MARCIO CARDOSO MACHADO

**PRINCÍPIOS ENXUTOS NO PROCESSO DE
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS: PROPOSTA DE UMA
METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO**

Tese apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Doutor em
Engenharia.

São Paulo

2006

MARCIO CARDOSO MACHADO

PRINCÍPIOS ENXUTOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO
DE PRODUTOS: PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA PARA
IMPLEMENTAÇÃO

Tese apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Doutor em
Engenharia.

Área de concentração: Engenharia de
Produção.

Orientador: Prof. Dr. Nilton Nunes
Toledo.

São Paulo

2006

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 26 de abril de 2006.

Assinatura do autor

Assinatura do orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Machado, Marcio Cardoso

**Princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos: proposta de uma metodologia para implementação / M.C. Machado. -- São Paulo, 2006. Edição Revisada.
248 p.**

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Desenvolvimento de produtos 2.manufatura enxuta 3.Gestão da qualidade I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

À minha esposa Lilian, pelo apoio incondicional em todos os momentos de minha vida. E a meus filhos, Adriele, Dânica e Márcio, razões de todo meu esforço.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são destinados a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o alcance dos objetivos pretendidos por esta pesquisa. Cabe ressaltar o apoio especial de algumas pessoas que com extrema boa vontade, me ajudaram a percorrer este caminho.

A Deus, pela saúde e paz com que desfrutei toda esta caminhada;

Ao amigo Prof. Dr. Nilton Nunes Toledo, por acreditar em minha proposta de pesquisa e pela infinita simplicidade na transmissão de seus conhecimentos. Oferecendo sua disponibilidade para orientação além dos encontros formais no Departamento de Engenharia de Produção, sua residência, centro de convenções, ou até um mesmo quarto de hospital, foram palcos de demoradas e agradáveis conversas sobre desenvolvimento de produtos;

A todos os integrantes das empresas pesquisadas que disponibilizaram parte de seu tempo para que este trabalho pudesse ser levado a cabo;

Ao amigo e companheiro de trabalho Ribamar, pelo incomensurável trabalho de, ao longo de toda a redação desta tese, revisar os textos e oferecer sugestões que iam além de considerações gramaticais ou ortográficas;

Ao amigo Alexandre Lima Guerra, capitão engenheiro da Força Aérea Brasileira, que, além do incentivo para a realização deste doutoramento, contribuiu com opiniões que muitas vezes eram colocadas em forma de bate-papo;

À professora Dr^a Marly Monteiro de Carvalho que, com considerações na pré-qualificação e qualificação, auxiliou-me no refinamento do escopo da pesquisa.

Aos professores Drs. Abrahan Yu e Paulo Tromboni que, durante a disciplina de Seminários Avançados em Pesquisas de Desenvolvimento de Produtos, na FEA, fizeram-me compreender a amplitude das áreas de pesquisa em desenvolvimento de produtos; e

A meus pais Mario e Marlene, por terem sempre me conduzido pelo caminho da virtude e minhas irmãs Mônica e Mirian, pelo eterno incentivo.

RESUMO

A literatura revela que existe a oportunidade de se estudar formas de gerenciamento da melhoria de desempenho para desenvolvimento de produtos, sendo uma destas oportunidades a implementação dos princípios enxutos nesta atividade. O objetivo geral desta tese foi propor uma metodologia que possibilite, de forma estruturada, a utilização dos princípios e práticas enxutas no método de desenvolvimento de produto. A metodologia apoiou-se no resultado dos seguintes objetivos específicos: análise das práticas industriais, verificação de seu alinhamento com os princípios e práticas enxutas e identificação oportunidades de melhoria; identificação dos principais modelos existentes para criação de valor em ambientes outros que não o da manufatura; investigação mecanismos de integração para a equipe de desenvolvimento de produtos com base na mentalidade enxuta; identificação de uma plataforma de gestão que auxilie na implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos. O método de estudo de caso foi utilizado em três empresas – A, B e C – para coletar informações a respeito do processo de desenvolvimento de produtos. Seus resultados permitiram verificar o alinhamento de cada uma das empresas com as práticas enxutas, e a conseqüente verificação de sua aplicabilidade. As inferências obtidas foram classificadas em função dos seguintes aspectos: entendimento da empresa com relação aos princípios enxutos aplicados ao processo de desenvolvimento de produtos, identificação de valor, fluxo de valor, sistema puxado e perfeição. Pautada nestas inferências, foi elaborada uma proposta de metodologia para implementação de princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos visando a conseqüente melhoria do processo. A metodologia proposta foi aplicada a uma quarta empresa – D. Os resultados foram que a metodologia, de forma geral, mostrou-se consistente com seus objetivos, dentre os quais o principal foi a melhoria do processo de desenvolvimento de produtos.

ABSTRACT

In the literature, an opportunity appears to study performance improvement management forms for product development. One of these opportunities is the implementation of lean principles in this activity. The general objective of the thesis was to propose a methodology, which enables the utilization of the lean principles and practices in the product development method in a structured form. The methodology was based upon the result of the following specific objectives: the analysis of industrial practices, the verification of their alignment with the lean principles and practices and the identification of improvement opportunities; the identification of the main existing models for weighting creation in environments other than manufacturing; an integration mechanism investigation for the product development team, based on the lean mentality; and the identification of a management platform, which helps in the implementation of the lean principles in the product development process. The case study method was utilized in three companies – A, B and C – in order to collect information with respect to the product development process. The results enabled the verification of the alignment of each one of the companies as to their lean practices and the consequent verification of their applicability. The obtained inferences were classified according to the following aspects: the understanding of the company with regard to the lean principles applied to the product development process, the weighting identification, importance flow, in-depth system used and perfection. A methodology proposal was drawn from these inferences, for the implementation of the lean principles in the product development, having in mind the consequent process improvement. The proposed methodology was applied to a fourth company – D. The results showed that in a general manner, the methodology was consistent with its objectives, of which the main one was the improvement of product development.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA.....	4
1.2	O PROBLEMA DE PESQUISA.....	6
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA	8
1.3.1	OBJETIVO GERAL.....	8
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.4	ESCOPO DA PESQUISA	8
1.5	RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES	10
1.6	ORGANIZAÇÃO DA TESE	11
2	PROBLEMAS DA INDÚSTRIA	13
2.1	O DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO NA EMPRESA M	13
2.1.1	A EMPRESA M	14
2.1.2	COMPETÊNCIA ESSENCIAL E O PROBLEMA	14
2.2	O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO NA XEROX.....	19
2.2.1	PANORAMA DA EMPRESA E SEU PRODUTO	19
2.2.2	O DESENVOLVIMENTO DA IMPRESSORA E COLOCAÇÃO DO PROBLEMA.....	20
3	PROJETO DA PESQUISA	24
3.1	O PROCESSO DE PESQUISA	26
3.2	REVISÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA.....	28
3.3	MÉTODOS E PROCEDIMENTOS APLICADOS NA PESQUISA	32
3.4	A ESTRUTURA DA PESQUISA	34
3.4.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	35
3.4.2	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA DE PESQUISA.....	36
3.4.3	CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS CASOS	38
3.4.4	REVISÃO DA LITERATURA E DAS PRÁTICAS INDUSTRIAIS	40
3.4.5	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	40
3.4.6	CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES E SUGESTÕES	41
3.5	VALIDADE DOS MÉTODOS DE PESQUISA APLICADOS	42
4	REVISÃO TEÓRICA	44
4.1	INTRODUÇÃO	44
4.2	DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	44
4.2.1	A REPRESENTAÇÃO POR PROCESSOS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	47

4.2.2	O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS REPRESENTADO COM A ABORDAGEM DE DECOMPOSIÇÃO.....	52
4.2.3	A REPRESENTAÇÃO DO PDP COM BASE NO FLUXO DO VALOR.....	56
4.2.4	A IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	59
4.2.5	A COMPLEXIDADE E AS TRÊS DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	61
4.3	PRINCÍPIOS E PRÁTICAS ENXUTAS.....	64
4.3.1	A HISTÓRIA DO TERMO ENXUTO	64
4.4	O PENSAMENTO ENXUTO	67
4.4.1	A DEFINIÇÃO DO PENSAMENTO ENXUTO.....	67
4.5	OS CINCO PRINCÍPIOS ENXUTOS.....	72
4.5.1	O PRINCÍPIO DO VALOR	73
4.5.2	O PRINCÍPIO DO FLUXO DO VALOR	75
4.5.3	O PRINCÍPIO DO FLUXO.....	76
4.5.4	O PRINCÍPIO DO SISTEMA PUXADO	79
4.5.5	O PRINCÍPIO DA PERFEIÇÃO	80
4.6	OS PRINCÍPIOS ENXUTOS NO AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	81
4.6.1	O PRINCÍPIO DO VALOR NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	81
4.6.2	O PRINCÍPIO DO FLUXO DE VALOR NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	89
4.6.3	PRINCÍPIO DO FLUXO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	92
4.6.4	O PRINCÍPIO DO SISTEMA PUXADO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	107
4.6.5	O PRINCÍPIO DA PERFEIÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	108
4.7	ENGENHARIA SIMULTÂNEA	109
4.8	ENGENHARIA SIMULTÂNEA <i>SET-BASED</i>	111
5	ESTUDOS DE CASO DAS PRÁTICAS INDUSTRIAIS.....	113
5.1	PERFIL DAS EMPRESAS E MÉTODOS DE COLETA DE DADOS	113
5.1.1	EMPRESA A.....	113
5.1.2	EMPRESA B.....	114
5.1.3	EMPRESA C.....	114
5.2	RESUMO DAS RESPOSTAS OBTIDAS.....	115
5.3	RESPOSTAS DETALHADAS OBTIDAS PAUTADAS NO FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO	117

5.3.1	O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS FORMALIZADOS E COMPREENDIDOS.....	118
5.3.2	ENVOLVIMENTO DE <i>STAKEHOLDERS</i>	123
5.3.3	ELIMINAÇÃO DE INTERAÇÕES DESNECESSÁRIAS	126
5.3.4	SIMPLIFICAÇÃO DO CICLO DE DESENVOLVIMENTO	131
5.3.5	PRODUTOS E PROCESSOS DESENVOLVIDOS SIMULTANEAMENTE.....	136
5.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS PRÁTICAS INDUSTRIAIS	139
5.5	QUADRO RESUMO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES OBTIDAS NA ANÁLISE CRUZADA DOS ESTUDOS DE CASO.....	142
6	<i>BACKGROUND</i> TEÓRICO PARA O DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA	143
6.1	O MODELO DE TRÊS FASES PARA CRIAÇÃO DE VALOR	143
6.1.1	PRESSUPOSTOS	145
6.1.2	IDENTIFICAÇÃO DO VALOR.....	145
6.1.3	PROPOSIÇÃO DO VALOR.....	146
6.1.4	ENTREGA DO VALOR.....	147
6.2	GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	148
6.2.1	O PROJETO	148
6.2.2	AS FUNÇÕES DE GERENCIAMENTO	149
6.2.3	GERENCIAMENTO DE PROJETO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	151
6.3	FERRAMENTAS PARA O MAPEAMENTO DO FLUXO DO VALOR EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	154
6.3.1	GRÁFICO DE GANTT.....	154
6.3.2	MAPA WARD	155
6.3.3	FLUXOGRAMA.....	157
6.3.4	<i>LEARNING TO SEE</i> (APRENDENDO A ENXERGAR).....	158
6.3.5	DINÂMICA DE SISTEMAS	161
6.3.6	MATRIZ DE ESTRUTURA DE PROJETO (<i>DESIGN STRUCTURE MATRIX – DSM</i>)	162
6.4	MECANISMOS DE INTEGRAÇÃO	163
6.4.1	INTEGRAÇÃO DE TIMES DE DESENVOLVIMENTO	164
6.4.2	ESTRUTURA DE INTEGRAÇÃO	165
7	METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS ENXUTOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS..	169
7.1	A CONSTRUÇÃO DA METODOLOGIA	169

7.1.1	A IDENTIFICAÇÃO DO VALOR.....	170
7.1.2	A PROPOSIÇÃO DO VALOR.....	171
7.1.3	A ENTREGA DO VALOR.....	172
7.1.4	IMPLICAÇÕES GERENCIAIS.....	174
7.1.5	MAPEAMENTO DAS FASES DE CRIAÇÃO DE VALOR EM RELAÇÃO AOS PROCESSOS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS	177
7.2	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA	179
7.2.1	PASSO 1	179
7.2.2	PASSO 2	183
7.2.3	PASSO 3	187
7.2.4	PASSO 4	190
7.2.5	PASSO 5	191
7.2.6	PASSO 6	194
7.2.7	PASSO 7	196
7.2.8	ESFORÇO PARA A PERFEIÇÃO.....	198
7.2.9	ENCERRAMENTO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	198
8	EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	200
8.1	LIMITAÇÕES PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	200
8.2	DESCRIÇÃO DA EMPRESA D.....	203
8.3	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA	204
8.4	AValiação DA METODOLOGIA PROPOSTA	217
9	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	222
9.1	RESULTADOS, CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES	224
9.2	RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	227
	ANEXO A	229
	ANEXO B.....	236
	BIBLIOGRAFIA.....	238

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Fases do ciclo de desenvolvimento do produto	2
Figura 2.1 – A comunicação entre a Empresa M e seu principal <i>stakeholder</i>	15
Figura 2.2 – Diferenças entre as fendas dos parafusos <i>Philips</i> e <i>Crosspoint</i>	16
Figura 2.3 – Porca autofreno com fixação por meio de rebites de uso comum na indústria aeronáutica.	17
Figura 2.4 – Comparação entre um processo gerenciado e outro com falha de gerenciamento	18
Figura 2.5 – Impressora profissional Docuprint 4025	19
Figura 2.6 – Processo de desenvolvimento de produtos da Xerox centrado no time TTM	21
Figura 3.1 – Etapas do Projeto de Pesquisa	27
Figura 3.2 – Passos da pesquisa, seguidos nesta tese.....	34
Figura 3.3 – Estrutura para a pesquisa com estudo de casos múltiplos, aplicada na primeira rodada de estudos de campo com as empresa A, B e C.....	39
Figura 4.1 – Digrama de fluxo de sete estágios para o ciclo de desenvolvimento de produto	48
Figura 4.2 – O ciclo de desenvolvimento de produto	49
Figura 4.3 – As atividades de <i>front-end</i> englobando a fase de desenvolvimento do conceito	50
Figura 4.4 – Estrutura genérica para decomposição de um sistema de manufatura ..	52
Figura 4.5 – Decomposição do Projeto de Desenvolvimento de Produtos – PD3.....	53
Figura 4.6 – Decomposição do Projeto do Sistema de Desenvolvimento de Produtos	55
Figura 4.7 – Representação do DP, com base no fluxo do valor	57

Figura 4.8 – Incerteza nas medições de performance técnicas no ciclo do produto ..	60
Figura 4.9 – Gerenciando a criação de valor no desenvolvimento de produto	62
Figura 4.10 – Relação de valor para o cliente	82
Figura 4.11 – Relação de valor para o cliente com o atributo tempo.....	82
Figura 4.12 – Relação de valor para o cliente com o atributo custo expandido	83
Figura 4.13 – Relações de valor para o empregado	86
Figura 4.14 – Modelo para integração de múltiplas perspectivas de valor	88
Figura 4.15 – Relação entre Fluxo de Valor, Valor e Produto.....	91
Figura 4.16 – Conceito de fluxo em desenvolvimento de produto	92
Figura 5.1 – Macrofluxo do PDP da empresa A.	119
Figura 5.2 – Representação do DIP da Empresa A.....	120
Figura 5.3 – Representação do PDP da Empresa B.	121
Figura 5.4 – PDP da Empresa B, excluindo as atividades administrativas.....	122
Quadro 5.5 – Macroprocesso do Ciclo de DP da Empresa B.	130
Figura 5.6 – Representação do Núcleo Técnico de Produto com seu engenheiro chefe e respectivos gerentes de desenvolvimento de produto	134
Figura 5.7 – Representação simplificada da estrutura matricial para integração dos diferentes times de desenvolvimento.	138
Figura 5.8 – Grau de alinhamento das empresas A, B e C com os princípios e práticas enxutas.....	141
Figura 6.1 – Modelo para criação ciclo do valor	144
Figura 6.2 – Ligações entre os grupos de processos	152
Figura 6.3 – Sobreposição dos grupos de processos	153
Figura 6.4 – Exemplo de Gráfico de <i>Gantt</i>	154
Figura 6.5 – Exemplo de Mapa <i>Ward</i> de Fluxo de Valor	155

Figura 6.6 – Exemplo de simbologia utilizada em fluxogramas.....	157
Figura 6.7 – Exemplo de mapa de fluxo do valor <i>Learnig to See</i>	159
Figura 6.8 – Exemplo de mapa de dinâmica de sistema.	161
Figura 6.9 – Exemplo de uma Matriz de Estrutura de Projeto.....	163
Figura 6.10 – Os três níveis de integração	166
Figura 6.11 – Exemplo de composição de Time de Sistema	167
Figura 7.1 – A criação de valor como um processo interativo e adaptativo	170
Figura 7.2 – O modelo de três fases e o princípio do valor.	171
Figura 7.3 – O modelo de três fases e o princípio do valor e do fluxo do valor.	172
Figura 7.4 – O modelo de três fases e os princípios: do valor, do fluxo do valor, do fluxo e do sistema puxado.....	173
Figura 7.5 – O modelo de três fases e os cinco princípios enxutos.	173
Figura 7.6 – O esforço gerencial nas fases iniciais do ciclo de DP	174
Figura 7.7 – Representação da necessidade de uma ferramenta de gestão para implementação dos princípios enxutos no PDP.....	175
Figura 7.8 – Estrutura da metodologia proposta.	178
Figura 8.1 – Tipos primários de projeto de desenvolvimento.....	201
Figura 8.2 – Região de aplicação da metodologia proposta.....	202
Figura 8.3 – Matriz de responsabilidade para aplicação da metodologia proposta.	205
Figura 8.4 – A definição dos <i>stakeholders</i> pelo departamento de Desenvolvimento de Produtos – DP, antes e depois da aplicação da metodologia.	207
Figura 8.5: Esquema básico do processo de melhoria	209
Figura 8.6: A representação do PDP da empresa D antes da melhoria.....	211
Figura 8.7: A representação do PDP da empresa D depois da melhoria.....	212

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 3.1 – Características dos métodos de pesquisa quantitativo e qualitativo.....	30
Tabela 3.2 – Distinção das características dos projetos qualitativos de pesquisa.....	31
Tabela 3.3 – Alinhamento do propósito da pesquisa com a metodologia.....	37
Tabela 4.1 – Atividades funcionais sob a ótica da integração interfuncional.....	51
Tabela 4.2 – Correlação entre as técnicas de fluxo na manufatura e o desenvolvimento de produtos.....	100
Tabela 4.3. Correlação entre categorias de desperdícios e técnicas de fluxo.	106
Tabela 4.4 - Comparação entre a aplicação dos princípios enxutos no ambiente de manufatura e no desenvolvimento de produtos.....	108
Tabela 4.5 – Abordagens de Engenharia Simultânea e Princípios enxutos	111
Quadro 5.1 – Sumário das questões relativas à formalização e compreensão do processo de desenvolvimento de produtos, nas empresas A, B e C.....	119
Quadro 5.2 – Sumário das questões relativas ao envolvimento dos <i>stakeholders</i> no processo de desenvolvimento de produtos, nas empresas A, B e C.....	123
Quadro 5.3 – Sumário das questões relativas ao fluxo de informações no processo de desenvolvimento de produtos, nas empresas A, B e C.	127
Quadro 5.4 – Sumário das questões relativas à simplificação do ciclo de desenvolvimento de produtos, nas empresas A, B e C.	132
Quadro 5.5 – Sumário das questões relativas ao desenvolvimento integrado de produtos e processos, nas empresas A, B e C.	137
Quadro 5.6 – Quadro resumo das principais conclusões obtidas na análise cruzada dos estudos de caso.	142
Tabela 6.1 – Categorização de desperdícios	156
Tabela 6.2 – Exemplos de métricas em manufatura	160
Quadro 7.1 – Etapas do primeiro passo.	179

Quadro 7.2 – Etapas do segundo passo.....	183
Quadro 7.3 – Etapas do terceiro passo.....	188
Quadro 7.4 – Etapas do quarto passo.....	190
Quadro 7.5 – Etapas do quinto passo.....	192
Quadro 7.6 – Etapas do sexto passo.....	194
Quadro 7.7 – Etapas do sétimo passo.....	196
Quadro 8.1 – As diferentes perspectivas de valor para cada um dos <i>stakeholders</i> ..	208
Quadro 8.2: Questões relacionadas com a avaliação da metodologia proposta.....	218

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV – Atividades que criam valor.

ANCV – Atividades que não Criam Valor.

ANNCV – Atividades Necessárias que Não criam Valor.

AFV – Análise do Fluxo de Valor.

ATP – Avaliação Técnica de Performance.

BSC – *Balanced Scorecard*.

CAD – *Computer Aided Design*.

CAE – *Computer Aided Engineering*.

CAM – *Computer Aided Machining*.

CATIA – *Computer Aided Tri-dimensional Integrative Application*.

CIM – *Computer Integrated Machining*.

CPM – *Critical Path Method*.

DIP – Desenvolvimento Integrado de Produto.

DP – Desenvolvimento de Produtos.

ET – Especificação Técnica.

EUA – Estados Unidos da América.

FAA – *Federal Aviation Administration*.

FMIT – Fabricação, Montagem, Integração e Teste.

GDP – Grupo de Desenvolvimento de Produtos.

IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*.

JAA – *Joint Aviation Administration*.

JIT – *Just-in-Time*.

LAI – *Lean Aerospace Initiative*.

LESAT – *Lean Self Assessment*.

LTS – *Learning to See*.

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor.

MEP – Matriz de Estrutura de Projeto.

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*.

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*.

PD3 - *Product Development Design Decomposition.*

PDMA – *Product Development Management Association.*

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos.

PERT – *Program Evaluation and Review Technique.*

Phd – *Philosophy Doctor.*

PMI – *Project Management /institute.*

PP – Parâmetro de Projeto.

RF – Requisito Funcional.

ROI – *Return of Investment.*

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade.

STP – Sistema Toyota de Produção.

TQM – *Total Quality Management.*

TTM – *Time to Market.*

VEA – Valor Econômico Agregado.

1 INTRODUÇÃO

No gerenciamento de empresas, as mudanças ocorrem nos mais variados setores, e surgem da necessidade dessas empresas acompanharem as instabilidades provocadas pela acirrada concorrência no mundo empresarial. Por decorrência, se o ambiente fosse estável, não haveria necessidade de alterações nas operações e nem nas atividades dos negócios.

Assim, tanto o ambiente interno quanto o externo constituem variáveis permanentes que influenciam o desenvolvimento das empresas ao longo do tempo. Em resposta a esta atuação, o gerenciamento das operações deve também se alterar, a fim de que os objetivos e a lucratividade possam ser mantidos, mesmo em face de mudanças situacionais enfrentadas pelas organizações.

Neste ambiente intenso e dinâmico, o desenvolvimento de novos produtos e processos crescentemente têm se tornado o principal foco de competição (Wheelwright e Clark, 1992). Esta nova competição industrial fortemente focada no desenvolvimento de produto está sendo dirigida por forças que, nas últimas décadas, têm surgido em muitas indústrias ao redor do mundo, sendo elas: o aparecimento de uma intensa competição internacional, a criação de mercados segmentados com consumidores sofisticados e as evoluções tecnológicas (Clark e Fujimoto, 1991).

O desenvolvimento do produto corresponde a uma série de atividades organizadas com o objetivo de transformar um conceito de produto em um produto acabado tangível que começa com a percepção de uma oportunidade de mercado e termina com a produção, venda e entrega do produto (Ulrich e Eppinger, 2000). Atividades de projeto do produto, projeto do processo e projeto do sistema de manufatura são essenciais ao desenvolvimento do produto (Kim *et.al.*, 2000). Estas atividades afetam de forma significativa o sucesso de um novo projeto de desenvolvimento do produto que, eventualmente, molda a prosperidade de uma empresa de manufatura.

Dentre as atividades essenciais, o projeto do produto tem sido reconhecido como a que deve acontecer primeiro, seguida pela atividade de projeto do processo e, finalmente, pela atividade de projeto do sistema de manufatura. Esta é portanto a seqüência natural da realização de um conceito de produto em um produto acabado.

Segundo Ulrich e Eppinger (2000), o processo de desenvolvimento de produto depende não só do produto que será realizado, mas também da organização para este fim. Embora os processos de desenvolvimento tenham características que os tornem particulares e os identifiquem dentre outros esforços de desenvolvimento, as fases de qualquer processo de desenvolvimento podem ser categorizadas em uma seqüência genérica para que sejam aplicadas nos mais diversos sistemas e organizações. Stanke (2001), cita que as fases do ciclo de vida do produto podem ser identificadas na Figura 1.1.

Figura 1.1 – Fases do ciclo de desenvolvimento do produto

Fonte: Stanke (2001)

As sete fases do ciclo de desenvolvimento, de forma simplificada, são seqüenciais e, portanto, seguem uma ordem que começa com desenvolvimento do conceito e termina com a disponibilidade do produto para o mercado. Mas, no decorrer deste estudo, pode ser visto que isto não exclui a possibilidade de simultaneidade entre as fases. Como exemplo, as fases podem se sobrepor de tal forma que uma comece antes que a anterior tenha sido completamente terminada. Destas fases, várias pertencem especificamente ao processo de desenvolvimento do produto. Assim, uma lista descritiva de alguns elementos representativos de cada fase é apresentada:

- *Desenvolvimento do conceito* – arquitetura de sistema, projeto avançado, pesquisa de mercado, identificação das necessidades dos

usuários, desenvolvimento de tecnologia, estudos de viabilidade, protótipos experimentais (também chamados de pré-protótipos por Toledo (1994)),

- *Definição do Programa* – análise econômica, identificação do usuário final e/ou cliente, seleção de fornecedor, análise de decisão entre fabricar ou comprar, identificação dos principais marcos no processo, alocação de recursos;
- *Projeto detalhado* – especificação do sistema, seleção de material, identificação de tolerâncias, definição do processo de produção, projeto de ferramenta, teste de produção;
- *Avaliação e Testes* – teste de confiabilidade, vida e desempenho, aprovação por organismos reguladores;
- *Produção* – operação do sistema de produção, aquisição dos componentes/materiais;
- *Suporte e operação* – operação de campo, suporte (em serviço), sistemas de atualização;
- *Disponibilidade* – considerações do fim da vida incluindo a venda.

Das sete fases do ciclo de desenvolvimento, as quatro primeiras – Desenvolvimento do Conceito, Definição de Programa, Projeto Detalhado, e Avaliação e Testes – consistem no processo de desenvolvimento do produto. Em muitos casos, o desenvolvimento do produto envolve múltiplos interessados (*stakeholders*¹) em cada fase do desenvolvimento. Conforme a complexidade do sistema aumenta, mais *stakeholders* acabam se envolvendo, e o esforço para gerenciar a organização cresce (Stanke, 2001).

¹ Considera-se um *stakeholder* todo grupo ou indivíduo que afeta ou é afetado pelo alcance dos objetivos organizacionais. (Freeman R. E., 1984, *apud* Stanke, 2001).

No entanto esse esforço para o gerenciamento das diferentes necessidades dos *stakeholders* e do respectivo valor² que cada um dos envolvidos percebe na realização do produto implica na utilização de uma abordagem que mantenha ou aumente o desempenho do sistema de desenvolvimento do produto e, ao mesmo, tempo crie valor de forma consistente para todos os envolvidos. Neste sentido, pesquisas têm sido realizadas por vários teóricos (Browning, 1996; Chase, 2001; Douglas III, 2002; McManus e Millard, 2002; Stanke, 2001; Slack, 1998; Bauch, 2004).

Conforme citam Stanke e Murman (2002), os conceitos básicos da manufatura enxuta, como por exemplo o foco nas atividades e processos que agregam valor e conseqüentemente reduzem o trabalho nas atividades que não agregam valor, têm se expandido para patamares além do chão de fábrica. Em um sentido mais amplo, os conceitos enxutos são aplicáveis no contexto empresarial.

1.1 MOTIVAÇÃO PARA A PESQUISA

Para Ulrich (2001), o interesse acadêmico em projeto e desenvolvimento tem aumentado substancialmente, pelo menos, na última década; o que era uma área isolada de investigação dentro dos departamentos de marketing e alguns departamentos de engenharia tornou-se um campo de reconhecida atenção, envolvendo pesquisadores dos departamentos de engenharia, de marketing, de projeto industrial, gerenciamento de operações, de contabilidade e de estratégia, dentre outros.

Assim, um dos direcionadores do interesse acadêmico para o projeto e seu desenvolvimento são desafios que se encontram face às práticas industriais. As empresas acabam confrontando-se com uma ou mais das seguintes tendências:

- O aparecimento de produtos nos mais diferentes mercados está aumentando, de forma que mais produtos estão sendo dirigidos a segmentos de mercados cada vez menores;

² Valor, para o contexto deste trabalho, será detalhado no capítulo 4.

- A frequência na introdução de produtos tem aumentado de forma acelerada em muitos mercados;
- Os *lead times* para desenvolvimento de produtos estão sendo comprimidos;
- Os produtos têm ciclo de vida cada vez menores no mercado;
- A complexidade dos produtos tem aumentado;
- Atividades de desenvolvimento de produtos e de produção são com frequência distribuídas entre empresas, em lugar de uma única firma realizá-las de forma integrada (Ulrich, 2001).

Em face dos fatores, mercado segmentado, reduções do tempo de ciclo, e produtos mais complexos, surge a oportunidade de se estudar formas de gerenciamento da melhoria de desempenho para desenvolvimento de produtos, e uma destas oportunidades é a implementação de princípios enxutos nesta atividade.

Neste sentido, muitos estudos têm sido realizados de forma a expandir a aplicação dos princípios enxutos para contextos outros, que não os da manufatura. Dentre esses contextos está o de desenvolvimento de produtos.

O primeiro princípio enxuto é a especificação de valor; no entanto, no processo de desenvolvimento de produtos o valor é difícil de ser entendido. A complexidade do processo, a distância do consumidor final, a alternância das condições de mercado, o aparecimento de novas tecnologias e as incertezas de performance técnica, custo e programação tornam a definição de valor baseada nas necessidades dos clientes uma tarefa de difícil execução.

Trabalhos anteriores como os de Stanke (2001); Chase (2001) oferecem modelos para a representação dessas complexidades, porém nota-se a ausência de um método que de forma planejada e controlada, conduza o processo de desenvolvimento de produtos a um estado considerado enxuto.

No que tange ao gerenciamento de um projeto de desenvolvimento, segundo Krishnan e Ulrich (2001), as decisões são tomadas com base nas prioridades relativas dos objetivos de desenvolvimento, nas seqüências de tempos planejados das

atividades de desenvolvimento, nos principais marcos e protótipos de projeto, nos mecanismos para coordenação entre os membros das equipes e nos meios de monitoramento e controle de projeto.

No desenvolvimento de produtos, o desempenho é, normalmente, medido pelo tempo de desenvolvimento do produto, pelo custo do desenvolvimento, pelo custo de manufatura e pela qualidade do produto ou pela sua atratividade no mercado (Clark e Fujimoto, 1991; Griffin 1997).

Técnicas formais de planejamento de projeto tais como: PERT e CPM são amplamente utilizadas na indústria de construção, no planejamento de duração e seqüência das atividades. Entretanto, o processo de desenvolvimento de produtos não é tão facilmente modelado com estas técnicas (Eppinger *et. al.*, 1994).

Até aqui, pode-se perceber que existem trabalhos científicos relacionados tanto com a área de desenvolvimento de produtos como com os princípios e práticas enxutas. Alguns poucos trabalhos relacionam-se com a modelagem da criação de valor no processo de desenvolvimento de produtos. Percebe-se, porém, a ausência uma abordagem metodológica que consiga transferir os benefícios do uso de princípios e práticas enxutas para o ambiente específico de desenvolvimento de produtos.

No segundo capítulo desta tese, são descritos dois tipos de problemas industriais originados pela falta da correta identificação do valor ou da identificação do valor em momentos tardios, assim como pela dificuldade em fazer com que o valor flua no processo de desenvolvimento de produto. Estes problemas reforçarão o problema de pesquisa, na medida que se poderá observar na prática, o que ocorre quando as expectativas e necessidades dos interessados são consideradas de forma incompleta ou, até mesmo, não sejam consideradas.

1.2 O PROBLEMA DE PESQUISA

Como foi discutido na seção anterior, existe um leque de pesquisas relacionadas, tanto com o desenvolvimento de produtos como com a aplicabilidade

de princípios e práticas enxutas em ambientes diferentes da manufatura. Contudo, não foram verificados estudos que identificassem como se pode utilizar uma mentalidade enxuta nos ambiente externos à manufatura, mais especificamente, como se pode utilizar a mentalidade enxuta no processo de desenvolvimento de produtos. Esta necessidade pode ser transformada nos seguintes problemas de pesquisa:

- (1) Como os conceitos enxutos relacionam-se com o processo de desenvolvimento de produtos?
- (2) Como é possível, sistematicamente, implementar esses conceitos?

Os problemas de pesquisa principais são muito genéricos, o que impõe alguma dificuldade no sentido de solucioná-los. Assim, serão subdivididos em outros problemas que possam ser mais facilmente trabalhados e resolvidos. Desta forma, podem ser identificar os seguintes subproblemas:

- a- Como representar o processo de desenvolvimento de produtos?
- b- Como entender os conceitos e princípios enxutos e de que forma estão sendo aplicados em ambientes diferentes da manufatura?
- c- Quais os principais modelos existentes na literatura para a criação de valor no processo de desenvolvimento de produto?
- d- Como uma nova estrutura gerencial pode ser utilizada para introduzir os modelos existentes para criar valor no processo de desenvolvimento de produtos?

A intenção é que, por meio das investigações para os subproblemas, será possível solucionar o objetivo principal desta tese. Assim, capítulos específicos detalharão cada investigação aos subproblemas. O capítulo 3 trata da metodologia de pesquisa e discute de modo detalhado os problemas propostos e suas tentativas de solução.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta tese é, portanto, propor uma metodologia que possibilite, de forma estruturada, o emprego de princípios e práticas enxutas no método de desenvolvimento de produto. A metodologia proposta irá apoiar-se no resultado dos seguintes objetivos específicos:

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar práticas industriais, verificar seu alinhamento com os princípios e práticas enxutas e identificar oportunidades de melhoria;
- Identificar os principais modelos existentes para criação de valor em ambientes outros que não o da manufatura;
- Investigar mecanismos de integração para a equipe de desenvolvimento de produtos, como base na mentalidade enxuta;
- Identificar uma plataforma de gestão que auxilie na implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos;

1.4 ESCOPO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é compreender o fenômeno da criação de valor no ambiente de desenvolvimento de produtos e produzir uma metodologia que permita às equipes a implementação dos princípios e práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos.

Desta forma, é importante definir a atividade de desenvolvimento com base no escopo desta tese:

1. *Desenvolvimento de Produtos*: conjunto de tarefas, desde a definição do conceito até a validação do produto.
2. *Processos de desenvolvimento de produtos*: realização do desenvolvimento do produtos de forma a criar valor à medida que elimina desperdícios.
3. *Resultado do Desenvolvimento de Produto*: uma definição de produto que permita a criação de valor desejado aos interessados (*stakeholders*).

A fim de alcançar o objetivo proposto, e pautado nos objetivos específicos da tese, um modelo para criação de valor é utilizado como referência. Este modelo proposto por *Lean Aerospace Initiative* (LAI)³ pode ser dividido em três etapas:

- Etapa I – Identificação do Valor⁴;
- Etapa II – Proposição do Valor;
- Etapa III – Entrega do Valor.

Os conceitos enxutos clássicos apresentados por Womack *et. al.* (1996) incluem a identificação do valor para o cliente. Contudo, muitas das implementações dos princípios e práticas enxutas têm sido focadas apenas na terceira etapa do modelo proposto pelo LAI e estão centradas na eliminação de desperdícios. Esforços deste tipo são empreendidos no sentido de “fazer certo as coisas”⁵ e podem servir ao consumidor, porém ignoram outros *stakeholders* importantes para o desenvolvimento do produto. O foco na fase da identificação do valor é, portanto, imperativo para se “fazer certo as coisas” (Murman *et. al.*, 2002).

O modelo de três fases proposto tem sido utilizado nas pesquisas do *Lean Aerospace Initiative* (LAI) para a análise das descobertas relacionadas com o que se pode chamar de “*Best Lifecicle Value*”⁶, com excelentes resultados (Murmane *et. al.*,

³ O *Lean Aerospace Initiative* (LAI) foi criado em 1993 e é um consórcio entre a indústria, governo e academia cujo objetivo é auxiliar na transformação da indústria aeroespacial dos E.U.A.

⁴ Valor neste contexto pode ser entendido como a capacidade de produto ou serviço em atender os requisitos utilidade e custo, definidos pelo cliente (Slack, 1998).

⁵ Este conceito pode ser mais bem entendido em Murman *et. al.* (2002).

⁶ Ver Stanke (2001), que fez um extenso trabalho sobre a aplicação do modelo.

2002). Desta forma, o escopo deste trabalho não inclui a validação do modelo de três fases e, sim, a forma pela qual o modelo pode contribuir com a metodologia proposta.

1.5 RESULTADOS E CONTRIBUIÇÕES

Nesta pesquisa, os resultados esperados podem ser classificados em duas categorias: a primeira compõe-se das conclusões e inferências originadas da comparação entre a literatura pesquisada e as informações e dados colhidos durante a investigação das práticas industriais. Estas conclusões relacionam-se com as oportunidades de melhoria no projeto de desenvolvimento com base no emprego de princípios e práticas enxutas. A segunda constitui-se no desenvolvimento de uma estrutura que possibilite a aplicação dos *insights*, resultantes das inferências obtidas durante a primeira parte dos resultados.

Segundo Millard (2001), o time de pesquisa em desenvolvimento de produto do *Lean Aerospace Initiative* (LAI) tem observado que várias questões relacionadas com a aplicação de princípios enxutos no desenvolvimento de produtos não estão respondidas. Existem vários *gaps*⁷ no que se refere ao conhecimento já produzido sobre como o conceito enxuto pode ser utilizado nas atividades de engenharia. Assim, as principais contribuições desta pesquisa para os estudos a respeito do gerenciamento do projeto de desenvolvimento são as seguintes:

- Definição de uma visão integrada do projeto de desenvolvimento de produtos, levando em conta as etapas de identificação de valor, proposição do valor e entrega do valor. Isto se mostrou necessário visto que os esforços das pesquisas atuais têm contemplado sobretudo a última etapa – entrega de valor (Bauch, 2004; Browning, 1998; McManus e Millard 2002; McNutt, 1998);
- Ampliação do modelo de três fases, para a inclusão de uma fase inicial de preparação, na qual são ajustadas as prioridades relativas dos

⁷ *Gap* para o contexto desta tese, refere-se às lacunas existentes nas pesquisas anteriormente realizadas e que podem representar oportunidades para o desenvolvimento de novas pesquisas.

objetivos de desenvolvimento com base na criação de valor. Esta alteração é importante por dois motivos: primeiro, para incluir as necessidades específicas das organizações no que se refere ao entendimento da mentalidade enxuta; segundo, porque a criação de valor no processo de desenvolvimento de produtos só é possível quando existe um acordo mútuo (tácito ou explícito) entre os principais *stakeholders* (Murman *et. al.*, 2002);

- Identificação de uma seqüência para a implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos, pois o modelo de três fases para a criação de valor – cujo objetivo principal é oferecer uma representação simplificada da realidade – é um modelo genérico de aplicação ampla nos mais diversos níveis organizacionais, assim como no ciclo de desenvolvimento, como um todo (Stanke, 2001).
- Desenvolvimento de uma estrutura metodológica que auxilie a tomada de decisão no projeto do processo de desenvolvimento. Esta estrutura permitirá que sejam definidas, com orientação para a criação de valor, questões relacionadas com: tipo do desenvolvimento (ex.: *stage-gates*); seqüência de atividades; planejamento de protótipos; mecanismos de comunicação entre os membros das equipes de desenvolvimento, e projetos de monitoração e controle.

1.6 ORGANIZAÇÃO DA TESE

Este estudo compreende oito capítulos. No primeiro capítulo, é realizada a introdução da pesquisa e em seu decorrer é apresentada a motivação para a pesquisa com uma clara proposição dos problemas.

O segundo capítulo, enfatiza o problema proposto por esta tese por meio da apresentação de dois exemplos da indústria que estão relacionados com problemas encontrados no processo de desenvolvimento de produtos e que, de alguma forma, poderiam ser resolvidos com a implementação dos princípios e práticas enxutas.

O terceiro capítulo, procura descrever a metodologia de pesquisa adotada. Para isto, é feita uma breve revisão teórica das metodologias existentes, e baseada nelas é apresentada a metodologia proposta.

O quarto capítulo, oferece uma revisão da literatura que foi dividida nas seguintes seções: desenvolvimento do produto, princípios e práticas enxutas e, em face da escassez de material específico sobre o assunto, é apresentada uma breve revisão dos autores que tratam dos princípios enxutos relacionados ao processo de desenvolvimento de produtos.

O quinto capítulo, faz uma revisão das práticas industriais relacionadas com a criação de valor no processo de desenvolvimento de produtos. Para isto, utiliza um formulário para avaliação do alinhamento do processo de desenvolvimento de produtos da empresa pesquisada com os princípios e práticas enxutas (Anexo A) em três empresas, com diferentes características.

O sexto capítulo, oferece um *background* teórico para elaboração da metodologia. Neste *background*, constam uma revisão do modelo de três fases, a abordagem de gerenciamento de projetos e as ferramentas de integração e de mapeamento e análise do fluxo de valor.

O sétimo capítulo, é o principal da tese, pois é dedicado a apresentação da metodologia para a implementação dos princípios e práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos.

No oitavo capítulo, descreve-se um exemplo de aplicação da metodologia, com as principais inferências e conclusões, assim como as limitações para sua aplicação.

O nono capítulo, é destinado às considerações, conclusões e recomendações.

2 PROBLEMAS DA INDÚSTRIA

Neste capítulo, são apresentados dois exemplos do que pode acontecer se durante o processo de desenvolvimento de produto a identificação das necessidades dos principais *stakeholders* não for realizada o mais cedo possível no processo. E também, o que pode acontecer se as necessidades, corretamente identificadas no início do processo de desenvolvimento, não forem preservadas durante a realização do desenvolvimento. Os casos aqui apresentados, portanto, não pretendem oferecer exemplos de engenharia simultânea, cujas decisões sobre o “congelamento” das especificações foram feitas em momentos inoportunos; ao contrário, revelam como a falta da identificação e entrega de valor podem afetar profundamente o esforço empreendido no processo de desenvolvimento. O primeiro caso mostra o esforço de uma empresa para corrigir um erro no desenvolvimento de um acessório para um avião de emprego militar. O segundo revela como a Xerox Company conseguiu reduzir pela metade o tempo de desenvolvimento de uma copiadora profissional, sobretudo com o uso de times multifuncionais e quais os problemas advindos desse esforço. Este capítulo complementa o capítulo 1, no sentido de destacar o problema de pesquisa por meio de casos obtidos na indústria.

2.1 O DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO NA EMPRESA M

Aqui é apresentado o problema enfrentado pela empresa M durante o desenvolvimento de uma peça para a indústria aeronáutica militar, especialmente durante a etapa de testes e homologação. O problema ocorreu pela falta de comunicação entre a empresa M e os principais *stakeholders*. O presente caso foi obtido por meio de uma investigação exploratória preliminar.

2.1.1 A EMPRESA M

A empresa M é uma das principais do setor de desenvolvimento de equipamentos de alta tecnologia para a indústria aeronáutica e de defesa, dentre outras. Parceira da principal indústria de aviões do Brasil, tem sede na cidade de São José dos Campos, São Paulo, principal pólo industrial da indústria aeronáutica nacional; sua estrutura organizacional está distribuída nas seguintes áreas: administrativa, de manufatura, de projeto e de engenharia.

2.1.2 COMPETÊNCIA ESSENCIAL E O PROBLEMA

A principal competência da empresa M está no desenvolvimento de equipamento com base tecnológica para a indústria Militar. Mas, suas atividades de desenvolvimento não se restringem apenas a esta área. Com um corpo de engenheiros de várias especialidades, a empresa propõe-se a investir em outras áreas, tais como: automação industrial e controle de tráfego veicular.

Neste caso específico, a empresa M foi contratada para o desenvolvimento de um lançador de mísseis que seria realizado de forma incremental com base em uma plataforma de um projeto já existente. A empresa contratante é uma organização governamental e, por este motivo, tem sua estrutura verticalizada e com alguns problemas de comunicação entre os departamentos.

A dificuldade de comunicação entre os departamentos internos da empresa contratante levou a empresa M a estabelecer canais de comunicação paralelos com os departamentos apresentados na Figura 2.1. As setas com linha contínua representam os principais canais de comunicação, as linhas tracejadas representam fracos canais de comunicação. Até aqui, talvez não seja o maior problema. A iniciativa de estabelecer diferentes canais de comunicação para suprir uma deficiência do cliente pode ser entendida, como um procedimento importante para obtenção dos dados necessários à elaboração do projeto. Entretanto, como se poderá ver adiante, o processo de comunicação para envolvimento do cliente no processo de desenvolvimento do produto falhou.

Figura 2.1 – A comunicação entre a Empresa M e seu principal stakeholder.

O projeto de desenvolvimento consistia de uma parte eletrônica e outra mecânica; seus principais problemas ocorreram na parte mecânica, mais precisamente na estrutura do equipamento.

Após a elaboração do projeto e ensaios do protótipo, um lote foi produzido e entregue ao cliente para que este fizesse vôos de experiência. Durante os vôos, foram detectadas algumas falhas nos componentes desenvolvidos pela empresa M, o que causou o primeiro retrabalho no equipamento. Face à criticidade do equipamento para o desempenho e segurança da aeronave, a empresa contratante nomeou uma comissão para analisar o ocorrido. Como fruto desta análise, verificaram-se os seguintes problemas:

- a) determinada parte do reforço estrutural que deveria estar fixada com rebites sólidos, havia sido fixada com parafusos, procedimento não usual na indústria aeronáutica;
- b) a carenagem do equipamento que deveria ter sido fixada com parafuso *crosspoint* (ver Figura 2.2) foi fixada com parafuso *philips*, o que causa uma série de problemas: primeiro, os demais

parafusos do conjunto maior são de formato *crosspoint*, padrão em toda a aeronave e isso exigiria que o executante da manutenção utilizasse diferentes ferramentas para executar a mesma tarefa, o que reduz a produtividade. Segundo, os parafusos *philips*, apesar da semelhança com os parafusos *crosspoint* originais, não possuíam a mesma resistência ao torque, o que, por sua vez, causava a deformação da cabeça do parafuso e terceiro, os parafusos utilizados pela empresa M eram de rosca métrica, diferentes dos parafusos do conjunto maior cujas roscas eram do tipo “americana”, ou seja, em polegadas.

Figura 2.2 – Diferenças entre as fendas dos parafusos Philips e Crosspoint.

- c) as porcas de fixação do parafuso eram fixas e não permitiam a autofrenagem (Figura 2.3). Mecanismo este que garante o travamento dos parafusos e impede o desprendimento da carenagem durante o voo. A utilização de porcas fixas e sem autofrenagem, de

forma semelhante ao parafuso phillips, não é usual na indústria aeronáutica.

- d) não havia intercambialidade entre as partes do projeto desenvolvido pela empresa, os pares eram “casados”, evitando que os equipamentos pudessem ser utilizados por diferentes aeronaves. Isto oferece um alto risco de indisponibilidade do avião, no caso de uma possível manutenção do equipamento.

Figura 2.3 – Porca autofreno com fixação por meio de rebites de uso comum na indústria aeronáutica.

É possível observar que o gerenciamento do processo de desenvolvimento falhou ao não identificar logo no início padrões de projeto estabelecidos para a indústria aeronáutica, sobretudo no que tange ao projeto estrutura. Esta falha de gerenciamento provocou um retrabalho que trouxe grandes problemas à empresa contratante.

Quando o processo está sob controle, as interações entre as fases tendem a ocorrer em ciclos curtos, ou seja, com as etapas do processo que estão mais próximas. Diferente do que ocorre quando o processo não está sob controle cujas etapas mais a jusante retornam informações de projeto às etapas que estão no início do processo.

Na Figura 2.4, pode-se comparar um processo gerenciado com um processo com falhas de gerenciamento.

Figura 2.4 – Comparação entre um processo gerenciado e outro com falha de gerenciamento

Fonte: McManus (2002)

2.2 O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO NA XEROX

Este caso foi obtido na literatura (Kim *et. al*, 2000 *apud* Kim, 2002) e descreve um problema que um dos times de desenvolvimento da Xerox enfrentou durante o desenvolvimento de impressoras profissionais, DocuPrint N 4025 (Figura 2.5).

Figura 2.5 – Impressora profissional Docuprint 4025

Fonte: Kim (2002)

2.2.1 PANORAMA DA EMPRESA E SEU PRODUTO

A Xerox Corporation é uma empresa que oferece soluções na área de documentação, com o objetivo de aumentar a produtividade nos negócios das organizações. Suas atividades englobam: desenvolvimento, manufatura, vendas, serviço e financiamento de produtos e soluções no que tange ao processamento de documentos.

A linha de produtos digitais possui cinco categorias: produtos digitais multifuncionais (preto e branco), impressoras (preto e branco), copiadoras e

impressoras coloridas, impressoras laser e outras. Além disso, a empresa comercializa e desenvolve produtos relacionados com envio de documento via internet e lentes copiadoras. Os produtos Xerox, considerados estado-da-arte, possuem as seguintes características: fácil utilização, confiabilidade, qualidade da cópia e ergonomia. Outra área de atuação da empresa é a venda de papéis para impressão, equipamentos de fax, *scanners*, computadores e *plotters*.

Em fevereiro de 2000, a Xerox introduziu no mercado uma nova série de impressoras denominadas DocuPrint N, uma família de cinco impressoras laser que permite a impressão de 20 a 40 páginas por minuto, maior velocidade, melhor manuseio com o papel e melhor produtividade, além de mais valor do que as impressoras de outras marcas (Kim, 2002).

