Produção	29
4.2 Técnicas de Desenvolvimento de Produto.....	29
4.2.1 Engenharia Simultânea	30
4.2.2 Engenharia Reversa	32
4.2.3 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	33
4.2.4 Engenharia de Valor	36
4.2.5 Reengenharia	37
4.2.6 Método Taguchi.....	38
4.3 Modelo de Desenvolvimento Enxuto	40
4.3.1 Liderança	43
4.3.2 Equipe.....	45
4.3.3 Fluxo de Informação.....	45
4.3.4 Engenharia Simultânea.....	46
5 A IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA NO PROJETO DO PRODUTO	49
5.1 Impactos do Desenvolvimento de Produto na Cadeia de Valor	49
5.2 As Fases do Processo de Desenvolvimento de Produto	51
5.3 A Dinâmica Clássica do Desenvolvimento de Produto em Indústria Manufatureira... ..	53
5.4 Um Modelo de Transformação em Direção ao Desenvolvimento Enxuto.....	58
6 CONCLUSÕES	69
6.1 Contribuições da Pesquisa	69
6.2 Sugestões para Futuras Pesquisas.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Número de Modelos × Idade Média dos Modelos por região de Origem dos Produtores, 1982 – 1990 (Womack et al., 1992).....	3
Figura 2.1: Modelo simplificado do Sistema Toyota de Produção (Fonte: Ghinato, 2000).....	11
Figura 2.2: Dinâmica do Sistema <i>Kanban</i> (Fonte: Rother & Shook, 1999).....	13
Figura 2.3: Separação entre o Homem e a Máquina (Fonte: Ghinato, 2000).....	14
Figura 2.4: Exemplo de dispositivo <i>poka-yoke</i>	15
Figura 2.5: Elementos de operação padronizada (Fonte: Monden, 1984).....	15
Figura 2.6: Exemplo de <i>heijunka</i> (Fonte: Ghinato, 2000).....	17
Figura 2.7: <i>Kaizen</i> e Padronização (Fonte: Ghinato, 2000)	18
Figura 4.1: Tarefas da engenharia simultânea × engenharia seqüencial (Fonte: Casarotto, 1999).....	32
Figura 4.2: Processo de Eng. Progressiva × Eng. Reversa (Fonte: Feltrim & Fortes, 1997)	33
Figura 4.3: Casa da qualidade (Fonte: adaptado de Akao, 1996).....	35
Figura 4.4: Estrutura da Reengenharia (Fonte: Davenport, 1994)	38
Figura 4.5: Estrutura de Desenvolvimento Enxuto (Fonte: Ward, 2002).....	43
Figura 4.6: Ligações de apoio ao projeto (Fonte: Cleland & Ireland, 2002).....	46
Figura 5.1: Número e idade média dos modelos por região de produtores, 1982-1990 (Fonte: Womack et al., 1992).....	50
Figura 5.2: Participação das montadoras japonesas nos EUA na produção norte-americana (Fonte: Womack et al., 1992)	50
Figura 5.3. Processo de Desenvolvimento de Produto (Fonte: Clark & Fujimoto, 1991).....	52
Figura 5.4: Processo de desenvolvimento de produtos na empresa Z.	54
Figura 5.5: Estrutura de Desenvolvimento de Produtos proposta pela Pesquisa.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. General Motors Framingham × Toyota Takaoka, 1986 (Fonte: Womack et al., 1992)	10
Tabela 3.1 – Padrões de relações entre clientes e fornecedores (Fonte: Ambros & Zawislak, 1999).....	26
Tabela 3.2: Requisitos e indicadores para integração da cadeia de valor (Fonte: Zawislak, 2000).....	27
Tabela 4.1: Desempenho do Desenvolvimento Enxuto (Fonte: Womack et al., 1992).	41
Tabela 4.2: Atributos desejáveis no líder (Fonte: Valeriano, 1998)	44
Tabela 5.1: Fragmentação do Mercado Automotivo Norte-Americano 1955-1989 (Fonte: Womack et al., 1992).	51
Tabela 5.2: Dados de lançamento do produto A (Fonte: Empresa Z, 2002).....	55
Tabela 5.3: Dados de lançamento do produto B (Fonte: Empresa Z, 2002).....	56
Tabela 5.4: Dados de lançamento do produto C (Fonte: Empresa Z, 2002).....	56
Tabela 5.5: Dados de lançamento do produto D (Fonte: Empresa Z, 2002).....	56
Tabela 5.6: Nível e Quantidade de Fornecedores no Desenvolvimento da Toyota Motor Co..... (Fonte: Ward et al., 1995).....	65

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O ressurgimento das cinzas, após a Segunda Guerra Mundial, transformando-se em uma das maiores potências econômica do mundo, quebrando paradigmas de fabricação de produtos com qualidade inferior e superando sua escassez de importantes recursos naturais, fez com que o Japão se tornasse alvo de estudos e pesquisas (Kotler et al., 1986). Um dos marcos para essa ascensão japonesa está na indústria automobilística no conceito traduzido por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno da produção enxuta (Womack et al., 1992).

Foi após a crise do petróleo, na década de 1970, que o Sistema Toyota de Produção (STP) atraiu a atenção das indústrias japonesas. Evoluindo da necessidade de um mercado exigente, o STP soube superar essas restrições durante esta emergência econômica de 1973, onde teve pela primeira vez os seus resultados notados (Ohno, 1997).

Esse novo sistema gerencial adaptado à era atual de mercado global, baseia-se na completa eliminação de desperdício (Ohno, 1997), procurando otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, com a mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só a manufatura mas todas as partes da organização (Ghinato, 2000).

As atividades de manufatura, o desenvolvimento de produtos e a organização do sistema de fornecedores foram gradualmente transformados em todo o mundo por técnicas e conceitos organizacionais durante os anos 70 e 80, a maior parte deles desenvolvidos pela Toyota Motor Co. (Womack e Jones, 1998). O modo de produção enxuta apresenta as seguintes características gerais: manufatura flexível com menor número de máquinas especializadas, redução de estoques, formação de empregados qualificados, atividades de pequenos grupos, linha de montagem em fluxo contínuo procurando prevenir falhas e evitar reparos finais, relacionamento de cooperação e de longo prazo com fornecedores. Essa abordagem de fazer cada vez mais com cada vez menos, na qual a Toyota foi a pioneira transformando-se em *benchmark* para as organizações industriais (Ghinato, 2000), dá indício de que existe uma melhor forma de organizar e gerenciar os relacionamentos com clientes, cadeia de fornecedores, operações de produção e desenvolvimento de produto (Womack e Jones, 1998).

Os produtores enxutos japoneses primam pela extrema cautela junto à sua equipe de desenvolvimento de produto, desde a entrada de novos engenheiros, os quais passam anos conhecendo os vários departamentos da fábrica, como também, os engenheiros mais

experientes que são transferidos por um mês a cada ano para outras áreas funcionais, como vendas e suprimentos, para assegurar-lhes maior sensibilidade (Womack et al., 1992).

É focando uma das funções de gerenciamento o desenvolvimento de produto que verifica-se uma integração com todo o sistema enxuto. As companhias que dominam o projeto enxuto apresentam vantagem competitiva, pois podem ampliar sua variedade de produtos, e/ou obter uma maior taxa de renovação do mix de produtos, atingindo mais efetivamente os diferentes segmentos de mercado (Womack et al., 1992). A vantagem proporcionada pela produção enxuta nas montadoras de automóveis faz com que os produtores japoneses expandam o portfólio de produtos, conforme apresentado na figura 1.1.

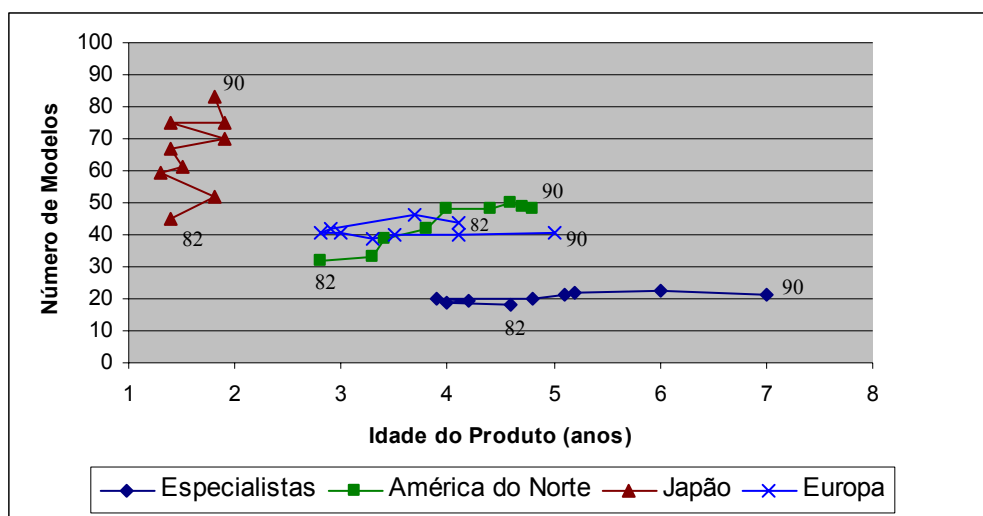


Figura 1.1: Número de Modelos \times Idade Média dos Modelos por região de Origem dos Produtores, 1982 – 1990
(Womack et al., 1992)

Esta competitividade é resultado de um certo número de fatores, tais como: uma força de trabalho leal, foco nas expectativas do cliente e o uso de melhores métodos para o desenvolvimento de produtos (Hartley, 1998).

1.1 IMPORTÂNCIA DA PESQUISA

É notória a crescente procura do entendimento do sistema de produção enxuta a partir de estudos e pesquisas. A profunda penetração japonesa nos mercados mundiais, sendo o primeiro de uma série de países asiáticos a aplicar um modelo concorrencial focado na criação de produtos de qualidade a custos mais baixos, veio a surpreender empresas ocidentais pelas vantagens competitivas que o sistema de produção enxuta proporcionava (Ohno, 1997).

Relembrando a definição de Ohno, o objetivo mais importante do STP tem sido aumentar o lucro pela eliminação consistente e completa de desperdícios. Entretanto, o STP não é apenas um sistema de produção, e sim, um sistema gerencial (Ohno, 1997). Entende-se que a luta constante contra o desperdício está vinculada a toda cadeia de valor, desde o planejamento estratégico da empresa às entregas do produto ao cliente. O projeto do produto, assim, tem grande importância para o sistema de produção e sérias implicações para o sucesso da companhia a longo prazo.

É intrínseco a esse sistema gerencial que a função desenvolvimento de produto contribui para fortalecer a base do sistema enxuto. A filosofia de projetos, segundo Womack et al. (1992), considera o processo de projeto como contendo basicamente dois tipos de atividades: as de transformação (ou conversão), que são diretamente produtivas, e as atividades de fluxo, que não agregam valor, gerando portando desperdício. Desta forma, o projeto enxuto propõe-se a otimizar as atividades de conversão e, por outro lado, reduzir ou eliminar as atividades que não agregam valor, tornando possível um trabalho melhor, mais rápido e com menor esforço (Womack et al., 1992). O projeto enxuto permite uma aproximação maior entre o setor de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e a engenharia de produto, significando em rápida introdução de inovações tecnológicas nos novos modelos, com menor comprometimento da confiabilidade do produto final e de sua manufaturabilidade.

Dentro da realidade competitiva mundial, uma empresa manufatureira que queira prosperar ou mesmo sobreviver, deve procurar ter um conhecimento sempre atualizado das forças competitivas que a dirigem e, como conseqüência, elaborar uma estratégia competitiva de contorno.

Através da apresentação de um modelo de desenvolvimento enxuto de produtos, esta pesquisa favorece um entendimento da importância da vantagem competitiva, obtida através de fatores como a redução do *lead time*, variedade de mix de produtos, integração da cadeia produtiva, redução de custos para aumento da lucratividade e nível superior de qualidade do produto.

As companhias japonesas estão aproveitando a vantagem do projeto enxuto (tornando a manufatura dos produtos com trabalho melhor, mais rápido e com menor esforço) para expandir rapidamente a gama de seus produtos, ao mesmo tempo renovando os produtos existentes. Executivos ocidentais declararam interessante a ênfase de ciclos menores para os modelos e maior variedade de produtos, mas equivocadamente, não diagnosticaram-no como ameaça (Womack et al., 1992). Segundo Womack et al. (1992) o desenvolvimento enxuto tem mudado a lógica de competição na indústria.

1.2 OBJETIVO DA PESQUISA

A presente pesquisa pretende apresentar uma proposta de modelo de desenvolvimento enxuto de produtos a partir de um modelo clássico de desenvolvimento, além de apresentar evidências claras de que os níveis de desempenho superior da Toyota Motor Co., medidos a partir de indicadores, tais como: lucratividade, participação de mercado, crescimento e taxa de renovação do mix de produto, bem como o desempenho superior dos seus automóveis (qualidade, grau de manufacturabilidade, manutenibilidade) derivam não somente do que se conhece a respeito do “sistema de produção” em si (produção puxada via *kanban*, *poka-yoke*, nivelamento da produção, linhas flexíveis, mão-de-obra multifuncional, etc), mas, sobretudo de sua estrutura de engenharia de produto, onde idéias e conceitos são transformados em produtos “viáveis” e superiores, ao mesmo tempo em que os próprios processos de manufatura são concebidos.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Silva & Menezes (2000), a pesquisa envolvida no projeto é caracterizada do ponto de vista dos seus objetivos, como uma pesquisa exploratória, porque visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito.

O método particular delineado é baseado em um modelo para o processo de desenvolvimento enxuto de produto integrando as ferramentas de engenharia simultânea e o *co-design*.

O método resultou na pesquisa bibliográfica para fundamentação teórica e exploração de ferramentas básicas para a criação do modelo proposto. Para proposição do modelo desenvolveu-se um estudo de caso em uma indústria do setor calçadista, identificando a estrutura utilizada em seu processo, através de visitas às instalações dos setores de desenvolvimento e produção, assim como entrevistas com responsáveis de cada área envolvida. Após a análise, é apresentada uma proposta de modelo genérico de desenvolvimento de produto com base nas práticas do processo enxuto de desenvolvimento, aplicadas pela Toyota Motor Company, combinando as abordagens da engenharia simultânea e do *co-design*.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

O capítulo 2 apresenta a diferença entre o sistema de produção enxuta e o sistema de produção em massa, abordando o modelo com seus princípios fundamentais e a evolução da produção enxuta idealizada pela Toyota Motor Co.

Foca-se no capítulo 3 o conceito da cadeia de valor e o sistema integrado de produção.

No capítulo 4 aborda-se a questão das técnicas adotadas no desenvolvimento de produto, e o modelo de desenvolvimento enxuto de produtos.

Apresenta-se no capítulo 5 um estudo de caso em uma empresa manufatureira de produtos seriados e uma proposta de modelo de desenvolvimento enxuto de produtos a partir da clássica estrutura de desenvolvimento de produtos.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões.

1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Antes da apresentação do estudo propriamente dito, é oportuno apontar as limitações encontradas que determinam a abrangência desta pesquisa, definem a aplicação do modelo proposto e influenciam diretamente no resultado encontrado:

- a) Proposição de um modelo teórico de desenvolvimento enxuto a partir da engenharia de produto e não a implementação em si;
- b) Apesar da existência de várias empresas, que atualmente adotam o sistema de produção enxuta, a presente pesquisa adota como referencial o sistema produtivo da Toyota Motor Co.

CAPÍTULO 2

O SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

2 O SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

Este capítulo apresenta uma visão geral do sistema de produção enxuta, com ênfase em seus princípios e principais componentes.

2.1 Produção em Massa × Produção Enxuta

A partir da década de 1970, a liderança industrial até então incontestável dos Estados Unidos e da Europa Ocidental passou a ser desafiada pelo Japão.

Womack et al., (1992) advogam que este fato está estreitamente ligado ao declínio da forma de organização do trabalho dominante em empresas ocidentais. O modelo de produção fordista estaria, por isso, sendo substituído na indústria manufatureira em todo o mundo por novos conceitos e princípios.

O início do ciclo de produção capitalista caracterizou-se fundamentalmente pela separação do trabalhador dos meios de produção. Mas foi o surgimento das grandes fábricas e das linhas contínuas de produção que aceleraram as mudanças, alterando radicalmente os sistemas organizacionais, cuja forma era descentralizada. O sistema era coordenado diretamente pelo dono, que tinha contato com todos os envolvidos: clientes, operários, funcionários, etc. (Womack et al., 1992).

Frederick Taylor, um engenheiro americano, publicou o seu livro “Princípios da Administração Científica” em 1911, tendo esta obra e as teorias de Taylor influenciado profundamente a organização dos sistemas produtivos. A administração científica de Taylor estava embasada em quatro grandes princípios (Taylor, 1990):

- Desenvolvimento de uma verdadeira ciência;
- Seleção científica dos trabalhadores;
- Instrução e treinamentos científicos dos operários;
- Cooperação íntima e cordial entre a direção e os trabalhadores.

Com a aplicação destes novos princípios, em lugar do antigo esforço individual, e com a divisão equilibrada, entre a direção e os trabalhadores, das partes de cada tarefa diária, a administração se encarrega das atribuições para as quais está mais bem aparelhada e os operadores das restantes (Taylor, 1990).

Na produção artesanal, o volume de produção era baixo, o projeto variava quase de veículo a veículo e as máquinas-ferramenta eram de uso geral. A força de trabalho era altamente especializada e muitos empregados tendiam a abrir sua própria empresa após alguns

anos. Os custos de produção eram altos e não caíam com o aumento de volume, os automóveis eram pouco confiáveis e de baixa qualidade (Taylor, 1990).

No final do século XIX, a indústria estava atingindo um patamar tecnológico e econômico, quando Henry Ford implantou novas técnicas de produção que reduziram os custos, aumentando ao mesmo tempo a qualidade do produto. Ford denominou o seu sistema de produção em massa (Womack et al., 1992).

Segundo Shingo (1996 a), o objetivo da produção em massa americana é reduzir o custo de mão-de-obra por unidade, assim como, os custos totais, aliviando o ônus causado pela depreciação. A demanda estimulada pelos baixos preços de venda cria um ciclo de produção e vendas em massa.

O conceito-chave da produção em massa não residia em uma linha de montagem contínua. Segundo Womack e Jones (1998), consistia na completa e consistente intercambiabilidade das peças e na facilidade de ajustá-las entre si. Antes da introdução da linha contínua, Ford já tinha reduzido o ciclo de tarefa médio de um montador de 514 para 2,3 minutos, passando para a metade após a introdução da linha contínua de produção.

A Ford procurou verticalizar-se totalmente, produzindo todos os componentes dentro da própria empresa. A consequência direta foi a introdução, em larga escala, de um sistema de controle altamente burocratizado, sem soluções imediatas. Alfred Sloan, da General Motors, anos mais tarde foi capaz de resolver o impasse da Ford. Sloan dividiu a empresa em unidades de negócio, implantando um rígido sistema de controle e criou funções na área de finanças e marketing. Por décadas, o sistema criado por Ford e aperfeiçoado por Sloan funcionou perfeitamente e as empresas americanas dominaram o mercado de automóveis. Três grandes empresas – Ford, GM e Chrysler – eram responsáveis por 95% de todas as vendas (Womack et al., 1992).

A crise do petróleo no ano de 1973 trouxe pesados prejuízos para as indústrias européias e americanas, deixando-as num patamar de estagnação. A ascensão de novos concorrentes, vindos do Japão (Toyota Motor Co.) começou a receber o reconhecimento mundial, despertando a curiosidade de organizações no mundo inteiro (Ghinato, 1996).

Segundo Monden (1984), o idealizador e promotor do Sistema Toyota de Produção, Sr. Taiichi Ohno, desde a sua entrada até atingir a vice-presidente da Toyota Motor Co., com o suporte da alta gerência e com o esforço dos subordinados, desenvolveu várias idéias, implementou e as corrigiu.

O STP recentemente denominado de “Sistema de Produção Enxuta”, referenciado assim no final dos anos 80 pela equipe de pesquisadores do IMVP-MIT (*International Motor*

Vehicle Program - Massachusetts Institute of Technology), é uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente (Ghinato, 2000). Segundo Ohno (1997) o STP não se restringe apenas a um sistema de produção, e sim, um sistema gerencial adaptado à era de mercados globais e de sistemas computadorizados de informação de alto nível.

A essência do STP, segundo Monden (1984), é manter o fluxo contínuo dos produtos que estão sendo manufaturados, obtendo assim, flexibilidade frente às oscilações do pedido do cliente. A realização de tal fluxo de produção é denominada de produção no momento exato, ou seja, produzir somente os itens necessários na quantidade necessária e no tempo necessário. Tendo a técnica de gestão *Just-In-Time* como supridora dos itens certos, no momento certo, na quantidade e local certos (Ghinato, 2000).

