

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROPOSTA DE UM MÉTODO DE PARTICIPAÇÃO DA PRODUÇÃO
UTILIZANDO O DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO**

Telmo Ribeiro de Campos

SÃO CARLOS

2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROPOSTA DE UM MÉTODO DE PARTICIPAÇÃO DA PRODUÇÃO
UTILIZANDO O DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO**

Telmo Ribeiro de Campos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luis da Silva

**SÃO CARLOS
2008**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C198pm

Campos, Telmo Ribeiro de.

Proposta de um método de participação da produção utilizando o desenvolvimento enxuto de produto / Telmo Ribeiro de Campos. -- São Carlos : UFSCar, 2009.
139 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2008.

1. Desenvolvimento de produtos. 2. Desenvolvimento enxuto. 3. Mapeamento do fluxo de valor. 4. Manufatura. I. Título.

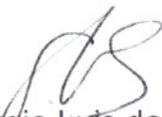
CDD: 658.575 (20ª)

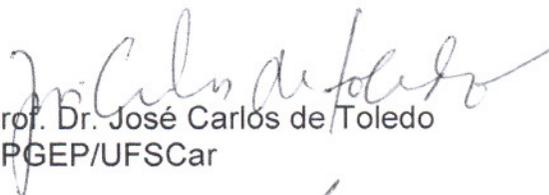


FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno(a): Telmo Ribeiro de Campos

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 16/12/2008 PELA
COMISSÃO JULGADORA:


Prof. Dr. Sérgio Luís da Silva
Orientador(a) DCI - PPGE/UFSCar


Prof. Dr. José Carlos de Toledo
PPGE/UFSCar


Prof. Dr. Daniel Capaldo Amaral
EESC/USP


Prof. Dr. Mário Otávio Batalha
Coordenador do PPGE

DEDICATÓRIA

“Todas as coisas concorrem para o bem daqueles que amam a Deus.”

(Rm 8,28)

À minha esposa Cristina e aos meus filhos Mateus e André,
motivo de todo o meu esforço e dedicação.

Em memória dos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua presença incontestável em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sérgio Luis da Silva, pela oportunidade, por ter acreditado neste projeto e pelo tempo despendido nas discussões e correções para o alinhamento do projeto.

Ao Prof. Dr. José Carlos de Toledo, pelas críticas feitas na qualificação, duras em um primeiro instante, mas muito construtivas e que definitivamente nortearam este trabalho para a sua conclusão.

Ao Prof. Dr. Daniel Capaldo Amaral, pelo interesse demonstrado pela proposta e pelas sugestões valiosas dadas durante a qualificação.

Aos colegas do curso, pela convivência, aprendizado conjunto e compartilhamento de informações e materiais.

Aos amigos e companheiros de empresa que responderam ao questionário e avaliaram a proposta desta dissertação, de modo especial, a José Humberto, pelo apoio, incentivo e participação em grande parte desta dissertação.

Aos demais professores do curso, assim como aos funcionários do PPGE, que em muito colaboraram durante todo este tempo de vivência no ambiente acadêmico.

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já têm a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre, à margem de nós mesmos”.

Fernando Pessoa (1888-1935)

RESUMO

CAMPOS, T. R. *Proposta de um método de participação da produção utilizando o desenvolvimento enxuto de produto*. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, 2008.

Atualmente, técnicas da manufatura enxuta são conhecidas e implementadas para eliminar desperdício e melhorar o fluxo de materiais ao longo de um processo de produção. Estes mesmos princípios enxutos são agora estudados e aplicados no processo de desenvolvimento de produto (PDP), alinhados à necessidade das empresas de desenvolverem e lançarem novos produtos com custo competitivo e no menor tempo possível. Portanto, o objetivo deste trabalho é propor um método para a produção, que enfatize: a importância da participação da manufatura desde o início do projeto para compartilhar sua experiência, necessidades e restrições; a visão de entrega de todo o fluxo operacional como resultado do PDP e a criação de valor segundo a percepção do cliente e demais interessados no projeto. Para validar a proposta, ela foi aplicada de forma comparativa em um projeto anteriormente realizado na empresa estudada; sua abrangência foi verificada mediante envio de questionário de avaliação do método a profissionais de outras divisões da empresa, além dos envolvidos no projeto avaliado. Como resultado, concluiu-se pela: viabilidade, atualidade e aplicabilidade do método; capacidade em contribuir para redução de desperdícios, de retrabalhos e do tempo de projeto; possibilidade de compartilhar o conhecimento e experiência da manufatura nos conceitos enxutos com os demais integrantes e interessados do projeto de desenvolvimento de produto.