2.2.2 O DESENVOLVIMENTO DA IMPRESSORA E COLOCAÇÃO DO PROBLEMA.

O ramo impressoras profissionais pertence a um segmento maduro de produtos, o qual possui claramente definidos líderes de mercado como, por exemplo, a Hewlett-Packard (HP) e Lexmark. E, também, outros ágeis concorrentes, como a Cânon e Ricoh. Neste mercado, a Xerox está desenvolvendo inovações incrementais nos produtos por meio da melhoria dos processos utilizados na cadeia de valor do desenvolvimento do produto, que necessita de uma transformação organizacional. Esta é uma decisão estratégica tomada pela alta administração. Acredita-se que por meio da melhoria nos processos de desenvolvimento de produtos será possível obter maior sucesso no que diz respeito à percepção do cliente com relação ao valor oferecido, o que conseqüentemente proporcionaria uma redução do ciclo de desenvolvimento do produto e geraria uma maior lucratividade. Isto é possível por intermédio da adoção de novas curvas tecnológicas e da inovação incremental nos atributos do produto que serão resultados da melhoria do processo de seu desenvolvimento. O desenvolvimento de produtos por parte da concorrência reduziu de anos para meses, enquanto a complexidade e a novidade dos produtos têm

aumentado a baixos custos unitários de manufatura. Isto se chama a era do *Faster, Better and Cheaper*⁸.

O processo de desenvolvimento de produto da Xerox é chamado processo “Time to Market” (TTM). Este processo tem sido bem estabelecido e isto inclui a formação de um time TTM, o qual reúne na empresa os principais *stakeholders* quando da definição de um novo conceito. O time é liderado por um Gerente de Produto e é constituído de participantes de várias áreas funcionais (ver figura 2.6).

Figura 2.6 – Processo de desenvolvimento de produtos da Xerox centrado no time TTM

Fonte: Kim (2002)

O time reúne-se semanalmente durante todo o período de desenvolvimento do produto, ou seja, desde a geração do conceito até seu lançamento. A formação do time TTM contribui para o alcance de dois objetivos: permite o envolvimento dos que participam do processo, tanto a montante quanto a jusante e, portanto, as decisões são tomadas com base em um consenso de todos os *stakeholders*. Isto

⁸ Maiores detalhes em Murman *et. al.* (2002).

permite também que se desenvolvam processos simultaneamente, não sendo necessária, desta forma, a espera seqüencial entre as funções. O foco do time estende-se passo a passo ao longo das etapas do processo lógico de desenvolvimento.

A idéia central é manter todos envolvidos no time TTM a fim de evitar possíveis problemas a jusante causados por decisões tomadas a montante. A estrutura atual está projetada de uma forma que os grupos funcionais conheçam claramente o momento em que lhes será exigido agregar valor ao processo e também quando ir adiante no sentido de entregar, o que lhes é solicitado. Isto torna o processo diferente da prática seqüencial da indústria. A Xerox espera que mantendo um grande número de pessoas envolvidas com o time TTM, cada departamento funcional esteja bem informado e, com isto, o custo total do ciclo de vida do produto, assim como o tempo de desenvolvimento seja minimizado. Como resultado deste esforço, a família de impressoras DocuPrint N4025 foi desenvolvida em oito meses, e o tempo médio de desenvolvimento de um produto deste era de, aproximadamente, 16 meses.

Contudo, o rápido desenvolvimento da família de produtos DocuPrint N é, parcialmente, resultado da utilização de mais homens-hora do que o planejado. Segundo Kim *et. al.*(2000) *apud* Kim (2002), na especificação do projeto, foram gastas 140% de horas além do planejado. O time TTM gastou 63% mais homens-hora do que havia sido planejado para a validação e 16% mais homens-hora na integração e testes. Isto tem origem em várias causas, mas a principal delas foi a perda da clara identificação do fluxo da informação entre as áreas funcionais e o time TTM. O fluxo não muito claro de informações causou uma série de pontos de ineficiência. Primeiro, o número de representantes no time era maior do que o necessário: cerca de 25 durante o desenvolvimento do produto. Este número de envolvidos prejudicou a eficiência das reuniões do time e sua desvantagem pode ser mais significativa do que as vantagens advindas das corretas decisões de projeto realizadas em consenso pelo grupo. Mesmo que, segundo Clausing (1994), a importância da “inundação de informações” para que se tenha certeza de que todas as informações estejam disponíveis para o projetista do produto, Wheelwright e Clark (1992) reforçam que o desenvolvimento de projetos não necessita de uma

profunda integração interfuncional quando as interfaces entre os departamentos funcionais estão nitidamente definidas.

Durante o processo de desenvolvimento da impressora DocuPrint N4025, foram gastos sete dias em cada fase de revisão do projeto. Existiam quatro fases de revisão e, portanto, cerca de um mês foi gasto com processos de revisão do projeto. Isto representa um oitavo do tempo total de desenvolvimento; sendo que, do ponto de vista do consumidor, as revisões não necessariamente agregam valor ao produto. Considerando que, nas reuniões, em cada um dos pontos de revisão do projeto, foram necessários 25 ou mais representantes, é possível observar uma grande ineficiência no processo. Parte deste tempo, poderia ser evitada por meio da padronização da revisão dos processos, o que pode ser bem compreendido com base na metodologia proposta nesta tese.

Para eliminar os focos de ineficiência acima mencionados, é necessária uma clara identificação do fluxo da informação entre cada elemento funcional. Isto é possível por meio do mapeamento do valor no fluxo atual da informação, principal matéria-prima no desenvolvimento de produtos e a conseqüente proposição de um estado futuro para o fluxo de informações. Como exemplo, pode-se citar que o mapeamento e a análise do fluxo de valor poderiam reduzir o número de revisões de projeto e, conseqüentemente, diminuir o número de homens-hora gastos com estas atividades.

3 PROJETO DA PESQUISA

A importância do projeto de pesquisa tem sido o foco da atenção de muitos pesquisadores. Robson (1993) *apud* Kim (2002), por exemplo, ressaltou o problema que pesquisadores típicos enfrentam quando tendem a utilizar sua abordagem favorita sem considerar outras alternativas de pesquisa. Miles e Huberman (1984) ressaltam que um projeto de pesquisa previamente estruturado auxilia na coleta seletiva de dados e facilita a pesquisa em múltiplos campos.

Pode-se entender o projeto de pesquisa como sendo a estratégia pela qual se pretende investigar o problema de pesquisa. Este projeto compreende: a estrutura para os procedimentos que se pretende seguir, os dados que deverão ser colhidos e a análise que se pretende fazer desses dados (Leedy e Ormrod, 2001). Pode-se dizer que o projeto de pesquisa é o planejamento da pesquisa ou o modelo pelo qual a pesquisa desenvolver-se-á.

Cooper e Emory (1995) ressaltam que existem muitas definições para projeto de pesquisa, mas nenhuma delas consegue abranger os aspectos mais relevantes de uma forma completa. Os autores citam os seguintes exemplos:

“O projeto de pesquisa constitui um “desenho técnico” no qual estarão as diretrizes para coleta, medição e análise dos dados. Ele auxilia os pesquisadores na alocação de seus limitados recursos, utilizando-se daí de um processo de escolhas: o “desenho” inclui experimentos, entrevistas, observações, análise dos registros, simulação ou alguma combinação destes? Os métodos de coletas de dados e a situação da pesquisa devem estar fortemente estruturados? Será o estudo intensivo de uma amostra menor mais eficiente do que um estudo menos intensivo em uma amostra maior? A análise deverá ser basicamente quantitativa ou qualitativa?”

Projeto de pesquisa é o plano e a estrutura de investigação por meio dos quais se pretende obter respostas para as questões de pesquisas. O plano é o esquema geral da pesquisa. Ele inclui a base do que o pesquisador deverá fazer para compor as hipóteses e suas implicações gerais na análise final dos dados. A estrutura é o modelo, organização, ou configuração das relações entre as variáveis do estudo. Um projeto de pesquisa expressa tanto a estrutura do problema de pesquisa quanto o plano de investigação utilizado para obter evidências empíricas nas relações do problema.”

Para estes pesquisadores, o projeto de pesquisa é importante a fim de reduzir os esforços para coleta e análise de dados e no uso apropriado de métodos de pesquisa.

Uma das questões comuns nos debates sobre os métodos de pesquisa diz respeito ao que significa uma pesquisa científica. Estes debates têm sido mais enfáticos no campo das ciências sociais que lidam com diferentes questões de pesquisa e distintos tipos de dados coletados das ciências naturais. Patton (1978) esclarece que a avaliação da pesquisa é dominada pelo inquestionável paradigma da ciência natural – a metodologia hipotético-dedutiva.

O autor ressalta que este dominante paradigma assume medidas quantitativas, projeto experimental e análises estatísticas paramétricas e multivariadas, como sendo a base da “boa” ciência. Entretanto, esta abordagem tradicional mostra certa limitação quando lida com problemas mais complexos em situações do mundo real com ambientes não controlados e confusos (Parlett e Hamilton, 1976). Patton (1978) descreve a alternativa da abordagem qualitativa, como sendo baseada em entrevistas abertas, observação e análise holística. Reichardt e Cook (1979) propõem a utilização de uma abordagem flexível que empregue diferentes métodos, em função de cada situação. Yin (1994) tem a mesma visão.

A pesquisa apresentada nesta tese segue esta abordagem flexível, tanto os métodos qualitativos como os quantitativos foram utilizados, este último em menor escala. Com isto, pretendeu-se atingir o seguinte:

- 1) Determinar quais as principais relações entre os princípios e métodos enxutos e as práticas em processo de desenvolvimento de produtos; e
- 2) Propor uma metodologia para sistematicamente conduzir o processo de desenvolvimento de produtos a um estado considerado enxuto.

Considerando as características da área de pesquisa, métodos qualitativos são normalmente, mais utilizados que os quantitativos. Desta forma uma explicação detalhada dos métodos de pesquisa utilizados foi realizada.

Segundo Cooper e Emory (1995), quando se considera o escopo qualitativo na pesquisa, diferentes abordagens podem ser utilizadas e adaptadas para a investigação:

1. Entrevistas profundas (normalmente realizadas por meio de conversação ao invés da forma estruturada);
2. Observação participativa (para ter, em primeira mão, o que os participantes estão tendo como experiência);
3. Filmes, fotografias e gravações (com o objetivo de capturar o ambiente de atuação do grupo em estudo);
4. Estudos de caso (para análise contextual profunda de alguns poucos eventos ou condições);
5. Pesquisa etnográfica (para descobrir como a cultura de um subgrupo pode descrever ou estruturar seu universo); e
6. Análise documental (para avaliar dados públicos ou confidenciais históricos ou contemporâneos).

3.1 O PROCESSO DE PESQUISA

Existem várias formas de se abordar um mesmo problema. Mas, um projeto de pesquisa segue normalmente um formato básico que resguarda as particularidades das abordagens que serão utilizadas. Este formato básico pode ser observado na Figura 3.1.

A articulação entre as etapas da investigação, segundo Quivy e Campenhoudt (1998) é estabelecida através de por meio ações metodológicas:

A ruptura – que consiste precisamente em romper com os preconceitos e as falsas evidências que só nos dão a ilusão de compreender as coisas. É, portanto, a primeira ação que constitui processo.

A construção – a partir da teoria gerada na ação anterior, é possível gerar as proposições explicativas do fenômeno que se pretende estudar e prever qual o plano

de pesquisa será definido, quais operações serão aplicadas e as conseqüências que logicamente se pode esperar no termo de observação. Sem esta construção não haveria experimentação válida. As proposições devem corresponder ao produto de um trabalho racional fundamentado na lógica e em uma bagagem conceitual validamente construída.

Figura 3.1 – Etapas do Projeto de Pesquisa

Fonte: Quivy e Campenhoudt (1998).

A Verificação – uma proposição só tem direito ao estatuto científico na medida que pode ser verificada por intermédio dos fatos. o teste pelos fatos é chamado de verificação ou experimentação e corresponde a terceira ação do processo.

Entretanto, o processo apresentado na Figura 3.1 não termina ao se completarem os passos propostos. A pesquisa é, por natureza, cíclica ou para ser mais preciso, helicoidal. A resolução do problema de pesquisa ou validação dos pressupostos conduz ao término de um ciclo que raramente é conclusivo. Ao explorar-se os problemas de pesquisa, outros problemas mostrar-se-ão, e exigirão novas pesquisas.

Nem todos os pesquisadores seguirão o processo mostrado na Figura 3.1 exatamente na mesma seqüência. O processo só estabelece linhas gerais para a pesquisa. Por exemplo, o levantamento do problema ou a geração dos pressupostos pode ser feito de forma simultânea à revisão da literatura. Robson (1993) destaca este aspecto por meio da seguinte afirmação:

O modelo de pesquisa com sua ordem e separação em uma seqüência linear clara é mais uma reconstrução guardada em textos do que uma explicação do método científico na prática (...) Na vida real, a ciência não pode fugir da turbulência de outros aspectos do mundo real.

Desta forma, o autor afirma que a abordagem interpretativa tende a gerar teorias e conceitos depois da coleta e análise dos dados. Na abordagem interpretativa, a coleta e a análise dos dados não estão claramente separadas, ou seja, ambas podem conduzir o processo de escolha dos dados que serão coletados e analisados em uma próxima fase.

3.2 REVISÃO DOS MÉTODOS DE PESQUISA

Como apresentado anteriormente, o projeto de pesquisa é um planejamento global e sua abordagem é similar entre as diferentes áreas do conhecimento. Entretanto, métodos específicos para coletar e analisar os dados podem ser especificados de acordo com os objetivos da pesquisa, com as características dos dados que serão coletados ou com a especificidade da disciplina.

Segundo Cooper e Emory (1995), os objetivos da exploração podem ser alcançados por meio de diferentes técnicas de coleta de dados. Tanto métodos

quantitativos como qualitativos podem ser aplicados durante a fase de exploração. Leedy e Ormrod (2001) acompanham o argumento e fazem distinção entre os dois tipos de estratégias de pesquisa: a quantitativa e a qualitativa. Em geral, a quantitativa ou experimental é utilizada para responder questões de relacionamento entre variáveis previamente medidas, com o objetivo de explicar, prever e controlar um fenômeno. Em contraste, a estratégia de pesquisa qualitativa é tipicamente aplicada para responder questões sobre fenômenos de natureza complexa, freqüentemente com o propósito de descrever o entendimento de um fenômeno do ponto de vista dos participantes.

Normalmente, os métodos quantitativos começam com o estabelecimento de hipóteses que deverão ser testadas. Em seguida, as variáveis a serem estudadas são isoladas, considerando que as variáveis extrínsecas são controladas. Em geral, um procedimento padronizado é utilizado para coletar algum tipo de dado numérico e métodos estatísticos são empregados para construir conclusões. Métodos quantitativos, com freqüência, terminam com a confirmação de que os dados suportam ou não as hipóteses testadas.

Por outro lado, métodos qualitativos, freqüentemente, iniciam com uma questão de pesquisa inicial genérica ao invés de hipóteses específicas (Leedy e Ormrod, 2001). Um grande volume de dados verbais é coletado de um pequeno número de participantes e organizado de forma a propiciar coerência. Então, a situação estudada é “fotografada” por estas descrições verbais. Um estudo qualitativo encerra com tentativa de respostas ou de hipóteses sobre o que se observa. Na tabela abaixo estão destacadas as características destas duas abordagens.

Segundo Cooper e Emory (1995), qualidade é a natureza ou característica essencial de alguma coisa, ao passo que quantidade é o volume. Portanto, qualidade é “o que”, quantidade é “o quanto”.

A categorização dos métodos de pesquisa em quantitativos e qualitativos é apresentada nos dados da Tabela 3.1, não é, contudo, absoluta. Isto quer dizer que as duas estratégias não podem ser claramente separadas. Reichardt e Cook (1979) argumentam que um pesquisador pode fazer uso de ambas as estratégias em sua

pesquisa, já que alguns métodos de pesquisa contemplam as duas e que existe uma sobreposição entre elas.

A técnica qualitativa de pesquisa, mais do que a quantitativa, possui alto grau de flexibilidade no que se refere à utilização de ferramentas para coleta de dados e para a exploração.

Tabela 3.1 – Características dos métodos de pesquisa quantitativo e qualitativo.

Questão	Quantitativa	Qualitativa
Qual o propósito da pesquisa?	Explicar e prever Confirmar e validar Testar a teoria Orientada a resultados	Descrever e explicar Explorar e interpretar Construir teoria Orientada a processos
Qual a natureza do processo de pesquisa?	Focado Variáveis conhecidas Diretrizes estabelecidas Projeto estático Livre de contexto Visão impessoal	Holístico Variáveis desconhecidas Diretrizes flexíveis Projeto emergente Ligado ao contexto Visão pessoal
Quais os métodos para a coleta de dados?	Grandes amostras. Representativos. Instrumentos padronizados	Pequenas amostras. Informativos. Entrevistas e observações
Qual a lógica na análise?	Análise dedutiva	Análise indutiva
Como as descobertas são comunicadas?	Números Estatística, dados agregados.	Palavras Narrativas, citações individuais.

Fonte: Adaptado de Leedy e Ormrod (2001).

Leedy e Ormrod (2001) diferenciam cinco categorias de métodos de pesquisa qualitativa: estudo de caso, etnografia, estudo fenomenológico, estudo de campo e análise de conteúdo, cujas características não são também excludentes umas às outras, existindo, portanto, sobreposições entre uma e outra. As características de

cada método são apresentadas na Tabela 3.2. O campo de estudo desta tese recai mais sobre uma estratégia qualitativa do que quantitativa, mesmo que ambas sejam utilizadas.

Tabela 3.2 – Distinção das características dos projetos qualitativos de pesquisa

Projeto	Propósito	Foco	Métodos de coleta de dados	Métodos para análise dos dados
Estudo de Caso	Entender uma pessoa ou situação (ou até mesmo algumas) com grande profundidade	Um caso ou poucos casos em seu ambiente natural	☐ Observações ☐ Entrevistas ☐ Documentos escritos ou audiovisuais	☐ Síntese a partir de um panorama do(s) caso(s) ☐ Categorização e interpretação dos dados em termos de temas comuns
Etnografia	Entender como determinados comportamentos podem refletir na cultura do grupo	Um caso específico no qual um grupo de pessoas compartilha uma cultura comum	☐ Observação participativa ☐ Entrevistas estruturadas ou não ☐ Coleta de documentos	☐ Foco em eventos significantes
Estudo Fenomenológico	Entender uma experiência a partir do ponto de vista dos participantes	Um fenômeno particular, assim como ele é vivido e percebido pelos seres humanos	☐ Em profundidade. ☐ Amostra de 5-25 indivíduos	☐ Procura por significados que reflitam os vários aspectos da experiência ☐ Integração dos significados em uma experiência típica
Estudo de Campo	Propor uma teoria a partir de dados coletados em um determinado local	Ações e interações humanas, e como estas resultam, podendo influenciar umas as outras	☐ Entrevistas ☐ Outras fontes de dados relevantes	☐ Método prescrito e sistemático de codificar os dados em categorias identificando inter-relações ☐ Contínuo entrelaçamento dos dados coletados e analisados
Análise de conteúdo	Identificar as características específicas de um material	Qualquer comunicação verbal, visual ou comportamental	☐ Identificação do material específico que será analisado ☐ Codificação do material em termos de características pré-determinadas precisamente definidas	☐ Tabulação da frequência de cada característica ☐ Análise inferencial ou descritiva, de acordo com a necessidade de responder a questão de pesquisa

fonte: Kim (2002).

Estudos com pesquisa qualitativa tipicamente servem para um ou mais propósitos (Peshkin, 1993):

Descrição – revela a natureza de certas situações, locais, processos, relações, sistemas ou pessoas.

Interpretação – permite que o pesquisador: consiga *insights* sobre a natureza de um fenômeno particular, desenvolva novos conceitos ou perspectivas teóricas sobre o fenômeno, e/ou descubra o problema que existe baseado no fenômeno.

Verificação – permite que o pesquisador teste a validade de certos pressupostos, teorias ou generalizações em contextos do mundo real.

Avaliação – provê os meios pelos quais o pesquisador pode avaliar a eficácia de determinadas políticas, práticas e inovações.

Como se pode observar pelos exemplos da Tabela 3.2, existem características específicas para cada projeto qualitativo de pesquisa. No entanto, estes métodos, como ressaltado anteriormente, não são mutuamente excludentes; ao contrário, eles podem contribuir de forma simultânea para o alcance dos objetivos da pesquisa. Isto pode acontecer em diferentes momentos do andamento da pesquisa, por exemplo: um estudo de campo na fase inicial e estudos de campo nas fases mais adiantadas do projeto; ou uma pesquisa de análise de conteúdo simultaneamente a uma pesquisa etnográfica.

Neste estudo, pretende-se justamente, apoiado em um embasamento teórico pertinente, fazer uso de mais de um método ou projeto para alcançar os objetivos propostos e, conseqüentemente, oferecer possíveis respostas aos problemas apresentados. Detalhes sobre a metodologia utilizada serão abordados na seção 3.3 – Métodos e Procedimentos adotados deste capítulo.

3.3 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS APLICADOS NA PESQUISA

A interface entre o processo de desenvolvimento de produto e os princípios enxutos da manufatura pode ser entendida por uma necessidade de identificar variáveis no processo de desenvolvimento de produto que facilite a implementação

de princípios e práticas enxutas, assim como o foi na manufatura. Como consequência, uma série de trabalhos tem sido realizada para identificar o relacionamento de tais princípios e práticas no processo de desenvolvimento de produtos. Mas, existe a carência de uma abordagem estruturada para sua efetiva implementação.

Conforme já explicitado no capítulo 1, objetivos desta pesquisa são:

Objetivo Geral:

- a) Propor uma metodologia para a Implementação de Princípios Enxutos no Processo de Desenvolvimento de Produtos.

Objetivos Específicos:

- a) Analisar práticas industriais, verificar seu alinhamento com os princípios e práticas enxutas e identificar oportunidades de melhoria;
- b) Identificar os principais modelos existentes para criação de valor em ambientes outros que não o da manufatura;
- c) Investigar mecanismos de integração para a equipe de desenvolvimento de produtos como base na mentalidade enxuta;
- d) Identificar uma plataforma de gestão que auxilie na implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos;

Confrontando as características citadas nos dados das Tabelas 3.1 e 3.2 e os objetivos específicos a e b, a abordagem científica tradicional hipotético-dedutiva, que se baseia em hipóteses e teorias estabelecidas não parece ser apropriada. Isto porque não existe uma teoria estabelecida disponível que estabeleça a forma pela qual se possa conduzir o processo de desenvolvimento a um estado onde princípios e práticas enxutas façam parte dessa atividade. Desenvolver uma metodologia que conduza o processo de desenvolvimento a um estado futuro enxuto foi de fato o objetivo desta pesquisa. Portanto, métodos de pesquisas qualitativos são adotados para gerar uma metodologia para implementação de princípios e práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos.

Na seleção do método de pesquisa, outro fator considerado foi o tipo de dados que devem ser coletados. Os dados e a metodologia de pesquisa são intrinsecamente interdependentes (Leedy e Ormrod: 2001). Por esta razão, a metodologia de pesquisa a ser usada para um particular problema de pesquisa deve sempre levar em conta a natureza dos dados que serão coletados a fim de resolver o problema, cujas características dos dados para esta pesquisa foram, primeiramente, a informação verbal das práticas nas indústrias e as teorias acadêmicas relacionadas. Desta forma, a estratégia qualitativa foi mais apropriada do que as estratégias quantitativas, em geral.

3.4 A ESTRUTURA DA PESQUISA

Esta pesquisa apresenta quatro passos principais.

Figura 3.2 – Passos da pesquisa, seguidos nesta tese.

O primeiro passo, foi identificar os problemas e propor claramente o problema de pesquisa, dividindo-o em subproblemas gerenciáveis, cujos resultados foram o problema de pesquisa e os respectivos subproblemas propostos. O segundo passo, foi investigar soluções na literatura acadêmica e práticas industriais, seu resultado foi a confirmação da falta de uma metodologia para resolver o problema levantado na questão de pesquisa. O terceiro passo, foi desenvolver uma nova metodologia para sistematicamente implementar princípios e práticas enxutas no processo de desenvolvimento de produtos. O quarto e último passo tratou da análise da metodologia proposta. Neste passo, foram propostas algumas discussões sobre as novas descobertas sobre as interações entre os princípios e práticas enxutas e o desenvolvimento de produtos. Os passos estão representados na Figura 3.2.

3.4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Como já mencionado no capítulo 1, os principais problemas para esta pesquisa foram divididos em duas partes:

- (1) Como os princípios e práticas enxutas relacionam-se com o processo de desenvolvimento de produtos?
- (2) Como, sistematicamente, esses princípios e práticas enxutas podem ser implementados no processo de desenvolvimento de produtos?

Como os problemas são genéricos e, portanto, de difícil solução, derivaram-se os seguintes subproblemas:

- a- Como representar o processo de desenvolvimento de produtos?
- b- Como podem ser entendidos os conceitos e princípios enxutos, e de que forma eles estão aplicados em ambientes diferentes do da manufatura?
- c- Quais são os principais modelos existentes na literatura para a criação de valor no processo de desenvolvimento de produto?

- d- Como uma nova metodologia pode ser utilizada para introduzir os modelos existentes de forma a criar valor no processo de desenvolvimento de produtos?

Desta forma, foram desenvolvidas tentativas de respostas para cada um dos subproblemas. Por exemplo, ao terceiro subproblema, foi analisado o modelo de três fases para criação de valor na empresa elaborado pelo *Lean Aerospace Initiative* – MIT. Para o primeiro e segundo subproblemas, foi feita uma revisão da literatura (capítulo 4), onde foi possível observar diferentes abordagens de distintos autores. No quarto subproblema, pretendeu-se estudar como os princípios enxutos podem ser sistematicamente implementados no processo de desenvolvimento de produtos, ao se usar o modelo de três fases, foi possível entender de que forma os princípios enxutos podem, possivelmente, ser implementados no processo de desenvolvimento de produtos – PDP. Como resultado foi desenvolvida uma metodologia (capítulo 7) que tem como embasamento a revisão da literatura e das práticas industriais.

3.4.2 DETALHAMENTO DA METODOLOGIA DE PESQUISA

Dentre os cinco métodos de pesquisas apresentados nos dados Tabela 3.2 e considerando o propósito de cada um deles, o estudo de caso e o estudo de campo apresentaram mais afinidades com o tipo de pesquisa que se pretendeu nesta tese.

O estudo de campo difere do estudo de caso em termos de momento do desenvolvimento da teoria; nele, evita-se a construção de uma teoria antes da coleta de dados de forma a construí-la quando estes estiverem coligidos. O estudo de caso, por sua vez, começa com o desenvolvimento de uma estrutura teórica antes da coleta de dados (Leedy e Ormrod, 2001). Warcker (1998) *apud* Voss *et. al.* (2002), divergem de Leedy e Ormrod (2001) quando contrastam o método do caso com os métodos analítico-conceituais: “A diferença chave é que o método empírico de estudo de caso utiliza os dados para a formação da teoria, o método analítico-conceitual realiza deduções a partir da teoria”. Seguindo este raciocínio, Yin (1994) propõe que um estudo de caso, para obter sucesso, necessita da construção de uma estrutura teórica. Em face da semelhança entre os métodos de estudo de campo e

estudo de caso, será feita uma revisão detalhada do método de estudo de caso a fim de atender ambos os métodos.

O estudo de caso, segundo Voss *et. al.* (2002), pode ser utilizado para diferentes propósitos em pesquisa, tais como: exploração, construção de teoria, teste da teoria e refinamento/extensão da teoria. Os dados da Tabela 3.3 revelam este leque de aplicações.

Tabela 3.3 – Alinhamento do propósito da pesquisa com a metodologia.

Propósito	Questão de pesquisa	Estrutura da Pesquisa
Exploração Revelar áreas para pesquisa e desenvolvimento de teoria.	Existe algo interessante o bastante para justificar a pesquisa?	Estudos de caso profundos. Estudo de Campo longitudinal e não focado.
Construção de Teoria Identificar/descrever variáveis-chave. Identificar “por que” estas relações existem.	Quais são as variáveis-chave? Quais os padrões ou ligações entre as variáveis? Por que estas relações existem?	Poucos estudos de casos focados. Estudos de campo em profundidade? Estudos em múltiplos sites.
Teste de Teoria Testar as teorias desenvolvidas em estágios anteriores. Predizer resultados futuros.	As teorias que foram geradas sobreviverão aos testes com dados empíricos? Foi possível captar o comportamento previsto pela teoria ou foi observado algum comportamento novo não previsto?	Experimento. Quase-experimento. Múltiplos estudos de caso. População da amostra em grande escala?
Extensão/Refinamento da Teoria Para melhor estruturar as teorias à luz dos resultados observados.	Quão generalizável é a teoria? A teoria é aplicável?	Experimento. Quase-experimento. Múltiplos estudos de caso. População da amostra em grande escala?

Fonte: Voss *et. al.*(2002).

Um estudo de caso é uma unidade de análise na pesquisa de casos e pode ser definido como:

Um estudo de caso é uma história sobre um fenômeno passado ou corrente, construída através de múltiplas fontes de evidências. Ele pode incluir dados da observação direta e de sistemáticas entrevistas, assim como de arquivos públicos ou particulares. De fato, qualquer fato relevante no fluxo de eventos que descreve um fenômeno será um dado relevante em um estudo de caso, desde que o contexto seja importante (Leonard-Barton, 1990).

A pesquisa apresentada nesta tese foi, portanto, dividida em dois momentos: o primeiro objetivou levantar dados e informações necessárias relacionados com os problemas e subproblemas propostos; o segundo, objetivou efetivamente o desenvolvimento de uma metodologia para implementação de princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos com posterior análise, considerações e conclusões.

Neste sentido, pode-se dizer que o método de estudo de campo seria mais aplicável ao primeiro momento da pesquisa e método do estudo de caso à segunda parte. Contudo, na prática os métodos de estudo de campo e estudo de caso foram utilizados simultaneamente. Os dados coletados com base nas entrevistas com engenheiros e pessoal técnico, observação direta e questionário aberto, foram comparados e empregados na construção da metodologia. Estes mesmos dados foram usados posteriormente com os dados de uma quarta empresa, que serviram para o refinamento da metodologia proposta. Robson (1993) *apud* kim (2002) destaca o mesmo fenômeno na pesquisa onde o mundo real é o centro da investigação: “é difícil separar claramente os métodos de pesquisa aplicados no mundo real”.

3.4.3 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS CASOS

Para o primeiro momento da pesquisa, foram utilizados dados colhidos de três empresas: empresa “A”, empresa “B” e empresa “C”. As empresas foram selecionadas em função do grau de envolvimento com atividades de desenvolvimento de produtos. Outro critério, foi o tipo de desenvolvimento de produto, para tanto foi utilizado o modelo proposto por Wheelright e Clark (1994) que classifica os tipos de desenvolvimento de produtos em função do grau de alteração no produto e processo, inicialmente buscou-se incluir uma empresa de cada

tipo de desenvolvimento. Ao final, porém, apenas três empresas foram pesquisadas, o que não permitiu a investigação em todos os contextos propostos inicialmente.

Estes dados com o embasamento teórico desenvolvido serviram, no segundo momento, para construção da metodologia proposta.

Figura 3.3 – Estrutura para a pesquisa com estudo de casos múltiplos, aplicada na primeira rodada de estudos de campo com as empresas A, B e C.

Fonte: Baseado em Yin (1994).

O segundo momento da pesquisa foi dividido em duas partes; a primeira – a construção da metodologia proposta; a segunda – a avaliação da metodologia. Durante a elaboração da metodologia, foi detectada a necessidade de uma interação no sentido de construir um *background* teórico intrínseco à construção da metodologia (capítulo 6). Para a segunda parte, avaliação da metodologia foi selecionada a empresa “D”, cujos critérios de seleção foram os mesmos utilizados na primeira etapa da pesquisa, acrescido do fato da empresa predispor-se implementar a

metodologia proposta. Nesta fase, a estrutura teórica já estava consolidada e pronta para ser aplicada e foram usados protocolos semelhantes àqueles utilizados para coleta de dados da primeira rodada de casos, ou seja, entrevistas com engenheiros e técnicos, observação direta e questionário com questões abertas a respeito da metodologia proposta. Com base nos resultados obtidos, a metodologia proposta foi então, refinada. Esta segunda parte da pesquisa pôde ser considerada como uma validação de processo. A validação da metodologia proposta serviu para revelar que a mesma oferece uma estrutura aplicável na utilização de princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos e a conseqüente criação de valor.

3.4.4 REVISÃO DA LITERATURA E DAS PRÁTICAS INDUSTRIAIS

Para investigar soluções existentes aos problemas de pesquisa, as metodologias propostas na literatura e as práticas industriais foram estudadas e exploradas. Assim, foi possível considerar as implicações entre o processo de desenvolvimento de produtos e as práticas e princípios enxutos de forma a melhorar seu desempenho global. Existem algumas abordagens aos problemas de pesquisa, como, por exemplo, a utilização da engenharia simultânea para a criação de valor baseada na utilização de times funcionais e execução de atividades paralelas no processo de desenvolvimento de produtos ou a transposição dos princípios enxutos para o ambiente de desenvolvimento de produtos proposto por Slack (1998), no entanto, estas abordagens apresentaram limitações que serão mostradas durante a revisão da literatura.

3.4.5 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados baseados nas entrevistas com engenheiros e pessoal técnico, observação direta e questionário, são comparados e utilizados na construção da metodologia (Capítulo 5). Tanto os dados primários como os dados secundários foram utilizados nesta etapa. Os dados secundários foram usados com base nos dados coletados em fontes primárias.

Segundo Eisenhardt (1989), em pesquisa qualitativa, a etapa de análise é mais efetiva quando se observa um pequeno conjunto de informações simultaneamente à sua coleta do que quando se analisa um grande conjunto após a coleta total de dados. O processo de sobreposição da coleta e análise de dados foi usado neste estudo, e pode ser observado no capítulo 5.

A análise dos dados constitui-se de quatro atividades básicas recomendadas por Miles e Huberman (1994). 1) Identificação de conceitos apoiados nos dados, 2) Pautado nos conceitos agrupar os dados em categorias, 3) Codificar os dados de acordo com categorias-chave em função da estrutura analítica discutida anteriormente e 4) desenvolver as categorias por meio de investigações e da análise comparativa entre as empresas participantes.

Por meio da utilização deste método, foi possível obter um consistente entendimento das práticas do processo de desenvolvimento de produtos em cada uma das empresas e a conseqüente identificação das características que estão associadas aos princípios enxutos.

3.4.6 CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES E SUGESTÕES

O objetivo da investigação foi responder à pergunta de partida. Para tanto, foram realizadas observações que possibilitem o entendimento e conseqüente resposta a essa questão inicial. Por vezes, a realidade, é mais rica e mais matizada que os pressupostos ou hipóteses que se elabora a seu respeito. Uma observação séria leva a outros fatos além dos esperados e outras relações que não se deve negligenciar. Portanto, a análise das informações tem uma segunda função: interpretar estes fatos inesperados e rever ou afirmar os pressupostos para que nas conclusões o investigador esteja em condições de sugerir aperfeiçoamentos de seu modelo de análise ou de propor pistas de reflexão e de investigação para o futuro. (Quivy e Campenhoudt, 1998)

3.5 VALIDADE DOS MÉTODOS DE PESQUISA APLICADOS

A validade dos métodos de pesquisa indica a precisão, significância e credibilidade do projeto de pesquisa como um todo (Leedy e Ormroud, 2001). É muito importante pensar na validade dos métodos de pesquisa utilizados, uma vez que os resultados da pesquisa somente serão significantes ou defensáveis até onde esta permitir.

Os autores citados acima distinguem dois tipos de validação de um estudo de pesquisa: validação interna e validação externa.

A validação interna está relacionada com a capacidade do projeto e dos dados para permitirem ao pesquisador conclusões acuradas sobre relações de causa e efeito. Existem várias formas de garantir a validade interna de um estudo de pesquisa. As seguintes estratégias foram utilizadas para aumentar a probabilidade de que as explicações fornecidas pelos pesquisadores sobre de um problema estudado foram as mais prováveis, de acordo com as observações por eles realizadas:

- ❑ Estudos controlados em laboratório – conduzir um experimento em laboratório a fim de, cuidadosamente, regular as condições de ambiente,
- ❑ Experimento *double-blind* – tanto os participantes quanto os métodos são *double-blind*, de forma a comparar a eficiência de um grupo hipotético com outro grupo,
- ❑ Triangulação – múltiplas fontes de dados são coletadas com a expectativa de que estas possam convergir para a confirmação de uma hipótese ou teoria.

Segundo esta afirmação, a estratégia de triangulação é freqüentemente utilizada em pesquisa qualitativa. Seguiu-se, então, nesta mesma direção para a realização deste estudo. Por meio do uso de múltiplos estudos de caso, com diferentes métodos de coleta de dados, o que incluiu observações diretas, *surveys*, e entrevistas, a validade interna para esta pesquisa pôde ser garantida.

A validade externa de uma pesquisa está relacionada com o alcance que seus resultados podem obter, além dos limites do estudo realizado. Em outras palavras, ela

indica a extensão para outros contextos, da generalização das conclusões construídas. Por esta razão, muitas vezes, a validade externa é chamada simplesmente de generalização. Leedy e Ormroud (2001) apresentam três estratégias utilizadas para garantir a validade externa de um estudo de pesquisa:

- ❑ Aplicação no Mundo Real – a pesquisa é conduzida no ambiente externo e, mesmo não tendo o rigoroso controle de um laboratório, pode oferecer mais validade na medida que ela propicia resultados com aplicabilidade mais ampla em outros contextos;
- ❑ Amostra Representativa – quando uma amostra é estudada com o objetivo de construir conclusões sobre uma categoria para entender o todo, da qual esta categoria faz parte; e
- ❑ Replicação em um contexto diferente – se duas pesquisas são conduzidas em diferentes contextos e alcançam a mesma conclusão, pode evidenciar-se que as conclusões têm validade e aplicabilidade entre diversos contextos e situações.

4 REVISÃO TEÓRICA

4.1 INTRODUÇÃO

Nesta parte do trabalho, procurou-se revisar os pontos destacados pelos subproblemas construídos no capítulo 1. Com certeza, esta não será uma tarefa fácil: primeiro, em razão da grande literatura a respeito do tema Desenvolvimento de Produto; segundo, pela escassez de literatura sobre a implementação específica de Princípios e Práticas Enxutas em ambientes que não sejam os da manufatura. Outra questão importante sobre a revisão da literatura no contexto de desenvolvimento de produtos repousa no fato de que o tema incorpora numerosas disciplinas de pesquisa, tais como: melhoria de processos, engenharia de produto, organização do trabalho, formação de equipes, etc. (Gewin e Barrowman, 2002; Krishnan e Ulrich, 2001; Griffin, 1997).

No início de cada assunto da revisão da literatura, alguns termos foram definidos com o objetivo de evitar dificuldades na interpretação de seu uso.

4.2 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Com relação à revisão da literatura a respeito de desenvolvimento de produtos, o esforço não se dará no sentido de fazer uma revisão completa do tema. Ao contrário, procurou-se discutir pontos importantes dos trabalhos que foram importantes para o entendimento do pensamento corrente sobre desenvolvimento de produtos e que, portanto, foram referenciados nesta pesquisa.

Para iniciar esta revisão teórica, foi discutida a definição de produto. Ulrich e Eppinger (2000) que definem um produto como “algo vendido por uma empresa aos seus clientes” e desenvolvimento do produto, como “um conjunto de atividades que tem início com a percepção de uma oportunidade de mercado e termina na produção,

venda e entrega de um produto”. Esta será então a definição genérica utilizada nesta tese para desenvolvimento de produto.

Com relação à definição de *design*, distintas visões são observadas na literatura, poucos artigos o definem de forma estrita e, de fato, *design* pode ser visto por meio de diferentes perspectivas (Pahl e Beitz, 1996) ou pelas distintas áreas (Suh, 2001). Ulrich e Eppinger (2000) entendem *design*, como a definição da forma física do produto que melhor atende a necessidade dos clientes. Phal e Beitz (1996) *apud* Kim (2002) referem-se ao *design* como uma atividade de engenharia que: 1) afeta a quase totalidade das áreas relacionadas com a vida humana, 2) utiliza-se de leis da ciência, 3) constrói-se sobre experiências especiais, e 4) provê os pré-requisitos para a realização física do que se projetou no campo das idéias. Em sua teoria de projeto axiomático, Suh (2001) define *design* como “uma interação entre o que se quer alcançar e como se quer alcançar”. Para efeito desta tese, *design* do produto refere-se ao arranjo conceitual dos elementos ou detalhes de um produto, que é resultado da interação entre os objetivos de um produto e suas respectivas soluções. O termo “*design* do produto”, então, distinguir-se-á de “projeto do processo”, pois o projeto do processo será usado para definir como se realizará fisicamente o que foi definido do *design* do produto.

Existe uma vasta literatura disponível sobre processos de desenvolvimento de produtos. Clark e Fujimoto (1991) explicam o esforço de empresas do setor automobilístico japonês em seu processo de desenvolvimento de produtos quando comparadas com empresas ocidentais. Ulrich e Eppinger (2000) oferecem uma detalhada explanação sobre o processo de projeto do produto, assim como das ferramentas utilizadas.,

Em detalhes, Sobek II (1997) compara Toyota e Chrysler em termos de processos de desenvolvimento de produto e propõe o conceito de *set-based concurrent engineering*⁹. Clausing (1994) recomenda a utilização de um processo de desenvolvimento de produto organizado e estruturado, em que é oferecido um guia passo a passo para a engenharia simultânea, assim como as ferramentas que serão

⁹ Ward, *et. al.*(1995), descrevem o projeto *set-based* como uma abordagem de solução de problemas na qual projetistas avaliam um conjunto de alternativas. Ver capítulo 4 desta tese.

utilizadas em cada passo durante o processo de desenvolvimento de produtos. Meyer e Lehnerd (1997) apresentam as vantagens de aplicar o conceito de plataforma de produto quando comparado à abordagem tradicional de desenvolvimento de produto único. Wheelwright e Clark (1992) sugerem uma estrutura de desenvolvimento de produto que inclui questões organizacionais, tais como: cooperação interfuncional, aprendizado e formação de competências. Brown e Eisenhardt (1995) elaboraram uma revisão dos artigos sobre desenvolvimento de produtos a qual tem sido, segundo Liu (2003), a mais abrangente revisão de literatura feita nessa área. O trabalho categoriza a literatura sobre o tema em três ramos: plano racional, rede de comunicação e resolução disciplinada de problemas. Brown e Eisenhardt (1995) também desenvolveram um modelo que destaca a distinção entre o desempenho do processo e a eficiência do processo, assim como a importância dos agentes, incluindo os membros das equipes, líderes de projeto, gerenciamento sênior, clientes e fornecedores, os quais, com seus comportamentos, influenciam os resultados. Krishnan e Ulrich (2001) fizeram uma revisão dos artigos sobre desenvolvimento de produtos, revisitaram mais de duzentos artigos na área de desenvolvimento de produtos, e abriram três frentes para sua pesquisa na literatura:

- Projetos de desenvolvimento de produtos em uma única empresa, o que se opõe à vasta literatura que trata da inovação no que tange à indústria como um todo;
- Foco no desenvolvimento de bens físicos; e
- Foco na literatura acadêmica, revisando a literatura prática somente quando ela tenha sido influente para a comunidade acadêmica.

Griffin (1997) sumariza os resultados obtidos durante cinco anos de pesquisa e apresenta as descobertas do *survey* realizado pelo *Product Development Management Association* (PDMA) sobre as melhores práticas em desenvolvimento de novos produtos. Leonard-Barton (1990) examina as competências essenciais de uma firma, em particular, no que se refere à interação dos projetos de desenvolvimento de produtos e processos. Gerwin e Barrowman (2002) realizaram uma avaliação das pesquisas relacionadas com o desenvolvimento integrado de

produtos, nas quais os autores procuraram seguir três objetivos principais: o primeiro, criticar a literatura existente sobre desenvolvimento integrado de produtos concentrando-se nos problemas que ocorrem nas pesquisas empíricas e nas recomendações de soluções. O segundo, oferecer, talvez a primeira análise quantitativa entre as características do desenvolvimento integrado de produtos e desempenho de projeto. O terceiro, sugerir temas para futuras pesquisas.

Ward *et.al.* (1995) examinaram o “*set-based concurrent engineering*”, por meio de extensiva pesquisa – estudos de caso e entrevistas – apresentando o seguinte argumento: que aparentemente sistemas ineficientes têm tornado a Toyota a mais rápida e eficiente empresa no aspecto desenvolvimento de automóveis. Cooper (1983) tenta responder à seguinte questão: quais passos deveriam ser tomados, no gerenciamento de novos produtos industriais, de forma a melhorar o desempenho do novo produto? Como resultado apresenta um modelo de sete estágios para o desenvolvimento de novos produtos.

Estes, portanto, são alguns dos trabalhos importantes sobre o processo de desenvolvimento de produtos e que, junto a outros mais, auxiliaram no desenvolvimento desta tese. Esta breve relação de artigos não pretende esgotar todas as publicações sobre o tema, mas apenas destacar algumas das principais obras de referência para este trabalho.

4.2.1 A REPRESENTAÇÃO POR PROCESSOS NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

As abordagens por processos modelam os procedimentos em desenvolvimento de produto. Em geral, estas abordagens oferecem uma seqüência de passos de desenvolvimento de produtos e descrevem as atividades que devem conter cada passo. O modelo de Cooper (1983), por exemplo, é composto de sete estágios como representado na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Digrama de fluxo de sete estágios para o ciclo de desenvolvimento de produto

Fonte: Cooper (1983).

No modelo da Figura 4.1, Cooper (1983) identificou para cada estágio o que chamou de Atividades de Mercado e Atividades Técnicas e de Produção. As atividades para cada estágio são:

O Estágio I – Geração de Idéias e de Filtro Inicial (passa ou não passa)¹⁰.

O Estágio II – Avaliação Técnica Preliminar (Técnica e de Produção), de Avaliação Preliminar de Mercado (Mercado) e Avaliação preliminar (passa ou não passa).

O estágio III – Identificação do Conceito (Mercado), Geração do Conceito (Técnica e de Produção), Teste do Conceito (Mercado) e Avaliação do Conceito (passa ou não passa).

O estágio IV – Desenvolvimento do Produto: projeto de engenharia e protótipo (Técnica e de Produção), Desenvolvimento do Plano de Mercado (Mercado) e Avaliação (passa ou não passa).

Estágio V – Teste Interno de Protótipo (Técnica e de Produção), Teste de Protótipo com Clientes (Mercado) e Avaliação (passa ou não passa).

¹⁰ Tradução livre do autor para a expressão go - no go.

Estágio VI – Finalização do Projeto e Prova de Produção (Técnica e de Produção), Finalização do Plano de Marketing e Prova de Mercado (Mercado) e Análise de Negócio Pré-comercial (passa ou não passa).

Estágio VII – Produção Total (Técnica e de Produção), Lançamento no Mercado (Mercado) e Avaliação e Controle Pós-lançamento.

Para Cooper (1983), o lançamento de um novo produto necessitará sempre da assunção de um alto grau de risco. Mas muito pode ser aprendido a respeito do gerenciamento eficaz do processo de desenvolvimento de produto, por meio de uma revisão das experiências passadas. Nem todos os projetos de desenvolvimento de produtos seguirão rigorosamente este modelo. Certamente elementos não observados e circunstâncias especiais ditarão passos adicionais, como a reciclagem dos passos apresentados ou a eliminação de alguns passos.

A explanação de Cooper alinha-se com a proposta deste trabalho, qual seja: envidar esforços no sentido de identificar uma metodologia que possa captar estas condições circunstanciais e incorporá-las ao processo de desenvolvimento de produtos.

Em trabalho mais recente, Ulrich e Eppinger (2000) modelaram o processo de desenvolvimento de produtos em seis fases sequenciais, conforme é apresentado na Figura 4.2.

Figura 4.2 – O ciclo de desenvolvimento de produto

Fonte: Ulrich e Eppinger (2000)

Assim como no modelo de Cooper, este modelo apresentado na Figura 4.2 também engloba, em cada fase, uma série de atividades de processos de *feed-back*.

Como exemplo, Ulrich e Eppinger (2000) apresentam as atividades de *front-end*¹¹ que englobam a fase de desenvolvimento do conceito. A Figura 4.3 dá uma visão detalhada desta fase:

Figura 4.3 – As atividades de *front-end* englobando a fase de desenvolvimento do conceito

Fonte: Ulrich e Eppinger (2000).

As abordagens orientadas para processo podem diferir em termos de detalhes oferecidos na descrição dos passos no desenvolvimento do produto ou das terminologias utilizadas. Contudo, do ponto de vista de que todas as abordagens propõem passos que devem ser tomados no desenvolvimento do produto e que oferecem fundamentos baseados nas proposições, as abordagens orientadas a processos são muito similares.

Estas abordagens, porém, não revelam como cada departamento funcional deveria estar envolvido em cada etapa do processo. Em outras palavras, questões organizacionais não são discutidas. Os dados tabela 4.1 mostra esta relação.

¹¹ Conjunto de atividades iniciais e básicas de um projeto de desenvolvimento de produto. Para Krurana e Rosenthal, é nesta fase, inclusive, que devem ser incluídas as considerações sobre a cadeia de valor agregado.

Tabela 4.1 – Atividades funcionais sob a ótica da integração interfuncional

Atividades Funcionais	Fases do Desenvolvimento					
	Desenvolvimento do Conceito	Planejamento do Produto	Desenvolvimento e projeto detalhado		Preparação Comercial	Introdução no Mercado
			Fase I	Fase II		
Engenharia	Propor novas tecnologias; desenvolver idéias de produtos; construir modelos; conduzir simulações.	Escolher componentes e interagir com fornecedores; elaborar sistemas de pré-protótipos; definir arquitetura de produto.	Elaborar projeto detalhado do produto e interagir com o processo; construir protótipos em escala natural, conduzir teste de protótipos.	Refinar detalhes do projeto do produto; participar da elaboração da segunda fase de protótipos.	Avaliar e testar unidades-piloto.	Avaliar experiência de campo com o produto.
Marketing	Prever <i>inputs</i> baseados no Mercado; propor e investigar conceitos de produto.	Definir parâmetros para os consumidores alvo; desenvolver estimativas de vendas e margens; conduzir interação inicial com os clientes.	Conduzir testes de protótipos com os clientes; participar na avaliação do protótipo.	Conduzir a segunda fase de testes com clientes; avaliar os protótipos; aplicar o plano de marketing; estabelecer plano de distribuição.	Preparar para introduzir no mercado, treinar forças de venda; e pessoa de serviços.	Preencher canais de distribuição; vender e promover; interagir com clientes-chave.
Manufatura	Processar e investigar conceitos de processo.	Desenvolver estimativas de custo; definir arquitetura de processos; conduzir simulação de processos; validar fornecedores.	Realizar projeto detalhado do processo; projetar e desenvolver ferramentas; participar da construção de protótipos em escala natural.	Teste das ferramentas e equipamentos; elaborar a segunda fase de protótipos; e destacar novos procedimentos.	Construir unidade piloto em processo comercial, refinar processo com base na experiência do piloto.	Conduzir a planta ao volume pretendido e atingir alvos de qualidade, produção e custo.