No início do projeto do IMVP, em 1986, realizou-se uma pesquisa em duas indústrias com sistemas de produção distintos, como mostra a Tabela 2.1. A 1ª com o clássico sistema de produção em massa, na montadora da General Motors de Framingham, Massachusetts. A 2ª com o clássico sistema de produção enxuta, na montadora da Toyota Motor Co. em Takaoka, na Toyota City.

Tabela 2.1. General Motors Framingham × Toyota Takaoka, 1986 (Fonte: Womack et al., 1992)

Indicador	GM Framingham	Toyota Takaoka
Horas Brutas de Montagem por Carro	40,7	18
Horas Ajustadas de Montagem por Carro	31	16
Defeitos de Montagem por 100 carros	130	45
Espaço de Montagem por Carro (m ²)	0,75	0,45
Estoques de Peças (média)	2 semanas	2 horas

Conforme observa-se na tabela 2.1, a montadora em Takaoka é quase duas vezes mais produtiva, e apresenta três vezes menos defeitos, do que a montadora em Framingham (observado, segundo Womack et al. (1992), para um mesmo conjunto de atividades padrão). Analisando o espaço de fabricação, é 40% mais eficiente, e seus estoques são mínimos comparados à montadora de Framingham, numa evidência clara do impacto gerado pela maior eficácia do sistema de gestão de desenvolvimento de produto da Toyota.

2.2 O Modelo da Produção Enxuta e seus Princípios Fundamentais

2.2.1 O Modelo da Produção Enxuta

O STP adquiriu, ao longo das últimas décadas, um reconhecimento e notoriedade ultrapassando os limites restritos a indústria, tornando parte em discussões no meio acadêmico. Autores como Shingo (1996a; 1996b), Monden (1984), Ghinato (1996; 2000) e Womack e Jones (1998), apresentam e discutem em suas obras, modelos que representam o STP.

Com a intenção de tornar o entendimento da essência do sistema mais claro, destaca-se nesse capítulo o modelo simplificado do STP, proposto por Ghinato (2000), como mostra a figura 2.1.

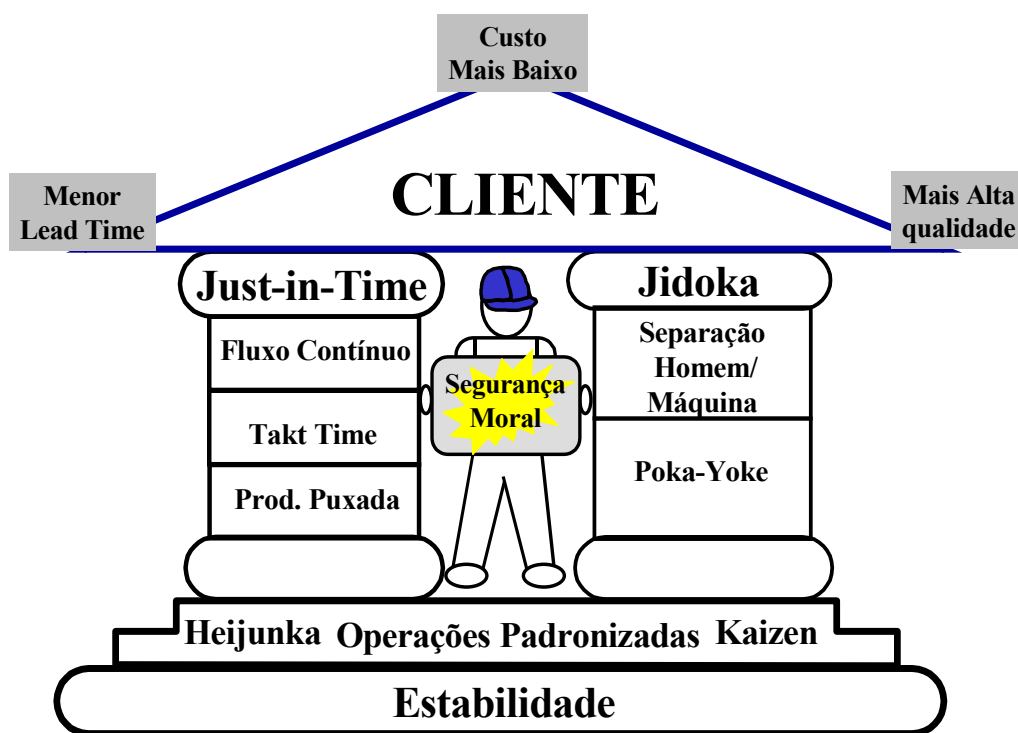


Figura 2.1: Modelo simplificado do Sistema Toyota de Produção (Fonte: Ghinato, 2000)

Segundo o modelo proposto por Ghinato (2000), o objetivo da Toyota é atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo; ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização.

Observa-se na estrutura (ver figura 2.1) que os dois pilares necessários à sustentação do Sistema Toyota de Produção são: *Just-In-Time (JIT)* e *JIDOKA* (Autonomação). A base

desses pilares, dispondo estabilidade ao sistema, são o *heijunka* (nivelamento de mix), operações padronizadas e *kaizen* (melhoria contínua e incremental).

Descreve-se a seguir, detalhes sobre os pilares de sustentação do modelo, como também todos os outros componentes essenciais do sistema.

2.2.1.1 Just-In-Time

O *JIT* é uma técnica de gerenciamento que permite que cada etapa do processo receba os itens certos, no momento certo, na quantidade e local certos. O objetivo do *JIT* é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A viabilização do *JIT*, como mostra a Fig 2.1, depende de três fatores relacionados: fluxo contínuo, *takt-time* e produção puxada, tendo o *kanban* como meio para o sistema fluir suavemente.

Para garantir a entrega no menor tempo possível, tendo um menor tempo de atravessamento (*lead time*) nas linhas de produção, a implementação do fluxo contínuo é extremamente importante. Na sua implementação, a Toyota converteu os tradicionais *layouts* funcionais em células de manufatura, compostas por diversos processos necessários à fabricação de determinadas famílias de produtos. Outra vantagem obtida nesse tipo de *layout*, é garantir um ritmo único de produção, trabalhando em fluxo unitário (um a um) de produção, onde, no limite, os estoques entre processos sejam completamente eliminados (Ghinato, 2000).

Segundo Ghinato (2000), o *takt time* é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente. Esse parâmetro permite considerar e associar o ritmo de produção ao ritmo das vendas. O *takt time* é dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tempo total disponível}}{\text{Demanda do cliente}}$$

Exemplificando hipoteticamente, tem-se:

Demanda = 1.920 peças/dia

Tempo total disponível = 8 horas (28.800 segundos)

Takt time = 28.800 segundos ÷ 1.920 peças = 15 segundos/peça

Desta forma, para atender a demanda peças/dia, o tempo da atividade de cada operador tem que ser no máximo 15 segundos.

Intrínsecamente relacionada com o conceito de *JIT*, a produção puxada é a produção dos itens certos, na quantidade e no momento certo. O processo precedente produz as peças retiradas pelo processo subsequente, de forma que cada processo de fabricação retira as peças ou materiais necessários dos processos precedentes, isto é, o ritmo da demanda do cliente é repercutido ao longo de toda a cadeia de valor, desde o armazém de produtos acabados até os fornecedores de matérias-primas.

A lógica da produção puxada é viabilizada através do *kanban*, que é um instrumento de controle da produção. O *kanban* pode tomar a forma de um cartão, com informação do tipo, da quantidade e local de entrega dos itens ou matérias a serem fabricados. Existem dois tipos de cartões *kanban*: o de *retirada* e o de *produção*. O *kanban de retirada* especifica o tipo, local de entrega e quantidade de produto que o processo subsequente retirará do processo precedente, enquanto o *kanban de produção* especifica o tipo, local de entrega e quantidade de produto que o processo precedente deve produzir (ver figura 2.2).

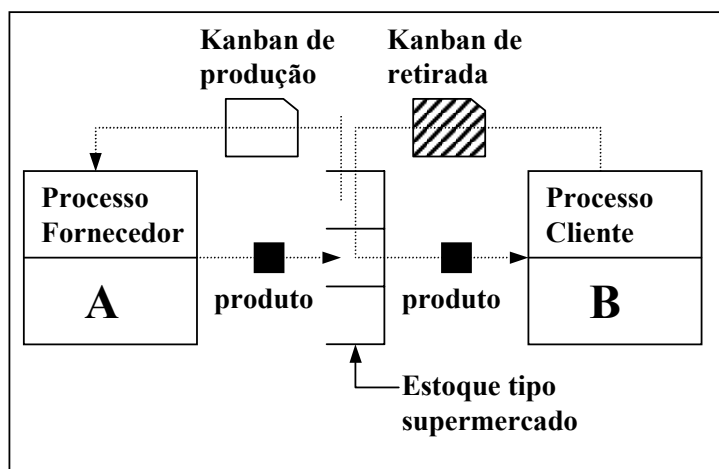


Figura 2.2: Dinâmica do Sistema Kanban (Fonte: Rother & Shook, 1999)

2.2.1.2 Jidoka

A invenção de Sakichi Toyoda (o tear automático e paralisação da linha sempre que se cometesse um erro para que peças com defeito não sigam adiante), fundador do Grupo Toyota, aplicado às máquinas da Toyota Motor Co., deu origem ao conceito de *Jidoka* ou *automação*, como também é conhecido. Na verdade, a palavra *jidoka* significa

simplesmente automação. *Ninben no aru jidoka* expressa o verdadeiro significado do conceito, ou seja, que a máquina é dotada de inteligência e toque humano (Ghinato, 1996).

Ohno se perguntou “Por que na Toyota Têxtil uma pessoa consegue operar diversas máquinas simultaneamente, enquanto na Toyota Motor cada trabalhador opera somente uma máquina?” A resposta era que as máquinas na Toyota Motor não estavam preparadas para parar automaticamente quando o processamento estivesse terminado ou quando algo de anormal acontecesse (Ohno, 1990).

A separação entre máquinas e homens (ver figura 2.3) é fundamental para a implementação do *jidoka*. O conceito é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. A automação separa completamente os trabalhadores da máquina, através do uso de mecanismos (*poka-yoke*) capazes de detectar anormalidades no fluxo de material, sinalizando e/ou paralisando a produção. Tem-se assim que, um operador pode atender a diversas máquinas, tornando possível reduzir o número de operadores e aumentar a produtividade da mão-de-obra.

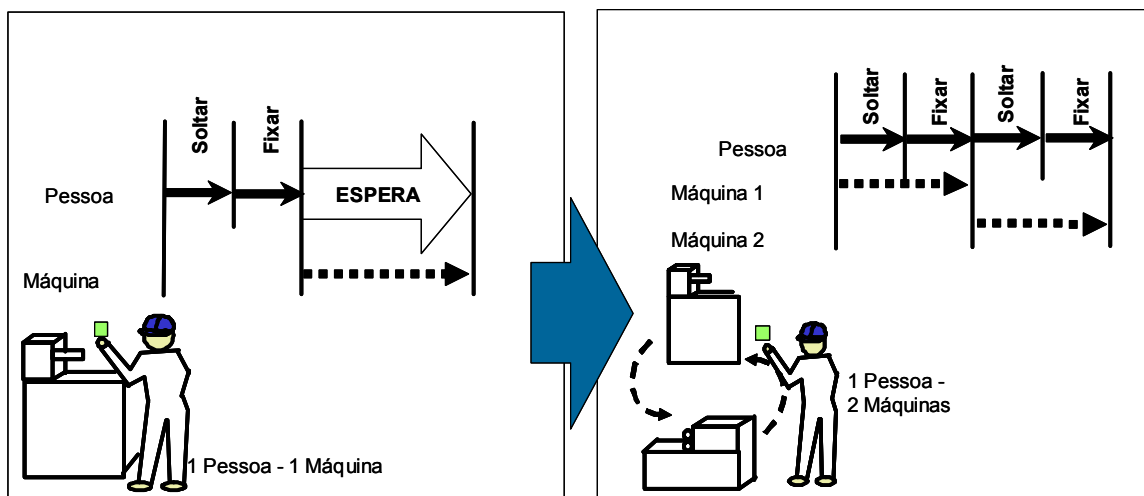


Figura 2.3: Separação entre o Homem e a Máquina (Fonte: Ghinato, 2000)

Pretendendo-se assegurar a *autonomação*, o dispositivo *poka-yoke* (ver figura 2.4) é um componente fundamental. O *poka-yoke* é um mecanismo de detecção de anormalidade que, acoplado a uma operação, impede o surgimento de defeitos oriundos da falta, ou montagem incorreta, de peças (Shingo, 1996 a).

De acordo com Shingo (1996 a), o *poka-yoke* em si não é um método de inspeção, mas um método de detectar defeitos ou erros, que pode ser usado para satisfazer uma determinada função de inspeção.

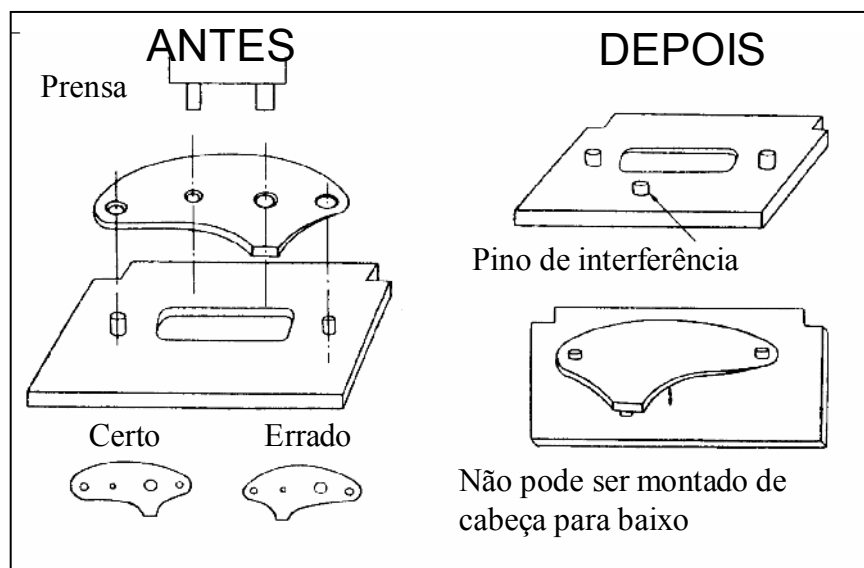


Figura 2.4: Exemplo de dispositivo poka-yoke

2.2.1.3 Operações Padronizadas

Retornando ao modelo apresentado na figura 2.1, observa-se que os pilares *JIT* e *Jidoka* estão fundamentados sobre uma base formada pelo *heijunka* (nivelamento da produção), operações padronizadas e *kaizen* (melhoria contínua).

O propósito do STP em operações padronizadas é a obtenção de alta produtividade através do trabalho eficiente, organizado de forma a produzir sem perdas. Um outro objetivo da padronização é obter o balanceamento de linha entre todos os processos em termos de tempo de produção, com a quantidade mínima de material em processo (figura 2.5) (Monden, 1984).

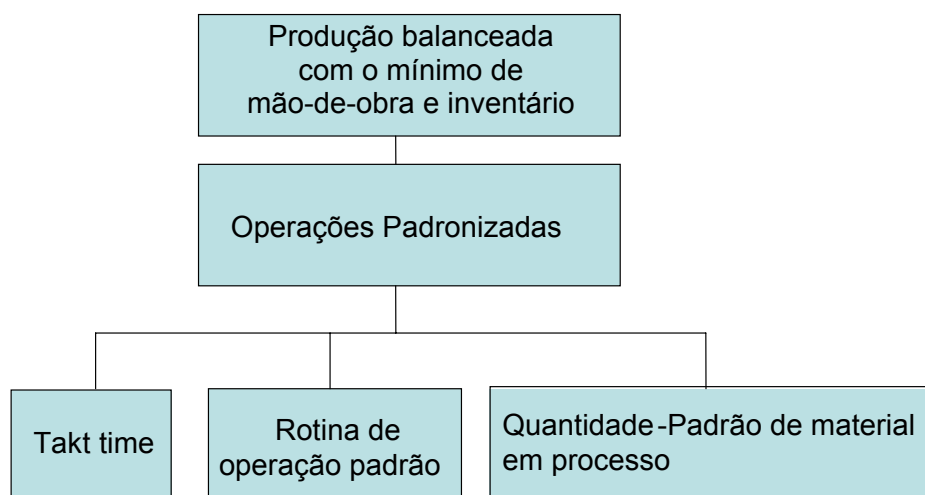


Figura 2.5: Elementos de operação padronizada (Fonte: Monden, 1984)

O *takt time* é o tempo necessário para se produzir uma unidade, de acordo com a demanda do cliente. A rotina-padrão é a seqüência determinada de ações executada por um operador, permitindo-lhe repeti-la de forma consistente ao longo do tempo. A quantidade-padrão de material em processo é a quantidade mínima de peças ou material necessários para manter a produção nivelada e contínua.

2.2.1.4 Heijunka

De acordo com Ghinato (2000), *heijunka* (ver figura 2.6) é a criação de uma programação nivelada, através do seqüenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias de todos os pedidos, para corresponder à demanda no longo prazo.


Na forma como é utilizado na Toyota Motor Company, o *heijunka* permite a produção em pequenos lotes, proporcionando as seguintes vantagens:


- Pequenos inventários de produtos acabados;
- Estoques intermediários reduzidos entre as etapas dos processos produtivos;
- Redução no tempo de atravessamento dos produtos ao longo da linha de produção;
- Combinação de produtos a cada dia, em resposta a variação da demanda, garantindo um fluxo contínuo.


Pode-se observar a mecânica clássica do *heijunka* no exemplo ilustrado a seguir. A figura 2.6, apresenta as demandas para 5 diferentes modelos de automóveis. A última coluna apresenta os *takt times* para cada modelo, assumindo que a fábrica tivesse condições de dedicar uma linha de montagem para cada um dos modelos. No entanto, sabe-se que na prática os diferentes modelos devem ser montados em uma única linha de montagem. A solução é proporcionada pelo *heijunka*, que define uma determinada seqüência de montagem (neste caso hipotético, ABACABADABACABAE) que, se repetida ciclicamente, é capaz de atender a demanda de cada um dos diferentes modelos como se estivessem sendo montados em linhas exclusivas, conforme representado na figura 2.6.


Modelo	Produção Mensal (20 dias)	Produção Diária (480 min.)	Takt Time (minutos)
Modelo A	4.800 unid.	240 unid.	2 min.
Modelo B	2.400 unid.	120 unid.	4 min.
Modelo C	1.200 unid.	60 unid.	8 min.
Modelo D	600 unid.	30 unid.	16 min.
Modelo E	600 unid.	30 unid.	16 min.
Total	9.600 unid.	480 unid.	1 min.


Linhas Exclusivas

Modelo A 

Modelo B 

Modelo C 

Modelo D 

Modelo E 

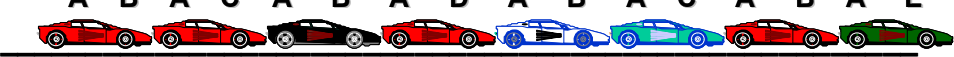
Linha Mista 

Figura 2.6: Exemplo de heijunka (Fonte: Ghinato, 2000)

2.2.1.5 Kaizen

O terceiro componente da base da estrutura do STP é o *kaizen*. *Kaizen* significa o melhoramento incremental e contínuo de uma atividade ou de um equipamento, focado na eliminação de perdas, de forma a agregar mais valor ao produto/serviço com um mínimo de investimento (Ghinato, 2000).

O *kaizen* busca melhorar continuamente as atividades de desenvolvimento de produtos, o registro de pedidos e a produção. Proporciona resultados uniformes ao longo do caminho para a “perfeição”, ou seja, a eliminação total de perdas (*muda*) para que todas as atividades ao longo de um fluxo de valor criem valor (Womack e Jones, 1998).

A figura 2.7 apresenta a importância da relação existente entre o *kaizen* e padronização, mostrando que só com processo estável é que se pode elevar o processo no próximo nível. Para se conseguir uma estável melhoria incremental, o *kaizen* necessita de um

monitoramento contínuo dos processos, através do ciclo de Shewart (ciclo PDCA) (Ghinato, 2000).