Palavras-chave: Desenvolvimento Enxuto, Participação da produção, Desenvolvimento de produto, Fluxo de produção.

ABSTRACT

Lean manufacturing tools are well known and implemented to eliminate waste and improve materials flow throughout a production process. These lean principles are now studied and applied to product development process (PDP), aligned to the company's needs to develop and launch new products with lower cost and increased speed. Therefore, the objective of the present dissertation is to propose a production preparation procedure, that emphasizes: the significance of the manufacturing team's participation from project inception by sharing its experience, requirements and constraints; the vision of operational value stream delivery as a result of PDP and value creation related to customer and other stakeholders perception. To validate this proposal, a comparative application took place using a previous project from the company that was studied. Procedure comprehensiveness was assessed by questionnaire sent to professionals from other divisions, in addition to the division team. It was concluded that the proposed procedure is: feasible, updated and applicable; capable of contributing to waste, rework and project time reduction and helpful for sharing manufacturing lean concepts knowledge and expertise with other team members and product development stakeholders.

Key words: Lean development; Production preparation, Product development, Production flow.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 -	Esquema ilustrativo da dissertação.....	6
FIGURA 1.2 -	Tipos de referências.....	7
FIGURA 1.3 -	Ano de publicação das referências	8
FIGURA 2.1 -	Abordagens para a gestão do PDP.....	9
FIGURA 2.2 -	Processo tradicional de desenvolvimento de produto.....	12
FIGURA 2.3 -	Processo de desenvolvimento de produto.....	12
FIGURA 2.4 -	O sistema <i>NextGen Stage-Gate™</i>	15
FIGURA 2.5 -	As fases do DFSS (<i>Design for Six Sigma</i>).....	17
FIGURA 2.6 -	Tipos de perdas no PDP.....	23
FIGURA 2.7 -	Círculo vicioso para “apagar incêndios”	26
FIGURA 2.8 -	Abordagem do SBCE	28
FIGURA 2.9 -	Metodologia para implementação dos princípios enxutos no PDP	32
FIGURA 3.1 -	Estratégia do produto.....	38
FIGURA 3.2 -	Preparação da produção: informações principais e dependências entre as atividades.....	47
FIGURA 3.3 -	Passos para solução de problemas	59
FIGURA 3.4 -	Relatório A3 para solução de problemas	60
FIGURA 5.1 -	Método para participação da produção.....	73
FIGURA 5.2 -	Visão no fluxo operacional.....	79
FIGURA 5.3 -	Mapeamento com informações de custo	85
FIGURA 6.1 -	Fluxo operacional para o projeto da fita verde	98
FIGURA 6.2 -	A3 para o projeto da fita verde	99
FIGURA 7.1 -	Avaliação da fase de detalhamento de valor para o produto	112
FIGURA 7.2 -	Avaliação da fase de entendimento das métricas do projeto.....	114
FIGURA 7.3 -	Avaliação da fase de análise do fluxo operacional.....	115

FIGURA 7.4 -	Avaliação da fase de avaliação das alternativas de processo	116
FIGURA 7.5 -	Avaliação da fase de realização do lote piloto para ajuste do processo e validação do produto	117
FIGURA 7.6 -	Avaliação da fase de mapeamento do fluxo	118
FIGURA 7.7 -	Avaliação da fase de verificação da maufaturabilidade e eliminação de desperdícios	119
FIGURA 7.8 -	Avaliação da fase de verificação da capacidade de processo	120
FIGURA 7.9 -	Avaliação da fase de teste e validação do produto	121