Fonte: adaptado de Wheelwright e Clark (1992).

4.2.2 O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS REPRESENTADO COM A ABORDAGEM DE DECOMPOSIÇÃO.

As abordagens de decomposição para representação de um determinado sistema têm sido, com sucesso, implementadas para representar sistemas de manufatura¹². (Figura 4.4)

Figura 4.4 – Estrutura genérica para decomposição de um sistema de manufatura

Fonte: Kim (2002).

Este sucesso tem estimulado o emprego da mesma abordagem ambiente de desenvolvimento de produtos. Pesquisadores propuseram diferentes abordagens para a decomposição do desenvolvimento de produtos:

- Decomposição do Projeto de Desenvolvimento de Produtos – PD3 (Bocanegra, 2001);
- Decomposição do Projeto do sistema de Desenvolvimento de Produtos (Lenz e Cochran, 2000).

O PD3 foi desenvolvido para oferecer uma forma padrão de desenvolvimento de produtos em uma empresa do ramo aeroespacial, assim, a decomposição utiliza

¹² Para maiores detalhes da abordagem de decomposição no sistema de manufatura ver Cochran *et. al.* (2000), Linck (2001), Duda (2001), e Arinez (2000).

requisitos funcionais e parâmetros de projeto específicos para a indústria aeroespacial. (Figura 4.5)

Figura 4.5 – Decomposição do Projeto de Desenvolvimento de Produtos – PD³

Fonte: Bocanegra (2001).

O PD3 tem cinco requisitos funcionais (RF's) de primeiro nível. Que são:

RF011 – Projetar um produto funcional, que satisfaça os requisitos do cliente externo;

FR012 – Projetar um produto manufaturável, que satisfaça as necessidades dos clientes internos;

FR013 – Reduzir o tempo total de definição do produto e do processo;

FR014 – Garantir que o produto seja rentável; e

FR015 – Garantir a melhoria contínua.

Estes RF's do PD3 fazem uma analogia com a decomposição utilizada na manufatura. Por exemplo, FR011 e FR012 são considerados como componentes da ramificação relacionada com a qualidade, que levantam questões associadas a satisfação de clientes internos (manufatura) e externos (compradores). FR013 é

considerado pertencente à ramificação relacionada com a programação, que visa a eliminar atrasos e reduzir estoque de material em processo. Desta forma o RF014 diz respeito à redução de custo, pela eficiente utilização de mão-de-obra direta e indireta, e o RF015, pela melhoria contínua. Para cada RF, Bocanegra (2001) faz a decomposição em outras RF's que chama de sub-RF's.

No contexto desta tese, a abordagem PD3 foi útil na elaboração da metodologia proposta por dois motivos: primeiro, porque foi elaborada no âmbito da indústria aeroespacial; segundo, porque oferece uma visão detalhada dos requisitos componentes das dimensões qualidade, *leadtime* (tempo de entrega) e custo, requisitos estes utilizados para compreensão de valor no processo de desenvolvimento de produtos.

A Decomposição do Projeto do Sistema de Desenvolvimento de Produtos proposta por Lenz e Cochran (2000), parte do RF-A, que estabelece o seguinte: “definir e projetar um produto manufaturável”. Esta é uma abordagem que se centraliza na integração das atividades de desenvolvimento de produtos, cujo objetivo é facilitar o processo de projeto de um sistema de desenvolvimento de produto (ou seja, a organização do desenvolvimento do produto) e elaborar um ambiente neutro às questões de projeto. A abordagem de Lenz e Cochran (2000) está estruturada em quatro ramificações principais (Figura 4.6): qualidade total do produto, *leadtime* de desenvolvimento, custo de operação no desenvolvimento e investimento no desenvolvimento. Esta estrutura é exatamente a mesma utilizada na decomposição do sistema de manufatura, pois o PD3 usa em analogia com o sistema de manufatura. Por exemplo, na abordagem de Decomposição do Projeto do Sistema de Desenvolvimento de Produtos (Lenz e Cochran, 2000), o fluxo da informação entre os elementos funcionais do desenvolvimento de produtos pode ser visto como o fluxo de material entre máquinas de um sistema de manufatura.

Na ramificação da qualidade total da abordagem de Lenz e Cochran (2000), o RF111 (maximizar a qualidade total do produto) é satisfeito pelo Parâmetro de Projeto PP111 (arranjo de processo altamente coordenado). O termo “coordenado” caracteriza o alinhamento e ajustamento das atividades organizacionais. Os autores também afirmam que qualidade, em desenvolvimento de produto, é obtida quando

todos os discretos processos de projeto incorporam as restrições que limitam seu escopo. Portanto, nesta perspectiva, qualidade pode ser obtida pela coordenação dos processos ou atividades do desenvolvimento de produtos.

Figura 4.6 – Decomposição do Projeto do Sistema de Desenvolvimento de Produtos

Fonte: Lenz e Cochran (2000).

Para garantir a integração interna, Lenz e Cochran (2000) reforçam a idéia da coordenação do fluxo da informação e do alinhamento das atividades de desenvolvimento. A integração por meio do fluxo da informação é importante, porém não oferecerá o impacto necessário no desempenho do desenvolvimento de produtos, se a informação que deverá fluir não for corretamente preparada e estabelecida. No entanto, a forma como construir o conteúdo da informação não é discutida pelos autores.

Como se pode notar, a Decomposição do Projeto do Sistema de Desenvolvimento de Produtos proposta por (Lenz e Cochran, 2000) está preocupada em apresentar a coordenação das atividades de desenvolvimento e, nisso ela parece adequada. Entretanto, não oferece respostas no que tange ao gerenciamento dessa coordenação, ou mesmo, da gestão da implementação desta abordagem. Para esta

tese, o foco na contribuição desta abordagem contribuirá para a implementação do princípio do fluxo do valor no desenvolvimento e também para a implementação do princípio do sistema puxado, princípio este de difícil entendimento no contexto de desenvolvimento de produtos.

4.2.3 A REPRESENTAÇÃO DO PDP COM BASE NO FLUXO DO VALOR

A representação do processo de desenvolvimento de produtos aqui apresentada é resultado do trabalho realizado pelo Grupo de Trabalho em Desenvolvimento de Produtos do *Lean Aerospace Initiative* – LAI – do MIT, que é um time multidisciplinar com representantes das indústrias de: motores de aeronaves, estrutura de aeronaves, espaço e aviônicos. O grupo modelou o processo de desenvolvimento do produto em termos de fases, explorando suas interfaces, fronteiras e saídas.

A Figura 4.6 oferece a representação do fluxo do valor em um processo de desenvolvimento de produtos. Esta representação foi embasada pelo programa de fases definido pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), de forma a permitir a comparação com outras definições de processos (ver seção 4.2.1). O modelo proposto foi elaborado para que pudesse ser adaptado aos mais variados tipos de programas de desenvolvimento.

O fluxo proposto não divide o desenvolvimento dos produtos no que se pode chamar de fases discretas de programas. Ele procura dividi-lo em fases de dados do produto que podem ou não ocorrer de modo simultâneo com as fases do programa associado.

Este conjunto de informações pode ser usado de várias formas: primeiro, provê uma linguagem comum para a comunicação entre os mais variados tipos de programas; segundo, oferece um meio de manter o foco no fluxo do valor por intermédio das interfaces entre as fases dos programas. Além do que, provê uma forma de medir e comparar os processos de desenvolvimento de produtos.

Figura 4.7 – Representação do Desenvolvimento do Produto, com base no fluxo do valor

Fonte: LAI (2001).

A descrição da Figura 4.7 define algumas das metodologias que podem ser utilizadas no mapeamento do fluxo do valor.

O fluxo do valor inicia-se com a fase Definição do Sistema que tem como *input* um conjunto de requisitos do cliente (basicamente: custo, programação, desempenho), Posição de Negócios da Empresa (ROI desejado e gerenciamento de *portfolio*), e a Posição do Risco para o Cliente. As restrições (cultura, avaliações e

treinamento) são aplicadas para que as necessidades dos clientes sejam convertidas em requisitos de sistema.

A fase de Projeto Preliminar recebe os requisitos de sistema da fase de Definição de Sistema e aplica os atributos de sistema para desenvolver um conjunto de informações de projeto (*design-to package*). Neste ponto, o risco operacional é mais bem definido de forma a incluir o risco de projeto ou o risco que o projeto do sistema tem de não ser factível em função de restrições tecnológicas existentes. As atividades desta fase estarão focadas na atenuação dos riscos de projeto.

A fase de Projeto Detalhado recebe o conjunto de informações de projeto geradas na fase de Projeto Preliminar e aplica padrões de projeto para desenvolver um conjunto de informações de manufatura (*build-to package*). O risco de projeto definido na fase de Projeto Preliminar será atenuado durante esta etapa, pela utilização de tecnologia e múltiplos conceitos de projeto. Com a redução do risco de projeto, o risco operacional é mais bem definido, incluindo agora o risco de manufatura e desempenho, ou seja: os riscos de não ser capaz de manufaturar um produto, ou o risco de não obter o desempenho desejado. Análises e simulações podem ser utilizadas para reduzir esses novos fatores de risco.

A fase FMIT (Fabricação, Montagem, Integração e Teste) recebe o conjunto de informações de manufatura desenvolvido pela fase de Projeto Detalhado e aplica padrões de prototipagem e qualificação para qualificar o projeto. Neste momento, as fases começam a ter simultaneidade. Os resultados do teste de qualificação alimentam diretamente o processo de detalhamento do Projeto. Esta fase também serve como um teste para a redução dos riscos de manufatura e desempenho. Nesta redução de riscos, fatores-chave são a realização da prototipagem e a forma como estes protótipos são utilizados no teste de qualificação¹³. O *output* desta fase a qualificação do projeto.

A fase de Produção recebe o projeto qualificado e aplica padrões de produção para gerar um produto. Neste ponto, o risco, geralmente, é associado às taxas de produção.

A fase de Assistência Técnica provê os recursos necessários para manter operacional o sistema do cliente.

O *output* do processo, como um todo, é o valor para o cliente (necessidades satisfeitas em termos de custo, prazos e qualidade) e valor para a empresa (lucro desejado, aperfeiçoamento do *portfolio*).

Esta representação do processo de desenvolvimento do produto, mesmo não considerando a necessidade de outros *stakeholders* (empregados, subcontratados, organismos homologadores, etc.), está diretamente relacionada com o contexto desta tese, e pode ser utilizada para identificação do fluxo do valor na metodologia proposta.

4.2.4 A IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

O efetivo desenvolvimento de produtos tem se tornado uma competência essencial e tem diferenciado as empresas com foco no cliente das demais empresas de uma determinada indústria. Os diferentes ambientes nos quais as empresas têm de operar tornaram-se altamente competitivos, e como consequência muitas organizações têm se esforçado para atender às demandas ambientais. No entanto, muitas vezes, estas empresas têm fracassado (Morgan, 2002). Neste contexto, alguns especialistas identificaram o desenvolvimento de produtos como de fundamental importância para a sobrevivência das organizações nesse ambiente. Segundo Wheelwright e Clark (1992), existem três forças fundamentais que criaram este ambiente – já citadas neste trabalho: a intensa competição internacional por qualidade, custo e prazo; mercados fragmentados e rápidas mudanças tecnológicas. Pode-se concluir, portanto, que as empresas precisam diferenciar-se de suas concorrentes baseadas em sua relação com estas três forças ambientais, e que os clientes irão usar algum critério para avaliar esta diferenciação entre os produtos oferecidos pelas distintas empresas. Um desses critérios será o valor do produto, ou seja, a relação entre a utilidade do produto e a disposição do cliente em pagar por ele.

¹³ Para um melhor entendimento sobre a utilização de prototipagem, consultar a tese de doutoramento do Professor Nilton Nunes Toledo (Toledo: 1994) e Clark e Fujimoto (1991).

O estudo da criação de valor no processo de desenvolvimento de produtos requer uma clara identificação, mas como se pôde ver na seção 4.2, na literatura não existe um consenso a respeito de uma definição única. Desta forma, para efeito desta tese, de forma genérica as etapas do processo de desenvolvimento do produto foram definidas, como: conceito, projeto preliminar, projeto detalhado, avaliação e testes.

O processo de desenvolvimento de produtos fixa-se entre dois pontos críticos: a documentação a respeito dos requisitos do produto gerada no fim do desenvolvimento conceitual e o “pacote de informações para manufatura” (*build-to package*) que é gerado no final da fase de avaliação e testes. Entre estes dois pontos, ocorre a transformação das necessidades ou requisitos do cliente em um conjunto de instruções que permitirá a produção do produto desejado.

Figura 4.8 – Incerteza nas medições de performance técnicas no ciclo do produto

Fonte: Adaptado de Chase (2001).

A Figura 4.8 utiliza a incerteza¹⁴ em avaliações técnicas de performance (ATP's) para ilustrar o processo. ATP's são introduzidas apoiadas na documentação de requisitos de projeto (A). A incerteza acerca dos resultados esperados é eliminada com a finalização dos documentos que serviram de apoio para a manufatura (B). Esta

¹⁴ A incerteza na ATP é a variância, ou amplitude, associada à expectativa de desempenho do produto.

redução de incerteza pode ser comparada à criação de valor (Browning, 1998a; Browning, 2001)

A redução da incerteza, conforme ilustrado na Figura 4.8 é uma das principais questões que o gerenciamento precisa lidar. Em outras palavras, quando as ATP's estão definidas, o gerenciamento perde a capacidade de mudá-las sem incorrer em aumentos de custo e programação (Chase, 2001).

4.2.5 A COMPLEXIDADE E AS TRÊS DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

A complexidade do desenvolvimento do produto tem sido o grande obstáculo da maioria das metodologias de melhoria (Chase, 2001), que está alicerçada em três dimensões do desenvolvimento do produto: produto, processo e arquiteturas organizacionais. Por exemplo, o desenvolvimento de uma moderna aeronave envolve dezenas de milhares de itens, milhares de tarefas e milhares de pessoas que se inter-relacionam por diferentes organizações funcionais e corporativas (Eppinger e Ulrich, 1995). O gerenciamento desta complexidade ocorre por meio do desdobramento do sistema, conforme ilustrado na Figura 4.9. “Sistemas complexos são sucessivamente divididos em partes menos complexas, até que eles se tornem simples o suficiente para serem ‘dominados’” (NASA, 1995 *apud* Chase, 2001).

4.2.5.1 O Produto

A decomposição de um produto resulta em algo que se pode chamar de arquitetura do produto, que, por sua vez, é estabelecida durante a fase de projeto preliminar. O método para categorizar cada elemento desta arquitetura varia entre as organizações. Uma representação proposta é a de (Eppinger, 2001), no qual o desdobramento de um produto tem a seguinte hierarquia: sistema, subsistema e componente. A seleção de uma arquitetura específica para um produto pode ter algumas implicações, como por exemplo, afetar o desempenho do produto, as

alterações, sua variedade do produto, a padronização de componentes e a manufaturabilidade (Ulrich e Eppinger, 1996).

O problema de determinar a arquitetura do produto ilustra o conflito entre o valor para o produto e o valor para o processo. Ao produto, selecionar a melhor arquitetura representa valor, entretanto, os resultados da decisão não serão conhecidos até que seja tarde demais para que uma nova arquitetura seja proposta. Portanto, o valor para o processo ou a seleção do melhor processo, deve ser enfatizado no desenvolvimento do produto. Em manufatura, o produto pode ser avaliado (como por exemplo, pela metodologia seis *sigma*¹⁵), mas em desenvolvimento, o processo deve ser a base das avaliações.

Figura 4.9 – Gerenciando a criação de valor no desenvolvimento de produto

Fonte: Adaptado de Chase (2001).

4.2.5.2 O Processo

Quando se pensa no desdobramento do processo, é comum raciocinar em termos de divisão do trabalho. Nesta divisão, são representadas as atividades, no nível de equipe, e as tarefas, no que tange ao trabalho individual. Normalmente,

¹⁵ A metodologia seis sigma foi desenvolvida pela Motorola e tem como objetivo a redução da variabilidade no resultado entregue aos clientes, a uma taxa de falhas de 3,4 por milhão.

vários documentos estão relacionados com esta divisão do trabalho como, por exemplo, estrutura de custos, programações e requisitos de produtos. A associação entre a arquitetura do processo com custo e a programação cria um ambiente propício a medições. Por este motivo, muitos dos esforços para a implementação de princípios enxutos acabam focados mais no desenvolvimento de processos, do que no produto ou na organização (McManus e Harmon, 2001).

4.2.5.3 A Organização

Até recentemente, as empresas do setor aeroespacial eram organizações funcionais (Chase, 2001) – a Embraer é um destes exemplos¹⁶ – onde os empregados passam a maior parte de seu tempo ao lado de outros empregados que compartilham a mesma área de conhecimento de engenharia. Isto levava ou leva a alguns problemas que podem ser citados: times de produto fracos e uma comunicação pobre entre os setores. Uma abordagem focada em times de produto pode eliminar esses problemas (Pomponi, 1998; Browning, 1997b; Browning, 1999; Thomson, 1997), porém pode sacrificar a geração de conhecimento nas diferentes áreas. Este dilema desperta o interesse pelo uso de estruturas matriciais que caracterizam, hoje, a maior parte das indústrias aeroespaciais. Nas organizações matriciais, empregados dividem suas responsabilidades entre grupos funcionais (tais como grupos de aerodinâmica, estruturas e garantia da qualidade) que interagem por intermédio de times integrados de desenvolvimento. Em um programa complexo, como o do Boeing 777, podem existir mais de 200 times de desenvolvimento, os quais estarão envolvidos nas diversas fases do ciclo de desenvolvimento do produto (Condit, 1996 *apud* Chase 2001).

No que se refere ao estudo do valor, os times integrados de desenvolvimento são importantes, pois representam o ambiente onde distintos grupos funcionais tomam decisões conjuntas para o projeto do produto e para o plano de manufatura. Estas decisões conjuntas proporcionam a redução da incerteza ou variância das Avaliações Técnicas de Performance (ATP's).

¹⁶ Ver caso da Embraer, narrado por Bernardes (2000).

4.3 PRINCÍPIOS E PRÁTICAS ENXUTAS

4.3.1 A HISTÓRIA DO TERMO ENXUTO

John Krafcit, então um estudante da *Sloan School of Management* do MIT e um pesquisador no Programa Internacional de Veículo Motor, foi o primeiro a usar o termo “sistema de produção enxuta”. Em sua dissertação de mestrado, destacou que a produção enxuta utilizava menos recurso quando comparada com a produção em massa – menos recursos humanos na fábrica, menos espaço, menos investimento em ferramentas e menos horas de engenharia para desenvolver um novo produto. Isto torna possível a produção de uma grande variedade de produtos de alta qualidade em menos tempo. Mas, o termo “produção enxuta” foi introduzido para uma comunidade mais ampla por James Womack, Daniel Jones e Dan Roos em “A Máquina que Mudou o Mundo”. O livro resume um trabalho de cinco anos realizado pelo Programa Internacional de Veículo Motor.

A mentalidade enxuta, oriunda desses esforços anteriores, está embasada na eliminação de *Muda* – que é uma palavra japonesa cujo significado é desperdício. Mais especificamente, o *Muda* relaciona-se com qualquer atividade humana que absorve recursos e não cria valor.

Womack e Jones (2003) iniciam o capítulo que trata sobre valor, com o seguinte questionamento: “por que é tão difícil começar do ponto certo, no que tange à definição de valor?” Os próprios autores explicam: “Parcialmente porque a maioria dos produtores quer continuar produzindo o que sempre produziram e, parcialmente, porque muitos consumidores só sabem solicitar algo que seja uma variante daquilo que estão acostumados a obter”. Desta forma, mesmo que represente um desafio, valor, para efeito desta tese, terá a seguinte definição básica: “a capacidade de prover a um cliente um produto que ele deseja no tempo certo, a um preço adequado e conforme definido pelo cliente em cada caso”.

“A Máquina que Mudou o Mundo” foi publicada em 1990 por Womack, Roos e Jones, todos os três membros do *International Motor Vehicle Program* do MIT, alterou de forma radical o pensamento sobre a indústria automobilística. A partir deste trabalho, o maior e mais profundo estudo de caso já realizado na indústria automobilística, o conceito enxuto foi mundialmente conhecido. O objetivo deste estudo de caso foi comparar diversas empresas que trabalhavam com o sistema tradicional de produção de automóveis com o Sistema Toyota de Produção (STP) (Salzman, 2002).

O Sistema Toyota de Produção, agora muito associado ao termo “enxuto” ou, até mesmo, ao o princípio *Just-in-time*, já havia sido desenvolvido pela indústria de carros japonesa nos anos 50, quando esta indústria passava por um momento de crise. Neste período, ficou claro para a indústria japonesa que a única forma de escapar de uma derrocada era a implementação drástica de mudanças na eficiência e produtividade (Salzman, 2002).

Neste momento que surgiram as teorias e princípios da manufatura enxuta, uma filosofia de produção que está focada no fluxo das atividades que agregam valor e na eliminação do desperdício nos processos com o objetivo de melhor atender a demanda do cliente. Além disso, representa uma abordagem consistente e holística que tem sua origem na cultura japonesa, podendo incluir, por exemplo, a atitude das pessoas com relação a conservação de material, mas também representa a orientação que esta cultura tem para o clã. Estes são fatores que facilitaram a implementação de políticas de controle de material e também o trabalho em equipe, que é fundamental para o treinamento dos funcionários e o gerenciamento da qualidade total (Salzman, 2002). Outro fator que exerceu importante papel foi a proximidade com fornecedores, o que proporcionou entregas de matérias-primas em pequenos lotes e com maior frequência.

Com o avançar do tempo, os princípios da manufatura enxuta foram adotados por diversos setores da indústria, tais como: aeroespacial, produtos de consumo, metalúrgicas e produtos industriais (Spear e Bowen, 1999). Mesmo diante da inexistência de sigilo por parte da Toyota com relação às suas práticas, somente algumas empresas de manufatura conseguiram gerenciá-las no sentido de imitá-las,

ou mesmo, implementá-las. Isto não causa surpresa, pois, quando o Sistema Toyota de Produção é observado mais proximamente, torna-se possível entender que o sucesso desta abordagem não é fruto apenas da implementação das práticas identificadas, funções de controle e ferramentas, tais como: sistema puxado, *kanban*, sinalização *andon* ou quadros de controle visual. Ao contrário, a abordagem é fruto da coerência e harmonia entre a estrutura, a organização e a mentalidade das pessoas sobre como arranjar e realizar as tarefas. Spear e Bowen (1999) chamaram este fenômeno de “DNA do Sistema Toyota de Produção” e sugerem um conjunto de regras que o descrevam.

Como já citado por Spear e Bowen (1999), desde a publicação do estudo de caso de “A Máquina que Mudou o Mundo”, em 1990, um grande esforço foi feito por empresas no sentido de adotar os princípios da manufatura enxuta nos mais diversos segmentos de negócios. A General Electric, por exemplo, procurou implementá-la de forma a entregar 100% de suas encomendas dentro do prazo. Outras companhias conseguiram reduzir os espaços ocupados nas fábricas em 50% a 97,3% e/ou melhoraram seu tempo de ciclo em 60% a 80%. (Salzman, 2002)

Desde que se começou a estudar a abordagem enxuta, gradualmente percebeu-se que o sucesso do sistema não estava limitado apenas à manufatura. Ele poderia ser expandido a outros setores da organização, proporcionando uma potencial redução de custos e melhorias de qualidade. Alinhado a esta idéia, este trabalho procura oferecer uma nova abordagem para o processo de desenvolvimento de produtos. As pesquisas atuais lidam com a aplicabilidade de princípios e ferramentas de melhoramento enxuto para diferentes áreas de negócios, mas tentam também se desenvolver e ir além com novas idéias baseadas na abordagem enxuta. Uma dessas áreas de negócios é o desenvolvimento de produto, foco desta tese. Em razão de sua natureza particular de alta incerteza e risco e baixa repetitividade, quando comparado a processos de manufatura, a realização dos princípios enxutos, a aplicação de ferramentas específicas para este fim, assim como o desenvolvimento de outras novas, tornam-se ainda mais desafiadoras.

4.4 O PENSAMENTO ENXUTO

No início do ano de 1998, um grupo de gerentes, engenheiros e líderes de fornecedores da indústria aeronáutica realizaram um *workshop* sobre a integração da cadeia de suprimentos. Durante o evento, o grupo começou a questionar sobre como trabalhar o conceito enxuto com novos fornecedores: qual o primeiro passo a ser tomado? O que viria depois? Ao ser indagado, um dos integrantes do grupo, Hajime Ohba, não quis estabelecer uma “receita de bolo”. Ele disse o seguinte: “enxuto não é um termo que representa uma lista de coisa a fazer e, sim, uma forma de pensar” (Murman *at. al.*, 2002). Complementando esta afirmação, Ohba esclareceu que antes de começar a pensar nos passos a serem tomados em direção a um estado considerado enxuto, dever-se-ia interagir com cada fornecedor e entender como cada um desses fornecedores enxerga seu próprio sistema produtivo. Só após esta verificação é que se poderia pensar em termos de como executar a implementação de princípios e práticas enxutas.

4.4.1 A DEFINIÇÃO DO PENSAMENTO ENXUTO

A definição do termo enxuto, já tratada no capítulo 4 desta tese, está centrada em duas dimensões principais: eliminar os desperdícios e criar valor. Ambos, são elementos essenciais que o pensamento enxuto deve incorporar. Centralizar exclusivamente na eliminação dos desperdícios – cortando custos – é insuficiente e pode não ter o retorno esperado nas vendas. Por outro lado, focar exclusivamente na criação de valor, torna-se igualmente insuficiente, pois, muitas das oportunidades de melhoria só se tornam visíveis após o esforço para eliminação de desperdícios (como o excesso de material estocado, inspeções redundantes e engenharia sequencial).

Que tipo de pensamento deve ser orientado a estas dimensões? Segundo Murman *at. al.* (2002), a definição é o “pensamento enxuto”, que foi definido da seguinte forma:

“O pensamento enxuto é um processo dinâmico, orientado pelo conhecimento e focado no cliente, através do qual todas as pessoas em uma determinada empresa eliminam desperdícios com o objetivo de criar valor” (Murman et. al. , 2002).

Ao se analisar esta definição, percebe-se a existência de uma série de conceitos em cada uma de suas linhas. Desta forma, serão feitas breves considerações sobre cada um desses conceitos.

4.4.1.1 Processo Dinâmico

O pensamento enxuto é dinâmico, evoluiu durante décadas e continua evoluindo. O conceito de melhoria contínua, também chamado de *kaizen*, tornou-se uma das maiores crenças do sistema de produção enxuta que começou com a Toyota e continua sendo central para o pensamento enxuto. Em japonês, *kaizen* significa melhoria de desenvolvimento, baseado no conhecimento de qualquer pessoa envolvida, gerentes ou operários, e não apenas no dos *experts*. A melhoria contínua é um processo de solução de problemas que requer utilização de uma série de ferramentas, métodos e práticas (círculos de controle da qualidade, TPP – *total productive maintenance*, JIT – *Just-in-Time* e *Kanban*). A abordagem *kaizen*, que envolve o aprendizado por meio da realização de atividades, utiliza a idéia do pensamento baseado em processos para o alcance do fluxo contínuo de melhorias. Isto só é possível por intermédio da educação sistemática dos trabalhadores e pela conscientização do trabalho em equipe. O importante a ser destacado aqui é que a idéia de melhoria contínua não deve excluir a oportunidade de implementação de melhorias completamente inovadoras. Ou seja, tanto a inovação como o *kaizen* são elementos importantes para a sobrevivência e crescimento de uma empresa (Kilpatrick, 1997).

4.4.1.2 Orientação por Intermédio do Conhecimento

O pensamento enxuto exigirá o esforço e as idéias de toda a força de trabalho, isto porque a eliminação de desperdícios e a criação de valor não se darão de forma eficiente sem os *inputs* da linha de frente dos trabalhadores, integrantes do time de engenheiros de projeto, pessoal administrativo e qualquer outro que tenha contato com o produto durante sua realização, desenvolva projetos ou faça serviços de entrega. O que leva a reconhecer o papel crítico das pessoas, não apenas dos processos na criação do valor (Pomponi, 1998).

Portanto, um aspecto chave do pensamento enxuto repousa na idéia de que todo conhecimento, informação e *insights* para a eliminação de desperdícios e criação de valor, provenientes da força de trabalho, clientes, fornecedores ou qualquer outra fonte considerada, deverão ser apreciados. Conseqüentemente, torna-se necessário investir em treinamento de habilidades técnicas e sociais (processos de grupo, comunicação, negociação, liderança, etc.). Estabelecer uma estrutura disciplinada para o trabalho é um dos fundamentos dos esforços de melhoria¹⁷.

4.4.1.3 Foco no Cliente

Em um sistema enxuto, o cliente provê orientações que serão propagadas por toda a empresa, representando o que se pode chamar de “norte verdadeiro”. As necessidades e expectativas do cliente agem de forma a “puxar” as atividades da empresa, desde o projeto do produto e manufatura até sua colocação no mercado e posterior suporte¹⁸. Contudo, não é uma idéia abstrata de somente servir ao cliente, mas, sim, um conjunto disciplinado de práticas de trabalho projetado para dar aos clientes o produto ou serviço certo, no tempo e preço adequado.

A idéia do sistema puxado pode reduzir problemas operacionais de produção como, por exemplo, a redução do acúmulo de produtos em processo. Com relação ao processo de desenvolvimento de produtos, observar-se o impacto do foco no cliente

¹⁷ Para maiores detalhes, consultar Morgan (2002).

¹⁸ O conceito de sistema puxado foi introduzido no capítulo 4 desta tese.

pela da variedade de novos produtos e pela necessidade de redução do tempo de desenvolvimento.

4.4.1.4 Eliminação de Desperdícios

Com o objetivo de centralizar suas atividades nos clientes, as empresas precisam eliminar todas as formas de desperdício. Tradicionalmente, estes desperdícios incluem: superprodução, estoques de produtos em processo e passos a mais no processo¹⁹. Eliminar desperdícios não é importante apenas para cortar custos, mas também para melhorar a qualidade, segurança e tempo de resposta às mudanças de mercado.

Segundo Murman *et. al.* (2002), a ligação entre prática enxuta e tempo de resposta não é, normalmente, apreciada e entendida. Mas, a eliminação de desperdícios pode ser uma importante forma de redução de tempo de ciclo, seja de produção ou de desenvolvimento, por meio da eliminação de passos desnecessários e que não adicionam valor. Em uma empresa enxuta, eliminar aquilo que não agrega valor, é mais importante que a realização de tarefas individuais. Em outras palavras, processo enxuto não é acelerar o trabalho, mas realizá-lo de uma forma “mais inteligente”.

4.4.1.5 Criação de Valor

Empresas convivem com vários agentes interessados em seus resultados, os quais chamamos de *stakeholders*. Estes *stakeholders* podem ser: clientes externos e internos, funcionários em geral, fornecedores, acionistas e vários outros, incluindo comunidades e público em geral. Cada grupo de *stakeholders* tem as suas visões relativas sobre valor – que às vezes são comuns, às vezes complementares e algumas vezes podem representar pontos de divergência. Como exemplo podemos citar: clientes, podem estar preocupados com a qualidade; sociedade e a força de trabalho, com a segurança; acionistas com os aumentos de demanda, este último, pode ser

conflitante com a estabilidade de longo prazo desejada pela força de trabalho e comunidades.

Como observado no capítulo 4 desta tese, as muitas dimensões de valor promovem uma transformação do que seria o entendimento do conceito “enxuto”. Porém, o que importa neste momento da pesquisa é que o pensamento enxuto envolve um aprendizado no que se refere à visualização do que é valor. Uma poderosa ferramenta para esta visualização é o mapeamento do fluxo do valor – tratado no item 6.4 deste trabalho – que coloca as atividades que criam valor em um determinado processo em sequência, e todas aquelas que não criam valor são consideradas desperdícios e, conseqüentemente, devem ser eliminadas. Portanto, a mentalidade enxuta envolve tanto a eliminação de desperdícios quanto a identificação de melhorias que auxiliarão na criação de valor para um ou mais *stakeholders*.

¹⁹ Os desperdícios específicos no desenvolvimento de produtos foram detalhados no capítulo 4 desta tese. Para maiores informações sobre a eliminação de desperdícios, consultar Bauch (2004).

4.5 OS CINCO PRINCÍPIOS ENXUTOS

Enxuto é enxuto desde o momento que proporciona uma forma de fazer mais com menos e cada vez menos. Isto significa dizer: utilizar menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço, ao mesmo tempo em que realiza produtos que os clientes realmente desejam, facilitando, desta forma, o aumento do valor e simultaneamente a redução de desperdícios. (Womack e Jones: 2003).

Importantes recomendações contra desperdícios são obtidas em Womack e Jones (2003), que sugerem uma forma de especificar valor, alinhar ações na melhor seqüência, de forma a criar valor, conduzir, quando estas atividades são solicitadas, sem interrupções para realizá-las de forma cada vez mais eficiente, eliminando, conseqüentemente, atividades consideradas desperdícios. Comparada a outras medições para racionalizar o fluxo do trabalho, que simplesmente reduzem tarefas, esta abordagem cria outras novas tarefas e torna o trabalho mais satisfatório às pessoas por meio de *feedback* imediato de esforços para converter desperdícios em valor.

Para Womack e Jones (2003), a aplicação dos cinco princípios enxutos nos processos e em toda a empresa conduzirá ao que eles chamam de estado "enxuto". Este estado enxuto é resultante da eliminação de desperdícios nas operações, de tal forma que os produtos possam ser desenvolvidos com uma mínima parcela dos custos totais de material, tempo e esforço humano.

Estes princípios são:

- Princípio do Valor: especificar de forma precisa o valor;
- Princípio do Fluxo do Valor: identificar o fluxo do valor;
- Princípio do Fluxo: fazer com que o valor identificado flua;
- Princípio do Sistema Puxado: deixar que o consumidor puxe o valor; e
- Princípio da Perfeição: esforço a perfeição.

4.5.1 O PRINCÍPIO DO VALOR

Para Bauch (2004), fornecer ao cliente o produto errado, seja este um bem ou um serviço, significa desperdício, mesmo que o processo *per se* esteja sendo realizado de forma correta ou não. Com o objetivo de prevenir este desperdício, o primeiro passo no pensamento enxuto deve ser uma análise do contato com consumidores específicos para entender suas necessidades particulares em determinado momento e o quanto eles estão dispostos a pagar por isto. Uma vez que as necessidades desses consumidores foram identificadas, torna-se mais fácil definir o valor em termos de propriedades físicas e preços específicos.

Para acompanhar este primeiro objetivo, devem ser ignorados ativos e tecnologias existentes e introduzir equipes mais fortes e dedicadas, ou seja, o foco passa a ser nas pessoas. Mas, a realidade mostra, diferentemente, que a especificação e a criação de valor aos clientes são subjugadas pelas necessidades imediatas dos acionistas, prevalecendo as questões financeiras da alta gerência. Outra questão consiste no importante papel dos *experts* técnicos, que podem resultar em projetos complexos, customizados, com sofisticados delineamentos de tecnologia de processo, que acabam excedendo o orçamento dos clientes, além do que, raramente, alcançam suas reais necessidades. (Womack e Jones, 2003).

Embora seja quase irreal que empresas possam implementar tais mudanças com sucesso do “dia para noite”, é importante para elas consigam um claro entendimento do que realmente são as necessidades dos consumidores. Tendo em vista que os processos de negócios de uma empresa podem ser considerados como uma extensa rede de trabalho, com relações cliente/fornecedor, o princípio de valor também pode ser aplicado aos clientes internos.

Womack e Jones (2003) enfatizam a necessidade de se expressar o valor em termos de um produto específico que atenda às necessidades dos clientes para um determinado preço e em um tempo específico. No sentido de se definir, o que se entende por valor especificamente no processo de desenvolvimento de produto, é apropriado fazer uma revisão da literatura em diferentes contextos que não o de

desenvolvimento de produtos. De acordo com Ferreira (1993), o termo valor tem, dentre várias, as seguintes definições:

- a) Qualidade pela qual determinada pessoa ou coisa é estimável em maior ou menor grau; mérito ou merecimento intrínseco; valia;
- b) Importância de determinada coisa, estabelecida ou arbitrada de antemão; e
- c) Maior ou menor apreço que um indivíduo tem a um determinado bem ou serviço, e que pode ser de uso ou de troca.

Com relação ao objetivo deste trabalho e baseado na definição “(a)” acima, valor representa o quanto o bem ou o produto a ser produzido será estimado pelo consumidor. Isto só será alcançado pela correta interpretação e tradução de suas expectativas no processo de desenvolvimento do produto e, conseqüentemente, no produto que será fruto deste desenvolvimento.

A afirmação “(b)” vai ao encontro deste trabalho no sentido que pressupõe ações proativas na determinação do que é importante em um determinado produto. Isto pode ser obtido com o uso de ferramentas específicas para determinação da importância relativa das necessidades dos consumidores no desenvolvimento do produto.

Estas definições, incluindo a “(c)”, representam a visão que se deve ter da real utilidade do produto para um determinado propósito e importância. Para efeito deste trabalho, será seguida uma definição inicial proposta por Slack:

Valor é medida da importância que um consumidor estabelece para um determinado produto ou serviço. E é uma função entre a utilidade do produto em satisfazer a necessidade de um cliente, a importância relativa desta necessidade a ser satisfeita e o custo de troca para o consumidor. (Slack, 1998, p. 71)

4.5.2 O PRINCÍPIO DO FLUXO DO VALOR

O próximo passo no pensamento enxuto é identificar o fluxo atual de valor, por exemplo, o conjunto de atividades exigidas para a produção de um produto, independentemente se este seja um bem ou um serviço ou uma combinação de ambos. Este tipo de abordagem aplica-se aos três maiores campos das atividades de negócios (Womack e Jones, 2003).

- ❑ *Solução de Problemas*: desde o conceito, passando pelo projeto até o lançamento;
- ❑ *Gerenciamento da Informação*: desde o pedido, passando pelo detalhamento de programação até a entrega do pedido; e
- ❑ *Transformação Física*: desde a matéria-prima até o produto acabado.

Para Bauch (2004), o ponto chave da análise do fluxo de valor é observar o fluxo do valor por completo em cada produto ou família de produto, começando com o primeiro fornecedor da cadeia até o cliente final. Este procedimento está baseado em uma visão holística que vai além de uma única empresa. Uma vez que uma empresa decide fazê-lo, ela descobre várias atividades que não agregam valor e que podem ser chamadas de desperdício.

- ❑ *Atividades de Criação de Valor (ACV)*: a pintura de um carro ou a montagem de um parafuso;
- ❑ *Atividades Necessárias, mas que Não Criam Valor (ANNCV)*: inspeção da pintura para garantir a qualidade; e
- ❑ *Atividades que Não Criam Valor (ANCV)*: Atividades que podem ser eliminadas imediatamente.

Na literatura, este tipo de abordagem completa é chamada “Empresa Enxuta”. Uma das razões pelas quais as empresas ainda evitam esta abordagem está relacionada com a confidencialidade e o temor de revelar informações sobre processos e custos internos que poderiam ser, de alguma forma, utilizados por parceiros a montante ou a jusante. Concentrar-se no próprio negócio e não no fluxo

do valor como um todo, incluindo as conseqüências de suas atividades internas para as demais empresas componentes do fluxo, é o resultado deste temor.

Esta atitude tem provado ser muito perigosa em uma era em que as empresas estão cada vez mais terceirizando ou subcontratando atividades em função do aumento da complexidade do produto e da redução do tempo de ciclo. Este desenvolvimento, ao contrário, deveria exigir uma “aliança voluntária” de todas as partes envolvidas com o intuito de avaliar cada passo na criação de valor, de forma a detectar e prevenir rupturas no fluxo do valor (Womack e Jones, 2003).

Isto exige uma mudança de mentalidade acerca das relações e redes de trabalho nos negócios e o estabelecimento de algumas regras simples para regular como as empresas interagem umas com as outras. A transparência dos passos do processo ao longo do fluxo do valor pode ser uma das questões-chave desde que não ajude somente a sincronizar as atividades de criação de valor, mas permita também aos participantes verificarem se as demais companhias estão agindo, conforme as regras acordadas entre elas.

Para Slack (1998), o segundo princípio enxuto pode ser definido como o conjunto de todas as ações exigidas para conduzir um produto por meio de um gerenciamento crítico de tarefas de um negócio específico. Uma importante distinção comparada com outras perspectivas de processo é que o fluxo de valor é focado em um único ou específico produto, em oposição às perspectivas baseadas em processos agregados.

4.5.3 O PRINCÍPIO DO FLUXO

Depois de especificar o valor, mapear o fluxo do valor e eliminar as atividades que não agregam valor, o próximo passo no pensamento enxuto consiste em fazer fluir as atividades que criam valor. Este é um passo crítico, pois requer uma mudança de mentalidade. Como exemplo, a idéia de lotes que devem migrar para uma idéia de fluxo contínuo.

Uma das primeiras pessoas a perceber a importância potencial do fluxo foi Henry Ford e seus parceiros em 1913. Aplicando o princípio do fluxo contínuo na linha de montagem, Ford pôde reduzir o esforço da montagem do Modelo T da Ford em 90%. Mesmo que este tenha sido um resultado significativo, foi apenas um caso especial desde a abordagem de Ford:

Trabalhar somente quando os volumes de produção forem elevados o suficiente para justificar linhas de montagem com alta velocidade, quando os produtos utilizarem exatamente as mesmas partes e quando o mesmo modelo tiver que ser produzido por vários anos. (Womack e Jones, 1996).

Em contraste, Bauch (2004) enfatiza que a introdução do fluxo contínuo na produção de baixo volume – quando somente algumas dúzias ou centenas de um certo produto são necessárias – revela-se um grande desafio. Isto, porém, representa um caso geral e descreve de forma mais precisa a situação real das demandas dos clientes. Ainda, segundo Bauch (2004), alguns pesquisadores reconheceram este desafio e trabalharam em estratégias e técnicas para alcançar o fluxo contínuo na produção de pequenos lotes, na maioria dos casos sem a utilização de linhas de montagem. Isto foi possível por meio do domínio da troca rápida de ferramentas de um produto para o próximo, e/ou miniaturando máquinas de forma que as etapas processadas nos diferentes estágios de produção, tais como: modelagem, pintura, montagem, etc. pudessem ser realizadas, fisicamente, mais próximas. Para isto algumas pessoas envolvidas com as práticas enxutas aplicaram *kaikaku*, que é uma espécie de melhoria radical, comparado com o *kaizen* que significa melhoria incremental contínua. Nestes casos, as atividades de produção para um determinado produto foram rearranjadas de departamentos e produção em lotes para o fluxo contínuo, que não só dobraram a produtividade como também reduziram de forma substancial os erros e as sobras de material.

Mesmo que abordagens de reengenharia tenham tentado dar mais foco ao processo de criação de valor não se preocupando com departamentos ou categorias organizacionais, os conceitos ainda partem da idéia de agregar e desagregar processos. Por exemplo, as ações de emissão de pedidos realizadas para um conjunto de produtos, ao invés de alinhar o fluxo completo para criação de valor de um

determinado produto (Womack e Jones, 1996). Com frequência, várias abordagens esbarram nas barreiras organizacionais e não integram os fluxos de valor dos parceiros a montante e a jusante do processo.

O objetivo do princípio do fluxo consiste em redefinir o trabalho ou funções, departamentos e empresas, de forma que eles possam contribuir de forma positiva para a criação de valor e alcançar as reais necessidades do processo em todos os pontos do fluxo do valor. Tornando-o, assim, de interesse de todos (Womack e Jones, 1996).

Para realizar isto com sucesso, não requer somente focar em um determinado produto ou serviço e criar uma empresa enxuta para cada um. É preciso repensar as fronteiras tradicionais do trabalho, funções, departamentos, empresas, práticas e ferramentas de um trabalho específico, a fim de eliminar refluxos, desperdícios e paradas de qualquer tipo e, então, tornar o fluxo mais suave.

Uma vez que empregados e gerentes começam a pensar em termos de fluxo e aprender a vê-lo, torna-se também possível aplicar o fluxo para qualquer atividade realizada. Em princípio, o procedimento em cada caso será o mesmo (Womack e Jones: 1996):

- ❑ Concentrar-se no gerenciamento do fluxo de valor para um produto ou serviço específico;
- ❑ Eliminar barreiras organizacionais pela da criação de uma empresa enxuta;
- ❑ Realocar as ferramentas e utilizá-las com tamanho adequado; e
- ❑ Aplicar o complemento total das técnicas enxutas de forma que o valor possa fluir continuamente.

A organização do trabalho por lotes ou bateladas inibe este fluxo psicológico; assim, o trabalhador só consegue perceber uma parte da atividade, exatamente aquela que ele executa. É comum não se ter o conhecimento exato se esta parte da atividade foi corretamente executada, ou mesmo, saber o *status* do sistema como um todo; ao mesmo tempo em que as habilidades e concentração exigidas do operador são

mínimas. Isto provoca freqüentes interrupções de outras atividades pelas quais os operadores também são responsáveis. Como resultado, uma organização que foca no fluxo contínuo do trabalho e do valor, deve também se preocupar com o fluxo psicológico (Bauch, 2004). O desafio de sustentar não só um fluxo suave sem interrupções, mas também o foco na perfeição, coloca o sistema em um estado de tensão que exige concentração por parte de cada trabalhador e/ou de todo o time (Womack e Jones, 2003).

4.5.4 O PRINCÍPIO DO SISTEMA PUXADO

O pensamento enxuto, contudo, não se preocupa somente com a questão de como prover os bens e serviços desejados pelo cliente, ele volta-se também a provê-los quando os clientes o desejarem.

A estratégia subjacente é o princípio da produção puxada – que significa deixar o cliente puxar o produto da empresa quando necessário, ao invés de empurrar os produtos para o cliente, provocando o acúmulo de estoque. Ainda que olhando inicialmente ao cliente final, este princípio se aplica ao longo de todo o fluxo de valor e, portanto, significa que nenhuma estação a montante do processo deve produzir um bem ou um serviço sem que antes a estação a jusante o solicite.

Para que isto ocorra é essencial que o princípio do fluxo seja realizado, o qual poderá reduzir de forma significativa os tempos de liberação no desenvolvimento de produto, no processamento de ordens e na produção física. (Womack e Jones, 2003). Isto cria alta flexibilidade e também habilidade para projetar, programar e produzir exatamente o que os clientes desejam e quando eles desejam. Adicionalmente, o curto tempo de resposta à demanda do cliente possibilita aumentar o retorno sobre o investimento e reduzir estoques a um nível mínimo em um complexo ambiente de produção e fluxo de valor.

Para Womack e Jones (2003), a chave deste princípio pode estar no rápido ressuprimento para o próximo nível no sistema, o que torna possível a reordenação em pequenos lotes. Ferramentas especiais para controlar este ressuprimento e otimizar os inventários são, por exemplo, o *kanban* e o *JIT (just in time)*.

O que na teoria pode ser de fácil compreensão e entendimento na prática pode ser mais complicado e pode consumir um tempo razoável para implementação (Bauch: 2004).

4.5.5 O PRINCÍPIO DA PERFEIÇÃO

O último princípio enxuto é alcançar a perfeição. Conseguir a perfeição implica melhoria de processos e aumentos sucessivos de eficiência. Por exemplo, a indústria aumenta com sucesso em 30% a eficiência de alguns processos, toda vez que estes processos são revistos (Womack e Jones, 2003). Os autores também argumentam que a transparência e o acesso irrestrito a dados são os mais importantes mecanismos para se alcançar a perfeição e que isto cria um ambiente onde se torna fácil a descoberta de melhores formas de criar valor.

A perfeição é, então, o estado futuro do fluxo do valor depois da eliminação de todos os *mudas*; a visão desenvolvida durante a aplicação dos quatro princípios anteriores. A perfeição também pode ser entendida como o estado em que cada atividade na empresa cria valor para o cliente. Este trabalho, no sentido de se alcançar a perfeição, envolve a contínua execução tanto de melhorias incrementais (*kaizen*) como de melhorias radicais (*kaikaku*) no fluxo do valor. Isto pode ser facilitado pelo desdobramento de políticas (Slack, 1998). Este desdobramento envolve a direção e liderança da alta administração no que tange à seleção de objetivos, projetos, recursos e programações para a iniciativa de melhorias.

Assim, pode-se observar que os quatro princípios anteriores interagem entre si, de forma que melhorias em um deles, freqüentemente, conduzirão à melhoria dos demais. Por exemplo, equipes de produto que estão diretamente em contato com clientes encontram formas melhores e mais consistentes de definir valor para os clientes e, portanto, também encontram novas formas de aperfeiçoar as técnicas de fluxo e de sistema puxado. Neste contexto, outro aspecto que diz respeito às novas tecnologias em manufatura, que freqüentemente revelam novas formas de aumentar o valor e eliminar desperdícios.

4.6 OS PRINCÍPIOS ENXUTOS NO AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Esta talvez tenha sido a parte da tese que apresentou mais dificuldades em sua elaboração. Isto se deveu ao fato de que o assunto representa uma linha de pesquisa recente e, conseqüentemente, com poucos trabalhos científicos específicos sobre princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos. Por outro lado, esta escassez lançou um desafio maior ao pesquisador, no sentido de, dentro das limitações que o tema impôs, obter material relevante para compor o referencial teórico necessário a esta pesquisa.

Um número significativo de exemplos de aplicação e discussão dos princípios enxutos tem sido amplamente focado na área da manufatura, sobretudo no que tange ao fluxo de valor. Segundo Slack (1998)²⁰, existem exemplos na indústria onde estes princípios conseguiram transformar com sucesso empresas de manufatura. Entretanto, os processos utilizados na manufatura e no processo de desenvolvimento de produtos são diferentes, assim como existem diferenças no produto que estes processos produzem. O problema a ser estudado é como princípios enxutos, que têm facilitado, na manufatura, a transição para um estado enxuto, podem ser aplicados de forma efetiva no processo de desenvolvimento de produtos?