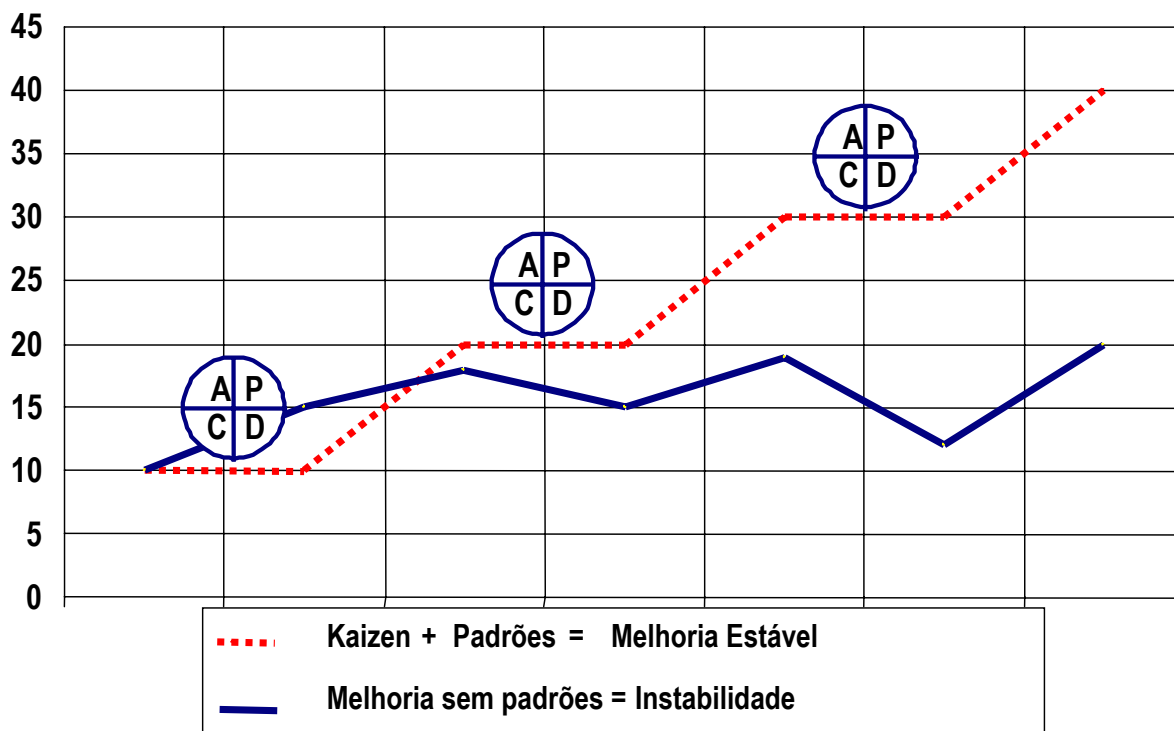


Figura 2.7: Kaizen e Padronização (Fonte: Ghinato, 2000)

2.2.1.6 Estabilidade

A base de todo o Sistema Toyota de Produção está na estabilidade dos processos. Somente processos controlados, confiáveis e estáveis, podem ser padronizados a fim de garantir os itens de produção sem interferências de defeitos, ou seja, de erros na execução da operação (resultante do pilar *Jidoka*) e entregando os itens corretos, na quantidade desejada, no momento e local certos (resultante *JIT*).

2.2.2 O Princípio do Sistema Toyota de Produção

O objetivo do STP é aumentar os lucros pela redução de custos, isto é, pela completa eliminação de perdas. De acordo com Shingo (1996 b), na Toyota a tradicional equação “Custo + Lucro = Preço de Venda” não é aceita. Em vez disso, a Toyota utiliza o princípio do não custo, ou seja, Preço de Venda – Custo = Lucro.

Observa-se que algebricamente as equações são idênticas. No pensamento enxuto ao aplicar-se o princípio do “não-custo” pressupõe-se que o mercado é quem impõe o preço de

venda e o lucro é a resultante da subtração do custo desse preço final. Por seu turno, a única forma de aumentar ou manter o lucro consiste na redução dos custos.

A redução dos custos é efetuada pela eliminação de perdas (*MUDA* em japonês), que são atividades completamente desnecessárias que não agregam valor e geram custos (Ghinato, 2000). Ohno propôs a classificação das perdas analisadas no STP em sete grupos, a saber:

- Perda por superprodução (quantidade e antecipada);
- Perda por espera;
- Perda por transporte;
- Perda por processamento em si;
- Perda por estoque;
- Perda por movimentação;
- Perda por produtos defeituosos;

2.2.2.1 Perda por Superprodução

Conforme Shingo (1996 b) a eliminação das perdas por superprodução é o "primeiro objetivo das melhorias no Sistema Toyota de Produção". Segundo Ohno (1996) as perdas por superprodução são o nosso pior inimigo, porque "elas ajudam a esconder outras perdas".

Existem dois tipos de perdas por superprodução:

- I) Perda por produzir demais (superprodução por quantidade);
- II) Perda por produzir antecipadamente (superprodução por antecipação).

2.2.2.2 Perda por Espera

As perdas por espera dizem respeito aos períodos de tempo desperdiçados no qual nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado.

Pode-se destacar três tipos de perdas por espera (Ghinato, 2000):

- Perda por Espera no processo: o lote completo fica aguardando a finalização da operação que está sendo executada no lote anterior, até que haja liberação para sua inicialização;
- Perda por Espera do lote: É a espera a que cada peça de um lote é submetida até que todas as peças do lote tenham sido processadas, prosseguindo assim para a próxima etapa.

- Perda por Espera do Operador: ociosidade devido ao desbalanceamento de operações.

2.2.2.3 Perda por Transporte

As perdas por transporte relacionam-se diretamente com todas as atividades de movimentação de materiais que geram custo e não adicionam valor e que, além disso, podem ser eliminadas imediatamente ou em prazo curto claramente delimitado.

Shingo (1996 a) deixa claro que o fenômeno de transportar não é trabalho que agrega valor, apenas elevando os custos de operação do sistema, ou seja, se um trabalho de transporte manual é meramente mecanizado, isto significa, simplesmente, que o alto custo do transporte foi convertido de manual em mecânico. Shingo (1996 a) advoga que só depois de esgotadas as possibilidades de melhorias em método e *layout*, pode-se então, melhorar através de mecanização.

2.2.2.4 Perda por Processamento em si

Perdas no processamento em si são decorrentes de atividades de processamento desnecessárias para que o produto adquira suas características básicas de qualidade. Para a otimização dos processamentos, recomenda-se a utilização das técnicas de Análise de Valor/Engenharia de Valor, como também o mapeamento do fluxo de valor.

2.2.2.5 Perda por Estoque

Perdas por estoque resultam da existência de estoques elevados de matéria-prima, material em processo e produtos acabados, que acarretam elevados custos financeiros bem como perdas de oportunidade de negócios.

Shingo (1996 b) advoga que deve-se por seguir a produção sem estoque. As perdas por estoque estão, também, associadas a organização do sistema produtivo. Assim, ações eficazes no sentido de eliminar as perdas por estoque envolvem melhorias do *layout*, ferramentas de sincronização da produção e ferramentas que melhorem a confiabilidade do fluxo produtivo.

2.2.2.6 Perda por Movimentação

Perdas no movimento estão diretamente associadas aos "movimentos desnecessários" dos trabalhadores, quando estes estão executando as operações principais nas máquinas ou nas linhas de montagem. Este tipo de perda pode ser eliminado, baseado nos estudos de Gilbreth, através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimento. Gilbreth desenvolveu seus estudos e teorias no sentido da obtenção da economia de tempo e das relações existentes entre o movimento humano e a postura no trabalho (Taylor, 1990).

2.2.2.7 Perda por Produtos Defeituosos

As perdas por fabricação de produtos defeituosos consistem em peças, subcomponentes e produtos acabados que não atendam às especificações de qualidade requeridas pelo projeto. Segundo Ghinato (2000), para atacar as causas fundamentais das perdas por fabricação de produtos defeituosos, é necessário estabelecer sistemas de "inspeção para prevenir defeitos".

CAPÍTULO 3

O CONCEITO DA CADEIA DE VALOR: INTEGRAÇÃO DO SISTEMA, DO FORNECEDOR AO CLIENTE

3 O CONCEITO DA CADEIA DE VALOR: INTEGRAÇÃO DO SISTEMA, DO FORNECEDOR AO CLIENTE

Neste capítulo aborda-se a definição da cadeia de valor e a integração na cadeia de todo o sistema, enfatiza-se os fluxos de informação e material orientados para a eliminação de perdas e agregação de valor.

3.1 Definição de Cadeia de valor

De acordo com Womack e Jones (1998), para a produção enxuta, desperdício é tudo aquilo que não agrega valor: tempo de espera de um funcionário para que outro conclua a etapa anterior, estoque de produtos, deslocamento desnecessário de pessoas e maquinaria, produção de itens indesejáveis, funcionários ociosos. Da procura pela minimização e/ou eliminação do desperdício passa-se a analisar o que "agrega valor" dentro do processo produtivo, ou seja, aplica-se o princípio da produção enxuta.

De acordo com Womack e Jones (1998), cadeia de valor pode ser definida como um conjunto de todas as ações específicas necessárias (agregando ou não valor ao produto) para projetar, pedir e oferecer um produto específico, da concepção ao lançamento, do pedido à entrega, e da matéria-prima às mãos do cliente. Percebe-se, a partir dessa definição, que o conceito envolve muito mais do que os interesses diretos da empresa em questão, atingindo todas as corporações de alguma forma relacionadas às três atividades desempenhadas pela empresa.

Womack e Jones (1998) advogam que as atividades que não podem ser medidas não podem ser adequadamente gerenciadas. As atividades necessárias para criar, pedir e produzir um produto específico que não podem ser precisamente identificadas, analisadas e associadas não podem ser questionadas, aperfeiçoadas ou inteiramente eliminadas. De acordo com Womack e Jones (1998) as ações necessárias para se projetar, pedir, produzir um produto específico, podem ser divididas em três categorias, a seguir:

- As que criam valor e são percebidas pelo cliente;
- As que não criam valor, mas são necessárias no sistema, e portanto, ainda não podem ser eliminadas;
- As que não criam valor percebido pelo cliente e que podem ser eliminadas.

Desta forma, fornecedores de matéria-prima, de peças e componentes, montadoras e distribuidores compõem uma cadeia de valor, ou seja, diferentes etapas de um processo que

permite agregar valor a um produto e/ou serviço. Nesta cadeia, todas as etapas devem estar perfeitamente integradas, mesmo que separadas geograficamente. Neste sistema, os problemas não são isolados; qualquer defeito na linha de produção influencia o andamento das outras etapas e deve ser repensado e solucionado de maneira que todos se envolvam e nenhuma outra parte do processo seja prejudicada. Solucionar um novo problema pode significar agregação de valor. Para tanto, deve-se primar por uma comunicação eficiente, para que as informações sejam repassadas de um ponto a outro da cadeia de valor sem enfrentar obstáculos. Tanto o fluxo de material quanto o fluxo de informação são de extrema importância para identificação e mapeamento da cadeia de valor.

Percebe-se pelo exposto a importância do conceito da cadeia de valor, é esse conceito que propicia a integração total entre os fluxos de material e informação, de grande importância para o gerenciamento dos sistemas de produção.

3.2 A Integração da Cadeia de Valor

Com a evolução da tecnologia da informação e a busca das empresas por maior integração, o conceito da integração evoluiu da integração física para integração de aplicativos, e mais recentemente para integração de negócios como um todo. Define-se integração como o agrupamento de componentes heterogêneos em um conjunto sinérgico, onde partes distintas passam a se comportar como um sistema único (Zancul et al., 2000).

A melhora no processo de projeto dar-se-á pela maior integração entre as várias especialidades técnicas envolvidas, pelo melhor planejamento e gerenciamento dos recursos e informações, pelo estabelecimento de mecanismos de aprendizado com o processo, pela formalização das etapas de projeto informacional e projeto conceitual, e pela consideração das restrições de projeto referentes a todo o ciclo de vida do produto (Zawislak, 2000).

As três justificativas mais importantes para a busca de integração nas empresas são as necessidades atuais de compartilhamento das informações, de interoperabilidade e de coordenação (Vernadat *apud* Zancul et al., 2000).

Womack e Jones (1998) definem a mentalidade enxuta como uma forma de tornar o trabalho mais satisfatório, oferecendo *feedback* imediato sobre os esforços para transformar *muda* (perda) em valor, realizando as atividades de forma cada vez mais eficaz e alinhando na melhor seqüência as ações que criam valor. O sistema integrado é parte intrínseca da mentalidade enxuta. Nesse sistema de negócio, para que todo o fluxo de valor (desde a matéria-prima até o cliente final) seja o mais eficiente possível, é necessário que toda a cadeia

de valor, ou seja, toda a cadeia produtiva de determinado produto, esteja de fato integrada (Ambros & Zawislak, 1999).

A cadeia integrada preconiza também que o fornecedor passe a ter um papel mais ativo na agregação de valor. Para agregar valor é preciso ter condições de desenvolver tecnologias o que implica, necessariamente, o desenvolvimento de projetos. Da mesma forma, para trabalhar em parceria desde a fase de projetos é preciso estar apto a desenvolvê-los. Em ambos os casos requer-se um processo de qualificação do corpo profissional, bem como o investimento em uma infra-estrutura mínima e técnicas gerenciais específicas (gestão de projetos, trabalho em equipes, plano tecnológico).

Na busca de uma estrutura integrada necessita-se do desenvolvimento de uma relação cooperativa entre cliente e fornecedores. Isto implica na existência de confiança e comprometimento entre as empresas envolvidas, na troca constante de informação e na realização de investimentos específicos. Estes, entre outros fatores, caracterizam a chamada relação integrada usuário-produtor (Ambros & Zawislak, 1999).

Não haverá cadeia totalmente integrada se não houver parcerias estabelecidas entre os diferentes elos. Isto significa formar redes para desenvolver projetos, para produzir, para fornecer e para prestar serviços. Para que a relação usuário-produtor possa resultar no desenvolvimento de vantagens competitivas de longo prazo, é necessário que seja estabelecida uma relação de confiança e comprometimento mútuo.

Na integração da cadeia de valor, a noção de relação de fornecimento extrapola a simples compra e venda de materiais, peças, componentes, módulos e sistemas. Trata-se, sim, de fornecer, mas dentro da idéia de contribuir para a cadeia de valor. Os integrantes em geral, cientes de seu crescente potencial de agregação de valor, passam a ter uma postura mais pró-ativa, participando de projetos inovadores, buscando novas alternativas de produção e prestando serviços cada vez mais completos. São combinações de conhecimentos técnicos e científicos para a criação de novos conhecimentos através do qual são desenvolvidos produtos e/ou processos produtivos (Ambros & Zawislak, 1999).

Alguns fatores influem no relacionamento integrado de produção, tais como troca de informação e intensidade de comprometimento. Para uma melhor ilustração, apresenta-se na tabela 3.1 um padrão de relacionamento entre empresas integradas (cooperativas) e não integradas (concorrentes).

Tabela 3.1 – Padrões de relações entre clientes e fornecedores (Fonte: Ambros & Zawislak, 1999)

Fatores de Influência		Padrões de relacionamento entre cliente e fornecedores	
		Relação de cooperação	Relação concorrencial
Troca de Informações	Natureza das informações	Tecnologias para inovar	Preço
	Fluxo de informações	Contínuo <i>feedback</i>	Flui mais dos fornecedores para os clientes
Comprometimento	Contratos	Longo prazo	Curto prazo
	Confiança	Forte	Fraca
	Investimento	Alto por ambas as partes	Baixo pelos produtores e desprezível pelos usuários
	Cooperação direta	Resolução conjunta de problemas; Desenvolvimento de fornecedores	Troca de parceiro quando há problemas
		Desenvolvimento conjunto de novos projetos e instalação de novas tecnologias	Desenvolvimento individual de novos projetos ou instalação individual de novas tecnologias
		Entregas com alta frequência	Prática de entregas com baixas frequências
Número de fornecedores	Poucos fornecedores	Muitos fornecedores	

A lógica de enxugar cada vez mais a produção vai além das fronteiras individuais da empresa. A necessidade de reduzir custos de processo, desperdícios em geral, tempos de transporte e *lead time* é passada para a cadeia como um todo. Não só os fornecedores devem ser enxutos, mas as próprias relações de fornecimento devem ser. Este enxugamento da cadeia tem como resultado uma real integração das relações interempresariais, fazendo assim com que toda a cadeia demonstre ser um único grande processo produtivo.

De acordo com Zawislak (2000), para se atingir uma integração de forma eficiente é necessário atender alguns requisitos, como mostra a tabela 3.2.

Tabela 3.2: Requisitos e indicadores para integração da cadeia de valor (Fonte: Zawislak, 2000)

REQUISITOS DE PARTICIPAÇÃO	INDICADORES
Saúde financeira	Perfil faturamento, Investimento, custo e preços
Certificação de Qualidade	ISO, QS 9000
Competência para formar parcerias	Parcerias em geral
Integração eletrônica (externa e interna)	<i>E-mail, homepage, CAD/CAM</i>
<i>Co-design</i>	Técnica de gestão
Padrões internacionais de CQQP (custo, qualidade, quantidade e preço)	Custo e preço, perfil do cliente, indicadores de qualidade (MASP, layout celular, CEP, <i>FMEA</i>), vendas internacionais
Logística	Entregas e recebimentos, técnica de gestão, (<i>Kanban, Just-In-Time</i>)
Mão-de-obra qualificada	Perfil RH, treinamento
Desperdício	Retrabalho, peças devolvidas (de clientes e para fornecedor)

Os requisitos podem dividir-se em:

- Requisitos estratégicos: elementos-chave necessários para almejar uma integração (saúde financeira, certificação de qualidade, competência para parcerias, integração eletrônica e *co-design*);
- Requisitos operacionais: estrutura para garantir a viabilização da integração (custo, qualidade, quantidade e preço, a logística e a flexibilidade de fornecimento, padronização, mão-de-obra qualificada, redução de desperdícios).

Em relação aos requisitos estratégicos, considera-se:

- Saúde financeira: disponibilidade de recursos econômicos para efetuar investimentos necessários.
- Certificação de qualidade: a garantia de processos e produtos mais homogêneos.
- Competência para formar parcerias: conjuntos de ações que têm como objetivo buscar a complementaridade entre duas ou mais empresas.
- Integração eletrônica: fluxo de informação que gera estímulo à comunicação entre as empresas, tornando-as mais transparentes, facilitando a solução de problemas e estimulando o surgimento de idéias para a redução de custos.
- *Co-design*: é a participação do fornecedor na etapa de concepção do produto, tendo como princípio o compartilhamento de tarefas de desenvolvimento tecnológico entre

as empresas, utilizando algumas técnicas de gestão (por exemplo, o uso da engenharia simultânea). Segundo Womack e Jones (1998), para realização do *co-design* é necessário grande comprometimento e responsabilidade por parte do fornecedor, diferente do que acontecia no modelo de produção em massa.

Em relação aos requisitos operacionais, considera-se:

- Padrões internacionais de CQQP: custo, qualidade, quantidade e preço (CQQP) são itens fundamentais para a competitividade da empresa. O uso de ferramentas de qualidade relaciona-se com o perfil produtivo da empresa, por exemplo, Análise dos Modos de Falhas e Efeitos (FMEA), Controle Estatístico de Processo (CEP), layout celular, Metodologia de Análise e Solução de Problema (MASP).
- Logística: elemento representativo da cadência das relações de fornecimento, juntamente com o grau de profundidade. A eficiência pode ser analisada pela frequência de entregas (horária, diária, semanal, quinzenal, etc).
- Mão-de-obra qualificada: um dos elementos-chave para operacionalizar o fortalecimento enxuto. Padrão de envolvimento crescente (treinamento).
- Desperdício: sistema de combate à *muda* (essencialmente as sete perdas difundidas pela mentalidade enxuta).

O sistema integrado de produção preconiza que o fornecedor passa a ter um papel muito mais ativo na agregação de valor.

CAPÍTULO 4

O PROJETO DE PRODUTO COMO VANTAGEM COMPETITIVA

4 O PROJETO DE PRODUTO COMO VANTAGEM COMPETITIVA

4.1 A Função Projeto em Gestão da Produção

O significado mais puro do termo projeto, segundo Ferreira (1996), vem do latim “*projectu*”, que significa “lançado para adiante”, ou seja, “idéia que se forma de executar ou realizar algo no futuro: plano, intento, desígnio”; “empreendimento a ser realizado dentro de um determinado esquema”. E mais ainda: “redação ou esboço preparatório ou provisório de um texto”; “esboço ou risco de obra a se realizar” e, no campo da arquitetura: “plano geral de edificação”.