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 -	Tipos de desenvolvimento de produto.....	11
QUADRO 2.2 -	Princípios da engenharia simultânea	14
QUADRO 2.3 -	Cinco princípios do desenvolvimento enxuto	19
QUADRO 2.4 -	Cinco leis do desenvolvimento enxuto.....	20
QUADRO 2.5 -	Sete soluções de projeto causadoras de perda	22
QUADRO 2.6 -	Causas dos desperdícios	25
QUADRO 2.7 -	Os oito valores primários para os clientes	26
QUADRO 2.8 -	Princípios do SBCE.....	27
QUADRO 2.9 -	Critérios para escolha ou não do SBCE.....	29
QUADRO 2.10 -	Elementos do PDP na Toyota segundo vários autores	30
QUADRO 2.11 -	Princípios comuns entres vários autores.....	31
QUADRO 2.12 -	Método para planejamento de desenvolvimento de produto	33
QUADRO 2.13 -	Propostas de ações para melhoria do PDP.....	34
QUADRO 3.1 -	Resumo dos 14 princípios do modelo Toyota	40
QUADRO 3.2 -	Práticas capacitadoras da produção enxuta	41
QUADRO 3.3 -	Princípios do pensamento enxuto	44
QUADRO 3.4 -	Critérios de avaliação das alternativas de processo.....	50
QUADRO 3.5 -	Vinte alavancas para o custo do produto.....	55
QUADRO 3.6 -	Seminário <i>kaizen</i>	57
QUADRO 4.1 -	Critérios para escolha da abordagem da pesquisa	63
QUADRO 4.2 -	Tipos de pesquisa qualitativa.....	63
QUADRO 4.3 -	Técnicas de pesquisa	65
QUADRO 4.4 -	Critérios para escolha do método de pesquisa.....	66
QUADRO 4.5 -	Resumo das escolhas do método de pesquisa.....	70
QUADRO 5.1 -	Critérios de avaliação das alternativas de processo.....	81

QUADRO 5.2 - Mapeamento das atividades de processo	85
QUADRO 6.1 - Seleção das alternativas de processo	101
QUADRO 6.2 - Avaliação do lote piloto.....	103
QUADRO 6.3 - Mapeamento das atividades de processo da fita verde	105
QUADRO 6.4 - Avaliação do mapa de fluxo	106
QUADRO 6.5 - Comparação entre o projeto real e o projeto revisto.....	109

LISTA DE SIGLAS

3P – Processo de preparação da produção

DFA – *Design for Assembly* (Projeto para Montagem)

DFM – *Design for Manufacturing* (Projeto para Manufatura)

DFSS – *Design for Six Sigma*

DFX – *Design for X* (Projeto para X)

DMAIC – Define - Measure - Analyse - Improve - Control (Definir - Medir - Analisar - Melhorar - Controlar)

DEP – Desenvolvimento Enxuto de Produto

DP – Desenvolvimento de Produto

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise do efeito e modo de falha)

IGDP – Instituto de Gestão de Desenvolvimento do Produto

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

PDCA – Plan (Planejar), Do (Fazer), Check (Verificar), Act (Agir)

P&D – Pesquisa e desenvolvimento

PDP – Processo de desenvolvimento de produto

QFD – *Quality Function Deployment* (Desdobramento da função qualidade)

SBCE – *Set-based concurrent engineering* (Engenharia simultânea baseada em conjuntos)

STDP – Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto

STP – Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Contextualização e justificativa	2
1.2	Proposta e objetivo.....	4
1.3	Visão geral e estrutura do trabalho.....	5
2	Abordagens para gestão do PDP.....	9
2.1	Introdução	9
2.2	Desenvolvimento de produtos.....	10
2.3	Design for six sigma	16
2.4	Desenvolvimento enxuto de produtos.....	18
2.5	Engenharia simultânea baseada em conjuntos.....	27
2.6	Processo de desenvolvimento de produto da Toyota.....	29
2.7	Propostas para aplicação do desenvolvimento enxuto de produto.....	32
2.8	Conclusão do capítulo.....	35
3	Preparação da produção na visão enxuta	37
3.1	Produção na visão estratégica da empresa	37
3.2	Manufatura enxuta	39
3.3	Mentalidade enxuta	43
3.4	Preparação para produção piloto.....	46
3.5	Processo de preparação da produção (3P).....	48
3.6	Mapeamento de fluxo de valor	51
3.7	Mapeamento do fluxo de valor com visão de custos	53
3.8	Evento Kaizen	56
3.9	O processo A3.....	57
3.10	Conclusão do capítulo.....	60
4	Metodologia de pesquisa	62
4.1	Objetivo da pesquisa	62
4.2	Abordagem da pesquisa	62
4.3	Natureza da pesquisa.....	64
4.4	Método da pesquisa.....	64
4.5	Técnica da pesquisa	65
4.6	Método de coleta de dados	67