O objetivo desta etapa do trabalho foi ampliar o entendimento dos princípios enxutos e de como estes se relacionam com o processo de desenvolvimento de produtos. Como a perspectiva do cliente é o ponto central para estes princípios, o objetivo incluiu estabelecer o significado de valor do cliente no contexto específico de desenvolvimento de produtos.

4.6.1 O PRINCÍPIO DO VALOR NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Possibilidades mais pertinentes para a definição de valor no contexto de desenvolvimento de produtos serão consideradas a partir deste ponto.

²⁰ Principal referência desta seção.

Existe um considerável consenso na definição de valor nos trabalhos que tratam sobre valor no ambiente de negócios. Slack (1998) sugere uma relação de valor como mostrado na Figura 4.10.

Figura 4.10 – Relação de valor para o cliente

Fonte: Slack (1998)

Shillito e DeMarle (1992) propuseram que valor é uma função em que tempo deve ser considerado. Esta afirmação está consistente com a inclusão da frase “durante um período específico”, na definição de Womack e Jones (2003) em *Lean Thinking*. O tempo que um produto leva para chegar ao mercado tem uma forte influência no valor percebido do produto. Baseado nesta avaliação, o modelo da Figura 4.11 pode ser modificado para incluir o tempo como um fator primário na concepção do valor.

Figura 4.11 – Relação de valor para o cliente com o atributo tempo

Fonte: Adaptado de Slack (1998)

Adicionalmente, para aumentar a clareza a respeito do que se pode entender por preço, este atributo deve ser redefinido como custo da aquisição. Desta forma, ele pode ser colocado sob a ótica do cliente e tanto o custo de aquisição como os demais fatores envolvidos no ciclo do custo para o consumidor podem ser contabilizados. Neste momento, os custos de Suporte e Obsolescência devem ser considerados em acréscimo ao custo de aquisição em razão do fato de que eles, de forma significativa, são dirigidos pelas decisões tomadas no processo de desenvolvimento de produtos.

Figura 4.12 – Relação de valor para o cliente com o atributo custo expandido

Fonte: Adaptado de Slack (1998)

Este modelo parece consistente com o critério esboçado por Womack e Jones (2003) para expressar valor, pois está elaborado em termos de um produto específico, preço e tempo.

4.6.1.1 Outras Perspectivas de Valor

Até este ponto, a perspectiva de valor tem estado relacionada com a perspectiva do consumidor. Womack e Jones (2003) ressaltam que, nos trabalhos

mais recentes, este ponto tem sido o de única importância. Mas o fato é que existem outras perspectivas de valor, que podem influenciar o sucesso da implementação do mapeamento do fluxo do valor e do pensamento enxuto na organização para o desenvolvimento do produto. Duas outras perspectivas são aquelas relacionadas com os acionistas e os empregados. Por que considerar outras perspectivas? Donnivan *et. al.* (1998) propõem que o gerenciamento de processos deveria ser desenvolvido para, simultaneamente, garantir a otimização do valor para o investidor, cliente e empregados.

Uma questão surge: se é desejável focar somente na melhoria do valor para o cliente, sendo o valor para os acionistas e para os empregados uma consequência neste processo; ou se o cliente e a maximização do sistema de valor como um todo se beneficiariam com um foco mais amplo nas três perspectivas. Mesmo se aceitar focar que uma única dimensão do valor é suficiente, não existiria consenso na literatura de negócios de onde aplicar este foco. Mesmo sendo o Pensamento Enxuto claramente focado no valor cliente, existem outros pesquisadores, como Keen (1997) *apud* Slack (1998) que acreditam que o valor do acionista dirige esta área.

Em uma visão mais global, sugere-se que além do consumidor, empregados e acionistas existem outros *stakeholders*: fornecedores, comunidade e ambiente, em geral, por exemplo, que podem ser considerados no processo de criação de valor. Donnivan *et. al.* (1998) sugerem que as empresas de maior sucesso criam valor para todos os *stakeholders*, originando situações de sinergia onde o valor é criado de forma suficiente para que todos possam prosperar. A menos que os constituintes primários recebam valor suficiente, a empresa não prosperará, os clientes irão para os concorrentes, investidores procurarão outros investimentos e os empregados, novas opções de trabalho.

A capacidade de uma empresa em aprender, inovar e melhorar está diretamente relacionada com o valor desta empresa. Isto é, somente através da capacidade de lançar novos produtos, criar mais valor para os clientes e melhorar continuamente a eficiência das operações é que uma empresa pode penetrar em novos mercados e aumentar vendas e margens – em resumo: crescer e, portanto, aumentar o valor para os acionistas. (Kaplan e Norton, 1992).

Isto implica que a perspectiva de aprendizado não é perspectiva única de valor. Refere-se aos objetivos e medições de melhorias nas operações, que dão suporte ao aumento do valor para clientes e demais *stakeholders*. O *Balanced Scorecard* (BSC) ²¹ suporta estas múltiplas perspectivas de valor para clientes e acionistas, porém não faz referências ao valor para empregado. Segundo Slack (1998), isto complementa o Pensamento Enxuto da seguinte forma:

- ❑ Ambos compartilham o foco do valor no cliente;
- ❑ Ambos reconhecem a necessidade de dedicar atenção às atividades internas que suportarão a geração de valor para o cliente (fluxo do valor em termos enxutos);
- ❑ A aplicação de princípios enxutos é uma estratégia de melhoria motivada pelos objetivos de aprendizado no BSC; e
- ❑ A implementação do mapeamento do fluxo do valor cria uma oportunidade de identificar os parâmetros-chave de operação exigidos para a criação do BSC.

Pesquisas recentes suportam múltiplas perspectivas de valor, e sua decomposição para o cliente em atributos foi proposta para facilitar o entendimento e os esforços de melhoria para criação desse valor. Quando o objetivo é criar valor para outros *stakeholders* primários, torna-se necessário compreender os atributos únicos e o valor para cada perspectiva de valor; especificamente nas perspectivas do cliente, dos acionistas e dos organismos reguladores.

4.6.1.2 Valor para o Empregado

A perspectiva de valor para o empregado pode ser decomposta de forma análoga ao método utilizado na decomposição do valor para o cliente. Donnavan *et. al.* (1998) oferecem uma abordagem similar para definir o valor para o empregado, assim como foi feito com o valor para o cliente. O valor que um empregado quer de seu trabalho é uma função que leve em conta tanto as recompensas que este recebe

²¹ Para maiores detalhes sobre o BSC consultar Kaplan e Norton (1992).

da empresa como também a qualidade no trabalho. Neste caso, pode ser representado como na figura 4.13.

Figura 4.13 – Relações de valor para o empregado

Como a qualidade no trabalho e as compensações fazem parte da perspectiva do empregado, estas são mensuradas de forma relativa ao que existe no mercado de trabalho. Compensações incluem, além do salário, benefícios de planos de saúde e aposentadoria. Qualidade no trabalho inclui questões relacionadas com o balanceamento entre a própria atividade e a vida pessoal do funcionário, treinamento e desenvolvimento de habilidades, gerenciamento do desempenho e aumento de oportunidades. Diferentes funcionários terão distintas visões associadas com a qualidade no trabalho, assim como ocorre com o cliente no que diz respeito a qualidade do produto. Ao criar valor para os empregados, as empresas podem desenvolver uma vantagem baseada nas pessoas e suas habilidades, conduzindo, portanto, a uma vantagem no mercado.

4.6.1.3 Valor para o Acionista

O valor do processo de desenvolvimento de produto para os acionistas relaciona-se com as vendas futuras e os lucros advindos da realização de um produto. Quanto maior for a margem alcançada por um produto, maior será o valor para a empresa. Ao contrário das perspectivas de valor para o cliente e aos empregados, a perspectiva por parte dos acionistas é puramente econômica. O conceito de Valor

Econômico Agregado (VEA) estabelece que uma empresa somente crie valor, quando suas receitas excederem o capital investido. (Slack, 1998)

4.6.1.4 Valor para Organismos Reguladores

Até este ponto, o trabalho realizado por Slack (1998) contribui de forma consistente para entendimento do princípio de valor no desenvolvimento de produtos. Mas o autor não levou em consideração outro *stakeholder* que exerce importante papel no desenvolvimento de produtos: os organismos reguladores. Liu (2003) fez um levantamento, com mais de 140 respondentes, dos mais importantes processos ou atividades no desenvolvimento de produtos. O processo de Obtenção da Homologação dos produtos nos organismos reguladores aparece em terceiro lugar, atrás apenas dos processos de Teste do Produto e Validação dos Produtos.

Para Murman *et. al.* (2002), a indústria aeronáutica, por exemplo, opera em ambientes sóciopolíticos, regulatórios e institucionais complexos. O governo, por sua vez tem tido papel significante na evolução da indústria, pois, desde o início age como organismo regulador, cliente e facilitador de desenvolvimentos tecnológicos. Todavia, deve-se considerar que a importância desse *stakeholder* reflete-se em outros segmentos industriais, por exemplo: o farmacêutico, o da construção civil e o automobilístico.

Ainda observando a indústria aeronáutica alguns importantes organismos reguladores podem ser citados, como: o *Federal Aviation Administration* (FAA) nos EUA, o *Joint Aviation Administration* (JAA) na União Européia e o Departamento de Aviação Civil (DAC) no Brasil, que têm o objetivo de assegurar que todos os itens produzidos e fornecidos pelas empresas do ramo aeronáutico e comercializados em suas respectivas jurisdições estejam de acordo com os padrões e normas estabelecidos (Machado, 2004).

4.6.1.5 As Ligações entre as Perspectivas de Valor

A seguir, na Figura 4.14, há um modelo proposto por Slack (1998), inicialmente, para a integração entre os três fluxos primários de valor: clientes, empregados e acionistas. Após sua avaliação e para efeito desta tese deverá ser incluído o Valor para os Organismos Reguladores. Nesta figura, os atributos primários para cada fluxo de valor são mostrados – qualidade do produto, preço e prazo, relacionados ao cliente; qualidade do trabalho e compensação, relacionados ao empregado; e valor econômico agregado, relacionado ao acionista. Adicionalmente, são mostradas ligações entre esses atributos, que podem prover alguns *insights* sobre as interações dos fluxos de valor.

Figura 4.14 – Modelo para integração de múltiplas perspectivas de valor

Fonte: Adaptado de Slack (1998).

A ligação entre valor para o cliente e valor para o acionista pode ser descrita como segue: aumentado o valor para o cliente quando em comparação com a concorrência, gerará um aumento de demanda para o produto da empresa que aumentará as vendas. As vendas aumentadas, menos os custos fixos e variáveis associados com a produção do produto, resultarão em um aumento de ganhos, antes de juros e impostos. Finalmente, depois de serem considerados os juros e impostos e o custo do capital, o valor econômico agregado propiciará um impacto no valor para o acionista. O valor aumentado ao acionista estimula investimentos adicionais, tanto em termos de oferta de produtos da empresa, como na força de trabalho.

As melhorias resultante no produto e na qualidade de trabalho refletem de forma direta no valor para o cliente e para o empregado. Integrações adicionais propícias à discussão são aquelas relacionadas à compensação dos empregados. O aumento da compensação melhora o valor para o empregado, enquanto o acréscimo nos custos sofre um impacto negativo no valor para o cliente e para o acionista²². Neste caso, existem muitos fatores que influenciam o aumento dos custos associados ao incremento do retorno obtido e, também, o aumento da qualidade e produtividade associados com o aumento do valor para o empregado. O impacto resultante no valor para o cliente e para os acionistas dependerá da intensidade dessas interações.

4.6.2 O PRINCÍPIO DO FLUXO DE VALOR NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Assim como utilizado na abordagem de definição de valor, outros recursos e contextos podem propiciar *insights* sobre o que é fluxo de valor no processo de desenvolvimento de produto.

Algumas definições de fluxo, segundo Ferreira (1993):

- a) Ato ou modo de fluir;
- b) Corrente, curso fluido em um conduto de tráfego, numa rua, etc.;
- c) Movimento alternado (enchente e vazante) do mar para a praia;

²² Ver caso Xerox no capítulo 2 desta tese.

d) Seqüência ou vicissitude de acontecimentos.

Baseado nas definições isoladas de valor e fluxo, Slack propôs a seguinte definição para fluxo de valor:

Fluxo de Valor é a sucessão ininterrupta das atividades de desenvolvimento de produto ao longo das quais há contínua adição de atributos do produto, incluindo: qualidade, funcionalidade e utilidade, os quais conduzem diretamente às necessidades do consumidor. Slack (1998).

Nesta definição, as palavras-chave para este estudo são: “ininterrupta sucessão”, “constante movimento” e “mesma direção” que são a essência do pensamento enxuto e estão diretamente ligadas ao próximo princípio: fluxo.

4.6.2.1 Categorização das Atividades do Fluxo de Valor

Segundo Bauch (2004), a aplicação do princípio do fluxo de valor aos processos administrativos parece implicar o estado psicológico dos empregados. Womack e Jones (1996) destacam que em uma pesquisa realizada pelo psicólogo Mihaly Csikentmihalyi, da Universidade de Chicago, as pessoas referem-se a estas atividades como recompensadoras, pois estão associadas a um claro objetivo; à necessidade de concentração; à redução de interrupções ou distrações; a um claro e imediato *feedback* sobre o progresso para o alcance do objetivo e à sensação de desafio – a percepção de que suas habilidades são adequadas e suficientes para as tarefas que estão sob sua responsabilidade. Descobriu-se também se que as pessoas ao experimentarem estas condições estarão psicologicamente satisfeitas.

Para Slack (1998), na transição para um estado enxuto, nem todos os passos no fluxo de valor podem estar efetivamente criando valor. Assim como já citados anteriormente por Bauch (2004) neste trabalho, Womack e Jones (2003) estabeleceram categorias para os passos do processo, baseadas no potencial de criação de valor. As categorias são:

- Ações que criam valor para o cliente;

- ❑ Ações que não criam valor para o cliente, mas que, por algum motivo, são necessárias (*Muda – Tipo Um*); e
- ❑ Ações que não criam valor para o cliente e, portanto, podem ser eliminadas (*Muda – Tipo Dois*).

Existe a proposta de uma quarta categoria de ações que podem existir no fluxo de valor de uma empresa. São as ações que não só não criam valor para o cliente, como também podem reduzir o valor para o cliente. Isto pode ocorrer em passos do processo onde o valor não é completamente entendido e as intenções de adicionar valor acabam de modo efetivo, tendo o efeito contrário.

4.6.2.2 Relação entre Fluxo de Valor, Valor e Produto

A Figura 4.15 é uma generalização proposta por Slack (1998) do fluxo de valor associado a um dado produto e sua relação com o princípio de valor previamente definido. O fluxo de valor é a sucessão de atividades ou processos, ou passos que uma empresa utiliza para gerar valor para um determinado produto. Nesta figura, leva-se em conta o fluxo de valor para a empresa como um todo, mas o foco deste trabalho será apenas no processo de desenvolvimento.

Fluxo do Valor

Figura 4.15 – Relação entre Fluxo de Valor, Valor e Produto

Fonte: Slack (1998).

É necessário o entendimento do fluxo de valor no processo de desenvolvimento de produto e do tipo de ação para cada passo de forma a permitir a eliminação do desperdício e alcance de um desenvolvimento de produto enxuto.

4.6.3 PRINCÍPIO DO FLUXO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Para Slack (1998), este terceiro princípio, o fluxo, é definido como o alinhamento da seqüência de atividades necessárias requeridas para alcançar um fluxo de trabalho contínuo e útil, sem interrupções, passos desnecessários, lotes ou estoques. A fim de ter sucesso em conseguir o fluxo do trabalho, é preciso que entender o fluxo de valor, associado ao fluxo do trabalho. Se o fluxo de valor não for compreendido, então, a ligação para o valor do cliente perdeu-se e as mudanças realizadas no processo podem não proporcionar todas as melhorias desejadas. Analisando o objeto de trabalho atual e o fluxo de valor associado a ele, podemos observar que os objetos são feitos para fluir sem desperdícios, desde o início até o final do processo, respeitando fronteiras e barreiras. O objetivo do fluxo é centralizar-se em um produto específico e fazê-lo fluir pela empresa com o auxílio da reavaliação dos processos de trabalho e de ferramentas para eliminar desperdícios. Este conceito pode ser generalizado na Figura 4.16.

Figura 4.16 – Conceito de fluxo em desenvolvimento de produto

Fonte: Slack (1998).

4.6.3.1 O Papel da Informação no Desenvolvimento de Produtos

Slack (1998) esclarece que para entender o fluxo no contexto de desenvolvimento de produto, é necessário confrontar com o fluxo do produto na manufatura. No ambiente de manufatura pode-se igualar o fluxo do produto ao fluxo de material. No processo de desenvolvimento de produto, além do fluxo de materiais (modelos, protótipos, etc.) o produto que fluirá será, na maioria dos casos, a informação. Se se aceitar que o produto básico no processo de desenvolvimento de produtos será a informação, então deverão ser considerados todos os tipos de informação que existem nesses processos. Assim, a informação no processo de desenvolvimento de produto pode ser categorizada em diferentes áreas.

Slack (1998) propôs quatro categorias de informação: sobre o produto, informação a respeito do projeto, informação do processo e informação sobre o negócio.

- *Informação sobre o produto* – está diretamente relacionada ao produto que será realizado, depois de completado seu processo de desenvolvimento. O que inclui: transformação dos requisitos do cliente em requisitos de componentes do produto e transformação de requisitos dos componentes em parâmetros de projeto. Estas são as informações necessárias para criar um produto físico e gerenciar os esforços técnicos associados ao produto.
- *Informação de projeto* – está diretamente relacionada ao projeto ou programa. Informação de projeto inclui: informação de planejamento de recursos, informação de gerenciamento de custo e informação de gerenciamento de programação.
- *Informação sobre os processos* – esta define como o processo de desenvolvimento de produto deve ser executado e dá aos funcionários a direção para acompanhamento de suas tarefas.
- *Informação de negócios* – está relacionada aos processos de marketing, vendas e finanças.

Informação é o produto que flui ou o objeto de trabalho que deverá fluir de forma ininterrupta no processo de desenvolvimento de produto. Na implementação de princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos, todos os quatro tipos de informação estarão presentes no fluxo de valor.

Para Bauch (2004), assim como materiais, existem algumas propriedades fundamentais que caracterizam a informação e, simultaneamente, determinam algumas vantagens baseadas em sua correta utilização. Isto inclui os seguintes aspectos:

- A informação é um bem intangível;
- A informação é útil se o destinatário necessitar desta informação para realização de suas atividades;
- A informação não é um bem gratuito; portanto, ela poderá estar associada a determinado preço;
- O valor da informação está associado a um contexto e momento particular;
- O valor da informação poderá alterar-se por meio da adição, seleção, omissão e/ou concretização; portanto, a informação é aberta e condensável;
- Existem diferentes atributos de qualidade de informação, tais como: precisão, compleição, momento e confiabilidade;
- A informação pode ser transportada com a velocidade da luz, mesmo que o objeto com o qual ela esteja relacionada, não o possa;
- O comprador de informações apenas obtém cópias no papel das mesmas, porém o direito exclusivo de utilização ou, em particular, de propriedade é muito difícil de ser obtido;
- A informação é transferida por meio de “códigos”; desta forma, para compreendê-la é necessário que exista um veículo comum de troca;

- A obsolescência da informação não é causada pelo uso e, sim, pelo uso intempestivo; e
- Com Frequência, a informação é arbitrariamente dividida.

4.6.3.2 Os Sete Desperdícios da Informação

Existem alguns motivos pelos quais a informação acaba sendo desperdiçada ou mal-utilizada, estes foram classificados em sete categorias de desperdícios. (McManus, 2002)

- *Superprodução*: a criação de dados e informações desnecessárias, a disseminação indiscriminada da informação, informações que não são puxadas e, sim, empurradas ao longo do processo;
- *Inventário* – perda de controle, muita informação, retorno complicado, informação obsoleta ou desatualizada;
- *Transporte* – incompatibilidade com canal, falhas de comunicação, questões de segurança;
- *Movimentos Desnecessários* – falta de acesso direto, reformatações;
- *Espera* – envio tardio de informações, informações enviadas muito cedo (conduzem a retrabalho);
- *Defeitos de Produto* – falta de revisões, testes ou verificações;
- *Processamento* – produção desnecessária, formatação excessivamente “customizada”, muitas interações.

4.6.3.3 Exemplos de Muda²³ no Desenvolvimento de Produto

Por decorrência dos sete desperdícios da informação, diferentes tipos de *muda* podem ser identificados no ambiente de desenvolvimento de produtos. Para tanto, Slack (1998) utilizou como referência a descrição de mudas proposta por Womack e Jones (2003) para a manufatura. Na relação que segue, os exemplos de *muda* em desenvolvimento de produto estarão sempre, após a descrição do *muda* correspondente na manufatura.

- *Muda* de tempo de espera.

Muda de tempo de espera é a diferença entre o tempo total de processamento e o tempo exigido para atividades que criam valor. O fluxo de valor pode ser considerado não fluxo durante esse período. Em um centro de manufatura, o *set-up* pode ser considerado um exemplo desse tipo de desperdício.

- Exemplos de *Muda* de tempo de espera no Desenvolvimento de Produto

Este tipo de *muda* ocorre claramente tanto no ambiente de desenvolvimento de produto como na manufatura. Um exemplo pode ser: recolher uma informação exatamente como esta é gerada e precisar reformatá-la de acordo com o padrão de alguém, é uma atividade sem valor que pode ser classificada como *muda* de tempo de espera.

- *Muda* de transporte

Muda de transporte está associada ao tempo que o produto permanece na condição de transportado. O tempo de transporte é aquele em que não ocorre transformação física. O transporte é o tempo sobre o qual não se agrega valor ao produto; outro exemplo de muda de transporte é o número de vezes em que o produto é retirado e deixado em algum lugar.

- Exemplos de *Muda* de transporte no Desenvolvimento de Produto

²³ Termo japonês utilizado na abordagem enxuta para identificar tarefas que consomem recursos, mas não criam valor.

Este tipo de muda verifica-se no ambiente de desenvolvimento de produto de forma clara, assim como no ambiente de manufatura. Apesar de serem evidentes as reduções de muda no transporte, com o uso amplo de aparelhos de fax, correio eletrônico, redes de computadores, ainda restam algumas fontes de *Muda* de transporte em desenvolvimento de produtos. Pois, esta mesma tecnologia estabelece um tipo de *muda* de tempo de espera: a incompatibilidade entre as diferentes plataformas e *software*, que geram retrabalho em termos de reformatar e/ou reenviar a informação.

Um exemplo desse tipo de muda pode ocorrer quando determinados desenhos técnicos elaborados em um certo *software* de CAD (*Computer Aided Design*) precisam ser visualizados em um outro computador com uma versão mais nova do *software* ou, até mesmo, em um outro tipo de *software*.

- *Muda* de Inventário

Muda de inventário é o desperdício gerado pelos lotes de produtos semi-acabados ou acabados que aguardam entre cada uma das fases dos processos. Estes estoques de bens e recursos da empresa podem ser usados em outras atividades de geração de valor.

- Exemplos de *Muda* de inventário no Desenvolvimento de Produto

As filas no processo de desenvolvimento de produtos da mesma forma que na manufatura podem ser vistas, como exemplo, é possível citar as filas de informação “empilhadas” nas organizações funcionais onde diferentes programas competem por prioridade na execução de tarefas. Desta forma é possível lidar com questões similares de capacidade *versus* tamanho da fila. De fato, em razão da grande variabilidade inerente ao processo de desenvolvimento de produto, o gerenciamento ou eliminação de filas pode ser mais difícil do que no ambiente de manufatura.

- *Muda* de Defeitos

Muda de defeitos está associado à detecção de materiais com características não conformes, sendo relacionado com os problemas de qualidade ou de retrabalho do produto no sentido de corrigir um problema de qualidade. Este tipo de *muda* é

bem entendido, sendo foco de outros esforços de melhoria na empresa, tais como: Seis Sigma²⁴ e TQM (*Total Quality Management*).

- Exemplos de *Muda* de Defeitos no Desenvolvimento de Produto

Um exemplo clássico desse tipo de *muda* no ambiente de desenvolvimento de produtos trata-se de erro ou falha de engenharia, isto ocorre quando alguns requisitos são ultrapassados ou, até mesmo, não são considerados, nem são efetuadas as análises apropriadas ou as interfaces de sistema não são adequadamente consideradas. Falhas também podem acontecer quando os processos padronizados e estabelecidos não são seguidos e o aprendizado não é retido. Da mesma forma que na manufatura, quanto mais tarde o erro for percebido no processo, maior será o *muda*.

- *Muda* de Superprodução

Muda de superprodução está associado à elevada quantidade produzida de um determinado produto. Este *muda* é associado ao conceito de produção empurrada, cujos processos à montante fazem fluir uma quantidade de produtos que independe da necessidade dos processos a jusante. O tipo de *muda* está proximamente relacionado com *muda* de inventário, visto que a superprodução resulta, normalmente, no aumento de inventários.

- Exemplos de *Muda* de Superprodução no Desenvolvimento de Produto

Um exemplo de superprodução é a disseminação indiscriminada de e-mail's a destinatários que não estão relacionados diretamente com o fluxo do valor. Isto resulta em um significativo tempo perdido, no qual se gasta grande parte do tempo selecionando e lendo mensagens desnecessárias, podendo resultar na sobrecarga de informações. Quando isto ocorre, algumas mensagens são descartadas ou sequer lidas, resultando em uma potencial perda de informações que poderiam ser necessárias.

²⁴ Ver Miyake (2002)

- *Muda* de Superprocessamento

Este desperdício está associado aos passos extras que são exigidos em razão das ferramentas ou projetos de produtos pobres. A seleção das ferramentas pobres pode resultar em um tempo maior de processamento, se comparado à utilização da ferramenta correta.

- Exemplos de *Muda* de Superprocessamento no Desenvolvimento de Produto

Existe uma tendência, quando da elaboração dos documentos de requisitos, para começar o texto com uma revisão do que já foi feito no passado. Este processo pode conduzir à incorporação de requisitos ou *lessons learned* que não são necessárias aos sucessivos clientes do processo.

4.6.3.4 Aplicação das Técnicas de Fluxo

Na seção anterior foi, estabelecido que muitos desperdícios encontrados no processo de desenvolvimento dos produtos estão classificados nas mesmas categorias verificadas na manufatura. Baseado nesta similaridade, torna-se apropriado investigar o conjunto de técnicas que foram desenvolvidas pela manufatura para combater tais desperdícios e sua aplicação em desenvolvimento de produtos. A tabela abaixo elaborada por Slack (1998) apresenta alguns conceitos e técnicas utilizadas para criar o fluxo no ambiente de manufatura e oferece também determinados comentários de sua aplicabilidade no ambiente de Desenvolvimento de Produtos.

Tabela 4.2 – Correlação entre as técnicas de fluxo na manufatura e o desenvolvimento de produtos.

Técnica de Fluxo na Manufatura	Contexto de Desenvolvimento de Produto
<i>Capacidade Sistêmica</i>	
<p>O time deve incluir ao longo do fluxo do valor membros que entendam as competências do sistema, de forma que o produto possa fluir de forma suave do início ao fim do processo. A questão chave é que o entendimento do sistema pelos membros possibilita que o produto flua por todas as fases do processo. O conhecimento parcial de apenas algumas fases não permite a absorção dos conceitos que irão manter o fluxo do produto ao longo das fases.</p>	<p>Este conceito aproxima-se daqueles relacionados com engenharia simultânea e com os Times Integrados de Produto no desenvolvimento de produtos. Esta abordagem no desenvolvimento de produtos aproxima os times durante o projeto, proporcionando uma visão multidisciplinar que trará a perspectiva de fluxo de valor ao processo.</p>
<i>Tempo takt²⁵</i>	
<p>O conceito de <i>tempo takt</i> é usado para cadenciar a taxa de produção com a taxa de demanda. Isto possibilita a eliminação de muda de estoques e muda de superprodução (assim como o muda de subprodução).</p>	<p>O emprego de <i>tempo takt</i> no desenvolvimento de produto não é muito óbvio. Em última instância ele pode ser considerado como a duração do processo de desenvolvimento de um novo produto. <i>Tempo takt</i>, na manufatura, é utilizado para controle operacional e não se identificou nenhum corolário direto no processo de desenvolvimento de produto.</p>

²⁵ O tempo *takt* corresponde ao tempo total disponível para a produção dividido pela quantidade demandada. Exemplos: se uma fábrica opera oito horas por dia (320 minutos) e a sua demanda diária é de 640 unidades, o tempo *takt* é de 0,5 minutos (30 segundos). Se os clientes desejam quatro novos produtos por mês, o tempo *takt* é de uma semana.

Técnica de Fluxo na Manufatura	Contexto de Desenvolvimento de Produto
<i>Controle Visual</i>	
<p>O controle visual é utilizado para garantir que os membros do time estão cientes e para garantir o status da operação e do fluxo do produto. Esta visualização facilita a operação do tempo takt e permite um ajuste imediato, quando necessário, com a finalidade de alcançar as mudanças na demanda dos clientes.</p>	<p>Esta técnica revelou-se importante no alinhamento dos times e da organização como um todo para o alcance dos objetivos, pode e é aplicada no desenvolvimento de produtos. Um exemplo é o emprego de “sala de guerra” onde as informações importantes para o projeto são colocadas em um lugar onde possam ser vistas por todos os integrantes do time no curso normal de suas atividades. Informações como programação do desenvolvimento do produto, <i>status</i> do processo, pontos fortes e pontos fracos do programa são normalmente expostos. Sua utilização, porém, não facilitará a operação em <i>tempo takt</i>, mas facilitará os ajustes na direção de atingir os requisitos de mudança do programa.</p>
<i>Just-in-time</i>	
<p><i>Just-in-time</i> (JIT) é um sistema de controle da manufatura utilizado para movimentação de material na área da produção, de forma que se utilize para isso um mínimo estoque. JIT exige pequenos estoques de material em processo e tipicamente usa a ferramenta de <i>kanban</i> para o sistema de fluxo de informações, o que propiciará um eficiente meio de movimentação dos materiais. JIT é eficiente na redução de muda de estoque e muda de perda de tempo.</p>	<p>Assim como o tempo takt, a aplicação desta técnica de fluxo no ambiente de desenvolvimento de produtos não foi estabelecida.</p>

Técnica de Fluxo na Manufatura	Contexto de Desenvolvimento de Produto

Programação em Níveis

<p>Programação por nível é utilizada como um método que pode criar e tornar mais suave as programações diárias. Tipicamente uma requisição mensal de produção é dividida em trabalhos diários para estabelecer requisitos diários para a produção; portanto, suavizando o fluxo. Isto por que o JIT pode não ser satisfatório em um ambiente de freqüentes mudanças de demanda de produção. A programação em níveis facilita a implementação do JIT, por meio do aumento da previsibilidade dos requisitos de fluxo.</p>	<p>Existem métodos de Programação em Nível no ambiente de desenvolvimento de produtos, porém é provável que estes sejam menos usados neste contexto. Isto se deve ao fato de que é mais fácil ajustar a capacidade (mover e/ou acrescentar pessoas), do que no ambiente de manufatura onde a capacidade também depende de máquinas, instalações, etc.</p>
--	---

Proximidade Física

<p>As etapas da produção são arranjadas de forma que fiquem próximas fisicamente umas das outras e em uma seqüência que elimine o <i>muda</i> de transporte. Frequentemente, estes arranjos são chamados células. Células são arranjadas para minimizar as movimentações dos empregados. Desta forma eliminando também <i>mudas</i> de movimento. Em um sentido mais amplo, as instalações dos fornecedores tendem a estar próximas de seus clientes, permitindo a integração dos processos e eliminação de desperdícios.</p>	<p>Chamada de co-localização, a aproximação da localização física de times de desenvolvimento de produto facilita a coesão e a comunicação do time. A co-localização auxilia também na eliminação das barreiras organizacionais, assim como das barreiras entre fornecedores e contratantes, além de facilitar a integração de fluxos complexos de informações.</p>
---	---

Técnica de Fluxo na Manufatura	Contexto de Desenvolvimento de Produto
<i>Fluxo Contínuo</i>	
Um processo é ajustado de forma que o produto flua passo a passo e sem estoques. Isto é, frequentemente, chamado fluxo contínuo, pois elimina o processamento por lotes e elimina os <i>mudas</i> de estoques associados. Problemas de qualidade podem ser identificados e corrigidos com base no fluxo por etapas, em oposição à idéia de descobrir um problema de qualidade em um lote de produtos.	Assim como o tempo <i>Takt</i> e JIT, a aplicabilidade desta técnica no desenvolvimento de produto é questionável. O desenvolvimento de produtos não é repetitivo da mesma forma que a manufatura. Um corolário potencial para seu desenvolvimento é o fluxo simples do programa. Se uma organização de desenvolvimento de produto está aperfeiçoando programas múltiplos de desenvolvimento de produtos e estes ocorrem simultaneamente, a disputa por recursos entre os programas pode conduzir a atrasos no fluxo de informações, o que se propiciará em <i>muda</i> de inventário.
<i>Processos Capazes²⁶</i>	
A implementação completa de processos, equipamentos e funcionários capazes. Um processo é capaz quando elimina as variações que conduzem aos <i>mudas</i> de defeitos. A capacidade é verificada tanto por meio da certificação de processos e equipamentos, como pelo do treinamento de empregados.	Esta técnica é importante para os processos administrativos. Equipamentos no processo de desenvolvimento de produtos podem ser imaginados em termos de ferramentas analíticas utilizadas para desenvolver o projeto do produto. Em razão de sua natureza não repetitiva, no processo desenvolvimento de produtos a identificação de métricas e confirmação da eficácia destas ferramentas torna-se mais difícil, porém o mesmo nível de atenção deve ser despendido. A competência dos empregados está normalmente relacionada com programas apropriados de treinamento, cuja aplicação é também importante no processo de desenvolvimento de produtos assim como na manufatura. Empresas confiam grande parte de seu treinamento na forma <i>on-the-job</i> .

²⁶ Uma explicação clara e sucinta sobre processo capaz pode ser obtida em Carvalho (2002).

Técnica de Fluxo na Manufatura	Contexto de Desenvolvimento de Produto
<i>Padronização do Trabalho</i>	
<p>Processos de trabalho padronizados são estabelecidos. Estes estão com os processos capazes no que se refere a redução de variabilidades, que conduzem a <i>mudas</i> de defeito. O processo de trabalho padronizado provê as bases para os processo documentados e a absorção de <i>lessons learned</i>.</p>	<p>O trabalho padronizado é usado no desenvolvimento de produtos com o mesmo propósito da manufatura. O trabalho padronizado no desenvolvimento de produtos pode envolver a definição de ferramentas específicas, a definição específica de produtos, ou mesmo, abordagens e verificação.</p>
<i>Treinamento Cruzado</i>	
<p>Os membros dos times que possuem habilidade cruzadas são empregados com o objetivo de garantir a flexibilidade na condução das tarefas. Esta flexibilidade pode ser instrumento para se evitar quedas de recursos ao longo do processo, que podem ocorrer em razão de várias causas. O treinamento cruzado permite que os recursos possam ser alternados ao longo do processo, eliminando potenciais <i>mudas</i> de tempo de espera, para garantir a manutenção do fluxo contínuo.</p>	<p>Membros dos times que possuem habilidades cruzadas podem auxiliar nos casos de variações localizadas de demanda, pela redistribuição do pessoal. Duas perspectivas de desenvolvimento de produtos vêm à mente quando se discute a utilização dos membros de equipes com habilidades cruzadas: a primeira, é que o desenvolvimento de produtos é tipicamente executado por uma equipe de engenheiros, tipo de “curinga”, com profundas e amplas competências. Esta flexibilidade seria, portanto, algo que já existe no desenvolvimento de produtos. A segunda, muito se tem focado na formação de generalistas para a criação desta flexibilidade; assim como para expandir a perspectiva do empregado permitindo um melhor entendimento das decisões tomadas. Este foco, porém, tem feito surgir questionamentos sobre erosão das competências específicas, cuja a expansão têm implicado na redução de sua profundidade.</p>

Técnica de Fluxo na Manufatura	Contexto de Desenvolvimento de Produto
<i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	
<i>Total Productive Maintenance (TPM)</i> é utilizada para garantir 100% de disponibilidade dos equipamentos de processo. A TPM elimina tanto o <i>muda</i> de tempo, que surge em razão da quebra de uma máquina, quanto o <i>muda</i> de defeitos, que são originados em função do produto não conforme, que pode se originar pelo desgaste da máquina ou da ferramenta.	A aplicação desta técnica no desenvolvimento de produtos é garantida. Ferramentas de desenvolvimento de produtos, incluindo <i>softwares</i> , ferramentas de análise e de projeto requerem manutenção para garantir sua disponibilidade quando necessária para que o fluxo do trabalho seja mantido.
<i>À Prova de Erro (Poka Yoke)</i>	
Alguns tipos de sistema são empregados para permitir que os empregados monitorem o trabalho por eles executado e utilizem técnicas que impeçam erros. A eliminação da possibilidade de erros reduz os <i>mudas</i> de tempo de espera pela eliminação de inspeções dedicadas e podem reduzir, também, muda de tempo de espera pela identificação de problemas de qualidade já no início.	Novamente, o desenvolvimento de produto seria beneficiado com o uso desta técnica. Alguns exemplos atuais podem ser obtidos, particularmente, na área de ferramentas de controle numérico.

Fonte: Adaptada de Slack (1998).

4.6.3.5 Fluxo *versus* Muda

Os dados que foram apresentados, suportam a existência dos mesmos tipos de desperdícios tanto na manufatura como no processo de desenvolvimento de produto. Adicionalmente, foi apresentada uma revisão das técnicas de fluxo na manufatura nas quais foi possível identificar quais técnicas podem ser aplicadas no desenvolvimento de produtos com o propósito de eliminar desperdícios e facilitar o fluxo do trabalho. A dados da tabela 4.3 correlacionam as categorias de desperdício com as técnicas de fluxo que podem ser usadas para a redução de desperdícios.

Tabela 4.3. Correlação entre categorias de desperdícios e técnicas de fluxo.

<div> <div>Técnicas</div> <div>Categorias</div> </div>	Tempo de espera	Transporte	Inventário	Defeitos	Superprodução	Super-processamento	Movimento	Complexidade	Retardo
Competência Sistêmica	X	X				X		X	X
Controle Visual					X				
Programação em Níveis					X				
Proximidade Física	X	X					X		
Processos capazes				X		X		X	X
Padronização do trabalho				X		X		X	X
Treinamento Cruzado	X	X					X		
TPM	X			X				X	
À prova de erro (<i>Poka Yoke</i>)	X			X					
Tempo <i>Takt</i>	Aplicação X Questionário X Em desenvolvimento de produtos								
Just in Time			X		X				
Fluxo Contínuo			X		X				

Fonte: Adaptada de Slack (1998).

A tabela também identifica as técnicas que têm sua aplicabilidade questionada no esforço de transição para um processo de desenvolvimento de produto enxuto (área sombreada). Estas mesmas técnicas apresentam os mesmos tipos de *muda* inventário e superprodução. Visto que nenhuma outra técnica está relacionada diretamente com o muda de inventário, alguma outra, possivelmente, a técnica de fluxo único, será exigida no ambiente de desenvolvimento de produtos de forma a classificar este tipo de *muda*.

Esta seção introduziu o terceiro princípio: Fluxo. o conceito de ter a informação como o “produto” ou o objeto de trabalho no processo de desenvolvimento de produto foi, então, ressaltado e o Fluxo definido, como o

alinhamento de todas as atividades necessárias para se alcançar um firme fluxo do trabalho, sem interrupções, passos desnecessários, lotes ou filas. O fluxo pode ser alcançado pela eliminação de desperdícios no fluxo do valor das atividades do processo de desenvolvimento de produtos.

4.6.4 O PRINCÍPIO DO SISTEMA PUXADO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

A procura de analogias entre a produção puxada no ambiente de manufatura e no ambiente de desenvolvimento de produtos foi considerada mais difícil do que nos princípios de Valor, Fluxo de Valor e Fluxo. Desse modo, utilizando-se de um alto nível de abstração, seria possível construir um paralelo entre uma empresa que não inicia um processo de desenvolvimento de um novo produto antes que um cliente (ou um grupo de cliente) tenha indicado intenções de comprar o produto.

Um exemplo acontece quando a Pratt & Whitney retarda o lançamento de um novo motor até que os clientes da aeronave e das linhas aéreas estejam engajados no programa. Mas exemplos contrários existem, cujas empresas optam por correr o risco do desenvolvimento de um novo produto antes de ter o comprometimento dos clientes, das indústrias de tecnologia de rápido avanço. O lançamento de um novo esforço de desenvolvimento de produto é uma questão estratégica e, portanto, não se encaixa perfeitamente no conceito de produção puxada.

No entanto, uma vez que a decisão é tomada para iniciar o desenvolvimento de um novo produto, existem vantagens em estruturar o programa e os processos de forma que esta informação seja puxada através do processo, em oposição a empurrá-la através do processo? Existem algumas diferenças marcantes entre os processos de manufatura e de desenvolvimento de produtos que são importantes nesta discussão. O processo de manufatura, geralmente, é sequencial - por natureza, não interativo e repetitivo. Contrastando isto com o processo de desenvolvimento de produto, o qual, geralmente, é realizado em uma rede de trabalho, envolvendo tanto processos sequenciais como em paralelo, que pode ser altamente interativo e, freqüentemente, não é repetitivo (pelo menos, para as longas durações dos projetos aeroespaciais).

Estas diferenças básicas podem exigir o seguinte questionamento: é possível que o método de controle de processo chamado produção puxada seja aplicado no processo de desenvolvimento de produto com o mesmo sucesso do ambiente de manufatura?

4.6.5 O PRINCÍPIO DA PERFEIÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Conseguir a perfeição no ambiente de desenvolvimento de produtos, assim como na manufatura, é alcançar o estado futuro do fluxo do valor após a eliminação de mudas. Não há uma forma padrão ou padronizada para a melhoria do processo de desenvolvimento do produto. O princípio da perfeição, provavelmente, tenha menos novidade ou singularidade em relação a outras iniciativas de melhoria de processos do que quando comparado com os outros quatro princípios, que são únicos perante a visão enxuta.

Nas publicações recentes na área de negócios, existem abordagens que podem ser utilizadas como apoio à implementação dos conceitos enxutos. A abordagem de gerenciamento por projetos²⁷ é uma dessas referências e será empregada quando da elaboração da metodologia.

Os dados da tabela 4.4 comparam a aplicação dos princípios enxutos no ambiente de manufatura e no desenvolvimento de produtos.

Tabela 4.4 - Comparação entre a aplicação dos princípios enxutos no ambiente de manufatura e no desenvolvimento de produtos.

	Manufatura	Desenvolvimento de Produtos
Definir valor	Visível em cada etapa, meta definida.	Difícil de se enxergar, metas emergentes.
Identificar o fluxo do valor	Partes e material.	Informação e conhecimento.
Fazer o processo fluir	As interações são desperdícios.	As interações freqüentemente são benéficas.
Sistema Puxado	Dirigido pelo tempo <i>takt</i> .	Dirigido pelas necessidades da empresa.
Perfeição	Processo sem erros e repetível.	Processo permite a inovação e reduz tempo de ciclo.

²⁷ Para maiores detalhes, consultar Kenzner (1998) e o guia PMI (2001).

4.7 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Conforme Clausing (1994), os produtos são tradicionalmente desenvolvidos com base em projetos parciais, estruturados para produtos complexos por meio de um planejamento por etapas e carregado de burocracias gerenciais que não acrescentam o valor necessário. O tradicional processo de desenvolvimento de produtos é freqüentemente representado por “casulos” na organização ou por meio da seqüência de desenvolvimento ao estilo *over-the-wall*²⁸.

No entanto, Clark e Fujimoto (1991) apontaram as desvantagens desta abordagem tradicional: dificuldade em projetar com simplicidade e confiabilidade; fracasso em atentar para questões como qualidade do produto manufaturado, no processo de projeto; fracas considerações sobre manufatura, longo tempo de desenvolvimento, fraco envolvimento com fornecedores, e negligências no que tange ao melhoramento contínuo. A fim de vencer estas desvantagens relacionadas com o processo de desenvolvimento de produtos tradicional, a engenharia simultânea propõe a realização de processos simultâneos desenvolvidos por times multifuncionais de desenvolvimento.

A engenharia simultânea tem recebido muita atenção desde o início dos anos de 1980, porém esta atenção tem se intensificado a partir de 1988 (Clausing, 1994). A idéia de engenharia simultânea popularizou-se em função do grande sucesso dos produtores de automóveis japoneses no mercado americano, na década de 80.

Na literatura sobre desenvolvimento de produtos, tornou-se uma premissa básica que a engenharia simultânea é um requisito para o sucesso de uma organização para desenvolvimento de produtos (Clark e Fujimoto, 1991; Wheelwright e Clark, 1992; Morgan, 2002). Basicamente, a engenharia simultânea é a prática de executar, em paralelo, atividades que são necessárias ao desenvolvimento de produtos.

²⁸ Expressão que literalmente significa “jogar por cima do muro”, mas no contexto gerencial significa passar adiante o produto ou atividade que está sendo realizada sem que se avalie a necessidade ou disponibilidade do setor subsequente.

Desta forma, nesta abordagem a principal idéia implícita está em estabelecer a colaboração entre diferentes elementos funcionais de uma empresa durante o processo de desenvolvimento de produtos. Com a finalidade de abordarem de forma conjunta as questões, tanto de início de projeto como a jusante do processo, para oferecer ao mercado um produto de sucesso a um preço adequado.

Portanto, a execução em paralelo de diferentes fases do processo de desenvolvimento, pela colaboração de distintos grupos multifuncionais pode ser vista como a essência da engenharia simultânea.

Para o sucesso na implementação da engenharia simultânea, dois fatores precisam ser observados: primeiro, ela objetiva a execução em paralelo de atividades de desenvolvimento ao invés de atividades sequenciais. Portanto, é importante definir as dependências entre as atividades de projeto e organizar as atividades, de acordo com estas dependências e com o momento. Em outras palavras, a clara identificação e o cuidadoso controle do fluxo de informações entre as fases do desenvolvimento são essenciais. Segundo, há um grande número de pessoas envolvidas no desenvolvimento de produtos. Desta forma, torna-se importante organizá-las, conforme o fluxo de informações identificado. A partir do momento que são pessoas que realizam as atividades atuais de desenvolvimento, é relevante organizá-las adequadamente para que as informações alcancem-nas de forma livre e no momento certo.

A tecnologia da informação tem propiciado o aumento da velocidade e a disponibilidade da comunicação. A modelagem baseada em *softwares* de CAD (Computer Aided Design) com as redes de computadores estão revolucionando a capacidade de engenharia simultânea (Morgan, 2002). Contudo, mesmo sendo necessária, a tecnologia é insuficiente para fazer a integração de atividades funcionais e muito da literatura tem focado em soluções organizacionais para a solução deste problema.

Além do exposto, há na literatura sobre engenharia simultânea uma clara evidência do esforço para redução do tempo de ciclo de desenvolvimento. Mas, como observado no capítulo 2, esta busca pela redução do tempo de ciclo pode levar

à erosão de outros objetivos de eficiência igualmente importantes. No caso da Xerox, narrado no capítulo 2, é possível perceber que o sucesso na redução do tempo de ciclo foi ofuscado pelo aumento de homens-hora utilizados, que ultrapassaram sobremaneira o planejado.

Os dados da tabela 4.5 estabelecem as relações entre a engenharia simultânea e os princípios enxutos. Cabe ressaltar que as características citadas na tabela são complementares.

Tabela 4.5 – Abordagens de Engenharia Simultânea e Princípios enxutos

Engenharia Simultânea	Princípios Enxutos
<ul style="list-style-type: none"> • Focada na integração de diferentes funções, utilizando ferramentas formais e mecanismos organizacionais de forma a obter melhorias em termos de custo, qualidade e prazo. • Pode ou não contribuir para um processo enxuto. • Não provê uma abordagem que foque explicitamente o fluxo do valor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Filosofia focada na eliminação de desperdícios e criação de valor. • Não oferece detalhes específicos necessários a criação de valor no processo de desenvolvimento de produtos, porém provê técnicas genéricas para análises detalhadas. • Provê uma abordagem contextualizada e priorizada de alto nível para a melhoria do processo.

Fonte: Haque (2000).

A engenharia simultânea descreve uma estratégia de alto nível para a organização de atividades de diferentes funções no processo de desenvolvimento de produtos, há, contudo, questões relacionadas com abordagens específicas que, atualmente, estão sendo desenvolvidas para a execução do processo de engenharia e para o projeto de tarefas. Uma dessas abordagens é conhecida como *set-based concurrent engineering*.

4.8 ENGENHARIA SIMULTÂNEA SET-BASED

Ward, *at. al.*(1995) descreve o projeto *set-based*, como uma abordagem de solução de problemas na qual projetistas avaliam um conjunto de alternativas. Como

o processo de desenvolvimento de produtos exige uma continuidade, este conjunto de alternativas de solução vai gradualmente sendo reduzido até que se obtenha uma solução final. Os autores contrastaram esta abordagem com a tradicional prática de melhorar e corrigir gradualmente um projeto único até que se obtenha uma solução final satisfatória. Esta abordagem tradicional foi chamada pelos autores de *point-based*.

Segundo as pesquisas de Ward *et al.*(1995), o processo chamado de *set-based* é um processo relativamente pouco estruturado, com equipes multidisciplinares não colocalizadas e sem dedicação exclusiva. Ou aspecto interessante sobre a abordagem é que, ao contrário de congelar as especificações o mais cedo possível, as mesmas são adiadas e as especificações finais são enviadas aos fornecedores o mais tarde possível no processo. Na engenharia simultânea tradicional, o objetivo é reduzir o número de protótipos; porém, na Toyota, objeto de estudo de Ward, *et al.*(1995), os fornecedores trabalham no sentido de ampliar o número de protótipos. O que muitas das vezes parece ser um contra-senso, tem na verdade revelado indicadores que tornam o desempenho no desenvolvimento de produtos na Toyota eficiente, quando comparado com outras empresas com desenvolvimento convencional. Isto levou os pesquisadores a concluírem que este é o segundo paradoxo da Toyota, o primeiro seria o sistema de produção *Just-in-Time* (JIT). Desta forma, a Toyota consistentemente entrega produtos de alta qualidade mais rápido que seus concorrentes, Morgan (2002).