O planejamento é o processo pelo qual se pensa a respeito de um assunto, tornando explícitos os objetivos, as metas e as estratégias necessárias para um projeto cumprir seu ciclo de vida. Identificação e avaliação de alternativas potenciais para poder agir, satisfazendo o objetivo e desenvolvendo meios de implementação dessas alternativas (Ghinato, 1996).

De acordo com Cleland e Ireland (2002), pode-se reconhecer algumas características envolvidas na função:

- Estabelecer ajuste estratégico do projeto;
- Desenvolver os objetivos do desempenho técnico do projeto;
- Descrever o projeto através do desenvolvimento do projeto EDT¹ (estrutura de divisão do trabalho);
- Identificar e fazer provisões para a especificação dos blocos funcionais de trabalho;
- Identificar os blocos de projeto de trabalho a serem subcontratados;
- Desenvolver os cronogramas mestres dos blocos de trabalho;
- Desenvolver as redes lógicas e os relacionamentos dos blocos de trabalho do projeto;
- Identificar as questões estratégicas que o processo é passível de enfrentar;
- Desenvolver a equipe, conceitos, processo e técnica de controle do projeto.

4.2 Técnicas de Desenvolvimento de Produto

O sucesso de uma empresa está intimamente associado a sua capacidade de introduzir novos produtos no mercado. Um produto, por sua vez, será tão mais competitivo quanto maior for seu diferencial com relação aos seus concorrentes no que diz respeito a atendimento das

¹ EDT constitui um meio para dividir um projeto em partes facilmente gerenciáveis que ajudam a garantir a conclusão, compatibilidade e continuidade de todo o trabalho que é exigido pelo projeto.

necessidades do consumidor, qualidade e preço. Neste contexto, outra importante vantagem competitiva é a capacidade da empresa de, não somente produzir produtos cada vez melhores, mas também reduzir significativamente o seu tempo de desenvolvimento, pois quanto menor for o ciclo de desenvolvimento maior será a frequência com que novos produtos podem ser introduzidos no mercado.

Diante deste desafio, é crescente o número de empresas que vêm utilizando várias ferramentas para obtenção da vantagem competitiva. Nesse capítulo pretende-se apresentar algumas ferramentas utilizadas em ambientes enxutos, ferramentas essas que ajudam a alcançar o objetivo da eliminação de perdas no sistema.

4.2.1 Engenharia Simultânea

A década de 1980 foi marcada pela vontade empresarial em valorizar a qualidade global, a motivação e o treinamento dos colaboradores. Na Europa e nos Estados Unidos, fêz-se um grande esforço em favor da melhoria de processo e produto. Hartley (1998) relata: “A General Motors, a Ford e a Chrysler começaram a implementar a engenharia simultânea (ES) em meados da década de 1980. No princípio, a ES não era utilizada plenamente, estando a sua utilização limitada a algumas divisões. De fato, grande parte das organizações apresentam grandes obstáculos para adoção da ES no conjunto de toda corporação”.

A ES objetiva a integração máxima de todos os setores da organização no *design* do produto, para a obtenção de um resultado mais eficaz e eficiente sendo fundamental para as organizações tornarem-se mais competitivas, pois reduz o *lead-time* de desenvolvimento, ao mesmo tempo em que adiciona valor ao produto (Casarotto, 1999).

Hartley (1998) afirma que “a engenharia simultânea prega considerar em primeiro lugar os critérios e os requisitos dos clientes e facilitar um bom funcionamento real ao longo da vida do produto”. A expectativa do cliente em relação ao produto, bem como o serviço a ele associado, tem alto grau de importância nesta tecnologia de gestão, que vai alterar também o ambiente externo da organização, à medida que altera a relação entre clientes e fornecedores. Na aplicação da engenharia simultânea, o equilíbrio entre os diversos aspectos que influenciam no desenvolvimento de um novo produto, é fundamental. A principal premissa dessa nova metodologia de engenharia é a integração do projeto do produto e dos processos de manufatura. A engenharia simultânea não é apenas a gestão de projetos utilizando equipes com um nome diferente, ela é composta por uma série de elementos diferenciados, quais sejam:

- Força-tarefa interdisciplinar;
- Produto definido em termos de cliente, traduzido em termos de engenharia com um grande detalhamento;
- Projeto por parâmetros para assegurar a otimização da qualidade;
- Projeto orientado para fabricação e montagem;
- Desenvolvimento simultâneo de produto, equipamento de fabricação, processos, controle da qualidade e marketing.

Hartley (1998) complementa afirmando que “a Engenharia Simultânea não é uma regra que superpõe a uma operação ineficiente; é uma ferramenta para erradicar as ineficiências e conseguir o máximo das capacidades existentes nas organizações. O autor acrescenta ainda, que “(...) a Engenharia Simultânea é sobretudo uma busca da melhoria da qualidade e transporta a responsabilidade da vigilância da qualidade das linhas de fabricação para o projeto”.

A figura 4.1 destaca, na tarefa do desenvolvimento de produto sob a ótica da engenharia simultânea, redução do *lead time* de desenvolvimento de produto e ganhos de qualidade decorrentes da redução de retrabalho, pois, trabalha-se em paralelo.

Praticar engenharia simultânea consiste em considerar as questões referentes às fases posteriores do desenvolvimento de produto já nas fases iniciais deste processo. Isso implica na utilização efetiva de métodos de solução antecipada de problemas e na utilização de equipes multifuncionais. Esta abordagem permite a organização seqüencial de todo o processo de desenvolvimento, já que não há em seu bojo qualquer impedimento, implícito ou explícito, à esta forma de organização de atividades.

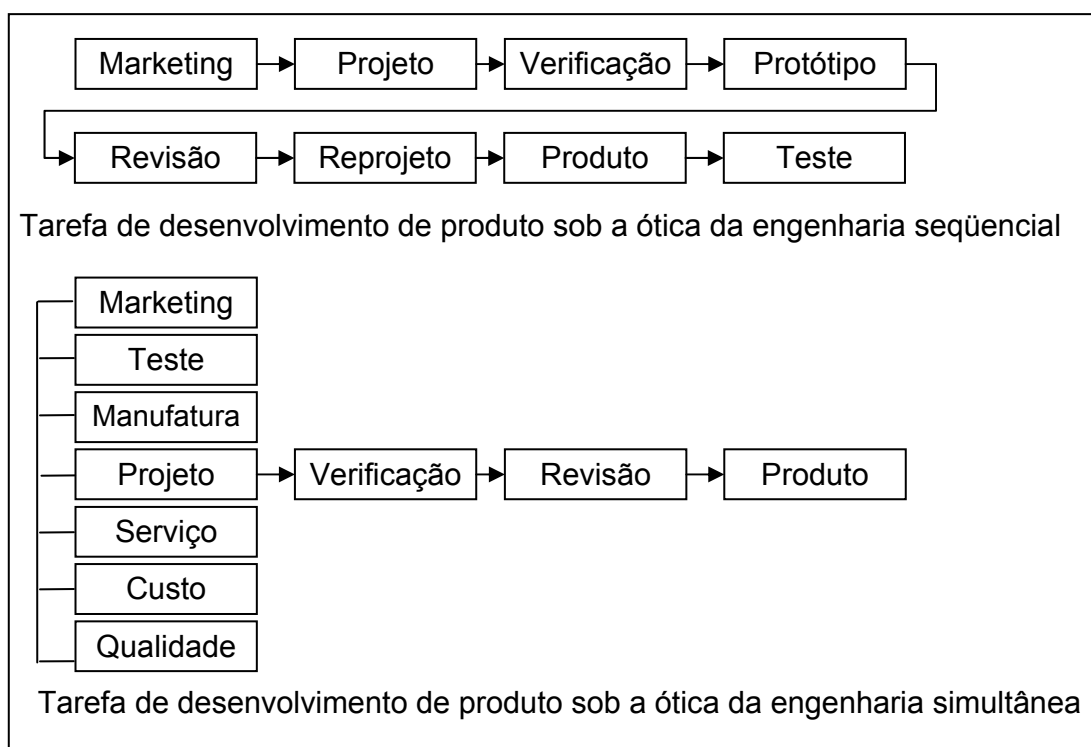


Figura 4.1: Tarefas da engenharia simultânea × engenharia seqüencial (Fonte: Casarotto, 1999)

4.2.2 Engenharia Reversa

No ambiente de desenvolvimento de produto por muitas vezes a documentação disponível é pouca ou nenhuma, ou ainda desatualizada, prejudicando ou até inviabilizando o projeto. Faz-se uso da ferramenta da engenharia reversa para recuperar as informações relevantes e consolidar uma compreensão adequada do sistema/produto em si.

A engenharia reversa é uma engenharia "ao contrário", portanto, é uma técnica que trabalha com um produto existente e tenta entender como este produto funciona e o que ele faz exatamente (todas as suas propriedades em quaisquer circunstâncias).

O processo de engenharia progressiva é caracterizado por uma seqüência de atividades que podem ser descritas através de um modelo de ciclo de vida, onde o produto acabado é o resultado do processo de desenvolvimento. Na engenharia reversa, o produto acabado geralmente é o ponto inicial do processo. A engenharia reversa é vista como o oposto da engenharia progressiva (Feltrim & Fortes, 1997).

De acordo com Moreira (2001), define-se engenharia reversa como um processo de abstração, que parte de um modelo de implementação e resulta em um modelo conceitual que descreve abstratamente a implementação em questão. A engenharia reversa parte do processo

de exame e compreensão do modelo existente, para recapturar ou recriar os requisitos atualmente implementados, apresentando-os em um grau ou nível mais alto de abstração.

O termo engenharia reversa vem do fato de usar-se como ponto de partida do processo um produto implementado (o modelo de implementação) para obter sua especificação (o modelo conceitual).

A Figura 4.2 apresenta esquematicamente a comparação das direções inversas por quais se orientam as etapas envolvidas em cada uma das engenharias. O processo de engenharia reversa caracteriza-se pelas atividades retroativas do ciclo de vida, que partem de um baixo nível de abstração para um alto nível de abstração.

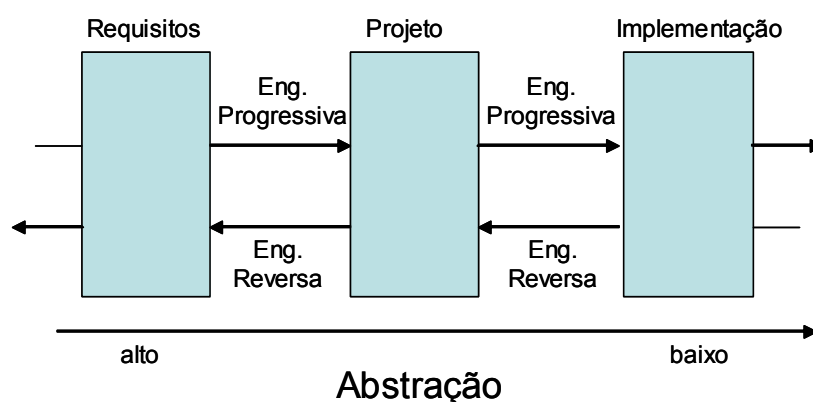


Figura 4.2: Processo de Eng. Progressiva × Eng. Reversa (Fonte: Feltrim & Fortes, 1997)

4.2.3 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

O QFD (*Quality Function Deployment*) é uma técnica que pode ser empregada durante todo o processo de desenvolvimento de produto e que tem por objetivo auxiliar o time de desenvolvimento a incorporar no projeto as reais necessidades dos clientes.

Segundo Peixoto & Carpinetti (1999), a competitividade é relacionada com o desenvolvimento de produto, embora não determinada exclusivamente por esse processo. Portanto, é preciso aplicar-lhe metodologia e técnicas que aumentam sua rapidez, eficiência e eficácia. Dentre essas metodologias pode-se citar o QFD.

De acordo com Akao (1996), *QFD é a conversão dos requisitos do consumidor em características de qualidade do produto e o desenvolvimento da qualidade de projeto para o produto acabado através de desdobramentos sistemáticos das relações entre os requisitos do consumidor e as características do produto. Esses desdobramentos iniciam-se com cada*

mecanismo e se estendem para cada componente ou processo. A qualidade global do produto será formada através desta rede de relações.

As relações mencionadas por Akao (1996) podem ser descritas como se segue:

- **Extração:** a extração é o processo de criar uma tabela a partir de outra, ou seja, de utilizar os elementos de uma tabela como referência para se obter os elementos de outra tabela (Cheng, 1995). Segundo Cheng (1995), uma matriz de QFD é sempre constituída do cruzamento de duas matrizes. Por exemplo, a casa da qualidade (Fig 4.3), a mais famosa matriz de QFD, é composta do cruzamento da tabela dos requisitos dos clientes com a tabela das características de qualidade.
- **Relação:** a relação é o processo de identificar a intensidade do relacionamento entre os dados das duas tabelas que compõem a matriz (Cheng, 1995).
- **Conversão:** existem dois tipos de conversão. O primeiro, indicado por Ohfuji et al., (1997 a), significa a transformação (ou modificação) dos dados originais coletados em pesquisas de mercado para dados “trabalhados” e analisados que podem ser usados como requisitos dos clientes. É, portanto, um processo qualitativo. O segundo, descrito por Cheng (1995) e por Ohfuji et al., (1997 b), se refere ao processo de transferir a importância relativa (peso) dos dados de uma tabela da matriz para os dados da outra tabela, em função da intensidade das relações existentes entre eles. É, portanto, um processo quantitativo.

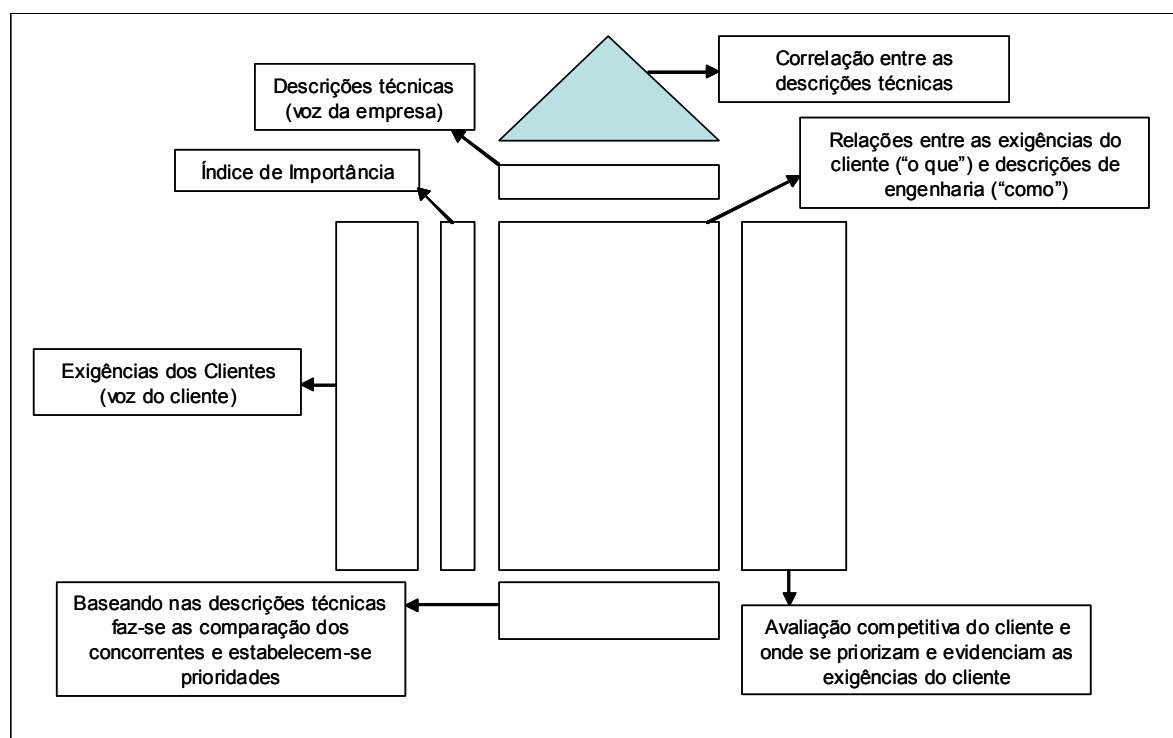


Figura 4.3: Casa da qualidade (Fonte: adaptado de Akao, 1996)

Para Cheng (1995), o QFD se fundamenta sobre três princípios básicos, cada um expressando um par de idéias: subdivisão e unificação; pluralização e visibilidade; e totalização e parcelamento.

- Princípio da Subdivisão e Unificação

A subdivisão se refere aos desdobramentos dos objetos de análise da metodologia — qualidade e trabalho, buscando um nível de detalhamento cada vez maior. A unificação se refere à necessidade de reunir as idéias detalhadas encontradas em grupos hierarquizados.

- Princípio da Pluralização e Visibilidade

A pluralização diz respeito à diversidade de pontos de vista que sempre permeiam as atividades do QFD. Convém lembrar que um dos pontos fortes dessa metodologia é a análise das questões considerando as perspectivas das “diversas partes interessadas” — as áreas funcionais da empresa e os clientes.

A visibilidade, por sua vez, está presente através da utilização de métodos visuais (matrizes e tabelas) para explicitar todas as relações entre as diversas variáveis que envolvem o desenvolvimento do produto.

- Princípio da Totalização e do Parcelamento

É esse princípio que faz a equipe ter simultaneamente a visão do todo e do específico durante todo o trabalho do desenvolvimento do produto, buscando entender como cada parte

influencia o todo e é por ele influenciada. É o conceito de engenharia simultânea aplicada ao QFD. Escreve Cheng (1995): (...) *em todo trabalho de QFD, é necessário ter a visão do todo, sem entretanto, perder de vista as partes mais importantes, pois há limites de recursos e tempo – o conceito da priorização. Uma vez identificadas as partes importantes, passa-se a ampliá-las de forma a conhecer profundamente seus detalhes, e assim sucessivamente. Entretanto, é bom lembrar que as somas das partes ótimas não constitui necessariamente um todo ótimo (...) portanto, é importante, quando possível, ponderar entre o ótimo do todo e o ótimo das partes.*

4.2.4 Engenharia de Valor

A técnica de Análise de Valores/Engenharia de Valores (AV/EV) é um esforço organizado para atingir o valor ótimo de um produto, sistema ou serviço, promovendo as funções necessárias ao menor custo. Seu surgimento está ligado a pesquisa de novos materiais, de mais baixo custo e mais fácil obtenção, substituindo os materiais escassos devido a II Guerra Mundial. Esta pesquisa ocorreu na General Electric nos Estados Unidos, sendo a técnica de AV/EV formalizada por Lawrence D. Miles em 1947 (Csillag, 1995).

A análise do valor (AV) é utilizada para produtos já existentes, em fase de produção, enquanto a engenharia do valor (EV) é utilizada para projetos e produtos na fase de desenvolvimento. A AV/EV aplica-se, portanto, em todas as fases do ciclo do produto. Melhores resultados são obtidos quando a metodologia é aplicada aos novos produtos já na fase introdutória, onde os custos de mudanças implementadas são menores e o potencial dos resultados é bastante alto (Basso, 1991).

De acordo com Csillag (1995), um plano de trabalho viável e consistente é fundamental para a execução da técnica de AV/EV. As etapas seguintes fazem parte da grande maioria dos planos de trabalho existentes:

- Fase de orientação: determinação dos objetivos, desejos reais do cliente, características e propriedades desejadas, etc.
- Fase de informação: coleta de todos os fatos, dados e informações disponíveis, definições das funções e avaliação de cada função por comparação.

- Fase criativa: nessa fase determina-se alternativas tanto para parte do problema como para o todo. Faz-se uso de diversas técnicas, o brainstorming é comumente usado. As alternativas geradas devem ter como conseqüência a eliminação de funções desnecessárias ou substituição de itens ou operações.
- Fase de análise: as idéias são cuidadosamente analisadas para conseguir a resposta adequada, do que falta para funcionar, e não porque é que não funciona. Nesta fase são consideradas alternativas que deverão ser estudadas.
- Fase de planejamento do programa: será planejada a execução do trabalho. Uma sugestão é dividir o projeto em áreas funcionais, facilitando a análise por especialistas. Deve ser feita uma programação para as atividades, considerando-se os tempos e custos envolvidos.
- Fase de execução do programa: coleta e confirmação de informações e especificações do processo, acompanhamento dos resultados e conseqüente ajustagem do programa em função do andamento. A fase encontra-se finalizada quando se encontram conclusões de sucesso, contornando as dificuldades.
- Fase de resumo e conclusões: documentar é fundamental como registro de estudo. O processo decisório é extremamente importante. Alguns eventos devem ser levados em conta: o conflito, o tempo, o acaso e a estratégia. A utilização de técnicas para a tomada de decisão, como por exemplo, mapeamento do fluxo de valor, é recomendável.