5 ESTUDOS DE CASO DAS PRÁTICAS INDUSTRIAIS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados das avaliações relativas ao processo de desenvolvimento de produtos realizadas nas empresas A, B e C. As avaliações objetivaram investigar qual o alinhamento das empresas com os princípios enxutos, e para tanto foi utilizado um formulário adaptado do *Lean Self Assessment* (LESAT) proposto pelo MIT (Anexo A). Este formulário está relacionado com as questões de pesquisa elencadas no capítulo um. Ao longo deste capítulo, além dos resultados obtidos com a aplicação do questionário, também será apresentada uma breve descrição do perfil de cada uma das empresas participantes, possibilitando, então, a compreensão das características do processo de desenvolvimento de produtos destas empresas. À medida que as respostas referentes às questões principais dos formulários forem apresentadas, análises cruzadas dos casos também serão construídas a fim de proporcionar validação interna ao processo de pesquisa.

5.1 PERFIL DAS EMPRESAS E MÉTODOS DE COLETA DE DADOS

5.1.1 EMPRESA A

A empresa A pertence à indústria aeronáutica brasileira, porém a sua atuação se expande para além das fronteiras do território nacional. Seus principais produtos são aeronaves de transporte regional de passageiros e aviões de emprego militar, além de atuar como fornecedora de partes para outras empresas da indústria aeronáutica internacional. Em função de alguns critérios de confidencialidade as informações dos questionários foram obtidas basicamente através de três fontes: a partir de entrevistas realizadas durante três visitas à fábrica, visitas estas que ocorreram ao longo de seis meses; observação direta durante as mesmas visitas e artigos e trabalhos científicos sobre a empresa em questão. As entrevistas foram realizadas com um engenheiro (Phd) representante do setor de ligação institucional e com um engenheiro representante do setor desenvolvimento tecnológico.

5.1.2 EMPRESA B

A empresa B é governamental, sua principal atividade é o desenvolvimento de itens aeronáuticos de reposição para a frota de aviões da Força Aérea Brasileira. O processo de desenvolvimento de produtos nesta empresa tem como principais características: um alto grau simultaneidade de produtos sendo desenvolvidos e também uma quase-totalidade de desenvolvimento puxado a partir da necessidade dos clientes. Para o preenchimento dos questionários, foram realizadas visitas mensais ao longo de um ano. Os entrevistados pertenciam à alta administração, ao corpo de engenheiros e ao quadro técnico.

5.1.3 EMPRESA C

A empresa C ligada ao setor automobilístico que reconhecidamente tem se dedicado às atividades de desenvolvimento de produtos; destaca-se por ter sido, entre as empresas concorrentes, a primeira que investiu, nos anos de 1970, em atividades de engenharia do produto no Brasil. Da década de 70 até hoje, a empresa tem variado substancialmente o escopo e alcance de suas atividades de engenharia de produto, acompanhando sempre as estratégias de desenvolvimento adotadas pela corporação.

Os produtos desenvolvidos pela empresa C têm como características o emprego de plataformas já existentes desenvolvidas fora do Brasil; desta forma, a engenharia brasileira atua de forma marginal, fornecendo apenas informações que são particulares e específicas ao mercado brasileiro. Os produtos derivativos têm atividades mais elaboradas da engenharia de produtos do Brasil, porém algumas especificações são previamente especificadas pela matriz.

As entrevistas foram realizadas com um gerente, responsável pela redução de custos no processo de desenvolvimento de produtos. Os questionários foram respondidos pelo correio eletrônico e não foram realizadas visitas às empresas. Algumas fontes de dados secundários, como: artigos científicos e dissertações e teses sobre a empresa também foram usados com o objetivo de fazer a triangulação das informações.

5.2 RESUMO DAS RESPOSTAS OBTIDAS

As respostas das empresas estudadas revelaram importantes diferenças, no que diz respeito ao processo de desenvolvimento de produtos.

O primeiro ponto que se deve ressaltar a respeito dessas diferenças no processo de desenvolvimento está relacionado com a complexidade dos produtos desenvolvidos pelas distintas empresas. A empresa A desenvolve produtos de complexidade maior e possui um processo de desenvolvimento mais alinhado com as ferramentas sugeridas pela academia. A empresa B desenvolve produtos de complexidade moderada a baixa e o alinhamento com as ferramentas sugeridas pela academia é ocasional. A empresa C dedica-se ao desenvolvimento de produtos plataforma com grau de complexidade intermediário quando comparada à empresa A e à empresa B.

O segundo ponto diz respeito ao esforço empreendido para o desenvolvimento de produtos. As empresas reconhecem a importância de um processo de desenvolvimento de produtos formalizado, todas, de certa forma, possuem um documento onde consta este processo. Mas, sua utilização efetiva foi mais bem observada na empresa A e C. Na empresa B, o uso dos passos constantes no processo deveu-se, sobretudo pela necessidade de implementação de um sistema da qualidade. Na empresa C, conforme relatado pelo entrevistado, embora haja um processo amplamente conhecido e divulgado podem ser identificados diversos pontos de ineficiência no processo de desenvolvimento de produtos.

A empresa A é reconhecida e referenciada em vários trabalhos acadêmicos em virtude de sua excelência no desenvolvimento de produtos e, em especial, pela sua competência em integração de sistemas complexos. A qualidade de seus produtos tem sido reconhecida em todo o mundo. Desta forma, era esperado que a empresa A implementasse muitas das ferramentas propostas pela academia e que são *benchmark* para o processo de desenvolvimento de produtos. Alguns desses exemplos são a utilização de times integrados de desenvolvimento e abordagem sistêmica de desenvolvimento – com o processo dividido em nove etapas e mecanismos sofisticados de prototipagem. Estas ferramentas foram identificadas por meio de

visitas feitas à empresa e de alguns trabalhos acadêmicos consultados, que serão referenciados ao longo deste capítulo. A empresa A também possui um grupo responsável pela pesquisa de novas tecnologias para futura implementação em seus processos, depois de analisada a viabilidade de implementação este conhecimento é disseminado e implementado.

No entanto a empresa A, não demonstrou uma atuação sistemática no que tange à eliminação de desperdícios ao longo do processo de desenvolvimento do produto. Isto não significa que estes desperdícios não ocorram e que a empresa não esteja preocupada com esta melhoria, até porque a melhoria ocorre, porém, de forma ocasional.

A empresa B possui características bem diferentes da empresa A. Na empresa B, são desenvolvidos basicamente produtos que são componentes para uso em aeronaves. Uma equipe multifuncional é constituída sempre que um novo produto precisa ser desenvolvido. Esta equipe, formada basicamente por engenheiros, limita-se ao estudo preliminar da possibilidade técnica de execução do projeto. Depois desta fase, o processo de desenvolvimento segue os passos previstos em um documento formal, sem que necessariamente este processo seja revisado com a finalidade de adequação aos mais diferentes produtos desenvolvidos pela empresa.

A empresa C possui um departamento, que foi concebido exatamente para criação de alternativas de desenvolvimento de novos produtos, tanto no que se refere ao emprego de materiais como às atividades do processo de desenvolvimento. Este departamento, porém ainda está tendo algumas dificuldades de implementar melhorias; primeiro, porque tem atuado em especial à *posteriori* e segundo, pela resistência natural dos projetistas que, quando se trata do produto, não aceitam facilmente as alterações propostas, por exemplo, o emprego de um material em substituição ao que havia sido anteriormente projetado.

Mesmo que nenhuma das empresas estudadas utilizasse, formalmente, um processo de desenvolvimento enxuto, foi possível observar que na empresa A vários princípios e práticas enxutas estavam presentes no processo de desenvolvimento. Na empresa B, o entendimento do termo “enxuto” era limitado o que exigiu, para que se

pudesse dar início às entrevistas e à aplicação do formulário, uma breve explanação do significado e da aplicação da abordagem enxuta. Na empresa C, mesmo que distante das práticas enxutas no processo de desenvolvimento foi identificado que existem iniciativas de melhorias, baseadas inclusive nos princípios propostos pelo professor Allen Ward.

5.3 RESPOSTAS DETALHADAS OBTIDAS PAUTADAS NO FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO

O formulário de avaliação do alinhamento do processo de desenvolvimento de produtos das empresas estudadas com os princípios enxutos tem como linha de investigação a seguinte premissa: as decisões sobre o processo de desenvolvimento de produto devem estar alicerçadas em quantificações e *tradeoffs* de valor, de forma a incorporar os *inputs* dos *stakeholders* envolvidos.

O formulário, além de questionar sobre tópicos específicos, também permitiu avaliar o grau de alinhamento das empresas com relação a este tópico e o estado futuro desejado. O formulário possibilitou ainda anotações de evidências do estado atual e de oportunidades de melhorias.

As seguintes questões exploradas para cada tópico foram:

1. O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido?
2. Os clientes e demais *stakeholders* (acionistas, funcionários, etc.) são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento?
3. As preocupações iniciais dos *stakeholders* sobre o projeto e seu desenvolvimento são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível?
4. As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas?
5. O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico?

6. Produtos e processos são desenvolvidos de forma simultânea?

5.3.1 O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS FORMALIZADOS E COMPREENDIDOS.

Esta primeira questão do formulário de investigação procurou verificar se o processo de desenvolvimento de produtos é formalizado e compreendido. Como exemplificado na Quadro 5.1, as empresas analisadas possuem um processo formal para o desenvolvimento de produtos, porém utilizam diferentes etapas para sua consecução. Os engenheiros entrevistados, sem exceção, reforçaram a importância de um processo formal e documentado.

O formulário para coleta de informações explorou as seguintes questões, no que se relaciona com a formalização e compreensão do processo de desenvolvimento:

- Existe um processo de desenvolvimento de produtos formalizado?
- O processo é seguido?
- Os participantes compreendem as etapas do processo de desenvolvimento?
- O processo é revisado no sentido de obter melhorias no fluxo das atividades que o compõem?

Nesta etapa do formulário, observou-se o alinhamento com o princípio do fluxo e o princípio da perfeição.

Quadro 5.1 – Sumário das questões relativas à formalização e compreensão do processo de desenvolvimento de produtos, nas empresas A, B e C.

Empresa	Existência de um processo formal	É seguido? (se não como se realiza o PDP?)	Os participantes o compreendem?	Quem participa do processo de melhoria?
A	Existe	O processo é seguido de acordo com as etapas pré-estabelecidas.	Em função da complexidade do produto desenvolvido nem todos os participantes têm compreensão de todas as suas etapas.	Existe uma equipe responsável pela investigação de novas técnicas que possam melhorar o processo.
B	Existe	O processo é seguido de acordo com as etapas pré-estabelecidas.	Os principais envolvidos no processo de desenvolvimento têm compreensão de suas etapas.	Todos os participantes podem participar do processo de melhorias que são realizadas ocasionalmente.
C	Existe	O processo é seguido e pode ser acompanhado através de documentação específica.	Segundo o entrevistado o processo é amplamente conhecido e divulgado.	Cabem a um setor específico as atividades e iniciativas de melhoria.

Em seguida, são apresentados de forma mais detalhada os processos formais de desenvolvimento de produtos de cada empresa.

5.3.1.1 Empresa A

O processo de desenvolvimento de produtos da empresa A já foi explorado em vários trabalhos acadêmicos, é considerado um modelo mais integrado, flexível e arquitetural em rede de informações. Na Figura 5.1, pode-se observar as fases desse processo:

Figura 5.1 – Macrofluxo do processo de desenvolvimento de produtos da empresa A.

Estudo preliminar – em que são realizadas as análises de mercado e a definição de algumas especificações técnicas.

Concepção – ocorre o refinamento e a validação da configuração.

Detalhamento – nesta etapa, são detalhados requisitos de sistemas e comportamento aerodinâmico.

Prototipagem – são fabricados os protótipos.

Ensaio e Certificação – certificar a aeronave aos órgãos homologadores.

Para a empresa A, cada novo projeto é uma oportunidade de implementação de melhorias gerenciais. O processo representado na Figura 5.1 foi ao longo do tempo incorporando aspectos de desenvolvimento simultâneo até chegar ao que foi denominado Desenvolvimento Integrado de Produtos – DIP, representado, conforme Figura 5.2.

Figura 5.2 – Representação do Desenvolvimento Integrado de Produtos da Empresa A.

Fonte: Nascimento *et. al.* s/d.

O desenvolvimento integrado de produto designa uma nova maneira de tratar a integração das funções empresariais no projeto de aviões. A idéia é criar processos integrados e aumentar o escopo das equipes de projeto para incorporar mais funções do restante da empresa e até de fora dela. Cabe aqui lembrar que a Empresa A passou por uma reengenharia que a dividiu em processos e designou uma equipe que ficou responsável, exclusivamente, por esta transformação organizacional.

5.3.1.2 Empresa B

O processo de desenvolvimento de produtos da Empresa B está formalizado em um documento que surgiu primeiramente com a implantação de um sistema de qualidade. Este documento é seguido em todas as suas etapas para qualquer que seja o projeto. Da forma como está representado, o processo está complexo, pois não só as etapas do desenvolvimento de produto, mas também todas as atividades administrativas aparecem no diagrama. A Figura 5.3²⁹ oferece uma idéia de como o processo está estruturado.

Figura 5.3 – Representação do processo de desenvolvimento de produtos da Empresa B.

Este tipo de representação do processo de desenvolvimento de produtos explicita a falta de definição por parte da empresa no que se refere à sua competência essencial. Mesmo tendo como principal atividade o desenvolvimento de novos produtos para emprego aeronáutico, as atividades administrativas de licitação dos fornecedores aparecem de forma mais detalhada no documento que formaliza o processo de desenvolvimento.

²⁹ A visibilidade da figura foi intencionalmente reduzida para preservar informações da empresa.

O fluxograma da Figura 5.3 foi elaborado pelo engenheiro responsável pelo sistema da qualidade. Em entrevistas realizadas com técnicos participantes do processo e engenheiros, pode-se verificar que, de uma forma geral, os envolvidos compreendem o processo de desenvolvimento em cada uma de suas etapas, que podem ser resumidas em seis. A Figura 5.4 apresenta a representação simplificada do processo.

Figura 5.4 – Processo de Desenvolvimento de Produto da Empresa B, excluindo as atividades administrativas

Fonte: elaboração do autor da pesquisa

As melhorias do processo são ocasionais, porém todos os envolvidos podem participar. A participação efetiva, carece de um melhor entendimento da atividade-fim da organização. Segundo o engenheiro responsável pelo sistema da qualidade, a percepção desta atividade-fim divide-se entre o desenvolvimento de produtos e a aquisição do serviço de manufatura dos produtos já desenvolvidos.

5.3.1.3 Empresa C

A empresa C não disponibilizou informações sobre as fases específicas de seu processo de desenvolvimento, porém garantiu que nas atividades de desenvolvimento existem vários pontos de controle que garantem as atividades anteriores que foram executadas e que o processo pode avoluir para a fase seguinte.

Existem, também, sistemas que possibilitam acompanhar os desenvolvimentos, sistemas para avaliar o andamento das certificações, sistemas para gerenciar modificações e sistema para acompanhar ferramentas e peças em fornecedores.

5.3.2 ENVOLVIMENTO DE *STAKEHOLDERS*

A segunda a terceira questões do formulário procuraram entender a participação dos clientes e demais *stakeholders* (fornecedores, acionistas, funcionários, etc.) no processo de desenvolvimento de produtos. Para tanto, foram realizados questionamentos sobre os seguintes tópicos:

- Participação formal de *stakeholders* no PDP;
- Análises dos *inputs* dos *stakeholders*;
- Mecanismos de *feedback* para entender e minimizar as interações no projeto; e
- A utilização de times integrados de desenvolvimento.

Nesta etapa, buscou-se verificar o alinhamento das empresas com relação aos princípios do valor, do fluxo do valor e perfeição.

Quadro 5.2 – Sumário das questões relativas ao envolvimento dos stakeholders no processo de desenvolvimento de produtos, nas empresas A, B e C.

Empresa	Os <i>inputs</i> dos <i>stakeholders</i> são considerados?	Qual o nível de envolvimento dos <i>stakeholders</i> ?	Existem mecanismos de <i>feedback</i> para minimização das interações?	Há utilização de Times Integrados de Desenvolvimento?
A	Sim	Ao longo de todo o processo. E com mais ênfase em fases específicas.	Sim	Sim
B	Parcialmente	Somente no início do processo. E parcialmente.	Não se observou esta preocupação.	Não
C	Sim	Os <i>stakeholders</i> são considerados críticos para o processo e por isso são sistematicamente envolvidos ao longo de todo o processo	Sim	Sim

Como observado na Quadro 5.2, as empresas têm comportamentos distintos no que se refere ao envolvimento dos *stakeholders* e, sobretudo, na forma como se organizam para tratar os *inputs* advindos desse envolvimento.

Em seguida, são apresentadas, de forma mais detalhada, informações sobre o envolvimento dos *stakeholders*.

5.3.2.1 Empresa A

Conforme destacado por Bernardes (2000), o atual processo de gestão de desenvolvimento de produto da empresa A tornou-se mais voltado ao mercado e preocupado com o atendimento e satisfação das necessidades e anseios dos clientes, fornecedores, parceiros, acionistas e empregados.

A definição dos requisitos de alto nível do projeto é estabelecida com base nas visitas e consultas feitas diretamente aos clientes e outros *stakeholders*. Segundo o engenheiro entrevistado, até mesmo, os operadores de pista, que sinalizam para as aeronaves durante a operação de taxiamento, foram convidados a emitir opinião.

Um dos principais mecanismos de envolvimento de *stakeholders* é a *Joint Definition Phase*. Em termos de processo, esta fase de definição conjunta do avião substituiu uma antiga fase de definição da aeronave. O desenvolvimento da atual família de produtos está sendo realizado em conjunto pela Empresa A e um grupo previamente definido de parceiros. A *Joint Definition Phase* é a etapa do projeto na qual são detalhadas as exigências de desempenho de cada um dos sistemas do avião, assim como as exigências de integração funcional e física da aeronave

Na nova visão do processo de desenvolvimento do produto, representada na Figura 5.2, as fases do programa passaram a ser, formalmente: estudos preliminares, definição conjunta, detalhamento e certificação, seriação e *phase out* (sendo as quatro primeiras fases componentes do processo de desenvolvimento do produto).

Como é usual na Empresa A, o lançamento da nova família de produtos representou a oportunidade para exercitar em grande escala as novas idéias gerenciais do Desenvolvimento Integrado de Produto – DIP. No DIP, a estratégia de

gerenciamento de um programa sistematicamente utiliza equipes multidisciplinares para integrar e de modo simultâneo executar todos os processos necessários. Nas palavras de um engenheiro da Empresa A, “é mais do que engenharia simultânea. A engenharia simultânea trouxe as pessoas juntas, mas não integrou os processos”. O DIP também aumenta a abrangência do processo de integração, incluindo parceiros na fase de definição conjunta do avião e os clientes que participam de vários fóruns de decisão e condução do projeto como os *steering committees* e os *advisory boards* (Nascimento *et. al.* s/d).

Entre os benefícios esperados com o DIP, estão: maior foco no cliente e produto, menor ciclo de desenvolvimento, menores custos globais, aumento da competitividade e foco na integração das diversas tecnologias requeridas.

5.3.2.2 Empresa B

A Empresa B tem limitações em sua relação com os clientes e demais *stakeholders*. Os clientes e usuários finais são os que, de certa forma mais participam e mais são envolvidos no processo de desenvolvimento do produto. Mas, este envolvimento ocorre, com frequência, no início do processo, quando são elaboradas as especificações de projeto. A participação do cliente ao longo do processo limita-se ao fornecimento de informações complementares necessárias para andamento do processo de desenvolvimento. Mesmo a participação do cliente no início do processo ocorre de forma limitada, pois está restrita ao preenchimento de uma série de documentos de solicitação de desenvolvimento e de especificações técnicas mínimas necessárias.

Para a Empresa B, o principal valor desejado pelo cliente é o cumprimento dos prazos de desenvolvimento. Mas, esta identificação de valor ocorreu de forma unilateral, sem a efetiva manifestação dos clientes.

A Empresa B terceiriza a manufatura dos produtos por ela desenvolvidos, inclusive protótipos. Com isto as empresas de manufatura contratadas deveriam ser elevadas ao nível de parceiros estratégicos de desenvolvimento, mas não ocorre. Esta relação verifica-se de forma distante entre contratante e contratado, o que revela

algumas disfunções na atividade de desenvolvimento de produto. A principal delas é uma complexa estrutura de garantia da qualidade, cujos ensaios de toda ordem são realizados não só no protótipo desenvolvido, mas também nos lotes de produtos recebidos. A falta de uma parceria com os fornecedores força uma relação de desconfiança do produto recebido.

Observou-se que tanto a forma como o cliente são envolvidos no processo quanto a forma do envolvimento dos fornecedores é responsável direta pelos retrabalhos existentes. Ou seja, o envolvimento esporádico de clientes e fornecedores não permite que o ciclo das interações seja minimizado.

5.3.2.3 Empresa C

A indústria automobilística é reconhecidamente um dos setores mais avançados na efetiva utilização de engenharia simultânea. No caso específico da empresa C, a base de dados dos projetos fica na Alemanha, que se responsabiliza por consolidar e disponibilizar as informações sobre produtos e componentes. A engenharia simultânea, porém não se estabelece somente com envolvimento da matriz, fornecedores locais e externos também são diretamente envolvidos. Este envolvimento simultâneo de fornecedores no processo de desenvolvimento tem o objetivo de eliminar as interações (idas e vindas) tardias, que ocorrem com frequência quando se utiliza a engenharia tradicional, desta forma, obtém-se redução de tempo, custo e incerteza sobre as especificações.

5.3.3 ELIMINAÇÃO DE INTERAÇÕES DESNECESSÁRIAS

A quarta questão do formulário de investigação auxiliou na identificação dos mecanismos de avaliação das informações e das ferramentas de acompanhamento do fluxo das informações. Com este objetivo, foram explorados os seguintes pontos nesta etapa:

- As informações necessárias ao PDP são avaliadas?

- O fluxo das informações é monitorado de forma que elimine as interações indesejadas?
- Quais as ferramentas utilizadas para o mapeamento e análise do fluxo das informações?
- Além das interações indesejadas, existe a preocupação com a eliminação de outros tipos de *muda*?

Nesta etapa da avaliação, procurou-se verificar o alinhamento dos processos das empresas estudadas com os princípios enxutos de fluxo de valor e perfeição.

O Quadro 5.3 apresenta um resumo das informações obtidas.

Quadro 5.3 – Sumário das questões relativas ao fluxo de informações no processo de desenvolvimento de produtos, nas empresas A, B e C.

Empresa	Existe avaliação das informações que causam retrabalho?	Existe avaliação das informações que fluem?	Quais as ferramentas utilizadas para a análise do fluxo de informações?	Os diferentes tipos de <i>muda</i> em desenvolvimento de produto são identificados e eliminados?
A	Sim	A empresa possui um <i>software</i> que disponibiliza as informações e ao mesmo tempo possibilita avaliar de que forma as informações à jusante podem alterar especificações de projeto à montante.	<i>Softwares</i> de CAD, principalmente o <i>Computer Aided Tri-dimensional Integrative Application</i> (CATIA), da IBM, e de acompanhamento e evolução de especificações.	Sim
B	Não	O fluxo das informações é formalizado porém não existe um critério para avaliação das informações.	Sistema ERP.	Não ativamente.
C	Não	A empresa possui dois sistemas integrados de compartilhamento de informações de engenharia e mecanismos de revisão de projetos associados.	Basicamente dois <i>softwares</i> de engenharia: <i>Pro-Engineering</i> e o <i>Computer Aided Tri-dimensional Integrative Application</i> (CATIA), da IBM.	São poucas as iniciativas.

5.3.3.1 Empresa A

Os processos de desenvolvimento de produtos da Empresa A, como já citado anteriormente, sempre foram meios de introduzir novas ferramentas de gestão e engenharia. Em recente programa, a empresa introduziu o *mock-up* eletrônico, ferramenta esta que contribuiu para a implantação da nova visão de equipe integrada de projeto. Além desta, outras ferramentas foram inseridas nesse programa. A identificação e a avaliação das novas ferramentas são a função principal do Programa de Estratégia Tecnológica da Empresa A. O novo sistema que está sendo utilizado, possibilita a interação dos projetistas com o projeto por meio de um sistema de realidade virtual. Ele permite ao engenheiro inserir sua parte do projeto no computador e este mostra o resultado, de tal maneira que o projetista pode explorar a parte interna do produto, como se estivesse realmente dentro e, ainda visualiza o que ocorre quando seu projeto é integrado ao conjunto que centenas de outros engenheiros estão fazendo. Mais do que isso, estão para ser acrescentados ao sistema de realidade virtual dispositivos que possibilitam outras formas de interação. Por exemplo, luvas de torque permitirão aos engenheiros sentir o esforço manual necessário para abrir um armário ou uma porta.

Outro software da Empresa A que atua como uma “agenda eletrônica” aplicada para acompanhar a evolução das especificações, dando informações sobre desenhos, especificações, suas implementações, alterações, estado de desenvolvimento, ou seja, permite fazer a traceabilidade das especificações. Para a implantação desse *software*, foram precisos seis meses de adequação ao aplicativo, às mudanças organizacionais que ele gera. O principal problema foi implementar a cultura de formalizar documentos que antes estavam “na cabeça” das pessoas.

Este *software* também é utilizado para a gestão de requisitos, desde requisitos de mercado até os mais detalhados. Permite fazer gestão de configuração e integração vertical. À medida que se constrói a estrutura do produto, estabelece-se em paralelo a ligação com a árvore de requisitos (especificação de desempenho, conformidade, qualidade). Durante a *Joint Definition Phase*, cada parceiro elabora os microrrequisitos do sistema sob sua responsabilidade.

Para reforçar a importância desta ferramenta de gerenciamento de informações, no desenvolvimento de projetos anteriores, o processo era diferente. A Empresa A detalhou até os microrrequisitos que a fornecedora ou parceira teria de fabricar. Em alguns casos, as especificações não eram compatíveis com os processos de fabricação da fornecedora causando retrabalhos (Camargo Jr. *et. al. apud* Nascimento *et. al.* s/d).

A empresa A, portanto, possui mecanismos importantes para verificação e análise do fluxo das informações. Estes mecanismos oferecem a oportunidade de identificação e antecipação dos possíveis reflexos das interações, ao mesmo tempo, possibilitam o reconhecimento de *mudas* e sua conseqüente eliminação.

5.3.3.2 Empresa B

Para o gerenciamento das informações, a empresa B utiliza um *software* de gerenciamento integrado. Esta integração do gerenciamento foi feita de modo a atender a organização como um todo e com base em suas áreas funcionais, não possuindo, portanto, um módulo específico para o desenvolvimento de produtos. As informações a respeito desse processo podem ser obtidas em um módulo do *software* chamado “nacionalização” que disponibiliza informações sobre o pedido do cliente e especificações técnicas.

Quanto ao fluxo de informações entre as fases do processo de desenvolvimento de produtos, estas podem ser obtidas por meio de um documento físico chamado Especificação Técnica (ET), que acompanha o processo de desenvolvimento do produto em todas as suas fases. No entanto, as informações constantes neste documento são apenas para consultas esporádicas, quando do surgimento de algum problema, sem o propósito específico de que as informações ali contidas sirvam para análise e melhoria do próprio processo.

Em uma observação direta, pôde-se constatar que o desenho do projeto mecânico de uma peça estava sem a identificação de revisão. Isto oferece fragilidade ao processo pois é possível que se esteja utilizando uma fonte de informação

desatualizada, o que causaria retrabalhos desnecessários, se esta informação fosse considerada efetivamente desatualizada.

Com a recente certificação do sistema da qualidade, a empresa remodelou seus processos e passou a entender o desenvolvimento de produtos, como resultado de quatro grandes processos (Fig. 5.5):

Quadro 5.5 – Macrop processo do Ciclo de Desenvolvimento do Produto da Empresa B.

De forma geral, a empresa B está muito aquém da Empresa A e da empresa C no controle e análise das informações, e, conseqüentemente, em seu desempenho na eliminação das interações. Com relação à empresa B, verificou-se que a maiorias das interações ocorridas no projeto, diz respeito àquelas atividades a jusante do processo. Isto se deve ao fato de que a empresa B, como se pode observar na Figura 5.5, estabelece o contato com os fornecedores (aquisição) muito tarde. Portanto, as informações sobre manufaturabilidade que deveriam ser incorporadas no início do processo, ao serem inseridas no final, acabam causando retrabalho desnecessário.

5.3.3.3 Empresa C

A empresa C, assim como a empresa A, possui o *software* de engenharia CATIA, que, além de possibilitar a integração de diversos times de desenvolvimento, também é capaz de integrar engenharia e fabricação. Além do CATIA, a empresa utiliza o *software Pro-engineering*, para o projeto de partes específicas do produto. A utilização destas ferramentas facilita o controle das informações que fluem de uma fase para outra do processo de desenvolvimento, pois as informações ficam disponíveis para que os interessados possam acessá-las a qualquer momento.

As iniciativas de melhoria no processo de desenvolvimento, como já mencionado anteriormente, ficam a cargo de um departamento específico. Não se evidenciou, por meio da entrevista realizada atividades mais robustas de eliminação de desperdícios no processo, mesmo que o entrevistado tenha identificado uma série de desperdícios.

Segundo o gerente entrevistado:

“Os fluxos de informação seguem rigidamente os procedimentos corporativos e revisões não são tão frequentes.”

Conforme já mencionado, existem sistemas para avaliar o andamento das certificações; sistemas para gerenciar modificações e sistema que acompanha o andamento da elaboração de ferramentas e peças desenvolvidas por fornecedores.

5.3.4 SIMPLIFICAÇÃO DO CICLO DE DESENVOLVIMENTO

A quinta questão do formulário serviu para verificar de que forma o ciclo de desenvolvimento é revisto e simplificado e se há preocupação com seu alinhamento ao caminho crítico. Procurou-se, também, entender quais tecnologias podem ser aplicadas para este fim.

Deve-se entender o ciclo de desenvolvimento, como algo maior do que o processo de desenvolvimento do produto, pois além de englobá-lo, preocupa-se com as questões de produção e de assistência ao mercado.

Objetivando entender melhor estas questões, o formulário procurou explorar os seguintes tópicos:

- Complexidade do ciclo de desenvolvimento,
- Alinhamento das atividades com o caminho crítico,
- Grupos multifuncionais envolvidos no processo de melhoria do ciclo de desenvolvimento,
- Tecnologias utilizadas.

Nesta etapa, buscou-se-se verificar o alinhamento do ciclo de desenvolvimento das empresas estudadas com os seguintes princípios enxutos: fluxo, fluxo de valor e perfeição.

O Quadro 5.4 apresenta um resumo das informações obtidas durante esta fase da investigação.

Quadro 5.4 – Sumário das questões relativas à simplificação do ciclo de desenvolvimento de produtos, nas empresas A, B e C.

Empresa	Procura-se detectar complexidades desnecessárias no ciclo de desenvolvimento do produto?	Há um alinhamento das atividades com o caminho crítico?	Quais as tecnologias utilizadas para a melhoria do ciclo de desenvolvimento?	Quem participa das discussões sobre o ciclo de desenvolvimento?
A	Sim	O objetivo da empresa é reduzir o quanto possível o ciclo do desenvolvimento, por meio do alinhamento de suas atividades com o caminho crítico.	São inúmeras as ferramentas para este propósito. Ex.: CAD, CAM, CAE e CIM.	Integrantes da célula gestora de produto (Núcleo Técnico).
B	Eventualmente, e por força do sistema da qualidade.	Não se verificou esta intenção.	Foram observadas ferramentas que possibilitam esta melhoria, porém, não foram observadas ações neste sentido.	As questões sobre o ciclo de desenvolvimento estão centralizadas em um engenheiro.
C	Não há uma atividade específica.	Não há uma atividade específica.	Foram observadas ferramentas que possibilitam esta melhoria, porém, não foram observadas ações neste sentido.	As melhorias normalmente acontecem de forma unilateral.

5.3.4.1 Empresa A

A Empresa A tem declaradamente uma preocupação com o ciclo de desenvolvimento. Conforme já mostrado na Figura 5.2, seu complexo ciclo de

desenvolvimento de produtos foi resumido em cinco etapas formais: estudos preliminares, definição conjunta, detalhamento e certificação, seriação e *phase out*. Esta simplificação na representação do ciclo possibilitou a criação de um processo designado Desenvolvimento Integrado de Produto – DIP.

Nos últimos anos, a empresa tem empreendido grande ênfase na redução do tempo de ciclo baseada nas fases de seriação, por meio da aplicação dos princípios enxutos na manufatura. Este esforço tem possibilitado a redução do tempo do ciclo de produção em aproximadamente 8% por semestre. Quanto ao ciclo completo de desenvolvimento, a redução chegou a ser de aproximadamente 50% ao longo de dez anos.

Todas estas reduções no tempo de ciclo são resultado de um grande foco no mercado e, conseqüentemente, nos clientes. Segundo a empresa, as fronteiras nacionais têm sido deixadas de lado e o mundo tem se tornado “menor, mais integrado e mais eficiente”. O que se espera da empresa para que ela possa prosperar é: virtualidade, conectividade, capacidade de adaptação, rapidez de resposta, consciência de mercado e inovação.

A redução, portanto, do ciclo de desenvolvimento da Empresa A foi obtida por meio de engenharia simultânea, novas tecnologias e novos modelos de organização e gestão. Como exemplo de novas tecnologias, pode-se citar a manufatura virtual (utilização conjunta das ferramentas de CAD, CAM e CAE) que proporcionou, não só melhorias no processo produtivo, como também auxiliou na concepção do produto.

O ciclo de desenvolvimento assim como outras questões relacionadas são discutidos no que foi designado Núcleo Técnico (Figura 5.6)

Figura 5.6 – Representação do Núcleo Técnico de Produto com seu engenheiro chefe e respectivos gerentes de desenvolvimento de produto

Fonte: Adaptação de Nascimento et. al. s/d

O Núcleo Técnico, também chamado de célula gestora, é coordenado por um Engenheiro Chefe. Participam desta célula oito Gerentes de Desenvolvimento de Produto – GDP. Há um GDP para Aeronáutica, outro para Estruturas, outro para Sistemas Eletro/Eletrônico, etc.

5.3.4.2 Empresa B

Na empresa B, a preocupação com o ciclo de desenvolvimento tornou-se mais evidente com a implantação do sistema de gestão da qualidade – SGQ. O engenheiro responsável pela implementação do SGQ evidenciou que, por livre iniciativa, havia mapeado todos os passos do processo de desenvolvimento de produtos da empresa e pouca importância havia sido dada a este trabalho. Com o processo de certificação no SGQ, um novo fluxograma foi elaborado, arquivando-se o trabalho anterior.

Cabe ressaltar que mesmo com o novo mapeamento das atividades que compõem o processo de desenvolvimento, pouco se discutiu sobre a real importância de cada uma destas atividades, sendo este novo fluxograma simplesmente uma representação do estado atual.

A empresa B dispõe da ferramenta CAD (*Computer Aided Design*) que possui recursos limitados de simulação quando não é integrada a outras ferramentas de CAM (*Computer Aided Machining*) ou CAE (*Computer Aided Engineering*). Além disto, não se verificou qualquer iniciativa de uso desta ferramenta para melhoria do ciclo de desenvolvimento.

A participação no processo de melhoria do ciclo de desenvolvimento ocorre de forma difusa: por intermédio de qualquer pessoa ligada ao processo, e até mesmo de pessoas externas ao processo. Normalmente, esta melhoria acontece baseada em uma ficha de ação preventiva que, segundo o manual da qualidade da empresa, serve para eliminar a causa de uma não-conformidade potencial. A rigor isto não pode ser considerado um processo de melhoria, mas é o instrumento que a empresa utiliza para esta finalidade.

Neste tópico, as empresas distanciaram-se ainda mais no que se refere ao alinhamento com os princípios e práticas enxutas. A Empresa A investiga e procura utilizar as técnicas e ferramentas mais avançadas para a melhoria e redução do ciclo de desenvolvimento de seus produtos, enquanto a Empresa B procura realizar as suas atividades de forma burocrática e com poucos resultados. Apesar de definir prazo como valor para os clientes, na Empresa B não existe um monitoramento do tempo de desenvolvimento dos produtos, incorrendo, conseqüentemente, na impossibilidade de quantificar possíveis reduções no ciclo de desenvolvimento.

5.3.4.3 Empresa C

Neste quesito, a avaliação realizada pelo próprio entrevistado foi a mais baixa de todas; segundo sua resposta, o ciclo tem sido acelerado de forma sistêmica nos últimos anos, mas falta um processo de eliminação sistêmica de desperdícios relacionados ao desenvolvimento.

Na exibição de um produto experimental em uma feira de automóveis, verificou-se uma possível demanda por este produto, que era, na verdade, uma versão “fora de estrada” para um automóvel já existente. A demanda pelo produto forçou uma grande redução no tempo de desenvolvimento e um lançamento recorde no

mercado para a empresa. Quando questionado se o sucesso obtido neste desenvolvimento poderia ser reproduzido em uma nova tentativa acelerada de desenvolvimento, o gerente informou que seria muito difícil garantir a reprodução da atividade em outro processo.

5.3.5 PRODUTOS E PROCESSOS DESENVOLVIDOS SIMULTANEAMENTE

A sexta questão do formulário permitiu que fosse verificado o alinhamento das empresas A e B, no que se refere ao desenvolvimento integrado e simultâneo de produtos e processos. Basicamente, foram procuradas evidências da existência de times para o desenvolvimento integrado de produtos e processos.

Os seguintes tópicos também constaram desta avaliação:

- Organização para o desenvolvimento,
- Extensão da utilização de equipes multidisciplinares,
- Existência de métricas para avaliação do processo, e o
- Envolvimento dos *stakeholders*.

Nesta etapa, procurou-se verificar o alinhamento do ciclo de desenvolvimento das empresas estudadas com os seguintes princípios enxutos: valor e fluxo de valor.

O Quadro 5.5 apresenta um resumo das informações obtidas durante esta fase da investigação.

Quadro 5.5 – Sumário das questões relativas ao desenvolvimento integrado de produtos e processos, nas empresas A, B e C.

Empresa	Qual o tipo de organização para o desenvolvimento de produtos e processos?	São utilizados Times Integrados de Desenvolvimento?	Há existência de métricas para avaliação do processo?	Os <i>stakeholders</i> são envolvidos nas decisões a respeito dos produtos e processos?
A	Matricial	Sim.	Sim.	Sim.
B	Funcional.	Somente a montante do processo.	Sim.	Não há o envolvimento contínuo dos <i>stakeholders</i> ao longo do processo de desenvolvimento.
C	Funcional	Sim	Sim	Sim

5.3.5.1 Empresa A

Conforme observado na Figura 5.6 da seção 5.3.4.1, a empresa A utiliza times integrados para o desenvolvimento de produtos. Esta integração não reflete apenas de uma inovação de processos, trata-se também de atender a uma demanda de clientes cada vez mais exigentes em termos de custo e prazo.

A organização desses times integrados, chamados de Núcleos Técnicos de desenvolvimento, verifica-se de forma matricial conforme representação simplificada na Figura 5.6.

Esta integração não deve, porém, ocorrer somente no nível zero da árvore do produto. Ela deve se reproduzir nos diferentes níveis. Conforme Nascimento, *et. al.* s/d, é por este motivo que a idéia de estruturas, cuja topologia se reproduz, conforme se modifica a escala de análise, revela-se útil, pois conforme se percorre a árvore de produto, a cada nível, as equipes precisam reproduzir uma estrutura interna similar, incorporando as preocupações com produção, marketing, desejos do cliente, engenharia, assistência técnica, facilidade de uso e manutenção, etc. Numa matriz, seria como colocar entradas similares em todos os níveis da árvore de produto.

Figura 5.7 – Representação simplificada da estrutura matricial para integração dos diferentes times de desenvolvimento.

Esta sucessão de estruturas que se repetem em níveis diferentes lembra a teoria dos fractais. Obviamente, embora o formato geral lembre a teoria, estas estruturas não são idênticas (como no caso dos Fractais) em razão das necessidades de adaptação para fazer frente às especificidades de cada componente do produto.

Nesta estrutura matricial, verifica-se a participação dos diferentes parceiros de desenvolvimento. Isto implica que a extensão da estrutura extrapole as fronteiras físicas da empresa.

5.3.5.2 Empresa B

A empresa B possui uma organização para o desenvolvimento de produtos extremamente funcionais. Com o advento da implementação da qualidade na empresa, surgiu a necessidade de desenvolver uma nova estrutura organizacional, baseada em processos (esta estrutura aparece na Figura 5.5, da seção 5.3.3.2.). A nova organização, não foi implementada fisicamente e nenhuma alteração no arranjo físico da empresa foi observada. Esta diferença entre a organização prevista e a real

causa dificuldade aos envolvidos no que tange ao entendimento da importância de uma estrutura por processos. Como consequência, a integração do time de desenvolvimento fica restrita, como já mencionado, a uma atividade a montante do processo.

A participação dos *stakeholders* nos desenvolvimentos de produtos e processos limita-se ao fornecimento de informações necessárias aos diferentes departamentos funcionais da empresa.

5.3.5.3 Empresa C

Os times multidisciplinares são práticas correntes e sua formação e responsabilidades constam do procedimento de desenvolvimento. A integração dos profissionais nesses grupos permite priorizar atividades otimizando resultados. Para tanto, são usadas ferramentas de CAD/CAM/CAE já citadas. Há, também ferramentas para a simulação, porém sua utilização não chega a ser comparada às da empresa A.

Conforme o gerente entrevistado: *“Os times multidisciplinares são estabelecidos nos procedimentos internos da empresa e são adaptados, conforme o tamanho do programa, isto é quando existe um programa de desenvolvimento de uma nova plataforma, os times têm uma determinada configuração. Quando são realizadas apenas pequenas modificações estéticas de um ano para outro, os grupos são readequados”*.

5.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS PRÁTICAS INDUSTRIAIS

Em primeiro lugar, a análise dos casos revelou que se trata de empresas com grandes diferenças nos mais variados aspectos, tanto no que se refere ao processo de desenvolvimento de produtos como nas questões organizacionais e tecnológicas. Os produtos desenvolvidos também são consideravelmente diferentes.

Em segundo lugar, mostrou que as semelhanças existentes entre as empresas dizem respeito sobretudo ao tipo de indústria (empresas A e B) e à confiabilidade exigida de seus produtos (empresas A, B e C).

Durante as entrevistas, ficou evidente que os envolvidos com o processo de desenvolvimento não compreendem com exatidão, como a mentalidade enxuta pode ser aplicada ao processo de desenvolvimento de produtos. Em alguns casos, engenheiros não sabiam sequer o significado do termo “enxuto”. Esta dificuldade de compreensão revelou a necessidade de um breve esclarecimento aos entrevistados do significado do termo e uma ligeira revisão dos princípios e práticas enxutas. A empresa A, por possuir um programa de manufatura enxuta para seus produtos, foi a que melhor compreendeu a proposta de melhoria do processo de desenvolvimento de produtos baseado na aplicação de conceitos enxutos. A empresa C tem um gerente envolvido no processo de desenvolvimento que conhece as práticas enxutas, contudo, basicamente, sua preocupação é com a entrega do valor, última etapa do modelo de referência utilizado nesta tese.

Em todos os casos, evidenciou-se que a aprovação e comprometimento da alta administração seriam necessários para qualquer processo de mudança.

A partir da aplicação dos formulários de pesquisa e apoiado nas informações obtidas, foi possível avaliar o alinhamento das empresas com relação aos princípios enxutos. A empresa A tem, em várias etapas do processo de desenvolvimento, um alto grau de alinhamento. Esta convergência leva ao entendimento de que mesmo sem uma abordagem estruturada para implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos, a empresa caminha na direção de um processo enxuto de desenvolvimento. A empresa B, por meio da avaliação do questionário, não apresentou alinhamento com os princípios enxutos. A empresa C também está distante de um alinhamento maior com os princípios e práticas enxutas, especialmente na questão cinco, em que se evidenciou a não existência de ferramentas específicas para a melhoria do processo de desenvolvimento. Esta deficiência justifica, portanto, a idéia, na empresa C, de que um processo de desenvolvimento enxuto pode ser obtido simplesmente com a eliminação de desperdícios.

O gráfico abaixo explicita o grau de alinhamento das empresas analisadas com base nos formulários do anexo A.

Figura 5.8 – Grau de alinhamento das empresas A, B e C com os princípios e práticas enxutas.

Em face dos problemas identificados, não só no processo de desenvolvimento, mas também nos produtos que se originam desse processo, é pertinente inferir que as práticas identificadas na empresa A, a despeito das diferenças observadas entre as empresas, podem ser úteis à empresa B e à empresa C. Além do que, as semelhanças e diferenças encontradas ofereceram terreno fértil para o desenvolvimento de uma metodologia para implementação de princípios enxutos em processos de desenvolvimento de produtos.

5.5 QUADRO RESUMO DAS PRINCIPAIS CONCLUSÕES OBTIDAS NA ANÁLISE CRUZADA DOS ESTUDOS DE CASO

Quadro 5.6 – Quadro resumo das principais conclusões obtidas na análise cruzada dos estudos de caso.

Questões Aplicadas	Principais Conclusões
1. Entendimento das empresas com relação aos princípios e práticas enxutas	<ul style="list-style-type: none"> – Existe a necessidade de uma preparação/ treinamento a respeito dos princípios e práticas enxutas. – É preciso estabelecer a necessidade de mudança. – Os envolvidos com o PDP, sobretudo a gerência, precisam “comprar” a idéia.
2. Formalização e compreensão do PDP pelos envolvidos.	<ul style="list-style-type: none"> – Os PDP's devem ser formalizados e devem estar integrados à estratégia da empresa.
3. Sobre o envolvimento dos <i>stakeholders</i>	<ul style="list-style-type: none"> – Os <i>stakeholders</i>, muitas vezes, não são identificados de forma correta, – As necessidades dos diferentes <i>stakeholders</i> nem sempre são consideradas de forma equilibrada, – Existe uma idéia de se considerar apenas as necessidades dos consumidores finais.
4. Quanto à eliminação de desperdícios durante o processo	<ul style="list-style-type: none"> – A preocupação com a eliminação de desperdícios no PDP, não é tratada de forma sistemática, – A idéia de fluxo não está consolidada nas atividades de desenvolvimento de produtos, – O arranjo físico, assim como na manufatura, também pode ser importante para o fluxo no processo de desenvolvimento de produtos, – A representação do PDP deve considerar apenas as atividades que criam valor.
5. Atividades simultâneas	<ul style="list-style-type: none"> – As empresas ao desenvolverem processos simultâneos levam em conta apenas a redução do tempo de desenvolvimento, – Empresas de menor porte têm dificuldade com a implementação de atividades simultâneas no processo de desenvolvimento.
6. Melhoria	<ul style="list-style-type: none"> – As empresas estão desejosas por melhoria em seus processos, – Melhorias em processos de desenvolvimento são obtidas baseado em mudanças culturais, – As melhorias devem ser tratadas como objetivos de longo prazo.

6 *BACKGROUND* TEÓRICO PARA O DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

Este capítulo apresenta um breve desenvolvimento teórico dos pontos de referência para elaboração da metodologia proposta para implementação de princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos. O pensamento enxuto e o modelo de três fases desenvolvido pelo *Lean Aerospace Initiative* – LAI auxiliará no entendimento do processo de criação de valor e também na compreensão do momento para implementação de cada princípio no processo de desenvolvimento de produto. Partindo do pressuposto, que o objetivo da metodologia, que será proposta no capítulo 7, é conduzir o processo de desenvolvimento de produtos a um estado futuro enxuto, o gerenciamento de projetos aparece, como uma ferramenta para a consecução deste objetivo.

6.1 O MODELO DE TRÊS FASES PARA CRIAÇÃO DE VALOR

Tornar-se enxuto, como tradicionalmente se define, é importante, mas isto é apenas uma parte da história. O mais importante é utilizar os conceitos e abordagens enxutos para criar valor para todos os *stakeholders* e para todos os objetivos da empresa (Murman *et. al.* , 2002).

Entender a “criação de valor” não é difícil³⁰, porém determinar as ações específicas para criar valor pode ser uma tarefa difícil, principalmente em um ambiente de constante mudança. Como se pôde observar no capítulo 4, grande parte das ações que têm por objetivo a criação de valor está definida como eliminação de desperdícios e está voltada para as operações de manufatura. Muitas abordagens e métodos suportam esta eliminação sistemática de desperdícios e podem ser apreciados como importantes mecanismos para a criação de valor. Contudo, utilização de ferramentas, por exemplo mapeamento do fluxo de valor, está mais voltada para a entrega do valor do que propriamente para a identificação do valor. A

³⁰ Ver capítulo 4.

proposta do *Lean Aerospace Initiative* – LAI é que a identificação, proposição e entrega de valor devam ser feitas de forma estruturada. Para tanto, um modelo teórico para criação do ciclo do valor foi desenvolvido, baseando-se em modelos existentes e estudos de casos (Stanke, 2001) e (Murman, 2002). Este modelo consiste em um processo interativo e seqüencial: identificação do valor, proposição do valor, e valor entregue. Uma ilustração deste modelo está representada figura 6.1.

Pesquisas do MIT para determinar o significado do termo “valor do ciclo de vida” utilizaram este modelo para examinar o que se havia descoberto, e com isto foi possível verificar um excelente alinhamento do modelo de três fases com a criação de valor (Murman, 2002). O valor do ciclo de vida de um produto antecipa o valor do ciclo de vida de um programa inteiro, não só em termos de custo baixo para desenvolver ou construir o produto, inclui também custos de operação e suporte, custos de renovação de plataforma, assim como outros fatores.

Figura 6.1 – Modelo para criação ciclo do valor

Fonte: Murman (2002).

Estes três processos da Figura 6.1 interagem uns com os outros e com o mundo dinâmico no qual eles estão inseridos. A comparação deste modelo com modelos existentes de gerenciamento de valor, fases de ciclo de vida e arquitetura de sistemas deu suporte à evolução do modelo de criação de ciclo do valor e resultou em um entendimento mais refinado de criação de valor (Stanke, 2001). Cada abordagem

existente oferece uma contribuição única para o conceito de ciclo do valor. Individualmente estas abordagens têm limitações. Mas, por meio da criação de um novo foco para um ciclo do valor, as várias perspectivas combinadas superam suas limitações. Especialmente nos seguintes pontos: a definição de valor não fica limitada à relação entre utilidade e custo; as considerações sobre ciclo de vida não ficam limitadas às operações; e os custos determinados por confiabilidade, uma abordagem holística de desenvolvimento do sistema, não ficam limitados somente ao sistema, mas também à empresa envolvida no desenvolvimento.