4.2.5 Reengenharia

A reengenharia significa pôr de lado grande parte da sabedoria ligada por dois séculos de gestão industrial. Significa esquecer como o trabalho era realizado na era do mercado em massa e decidir como melhor realizá-lo agora.

Hammer (1994) define como “*o repensar fundamental e a reestruturação radical dos processos empresariais que visam alcançar drásticas melhorias em indicadores críticos e contemporâneo de desempenho, tais como custos, qualidade, atendimento e velocidade*”. De acordo com Petrozzo e Stepper (1996), reengenharia é a modificação simultânea de processos, organizações e sistemas de informações de apoio para se conseguir uma melhoria radical no tempo, custo, qualidade e satisfação do cliente quanto aos produtos e serviços da empresa. A sua estrutura (Fig. 4.4) consiste de cinco etapas (Davenport, 1994). Percebe-se pela estrutura, que é fundamental identificar os processos existentes e o motivo dos mesmos terem sido aplicados, assim como também os pontos críticos para início de mudanças. Este

conhecimento, quando associado aos objetivos da empresa e aos necessários níveis de qualidade, permite estabelecer os alicerces da recriação daqueles processos. É essencial solicitar ajuda a especialistas, à medida que a visão é criada, de forma a garantir o sucesso da transição. Assim como o entendimento do processo para a transição, o desenvolvimento da visão engloba todo o desenvolvimento estratégico e comercial. Para o projeto e prototipação do novo processo, são efetuados ensaios dos novos processos de forma a demonstrar e desenvolver os conceitos associados e assim fazer aumentar o entusiasmo dos envolvidos. A gestão da mudança é considerada em todos os níveis da empresa.

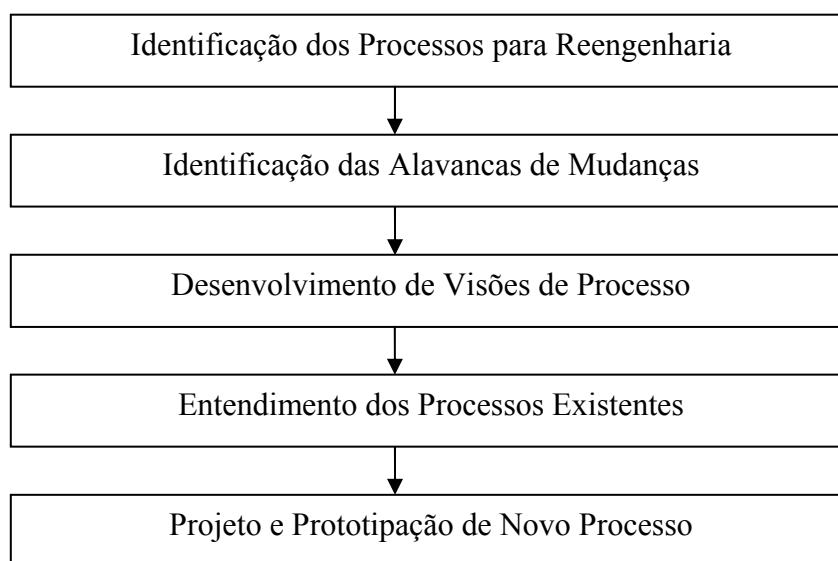


Figura 4.4: Estrutura da Reengenharia (Fonte: Davenport, 1994)

De acordo com Davenport (1994) e Petrozzo e Stepper (1996), tem-se que rejeitando a sabedoria convencional e as suposições herdadas do passado, a reengenharia procura mudanças revolucionárias, não pela melhoria de processos existentes, mas pela sua substituição por processos inteiramente novos, procurando sempre um menor custo, maior qualidade e diminuição do *lead time*.

4.2.6 Método Taguchi

O método Taguchi pode ser entendido como uma nova abordagem da qualidade voltada para o projeto do produto e do processo. Esta abordagem foi desenvolvida por Genichi Taguchi e por ele denominada de controle de qualidade “off-line”. O Método Taguchi é uma abordagem da engenharia de qualidade "off line" que busca aumentar a

robustez dos produtos por meio da diminuição dos efeitos dos parâmetros "ruído" no seu desempenho (Taguchi, 1990).

O método de Taguchi pertence à categoria dos métodos que, em Qualidade, são classificados como “fora-de-linha” (off line), por serem de utilização exterior à linha de produção, em oposição aos métodos “em-linha” que, sendo os mais frequentemente utilizados, executam o controle durante a fase produtiva.

De acordo com Phadke (1989), dividindo-se o ciclo de vida de um produto em duas partes principais: antes da venda e após a venda para o consumidor, todos os custos ocorridos antes da venda do produto são adicionados ao custo de fabricação por unidade, enquanto que todos os custos ocorridos após a venda são considerados juntamente como perda de qualidade. A Engenharia da Qualidade é concebida para reduzir estes dois custos e é, portanto, uma ciência interdisciplinar, envolvendo a engenharia de projeto, operações de fabricação e economia. A proposta do método Taguchi é a de determinar a função perda do produto e otimizá-la empregando técnicas estatísticas. Estas análises permitem identificar os parâmetros ótimos de projeto que minimizam ou mesmo eliminam as influências dos fatores ruído no desempenho do produto. Seu princípio fundamental é o de que, para assegurar uma qualidade consistente, deve-se procurar projetar produtos que sejam insensíveis a despeito de flutuações que venham ocorrer no processo de produção e no ambiente de uso do produto, ou seja, o produto e o processo de produção devem ser projetados de modo que o seu desempenho seja o menos sensível a todos os tipos de ruído. Assim, em lugar da tendência tradicional de isolar o produto dos fatores ruído, o que pode ser de difícil execução e/ou encarecer o processo produtivo, o método de Taguchi ambiciona realizar projetos que eliminem os efeitos dos fatores ruído no produto, obtendo-se produtos robustos o suficiente para assegurar alta qualidade.

Etapas básicas para Aplicação da Metodologia Taguchi:

- Identificação de fatores: Realiza-se a identificação dos ruído e fatores principais do ambiente e processo de fabricação e os parâmetros de produto (processo) relevantes. Para cada um deles são previstas as possíveis influências e interações com os demais;
- Planejamento e Condução dos experimentos: Realiza-se a etapa de planejamento da coleta de dados experimentais, depois de finalizar o projeto e protótipos do produto. Estes dados irão permitir a construção da função perda e da relação sinal /ruído.

- Predição dos novos níveis ótimos de parâmetros: É realizada uma otimização dos parâmetros do produto levando-se em consideração a relação sinal/ruído. Obtem-se um modelo estatístico com os dados coletados e aplica-se técnicas de otimização para encontrar valores ótimos.
- Validação dos resultados: Com o modelo encontrado, deve-se realizar com um protótipo uma etapa de validação dos resultados encontrados, ou seja, verificação dos níveis ótimos especificados para os parâmetros.

4.3 Modelo de Desenvolvimento Enxuto

De acordo com Ward (2002), o objetivo final de um desenvolvimento enxuto de produtos deve ser o funcionamento pleno de um fluxo de valor rentável. Pensar o produto a ser manufaturado conjuntamente com as operações das quais resultará (projetando baseado no conceito da engenharia simultânea) é fundamental para que se consiga otimizar a utilização dos recursos, evitando desperdício e garantindo a rentabilidade econômica. Os fluxos envolvidos nos processos de desenvolvimento devem estar orientados para a criação de valor para o cliente final.

A Toyota tem conseguido, sistematicamente, desenvolver produtos e respectivos processos com menores custos, mais rapidamente e com melhor qualidade do que seus concorrentes (Womack et al., 1992). Mas, em grande medida, este sucesso deve-se à aplicação da filosofia implícita no STP em suas diversas atividades.

Os produtores que utilizam o processo de desenvolvimento enxuto utilizam-se da estratégia de investir mais tempo na engenharia do novo produto. Observa-se na tabela 4.1, que os desenvolvedores enxutos passam 31,6%² do tempo na engenharia do produto, contra 23,7% dos desenvolvedores clássicos, ou seja, 33% a mais de investimento do tempo dedicado à engenharia do novo produto. É razoável acreditar que o melhor desempenho (menor tempo de desenvolvimento, menor número de atrasos, menor tempo entre o início de produção e a 1ª venda, etc.) do projeto dos produtos japoneses deva-se, em grande medida, a este maior investimento de tempo na fase da engenharia. Observa-se também uma agilidade 7,8 vezes maior no retorno à qualidade normal após a introdução do novo modelo, em comparação com os produtores em massa.

² 31,6% = horas média de engenharia/ número de funcionários/ horas trabalhadas/ tempo de desenvolvimento (em meses).

No processo de desenvolvimento, dá-se enorme importância às lições aprendidas, que não se perdem. Spear e Bowen (1999) relatam que todas as empresas, por eles estudadas e que são gerenciadas de acordo com STP, acreditam que as pessoas constituem o ativo corporativo mais significativo, e que o investimento em aprendizagem e desenvolvimento de habilidades técnicas é necessário para a construção de vantagens competitivas. O “Aprendizado Emergente” está implícito nessa dinâmica, pois trata-se de saber gerir o conhecimento acumulado com as experiências, ao longo do tempo. O desenvolvimento enxuto está totalmente alinhado com a filosofia enxuta e com as práticas adotadas na empresa, quer sejam na fábrica, na relação com clientes e fornecedores e na organização das ações internas e gestão dos fluxos de valor (Ward, 2002).

Tabela 4.1: Desempenho do Desenvolvimento Enxuto (Fonte: Womack et al., 1992).

	Produtores Japoneses	Produtores Norte- Americanos	Grandes Produtores Europeus	Produtores Europeus Especialistas
Média de Horas de Engenharia por Novo Carro (em milhões)	1,7	3,1	2,9	3,1
Tempo de Desenvolvimento Médio por Novo Carro (em meses)	46,2	60,4	57,3	59,9
Número de Funcionários nas Equipes de Projeto	485	903	904	904
Tipos de Carrocerias por Novo Carro (n °)	2,3	1,7	2,7	1,3
Percentual Médio de Peças Compartilhadas	18%	38%	28%	30%
Participação dos Fornecedores na Engenharia	51%	14%	37%	32%
Participação dos Custos de Mudanças no Custo Total dos Moldes	10-20%	30-50%	10-30%	10-30%
Produtos com Atrasos	1 em 6	1 em 2	1 em 3	1 em 3
Tempo de Desenvolvimentos dos Moldes (meses)	13,8	25,0	28,0	28,0
Tempo de Fabricação do Protótipo (meses)	6,2	12,4	10,9	10,9
Tempo de entre o Início da Produção e 1ª Venda (meses)	1	4	2	2
Retorno à Produtividade Normal após Novo Modelo (meses)	4	5	12	12
Retorno à Qualidade Normal após Novo Modelo (meses)	1,4	11	12	12

O processo de desenvolvimento dos produtos, além de ser capaz de captar as dimensões do que seria valor para o cliente, é orientado pelas implicações operacionais e

tecnológicas que estarão, num momento seguinte, presentes nos processos de manufatura, dentro e fora da empresa.

Assim como a luta eterna pela eliminação de perdas, defendida por Ohno no STP, a eliminação de perdas também é defendida fielmente na estrutura de desenvolvimento, um dos objetivos fundamentais de sua filosofia. Nos fluxos e atividades envolvidas especificamente com o processo de desenvolvimento pode-se identificar algumas perdas existentes no processo (Ward, 2002):

- Dispersão;
- *Handoff* (isentar-se da responsabilidade);
- *Wishful Thinking* (mentalidade otimista).

Dispersão: Perda relativa à construção de novas “curvas de aprendizagem” a cada processo, requerendo requalificação e perdendo-se conhecimentos e *know-how* adquiridos.

Handoff: A dissociação entre o conhecimento, a responsabilidade e a ação, ou seja, a existência de um processo linear onde um agente ou uma atividade se “exclui” de toda e qualquer responsabilidade.

Wishful Thinking: Seleção prematura, experimentação e questionamentos inadequados. Os processos tradicionais freqüentemente tomam decisão sem base em dados.

O desenvolvimento enxuto de projetos tem como objetivo o estabelecimento de uma idéia clara de valor e de como criá-lo, a formação de time de especialistas responsáveis pelo desenvolvimento, um fluxo de informação eficiente, o desempenho de líderes de projeto atuando como verdadeiros empreendedores e “desenvolvedores” de sistemas e o uso de engenharia simultânea com base nas múltiplas alternativas de solução. Além do que, isso tudo ajustado a uma cadência de desenvolvimento determinada (puxada) pelo ritmo do mercado (Zawislak & Silva, 2002).

A filosofia do sistema de desenvolvimento enxuto é alcançar um novo padrão de desenvolvimento e assim desenvolver projetos e processos empreendedores, ambos com menos desperdício, de forma mais rápida e agregando sempre mais valor. O objetivo da estrutura de desenvolvimento enxuto (ver figura 4.5) é garantir a satisfação do cliente com produtos que atendam às suas necessidades, para isso é importante o entendimento do sistema como um contínuo entre o objetivo e foco no aprendizado e as técnicas de agregação de valor

ao projeto. O desenvolvimento enxuto está estruturado (ver figura 4.5) a partir de quatro componentes fundamentais, discutidos a seguir:

- Liderança;
- Equipe;
- Fluxo de Informação;
- Engenharia Simultânea.

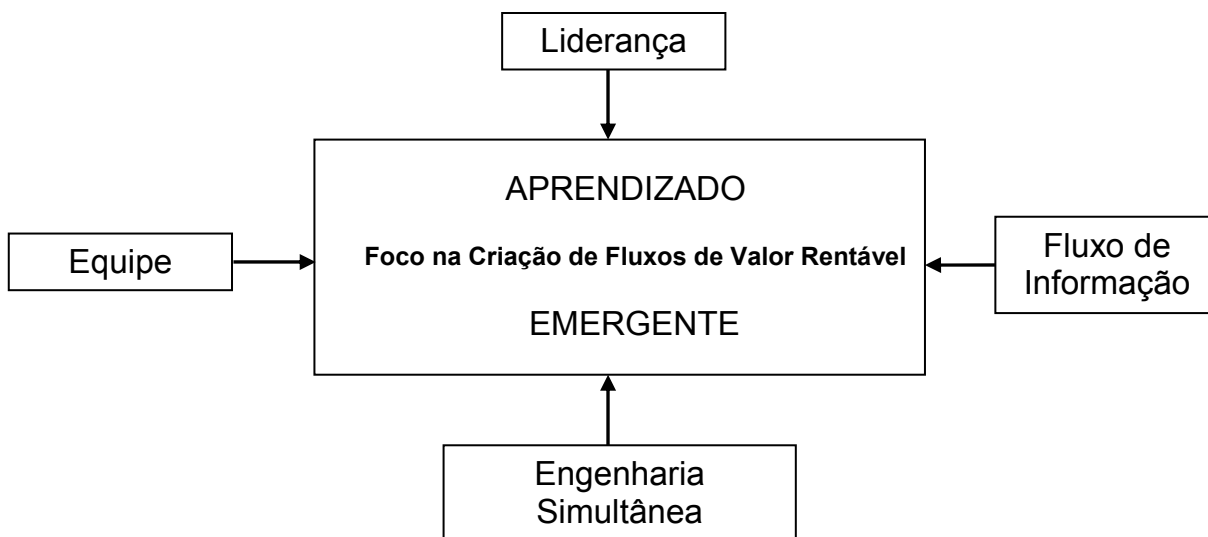


Figura 4.5: Estrutura de Desenvolvimento Enxuto (Fonte: Ward, 2002)

4.3.1 Liderança

Todo o processo de desenvolvimento na Toyota possui um líder empreendedor experiente, o qual deve ser capaz de nortear todo o processo de forma a garantir seu sucesso (Ward et al., 1995). Líder do projeto é aquele que lidera ao longo do ciclo de vida do projeto e atinge os objetivos técnicos dentro do prazo e do orçamento planejados. Os produtores enxutos convergem toda a liderança do projeto ao *shusa*, ou seja, “o chefe”, o líder da equipe designado para o projeto e engenharia de um novo produto até sua finalização. A Toyota foi pioneira nesse sistema de liderança (Womack et al., 1992).

De acordo com Jones (1995), no processo enxuto de desenvolvimento, faz-se as divisões de atividades por família tecnológica (sistema de plataforma), onde obtém-se um ganho em menos retrabalho, menos complexidade, maior fluidez de informações. As equipes de plataforma são um pré-requisito importante para se obter a vantagem competitiva a partir do desenvolvimento ágil de produtos.

Para liderar qualquer plano organizacional, exige-se do *shusa* algumas características importantes:

- Ter compreensão geral da tecnologia envolvida no projeto;
- Ter habilidades interpessoais que promovam um ambiente cultural para a equipe e os *stakeholders* do projeto, de modo a refletir confiança, lealdade, comprometimento e respeito;
- Compreender os processos gerenciais e suas aplicações ao projeto;
- Ter visão do contexto “sistêmico” do projeto;
- Ser capaz de tomar e implementar decisões do projeto;
- Ser capaz de produzir os resultados desejados no projeto.

Valeriano (1998) acrescenta que é desejável no líder (*shusa*) alguns atributos de conhecimento, habilidade e atitude, conforme tabela 4.2.

Tabela 4.2: Atributos desejáveis no líder (Fonte: Valeriano, 1998)

Atributos desejáveis no Líder de Projeto		
Conhecimento	Conhecimento organizacional	Conhecimento do sistema administrativo-financeiro da organização
		Conhecimento do sistema de administração de RH da organização
		Conhecimento da organização e suas práticas, políticas e valores
		Consciência de custo e das implicações administrativas das decisões técnicas
		Conhecimento dos produtos, missões e mercados ou clientes da organização
	Conhecimento técnico	Conhecimentos em áreas correlatas à especificação
		Competência técnica na área de especialização
Habilidade	Habilidade de comando	Domínio de métodos de pesquisa
		Capacidade de planejamento, organização e controle
		Capacidade de liderança
		Capacidade de auto-análise
		Capacidade de alocação de recursos
		Capacidade de gerar confiança no superior
	Outras habilidades	Escolha do estilo de liderança adequado
		Habilidade de tomada de decisão
		Capacidade de trabalhar em equipe
		Criatividade
Atitude	Posicionamento em relação a aspectos internos e externos	Habilidade de relacionamento pessoal
		Capacidade de redigir com clareza, precisão e concisão
		Interesse por questões administrativas
	Estratégia de ação	Disciplina de trabalho
		Entrosamento com pessoal externo à organização
		Ambição profissional
		Hábito de começar o ataque do problema pela revisão da literatura
		Hábito de leitura sistemática de textos técnicos

4.3.2 Equipe

É de responsabilidade do líder (*shusa*) a formação da equipe de trabalho, cujo conjunto de pessoas com diferentes conhecimentos-chave, *experts* da empresa e de fora (clientes, universidades e, entre outros, fornecedores) com capacidade de aprendizado contínuo para a criação de novos conhecimentos. A equipe deve ser multidisciplinar, autônoma e co-responsável pelo projeto. São esses especialistas os responsáveis pelo rompimento das barreiras tecnológicas e de conhecimento envolvidos na busca de fluxos de valor enxutos e rentáveis (Ward, 2002). Para isso, a comunicação fluida e visual é extremamente importante; são necessários mecanismos locais e o desenvolvimento de competência para estimular a comunicação entre pessoas da empresa e os membros do time de desenvolvimento.

Para os produtores enxutos, faz-se necessário que os membros da equipe se conscientizem que o sucesso deles na empresa depende da ascensão na especialidade funcional de cada colaborador no projeto. A continuidade dos membros nas equipes de desenvolvimentos traz economia em mão-de-obra, em parte devido à organização eficiente, mas também pela pouca rotatividade de seu pessoal (Womack et al., 1992). Verifica-se na tabela 4.1, que produtores japoneses em ambiente de desenvolvimento enxuto têm 47% menos mão-de-obra nas equipes de projeto do que os produtores norte-americanos e europeus.

4.3.3 Fluxo de Informação

Deve-se garantir que a informação e o conhecimento fluam de maneira cadenciada, contínua e puxada durante todo o processo de desenvolvimento (Ward, 2002). O fluxo de informação no desenrolar do projeto contém a “inteligência” essencial ao planejamento e controle dos recursos em um projeto, além de fornecer uma base para se determinar a situação do projeto em relação aos custos, cronograma e objetivos de desempenho técnico e de situá-lo dentro do contexto geral da estratégia da organização (Cleland & Ireland, 2002).

O fluxo de informações estimula a comunicação entre as empresas, tornando-a mais transparente, facilitando a solução de problemas e estimulando o surgimento de idéias para a redução de custos.

A comunicação pode ser a habilidade mais importante exigida do líder de projeto e membros da equipe. A troca de informações durante o desenvolvimento do projeto é de importância fundamental.

O sistema de informação (Fig. 4.6) propicia ligações de apoio à equipe para:

- Compreender qual é a posição do projeto em relação ao custo, cronograma, objetivos de desempenho técnico e o seu encaixe operacional e estratégico dentro da organização;
- Fornecer inteligência necessária para planejar, organizar, dirigir e controlar o projeto;
- Manter todos os envolvidos informados sobre o progresso do projeto;
- Permitir o uso planejado e controlado de recursos de apoio ao projeto;
- Prever os possíveis resultados do uso dos recursos destinados ao projeto;
- Compreender a necessidade de mudanças e os possíveis resultados no projeto.

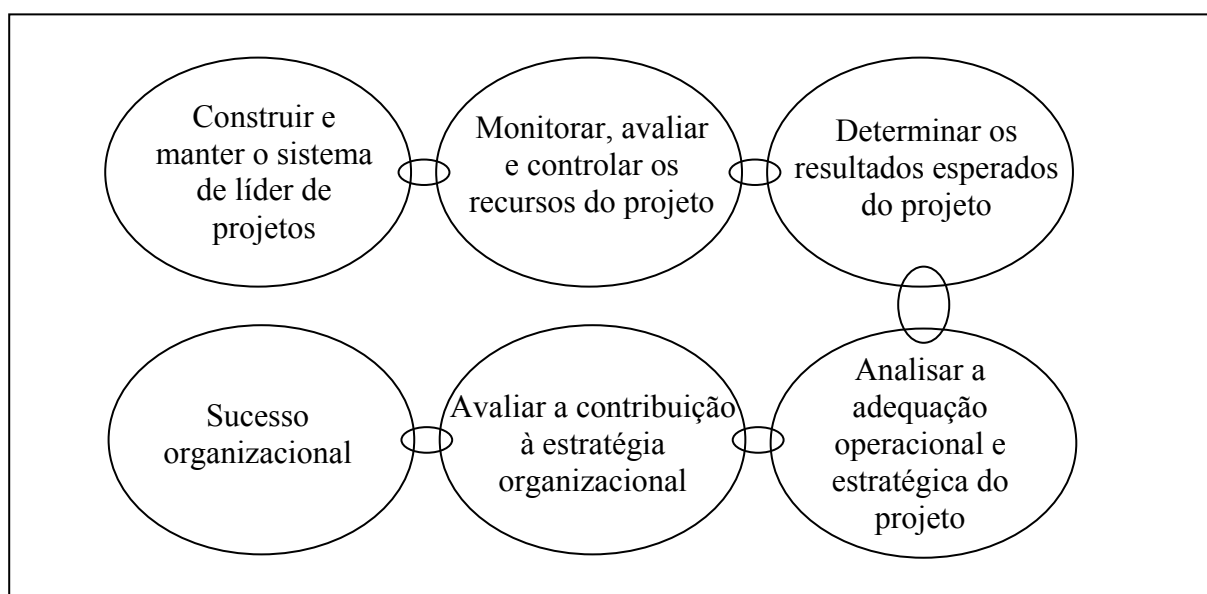


Figura 4.6: Ligações de apoio ao projeto (Fonte: Cleland & Ireland, 2002)

4.3.4 Engenharia Simultânea

À medida que a data do lançamento do novo produto se aproxima, as alternativas de solução para os problemas advindos do desenvolvimento vão se reduzindo. O que se mostra inviável é descartado e o que resta continua a ser estudado. O resultado final, portanto, não fica sujeito a mudanças, tendo soluções definitivas (Sobek II et al., 1999).

Nessa técnica (abordada com mais detalhes no capítulo 4, seção 4.2.1), enfatiza-se a formação de times, cujos valores são cooperação, confiança e compartilhamento de decisões. Os times devem trabalhar de forma paralela e sincronizada para obter o melhor projeto do produto e para isso devem trocar constantemente informações concernentes ao projeto, buscando o consenso, tendo em mente o ciclo de vida do produto.

A coordenação dos times tem uma grande influência na qualidade dos resultados obtidos. De um modo geral, esse time reúne um pequeno número de pessoas com habilidades complementares, que estão comprometidas com uma proposta comum. Compõe-se de membros que representam funções como planejamento, qualidade, compras, engenharia, pós-venda e suporte, com o objetivo de prestar suporte para que o produto ou sistema seja projetado com a melhor relação custo/benefício, com foco no cliente, através de uma eficiente combinação entre especificações técnicas e necessidades de manufatura (Cassaroto, 1999).

CAPÍTULO 5

A IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA NO PROJETO DO PRODUTO

5 A IMPLEMENTAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA NO PROJETO DO PRODUTO

5.1 Impactos do Desenvolvimento de Produto na Cadeia de Valor

O processo de desenvolvimento de produtos tem se tornado um dos processos-chave para a competitividade na manufatura. Movimentos de aumento da concorrência, rápidas mudanças tecnológicas, diminuição do ciclo de vida dos produtos e maior exigência por parte dos consumidores exigem das empresas agilidade, produtividade e alta qualidade, que dependem necessariamente de eficiência e eficácia da empresa neste processo (Womack et al., 1992).

Assim como estoques, retrabalhos, desperdício de movimento humano, transporte de material, espera e processos desnecessários são exemplos clássicos de perdas na produção (Ohno, 1997), produtos com características não adequadas para o mercado, produtos com lançamento tardio, sistema de produção muito oneroso, fornecedores com problemas de qualidade, entrega e preços elevados, entre outros, são alguns dos sinalizadores de que o processo apresenta alguma disfunção.

É mostrado na figura 5.1, que os produtores japoneses, como a Toyota, que adotam o sistema enxuto de desenvolvimento de produtos conseguem garantir um portfólio de produtos bem maior que seus concorrentes e com uma renovação média de produtos de 1,6 anos, em comparação com o sistema clássico de desenvolvimento americano, que gira em torno de 4 anos, e europeu em torno de 3,6 anos em média (Womack et al., 1992). Com essa freqüente renovação de mix, por parte das montadoras japonesas as indústrias de produção em massa estão perdendo participação de mercado para empresas enxutas, conforme apresenta a figura 5.2.

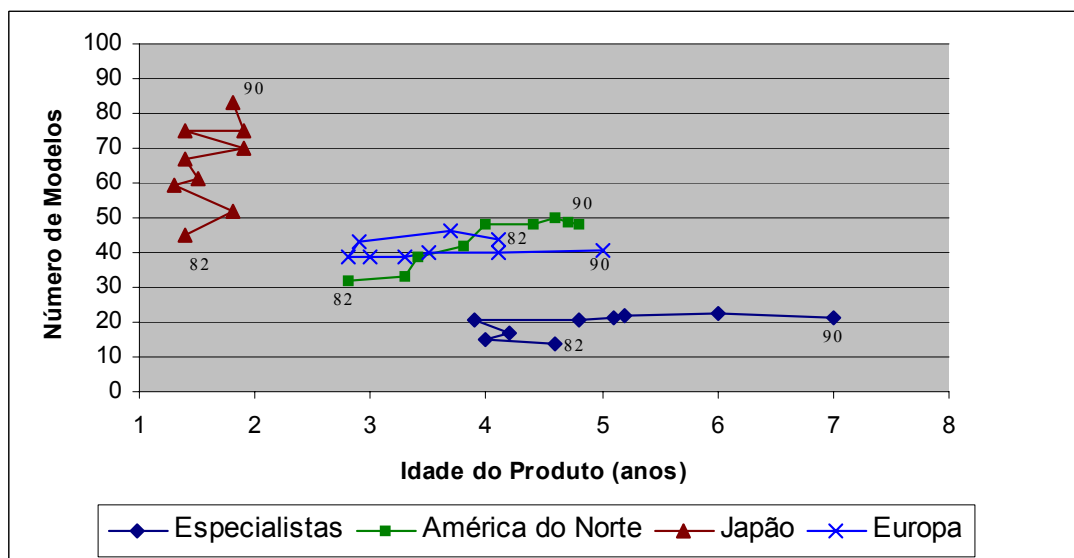


Figura 5.1: Número e idade média dos modelos por região de produtores, 1982-1990 (Fonte: Womack et al., 1992)

Esta estratégia advinda do processo de desenvolvimento enxuto, de grande variedade de produtos, tem sido bem aceita pelos consumidores, conforme aponta a tabela 5.1. Comparando-se o ano de 1989 com o de 1986, os produtores japoneses, mesmo com uma queda de 22% em vendas por produto, obtiveram um ganho de 10% em vendas totais. Isso só foi possível pelo aumento de variedades de produtos que passou de 41 para 58. Por outro lado, os produtores americanos e europeus amargaram uma queda nas vendas de 2% e 23%, respectivamente.

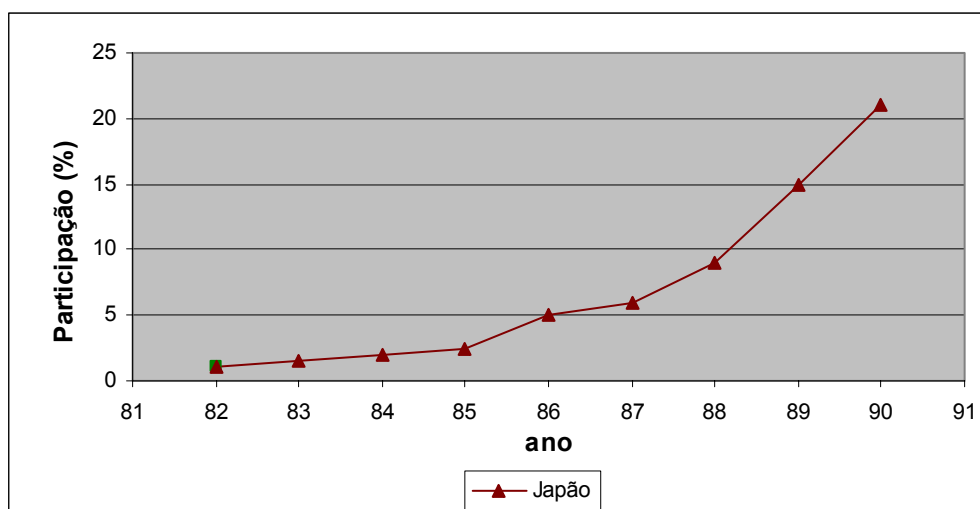


Figura 5.2: Participação das montadoras japonesas nos EUA na produção norte-americana (Fonte: Womack et al., 1992)

Tabela 5.1: Fragmentação do Mercado Automotivo Norte-Americano 1955-1989 (Fonte: Womack et al, 1992)

	1955	1973	1986	1989
Produtos Norte-Americanos				
Nº de produtos à venda	25	38	47	50
Vendas/produto (em milhares)	309	322	238	219
Produtos Europeus				
Nº de produtos à venda	5	27	27	30
Vendas/produto (em milhares)	11	35	26	18
Produtos Japoneses				
Nº de produtos à venda	0	19	41	58
Vendas/produto (em milhares)	0	55	94	73

Os produtores que dominem plenamente tais técnicas podem optar por empregar certo orçamento de desenvolvimento na oferta de maior variedade de produtos, ou em menores ciclos para os modelos, ou podem empregar o dinheiro poupado na implementação de um eficiente processo de desenvolvimento de novas tecnologias. O ciclo menor de desenvolvimento tornará a companhia enxuta mais ágil na reação às mudanças súbitas de demanda. A escolha, e a vantagem, será sempre do produtor enxuto (Womack et al., 1992)

5.2 As Fases do Processo de Desenvolvimento de Produto

O processo de desenvolvimento de produto é o início para se ganhar em produtividade, qualidade e agilidade das empresas que buscam competitividade na manufatura. Movimentos como rápidas mudanças tecnológicas, diminuição do ciclo de vida dos produtos e a exigência crescente dos consumidores, exigem necessariamente das empresas maior eficiência e eficácia no processo de desenvolvimento de produtos. Clark & Fujimoto (1991) descrevem, na estrutura apresentada na figura 5.3, as etapas clássicas do processo de desenvolvimento de produto e os aspectos que afetam o seu desempenho.

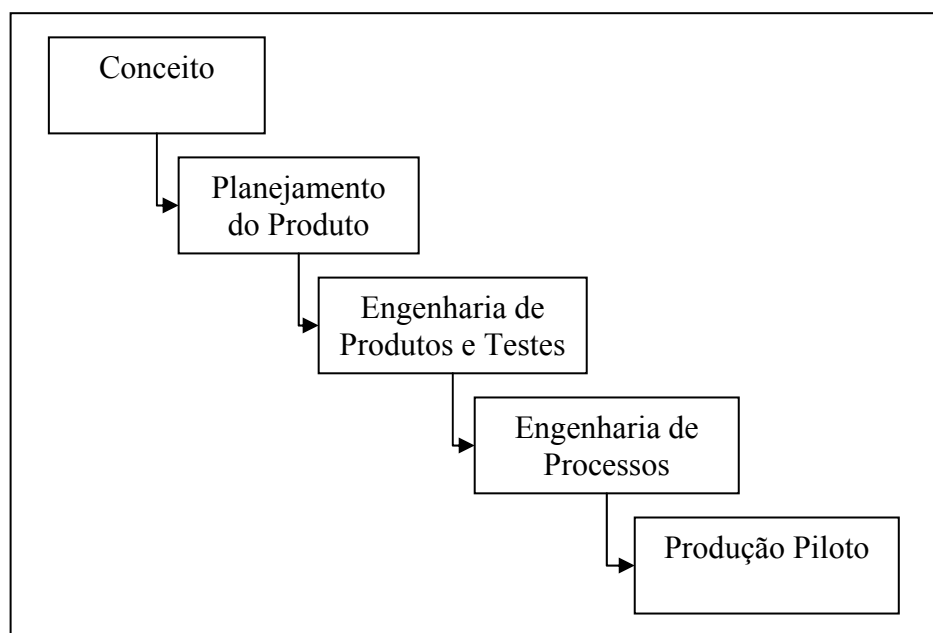


Figura 5.3. Processo de Desenvolvimento de Produto (Fonte: Clark & Fujimoto, 1991)

- **Conceito:** Nesta fase as informações sobre necessidade e utilização dos produtos pelos clientes, informações sobre os competidores, tecnologia, riscos, oportunidades tecnológicas, padrões e regras dos ambientes são transformadas na definição do produto.
- **Planejamento do Produto:** A fase de transformação das informações geradas de mercado, do planejamento estratégico da organização e de resultados de engenharia avançada. Nesta fase, define-se o conceito do produto, que contém descrição do desempenho desejado, recursos tecnológicos, configurações e tecnologia dos componentes e consumidores-alvo. O planejamento do produto é a tradução do conceito do produto em abordagem mais detalhadas do projeto e inclui as especificações de custos e desempenho, da escolha de componentes, de estilo e de layout.
- **Engenharia do Produto e Testes:** A fase de transformação das informações geradas no conceito e no planejamento do produto em um projeto específico detalhado do produto, com dimensões e características reais, envolvendo a criação de protótipos e realização de testes.
- **Engenharia de Processos:** Desdobra-se as informações sobre o produto em informações para o processo de fabricação. São feitos o projeto do ferramental, a

programação de equipamentos e habilitação de pessoal para a montagem, procedimento e manuais de fabricação.

- **Produção Piloto:** Compreende a fase de produção para teste em que se inicia a produção do produto, simulando as condições normais de operação da fábrica, de forma a produzir os primeiros exemplares dos produtos para teste e realizar os ajustes finais no processo de fabricação.

5.3 A Dinâmica Clássica do Desenvolvimento de Produto em Indústria Manufatureira

Desenvolver um produto consiste em um processo pelo qual uma organização transforma as informações de oportunidades de mercado e de possibilidades técnicas em dados para a fabricação de um produto comercial (Clark & Fujimoto, 1991).

O processo de desenvolvimento de produtos é visualizado como sendo um sistema de informação, considerando a análise do desenvolvimento de produtos, o fluxo da criação, comunicação e utilização de informações desenvolvidas, englobando a produção, marketing e o próprio comportamento do consumidor (Chiusoli & Toledo, 2000).

A seguir, analisa-se o sistema atual de uma indústria manufatureira do setor calçadista, com o intuito de um melhor entendimento do processo clássico de desenvolvimento de produtos. Denominou-se a indústria de empresa Z. A figura 5.4, apresenta esquematicamente a estrutura de desenvolvimento de produtos da empresa Z.

A empresa Z é de origem Argentina e chegou ao Brasil no ano de 1907 através de um grupo inglês. Atuante no mercado com duas marcas e líder no segmento de artigos esportivos, a empresa emprega cerca de 2000 funcionários em suas instalações.

Escolheu-se deliberadamente para o estudo, uma das marcas líder no mercado e através de visitação e entrevistas, pôde-se obter dados para análise e discussão.

Para efetuar as atividades do processo de desenvolvimento, o departamento de desenvolvimento de produtos da empresa Z conta com a colaboração de um total de 24 pessoas, dentre eles o gerente do setor, 5 modelistas, 2 analistas, 14 auxiliares de produção e 2 analistas de apoio.

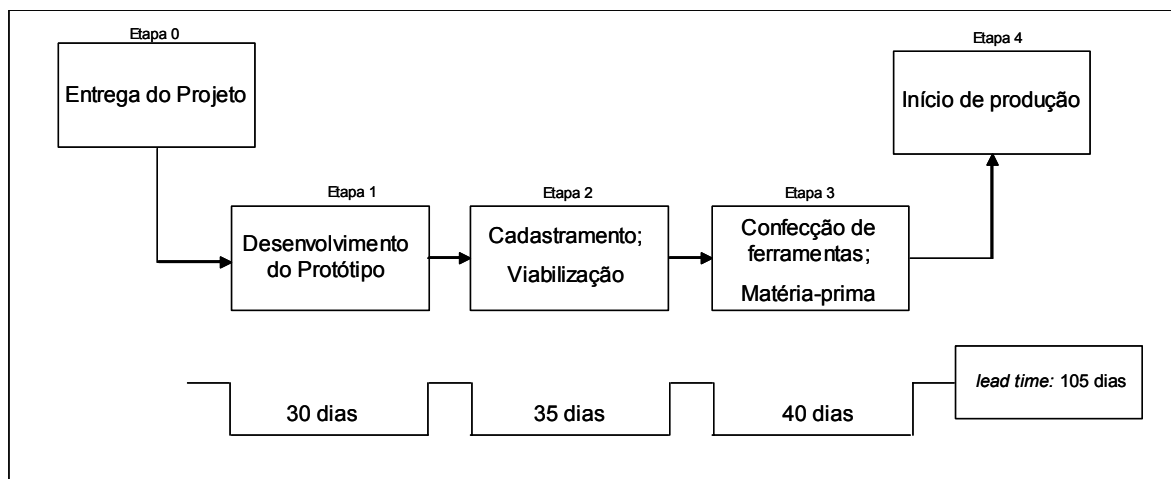


Figura 5.4: Processo de desenvolvimento de produtos na empresa Z.

No mapeamento do processo da empresa Z (ver figura 5.4) verifica-se que o modelo adotado pela empresa segue os padrões da estrutura proposta por Clark & Fujimoto (1991) (ver figura 5.3).

As atividades realizadas em cada etapa são:

- Etapa 0: A entrega do projeto caracteriza-se pela busca de informações sobre necessidades do cliente, tecnologia, oportunidades de mercado e tradução desses conceitos em especificação e desenhos. Os designers, juntamente com a equipe de marketing, após definição das especificações e desenhos, entregam ao departamento de desenvolvimento o projeto do produto. Esta etapa assemelha-se as fases de conceito e planejamento do produto proposto por Clark & Fujimoto (1991).
- Etapa 1: Essa etapa está associada a fabricação de um modelo para apresentação ao setor de marketing. De posse dos desenhos do projeto, entregue pelos designers, desenvolve-se um protótipo do produto.
- Etapa 2: Nessa etapa envia-se um protótipo de cada cor prevista para o lançamento para apresentação por fotos a marketing e vendas, assim como, o cadastro de consumo de matéria-prima, finalizando-se com a viabilização do produto na linha de produção.
- Etapa 3: Etapa de desenvolvimento de ferramentas de corte e dispositivos em todos os tamanhos e solicitação de compras. Cadastramento para compra de toda a matéria-prima do produto e envio de amostras do produto para o setor de vendas.
- Etapa 4: São realizados testes dos recursos da linha de montagem, relativos à equipamentos, fornecimentos de partes e habilitação de pessoal. Esta etapa é feita por lotes de produtos. Com os ajustes e melhoramentos finais tanto no produto quanto no processo, começa-se a produção, destinada à comercialização dos produtos.