6.1.1 PRESSUPOSTOS

Existem várias suposições associadas ao modelo de criação de valor. Primeiro, supõe-se que o valor é um atributo multidimensional do sistema, tendo pelo menos um conjunto de dimensões relacionadas à capacidade técnica, custo, e momento (*timing*). Segundo, supõe-se que todos os *stakeholders* a despeito de suas diferenças individuais podem concordar em focar o valor como um atributo de sistema baseado na sua importância. E, talvez o mais importante pressuposto deste modelo seja que os *stakeholders* terão um nível apropriado de *insight* e influência em cada fase do processo, ou seja, identificação, proposição e entrega do valor, exigindo uma clara comunicação e um fluxo de informação entre todos os envolvidos.

6.1.2 IDENTIFICAÇÃO DO VALOR

A identificação do valor consiste na determinação dos *stakeholders*, suas necessidades e expectativas e suas contribuições para o sistema. As necessidades e expectativas podem ser articuladas na forma de sistema de objetivos. São considerados *stakeholders* quaisquer grupos ou indivíduos que afetam ou são afetados pelo alcance dos objetivos organizacionais (Freeman, 1984)³¹. Podem ser incluídos neste grupo: clientes, usuários finais, compradores, produtores, desenvolvedores, fornecedores, financiadores, entidades políticas e/ou comunidades.

³¹ Para efeito desta tese consideraremos como *stakeholders* aqueles tratados no capítulo 4.

“Cada *stakeholder* contribui com uma informação única, considerando: parcerias e estratégias corporativas, análise de mercado, expectativas financeiras, necessidades do operador ou do consumidor, restrições regulatórias e certificação e o momento para desenvolvimento do sistema” (Stanke, 2001).

Após a identificação dos *stakeholders*, vem a necessidade de atentar para a identificação de qual parte do processo ou projeto irá agregar valor para cada um destes *stakeholders*, e quais tipos de compensações serão necessárias para o balanceamento no atendimento das necessidades de todos os envolvidos. Segundo Murman *et. al.*(2002), isto é de certa forma complexo, pois muitos dos *stakeholders* relutam em explicitar todas as suas necessidades com receio de perder força em negociações futuras, ou muitos deles não conseguem articular ou antecipar todas as dimensões de valor que são importantes. Pesquisas a respeito de como conduzir uma efetiva análise de mercado para produtos de consumo evidenciam esta complexidade para o entendimento de valor. O desafio, então, nesta fase, é balancear as perspectivas dos *stakeholders*.

6.1.3 PROPOSIÇÃO DO VALOR

O conceito de proposição de valor não é novo, e o termo aparece de forma extensiva na literatura atual sobre negócios. O objetivo da fase de proposição de valor é estruturar o fluxo do valor apoiado nas proposições de valor de cada *stakeholder*, de forma que pessoas, grupos e empresas contribuam com seus esforços ou recursos para o fluxo do valor.

As contribuições e expectativas identificadas podem ser traduzidas em um conceito de sistema, arquitetura, e estrutura de programa aceita pelos *stakeholders*. A negociação para balancear as várias contribuições e expectativas de todos os *stakeholders* está baseada nos objetivos comuns de alcançar o valor do ciclo de vida. Não é proposto que todos os *stakeholders* desconsiderem suas diferenças individuais. A proposição de um valor único é um *link* essencial entre os valores identificados e o que vai ser efetivamente entregue. O objetivo geral é encontrar uma proposta que

entregue o máximo de valor para cada *stakeholder*. Por decorrência, torna-se importante comunicar o valor acordado para todos os envolvidos.

Os *stakeholders* necessitam enxergar que as suas necessidades de valor estão sendo alcançadas, e isto, muitas vezes, exigirá tarefas adicionais. Por exemplo, capturar a razão de cada decisão durante o processo de desenvolvimento de produto é importante, porque não se pode assumir que todas as pessoas que iniciaram o processo estarão presentes ao final do mesmo. Outro exemplo se relaciona com a necessidade de construir competências no que tange à coleta e compartilhamento de informações adicionais; isto não contribui diretamente para o produto final, mas atende a empresa quando da necessidade de acesso rápido a informações que darão suporte às decisões de gerenciamento.

6.1.4 ENTREGA DO VALOR

Desenvolver, produzir, operar e sustentar um sistema, assim como gerenciar o programa que executa este trabalho são consideradas atividades que compõem o valor entregue. Ao mover-se para a fase da entrega do valor, o grupo de *stakeholders* aumenta a preocupação com o gerenciamento da transição da programação e arquitetura de sistema para a execução do programa e desenvolvimento do sistema. Apesar de parecer intuitivamente uma relação direta, a relação entre a entrega de um determinado valor e o valor proposto pode ser complicada. Felizmente, existem muitas estratégias, práticas, ferramentas e métodos que auxiliam este trabalho: é o que revelam os estudos de caso de Stanke e Murman (2002). Numa dada proposta de valor, existem múltiplas maneiras de desenvolver e aperfeiçoar o sistema de ciclo de valor.

A fase de implementação, ou seja, da entrega do valor, é a mais comum no contexto de princípios e práticas enxutas. É aqui onde o valor é entregue tanto para os *stakeholders* que participam do fluxo do valor quanto para o usuário final, quando o produto ou serviço é recebido. É neste momento que todas as promessas, explícitas ou implícitas, são alcançadas.

Entregar valor, fazendo convergir benefícios para os *stakeholders*, requer uma cadeia de atividades chamada “fluxo de valor”. O foco excessivo na entrega do valor para o usuário final ou qualquer outro *stakeholder* cria um fluxo de valor disfuncional que ignora outros envolvidos. O valor entregue, para Stanke e Murman (2002), depende do valor que se agrega em cada passo ao longo do fluxo do valor.

6.2 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Como foi possível notar no capítulo quatro, e segundo Morgan (2002), um dos maiores desafios no processo de desenvolvimento de produtos é gerenciar e coordenar a complexidade deste processo. Ou seja, centenas ou milhares de tarefas tecnicamente interdependentes devem ser executadas por dezenas ou centenas de pessoas as quais compõem organizações multifuncionais e são utilizados recursos compartilhados, resultando em um produto único.

O gerenciamento de projetos é uma abordagem relativamente moderna e caracteriza-se por novos métodos de reestruturação da forma de gerenciar e da adaptação de técnicas especiais de gerenciamento, com o propósito de obter melhor controle e uso dos recursos disponíveis (Kerzner, 1998). A fim de entender o gerenciamento de projetos, é necessário definir o que é projeto.

6.2.1 O PROJETO

Segundo o PMI (2001), as organizações executam trabalho. Este trabalho envolve serviços continuados e/ou projetos, embora possa haver superposição entre os dois. Serviços continuados e projetos possuem muitas características comuns; por exemplo, ambos são:

- Executados por pessoas;
- Restringidos por recursos limitados; e
- Planejados, executados e controlados.

Para Kerzner (1998), um projeto pode ser considerado em termos de uma série de atividades e tarefas que:

- Têm um objetivo específico e devem ser completadas dentro de certas especificações;
- Têm datas definidas de início e término;
- Têm investimentos limitados (se aplicável); e
- Consomem recursos (ex.: dinheiro, pessoas e equipamentos).

Serviços continuados e projetos diferem sobretudo, porque enquanto os primeiros são contínuos e repetitivos, os projetos são temporários e únicos. Assim, um projeto pode ser definido em termos de suas características distintas – um projeto é um empreendimento temporário com o objetivo de criar um produto ou serviço único. Temporário significa que cada projeto tem um começo e um fim bem definidos. Único significa que o produto ou serviço produzido é de alguma forma diferente de todos os outros produtos ou serviços semelhantes.

6.2.2 AS FUNÇÕES DE GERENCIAMENTO

Para Kerzner (1998), o aspecto que dificulta o gerenciamento de projetos diz respeito aos indivíduos pertencentes à interface projeto-função que necessitam, normalmente, reportarem-se a dois chefes. Gerentes funcionais e gerentes de projetos, em virtude de seus diferentes níveis de autoridade, tratam seus subordinados de diferentes formas, dependendo da filosofia de sua “escola de gerenciamento”. Normalmente, existem cinco escolas de gerenciamento:

- A escola clássica / tradicional – onde a ênfase é colocada no objetivo-fim, com pouca preocupação com as pessoas;
- A escola empírica – onde o aprendizado ocorre pela experiência prática;
- A escola comportamental – onde o gerenciamento é considerado como sendo um sistema de relações culturais;

- A escola da teoria das decisões – onde o gerenciamento é visto como uma abordagem racional para tomadas de decisão, utilizando um sistema de modelos e processos matemáticos (ex.: pesquisa operacional); e
- A escola de sistemas – onde o gerenciamento se dá por meio do desenvolvimento de modelos de sistemas, caracterizado por entradas, processamento e saídas e da identificação direta do fluxo de recursos (dinheiro, equipamentos, instalações, pessoal, informação e materiais) necessários para alcançar determinado objetivo.

Gerentes modernos ainda tendem a identificar as habilidades e responsabilidades de gerenciamento em termos de princípios e funções desenvolvidas nas primeiras escolas de gerenciamento³², que são:

- Planejamento
- Organização
- Direção
- Coordenação
- Controle

Embora de estas funções gerenciais tenham sido amplamente aplicadas em estruturas gerenciais tradicionais, tiveram de ser redefinidas para posições gerenciais que são temporárias. O significado fundamental de cada uma dessas funções continua o mesmo, porém suas aplicações se modificaram para atender às necessidades específicas do gerenciamento de projetos (Kenzner, 1998).

³² Para maiores detalhes sobre o início das escolas de gerenciamento consultar “Administração Industrial e Geral” Fayol (1950).

6.2.3 GERENCIAMENTO DE PROJETO NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Com o objetivo de desenvolver esta tese, a abordagem de gerenciamento de projeto dará suporte à construção da metodologia proposta. Este suporte está relacionado com os processos que nortearão a construção da metodologia. Mas, para compreender o gerenciamento de projetos no contexto de desenvolvimento de produtos é preciso fazer algumas considerações mais amplas sobre o gerenciamento de projetos. Quando se observam as atividades de empresas públicas e privadas, nota-se que estas atividades se compõem, basicamente, de operações e projetos, que podem ser executados de forma independente e que, muitas vezes, podem sobrepor-se. Tanto as operações como os projetos necessitam de recursos de diferentes tipos, como, por exemplo, humanos, materiais e financeiros. Por serem normalmente limitados, estes recursos precisam de atividades gerenciais no que tange ao planejamento, execução e controle. De forma geral, a principal diferença entre as operações e os projetos é que as operações são processos contínuos e repetitivos, e os projetos são temporários, únicos e, frequentemente, complexos. Como já explicitado, um dos maiores desafios em desenvolvimento de produtos é gerenciar e coordenar este complexo processo.

São alguns exemplos de projetos:

- A implantação de um sistema de informação gerencial;
- A construção de uma hidrelétrica;
- A realização da mudança de uma empresa de uma cidade para outra; ou
- O desenvolvimento de um novo produto ou serviço.

Os processos de gerenciamento dizem respeito à descrição e à organização do trabalho do projeto.

Para Romano (2003), em linhas gerais, o modelo de gerenciamento de projetos é organizado em cinco grupos de processos. Os vetores representam o fluxo do processo onde se pode entender também o fluxo das informações. Os grupos de

processos indicados na figura 6.2 são conectados pelas saídas de seus processos, isto é, os resultados de um tornam-se entradas de outros. As atividades dos grupos de processos de gerenciamento vão se sobrepondo ao longo da realização do projeto, fazendo com que as trocas de informações ocorram em todas as fases do projeto, caracterizando a natureza integrada do gerenciamento de projetos. Os processos de gerência de projetos, que são aplicáveis à maioria dos projetos, estão representados na Figura 6.2.

Figura 6.2 – Ligações entre os grupos de processos

Fonte: PMI (2001)

Os processos de gerência de projetos podem ser organizados em cinco grupos, cada um deles contendo um ou mais processos:

- Processos de iniciação – reconhecer que um projeto ou fase deve começar e comprometer-se para executá-lo(a). Em geral, um projeto não é formalmente iniciado até que um estudo sobre sua viabilidade seja realizado.
- Processos de planejamento – planejar e manter um esquema de trabalho viável para se atingir aqueles objetivos de negócios que determinaram a existência do projeto. O resultado deste processo é, normalmente, um plano formal, colocado em forma de documento escrito.

- Processos de execução – coordenar pessoas e demais recursos para realizar o plano. Em outras palavras é o processo de execução que estabelece a dinâmica do projeto.
- Processos de controle – assegurar que os objetivos do projeto estão sendo atingidos, por meio da monitoração e da avaliação do seu progresso, tomando ações corretivas quando necessárias.
- Processos de encerramento ou conclusão – Formalizar a aceitação do projeto ou fase e encerrá-lo(a) de uma forma organizada.

Conforme citado anteriormente, os grupos de processos se inter-relacionam por meio de suas entradas e saídas. As saídas (resultados) de um processo serão as entradas (insumos) para o processo seguinte. Mesmo que esta representação induza ao entendimento de que os processos devam ocorrer de forma seqüencial, muitas sobreposições de atividades podem verificar-se ao longo do projeto. A Figura 6.3 oferece esta representação.

Figura 6.3 – Sobreposição dos grupos de processos

Fonte: PMI (2001)

A abordagem de gerenciamento de projetos torna-se útil nesta tese, conforme oferece uma estrutura gerencial para implementação da metodologia proposta. Assim, o processo de implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos deve ser uma intervenção com início e término definidos, a estrutura da abordagem de gerenciamento de projetos, por meio de seus grupos de processos, será utilizada para nortear o projeto de implementação.

6.3 FERRAMENTAS PARA O MAPEAMENTO DO FLUXO DO VALOR EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Nesta parte da tese, são descritas diversas ferramentas para análise de processos, que podem auxiliar os envolvidos com o desenvolvimento de produtos no mapeamento do fluxo do valor. Segundo Millard (2001), isto deve ocorrer após a interpretação do fluxo de valor em termos de fluxo de informação. Algumas ferramentas aqui descritas podem não ser exatamente destinadas ao mapeamento do fluxo do valor, assim como o conjunto de ferramentas aqui apresentado não pretende ser conclusivo.

6.3.1 GRÁFICO DE GANTT

O gráfico de Gantt é um tradicional método para a representação, seqüência, programação e relação de dependência entre as diversas atividades que compõem um projeto, ou o desenvolvimento de um produto.

A Figura 6.4 apresenta um exemplo deste gráfico.

Figura 6.4 – Exemplo de Gráfico de Gantt

Fonte: Millard (2001).

Neste tipo de gráfico, é possível observar quando cada atividade inicia e em que data espera-se que ela termine. Em função destes parâmetros, são visualizadas no gráfico as possíveis sobreposições de tarefas, ou seja, as tarefas que terão de ser executadas em paralelo a outras. A visibilidade destas atividades em paralelo permite, de uma forma direta, observar em quais momentos do projeto será exigido maior esforço, no sentido de cumprir as datas programadas. Algumas atividades, por não apresentarem folga, serão consideradas críticas.

6.3.2 MAPA WARD

O *Lean Enterprise Institute* em conjunto com a empresa Ward Synthesis³³ tem avançado em uma estrutura que possibilita a visualização, simultaneidade e natureza cíclica do processo de desenvolvimento de produtos. Ao invés de empregar flechas, são utilizadas linhas curvas para descrever o fluxo entre os passos do processo. Estas linhas curvas representam os custos e recursos necessários a cada atividade. O volume de recursos e os custos envolvidos são proporcionais ao tamanho das parábolas que as linhas descrevem.

Figura 6.5 – Exemplo de Mapa Ward de Fluxo de Valor

Fonte: Adaptado de Millard (2001).

³³ A “Ward Synthesis” é uma empresa cuja missão é desdobrar os princípios do desenvolvimento enxuto. Seu presidente até 2004 era o Prof. Allen Ward.

No mapa apresentado na Figura 6.5, o tempo está representado ao longo do eixo horizontal e o volume de recursos necessários para a execução de cada tarefa aparece no eixo vertical, não se aplicando, porém, a idéia de positivo ou negativo na utilização dos recursos. O símbolo com um círculo formado por setas denota uma tarefa com alto grau de interação. Uma vez que o processo é mapeado, os desperdícios podem ser identificados e removidos com o objetivo de melhorar o processo. Nos dados da tabela 6.1, estão descritos os principais desperdícios.

Tabela 6.1 – Categorização de desperdícios

Desperdício	Descrição
<i>Hand-offs</i>	Transferência de informação: separa responsabilidade, conhecimento e ação.
Informação sem utilidade	Informação redundante ou desnecessária.
Conhecimento perdido	Lições ou experiências obtidas por meio de procedimentos de projeto e não transferidas.
Vontade pessoal	Seleção prematura, experimento inadequado e acordos excessivos.
Testes para especificação	Testes que falham podem ser considerados dispêndios.
Espera	Raramente um processo de desenvolvimento de produtos irá necessitar de atividades seqüenciais.
<i>Expertise Ignorado</i>	Desperdício de oportunidade de melhorias por meio das pessoas.
Dispersão	Reorganização, reavaliar prioridades, desorganização.
Ferramentas erradas	Recursos ineficientes ou errados.

Fonte. Adaptado de Ward (2000)

Como é possível observar na Figura 6.5, cada um desses desperdícios pode ser associado a um símbolo de interação que será colocado em lugar apropriado no mapa. Estes símbolos auxiliam na discussão e na comunicação de idéia a respeito da remoção dos desperdícios. Um esforço adicional do método Ward repousa na idéia de associar à discussão da melhoria do processo de desenvolvimento de produtos a discussão do ciclo de negócios. Identificando o *timing* para o ciclo inovação do produto ou de desenvolvimento e para o ciclo do cliente, será mais fácil para a

empresa entregar novos produtos quando os clientes desejarem. Esta idéia parte do princípio de que ao cliente dever ser dada a liberdade de “puxar” do mercado, o que ele deseja, quando ele assim o desejar, ao invés de forçar um produto não desejado. O cliente, então, estará com um produto que ele realmente deseja e a empresa terá seus lucros aumentados enquanto observa a redução do tempo nos ciclos de desenvolvimento e a redução da carga de recursos durante a realização do produto. (Millard, 2001).

6.3.3 FLUXOGRAMA

A aplicação de idéias enxutas pela da utilização de ferramentas tradicionais de mapeamento de processo também foi explorada por trabalhos como Trischler (1996). O objetivo desses desenvolvimentos é utilizar o mapeamento de processos para descobrir pontos de desperdícios e áreas com oportunidades de melhorias. Para tanto, são utilizados símbolos padrões, conectados por meio de flechas de forma a descrever um fluxo. Também pode ser utilizado algum tipo de codificação de cores para indicar as atividades que agregam e não-agregam valor.

Figura 6.6 – Exemplo de simbologia utilizada em fluxogramas.

A partir do momento que cada uma das atividades no mapeamento do processo é localizada e codificada em termos de valor, o mapa pode mostrar onde os desperdícios estão acontecendo. Estes desperdícios podem ocorrer em atividades como: aprovações, contagem, amostragem, movimentação, estocagem e inspeções. Discussões sobre como cada uma dessas categorias de desperdícios aplica-se a operações que não são de manufatura, podem ser úteis na identificação das formas mais eficientes de removê-las, Slack (1998) e Bauch (2004).

6.3.4 *LEARNING TO SEE* (APRENDENDO A ENXERGAR)

O método *learning to see* (LTS) foi desenvolvido inicialmente para a manufatura e depois adaptado para os processos de desenvolvimento de produtos. Isto se deveu ao fato de que alguns conceitos enxutos, desperdícios e fluxo foram correlacionados ao processo de desenvolvimento de produtos (Slack, 1998). LTS oferece a mais tradicional ferramenta em programas de implantação dos princípios enxutos.

Segundo Millard (2001), a análise e mapeamento de materiais físicos que fluam no decorrer das operações de manufatura, não apresentam o mesmo nível de dificuldade que a natureza criativa e interativa das operações de desenvolvimento que a engenharia impõe. A partir disso, o mais importante passo para o Mapeamento e Análise do Fluxo do Valor veio com a introdução do método desenvolvido especificamente para implementação do método LTS (Rother e Shook, 1999). Um exemplo de um mapa gerado apoiado no uso do método LTS é apresentado na figura 6.7

Figura 6.7 – Exemplo de mapa de fluxo do valor *Learnig to See*

Fonte: Millard (2001).

O princípio fundamental do método LTS repousa no mapeamento do estado atual de um processo e conseqüente aplicação de técnicas baseadas em princípios enxutos para criar uma visão desse mesmo processo em um estado futuro. Para criar este estado futuro, as atividades que não agregam valor ao processo devem ser eliminadas. Esta é uma atividade que visa a permanecer somente com aquelas que criam valor real ao processo ou as que não proporcionam necessariamente valor, mas são imprescindíveis (ver capítulo quatro desta tese). Técnicas de melhoria são usadas para regular o tempo de ciclo de cada uma das atividades.

Com o objetivo de oferecer suporte às decisões de melhoria de processo, algumas métricas são usadas para rever e caracterizar os processos. Os dados da Tabela 6.2 relacionam certas métricas empregadas no contexto da manufatura.

Após ter sido revisado, o processo deve ser representado graficamente em um chamado estado futuro. Assim, um plano de implementação é colocado em prática e, então, as mudanças são feitas. Este estado futuro é melhorado para alcançar o estado ideal. O método de melhoria contínua pode auxiliar no fluxo do valor do produto.

Tabela 6.2 – Exemplos de métricas em manufatura

Métrica	Descrição
Tempo de ciclo	Tempo necessário à execução de um processo ou sub-processo.
Tempo de mudança	Tempo necessário à mudança de trabalho de um produto para outro.
Tempo <i>on-demand</i>	Tempo que empregados e máquinas requerem para passar de um produto para outro.
Tempo de processo	Tempo que um produto leva para ser transformado, a fim de agregar valor.
Tamanhos de lotes de produção	Quantidade de produtos do mesmo tipo produzidos durante um período de produção
Estoque de produtos em processo	Localiza, na seqüência produtiva, onde produtos estão acumulando.
Número de operadores	Número de operadores que lidam com o produto.
Número de variações do produto	Quantidade de formas pelas quais o produto pode ser executado.
Tamanho de embalagem	Quantidade de produtos que podem ser despachados em uma embalagem.
Tempo de trabalho	Tempo que máquinas e empregados têm disponível para a produção.
Taxa de refugo	Quantidade de refugo gerado pelo processo produtivo.

Fonte: Adaptado de Millard (2001).

A metodologia de Análise e Mapeamento do Fluxo de Valor utiliza uma simbologia padrão que tem como objetivo facilitar a comunicação entre os diversos envolvidos.

6.3.5 DINÂMICA DE SISTEMAS

Mesmo que não seja um método de análise e mapeamento do valor, *per se*, a modelagem por meio da dinâmica de sistemas pode ser complementar no contexto de melhorias pelas práticas enxutas. Este método pode ser mais bem entendido apoiado em Amaral e Sbragio (2003). A Figura 6.8 representa um exemplo do mapeamento pela dinâmica de sistemas e revela o alto grau de relacionamento operacional diário em uma empresa.

Figura 6.8 – Exemplo de mapa de dinâmica de sistema.

Um sistema dinâmico representa uma coleção de múltiplos *feedbacks* construídos com o objetivo de descrever o comportamento de um problema particular. Segundo Bakkila (1996), estes modelos são de grande utilidade, pois, enquanto a mente humana é capaz de analisar e entender a estrutura de um sistema, não o é para interpretar o comportamento desse sistema. Frequentemente, gerentes, engenheiros e outros tomadores de decisão baseiam-se em modelos mentais, ou na forma como eles mentalmente compreendem o sistema. Contudo, estes modelos

possuem falhas de lógica, e as interações entre as questões envolvidas no sistema não são muito claras.

6.3.6 MATRIZ DE ESTRUTURA DE PROJETO (*DESIGN STRUCTURE MATRIX – DSM*)

A técnica de Matriz de Estrutura de Projeto (MEP) não é somente uma ferramenta de mapeamento, trata-se de um método bem elaborado para análise de seqüências de tarefas em um processo que leva em conta também o fluxo de informações. Para tanto, constrói-se uma matriz quadrada, com quantos elementos forem necessários, conforme Figura 6.9. A matriz pode ser numericamente otimizada para a minimizar as interações e maximizar o trabalho.

A matriz terá uma lista de todas as atividades ou subsistemas que constituem o projeto assim como as relações de dependência e de troca de informações. Isto é, quais as informações ou parâmetros são necessários para iniciar uma atividade, e onde a informação gerada por esta atividade será precisa.

A MEP provê *insights* para o gerenciamento de um sistema ou projeto complexo, e também destaca questões sobre as informações e requisitos necessários, o sequenciamento de tarefas e às respectivas interações.

Os pontos indicam a existência e direção do fluxo da informação (ou, em um sentido mais amplo as relações de dependência) de uma atividade no projeto para outra. Desta forma, a leitura de uma linha na matriz revela todas as relações de dependência (*input*) da atividade que esta linha representa com outras atividades do projeto. Como consequência, a leitura das colunas revelará os *outputs* da atividade que a coluna representa com as demais atividades. Se considerarmos, por exemplo, a atividade C na matriz da Figura 6.9, podemos entender que a atividade C receberá informação das atividades A e B e produzirá informação para as atividades D, E, F e G.

ATIVIDADES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Receber especificação	A													
Gerar/selecionar conceito	■	B												
Projetar cartuchos beta	■	■	C											
Produzir cartuchos beta			■	D										
Desenvolver programa de testes	■	■	■		E									
Testar cartuchos beta			■	■	■	F								
Projetar cartuchos p/ produção	■	■	■			■	G	■	■					
Projetar molde	■	■				■	■	H	■					
Projetar ferramenta p/ montagem							■	■	I					
Adquirir equipamento de manufat.					■		■		■	J				
Fabricar moldes								■			K			
Corrigir moldes							■	■			■	L		
Certificar cartuchos					■						■		M	
Produção inicial										■		■	■	N

Figura 6.9 – Exemplo de uma Matriz de Estrutura de Projeto

As atividades marcadas com um ponto escuro (abaixo da diagonal) representam o fluxo da informação no sentido da execução do projeto. As marcas claras (acima da diagonal) são de significativa importância, pois representam um *feedback* de uma atividade mais adiantada (a jusante), na ordem de execução de um projeto, para uma atividade anterior (a montante). Isto significa que a atividade anterior deverá ser repetida, no sentido de incorporar as novas informações provenientes da atividade posterior.

6.4 MECANISMOS DE INTEGRAÇÃO

Para que se possa compreender a importância dos mecanismos de integração torna-se necessário o entendimento da natureza e do processo de gerenciamento das relações existentes entre as equipes envolvidas no desenvolvimento de produtos

(Browning, 1997a, Browning, 1997b). Desta forma, os problemas de coordenação que diminuem o desempenho global do processo podem ser evitados baseados uma abordagem sistemática que considere mecanismos de integração *a priori* no projeto do processo de desenvolvimento.

6.4.1 INTEGRAÇÃO DE TIMES DE DESENVOLVIMENTO

Os mecanismos de integração são estratégias e ferramentas que auxiliam na coordenação de um grupo funcional de desenvolvimento. Isto significa facilitar o fluxo de informações pelas de barreiras organizacionais, localizacionais, culturais, etc. (Browning, 1996a; Browning, 1997b). A seguir são listadas algumas categorias de mecanismos de integração:

- a. Sistemas de Engenharia – projetar a organização de forma a espelhar a arquitetura do produto. Uma arquitetura decomposta e subdividida facilitará a interface entre os integrantes da equipe de desenvolvimento;
- b. Tecnologias de Informação e Comunicação – sistemas de CAD/CAM/CAE, e-mail, tele e videoconferência, banco de dados comuns e padronização de nomenclaturas são exemplos deste tipo de mecanismo de integração;
- c. Treinamento – especialmente, para a formação de equipes, auxilia no aumento da conscientização do papel de cada um dos envolvidos e da necessidade de integração;
- d. Co-localização – proximidade física entre os membros das equipes;

- e. Reuniões tradicionais – encontros *face-to-face* para compartilhamento de informações e/ou tomada de decisões;
- f. Mediação Gerencial – atividades de mediações que ocorrem de forma verticalizada (de cima para baixo);
- g. Grupos de Gerenciamento de Interface – equipes que recebem a incumbência de garantir o andamento do projeto, ou para mediar incidentes específicos de interface;

6.4.2 ESTRUTURA DE INTEGRAÇÃO

Browning (1997a) propõe uma estrutura para a integração, que se assemelha muito àquela apresentada no capítulo cinco, utilizada pela empresa “A”. Esta estrutura está baseada em um sistema hierárquico. A hierarquia reflete o fato de que não só os membros de uma determinada equipe devem estar integrados, mas também as diversas equipes de desenvolvimento devem integrar-se. Assim conclui-se que, pelo menos um nível a mais deve existir no processo de integração em desenvolvimento de produtos. O modelo proposto por Browning (1997a), possui três níveis de integração. A Figura 6.10 ilustra esta estrutura de três níveis.

- O Primeiro Nível: chamado de Time Integrado de Desenvolvimento (TID) Grupos Funcionais de Suporte (GFS);
- O Segundo Nível: chamado de time de sistemas; e
- O Terceiro Nível: chamado de Time de Programa.

Os TID's e os GFS's (se for o caso) podem ser agregados a um Time de Sistema, que com outros TID's e GFS's, ou mesmo com outros Times de sistemas constituirão um Programa. Na Figura 6.10, as setas significam as mais importantes necessidades de troca de informação (as relações de dependência menos intensas não estão representadas). Os círculos tracejados destacam os agrupamentos que formam os times de sistemas.

Figura 6.10 – Os três níveis de integração

É possível observar que a estrutura dos três níveis propicia uma quantidade mínima de sobreposição hierárquica. Programas de desenvolvimento de sistemas complexos podem requerer níveis adicionais. Por exemplo, é possível que surjam níveis adicionais de times de sistemas. Segundo Browning (1997a), o programa de desenvolvimento da aeronave F/A – 18E/F expandiu os níveis hierárquicos de integração para quatro ou cinco, com o objetivo de capturar distinções de prioridades e dimensões entre os diferentes times de sistemas.

Nota-se também que a natureza hierárquica da estrutura proposta propõe-se a refletir a arquitetura do produto, não a estrutura de poder da empresa ou a organização do programa – mesmo que isto também seja relevante.

A Figura 6.11 exemplifica a composição de um time de sistema. Esta estrutura possibilita a integração de quatro Times Integrados de Desenvolvimento e dois Grupos Funcionais de Suporte, assim como algumas perspectivas funcionais não tratadas em nível de TID. O Time de Sistema é composto de representantes dos diferentes TID's e GFS's, representantes funcionais adicionais e um ou mais líderes de Times de Sistemas. Cabe ressaltar que esta estrutura proposta por Browning (1997a), também foi identificada na empresa "A".

Figura 6.11 – Exemplo de composição de Time de Sistema

Fonte: Browning (1997a).

Com base nesta estrutura, Browning (1997a) propôs uma abordagem sistemática para o projeto de integração de programas. Esta abordagem se alicerça em seis passos:

1 – Conhecer a Arquitetura do Sistema: significa que o projeto dos mecanismos de integração de um sistema dependerá da arquitetura do próprio sistema;

2 – Designar Times Integrados de Desenvolvimento para os Componentes do Sistema: uma vez que os componentes e subsistemas da arquitetura do produto foram desdobrados, são designados TID's para o desenvolvimento de cada componente;

3 – Agrupar os TID's de forma sistemática: após a designação dos TID's e GFS's que participarão do desenvolvimento dos componentes de níveis inferiores da arquitetura do sistema, estes deverão ser agregados em Times de Sistemas;

4 – Aplicar Mecanismos de Integração: determinados os TID's e GFS's e estabelecidas as características de interface entre os mesmos, deverão ser determinados os mecanismos facilitadores de integração;

5 – Gerenciar interfaces: depois de estabelecer a melhor estrutura organizacional possível e escolher, *a priori*, os mecanismos de integração apropriados, o gerenciamento do programa deverá manter o fluxo constante de informação pelo programa. Isto inclui mediar questões técnicas por meio de instrumentos apropriados de integração e monitorar a eficácia da comunicação; e

6 – Reavaliação: alguns mecanismos de integração podem não ser mais apropriados ao longo do programa. Algumas interfaces podem se tornar mais importantes outras menos. Novas interfaces poderão surgir, outras desaparecerão.

7 METODOLOGIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS ENXUTOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O objetivo desta tese é desenvolver uma metodologia que possibilite a implementação de princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos que deverá auxiliar na melhoria dos resultados do processo de desenvolvimento de produtos pela implementação desses princípios.

Segundo Ferreira (1993), metodologia significa “o estudo dos métodos e, especialmente, dos métodos das ciências”. Tate (1999) faz distinção entre metodologia, técnica e filosofia. De acordo com o autor, a metodologia pode perder um pouco de precisão quando comparada à técnica, porém como guia de ação supera a filosofia. Assim a técnica auxilia seu usuário sobre *como* fazer algo e a filosofia indica *o que* precisa ser feito, a metodologia contém elementos de ambos os princípios (como, o que). Portanto, uma forma explícita de estruturar pensamentos e ações, de forma a revelar quais passos deverão ser tomados, como serão realizados e o porquê de serem realizados em determinada ordem. Uma metodologia pode não oferecer soluções para um problema específico, mas pode prover um método de avaliação da possibilidade de sucesso sobre de uma decisão tomada (Tate, 1999).

Nesta tese, a abordagem proposta foi chamada de metodologia, visto que provê uma forma de estruturar o pensamento ao mesmo tempo em que oferece os passos para tomadas de decisões fundamentadas.

7.1 A CONSTRUÇÃO DA METODOLOGIA

O modelo de três fases discutido no capítulo 6 foi elaborado com a finalidade de representar os passos para a criação de valor na empresa, sua aplicação no ambiente de desenvolvimento foi testada por Stanke (2001), onde o escopo da pesquisa focava programas aeroespaciais para caracterizar o ciclo de valor em sistemas complexos. Desta pesquisa, surgiu a seguinte caracterização para o ciclo de valor:

“Balanceamento entre as expectativas dos stakeholders no que se refere à efetiva performance do sistema (qualidade, custo e prazo) e os riscos associados em oferecer o melhor valor ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento.” (Stanke e Murman 2002).

O modelo de três fases foi então definido como:

Figura 7.1 – A criação de valor como um processo iterativo e adaptativo

Fonte: Murman et. al., 2002.

O objetivo principal desta estrutura, Figura 7.1, é fazer com que o processo de criação de valor torne-se mais visível. Acompanhando o objetivo desta tese, este modelo serviu de base para o desenvolvimento da metodologia.

O primeiro passo, porém, foi estabelecer a inter-relação de cada princípio enxuto com as diferentes fases do modelo. Para tanto, seguiu-se os trabalhos de Slack (1998), Stanke (2001), Stanke e Murman (2002), Murman *et. al.* (2002) e Bauch (2004).

7.1.1 A IDENTIFICAÇÃO DO VALOR

Segundo Murman *et.al.* (2002), esta primeira fase do modelo de três fases é destinada à identificação dos *stakeholders* e suas necessidades ou requisitos de valor, o que alguns teóricos de negociação chamam de interesses. Slack (1998) relaciona a identificação dos *stakeholders* com o primeiro princípio enxuto: valor. Desta forma, a Figura 7.1 foi alterada de forma a relacionar o princípio do valor com a primeira fase do modelo: identificação do valor.

Figura 7.2 – O modelo de três fases e o princípio do valor.

Nenhum outro princípio enxuto foi identificado como relacionado à fase da identificação do valor.

7.1.2 A PROPOSIÇÃO DO VALOR

Um aspecto-chave para a criação de valor é a transição dos objetivos e idéias para uma arquitetura de sistemas e conceitos. Propor um determinado valor para um sistema envolve o balanceamento das expectativas e contribuições dos *stakeholders* com os objetivos do sistema, em uma base comum de criação de um ciclo do valor Stanke (2001). Nesta fase, portanto, todas as necessidades e expectativas dos *stakeholders* são reunidas para uma análise conjunta. Uma parte da fase de proposição do valor é antecipar a seqüência de ações que resultará em valor. No caso do processo de desenvolvimento de produtos, é necessário analisar quais etapas do processo criaram valor. Para Bauch (2004), assim como para Womack e Jones (2003) existem categorias para os passos do processo baseadas no potencial de criação de valor. As categorias são:

- Ações que criam valor para o cliente;
- Ações que não criam valor para o cliente, mas, que, por algum motivo, são necessárias (*Muda – Tipo Um*); e
- Ações que não criam valor para o cliente e, portanto, podem ser eliminadas (*Muda – Tipo Dois*).

Para que estas ações possam ser identificadas, é preciso conhecer o fluxo do valor, segundo princípio enxuto. A Figura 7.3 inclui o princípio do fluxo do valor no modelo de três fases.

Figura 7.3 – O modelo de três fases e o princípio do valor e do fluxo do valor.

7.1.3 A ENTREGA DO VALOR

A fase da entrega do valor é a mais comum no contexto das práticas enxutas, assim, o valor proposto deverá ser conduzido aos diferentes *stakeholders* e clientes. Para isto, é necessário que o fluxo do valor identificado na fase de proposição de valor esteja desprovido de *mudas*, para que o princípio do fluxo possa ser implementado, ou seja, o valor flua por cada etapa do processo de desenvolvimento do produto. Como já mencionado no capítulo 4, o princípio do sistema puxado só faz sentido no processo de desenvolvimento de produtos, quando o cliente solicita um novo produto à empresa. Quando isto ocorre, é na fase de entrega do valor que este princípio deverá ser trabalhado. É o caso da Empresa B no capítulo 5.

A Figura 7.4 representa o modelo de três fases com a inclusão dos princípios do fluxo e do sistema puxado.

Figura 7.4 – O modelo de três fases e os princípios: do valor, do fluxo do valor, do fluxo e do sistema puxado.

Segundo Slack (1998), o princípio da perfeição é o estado futuro do processo de desenvolvimento de produtos, após a eliminação de todos os *mudas*. Este trabalho, no sentido de se alcançar a perfeição, envolve a contínua execução tanto de melhorias incrementais (*kaizen*) como de melhorias radicais (*kaikaku*) no fluxo do valor. O princípio da perfeição é aquele que irá interagir com os demais princípios ao longo de todas as três fases, conforme pode ser observado na Figura 7.5.

Figura 7.5 – O modelo de três fases e os cinco princípios enxutos.

7.1.4 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

O entendimento dos riscos associados à entrega do produto é um elemento essencial de um planejamento. O gerenciamento e identificação dos riscos são, freqüentemente, considerados um problema. Em todos os projetos, existem limitações dos recursos que podem ser usados para evitar problemas potenciais, e que, portanto, podem nunca vir a ocorrer. Desta forma, torna-se essencial que haja uma abordagem proativa e planejada de gerenciamento de risco (Murman *at. al.*, 2002). A figura 7.6 revela que o esforço gerencial deve concentrar-se nas fases iniciais do ciclo de desenvolvimento e que o conhecimento acumula-se nas fases finais.

Figura 7.6 – O esforço gerencial nas fases iniciais do ciclo de desenvolvimento do produto

Fonte: Millard (2001).

Segundo Slack (1998), já citado no capítulo 4, a busca pela perfeição pode ser facilitada pelo do desdobramento de políticas, que envolverão a direção e a liderança da alta administração no que tange a seleção de objetivos, projetos, recursos e programações para a iniciativa de melhorias. Esta necessidade de um envolvimento da direção ou da alta administração no gerenciamento e implementação de melhorias também foi verificada nos estudos de casos das práticas industriais. Desta forma, é possível inferir que existe a necessidade de um modelo de gerenciamento que possibilite a transposição dos princípios enxutos para o processo de desenvolvimento de produtos.

Figura 7.7 – Representação da necessidade de uma ferramenta de gestão para implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos.

Na Figura 7.7, pode-se observar a pertinência das considerações de Slack (1998), de que é preciso uma intervenção gerencial para que possa ocorrer a transposição dos princípios enxutos ao o processo do desenvolvimento de produtos. Isto, porém, deve ser realizado de forma que, ao final, obtenha-se um processo de

desenvolvimento com características enxutas, isto é, que utilize princípios enxutos para melhoria de seu desempenho. As setas tracejadas da Figura 7.7 representam as possíveis contribuições que as práticas industriais correntes podem oferecer ao modelo de três fases.

Esta característica de um processo gerencial com início e término alinha-se com a definição de projeto, o que conduz a identificação da ferramenta de gerenciamento de projetos, como elemento integrador da metodologia de implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos. Os processos de início, planejamento, execução, controle e término, considerados básicos no ciclo de vida de projetos (PMI, 2001), são também os processos-base desta metodologia.

A pesquisa com os estudos de caso revelou um desconhecimento da Empresa B sobre os princípios enxutos aplicados ao processo de desenvolvimento de produtos. Por isso, a metodologia incluiu no modelo de três fases uma fase de preparação, na qual se objetivou a construção de uma visão enxuta para os envolvidos, o envolvimento das pessoas e o desenvolvimento de estratégias de implementação. A proposta da metodologia está exemplificada na Figura 7.8.

A metodologia proposta foi desenvolvida, portanto, com a seguinte estrutura básica: quatro fases (preparação, identificação de valor, proposição de valor e entrega de valor); quatro processos (início, planejamento, execução e controle e melhoria). Cada processo foi dividido em subprocessos, estas subdivisões foram construídas baseadas nos dados obtidos durante os estudos de caso.

7.1.5 MAPEAMENTO DAS FASES DE CRIAÇÃO DE VALOR EM RELAÇÃO AOS PROCESSOS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP), como já ressaltado anteriormente, é muito difícil de ser modelado. Isto porque diferentes produtos necessitam de distintos processos, sejam de manufatura, sejam de engenharia. Mas, o propósito desta tese é desenvolver uma metodologia que possa ser generalizada aos variados PDP's. Pretende-se alcançar este objetivo por meio de elementos transversais, comuns aos diferentes tipos de PDP.

Tabela 7.1 – Matriz cruzada entre os processos gerenciais de projetos e as fases do modelo de referência.

Processos de Gerenciamento de Projetos.	Fases para criação de valor em desenvolvimento de produtos, adaptados de Murman <i>et.al.</i> (2003)			
	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
	Preparação (dedicada à preparação básica para a criação de valor)	Identificação do Valor (dedicada à identificação das necessidades dos <i>stakeholders</i>)	Proposição do valor (balanceamento das necessidades dos diversos interessados – identificado na fase 1)	Entrega do Valor (Implementação do fluxo de valor identificado na fase 2)
Iniciação	Construir a visão enxuta, Estabelecer necessidades Envolver as pessoas.			
Planejamento	Integrar o PDP à estratégia da empresa. Definir escopo de implementação, Treinar equipes. Estabelecer objetivos e métricas			
Execução		Definir <i>stakeholders</i> , Definir formas para a identificação do valor. Definir valor em termos de: qualidade, custo e prazo.	Mapear fluxo do valor atual no PDP, Rever o PDP com base na criação de um estado futuro para o fluxo do valor. Definir mecanismos de integração.	Realizar o PDP com foco na criação de valor, Eliminar desperdícios por meio de um programa de melhoria contínua.
Controle	O projeto de controle e melhoria acontecerá em todos os processos.			
Encerramento	O processo de encerramento acontecerá quando o PDP, definido pela empresa, alcançar um estado considerado enxuto, ou seja, quando as fases para a criação de valor forem sistematicamente incorporadas ao processo formal de desenvolvimento de produtos.			

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 7.8 – Estrutura da metodologia proposta.

7.2 DETALHAMENTO DA METODOLOGIA

Neste capítulo da tese, são detalhados os passos da metodologia proposta. O objetivo principal foi, sobretudo, oferecer uma breve descrição sobre dos tópicos elencados no corpo da Figura 7.8. Neste sentido, este detalhamento não poderá ser confundido com um manual técnico prescritivo, mas sim como uma sequência de passos que poderão ser utilizados em sua totalidade, parcialmente ou até mesmo ampliados, cujo principal objetivo é conduzir o processo de desenvolvimento de produtos a um estado considerado enxuto. De uma forma geral, cada um dos sete passos foi subdividido em atividades que serão, para efeito de padronização, chamadas de etapas.

7.2.1 PASSO 1

Na fase de preparação, inicia-se a metodologia. É nesta fase que se procurará transmitir a todos os participantes do processo de desenvolvimento de produtos quais os princípios que norteiam a mentalidade enxuta. Esta fase engloba o primeiro passo da metodologia: adoção da mentalidade enxuta. Para que este primeiro passo esteja completo torna-se necessária a realização de quatro etapas.

Estas foram obtidas baseadas na análise cruzada dos casos e encontram-se descritas no Quadro 7.1.

-
- IM1 – Construir a visão enxuta.
 - IM2 – Estabelecer necessidades.
 - IM3 – Vender a idéia à alta-administração.
 - IM4 – Envolver as pessoas.

Quadro 7.1 – Etapas do primeiro passo.

IM1 – Construir a visão enxuta

Pelos estudos de caso e pela literatura, ficou evidenciado que antes da implantação de um sistema enxuto, na manufatura ou na engenharia, é preciso uma conscientização dos envolvidos com o processo sobre os princípios e práticas enxutas. Os estudos de caso revelaram que os envolvidos com o processo de desenvolvimento de produtos pouco ou nada sabiam sobre a implementação dos princípios enxutos em ambiente que não os de manufatura. Na literatura, segundo Morgan (2002), Slack (1998), Millard (2002), Womack (2003), a construção de uma mentalidade enxuta deve ser o primeiro passo para as empresas que desejam implementar um processo enxuto, seja na manufatura ou na engenharia.

Este passo da metodologia mostra-se recorrente também em outros empreendimentos como, por exemplo, na implantação de sistemas da qualidade, onde a construção de um entendimento sobre os princípios da qualidade constitui o primeiro passo para o sucesso do programa de qualidade. Na verdade, segundo Womack e Jones (2003), é uma boa idéia iniciar o processo de implementação de uma filosofia enxuta, combinando os esforços de garantia da qualidade com os esforços de promoção dos conceitos enxutos, de forma que a melhoria da qualidade e da produtividade, redução de tempo de ciclo, economias de espaço ou qualquer outra dimensão de desempenho sejam consideradas igualmente e simultaneamente.

Ainda segundo Womack e Jones (2003), um dos problemas principais quando do início da implementação da mentalidade enxuta é que os gerentes envolvidos entendem que os especialistas em sistema de qualidade e os especialistas em técnicas enxutas estão solicitando que se executem atividades completamente distintas. Isto ficou evidente nos casos investigados, quando os entrevistados alegavam que, por possuírem a certificação em sistemas da qualidade, talvez não fosse conveniente mais um sistema.

Estas evidências reforçam a necessidade de uma etapa no processo, onde as pessoas-chave participantes sejam esclarecidas dos princípios e conceitos básicos da mentalidade enxuta.

Para o grupo *The Enterprise Transition to Lean – TTL*, a mentalidade enxuta requer um profundo entendimento dos aspectos fundamentais de uma empresa e suas interações com seu ambiente externo.

IM2 – Estabelecer necessidades

A teoria tem revelado que poucas empresas estão propensas a realizar mudanças radicais necessárias, que as mesmas só são verificadas quando as empresas estão desejosas de um desafio maior ou quando as mudanças representam sua própria sobrevivência. De certa forma, isto apresenta uma incoerência, pois seria mais prudente uma mudança quando a empresa desfruta de uma saúde financeira estável. Nas empresas analisadas também, foi identificado certo receio com relação à adoção de uma nova mentalidade no processo de desenvolvimento de produtos. Na empresa A por exemplo, existe a busca constante de melhoria de processos, porém os responsáveis acreditam que a proposta de implementação de princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos assemelha-se muito às mudanças já realizadas e, portanto, apenas algumas poucas mudanças poderiam contribuir para a melhoria do processo. No caso da empresa B, existe uma série de pressupostos que fazem parte da cultura organizacional, os quais tornam os envolvidos resistentes à mudança. Na empresa C, as mudanças estão ainda em um estágio embrionário e têm sido planejadas por iniciativa isolada de um gerente. A proposta para estabelecer a necessidade de mudança deve partir sobretudo da análise comparativa entre as distintas abordagens de melhoria, destacando sobretudo o futuro competitivo da empresa.

IM3 – Vender a idéia à alta-administração

Para que estas necessidades sejam estabelecidas de forma criteriosa, e para que os recursos estejam disponíveis no momento oportuno é fundamental que a alta-administração “compre a idéia”. Este comprometimento não se refere somente ao aspecto financeiro. Segundo Hoppes (1995) é mais importante para um gerente de processo de mudança mostrar de forma consistente que ele está atrás dos resultados

do projeto e que está disposto a cumprir todas as etapas necessárias para o alcance bem-sucedido dos resultados.

O comprometimento da alta-administração evita que a implementação de programas de melhorias transforme-se em apenas um conjunto de papéis, ou mesmo, em mais um programa que logo desaparecerá. Este comprometimento sinaliza para a força de trabalho que o esforço que está sendo empreendido é importante e, de certa forma, representa o futuro da organização da qual esta força faz parte.

IM4 – Envolver as pessoas

Existe uma barreira nos programas de mudança que se relaciona com as crenças, usos e costumes que a força de trabalho, em geral, tem no que se refere à forma pela qual as atividades são executadas. Isto foi observado inclusive nos casos pesquisados, onde a proposta de uma nova forma de gestão do processo de desenvolvimento do produto era recebida com resistência pelos entrevistados. Alguns pontos de resistência estão relacionados com os seguintes tópicos:

- Muitos dos participantes do processo de desenvolvimento sentem-se ameaçados quando da hipótese de mudança para um modelo de gestão diferente daquele ao qual já estavam habituados, e que são, normalmente, altamente departamentalizados e com escopo limitado;
- A abordagem enxuta, por natureza, exige reduções radicais e contínuas dos índices de trabalho realizado. Desta forma, os empregados são solicitados a buscar meios contínuos de redução dos índices de seu próprio trabalho;
- Pode haver uma ameaça ao emprego;
- As demandas por melhoria de desempenho podem “assustar”;

Envolver as pessoas significa fazer com que os novos princípios não se tornem motivos de impedimento para a mudança de gestão do processo. Torna-se necessário, portanto, que as pessoas que integram as diversas atividades do processo

de desenvolvimento de produto enxerguem as mudanças como oportunidades de melhoria. Isso só acontecerá baseado no envolvimento de cada uma dessas pessoas com o processo de mudança.