As etapas 1, 2 e 3 assemelham-se com às fases de engenharia de produto e testes e engenharia de processo e a etapa 4 com a produção piloto, proposta no modelo de Clark & Fujimoto (1991).

Após a escolha da marca do produto a ser analisada, procurou-se coletar dados de produtos recém lançados pela empresa Z, com o propósito de mensurar o *lead time* de desenvolvimento, como também identificar as perdas existentes no processo. Esta análise foi realizada a partir da comparação da quantidade de dias planejados para o lançamento dos produtos com a quantidade de dias reais trabalhados e horas de trabalho planejadas, com horas reais trabalhadas. Após a análise dos dados, os atrasos existentes em cada etapa do processo são relacionados com os problemas identificados.

As informações foram coletadas em arquivos com histórico dos produtos e a partir de relatos feitos pela equipe de desenvolvimento. Coletou-se dados de 4 lançamentos de produtos, denominados:

- Produto A (tabela 5.2);
- Produto B (tabela 5.3);
- Produto C (tabela 5.4);
- Produto D (tabela 5.5).

Tabela 5.2: Dados de lançamento do produto A (Fonte: Empresa Z, 2002)

Produto A					
	Etapas				
	1	2	3	4*	Problemas ocorridos no processo
Dias Planejados	30	35	40	0	- Atraso na confecção e entrega de ferramentas de corte e dispositivo; - Problema de qualidade em componentes; - Problema no início da produção do produto.
Dias trabalhados	30	35	81	5	
Nº de funcionários na etapa	9	23	9	4	
Horas de trabalho planejadas**	540	1610	720	0	
Horas reais trabalhadas***	702	2093	1895	160	

*Início da produção em escala industrial

**Obtidas através da equação: (funcionários na etapa x horas diárias x dias planejados)/nº de produtos lançados

***Horas planejadas + (% de horas extras x horas diárias x funcionários na etapa x dias reais trabalhados)

Tabela 5.3: Dados de lançamento do produto B (Fonte: Empresa Z, 2002)

Produto B					
	Etapas				
	1	2	3	4	Problemas ocorridos no processo
Dias Planejados	30	35	40	0	- Atraso na confecção e entrega de ferramentas de corte; - Atraso na entrega de matéria-prima (kit); - Problema no início da produção do produto.
Dias trabalhados	30	35	85	5	
Nº de funcionários na etapa	9	23	9	4	
Horas de trabalho planejadas	540	1610	720	0	
Horas reais trabalhadas	702	2093	1989	160	

Tabela 5.4: Dados de lançamento do produto C (Fonte: Empresa Z, 2002)

Produto C					
	Etapas				
	1	2	3	4	Problemas ocorridos no processo
Dias Planejados	30	35	40	0	- Atraso na confecção e entrega de ferramentas de corte; - Atraso na entrega de matéria-prima (kit); - Problema de qualidade em componentes; - Problema no início da produção do produto.
Dias trabalhados	30	35	90	5	
Nº de funcionários na etapa	9	23	9	4	
Horas de trabalho planejadas	540	1610	720	0	
Horas reais trabalhadas	702	2093	2106	160	

Tabela 5.5: Dados de lançamento do produto D (Fonte: Empresa Z, 2002)

Produto D					
	Etapas				
	1	2	3	4	Problemas ocorridos no processo
Dias Planejados	30	35	40	0	- Atraso na entrega de matéria-prima (kit); - Problema de qualidade em componentes; - Problema no início da produção do produto.
Dias trabalhados	30	35	87	3	
Nº de funcionários na etapa	9	23	9	4	
Horas de trabalho planejadas	540	1610	720	0	
Horas reais trabalhadas	702	2093	2036	96	

Analisando-se os dados das tabelas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5, verifica-se alguns pontos em comum relacionado a perdas e problemas no processo de desenvolvimento da empresa Z. Observa-se nas etapas 1 e 2, comparando os dias planejados com os dias trabalhados que o processo está garantindo o cumprimento dos prazos determinados que são de 30 e 35 dias, respectivamente.

É comum no processo de desenvolvimento de todos os produtos um atraso significativo nos dias trabalhados, verificado na etapa 3 do processo, com percentual variando entre 101 e 120% de atraso. Pode-se verificar a justificativa desses atrasos na coluna denominada “problemas ocorridos no processo” (ver tabela 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5) onde se observa que todos os problemas se repetem, ou quase sua totalidade, em todos os quatro processos de lançamento.

Observando as justificativas do atraso do desenvolvimento, pode-se destacar três aspectos, considerados como as principais causas do atraso nos lançamentos dos produtos:

1. Atraso com ferramentas (fornecedor);
2. Problemas de qualidade da matéria-prima (fornecedor);
3. Problemas no início de produção (pré-teste).

De acordo com o fluxo do processo de desenvolvimento (figura 5.4), tem-se que a equipe de desenvolvimento só opera até a etapa 3, onde, logo em seguida, entrega o produto apto, ou seja, com todas as condições necessárias para ser manufaturado pela produção. A partir daí, o monitoramento e controle do processo passa a ser de responsabilidade do setor da produção.

O que se verifica é que esse procedimento não é cumprido em sua totalidade, pois é observado que a equipe de desenvolvimento de produtos está presente na produção, para corrigir falhas que não foram solucionadas em etapas anteriores (etapa 2 do processo). Isto é comprovado pela existência de pessoas da equipe de desenvolvimento trabalhando de 96 a 160 horas na etapa 4 (ver tabelas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5).

Entende-se, com isso, que o processo de viabilização do produto, na etapa 2, não está conseguindo atender o que é esperado de sua função, ou seja, analisar a manufaturabilidade do produto corrigindo todos os problemas para que o setor de produção não tenha dificuldade em produzir.

Percebe-se que este fato está ligado à falta de integração entre a engenharia de produtos e a engenharia de processo da fábrica, como é defendido pela abordagem da engenharia simultânea. A implementação dos conceitos de engenharia simultânea, como integração entre os processos, com trocas constantes de conhecimento, garantindo um fluxo contínuo de informação e pré-testes com detecção e solução imediata dos problemas, ajudariam a diminuir, ou até mesmo eliminar, os problemas ocorridos nessa etapa.

Comparando-se a quantidade de dias planejados para o lançamento com a quantidade de dias trabalhados, de acordo com os dados nas tabelas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5, verifica-se uma variação de até 52,3% de atraso. Esse percentual pode ser bem maior quando analisado pelo

aspecto de horas trabalhadas. Confrontando-se a quantidade de horas de trabalho planejadas com a quantidade de horas trabalhadas, tem-se uma variação de até 76% de atraso.

A partir da análise do processo de desenvolvimento da empresa Z, e verificando as justificativas de atraso do desenvolvimento (ver tabela 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5) dois problemas de caráter comum entre os produtos em lançamento se destacam. Entende-se que esses problemas são as principais causas dos atrasos no processo. São eles:

- Falta de integração entre os setores de desenvolvimento de produtos e engenharia de processo, observou-se pelo item 3 “problema de início de produção”, destacado anteriormente entre os três aspectos considerados como as principais causas do atraso nos lançamentos de produtos, que não há participação conjunta da engenharia de produto e engenharia de processo na etapa de viabilização do produto, impedindo que a viabilização seja feita com sucesso, ou seja, não deixando que sejam detectados problemas na etapa 4 (início de produção).
- Falta de um sistema de desenvolvimento, treinamento e capacitação de fornecedores de matéria-prima e ferramentas. É verificado que o não cumprimento dos prazos de entrega de ferramentas e matéria-prima, assim como problemas de qualidade em componentes são observados na coluna “problemas ocorridos no processo” em todos os produtos (ver tabela 5.2, 5.3, 5.4, e 5.5).

5.4 Um Modelo de Transformação em Direção ao Desenvolvimento Enxuto

A presente pesquisa baseou-se nos estudos realizados por Ward (2002), Ward et al., (1995) e Sobek II et al. (1998, 1999), para propor um modelo de transformação da clássica abordagem de desenvolvimento (conforme apresentado por Clark & Fujimoto (1991)) para uma abordagem de desenvolvimento enxuto que incorpora, entre outros elementos chave, a “engenharia simultânea” e o “co-design”. Acredita-se que a implementação deste modelo de “desenvolvimento enxuto” (figura 5.5), constitua-se em um passo essencial para a potencialização e sustentação dos esforços de implementação da mentalidade enxuta na manufatura e demais elos da cadeia de valor.

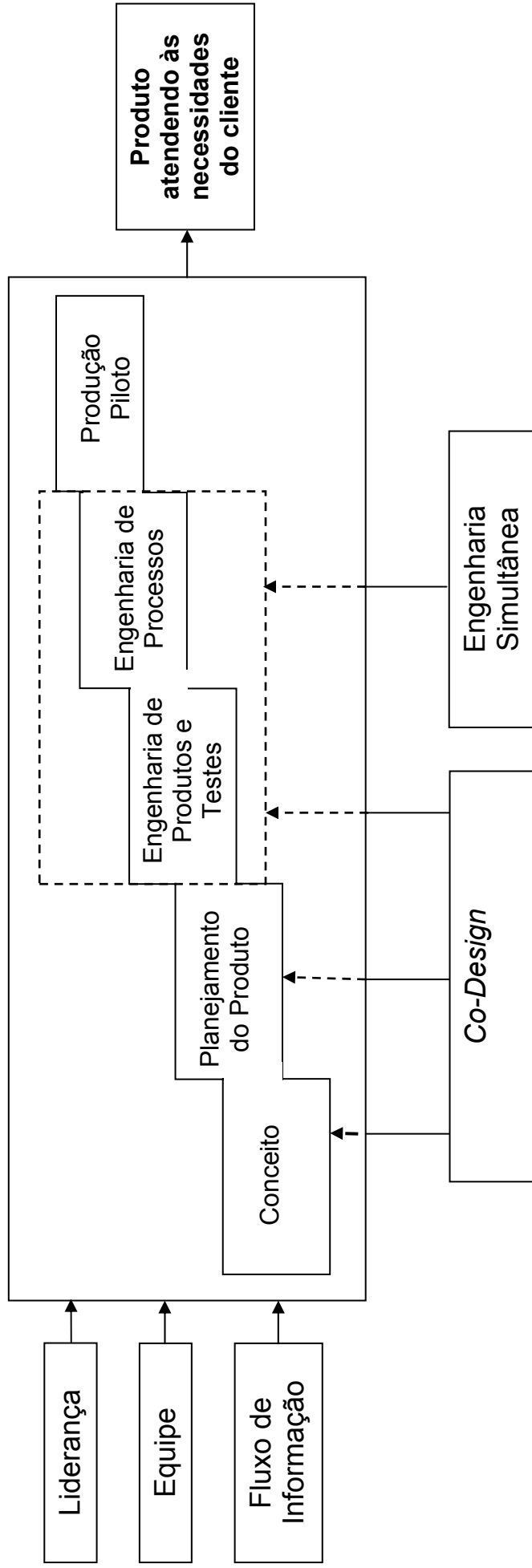


Figura 5.5: Estrutura de Desenvolvimento de Produtos proposta pela Pesquisa

A estrutura apresentada tem o propósito de minimizar, ou eliminar, as interferências encontradas no processo clássico de desenvolvimento em empresas manufatureiras de produtos seriados, a exemplo da empresa Z estudada, diminuindo assim o *lead time* do processo existente, garantindo um produto final que consiga atender as necessidades do cliente.

Tendo em vista que os componentes da estrutura foram abordados no capítulo 4, a seguir procede-se uma análise da engenharia simultânea e do *co-design*, focada em pontos de falhas identificados no processo de desenvolvimento da empresa Z.

O módulo da engenharia simultânea que atua na estrutura, leva em conta um conjunto de possíveis soluções (para cada ação e subsistema) que serão avaliadas de maneira integrada e agressiva, visando somente manter as mais eficientes (identificando as mais rápidas, e as menos onerosas) e, gradualmente, convergir para uma única solução final que atenda as premissas do projeto (Sobek II et al., 1999).

Parte-se de inúmeros problemas para encontrar alternativas de solução que irão convergir para um conjunto de ações concretas e factíveis. Pode-se utilizar técnica de *brainstorming* e de metodologias de soluções de problemas (MASP), estabelecendo-se uma lista de problemas que, a partir de uma análise crítica dos mesmos, irão gerar um *ranking* de situações-problemas a serem atacados. Verifica-se que, ao criar um *ranking* de problemas, estar-se-á qualificando os problemas segundo princípios, no caso, o de foco no cliente e de lucratividade. As etapas do processo passam de verticais e sequenciais para horizontais e paralelas (ver figura 4.1).

Observando a estrutura proposta por Clark & Fujimoto (1991) verifica-se que as etapas do processo de desenvolvimento são sequenciais, ou seja, só se inicia a próxima etapa quando finalizar a anterior. Esse procedimento também é verificado na empresa Z, ao observar as etapas 0 e 1.

Analisando essas etapas tem-se que a equipe de marketing, juntamente com os designers (etapa 0), envia suas propostas do produto em desenhos com especificações para a equipe de desenvolvimento de produtos (etapa 1). A equipe de desenvolvimento, já na etapa 1, desenvolve (confecciona) o protótipo e envia de volta ao setor de marketing que com os designers analisa o protótipo, comparando com o projeto especificado. Nesse ínterim a equipe de desenvolvimento de produto aguarda (perda por espera) de uma resposta de aceitação plena ou parcial, quando requer alguma modificação no projeto. Esse procedimento do sistema torna-se mais problemático quando os setores envolvidos nessas etapas não estão próximos,

como é o caso da empresa Z. O setor de marketing está fisicamente instalado em outra região do Brasil.

Mapeando-se essa cadeia de valor, identifica-se atividades que não agregam valor e que podem ser eliminadas. O fluxo de material e informação que segue do setor de marketing (projeto) para o setor de desenvolvimento de produto (protótipo), e vice versa, é uma perda que pode ser eliminada. A eliminação desta perda pode ocorrer com a participação simultânea no desenvolvimento do projeto do produto, com engenheiros de desenvolvimento de produtos atuando com os designers. Além da eliminação da perda, existem ganhos em conhecimento, formando uma equipe multidisciplinar.

Ao observar o processo de desenvolvimento do produto A (tabela 5.2), verifica-se que as horas trabalhadas excedem em 68,9% as horas planejadas (4850 horas trabalhadas \times 2870 horas planejadas). Percebe-se ainda que, nos quatro produtos lançados pela empresa Z, todos apresentam problemas no início do processo de produção, que consomem em média 144 horas de trabalho por produto (tabelas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5). Esses problemas são identificados como falha no processo de viabilização dos produtos.

A integração da engenharia de produtos com a engenharia de processo, faz com que a atuação seja focada na causa raiz com a total eliminação do problema (seja com métodos de manufatura, novos dispositivos ou melhoramento na manufaturabilidade do produto).

Verifica-se que a etapa 1 do processo da empresa Z caracteriza-se pela manufatura do protótipo e a etapa 2 por sua viabilização na linha piloto de produção. Essas duas etapas consomem 30 dias e 35 dias do tempo de lançamento do produto, respectivamente. Ou seja, 61% do *lead time*.

Aplicando-se o conceito da engenharia simultânea nessas etapas, integrando-se a engenharia de produtos com a engenharia de processo da fábrica, a equipe trabalharia junto na etapa de construção do protótipo e sua viabilização, desenvolvendo ferramentas adequadas que não precisem de ajustes quando liberadas para a produção, dispositivos que sejam de fácil manuseio, treinando pessoas no processo (eliminando problema de parada da produção para treinamentos), ou seja, solucionando enfim, ainda na fase de desenvolvimento, todos os problemas em sua raiz.

Estima-se que aplicando o conceito de engenharia simultânea como foi sugerido, além da empresa garantir a redução do *lead time*, satisfazendo o cliente, terá outros benefícios como diminuição dos custos com horas extras (que gira em torno de 30%), ganhos relativos em produtividade, equipe multidisciplinar, satisfação dos funcionários e multiplicação de conhecimentos.

Dando continuidade a análise dos pontos falhos da empresa Z, aborda-se a seguir o *co-design*.

O *co-design* tem como princípio o compartilhamento de tarefas de desenvolvimento tecnológico entre as empresas, utilizando algumas técnicas de gestão (por exemplo, o uso da engenharia simultânea). Segundo Womack e Jones (1998), para realização do *co-design* é necessário grande comprometimento e responsabilidade por parte do fornecedor, isto é, uma parceria, diferente do que acontecia no modelo de produção em massa.

Segundo Zirpoli & Caputo (2002), pode-se definir parceria como sendo uma relação formal (através de um contrato) ou informal em que prevalece a convergência de interesses mútuos na conquista de um objetivo estratégico, claramente delineado; nesta relação, o envolvimento e a interação se dão através de um regime de intensa cooperação, mediante o compartilhamento de informações, solidificada pela confiança mútua.

Uma das primeiras justificativas para transformar os fornecedores em parceiros é de cunho técnico, ou seja, a variabilidade total da qualidade dos componentes fornecidos tende a diminuir proporcionalmente à redução do número de fornecedores (Womack e Jones, 1998).

Para a eficiência no *co-design*, um fator importante é o desenvolvimento (seleção) dos fornecedores da empresa. A visão tradicional de suprimentos assume que manter a concorrência de preços entre vários fornecedores contribui para a redução e/ou manutenção do nível de preços dos materiais comprados. Tal visão baseia-se na hipótese de que se os fornecedores permanecerem sob a ameaça constante de perderem as encomendas, conseqüentemente serão obrigados a "segurar" ou reduzir seus preços para ganhar os pedidos. Com esse estilo de compras gera-se uma diversidade de controles burocráticos no setor, em função da multiplicidade de fornecedores para um determinado item e das constantes negociações de compra. No entanto, é preciso considerar que comprar apenas baseado no preço não significa necessariamente menores custos, pois podem ocorrer aumentos significativos no custo total do material comprado devido a rejeições, inspeções, paradas de máquinas, quebras de ferramentas, retrabalhos, refugos e devoluções; isto é, podem ocorrer custos adicionais que permanecem ocultos pela falta de preocupação ou deficiência em mensurá-los.

Segundo Schonberger (1984), o esforço só é válido se o comprador tiver uma intenção clara de permanecer com o fornecedor por um tempo longo. Tal fato significa o abandono de determinados conceitos tradicionais, a exemplo da concorrência de preços entre fornecedores, aceitos até a década passada.

De acordo com Schonberger (1984), diversos fatores causam o baixo desempenho do fornecedor, dificultando assim o relacionamento em parceria, dentre eles:

- Quando a empresa insiste em negociar preços e demais condições de tal maneira que seus fornecedores não obtenham lucro, impedindo-os de conseguir investir em melhorias ou ainda se manterem no negócio;
- Quando a empresa, por qualquer razão, retém informações sobre o planejamento da produção e das compras, fazendo com que o fornecedor proteja, compre, monte e entregue tarde ou cedo demais. Tal atitude, certamente poderá afetar seu desempenho econômico-financeiro;
- Quando o pessoal técnico não especifica detalhadamente as respectivas características do componente a ser comprado, nem tampouco, como e onde será aplicado, para que o fornecedor possa controlar a qualidade na fonte;
- A empresa não compartilha seu conhecimento sobre as melhores práticas de negócios, de modo que o fornecedor não consegue melhorar ou manter um bom nível tanto técnico como comercial;
- O comprador continua insistindo na prática tradicional de efetuar concorrências de compra baseadas nos "leilões de preço quem dá menos". Para isso, utiliza-se da estratégia ameaçadora de trocar os fornecedores. Resulta numa sucessão contínua de reinícios; isto é, a existência de um ciclo interminável de entrada de fornecedores "novatos", sem nenhum progresso no aprendizado.

Percebe-se que estas atitudes demonstram desinteresse e desprezo pelo empenho do fornecedor e não agregam nenhum valor às relações técnicas e/ou comerciais para ambos os lados. As relações decorrentes deste tipo de postura são de desconfiança e, conseqüentemente, as partes envolvidas são tratadas como adversárias, pois seus objetivos são opostos, típicos da filosofia de curto prazo: “você perde, eu ganho”.

Em entrevista realizada na empresa Z, responsáveis pela área de suprimentos comentaram sobre as dificuldades encontradas pela área em implementar relações de parceria. As pessoas envolvidas no processo de desenvolvimento de fornecedores, da empresa cliente e fornecedora, muitas vezes não têm claro os aspectos que englobam a filosofia de parceria. Isto dificulta o trabalho de desenvolvimento e limita a geração de fontes potenciais de suprimentos, o que reflete no desempenho competitivo da empresa.