– *Output*

O principal *output* deste passo é o comprometimento da alta-administração.

7.2.2 PASSO 2

Este segundo passo representa o início, propriamente dito, da metodologia. Durante este passo, é definida a estratégia, e a estrutura de suporte é colocada à disposição. É aqui também que começa a se desenvolver o grupo multifuncional que cuidará do processo de transformação. Este grupo deverá possuir autoridade e responsabilidade para esta transformação. O treinamento das pessoas-chave para o processo também acontecerá neste momento. As métricas que serão utilizadas para avaliar o progresso da implementação serão estabelecidas e acompanhadas. Em linhas gerais, é neste passo que os recursos básicos necessários ao processo de transformação são definidos.

As etapas deste segundo passo encontram-se resumidas no Quadro 7.2.

PP1 – Integrar o PDP à estratégia da Empresa
PP2 – Estabelecer equipes de implementação
PP3 – Desenvolver estratégia de implementação
PP4 – Definir escopo de implementação
PP5 – Treinar pessoal-chave
PP6 – Estabelecer objetivos e metas (métricas)
PP7 – Definir estrutura de suporte

Quadro 7.2 – Etapas do segundo passo.

PP1 – Integrar o PDP à estratégia da empresa

Conduzir a transição do processo de desenvolvimento para um estado enxuto torna-se mais complexo sem o respectivo alinhamento com a estratégia da empresa. Isto ficou evidente na literatura, quando Slack (1998) dissertou sobre o valor para os acionistas e na revisão das práticas industriais, quando das entrevistas com os envolvidos. Mas, com exceção da empresa A, as empresas investigadas não demonstraram nenhum procedimento para que isto ocorra. É necessário, portanto, que as empresas ao desenvolverem seus produtos entendam as necessidades e objetivos internos da empresa, sobretudo os de nível estratégico. A partir daí integrem as atividades de identificação das necessidades dos clientes e fornecedores. A visão integrada dos anseios dos diversos *stakeholders* é o ponto de partida para uma eficiente identificação de valor.

PP2 – Estabelecer equipes de implementação

A equipe deverá contemplar integrantes das diversas áreas envolvidas no processo de desenvolvimento de produtos, assim como integrantes de outras áreas que fazem contato com o PDP, tais como: fabricação ou manufatura, recursos humanos, tecnologia de informação e gerência de negócios. Basicamente, as atividades deste grupo estarão voltadas para: elaborar um plano de execução, prover recursos, identificar e remover barreiras a implementação, monitorar e garantir que a implementação não está afetando negativamente o desempenho atual e prover o treinamento sobre os princípios e conceitos enxutos.

PP3 – Desenvolver estratégia de implementação

Segundo a equipe TTL (*Transition to Lean*), do MIT, a estratégia de implementação de princípios enxutos na manufatura deve determinar onde será concentrado o esforço que maximizará os objetivos globais que compõem o

planejamento estratégico da empresa. No PDP, após a identificação e balanceamento das necessidades dos diferentes *stakeholders* (incluindo os objetivos de longo prazo dos acionistas), a estratégia de implementação deverá centralizar a seguinte questão: “Onde a equipe deverá utilizar seu tempo?”. Para tanto é importante a identificação das oportunidades de melhoria. Pautado no formulário de pesquisa utilizado nesta tese para a investigação sobre o processo de desenvolvimento de produtos, ficaram evidentes vários pontos de melhoria estabelecidos em função do que preconiza a literatura e baseado nas necessidades dos clientes. A premissa estabelecida pelo TTL é que uma implementação estrategicamente focada pode proporcionar benefícios imediatos e duradouros à empresa.

PP4 – Definir escopo de implementação

Algumas empresas não têm bem definidos os limites do processo de desenvolvimento do produto. A Empresa B, investigada no capítulo desta tese que trata das práticas industriais, é um exemplo da falta de delimitação das atividades de desenvolvimento de produtos, pois incorpora em seu fluxograma as atividades administrativas gerais da empresa. Esta visão equivocada do processo pode levar a perda de foco, o que prejudicaria o desenvolvimento da estratégia de implementação (PP3). Desta forma, a definição de um escopo de implementação confunde-se com o escopo do próprio PDP e seus respectivos pontos de contato com outras áreas. Como o escopo de implementação está diretamente relacionado ao PDP, a revisão do PDP, previsto no PD1, deverá causar algum tipo de realimentação ou interação no escopo de implementação que deverá ser revisto em função das alterações ocorridas no PDP.

PP5 – Treinar pessoal-chave

O objetivo principal deste treinamento é obter o correto entendimento dos princípios enxutos e transmissão para os envolvidos de qual seu papel no processo de implementação. Neste treinamento, também serão discutidas as ferramentas que serão utilizadas na condução do PDP a um estado enxuto. Algumas destas ferramentas foram discutidas no capítulo 6 desta tese. A empresa deverá, em função

do seu tamanho, definir grupos de treinamento e estabelecer o grau de profundidade dos assuntos tratados nos treinamentos.

PP6 – Estabelecer objetivos e metas (métricas)

Alguns objetivos precisarão ser estabelecidos, de forma que cada um dos envolvidos possa ao mesmo tempo identificá-los e contribuir para que os mesmos sejam alcançados. Isto poderá ser feito baseado nas métricas, tais como: redução do tempo de desenvolvimento, melhoria da qualidade do produto final e redução do custo de desenvolvimento. Estas métricas foram estabelecidas em função do trabalho de Slack (1998), detalhado no capítulo 4, e baseadas nas práticas industriais investigadas que ratificaram estas métricas como as mais importantes para o PDP.

PP7 – Definir estrutura de suporte

“Seu *sensei*³⁴ necessitará de um lugar para sentar, mesmo que um ‘bom’ *sensei* não permaneça sentado por muito tempo”, com esta frase Womack e Jones (2003) reforçam a idéia de estabelecer necessidades. A equipe que cuidará do processo de implementação da mentalidade enxuta necessitará de suporte logístico para execução de suas tarefas. Esta necessidade está relacionada com recursos materiais, humanos e tecnológicos. Em uma das empresas pesquisadas (empresa B), ficou evidenciado que o custo envolvido em mudanças pode representar um grande empecilho para a implementação de qualquer programa de melhoria. Sobretudo, pelo fato na demora das aquisições. Segundo Csillag (1995), os recursos necessários devem estar disponíveis em tempo, pois, caso contrário, não adiantará insistir no processo.

As necessidades não são, porém, apenas materiais, serão precisos também, por exemplo: agentes de gerenciamento de mudança, empregados treinados e ferramentas de modelagem e simulação. Se a empresa não facilitar a obtenção dos

³⁴ Palavra que significa: professor pessoal com domínio sobre alguma área do conhecimento. Neste caso alguém com domínio sobre as técnicas e conceitos enxutos.

recursos para a mudança, o trabalho dificilmente alcançará os objetivos desejados (Hoppes, 1995).

PP7 – Definir Cronograma de implementação

Deverá ser estabelecido um cronograma, especificando os prazos para o cumprimento de cada etapa do processo de implementação da metodologia. Este cronograma será acompanhado e a possibilidade do não cumprimento de algum prazo estabelecido deverá ser tratada como uma oportunidade de melhoria, desencadeando, desta forma, ações no sentido de verificar os motivos do não cumprimento ou talvez a revisão do prazo previamente estabelecido.

– *Output*

O *output* deste segundo passo será um plano de implementação que poderá incluir um WBS (*Work Brakedown Structure*). O objetivo deste plano de implementação é materializar por meio de um documento formal os objetivos e métricas que serão alcançados durante o processo de implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos.

7.2.3 PASSO 3

Neste terceiro passo, são consideradas as questões relativas à identificação do valor. A fase de identificação do valor exige a definição dos principais interessados (*stakeholders*). Como já discutido no capítulo 4 e investigado no capítulo 5, a definição dos *stakeholders* é o principal elemento para a criação de valor, portanto, o terceiro passo parte desta etapa. O PDP pode ser genérico e definido em fases que se aplicarão com facilidade a empresas de diferentes indústrias (Cooper, 1983). Entretanto, cada produto tem seu detalhamento e necessitará de tratamento diferenciado em função de suas particularidades. Torna-se necessário, assim, que a identificação de valor em termos de qualidade, prazo e custos seja adequada a cada produto.

PV1 – Definir *stakeholders*.
 PV2 – Definir métodos para identificação de valor, específicos para cada projeto.
 PV3 – Definir valor em termos de Qualidade, Custo e Prazo.

Quadro 7.3 – Etapas do terceiro passo.

PV1 – Definir *stakeholders*

Os *stakeholders* possuem, por vezes, interesses conflitantes no que tange ao PDP. No caso da Xerox, descrito no capítulo 2, podemos verificar que a busca pela redução do tempo de desenvolvimento, necessidade de mercado identificada pela empresa, gerou um aumento de custos que incomodou os acionistas. Na avaliação da empresa B, tratada no capítulo 5, verificou-se que um *stakeholder* importante para o desenvolvimento de produtos, o fornecedor do serviço de fabricação participava discretamente do processo, o que gera interações tardias e desnecessárias ao processo. A correta identificação dos interessados propiciará também um correto balanceamento de suas necessidades, então traduzidas em um “pacote de valor” que atenderá às expectativas de todos.

PV2 – Definir métodos para identificação de valor, específicos para cada projeto.

Uma característica particular para o processo de desenvolvimento enxuto é que, diferente da manufatura em série, o processo de desenvolvimento de produtos é, freqüentemente, único. Mesmo que, como já explanado, seja possível definir um modelo de processo de desenvolvimento de produtos com passos que sejam comuns a diferentes projetos, invariavelmente os projetos terão particularidades que exigirão análises diferenciadas do que se entende por valor em cada um dos diferentes projetos.

Desse modo, temos duas situações distintas nesta etapa, quais sejam: definir o valor para o processo de desenvolvimento de produtos, este será comum a todos os projetos e definir valor para cada um dos projetos em desenvolvimento. Esta

necessidade ficou evidente durante a investigação das práticas industriais na empresa “B”. Nas entrevistas e observação dos processos, verificou-se a existência de mais de 100 projetos sendo desenvolvidos simultaneamente. Não seria produtivo fazer uma análise do que representa valor aos diferentes *stakeholders* interessados em cada um desses projetos, ao mesmo tempo que alguns mecanismos e ferramentas de análise de valor para os produtos podem ser elaborados de forma transversal a todos os projetos³⁵.

Esta dificuldade, porém, não excluirá a necessidade de podermos observar determinados projetos com mais atenção no sentido de identificar as exigências especiais dos interessados. O caso da empresa “M”, narrado no capítulo 2, retrata bem esta situação e as possíveis conseqüências da não observação desta etapa.

PV3 – Definir valor em termos de Qualidade, Custo e Prazo

O valor deverá ser definido em termos de qualidade, custo e prazo, pois deverão atender as expectativas dos diferentes interessados. Cada um dos projetos de desenvolvimento tem características que são particulares e, portanto, necessitam de avaliações específicas em termos de qualidade, custo e prazo. O capítulo 4 desta tese aborda esta questão baseado nas pesquisas realizadas por Bauch (2004) e Slack (1998). As empresas analisadas procuram estabelecer estas definições, porém, não se constatou nenhuma similaridade de ações entre os procedimentos adotados pelas empresas. Isto, contudo, pareceu coerente em função da grande diferença entre os produtos desenvolvidos pelas empresas analisadas.

– *Output*

Uma lista com a definição dos *stakeholders* e suas principais perspectivas quanto ao valor no PDP, possibilitará a correta distinção entre as atividades que criam valor e as que não criam valor.

³⁵ Maiores detalhes sobre análise de valor consultar Csillag (1998).

7.2.4 PASSO 4

O quarto passo da metodologia é também o primeiro passo da fase de proposição do valor. Nesta fase, após definidas as necessidades básicas para a transição, são realizadas auditorias de posição com o intuito de verificar qual o estado atual do processo de desenvolvimento de produtos. Esta verificação é feita fundamentada no fluxo de informações que, como já definido anteriormente, é a principal matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos. Uma parte da fase de proposição do valor é antecipar a sequência de ações que resultarão em valor. No caso do processo de desenvolvimento de produtos, é preciso analisar quais etapas do processo criaram valor

PF1 – Mapear o fluxo do valor PF2 – Representar o fluxo da informação. PF3 – Coletar e analisar dados.
--

Quadro 7.4 – Etapas do quarto passo.

PF1 – Mapear o fluxo do valor

Com o objetivo de fazer com que o valor identificado flua do início ao final do processo de forma contínua, é necessário que, antes da proposta definitiva do que será considerado valor para o desenvolvimento, se reconheça o estado atual do processo, identificando cada um dos passos pelos quais o valor deverá fluir. Esta abordagem poderá parecer subjetiva, pois diferentemente da manufatura, não existe no processo de desenvolvimento de produtos a tangibilidade dos materiais que fluem nas operações. Assim, como já explorado no capítulo quatro, a informação – principal matéria-prima do processo de desenvolvimento de produtos – deverá ser acompanhada, melhorada e conduzida por meio de cada etapa do processo.

PF2 – Representar o fluxo da informação

Após a investigação das etapas do fluxo do valor, será necessário representar o fluxo. As diferentes ferramentas utilizadas para o mapeamento de fluxo estão descritas no capítulo seis. A partir desta representação será possível eliminar as atividades que não criam valor, as que não criam valor mas são necessárias e as que efetivamente criam valor. Nas pesquisas dos capítulos quatro e seis, não se identificou nenhuma melhoria prática no que tange ao mapeamento do fluxo de valor. Portanto, será preciso que cada organização envolvida no desenvolvimento escolha, dentre as diversas ferramentas de mapeamento do fluxo, aquela que melhor representará o seu fluxo em particular.

PF3 – Coletar e analisar dados

O desempenho do processo em seu estado atual estabelecerá uma referência para avaliar o progresso que esteja acontecendo e para desenvolver atividades de melhorias. Desta forma, os dados de custos, tempo de desenvolvimento, qualidade e programação deverão ser documentados.

– *Output*

Um mapa com o fluxo do processo de desenvolvimento de produtos, cujos fluxos de informação com a possibilidade de medições, sobre o tempo gasto com cada uma das atividades, poderão ser identificados.

7.2.5 PASSO 5

O quinto passo ainda se relaciona com a proposição do valor. Nesta fase, o processo de desenvolvimento em uso será revisado, para harmonizar as expectativas dos diversos *stakeholders* com o caminho pelo qual estas expectativas deverão fluir. Para tanto, neste passo, serão considerados aspectos relacionados com as etapas do fluxo de informações, arranjo físico, mecanismos de integração e definição de custos.

PD1 – Adequar o PDP para um fluxo de valor futuro.

PD2 – Definir novo *layout*.

PD3 – Definir mecanismos de integração.

PD4 – Estimar e justificar custos.

Quadro 7.5 – Etapas do quinto passo.

PD1 – Adequar o PDP para um fluxo de valor futuro

Após a realização do mapeamento do fluxo atual, serão identificadas diversas atividades que deverão ser excluídas do processo por não criarem valor, assim como serão propostas outras atividades que não existiam no processo anterior, mas que foram incluídas para facilitar o fluxo da informação. AS atividades de exclusão e inclusão de atividades no processo irão adequá-lo para uma nova proposta de fluxo. Estas alterações podem ocorrer de forma discreta, quando o processo de desenvolvimento já estiver com alto grau de alinhamento com o fluxo de valor ou de forma radical quando não apresentar características de um processo orientado para o fluxo do valor. As ferramentas mencionadas no capítulo seis, para mapeamento e análise do fluxo do valor, são exemplos de instrumentos que podem ser empregados na adequação do PDP para um fluxo de valor futuro.

PD2 – Definir novo *layout*

As mudanças de *layout* comprovadamente, têm efeito benéfico na manufatura enxuta. Segundo Womack e Jones (2004), o arranjo físico representa um importante mecanismo de adequação de uma linha de produção ao estado futuro com o objetivo de eliminar desperdícios (*muda*)³⁶. Mesmo que, no ambiente de desenvolvimento de produtos, este benefício não seja tão evidente, um determinado grau de intervenção

deverá ocorrer. Se, por exemplo, o processo possuir um grande número de atividades sendo realizadas simultaneamente e, por consequência, utilize grupos co-localizados de trabalho, um novo *layout* deverá ser definido. Na empresa “B” analisada no capítulo cinco, verificou-se que mesmo usando um processo do tipo *stage gates*, houve uma alteração do arranjo físico dos diversos setores, no sentido de adequar-se à nova visão por processos estabelecidos com base no Sistema de Gestão da Qualidade – SGQ, recém-implantado.

PD3 – Definir mecanismos de integração

Os mecanismos de integração relacionam-se, sobretudo, com as formas pelas quais as informações serão compartilhadas, transmitidas e recebidas entre os integrantes do processo de desenvolvimento de produtos. No capítulo seis, foi realizada uma breve descrição dos principais mecanismos de integração. No capítulo cinco, que trata da revisão das práticas industriais, são destacados os principais mecanismos utilizados pelas empresas avaliadas.

PD4 – Estimar e justificar custos

O novo fluxo do valor (estado futuro) e o conseqüente novo processo de desenvolvimento de produtos, provavelmente necessitarão de investimentos, que deverão ser estimados e justificados. Contudo, as economias advindas com a emprego dos princípios enxutos podem não ser tão evidentes, o que prejudicaria as atividades de implementação. Portanto, a etapa de convencimento da alta-administração, sugerida no primeiro passo desta metodologia, será útil neste momento. Assim, a avaliação do nível de eficiência será mais significativa se for orientada para os resultados de melhorias e efeitos sobre o sistema.

³⁶ Ver capítulo 4.

– *Output*

O principal *output* deste passo é o mapa do estado futuro, que servirá para uma constante avaliação e revisão das melhorias implementadas. O processo de mapeamento e análise do fluxo do valor deve ser dinâmico.

7.2.6 PASSO 6

A implementação do fluxo do valor corresponde ao primeiro passo da fase da entrega do valor. Nesta fase, o valor identificado e proposto será conduzido até a jusante do processo. Para tanto, serão necessárias definições sobre as atribuições de cada passo do novo processo de desenvolvimento de produtos, assim como a implementação dos mecanismos de integração já definidos e a constante eliminação de desperdícios. Portanto, as etapas desse passo foram definidas como:

- EI1 – Detalhar atribuições em cada passo do processo.
- EI2 – Implementar os mecanismos de integração.
- EI3 – Eliminar desperdícios.

Quadro 7.6 – Etapas do sexto passo.

EI1 – Detalhar atribuições em cada passo do processo

Cada passo do desenvolvimento de produto foi detalhado, preferencialmente, em forma de processo. Foram considerados os *inputs*, atividades de processamento e *outputs*. Durante a revisão das práticas industriais, verificou-se que as empresas avaliadas, em alguma medida, utilizavam abordagens baseadas em processos para o gerenciamento do fluxo de informações ao longo do desenvolvimento de produtos.

EI2 – Implementar os mecanismos de integração

O paradigma do desenvolvimento integrado de produtos tem sido reconhecido como a abordagem preferencial ao desenvolvimento de produtos. Em programas de desenvolvimento de sistemas complexos, o aspecto da engenharia simultânea relacionado com o desenvolvimento integrado de produtos é, normalmente, tratado por meio de times integrados de desenvolvimento. Tais times são incumbidos de desenvolver vários componentes de um sistema. Segundo Browning (1997a), os grandes desafios que se referem aos mecanismos de integração, estão no gerenciamento e coordenação destas ferramentas.

Uma revisão sobre os mecanismos de integração foi apresentada no capítulo seis. Nas empresas analisadas, pode-se observar que mecanismos avançados de integração estão presentes no processo de desenvolvimento de produtos da empresa “A”. Times integrados de desenvolvimento, ferramentas de CAD/CAM/CAE, co-localização e encontros *face-to-face*, que são exemplos de alguns mecanismos identificados na empresa “A”.

EI3 – Eliminar desperdícios

A eliminação de desperdícios está relacionada diretamente com os princípios enxutos e mais precisamente com o fluxo do valor. Estudos detalhados sobre os desperdícios em ambientes de desenvolvimento foram apresentados no capítulo quatro, sendo os principais trabalhos: Slack (1998) e Bauch (2004).

Quando da avaliação das práticas industriais, um representante da empresa “B”, principal responsável pela implantação do desenvolvimento integrado de produtos – DIP, alegou que não havia desperdício de tempo ocioso em engenharia, “pois quando vemos um engenheiro parado, na verdade, ele está elaborando construções mentais de criação”. Apesar do grau de veracidade embutida nesta afirmação, ficou constatado durante as investigações que os desperdícios associados ao fluxo de informação vão além do “*muda de tempo de espera*”. Existem outros fatores que restringem o fluxo da informação e, por conseguinte, não criam valor ao

processo de desenvolvimento de produtos. Estes fatores são considerados desperdícios (*mudas*) e deverão ser eliminados. Mais precisamente no trabalho de Bauch (2004), é apresentada uma metodologia específica para a eliminação de desperdícios no fluxo da informação no contexto de desenvolvimento de produtos.

– *Output*

As áreas envolvidas deverão implementar as iniciativas de melhorias com o objetivo de se obter o fluxo desejado. Basicamente, os setores deverão eliminar as atividades consideradas desperdícios.

7.2.7 PASSO 7

Como já mencionado no capítulo quatro, durante o levantamento teórico, o princípio do sistema puxado não mostrou muita aplicação no contexto de desenvolvimento de produtos. Mas, nas revisões das práticas industriais, verificou-se um caso de desenvolvimento de produtos sob o enfoque do sistema puxado. A empresa “B”, durante a avaliação, possuía, aproximadamente, 150 projetos de desenvolvimento em andamento, e cerca de 90% deles havia sido “puxado” pelos clientes. Desta forma, alguns pontos foram identificados como oportunidades de melhoria ao processo, que são, resumidamente, citados a seguir:

ES1 – Estabelecer mecanismos que impeçam que a informação seja empurrada (<i>over the wall</i>)   ES2 – Estabelecer um sistema de análise de programação para cada projeto.

Quadro 7.7 – Etapas do sétimo passo.

ES1 – Estabelecer mecanismos que impeçam que a informação seja empurrada

Nas empresas analisadas, a informação e os dados são, normalmente, “empurrados” em forma de “lote”. Semelhante ao que ocorre no processo de manufatura. Na empresa “B”, em particular, as atividades não estão plenamente sincronizadas o que resulta em retrabalho no processo. Foram verificados “gargalos” no fluxo do “pacote” de documentação do desenvolvimento do produto. Segundo Morgan (2002), no processo de desenvolvimento de produtos da Toyota os participantes concordam com um processo de envio de dados por meio de estágios, cujos dados são “puxados” sempre que requisitados pela função seguinte, e as tarefas interfuncionais são estabelecidas de forma a maximizar a utilidade dos dados disponíveis.

ES2 – Estabelecer um sistema de análise de programação para cada projeto.

Esta etapa, de certa forma, é decorrente da anterior – ES1. Cada projeto de desenvolvimento pode exigir recursos, etapas e programação diferentes, mesmo que de uma forma geral todos os projetos percorram o mesmo caminho no fluxo do desenvolvimento. Esta variabilidade distingue o processo de desenvolvimento do processo de manufatura de massa, desta forma, precisa de observações particulares para cada um dos projetos. Esta análise preliminar evitará que o projeto de desenvolvimento seja encaminhado para etapas que, particularmente, serão desnecessárias.

– *Output*

O processo de desenvolvimento de produtos deverá casar o fluxo dos projetos com a capacidade de processo das atividades subsequentes.

7.2.8 ESFORÇO PARA A PERFEIÇÃO

O esforço para a perfeição constitui o processo de controle e melhoria. Para que a aplicação da metodologia tenha resultados positivos, torna-se necessária a constante avaliação dos objetivos e métricas, estabelecidos no processo de planejamento. Eventos de *Kaizen*, muito utilizados na manufatura enxuta, poderiam ser empregados na busca de soluções e melhorias no processo de implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos.

As equipes de aplicação da metodologia também necessitam de acompanhamento, por se tratar de uma nova abordagem para a melhoria do processo de desenvolvimento. Assim, possíveis ajustes seriam necessários nos procedimentos utilizados pelas equipes.

– *Output*

Como podemos observar na representação da Figura 7.8 são vários os *inputs* para este passo, exigindo, portanto, que os *outputs* sejam evolutivos e contínuos de forma a propiciar a implementação da mentalidade enxuta.

7.2.9 ENCERRAMENTO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

O processo de encerramento acontecerá quando o PDP, definido pela empresa, alcançar um estado considerado enxuto, ou seja, quando as fases para a criação de valor forem sistematicamente incorporadas ao processo formal de desenvolvimento de produtos. Mas, o processo de melhoria definido no item 7.2.8 não deve findar-se com o encerramento do projeto de aplicação da metodologia. A melhoria contínua será incorporada às atividades de desenvolvimento e fará parte do novo PDP, visto que um dos princípios enxuto é a perfeição.

– *Output*

O processo de implementação pode ser encerrado por meio de um documento formal contendo esta informação, porém a mentalidade enxuta permanecerá e as atividades de revisão do processo e conseqüentes ajustes e melhorias deverão continuar de forma dinâmica e incremental.

8 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Neste capítulo, é apresentado um exemplo de como a metodologia proposta pode ser aplicada a um problema real de uma empresa, conforme os passos da metodologia são detalhados, questões associadas com a implementação são discutidas. Cabe, porém, ressaltar algumas limitações identificadas para a aplicação da metodologia.

8.1 LIMITAÇÕES PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Esta pesquisa centralizou-se em empresas e cenários com características específicas, com base nas inferências ou conclusões obtidas foi possível a construção de uma metodologia que possibilita a aplicação dos princípios no PDP e a conseqüente melhoria do processo como um todo. Entretanto, tais especificidades podem também limitar a área para o emprego da metodologia visto que não se mostraria aplicável a contextos diferentes daqueles onde se realizaram as pesquisas. As limitações portanto relacionam-se com as seguintes características: tipos de projetos de desenvolvimento de produto e formalização do processo de desenvolvimento:

Quanto aos tipos de projeto de desenvolvimento de produtos, podemos dizer as empresas estudadas não cobriram todas as possibilidades e, portanto, os resultados obtidos não podem ser generalizados a todos os tipos de projeto de desenvolvimento.

Os tipos de desenvolvimento, propostos por Wheelright e Clark (1992), foram classificados em função do grau de mudança no produto e do grau de mudança no processo de manufatura que se acham representados na figura 8.1.

Os quatro tipos primários de projetos de desenvolvimento, “a” até “d”, diferem com relação ao grau de mudanças que os mesmos requerem na tecnologia de produto e processo. O quinto tipo, “e” (parcerias), envolve trabalho conjunto com outras organizações, mesmo que qualquer um dos quatro tipos primários possa ser realizado em parceria, isso ocorre com maior freqüência com projetos que exijam

substancial mudança, excluindo, portanto, projetos derivativos de mudanças incrementais.

Figura 8.1 – Tipos primários de projeto de desenvolvimento

Fonte: Adaptado de Wheelright e Clark (1992)

Na Figura 8.2, podemos observar a região de atuação no projeto de desenvolvimento das empresas estudadas nesta tese e, conseqüentemente, a região na qual a metodologia é aplicável.

Figura 8.2 – Região de aplicação da metodologia proposta.

Na figura 8.2, pode-se observar que os projetos do tipo “c” e “d” não são cobertos pela metodologia. Projetos do tipo “d”, P&D, normalmente, são conduzidos por cientistas, engenheiros ou até mesmo gerentes. Eles começam com uma idéia, e em seguida, são solicitados para elaborar uma programação detalhada, um resumo dos custos envolvidos, um conjunto de especificações e uma lista de recursos necessários, com vistas a tornar a idéia uma realidade. Mas, estas tarefas são mais fáceis de serem ditas do que realizadas (Kerzner, 1998).

As dificuldades de planejamento e gerenciamento limitam a aplicação da metodologia. Projetos do tipo “c” (*braketrhough*) também foram excluídos da região de aplicação da metodologia, visto que exigem uma flexibilidade maior no uso dos processos de manufatura o que, conseqüentemente, impõem uma maior dificuldade no planejamento do projeto. Outro fator que levou à exclusão dos projetos tipo “c”, foi o fato de que, durante as pesquisas, não foram observados projetos desse tipo.

Quanto à formalização do processo de desenvolvimento de produtos, usamos a classificação proposta por Griffin (1997), ou seja: *stage gates*, funcional sequencial, informal e nenhum processo.

Conforme Griffin, dentre as 85 empresas consideradas “as melhores” em suas pesquisas, 22 conseguiam alcançar alto desempenho em desenvolvimento a despeito da utilização de um processo formal, deste total quatro não utilizam qualquer processo e as 18 restantes seguem informalmente um procedimento. A situação inverte-se quando são analisadas as empresas consideradas “as demais”, onde 48% das empresas não utilizam um processo formal. Como a metodologia proposta pressupõe implementação de princípios enxutos para a melhoria do processo de desenvolvimento de produtos, não se verifica a possibilidade de aplicá-la em empresas que não utilizam processo de formal desenvolvimento.

Desta forma, para a aplicação da metodologia foi selecionada uma empresa que ocupasse uma posição na região demarcada na Figura 8.7; que ao mesmo tempo, possuisse um processo formal de desenvolvimento de produtos.

O exemplo escolhido é o de uma empresa do setor aeronáutico que desenvolve componentes para produção e conseqüente utilização nas aeronaves de uso exclusivo da Força Aérea Brasileira. Esta empresa será, doravante, denominada empresa “D”.

8.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA D

A empresa D tem uma estrutura funcional, na qual o departamento responsável pelo processo de desenvolvimento de produtos subordina-se diretamente a uma divisão de engenharia. Além do departamento de desenvolvimento de produtos, a divisão de engenharia engloba diversos setores que cuidam dos diferentes projetos sob a responsabilidade da organização. Entenda-se, aqui, como projeto, aeronaves e motores.

O departamento de desenvolvimento de produtos, composto por um engenheiro e um técnico, encarrega-se do recebimento das necessidades dos

diferentes clientes; quando verificada a viabilidade preliminar do desenvolvimento, dá início ao processo por meio de um departamento de estudos e projetos de engenharia. O departamento de estudos e projetos de engenharia é composto por um técnico, encarregado do departamento, e dois projetistas, encarrega-se da elaboração do desenho técnico que será enviado ao departamento de fabricação.

O departamento de fabricação é responsável pela produção do produto final e posterior distribuição aos interessados.

8.3 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

O primeiro passo da metodologia é a adoção da mentalidade enxuta, como no caso da empresa “D” o número de envolvidos no processo de desenvolvimento de produtos é muito pequeno, não houve dificuldade na conscientização dos interessados sobre a proposta de melhoria do processo de desenvolvimento de produtos apoiado nos princípios e práticas enxutas. A conscientização ocorreu por meio da explanação aos envolvidos dos princípios que norteiam a abordagem enxuta e de que forma o processo até então utilizado pela empresa poderia ser melhorado baseado na utilização desses princípios. A facilidade obtida na adoção da mentalidade enxuta poderia não se repetir em uma empresa de maior porte com número maior de envolvidos, pois a adoção da mentalidade enxuta é, antes de tudo, uma mudança de cultura, o que normalmente provoca uma resistência natural a novas idéias.

Apesar da necessidade identificada de envolvimento da alta-administração, esta etapa foi suprimida do primeiro passo e, em virtude do caráter experimental da aplicação da metodologia, foi obtida somente uma autorização para a aplicação.

O segundo passo relaciona-se com o planejamento das atividades que serão necessárias à aplicação da metodologia. Na empresa “D”, a integração do PDP com a estratégia da organização se estabelece por meio de um documento formal que estipula que os produtos desenvolvidos na organização deverão ser usados para manter a operacionalidade das aeronaves, levando em conta questões de viabilidade econômica e confiabilidade. Por se tratar de uma diretriz de cunho estratégico,

estipulada pela alta-administração, esta etapa da metodologia foi considerada cumprida.

Figura 8.3 – Matriz de responsabilidade para aplicação da metodologia proposta.

Em princípio, a equipe de implementação compôs-se por um integrante do departamento de desenvolvimento de produtos e um do departamento de estudos e projetos, porém foi levantada a necessidade da inclusão de mais um integrante: o chefe da divisão de engenharia. Uma matriz de responsabilidade (figura 8.3) foi elaborada para o projeto de aplicação da metodologia:

A estratégia de aplicação da metodologia considerou que a sua aplicação deveria utilizar os recursos materiais e humanos disponíveis, e seu escopo abrangeria os setores diretamente envolvidos com o processo de desenvolvimento. Desta forma, na matriz de responsabilidade cada interseção entre as áreas funcionais e os passos da metodologia a serem cumpridos representa o nível de responsabilidade alocado para cada setor.

Na empresa “D”, foram considerados para treinamento da aplicação da metodologia somente os integrantes da equipe de implementação, mas, vislumbrou-se a possibilidade do número de envolvidos ser maior, e elementos externos à equipe

de aplicação pudessem ser treinados para servirem como agentes facilitadores do processo.

Como objetivos e métricas, foi estabelecido apenas um cronograma para a aplicação da metodologia. Neste cronograma, foram determinadas as datas limites para cumprimento de cada uma das etapas da metodologia.

O terceiro passo, também considerado o primeiro passo da execução da metodologia, pressupõe a definição dos *stakeholders* ou interessados. No estado atual do processo de desenvolvimento, verificou-se que o principal *stakeholder* considerado pela empresa D, também, considerado cliente do processo, é o solicitante do desenvolvimento. Ou seja, identificada a necessidade do desenvolvimento de um novo produto para o atendimento operacional de uma determinada aeronave, alguém solicita a abertura de um processo de desenvolvimento de produto. Para o departamento de desenvolvimento de produto, é este o *stakeholder* que deve ter suas necessidades atendidas. A partir do conceito de *stakeholder*, definido durante a fase de preparação, outras possibilidades foram consideradas para a definição dos interessados nesse processo de desenvolvimento. Por exemplo, mesmo sendo uma das premissas estabelecidas pelo processo de desenvolvimento, a questão da viabilidade econômica não era considerada conscientemente como a de um *stakeholder*, ou seja, a necessidade da direção da organização. Observou-se que outro *stakeholder* importante só era envolvido em eventuais situações: o departamento de fabricação. Outro *stakeholder* considerado importante na aplicação da metodologia foi o usuário final que na figura 8.4 está representado pelo balão “equipe de manutenção”. De forma geral, a definição dos *stakeholders* foi alterada, conforme a Figura 8.4.

Figura 8.4 – A definição dos stakeholders pelo departamento de Desenvolvimento de Produtos – DP, antes e depois da aplicação da metodologia.

A identificação clara dos diferentes *stakeholders* possibilitou que estes fossem considerados logo no início no processo de desenvolvimento, o que possibilita a redução do tempo entre as interações, ou seja, evita-se que *feedbacks* tardios possam causar retrabalhos ou, até mesmo, a perda do produto desenvolvido.

Cada um dos interessados no processo de desenvolvimento de produtos tem necessidades específicas com relação ao produto que está sendo desenvolvido e que,

muitas vezes, pode ser conflitante. Estas diferentes necessidades são o que podemos chamar de valor. O Quadro 8.1 resume o entendimento de valor para cada *stakeholder*.

Quadro 8.1 – As diferentes perspectivas de valor para cada um dos stakeholders.

Stakeholder	Valor
Solicitante do desenvolvimento	Significa o desenvolvimento do item em tempo para o cumprimento dos prazos estabelecidos para a manutenção da aeronave.
Direção da empresa	É a perfeita avaliação entre o custo de aquisição do produto e o custo do desenvolvimento, quando houver, evidentemente, esta possibilidade; e também o desenvolvimento do item em tempo para o cumprimento dos prazos estabelecidos para a manutenção da aeronave.
Departamento de Manufatura	Um produto que seja manufaturável de acordo com os recursos disponíveis para a fabricação e projetos (desenhos técnicos) sem erros.
Equipe de manutenção	Um produto que, após o processo de desenvolvimento, esteja de acordo com os requisitos de operação.

Nas informações do Quadro 8.1, observamos que a idéia de valor identificada para cada um dos interessados é relativamente difusa; por exemplo, enquanto a manufatura está presa exclusivamente às questões relativas ao processo de fabricação, a equipe de manutenção está preocupada com a confiabilidade que o produto irá oferecer quando incorporado ao sistema do qual faz parte. O tempo de desenvolvimento é importante tanto à direção da organização como ao solicitante do desenvolvimento que não é considerado pela equipe de manutenção ou pela manufatura.

Esta etapa de definição dos *stakeholders* possibilitou que os integrantes do processo de desenvolvimento discutissem sobre a possibilidade da participação de integrantes dos diferentes grupos de *stakeholders* logo em seu início, ou que existisse um procedimento que tornasse obrigatória a consulta aos grupos de forma que se pudesse identificar e equilibrar as diferentes necessidades. Um procedimento formal para identificação do valor relativo a cada *stakeholder* será elaborado. Este

procedimento deverá conter informações a respeito da qualidade, do custo e do prazo relativo a cada processo de desenvolvimento.

O quarto passo diz respeito ao mapeamento do fluxo valor. Segundo Morgan (2003), o fluxo do valor em um processo de desenvolvimento enxuto entrega aos *stakeholders* o valor definido, no mais alto nível de qualidade, no menor tempo possível, ao menor custo. Mas, o mapeamento não é um fim em si mesmo. Para obter sucesso na melhoria do processo de desenvolvimento de produto, é preciso adequar a ferramenta que será utilizada no mapeamento.

Verificou-se a existência de um fluxograma representativo do processo de desenvolvimento, que servirá de base para o mapeamento do fluxo de valor e posterior implementação de melhorias. Conforme citado no capítulo que constitui o *background* teórico desta metodologia, existem várias ferramentas relativas ao mapeamento do fluxo do valor, segundo Millard (2001), nenhuma *best practice* foi identificada, assim, o emprego do fluxograma mostrou-se adequado.

Cada atividade prevista no fluxograma foi revista e verificada de forma qualitativa quanto à sua pertinência ao processo de desenvolvimento. Esta verificação seguiu os seguintes critérios: atividades que criam valor, atividades que não criam valor, mas são necessárias e atividades que não criam valor. As atividades relacionadas com o Mapeamento do Fluxo do Valor (MFV) e a Análise do Fluxo do Valor (AFV), encontram-se esquematizadas na Figura 8.5.

Figura 8.5: Esquema básico do processo de melhoria

Fonte: Adaptado de Millard (2001).

A Figura 8.5 estabelece como *inputs* do sistema o processo atual e as ferramentas e métodos disponíveis para o mapeamento do fluxo do valor. Estes *inputs* alimentam o primeiro ciclo de Mapeamento e Análise do Fluxo do Valor. Após este primeiro ciclo, inicia-se o ciclo onde se começa a verificar quais os possíveis pontos de melhoria ao processo. Um novo fluxo é estabelecido e sucessivas interações são realizadas de forma a se estabelecer um mapa do estado futuro. Este processo continua até a obtenção do que podemos chamar de um estado ideal para o processo.

Na Figura 8.6 estão representados os fluxogramas do processo atual de desenvolvimento de produtos da empresa D.

Figura 8.6: A representação do PDP da empresa D antes da melhoria.

Seguindo o processo de Mapeamento e Análise do Fluxo de Valor, foi possível chegar à representação do processo de desenvolvimento, como pode ser verificada na Figura 8.7.

Figura 8.7: A representação do PDP da empresa D depois da melhoria.

Como observamos na figura 8.6, o processo de desenvolvimento de produtos da empresa D visualmente detinha uma complexidade muito maior do que está apresentada na Figura 8.7. Para alcançar essa estrutura mais simplificada uma nova mentalidade precisou ser estabelecida em toda a equipe de desenvolvimento: a mentalidade enxuta. Esta mudança, portanto, seguiu até aqui as seguintes fases: a fase de preparação, onde os membros da equipe de desenvolvimento foram preparados para a transição rumo ao pensamento enxuto; a fase de identificação do valor, onde, com base na identificação dos diversos interessados nos resultados dos

processos de desenvolvimento de produtos, foi possível a definição do valor em termos de qualidade, custo e prazo. Na fase da proposição do valor, além das questões levantadas nas fases anteriores, foram levados em conta os seguintes aspectos: a idéia de eliminação de *mudas* e a idéia de fluxo. Ou seja, o valor proposto deverá fluir de forma a ser entregue aos diversos interessados.

O primeiro procedimento adotado descarta a representação inicial do PDP (Figura 8.6), que foi elaborada apoiada nas diferentes atividades funcionais da empresa, o que dificultava a visualização do fluxo do processo de desenvolvimento do produto.

O novo mapa do processo eliminou as barreiras funcionais e reorganizou a representação do PDP, para que pudesse explicitar a idéia de fluxo. Este novo mapa foi então analisado com o objetivo de eliminar as atividades que não criavam valor. Um exemplo disto foi a eliminação da atividade de aprovação da ficha de especificações técnicas. Esta etapa do processo previa que após o preenchimento da ficha, por parte do engenheiro responsável pelo projeto (aeronave), a mesma deveria passar pelo crivo do chefe do departamento de DP. Outro exemplo, foi a eliminação da etapa de aprovação do esboço da marcha de operações para produção do protótipo.

Na análise do mapa do fluxo de valor, outro aspecto destacado foi a exclusão da etapa de solicitação de desenho técnico ao departamento de estudos e projetos de engenharia. Esta etapa foi classificada como uma atividade que não cria valor e, ao mesmo tempo, opõe-se à lógica do pensamento enxuto, pois a atividade a jusante, elaboração de desenho técnico deveria “puxar” o serviço, proporcionando um fluxo contínuo ao processo.

O estado futuro do PDP da empresa D foi então estruturado, conforme a Figura 8.5. e segue os seguintes passos:

- *Início* – o início do processo tem como *input* uma necessidade formal do solicitante do desenvolvimento;
- *Estabelecer requisitos preliminares* – nesta fase, são estabelecidos os requisitos técnicos básicos de operação e aplicação do produto em um

determinado sistema. Os requisitos também são estabelecidos relacionados ao prazo, possível demanda e necessidade real de desenvolvimento.

- *Viabilidade de desenvolvimento* – a viabilidade do desenvolvimento é estabelecida em função da disponibilidade de mão de obra (projeto e fabricação), da disponibilidade de equipamentos e do custo de produção. Verificada a viabilidade do desenvolvimento, o processo avança, caso contrário, o desenvolvimento do produto é cancelado;
- *Projeto preliminar* – o projeto preliminar recebe os requisitos da fase de requisitos preliminares e aplica os atributos de sistema para desenvolver um conjunto de informações. Neste ponto, o risco operacional é mais bem definido para incluir o risco de projeto ou o risco que o projeto do sistema tem de não ser factível em função das restrições tecnológicas existentes. Nesta fase, também, será realizada a avaliação de um pré-protótipo virtual cujo objetivo é verificar o produto em termos geométricos e funcionais, assim como o desenvolvimento e avaliação da marcha de operações (processo) para a produção. O objetivo aqui é certificar que os riscos de projetos sejam minimizados ou até mesmo eliminados.
- *Projeto detalhado* – os *outputs* da etapa de projeto preliminar servirão para a elaboração do projeto detalhado. Nesta fase, os riscos de projeto levantados anteriormente são ainda mais reduzidos, sobretudo com base nas múltiplas possibilidades de projeto que poderão surgir. Podem ser considerados *outputs* desta fase: a definição de produto (materializado em um desenho técnico) e os requisitos operacionais para a manufatura.
- *Fabricação e teste do produto* – esta fase recebe as informações da fase de projeto detalhado e realiza a prototipagem e testes de qualificação do produto. Foi, nesta fase, que se identificou um dos maiores problemas. A empresa enfrenta problemas de barreiras funcionais que prejudicam a simultaneidade das atividades de detalhamento de projeto, fabricação e testes de sistema. De um lado, a fabricação acredita que o setor de estudos e projetos deve enviar um projeto totalmente pronto à produção. Por parte do

departamento de estudos e projetos, existe a tentativa de satisfazer esta necessidade da manufatura. O adequado seria que, ao se manufaturar, o protótipo, a engenharia e a manufatura trabalhassem em conjunto no sentido de transmitir e receber informações necessárias às alterações de projeto. O principal *output* esperado para esta etapa é o projeto qualificado para a produção. Esta qualificação dar-se-á sobretudo no que diz respeito à confiabilidade e coerência das informações contidas no projeto (representado, muitas vezes, somente por um desenho técnico).

- *Produção* – A manufatura receberá, então, o projeto qualificado e o transformará em produto acabado. Nesta altura do processo, o risco estará limitado à capacidade produtiva.

Algumas medições seriam necessárias para a determinação do caminho crítico deste novo PDP. No entanto, em virtude do tempo disponível para esta pesquisa esta etapa não foi executada durante a aplicação da metodologia.

Ficou definido que não haveria grandes mudanças no arranjo físico dos setores envolvidos. No entanto, foi consenso que o departamento de desenvolvimento de produtos e o departamento de estudos e projetos de engenharia estavam fisicamente distantes da manufatura, o que propiciava o aparecimento de *muda* de transporte, pois a informação que necessita fluir, muitas vezes, está sob a forma de desenho técnico impresso em papel.

Os mecanismos de integração que poderiam ser utilizados na empresa D, já estavam definidos, todavia não eram aplicados. Segundo o principal responsável pelo departamento de DP, existe um *software* para o desenvolvimento das atividades de engenharia, incluindo a engenharia de manutenção e a de desenvolvimento de produtos, entretanto os dados, muitas vezes, não são confiáveis ou estão incompletos. Outro problema encontrado foi a não inclusão do departamento de estudos e projetos de engenharia no módulo de engenharia do *software* de gerenciamento. Isto impede que o setor em questão verifique *on-line* quais os projetos pendentes que necessitam de desenvolvimento, causando muitas vezes *muda* de espera, ou de transporte.

Observa-se também que os pedidos de desenvolvimento solicitados ao departamento de estudos e projeto são empurrados para o setor, o que representa um contra-senso à mentalidade enxuta.

Outro problema identificado foi a falta de uma estrutura da rede de informações que integrasse os centros de usinagem aos computadores do setor de estudos e projetos, equipados com sistemas CAD, CAM e CAE.

Desta forma, ficou definido que seria feita uma solicitação no sentido de incluir o departamento de estudos e projetos no módulo de engenharia e seria feito um estudo de viabilidade da integração entre as máquinas de controle numérico computadorizadas (CNC), e os sistemas CAD, CAM e CAE.

As fases de efetiva implementação do novo processo de desenvolvimento de produtos, baseadas na filosofia enxuta foram realizadas de forma parcial, pois não houve tempo hábil para que a empresa pudesse realizar todas as alterações necessárias. Mas, alguns resultados puderam ser observados apoiados no acompanhamento de um processo de desenvolvimento. Os resultados foram classificados quanto ao tempo de desenvolvimento, qualidade do resultado final do projeto e custo do processo de desenvolvimento.

Houve uma redução significativa do tempo de desenvolvimento em razão da utilização do novo processo. Segundo dados históricos obtidos na empresa pesquisada o tempo médio para o desenvolvimento de um produto semelhante ao acompanhado nesta avaliação seria de trinta dias, enquanto o desenvolvimento sob o novo processo levou apenas dez dias, representando uma redução de 66% do tempo histórico.

A interação inicial entre engenharia e manufatura proporcionou um projeto sem retrabalho – pelo menos, neste acompanhamento especificamente – e um produto de acordo com as necessidades específicas de cada um dos *stakeholders*. Isto significa, portanto, que o projeto técnico era confiável no que diz respeito às informações nele contidas, aumentando a qualidade percebida dos operadores que se utilizam do desenho. Segundo informação da empresa, o tempo consumido pelos

retrabalhos na elaboração do projeto – que foram eliminados – poderia , muitas vezes, ser maior do que o tempo efetivamente gasto com o desenvolvimento.

Não houve a possibilidade de obter informações precisas a respeito do custo de desenvolvimento, porém, a redução da quantidade de homens-hora utilizados e a alteração do material utilizado para a prototipagem podem representar uma significativa redução do custo do desenvolvimento.

8.4 AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A avaliação da metodologia proposta foi realizada com a equipe de implementação da Empresa D. Os envolvidos no projeto de aplicação da metodologia foram inquiridos com relação à pertinência de cada etapa proposta e as respostas obtidas são apresentadas no decorrer deste capítulo.

O objetivo da avaliação foi verificar a adequação da metodologia para promoção de mudanças e melhorias em um determinado processo de desenvolvimento de produtos, assim como a adequação dos conceitos e práticas enxutas a estas mudanças.

Os critérios de avaliação seguiram aqueles utilizados por Romano (2003), e propostos por Fox *apud* Vernadat (1996). São eles:

- Escopo – relacionado com as atividades abrangidas pela metodologia;
- Profundidade – refere-se ao escopo, sob o ponto de vista do nível de detalhamento e de decomposição da metodologia;
- Exatidão – complementar ao escopo e profundidade, está relacionado com o modo pelo qual a realidade do processo de desenvolvimento é entendida pelos participantes, ou seja, define o grau de detalhes do modelo em termos de capacidade de representação;
- Competência – relacionado às áreas do conhecimento abrangidas, isto é, verifica se a metodologia é relevante para resolver problemas de uma área do

conhecimento, envolvida no processo de DP, ou se pode ser usada para resolver problemas de várias disciplinas;

- Clareza – capacidade da metodologia ser facilmente entendida;
- Generalidade – a metodologia não pode ter foco específico em um determinado tipo ou ambiente de desenvolvimento e, portanto, deve suportar ampla aplicação para permitir uma avaliação de sua extensão;
- Capacidade – para suportar eficientemente a melhoria sem a necessidade de grandes transformações;
- Transformação – propriedade da metodologia que permite a alteração de sua representação atual, para adequação a uma diferente aplicação;
- Consistência – capacidade da metodologia expressar-se de forma unívoca;
- Extensibilidade – capacidade da metodologia ser expandida;
- Completeza – relacionado à capacidade da metodologia conter toda a informação necessária para sua aplicação;

Com base nesses critérios foram elaboradas as questões de avaliação constantes no Quadro 8.2.