O *co-design* pode ser considerado como um estágio avançado do processo de cooperação entre empresas, para criar valor nos negócios e dividir riscos. E, portanto, significa que a partir do momento em que as organizações decidem formar uma parceria, o sucesso desta nova relação dependerá do empenho dos gestores do processo para consolidá-la. Inserido nesse estágio avançado de cooperação, ambas as empresas obterão ganhos em diversas atividades, tais como:

- Desenvolvimento conjunto de projetos;
- Transferência de parte da fabricação para o parceiro;
- Transferência de máquinas para as instalações do parceiro;
- Implantação de programas de otimização de custos;
- Financiamento de projetos, máquinas e equipamentos;
- Melhoria de processos produtivos;
- Treinamento de pessoal;
- Consultoria técnica;
- Compra de matérias-primas em quantidades e preços mais competitivos;

De acordo com Spina et al. (2002), as empresas que adotam o *co-design* têm características diferentes das que não adotam, tais como práticas gerenciais complementares e consistentes em áreas relacionadas da organização (como suprimentos e desenvolvimentos de produtos), além de fatores estruturais como tamanho e grau de integração vertical.

Em ambiente de acirrada concorrência, a tarefa de desenvolvimento de fornecedores, mais do que nunca, adquire dimensão estratégica. Seu objetivo básico é dar orientação e suporte à área de suprimentos, mediante a avaliação e seleção de fontes potenciais de fornecimento, com o propósito de assegurar a conquista e a manutenção da competitividade da empresa.

De modo amplo, desenvolver um fornecedor consiste na prestação de serviços de consultoria e de assessoria, visando auxiliá-lo na identificação e análise de problemas relacionados com políticas empresariais, organização administrativa, adequação de métodos e processos de fabricação. Normalmente, esse é um processo lento, que exige disponibilidade de tempo para visitar os fornecedores, conhecer suas instalações fabris, trocar informações para analisar sua capacitação técnica e comercial e, em conjunto com eles, diagnosticar seus

problemas, para recomendar medidas apropriadas, bem como prestar assistência na sua aplicação.

O desenvolvimento do fornecedor, através da realização de contratos de prazo mais longo, permite o investimento em qualificação e capacitação. Neste caso, o mesmo deve estar comprometido com o desenvolvimento tecnológico do produto, a qualificação da mão-de-obra e a busca pela redução de custos (Womack e Jones, 1998).

Os produtores que se utilizam do desenvolvimento enxuto prezam pela integração com os fornecedores. Conforme os dados da tabela 4.1 apontam, a participação dos fornecedores na fase de engenharia de produto em ambiente de desenvolvimento enxuto é de 1,4 a 3,6 vezes maior do que a participação em ambiente de desenvolvimento tradicional.

De acordo com Ward et al. (1995), verifica-se que os fornecedores de uma empresa enxuta são separados por níveis hierárquicos (ver tabela 5.6). Os requisitos para a classificação dos fornecedores são a capacidade de projetar, histórico junto à empresa, estabilidade e tecnologia. Os níveis são:

- *Partnership*: Fornecedor que detém uma forte influência no projeto, não somente nos detalhes, mas em todo o processo de desenvolvimento. São proativos nos projetos, onde freqüentemente apresentam várias opções do produto para o cliente, antes mesmo do cliente definir sua necessidade.
- *Mature*: Fornecedor que só inicia o desenvolvimento do projeto, quando pedido pelo cliente. Entretanto, trabalha junto ao cliente, além das negociações convencionais, determinando parte das especificações, incluindo custo.
- *Parental*: Fornecedor que não tem influência alguma no projeto. Manufatura o que for pedido pelas especificações.

Tabela 5.6: Nível e Quantidade de Fornecedores no Desenvolvimento da Toyota Motor Co.

(Fonte: Ward et al., 1995)

Nível de relação	Número de fornecedor	Produto (exemplo)
Partnership	1	Radiador Alternador
Mature	4	Mecanismo de direção Transmissão automática Catalisador Sistema de exaustão Correias
Parental	1	Sistema de transmissão

O *co-design* é a participação do fornecedor na etapa de concepção do produto. Sua realização estimula o desenvolvimento de novas tecnologias e novos processos produtivos. A interação entre profissionais de diferentes empresas e com conhecimentos diversos fomenta a geração de idéias novas, podendo, ainda, reduzir o investimento realizado em pesquisa, uma vez que duas ou mais empresas estão envolvidas em um mesmo projeto. São estes fatores que contribuem para a redução dos custos e a redução do tempo (*lead time*) entre novas descobertas e sua aplicação.

É com esse intuito que o *co-design* pretende contribuir para a eliminação de perdas em empresas que adotam o processo de desenvolvimento clássico, como é o exemplo da empresa Z. Dois dos três importantes problemas relatados no estudo da empresa, estão relacionados com o fornecedor, com destaque para os problemas com ferramentas e problemas com qualidade dos produtos fornecidos. Esses dois problemas podem ser resolvidos com a implementação do *co-design*, a partir da atuação dos fornecedores nas etapas do conceito, planejamento e engenharias.

No processo de desenvolvimento da empresa Z, na etapa 0, os designers projetam o produto pesquisando matérias-primas e tecnologia pelo mercado atual, sem que haja algum fornecedor qualificado específico. O projeto do produto, ao fluir pelas outras etapas do processo, especificamente a de cadastramento de matérias-primas, tem os seus insumos comparados com os de outros produtos existentes com chances de serem substituídos por um similar (sem que seja analisada sua característica intrínseca), podendo ser comprado de outro fornecedor que ofereça um preço mais baixo, mas não garanta a mesma qualidade do primeiro. A empresa Z relata também, sobre erros acontecidos na linha de produção com substituição de matéria-prima e com envio de produtos de fornecedores não confiáveis de matéria-prima com qualidade inferior ao que foi projetado, como mostra as tabelas 5.2, 5.3 e 5.5.

Com a introdução do conceito do *co-design* os fornecedores estarão junto à empresa, oferecendo tecnologia, produtos que sejam percebidos pelo cliente (que agreguem valor). Os fornecedores, além de estar presente na fase da engenharia do produto, podem contribuir nas outras etapas do processo de desenvolvimento (etapa 1 e 2), apresentando a melhor utilização de seus produtos, alertando dos problemas futuros que podem ocorrer com troca ou substituição de algum dos componentes.

Enfatiza-se que, antes de simplesmente introduzir os fornecedores no processo de desenvolvimento, é de extrema importância que se faça uma seleção criteriosa dos

fornecedores, classificando-os de acordo com a capacidade de projetar, desenvolvimento tecnológico, confiabilidade em prazos e qualidade, como também custo.

Nessa etapa de desenvolvimento, também compete à empresa ajudar os fornecedores com treinamento em técnicas enxutas como engenharia simultânea, *JIT*, *QFD*, Método Taguchi, etc, assim como princípios do pensamento enxuto, como determinar precisamente o valor do produto específico, identificar a cadeia de valor para cada produto, fazer o valor fluir sem nenhuma interrupção, deixar que o cliente puxe o valor do produto, como também buscar a perfeição.

A contribuição dos fornecedores na etapa de conceito e planejamento do produto dá-se em forma de componentes e novas tecnologias. Os fornecedores podem contribuir com troca de experiência e conhecimento junto com as engenharias de produto e processo em melhorias no processo de manufatura do produto e solução de problemas.

Conforme Womack e Jones (1998), o estabelecimento de contratos de longo prazo permite o compartilhamento de informações sobre custos e técnicas de produção entre as empresas, melhora o produto e reduz atividades que não agregam valor, o que possibilita a redução dos custos ao longo do período de produção. Assim, a redução do número de fornecedores diretos da montadora possibilita o desenvolvimento de relacionamentos mais próximos, bem como torna possível o fornecimento de módulos completos.

Com a introdução dos componentes da ES e *co-design* na estrutura do desenvolvimento de produtos, ganha-se em agilidade nos lançamentos, podendo com isso aumentar a variedade dos produtos e substituir com maior frequência do que os competidores de produção em massa, ganhando competitividade no mercado, como foi apresentado na seção 5.1.

Pretende-se com o modelo, permitir que toda e qualquer empresa manufatureira de produtos seriados, organize suas atividades de projeto de desenvolvimento de um modo mais eficiente (com menos riscos), sendo voltado para a criação de mais valor, bem como para a contínua redução de desperdício de conhecimento, diminuindo o *lead time* de seus processos, aumentando a variedade de produtos no mercado, ganhando competitividade.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

6 CONCLUSÕES

Neste capítulo serão descritas as contribuições geradas por esta pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros.

6.1 Contribuições da Pesquisa

Este trabalho teve como objetivo propor um modelo de desenvolvimento enxuto de produtos a partir de um modelo clássico de desenvolvimento.

Inicialmente, foi apresentado no primeiro capítulo a importância da pesquisa, observou-se a crescente vantagem competitiva nas empresas que prezam pelo desenvolvimento enxuto em relação às empresas que não são conhecedoras ou não entendem perfeitamente os pensamentos e princípios enxutos.

O capítulo 2 proporcionou um entendimento no que diz respeito ao surgimento da produção enxuta comparando-a com a produção em massa. Apresentou-se o desempenho superior existente nos automóveis da Toyota, através de indicadores como índice de qualidade, grau de manufaturabilidade e manutenibilidade. Ainda nesse capítulo foi apresentado um modelo teórico simplificado do Sistema Toyota de Produção (STP), onde foi esclarecido o conceito de seus pilares de sustentação, assim como os seus componentes.

No terceiro capítulo definiu-se a cadeia de valor com importância aos fluxos de material e de informação que devem ser orientados para criação de valor para o cliente final, dando ênfase à cooperação entre fornecedores e clientes para o desenvolvimento de vantagem competitiva.

No quarto capítulo foram apresentadas seis ferramentas que auxiliam o processo da produção e do desenvolvimento enxuto de produtos. Pode-se identificar evidências de nível superior da Toyota em indicadores como menor tempo de desenvolvimento de produtos, menor número de produtos com atraso, menor número de funcionários participando do processo, etc.

Ainda nesse capítulo foi apresentado e discutido o modelo de desenvolvimento enxuto de produtos proposto por Ward (2002). Acredita-se que o estudo desse modelo foi de extrema importância para a base conceitual adequada para o desenvolvimento do modelo proposto.

No capítulo 5 foram identificados os impactos do desenvolvimento de produtos na cadeia de valor. Foram apresentados indicadores de desempenho superior da Toyota a partir da comparação com produtores em massa (crescimento e taxa de renovação de mix do

produto, crescente participação no mercado dos Estados Unidos e vendas maiores que os concorrentes). Ainda neste capítulo, realizou-se um estudo de caso na empresa Z, uma empresa fabricante de produtos seriados, identificando o seu modelo de desenvolvimento de produtos, mapeando suas etapas e extraindo dados quantitativos para um estudo analítico do processo. Procurou-se, na empresa Z, verificar a confiabilidade do seu *lead time* como também identificar as perdas existentes no processo, sugerindo melhorias, quando identificadas atividades que não agregam valor ao sistema.

Todas as empresas buscam soluções para enfrentar a concorrência, tentando reduzir o *lead time* e os custos de desenvolvimento de produtos, e aumentar a qualidade de seus projetos, mas não utilizam, necessariamente, uma estrutura de desenvolvimento que garantam tais conquistas. Foi apresentada uma proposta do modelo de desenvolvimento enxuto de produtos baseado em um modelo clássico de desenvolvimento de produtos. A proposta desse modelo baseou-se em estudos de Ward (2002), Ward et al., (1995) e Sobek II et al., (1998, 1999).

O modelo proposto sugere uma estrutura de integração, simultaneidade com resolução de problemas e uma atuação mais efetiva dos fornecedores no processo de desenvolvimento de produtos. Visualiza-se no modelo de desenvolvimento de produto proposto nesta pesquisa uma nova perspectiva de desenvolvimento de parcerias, que cria um elo de comprometimento maior que uma simples relação cliente-fornecedor. Com o comprometimento das empresas envolvidas, constrói-se o elo de ligação, facilitando informações e tratando assim, a cadeia de produção das diversas empresas envolvidas como um só fluxo da cadeia.

Ao longo da apresentação do modelo proposto foram elaborados exemplos de como as ferramentas do modelo poderiam atuar, melhorando as atividades que não agregam valor, no ganho em agilidade nos lançamentos, no aumento de variedade dos produtos, na substituição dos produtos com maior frequência do que os competidores de produção em massa, ganhando competitividade no mercado.

Apresentou-se a necessidade de um esforço das empresas para modificar o padrão de relacionamento com os fornecedores em busca de cooperação, conforme os princípios da produção enxuta e para se concretizar é necessário o comprometimento entre empresa cliente e fornecedora e o desenvolvimento da parceria, que se constituem em um dos aspectos fundamentais para o *co-design*.

Dentre as contribuições proporcionadas por esta dissertação, destaca-se a construção de um modelo de desenvolvimento de produtos abrangendo a engenharia simultânea e o *co-*

design, que permite às empresas um desempenho superior no processo de desenvolvimento, aumentando assim, a competitividade em um mercado globalizado.

O modelo proposto objetiva, conceitualmente, o estabelecimento de ciclos contínuos e cada vez mais curtos de desenvolvimento de produto. Permitindo que a empresa organize sua atividade de projetos de desenvolvimento de um modo mais eficiente (com menos risco), voltado para a criação de valor, bem como para a contínua redução de desperdícios de conhecimento.

Em suma, a estrutura proposta é um modelo genérico que pode ser aplicado a empresas manufatureiras de produtos seriados que pretendam reduzir os custos e aumentar o valor agregado aos produtos e processos, permitindo uma maior lucratividade, o que é essencial para a sobrevivência das empresas.

6.2 Sugestões para Futuras Pesquisas

Destaca-se algumas sugestões para trabalhos futuros, que poderiam ser desenvolvidos a partir das idéias apresentadas nesta dissertação.

- Aplicação do modelo de desenvolvimento de produto apresentado nesta dissertação, nas indústrias nacionais, principalmente, naquelas que desejam implementar o sistema de produção enxuta. Os resultados obtidos serviriam para avaliar e validar o modelo proposto.
- Estudo comportamental das pessoas envolvidas nesse processo de mudança, haja visto que para a implementação de um sistema, como o proposto pela pesquisa, incorre-se em algum grau de mudança da cultura empresarial.
- Análise econômico-financeira (retorno sobre o investimento, *pay-back*, etc) para a implementação do sistema de desenvolvimento enxuto de produtos, assim como a implementação do sistema de produção enxuta.

Referências Bibliográficas

AKAO, Y. Introdução ao Desdobramento de Qualidade – Manual de aplicação do desdobramento da função qualidade Vol 1. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1996.

AMBROS, J.O & ZAWISLAK, P.A. Cooperação Tecnológica na Cadeia de Suprimentos Gaúcha: A Relação Usuário-Produtor Porto Alegre: UFRGS/PPGA/NITEC/FIERGS, 1999.

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

CASAROTTO F, N. Gerência de projeto/engenharia simultânea. São Paulo: Atlas, 1999.

CHENG, L. C. QFD: planejamento da qualidade. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, 1995.

CHIUSOLI, R.F.Z. & TOLEDO, J.C. Engenharia simultânea: estudo de caso na industria brasileira de autopeças. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos. UFSCar. 2000.

CLARK, K. B. & FUJIMOTO, T. *Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston, Mass. *Harvard Business School Press*. 1991.

CLAUSING, D. *Total quality development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering*. New York, ASME Press 1994.

CLELAND, D.I & IRELAND, L.R. Gerência de Projetos. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 2002.

CSILLAG, J. M.. Análise do Valor: metodologia do valor: engenharia de valor, gerenciamento de valor, redução de custos, racionalização administrativa. 4.ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1995.

DAVENPORT, Thomas H. Reengenharia de processo. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

FELTRIM, V. D. & FORTES, R.P.M. Requisitos de Hiperdocumentos de suporte ao domínio de engenharia reversa de software. USP-1997.

FERREIRA, Aurélio B. H. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. Editora Nova Fronteira, São Paulo 1996.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção - Mais do que Simplesmente Just-In-Time. Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 1996.

GHINATO, P. Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção, In: Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Editora Universitária da UFPE, Recife, 2000.

HAMMER, Michael. Reengenharia: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

HARTLEY, John R. Um método para reduzir prazos, melhorar qualidade e reduzir custos. Porto Alegre, Editora Bookman, 1998.

JONES, Daniel. T. *Corporate Renewal Through Lean Design. World Class Design to Manufacture*. Vol 2. Nº 2. pp. 6-9. MCB University Press, 1995.

KOTLER, Philip, FAHEY, Liam & JATUSRIPITAK, Somdik. A nova concorrência. Rio de Janeiro, Prentice-Hall, 1986.

MONDEN, Y. Sistema Toyota de Produção. São Paulo, Editora do IMAM, 1984.

MOREIRA, R. B. R. Estudo e aplicação de uma ferramenta de engenharia reversa sobre o *software* direto. Relatório apresentado ao Centro de Ciências da Economia e Informática da Universidade da Região da Campanha. 2001.

OHFUJI, T.; MICHITERU, O; AKAO, Y (a). Método de desdobramento da qualidade (1): elaboração e exercício da matriz da qualidade. (Manual de aplicação do desdobramento da função da qualidade, Vol. 1). Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1997.

OHFUJI, T.; MICHITERU, O; AKAO, Y (b). Método de desdobramento da qualidade (1): elaboração e exercício da matriz da qualidade. (Manual de aplicação do desdobramento da função da qualidade, Vol. 2). Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1997.

OHNO, T. Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala, Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

PEIXOTO, M. O. C & CARPINETTI, L. C. R. O QFD como facilitador da engenharia simultânea. Anais do 1º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos. UFMG, 1999.

PETROZZO, D. P. & STEPPER, J. C. Reengenharia na prática. São Paulo: Makron books, 1996.

PHADKE, M. S. *Quality engineering using robust design*. Englewood: Prentice Hall, 1989.

ROTHER, Mike & SHOOK, John. Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício. *Lean Institute Brasil*, São Paulo, 1999.

SCHONBERGER, Richard J. Técnicas Industriais Japonesas: Nove Lições sobre a Simplicidade. São Paulo: Pioneira, 1984.

SHINGO, Shigeo (a). O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996.

SHINGO, Shigeo (b). Sistema de Produção com Estoque-Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996.

SILVA, E.L. & MENEZES, E.M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Florianópolis: UFSC, 2000.

SOBEK II, D.K.; LIKER, J.K.; WARD, A. *Another Look at How Toyota Integrates Product Development*. Vol 76. Nº 4. pp. 36-50. *Harvard Business Review*. Jul-Agosto, 1998.

SOBEK II, D.K.; WARD, A.; LIKER, J.K. *Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering*. Vol 40. pp. 67-83, *Sloan Management Review*, Inverno, 1999.

SPEAR, S. & BOWEN, H. K. *Decoding the DNA of the Toyota Production System*. Vol 77, Nº 5, pp. 97-106. *Harvard Business Review*, set-out, 1999.

SPINA, G.; VERGANTI, R.; ZOTTERI, G. *Factors influencing co-design adoption: drivers and internal consistency*. Vol 22, Nº 12. pp. 1354-1366. *International Journal of Operations & Production Management*, 2002.

TAGUCHI, Genichi. Engenharia de qualidade em sistemas de produção. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

TAYLOR, F.W. Princípios da Administração Científica. Atlas, São Paulo, 1960.

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

WARD, A.; LIKER, J.K.; CRISTIANO, J.J.; SOBEK II, D.K. *The Second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster*. Vol 36. pp. 46-61. *Sloan Management Review*. Primavera 1995.

WARD, A. O Sistema de Desenvolvimento Enxuto. *Lean Enterprise Institute*. Apostila do curso *Lean Development*, 2002.

WOMACK, James P., JONES, Daniel T. & ROOS, Daniel. A máquina que mudou o mundo. 16. ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1992.

WOMACK, James P. & JONES, Daniel T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza. 7 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1998.

ZANCUL E.; GUERRERO, V.; HORTA, L.C.; ROZENFELD, H. Ambiente integrado para o processo de desenvolvimento de produto, baseado em um sistema ERP. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos. UFSCar. 2000.

ZAWISLAK, P. A. A cadeia totalmente integrada e a indústria automotiva do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS/PPGA/NITEC/FIERGS, 2000.

ZAWISLAK, P. A & SILVA K.M. Sistema Lean de Inovação: um modelo de desenvolvimento de produtos e processos. Núcleo de Gestão da Inovação Tecnológica – NITEC/PPGA/UFRGS, 2002.

ZIRPOLI, F. & CAPUTO, M. *The nature of buyer-supplier relationships in co-design activities: the Italian auto industry case*. Vol 22, Nº 12. pp. 1389-1410. *International Journal of Operations & Production Management*, 2002.