Quadro 8.2: Questões relacionadas com a avaliação da metodologia proposta.

Critério	Questões
Escopo	Q1. A metodologia abrange todas as áreas do processo de desenvolvimento de produtos?
Profundidade	Q2. O nível de detalhamento da metodologia (fases, processos, passos e etapas) é adequado para seu entendimento e execução?
Exatidão	Q3. A estrutura da metodologia (representada graficamente) é adequada para sua representação?
Competência	Q4. A metodologia abrange os domínios de conhecimento necessários ao desenvolvimento de produtos?
Clareza	Q5. A metodologia é de fácil entendimento?

Critério	Questões
Generalidade	Q6. A metodologia suporta a aplicação em diferentes tipos de desenvolvimento de produtos?
Capacidade	Q7. A metodologia permite a incorporação de diferentes técnicas e ferramentas de melhoria?
Transformação	Q8. A metodologia suporta alterações em sua estrutura, de forma a tornar-se mais adequada para realização das melhorias necessárias?
Consistência	Q9. A metodologia apresenta consistência de informação, ou seja, concordância aproximada com os resultados obtidos e cada passo, etapa ou fase?
Extensibilidade	Q10. A metodologia permite sua expansão, ou seja, a definição de novas atividades não previstas anteriormente?
Completeza	Q11. A metodologia contém toda a informação necessária para a obtenção das melhorias almejadas?

As questões do Quadro 8.2 foram redigidas em forma de questionário que foram distribuídos a dois integrantes da equipe de implementação na empresa D. Um resumo das respostas obtidas encontra-se a seguir.

“No caso específico desta empresa, a metodologia proposta conseguiu abranger todas as áreas envolvidas no processo de desenvolvimento.” (Avaliador 1).

“Concordo que a metodologia permitiu que se pudesse evoluir todas as áreas do processo de desenvolvimento”. (Avaliador 2).

“O nível de detalhamento da metodologia está adequado”. (Avaliador 1).

“O detalhamento da metodologia está adequado, mas em uma observação preliminar, sem o devido esclarecimento acerca das atividades, a metodologia aparenta uma complexidade maior do que aquela observada na prática. É claro que possíveis ajustes podem ser realizados”. (Avaliador 2).

“A estrutura da metodologia, representada em forma de fluxograma, representa de forma adequada a seqüência das etapas que deverão ser executadas”. (Avaliador 2).

“Todas as áreas de conhecimento necessárias à execução processo do processo de desenvolvimento de produtos estão presentes na metodologia proposta. Porém, nem sempre de forma explícita. Como exemplo posso citar que a etapa PV3 – Definir valor em termos de qualidade, custo e prazo, não define exatamente quais as ferramentas que poderiam ser utilizadas para a definição destes parâmetros, em função dos diferentes interessados” (Avaliador 2).

“A metodologia é de fácil entendimento, desde que o participante esteja familiarizado com a visão enxuta”. (Avaliador 1).

“A metodologia oferece a oportunidade da utilização de diferentes técnicas e ferramentas de melhoria. No caso específico desta empresa, foi de muita valia a utilização do método de Mapeamento e Análise do Fluxo de Valor na readaptação de nosso processo de desenvolvimento de produtos” (Avaliador 2).

“Mesmo não tendo sido feita nenhuma mudança significativa na metodologia para a aplicação na empresa, observou-se que a mesma suportaria possíveis adequações” (Avaliado 2).

“A metodologia proporcionou, além do entendimento da mentalidade enxuta, a capacidade do entrevistado avaliar seu próprio PDP”. (Avaliador 1).

“Embora não tenha havido oportunidade de inclusão de novas atividades, em razão de transformação e consistência a metodologia mostrou-se apta a uma aplicação extensiva”. (Avaliado 1)

“Foi possível observar uma consistência no fluxo de informação previsto na metodologia e aquele observado na prática”. (Avaliador 2).

“Em que pese as vicissitudes inerentes a cada empresa a metodologia parece oferecer toda a informação necessária a obtenção das melhorias que se almeja alcançar (Avaliador 1).

“A metodologia proposta possibilitou uma transformação cultural na divisão de desenvolvimento de produtos. De fato, a familiarização com a mentalidade enxuta, aliada a necessária conscientização de profissionais-chave, foram essenciais a uma incrementação de racionalidade no PDP da empresa. À empresa tão-somente compete manter e melhorar suas atividades com base na metodologia proposta”. (Avaliador 1)

De uma forma geral, a metodologia contribuiu para a melhoria do processo de desenvolvimento da empresa D e mostrou-se consistente com seus objetivos. Foi observado também que sem o entendimento da mentalidade enxuta, seria difícil o início do processo de implementação. Alguns dos envolvidos não tinham qualquer idéia de que forma os princípios enxutos poderiam ser úteis ao PDP, no caso de alguns participantes, não existia sequer o entendimento do termo enxuto.

Após a conscientização sobre a mentalidade enxuta, e do estabelecimento da necessidade de mudança, o processo de implementação tornou-se mais fácil. Observou-se que a metodologia de uma forma geral é de fácil entendimento.

A representação gráfica da metodologia induz o entendimento de que todas as atividades devem ser realizadas de forma sequencial, porém esta é uma inferência equivocada, sobretudo nas etapas que compõem cada um dos passos. A simultaneidade das etapas e os passos da metodologia dependerão da não relação de dependência entre os mesmos, assim como da quantidade de recursos necessários para a aplicação da metodologia.

O processo de execução da metodologia, no qual o fluxo do valor é colocado em prática, pareceu ser a de maior dificuldade da implementação, pois sai do campo das idéias e passa para a efetiva implementação das melhorias propostas que conduzirão o PDP a um estado futuro ideal.

É necessário, portanto, que a atividade de aplicação da metodologia seja tratada como objetivos de médio prazo. Efetivos resultados só poderão ser observados, após o acompanhamento de alguns projetos executados com base no novo PDP. Desta forma, a metodologia proposta, avaliada com relação a diversos critérios apresentou consistência com o objetivo desta pesquisa.

9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta tese explorou a aplicação de princípios e práticas enxutas em ambientes de desenvolvimento de produtos. No decorrer dos capítulos procurou-se abordar, em linhas gerais, a teoria relacionada tanto com os princípios e práticas enxutas como às relacionadas ao processo de desenvolvimento de produtos, assim como as práticas das empresas no que se refere ao processo de desenvolvimento de produtos. Em um capítulo específico, foi proposta e avaliada uma metodologia para implementação de princípios e práticas enxutas no PDP.

Os princípios enxutos, originalmente, compõem um conjunto de técnicas e ferramentas que têm como objetivo a melhoria do processo de manufatura, mas que rapidamente migraram para áreas gerenciais dentro da empresa, tendo sempre como objetivo principal a criação de valor e a eliminação de desperdícios. Para efeito desta tese, valor foi definido como a capacidade de produto ou serviço em atender os requisitos, utilidade e custo definidos pelos diferentes *stakeholders*.

A dificuldade inicial para a realização desta pesquisa foi a obtenção de textos específico sobre a aplicação de princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos. As principais fontes de dados sobre este tema estão concentradas em dois centros de pesquisa, o *Lean Aerospace Initiative* – LAI, do MIT e a Universidade de Michigan, alguns poucos trabalhos encontrados fora destes dois centros não guardavam relação direta entre princípios enxutos e desenvolvimento de produtos, apesar de o título do trabalho, muitas vezes, sugerir tal relação.

Durante as investigações bibliográficas, foi constatado que ainda existem *gaps* na pesquisa sobre o tema desenvolvimento de produtos enxuto. Contudo, uma pesquisa com empresas nacionais seria, em um primeiro momento, inexecutável, visto que não se observou, em pesquisa exploratória, nenhuma empresa brasileira que de fato tenha um processo de desenvolvimento enxuto. Partindo desta premissa, foi possível inferir que seria necessário investigar o quanto empresas que desenvolvem produtos estão alinhadas às práticas enxutas e de que forma, sistematicamente, seria possível conduzir os PDP dessas empresas a um estado considerado enxuto.

O objetivo geral desta tese foi, portanto, propor uma metodologia (Capítulo 7) que possibilite, de forma estruturada, o emprego dos princípios e práticas enxutas no método de desenvolvimento de produto. Para a consecução deste objetivo, a pesquisa apoiou-se nos resultados dos seguintes objetivos específicos: análise das práticas industriais, verificação de seu alinhamento com os princípios e práticas enxutas e identificação das oportunidades de melhoria; identificação dos principais modelos existentes para criação de valor em ambientes outros que não o da manufatura; investigação dos mecanismos de integração para a equipe de desenvolvimento de produtos, com base na mentalidade enxuta; identificação de uma plataforma de gestão que auxilie na implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos (Capítulo 5).

Alguns exemplos relacionados com os problemas encontrados no processo de desenvolvimento de produtos foram apresentados no capítulo 2 e serviram como justificativa para a pesquisa. Os exemplos apresentados foram obtidos com base em um caso constante da literatura e também em pesquisa de campo. A principal contribuição destes casos para a tese foi a clara identificação da necessidade de se reconhecer o que representa valor para cada um dos *stakeholders*, e que esta identificação deve ocorrer o mais cedo possível, pois quanto mais tarde, maior o retrabalho e, conseqüentemente, maior o custo de modificação de projeto.

Esta pesquisa contribuiu para a literatura de processo de desenvolvimento de produtos aprofundando a discussão sobre a utilização de princípios de melhoria originalmente adotados nas práticas industriais de manufatura para melhoria também do processo de desenvolvimento, o que representa uma extensão dos trabalhos desenvolvidos pela equipe de desenvolvimento de produtos do *Lean Aerospace Initiative* (Bauch, 2004; Browning, 1998; McManus e Millard 2002; McNutt, 1998). Contribui com a identificação da necessidade de uma metodologia que possibilite a implementação desses princípios, visto que o foco das metodologias existentes relaciona-se exclusivamente com o mapeamento e a análise do valor, sendo isto, na verdade, uma atividade a jusante do processo como um todo.

9.1 RESULTADOS, CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES

Na presente pesquisa, os resultados esperados podem ser classificados em duas categorias: a primeira, compõe-se das conclusões e inferências originadas da comparação entre a literatura pesquisada e as informações e dados colhidos durante a investigação das práticas industriais. Estas conclusões relacionam-se com as oportunidades de melhoria no projeto de desenvolvimento baseadas na utilização de princípios e práticas enxutas. A segunda, constitui-se do desenvolvimento de uma estrutura que possibilite a aplicação dos *insights* resultantes das inferências realizadas na primeira parte dos resultados.

Os principais *insights* obtidos foram:

- Existe a necessidade de uma preparação/ treinamento a respeito destes princípios e práticas enxutas;
- É preciso estabelecer a necessidade de mudança;
- Os envolvidos com o PDP, sobretudo a gerência, precisam “comprar” a idéia;
- Os PDP’s devem ser formalizados e devem estar integrados à estratégia da empresa;
- Os *stakeholders*, muitas vezes, não são identificados de forma correta;
- As necessidades dos diferentes *stakeholders* nem sempre são consideradas de forma equilibrada;
- Existe a idéia de se considerar apenas as necessidades dos consumidores finais;
- A preocupação com a eliminação de desperdícios no PDP não é tratada de forma sistemática;
- A idéia de fluxo não está consolidada nas atividades de desenvolvimento de produtos;
- O arranjo físico, assim como na manufatura, também pode ser importante para o fluxo no processo de desenvolvimento de produtos;

- A representação do PDP deve considerar apenas as atividades que criam valor;
- As empresas, ao desenvolverem processos simultâneos, levam em conta apenas a redução do tempo de desenvolvimento;
- Empresas de menor porte têm dificuldade com a implementação de atividades simultâneas no processo de desenvolvimento;
- As empresas estão desejosas por melhoria em seus processos;
- Melhorias em processos de desenvolvimento são obtidas baseadas em mudanças culturais;
- As melhorias devem ser tratadas como objetivos a longo prazo.

Segundo Millard (2001), o time de pesquisa em desenvolvimento de produto do *Lean Aerospace Initiative* (LAI) tem observado que várias questões relacionadas com a aplicação de princípios enxutos no desenvolvimento de produtos não estão respondidas. Existem vários *gaps*, no que se refere ao conhecimento já produzido sobre como o conceito enxuto pode ser utilizado nas atividades de engenharia. Assim, as principais contribuições desta pesquisa para os estudos sobre gerenciamento do projeto de desenvolvimento são as seguintes:

- Definição de uma visão integrada do projeto de desenvolvimento de produtos, levando em conta as etapas de identificação de valor, proposição do valor e entrega do valor. Isto se mostrou necessário visto que os esforços de pesquisa atuais têm contemplado sobretudo a última etapa – entrega de valor (Bauch, 2004; Browning, 1998; McManus e Millard 2002; McNutt, 1998);
- Ampliação do modelo de três fases, para inclusão de uma fase inicial de preparação, na qual são ajustadas as prioridades relativas dos objetivos de desenvolvimento com base na criação de valor. Esta alteração é importante por dois motivos: primeiro, para incluir as necessidades específicas das organizações no que se refere ao entendimento da mentalidade enxuta; segundo, porque a criação de valor no processo de desenvolvimento de produtos só é possível

quando existe um acordo mútuo (tácito ou explícito) entre os principais *stakeholders* (Murman *at. al.*);

- Identificação de uma seqüência para a implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos, pois o modelo de três fases para a criação de valor – cujo objetivo principal é oferecer uma representação simplificada da realidade – é um modelo genérico de aplicação ampla nos mais diversos níveis organizacionais assim como no ciclo de desenvolvimento como um todo (Stanke, 2001).
- Desenvolvimento de uma estrutura metodológica que auxilie a tomada de decisão no projeto do processo de desenvolvimento. Esta estrutura permitirá que sejam definidas, com orientação para a criação de valor, questões relacionadas com: tipo do desenvolvimento (ex.: *stage-gates*); seqüência de atividades; planejamento de protótipos; mecanismos de comunicação entre os membros das equipes de desenvolvimento e projetos de monitoração e controle.

Em relação às limitações desta pesquisa, podemos destacar as seguintes: (a) o estudo das práticas industriais, por se tratar de um tema complexo com muitas variáveis envolvidas, foi analisado baseado em estudos de caso múltiplos o que não permite a generalização dos resultados obtidos. (b) Também é possível entender que o tipo de estudo aqui apresentado não permite o aprofundamento de questões que possam ser importantes para o entendimento de algumas práticas em desenvolvimento de produtos e, conseqüentemente, o impacto destas questões na metodologia proposta. Como exemplo, podemos citar a análise detalhada das atividades desenvolvidas em cada etapa do processo de desenvolvimento de produtos, sobretudo no que se refere aos *inputs*, forma de processamento e *outputs*. (c) Seria necessário incluir na pesquisa empresas que trabalham com desenvolvimento de produtos *breakthrough*, pois por se tratarem de produtos inovadores, também precisam do desenvolvimento de processos com características especiais. Segundo Wheelwright e Clark (1992), os gerentes que lidam com desenvolvimento de produtos *breakthrough* precisam oferecer aos times de desenvolvimento certa flexibilidade no que se refere, por exemplo, ao processo de manufatura, impedindo que sejam impostas restrições às equipes em virtude das

técnicas de operação, plantas e equipamentos existentes. Com base nas limitações expostas, serão propostas sugestões para pesquisas futuras com melhoria do processo de desenvolvimento de produtos pela utilização de princípios e práticas enxutas. (d) a aplicação da metodologia proposta foi limitada em seu escopo e não incluiu a fase de execução em função das limitações impostas pela empresa.

9.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Embora o método de estudo de caso ou pesquisa de campo seja uma profunda observação de um evento específico, muitas questões não puderam ser respondidas. Algumas podem representar sugestões para futuras pesquisas e serão apresentadas a seguir.

1. Pesquisa quantitativa sobre as práticas de processo de desenvolvimento de produtos: muitas das observações e *insights* obtidos baseados neste estudo podem apresentar mais robustez quando da aplicação de métodos quantitativos de pesquisa. A utilização de ferramentas específicas para a eliminação de desperdícios ou até mesmo a existência prática dessas ferramentas no processo de desenvolvimento de produtos pode representar uma oportunidade de pesquisa.

2. Verificação da idéia de fluxo em DP: durante a análise das práticas de DP contidas nesta tese, verificou-se uma diversidade com relação ao entendimento do fluxo das atividades de desenvolvimento de produtos. Uma pesquisa, com um número maior de empresas, poderia mapear as melhores práticas sobre o tema.

3. Avaliação da aplicação da metodologia proposta em diferentes contextos de desenvolvimento: o processo de desenvolvimento poderá ser classificado sob diferentes categorias ou tipos, sendo esta categorização obtida por meio de diferentes dimensões. Segundo Wheelwright e Clark (1992) estas categorias podem ser divididas em: projetos derivativos, *breakthrough* e plataformas. Uma sugestão para futuras pesquisas relaciona-se com a verificação mais rigorosa da aplicabilidade da metodologia proposta em cada uma destas categorias.

4. *Uma avaliação profunda da metodologia em uma empresa:* os estudos realizados não puderam aprofundar as análises da aplicabilidade da metodologia proposta. Uma avaliação profunda da metodologia em uma empresa poderá contribuir para o entendimento dos processos de melhoria em desenvolvimento de produtos.

ANEXO A**FORMULÁRIOS DE PESQUISA**

Avaliação do alinhamento do Processo de Desenvolvimento de Produto com as Práticas Enxutas

Decisões sobre o processo de desenvolvimento de produto devem estar alicerçadas em quantificações e *tradeoffs* de valor que incorporem os *inputs* dos *stakeholders* envolvidos.

Questões de Diagnóstico

1. **O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido?**
2. Os clientes e demais *stakeholders* (acionistas, funcionários, etc.) são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento?
3. As preocupações iniciais dos *stakeholders* sobre o projeto e seu desenvolvimento são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível?
4. As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas?
5. O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico?
6. Produtos e processos são desenvolvidos de forma simultânea?

	Prática Enxuta	Níveis de Alinhamento Enxuto									
		Nível 1		Nível 2		Nível 3		Nível 4		Nível 5	
1.	O Processo de Desenvolvimento cria valor para o produto. A perfeita compreensão de um Processo de Desenvolvimento de Produtos permite a eliminação de <i>mudas</i> e a criação de valor.	Não existe um processo de desenvolvimento de produtos formalizado.		O processo de desenvolvimento está formalizado porém não é seguido e/ou os participantes não o compreendem.		Existe um processo de desenvolvimento de produto formalizado e os envolvidos o compreendem.		Existe um processo de desenvolvimento de produto formalizado as pessoas o compreendem e melhorias ocasionais são realizadas.		O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e constantes revisões são realizadas. Todos os participantes compreendem suas etapas e participam do processo de melhoria	
		Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐
	Indicador Enxuto	<ul style="list-style-type: none"> - O processo de desenvolvimento de produto está consolidado em um documento formal. - As pessoas envolvidas demonstram ter conhecimento sobre suas etapas. - O time discute de forma sistemática a pertinência das etapas do processo de desenvolvimento do produto, revisando-as quando necessário. 									
	Escrever alguns exemplos como evidência do Estado Atual										
	Escreva alguns exemplos de oportunidades de melhorias										

Avaliação do alinhamento do Processo de Desenvolvimento de Produto com as Práticas Enxutas

Decisões sobre o processo de desenv. de produto devem estar alicerçadas em quantificações e *tradeoffs* de valor que incorporem os *inputs* dos *stakeholders* envolvidos.

Questões de Diagnóstico	<ol style="list-style-type: none"> 1. O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido? 2. Os clientes e demais <i>stakeholders</i> (acionistas, funcionários, etc.) são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento? 3. As preocupações iniciais dos <i>stakeholders</i> sobre o projeto e seu desenvolvimento são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível? 4. As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas? 5. O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico? 6. Produtos e processos são desenvolvidos de forma simultânea? 											
		Prática Enxuta	Níveis de Alinhamento Enxuto									
			<i>Nível 1</i>		<i>Nível 2</i>		<i>Nível 3</i>		<i>Nível 4</i>		<i>Nível 5</i>	
2.		<p>O Valor do Cliente é incorporado no projeto do Produto e processos.</p> <p>O entendimento do valor para o cliente permite a melhoria contínua tanto para o produto quanto para o processo</p>	<p>Na sua empresa, os <i>inputs</i> dos clientes são capturados somente no início do processo de desenvolvimento.</p>		<p>Os <i>inputs</i> dos clientes são considerados de forma quantitativa através de uma ligação da alta gerência com os clientes e por meio de revisões ocasionais.</p>		<p>Os clientes estão formalmente representados nos times integrados de desenvolvimento de produtos de sua empresa. Existem mecanismos de <i>feedback</i> no processo de desenvolvimento de produtos para entender e minimizar interações no projeto.</p>		<p>Os clientes são ativamente envolvidos com os times integrados de desenvolvimento de produtos, e de forma conjunta melhorar a eficácia e qualidade dos produtos e processos projetados por sua empresa.</p>		<p>Os clientes estão, de forma rotineira, envolvidos com os times integrados de desenvolvimento de produtos e são membros importantes do time. O compartilhamento de benefícios está bem definido. A quantificação e o compartilhamento do valor assim como os <i>trade-offs</i> de requisitos são contínuos e automaticamente fazem parte do processo.</p>	
			Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐
		Indicador Enxuto	<ul style="list-style-type: none"> - Buscam-se os <i>inputs</i> dos clientes e estes <i>inputs</i> são utilizados de forma ativa no processo de desenvolvimento de produtos. - Os projetos satisfazem os requisitos dos clientes, sem funcionalidades desnecessárias. - O senso de "time" entre a empresa e o cliente para melhor definir ou redefinir os requisitos durante o processo de desenv. de produtos. 									
		Escrever alguns exemplos como evidência do Estado Atual										
		Escreva alguns exemplos de oportunidades de melhorias										

Avaliação do alinhamento do Processo de Desenvolvimento de Produto com as Práticas Enxutas

Decisões sobre o processo de desenv. de produto devem estar alicerçadas em quantificações e *tradeoffs* de valor que incorporem os *inputs* dos *stakeholders* envolvidos.

Questões de Diagnóstico		<ol style="list-style-type: none"> O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido? Os clientes e demais stakeholders (acionistas, funcionários, etc.) são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento? As preocupações iniciais dos stakeholders sobre o projeto e seu desenvolvimento são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível? As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas? O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico? Produtos e processos são desenvolvidos de forma simultânea? 									
	Prática Enxuta	Níveis de Alinhamento Enxuto									
		Nível 1		Nível 2		Nível 3		Nível 4		Nível 5	
3.	<p>Incorporar o valor dos <i>stakeholders</i> produto e nos processos.</p> <p>O entendimento do valor para o <i>stakeholders</i> do início do processo (manufatura, suporte, etc.) permite que o valor flua para o cliente.</p>	<p>As questões de manufatura são consideradas no final do processo de desenvolvimento. Isto frequentemente resulta em problemas de produtividade ou custos de produção desnecessários.</p>		<p>Questões acerca de manufatura e montagem são consideradas no início dos projetos, porém de uma forma simplificada. Considerações sobre fornecedores e custos são limitadas.</p>		<p>Times multifuncionais incluem as disciplinas de início de projeto assim como os fornecedores chaves de sua empresa.</p>		<p>As prioridades dos <i>stakeholders</i> do início do processo são quantificadas no projeto tão cedo quanto possível e utilizadas na avaliação e melhoria do processo.</p>		<p>Os valores dos <i>stakeholders</i> do início do processo são quantificados e balanceados em função dos <i>trade-offs</i>, e são considerados partes contínuas no processo de desenvolvimento de produto.</p>	
		Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐
	Indicador Enxuto	<ul style="list-style-type: none"> As questões dos <i>stakeholders</i> são consideradas e incorporadas logo no início e continuam ao longo do processo As considerações dos <i>stakeholders</i> são integradas ao projeto de forma a incluir implicações de manufatura, montagem, teste e serviço. Como consequência da consideração do valor no início do projeto, os produtos são produzidos de forma mais fácil e os custos do ciclo tornam-se menores. 									
	Escrever alguns exemplos como evidência do Estado Atual										
	Escreva alguns exemplos de oportunidades de melhorias										

Avaliação do alinhamento do Processo de Desenvolvimento de Produto com as Práticas Enxutas

Decisões sobre o processo de desenvolvimento de produto devem estar alicerçadas em quantificações e *tradeoffs* de valor que incorporem os *inputs* dos *stakeholders* envolvidos.

Questões de Diagnóstico	1. O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido? 2. Os clientes e demais stakeholders (acionistas, funcionários, etc.) são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento? 3. As preocupações iniciais dos <i>stakeholders</i> sobre o projeto e seu desenvolvimento são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível? 4. As interações (retorno de informações para atividades à montante) desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas? 5. O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico? 6. Produtos e processos são desenvolvidos de forma simultânea?

	Prática Enxuta	Níveis de Alinhamento Enxuto									
		Nível 1		Nível 2		Nível 3		Nível 4		Nível 5	
4.	Eliminar o fluxo desnecessário de informações.	Não há avaliação das informações que retornam causando retrabalho.		Eventualmente o fluxo de informação é verificado. Possíveis retornos de informações que não sejam desejados são eliminados.		As etapas do PDP são analisadas de forma criteriosa para evita o retrabalho. São utilizadas ferramentas para verificar as possíveis revisões desnecessárias.		São utilizadas ferramentas específicas para acompanhamento do fluxo de informações no PDP. São realizadas avaliações qualitativas e quantitativas do fluxo de informação		O mapeamento e análise do fluxo das informações são executados de forma que ao longo de todo o processo, e através de ferramentas específicas, o valor seja criado e os <i>mudas</i> eliminados.	
	A remoção das interações faz com que o PDP flua sem retrabalho.										
		Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐
	Indicador Enxuto	<ul style="list-style-type: none"> - Um time multifuncional revisa de forma sistemática as etapas do Processo de Desenvolvimento de Produtos. - Ferramentas como Mapeamento do Fluxo de Valor e Matriz de Estrutura de Projeto.são utilizadas na eliminação das interações. - A eliminação dos refluxos de informação é realizada de forma a melhorar continuamente o processo e conseqüentemente criar valor. 									
	Escrever alguns exemplos como evidência do Estado Atual										
	Escreva alguns exemplos de oportunidades de melhorias										

Avaliação do alinhamento do Processo de Desenvolvimento de Produto com as Práticas Enxutas

Decisões sobre o processo de desenvolvimento de produto devem estar alicerçadas em quantificações e *tradeoffs* de valor que incorporem os *inputs* dos *stakeholders* envolvidos.

Questões de Diagnóstico

1. O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido?
2. Os clientes e demais *stakeholders* (acionistas, funcionários, etc.) são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento?
3. As preocupações iniciais dos *stakeholders* sobre o projeto e seu desenvolvimento são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível?
4. As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas?
5. **O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico?**
6. Produtos e processos são desenvolvidos de forma simultânea?

	Prática Enxuta	Níveis de Capacidade									
		Nível 1		Nível 2		Nível 3		Nível 4		Nível 5	
5.	Simplificar as etapas do processo identificando os tipos de <i>mudas</i> e eliminando-os. A eliminação de desperdícios é o passo principal para a criação de valor.	Sempre que detectada qualquer complexidade desnecessária no ciclo de desenvolvimento estas são removidas.		Sempre que detectada qualquer complexidade desnecessária no ciclo de desenvolvimento estas são removidas. Sendo observado seu alinhamento co o caminho crítico.		Constantes revisões são efetuadas no sentido de tornar as atividades menos complexas e alinhadas ao caminho crítico.		As pessoas envolvidas com o ciclo do desenvolvimento realizam constantes revisões no sentido de tornar as atividades menos complexas e alinhadas ao caminho crítico.		Grupos multifuncionais discutem o ciclo de desenvolvimento e decisões com relação a melhorias são tomadas em consenso. Onde constantes revisões são efetuadas no sentido de tornar as atividades menos complexas e alinhadas ao caminho crítico.	
		Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐
	Indicador Enxuto	<ul style="list-style-type: none"> - Existem atividades programadas no sentido de revisar o ciclo de desenvolvimento. - Equipes multifuncionais discutem de forma estruturada o ciclo de desenvolvimento. - Novas tecnologias que possam simplificar o ciclo de desenvolvimento são pesquisadas e avaliadas com respeito a sua aplicabilidade. 									
	Escrever alguns exemplos como evidência do Estado Atual										
	Escreva alguns exemplos de oportunidades de melhorias										

Avaliação do alinhamento do Processo de Desenvolvimento de Produto com as Práticas Enxutas

Decisões sobre o processo de desenvolvimento de produto devem estar alicerçadas em quantificações e *tradeoffs* de valor que incorporem os *inputs* dos *stakeholders* envolvidos.

Questões de Diagnóstico	<ol style="list-style-type: none"> 1. O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido? 2. Os clientes e demais stakeholders (acionistas, funcionários, etc.) são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento? 3. As preocupações iniciais dos <i>stakeholders</i> sobre o projeto e seu desenvolvimento são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível? 4. As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas? 5. O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico? 6. Produtos e processos são desenvolvidos de forma simultânea? 										
	Prática Enxuta	Níveis de Alinhamento Enxuto									
		<i>Nível 1</i>		<i>Nível 2</i>		<i>Nível 3</i>		<i>Nível 4</i>		<i>Nível 5</i>	
6.	Integrar o desenvolvimento de produtos e processos.	O desenvolvimento é realizado numa organização funcional, e estas áreas funcionais não são integradas por meio de um time interfuncional.		Times Integrados de Produtos ou desenvolvimento multidisciplinar são utilizados numa pequena extensão.		Times Integrados de Produtos ou desenvolvimento multidisciplinar são utilizados e forma intensiva, e métricas são estabelecidas a avaliação do processo.		Times Integrados de Produtos ou desenvolvimento multidisciplinar são utilizados e forma intensiva, e métricas são estabelecidas a avaliação e melhoria do processo.		As definições do produto e do processo são integradas de forma contínua, tanto internamente, quanto através dos <i>stakeholders</i> do início e do final do processo.	
	Derrubar “feudos” funcionais permite que a comunicação seja corrente e que o valor flua.	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐	Estado Atual ☐	Estado desejado ☐
	Indicador Enxuto	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos e habilidades são balanceados entre os projetos e programas. Há um extensivo compartilhamento do conhecimento. - Informações de projeto são liberadas no momento e na forma adequada, e atinge os requisitos dos processos subseqüentes. - Na sua empresa existe um entendimento amplo das diferenças. Estas diferenças são armazenadas de forma a servir de base para a construção de um rico time multidisciplinar. As diferenças de pensamento são encorajadas, e freqüentemente levam a resultados criativos. 									
	Escrever alguns exemplos como evidência do Estado Atual										
Escreva alguns exemplos de oportunidades de melhorias											

ANEXO B**ROTEIRO DA ENTREVISTA**

Princípios Enxutos no Processo de desenvolvimento de Produtos

Guia para entrevista - Avaliação da Aplicação da Metodologia

Esta entrevista foi elaborada especificamente para avaliar a adequação dos passos utilizados na metodologia proposta para aplicação dos princípios enxutos no PDP. Este estudo é parte de uma pesquisa realizada para o programa de doutoramento em Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP. A sua participação é fundamental para o alcance dos objetivos deste estudo. Sentindo-se desconfortável para responder qualquer pergunta, por favor decline de faz.

1. A metodologia abrange todas as áreas do processo de desenvolvimento de produtos?
2. O nível de detalhamento da metodologia (fases, processos, passos e etapas) é adequado para o seu entendimento e execução?
3. A estrutura da metodologia (elaborada graficamente) é adequada para sua representação?
4. A metodologia abrange os domínios de conhecimento necessários para o D.P.?
5. A metodologia é de fácil entendimento?
6. A metodologia suporta a aplicação em diferentes tipos de D.P.?
7. A metodologia permite a incorporação de diferentes técnicas e ferramentas de melhoria?
8. A metodologia suporta alterações em sua estrutura, de forma a tornar-se mais adequada para a realização das melhorias necessárias?
9. A metodologia apresenta consistência de informação, ou seja, concordância aproximada com os resultados obtidos e cada passo, etapa ou fase?
10. A metodologia permite sua expansão, ou seja, a definição de novas atividades não previstas anteriormente?
11. A metodologia contém toda a informação necessária para a obtenção das melhorias almejadas?

BIBLIOGRAFIA

- ABERNATHY W.J. e CLARK, K.B. *Inovation: mapping the winds of creative destruction*. Research Policy 14, pag. 3-32. Elsevier Science Publishers B. V. North-Holland: 1985.
- AMARAL, João A. A.; SBRAGIO, Ricardo. *A dinâmica do projeto: uma visão sistêmica das conseqüências de ações gerenciais*. São Paulo: Scortecci, 2003.
- ARINEZ, J. *An Equipment Design Approach for Achieving Manufacturing System Design Requirements*, Thesis (Philosophy Doctor). Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2000.
- BAKKILA, Michelle V. *A system dynamics analyses of the interaction between the U.S. government and the defense aerospace industry*. Thesis (Master in Science) in aeronautics and astronautics. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1996.
- BAUCH, C. *Lean Product Development: making waste transparent*. Cambridge : Massachusetts Institute of Technology, 2004.
- BERNARDES, R. *Embraer: elos entre Estado e mercado*. São Paulo: Hucitec – Fapesp, 2000.
- BERNSTEIN, Joshua I. *Design methods in the aerospace industry*. looking for evidence of set-based practices. Thesis (Master in Science) in technology and policy: Massachusetts Institute of Technology. Cambridge: 1998.
- BOCANEGRA, C. *Design and Implementation of Product Development Design Decomposition (PD3)*, Thesis (Master in Science), Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2001.
- BROW, S.L. EISENHARDT, K.M. *Product development: past research, present findings, and future directions*. Academy Management Review: 20, p. 343-378, 1995.
- BROWNING, Tyson R. *Systematic IPT integration in lean development programs*. Thesis (Master in science) in aeronautics and astronautics: Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, 1996.
- _____, Tyson R. *Mechanisms for interteam integration: findings from five case studies*. Proceedings of the seventh annual international symposium of INCOSE: Los Angeles, Aug. 3-7, p. 649-656, 1997.a.

- _____, Tyson R. *Exploring integrative mechanisms with view towards design for integration*. Fourth ISPE International conference on concurrent engineering: research and applications, Aug. 20-22, p. 83-90, 1997.b.
- _____, Tyson R. *Sources of schedule risk in complex system development*. Proceedings of the eighth annual international symposium of INCOSE, Vancouver: July 26-30, p. 649-656, 1998.a.
- _____, Tyson R. *Modeling and Analyzing Cost, Schedule, and Performance in Complex System Product Development*. Thesis (Philosophy Doctor), Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 1998.b.
- _____, Tyson R. "Complex System Product Development: Adding Value by Creating Information and Reducing Risk" Lean Aerospace Initiative Report WP99-03. MIT. Cambridge, 2001.
- CAMARGO Jr., A. S. *et. al. Desenvolvimento de Produtos e processos: um Estudo de Caso do ERJ 170*. Mimeo. FEA USP: São Paulo, 2000.
- CARVALHO, Marly M. *Medindo o sigma do processo*. In: ROTONDARO, R.G. Seis sigma: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços. Atlas: São Paulo, 2002. p. 164-176.
- CHASE, James P. *Value Creation in the Product Development Process*. Thesis (master in science). Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2001.
- CLARK, K. FIJIMOTO, C. *Product Development Performance: strategy, organization and management in the world auto industry*: HBS Press, 1991.
- CLAUSING, D. *Total Quality Development: A Step-by-Step Guide to World-Class Concurrent Engineering*, ASME Press, New York, NY: 1994.
- COCHRAN, David S. REYNAL, Vicente A. *Axiomatic design of manufacturing systems*. Lean aerospace initiative. Center for technology, policy, and industrial development. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge: 1996.
- COCHRAN, D. *et. al. "Decision Support for Manufacturing System Design – Combining a Decomposition Methodology with Procedural Manufacturing System Design,"* Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Manufacturing Processes and Systems: Boston, Jun.28-30, 2000d.
- CONDIT, Philip M. "Performance, Process, and Value: Commercial Aircraft Design in the 21st Century." Speech at the World Aviation Congress and Exposition. Los Angeles. October 22, 1996.

- COOK, Cynthia R. *Production networks revisited: causes and consequences of supplier and customer linkages in metal manufacturing sector*. Thesis (Doctor of philosophy) Sociology. Harvard University. Cambridge: 1999.
- COOPER, R. T. *A process model for industrial new product development*. IEEE Transactions on Engineering Management, v. EM-30, n. 1, feb. 1983.
- COOPER, Donald R. EMORY, C. W. *Business Research Methods*. The McGraw-Hill: 1995.
- CSILLAG, João M. *Análise de valor*. São Paulo: Atlas, 1995.
- DONAVAN, J. TULLY, R. WORTMAN, B. *The value Enterprise: strategies for building a value-based organization*. McGraw-Hill: Toronto, 1998.
- DOUGLAS III, Freddie. *Lean principles implementation in the program preparation phase*. Thesis (Master in Science) in engineering and business management. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge: 2002.
- DUDA, J. A *Decomposition-Based Approach to Linking Strategy, Performance Measurement, and Manufacturing System Design*, Thesis (Philosophy Doctor), Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2000.
- EISENNHARDT, K. M. *Building Theory from case study research*. Academy of Management Review. V. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.
- EPPINGER, S. D. *at. al. A model-based method for organizing in product development*. Research Engrg. Design-Theory Appl. And Concurrent Engrg. v.6, p. 1-13: 1994.
- EPPINGER, Steven D. *Three Views of Product Complexity*. Presented at the LAI Plenary. Cambridge. Abr. 2001.
- FABRYCKY, W.J. *Engineering Economy*. Pearson Education: New Jersey, 1989.
- FAYOL, H. *Administração industrial e geral*. Atlas: São Paulo, 1950.
- FERNANDES, Pradeep. *A framework for a strategy driven manufacturing system design in aerospace environment: design beyond factory floor*. Thesis (Master in Science) in aeronautics and astronautics: Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, 2001.
- FERREIRA, Aurélio B. H. *Dicionário Aurélio Eletrônico v. 1.2*. Nova Fronteira: 1993.
- FREEMAN R E. *Strategic Management: A Stakeholder Perspective*. Pittman, 1984.

- GARBO, Samuel P. *Technology development and business strategy: a changing environment impacts practices*. Thesis (Master in Science) in the management of technology. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 1997.
- GERWIN, D. BARROWMAN, Nicholas J. *An evaluation of research on integrated product development*. Management Science. v. 48, n. 7, p. 938-953, 2002.
- GONZALEZ J. F., SARAMA T. J. *Lean methods above the manufacturing floor in an military aerospace program*; Thesis (S.M.), Sloan School of Management - MIT, 1999.
- GRIFFIN, A. PAGE, Albert L. *PDMA success measurement project: recommended measures for product development success and failure*. Journal of Product Innovation Management: v. 13, p. 478- 496, 1996.
- GRIFFIN, A. *PDMA Research on New Product Development Practices*. Journal of Product Innovation Management: 1997.
- HAYES, Robert H. WHEELWRIGHT, S. C. *Restoring our competitive edge*. New York, John Wiley e Sons, 1984.
- HAQUE, B. *Overview of the Lean Product Development (LPD) Research Project*: Warwick Manufacturing Group, University of Warwick, US LAI LPD Workshop. Los Angeles, Sept. 2000.
- HOPPE, John C. *Lean manufacturing practices in the defense aircraft industry*. Thesis (Master in Science) in management. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge: 1995.
- HOULT, David P. *Methods of integrating design and cost information to achieve enhanced manufacturing cost/performance trade-offs*. Report. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, s/d.
- KAPLAN, R. NORTON, David P. *The balanced scorecard – measurement that drive performance*. Harvard Business Review. Jan.- feb, p. 71-79, 1992.
- KEEN, Peter G. *The process edge: creating value where it counts*. Harvard Business School Press, 1997.
- KERZNER, Harold. *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*. 6. ed. New York: John Wiley e Sons, 1998.
- KILPATRICK, Auston M. *Lean manufacturing principles: a comprehensive framework for improving production efficiency*. Thesis (Master in Science) in mechanical engineering. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 1997.

- KIM, Y-S. *et. al.* "Xerox docuprint N4025": final project report in the integrating the lean enterprise class, Massachusetts Institute of Technology: Cambridge: 2000.
- _____. *A decomposition-based approach for the integration of product development and manufacturing System design*. Thesis (Doctor of Philosophy) in mechanical engineering. MIT: Cambridge, 2002.
- KRISHNAN, V. ULRICH, Karl T. *Product Development Decisions: a review of the literature*. Management Science. v.47, n.1, p.1-21: 2001.
- KIRTLEY, Aaron L. *Fostering innovation across aerospace supplier networks*. Thesis (Master in Science) technology and policy. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2002.
- LAI – Lean Aerospace Initiative. *Output from the 1998 product development value stream workshop: A Framework for Understanding Information Flow in the Product Development Process*. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, Working Paper Series, WP01-01, Oct. 2001.
- LESAT - *The lean enterprise self assessment Tool*. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, 2001.
- LENZ, R. COCHRAN, D. "The application of axiomatic design to the design of the product development organization" Proceedings of the First International Conference on Axiomatic Design: Cambridge Jun. 21-23, 2000.
- LEONARD-BARTON, D. *A dual methodology for case studies: synergistic use of longitudinal single site with replicated multiple sites*. Organizational Science, v.1, n. 3, p. 248-266, 1990.
- LEEDY, P. ORMROD, J. *Practical research: planning and design*, seventh edition: Prentice Hall, Upper Saddle River, 2001.
- LINCK, J. *A decomposition-based approach for manufacturing system design*, Thesis (Philosophy Doctor), Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2001.
- LIU, B. *Product development processes and their importance to organizational capabilities*. Thesis (Philosophy Doctor). System Design and Management Program. MIT. 2003.
- MACHADO, Marcio C. *A qualidade na indústria aeronáutica*, in Oliveira, O. J. (org.) *Gestão da qualidade: tópicos avançados*. Thonsom Learning: São Paulo, 2004.

_____. *O Gerenciamento do Processo de Desenvolvimento de Produtos Com Foco na Criação de Valor*. In: 4th International Conference – Iberoamerican Academy of Management. Lisboa, 2005.

_____. *Criação de Valor no Processo de Desenvolvimento de Produtos: uma Avaliação da Aplicabilidade dos Princípios e Práticas Enxutas*. In: XI Seminário Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica – ALTEC 2005. Salvador, 2005.

MARKISH, Jacob. *Valuation techniques for commercial aircraft program design*. Thesis (Master in Science) in aeronautics and astronautics. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2002.

McMANUS, H. HARMON, E. *Lean Product Development Definitions and Concepts*. presentation at the LAI Plenary. MIT and Northrop Grumman. Cambridge. Abr. 2001.

McMANUS, Hugh, MILLARD, Richard L. *Value stream analysis and mapping for product development*. Proceedings of the international council of the aeronautical sciences. 23^o ICAS Congress. Toronto: 2002. pp 6103.1-6103.10.

McNUTT, R. *Reducing DoD product development Time: the role of the schedule development process*. Thesis (Philosophy Doctor). MIT: Cambridge, 1998.

MILLARD, R. *Value stream analysis and mapping for product development*. Thesis (Master in Science), Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2001.

MIYAKI, Dario I. *Melhorando o processo: seis sigma e sistema de produção lean*. In: ROTONDARO, R.G. Seis sigma: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços. Atlas: São Paulo, 2002. p. 264-293.

MEYER, M. H. LEHNERD, A. P. *The power of product platforms*. The Free Press: New York, 1997.

MILES, M., HUBERMAN, M. *Qualitative data analysis*, SAG Publications, Beverly Hills: 1984.

MORGAN, James M. *High performance product development: a systems approach to a lean product development process*. Thesis (Phd) in industrial and operations engineering. The University of Michigan: 2002.

MURMAN, E. *et. al.*. *Value in Aerospace Industry*. Palgrave: New York, 2002.

MURMAN, E. WALTON, M. REBENTISCH, E. *Challenges in the better, faster, cheaper era of aeronautical design, engineering and manufacturing*. Lean aerospace initiative. Center for technology, policy, and industrial development. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2000.

- NASCIMENTO P. T., VASCONCELOS, E. e SOUZA P. C. *A estrutura “fractal” no desenvolvimento do jato regional da Embraer ERJ 170*. Não publicado: São Paulo, *s.d.*
- PARLETT, M., HAMILTON, D. “*Evaluation as illumination: a new approach to the study of innovatory programs*,” in Glass, G. (Coords.), *Evaluation studies review annual*, Vol. 1. Sage, Beverly Hills, 1976.
- PATTON, M. *Utilization-focused evaluation*. SAGE publications: Beverly Hills, 1978.
- PAHL, G. BEITZ, W. *Engineering design*, 2. ed. Springer-Verlag: London, 1995.
- PERRONS, Robert K. *Make-buy decisions in the U.S. aircraft industry*. Thesis (Master in Science) in technology and policy. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 1997.
- PMI, Project Management Institute. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK)* Maryland: Project Management Institute. Inc, 2001.
- PONPONI, Roberta A. *Organizational structures for technology transition: rethinking information flow in the integrated product team*. Thesis (Doctor of Philosophy) in technology, management and policy. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 1998.
- QUIVY, Raymond. CAMPENHOUDT, Luc Van. *Manual de investigações em ciências sociais*. 2. ed. Lisboa: Gradiva, 1998.
- REICHARDT, C. COOK, T. “*Beyond qualitative versus quantitative methods*”, in Cook, T. and Reichardt, C. (eds), *Qualitative and Quantitative Methods in Evaluation Research*, SAGE publications: Beverly Hills, 1979.
- REYNAL, Vicente A. COCHRAN, David S. *Understanding lean manufacturing according to axiomatic design*. Lean aerospace initiative. Center for technology, policy, and industrial development. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge: 1996.
- ROBSON, C. *Real world research: a resource for social scientists and practitioner-researchers*, Blackwell, Cambridge: 1993.
- ROMAN, Marco Antônio. *Lean aerospace initiative electronic sector study*. Thesis (Master in Science) in management. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2000.

- ROMANO, Leonardo N. *Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas*. Tese (Doutorado) Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina: Santa Catarina, 2003.
- ROTHER, M. e SHOOK J., *Learning To See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, Lean Enterprise Institute: Brookline, MA, 1999.
- SALZMAN, Rhonda A. *Manufacturing system design: flexible manufacturing systems and value stream mapping*. Thesis (Master in Science) in mechanical engineering. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2002.
- SEITZ, Thomas A. *Lean aerospace integration: a new framework for small businesses*. Thesis (Master in Science) in engineering and technology. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2003.
- SHILLITO, M. L. DeMARLE, D. J. *Value: it's measurement, design and management*. John Wiley and Sons: New York, 1992.
- SLACK, R. A. *The application of lean principles to the military aerospace product development process*; Thesis (Master in Science). Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 1998.
- SPEAR, S. BOWEN, K.: *Decoding the DNA of the Toyota production system*. Harvard Business Review Article: Boston, Sept – Oct 1999.
- SOBEK II, D.K. *Principles that shape product development systems: a Toyota-Chrysler comparison*. 1997. Thesis (Philosophy Doctor) – Industrial and Operations Engineering, University of Michigan, 1997.
- SOBEK II, D. K.; WARD, Allen C.; Liker, Jeffrey K. *Toyota's Principles of Set-Based Concurrent Engineering*; MIT Sloan management review. Vol. 40, No. 2, pp. 67–83, 1999.
- STANKE, A. *A framework for achieving lifecycle value in product development*. Thesis (Master in Science). Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2001.
- STANKE, A. MURMAN, E. *A framework for achieving lifecycle value in aerospace product development*. International Council of aeronautical sciences congress, 2002.
- SUH, N. *Axiomatic Design: advances and applications*. Oxford University Press: New York, 2001.
- TATA, Melissa M. THORNTON, Anna C. *Process capability data-based usage in industry: myth vs. reality*. MIT: Cambridge, s/d.

- TATE, D. *A Roadmap for Decomposition: Activities, Theories, and Tools for System Design*, Thesis (Doctor of Philosophy), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1999.
- TOLEDO, Nilton N. *Metodologia para o desenvolvimento de produtos a serem fabricados em série*. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: São Paulo, 1994.
- THOMSON, Paul M. *Implementing a team-based organization in a unionized manufacturing company to improve operating efficiency*. Thesis (Master in Science) in management. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 1997.
- TRISCHLER, William E., *Understanding and Applying Value-Added Assessment: Eliminating Business Process Waste*, ASQC Quality Press: Milwaukee, Wisconsin, 1996.
- ULRICH, K. *Introduction to de special issue on design and development*. Management Science, v. 47, n. 1, p. v-vi, 2001.
- ULRICH, K., EPPINGER, S. *Product Design and Development*, Irwin McGraw-Hill, New York, 2000.
- VAUGHN, Amanda F. *A holistic approach to manufacturing system design in the defense aerospace industry*. Thesis (Master in Science) in aeronautics and astronautics. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2002.
- VERSCHUREN P. DOOREWAARD H. *Designing a research project*. Publisher Lemma – Utrecht: 1999.
- VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH M.; *Case research for operations management*. International journal of operations and production management. Vol. 22. Nº. 2. Manchester: 2002.
- WARD, A.; CRISTIANO. SOBEK II.; *The Second Toyota Paradox: how delaying decisions can make better car faster*. Sloan Management Review – 1995
- WARD, A. C. *Value Stream Mapping for Product and Process Development*; Ward Synthesis, Michigan, 2000.
- WACKER, J.G. *A definition of theory: research guidelines for different theory building research methods in operations management*. Journal of Operations Management. v. 16 p. 361-385, 1998.

- WEI, Yu-Feng. *Concurrent design for optimal quality and cycle time*. Thesis (Doctor of Philosophy) in mechanical engineering. Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, 2001.
- WOMACK, J. JONES, D. e ROOS. *A máquina que mudou o mundo*. Campus: Rio de Janeiro, 1996.
- WOMACK, J. JONES, D. *Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. Free Press: New York, 2003.
- WHEELWRIGHT, S. e CLARK, K. *Revolutionizing product development: quantum leaps in speed, efficiency and quality*. 1992.
- YIN, R., *Case study research: design and methods*, Sage Publications, Beverly Hills, CA: 1994.
- YU, Abraham Sin O. *Estratégia de testes no desenvolvimento de produtos: um estudo das dependências probabilísticas*. Tese (Livre-Docência) Administração. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2003.