4.7	Desenvolvimento do estudo de caso	67
4.8	Conclusão do capítulo	69
5	Método para participação da produção utilizando o desenvolvimento enxuto de produto	71
5.1	Método para participação da produção	71
5.2	Detalhamento do método	74
5.2.1	Entender o valor e as métricas do projeto (A)	75
5.2.2	Analisar o fluxo operacional e as alternativas de processo e produto (B)	78
5.2.3	Avaliar o fluxo de processo (C)	83
5.2.4	Homologar e certificar o produto/processo (D)	87
5.3	Conclusão do capítulo	89
6	Aplicação do método proposto	90
6.1	Visão geral da divisão/empresa estudada.....	90
6.2	O PDP na divisão estudada e a participação da manufatura	90
6.3	O projeto “fita verde”	92
6.4	A aplicação do método.....	94
6.4.1	Entender o valor e as métricas do projeto (A)	95
6.4.2	Analisar o fluxo operacional e as alternativas de processo e produto (B)	97
6.4.3	Avaliar o fluxo de processo (C)	104
6.4.4	Homologar e certificar o produto/processo (D)	107
6.5	Conclusão do capítulo	108
7	Avaliação do método proposto	111
7.1	Pesquisa de avaliação do método.....	111
7.2	Resultados da pesquisa de avaliação do método.....	112
7.3	Conclusão do capítulo	121
8	Conclusões.....	123
8.1	Avaliação geral do objetivo	123
8.2	Comentários finais sobre os principais resultados do trabalho	123
8.3	Sugestões de pesquisas futuras	125
	Referências Bibliográficas.....	127

Apêndice A – Mapas de fluxo de valor da aplicação do método	134
Apêndice B – Questionário de avaliação do método	136

1 INTRODUÇÃO

A velocidade com que os produtos são desenvolvidos e colocados no mercado, é hoje um grande diferencial para as empresas em um ambiente cada vez mais competitivo, devido principalmente à alta taxa de mudança tecnológica, ao maior nível de exigência dos clientes quanto à qualidade e atendimento a requisitos, aplicações específicas, assim como ao que diz respeito à diversificação de itens lançados pelas diferentes indústrias.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) situa-se na interface entre a empresa e o mercado, conferindo-lhe a tarefa de identificar as necessidades do mercado e propor soluções que atendam às referidas necessidades. Portanto, a forma como desde o princípio o PDP é conduzido pode prevenir problemas futuros como dificuldade de manufaturar o produto, empreender retrabalho, evitar desperdícios de material e tempo, custo elevado e o não atendimento ao solicitado pelo mercado.

Pelo fato de nem sempre haver o envolvimento de todos os interessados desde o início do projeto, muitas ações virão a ser necessárias durante a vida do produto para torná-lo viável em termos de produção, atendimento aos objetivos de qualidade, custos e entrega. As ações realizadas com o produto já desenvolvido sempre alcançarão preços mais elevados do que aqueles que teriam se tivessem sido feitas durante o projeto. Mesmo que tivesse havido maior participação dos interessados na produção ou dos afetados pelo desenvolvimento do novo produto, imprevisíveis fatores podem comprometer o sucesso final do projeto, como novos entrantes e alterações nos requisitos solicitados pelos clientes, tornando necessária a redução de custos para manutenção da competitividade.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um método para participação da produção utilizando conceitos do desenvolvimento enxuto, para que a Manufatura – com a implantação de um fluxo de produção sem desperdícios – possa contribuir mais efetivamente na introdução seja de novo produto ou de produto modificado, evitando a ocorrência de retrabalhos e agilizando a obtenção dos objetivos de custo e qualidade.

Para avaliar a proposta, foi levado a efeito um estudo de caso de um projeto realizado para uma divisão de uma empresa multinacional do setor químico, com a estimativa dos resultados que poderiam ter sido obtidos caso tivesse sido feito com o método proposto.

Para verificar a abrangência e necessidade do referido método, um questionário de avaliação foi distribuído a profissionais de outras divisões da empresa.

A seguir são apresentadas as justificativas que motivaram a elaboração do método, bem como uma visão geral do trabalho.

1.1 Contextualização e justificativa

Em um mercado globalizado e exigente, no qual são muitos os parâmetros de comparação tanto em qualidade como em preço, as empresas criam considerável vantagem competitiva quando são capazes – com rapidez e eficiência – de lançar produtos inovadores, compatíveis com as necessidades e expectativas dos clientes-alvo (KAPLAN & NORTON, 2004). As empresas – principalmente por terem um aumento de vendas por conta destes novos produtos lançados – alcançam maior faturamento, melhor posição de mercado e maior retorno sobre o investimento (COOPER, 2001).

Segundo Cooper (2006), 44% dos projetos de desenvolvimento de produto falham em atingir seus objetivos de custo; mas vale lembrar que, de cada sete idéias de novos produtos, apenas uma tem sucesso. Conforme Rozenfeld *et al.* (2006), mesmo com gastos menores, as fases de desenvolvimento são as mais críticas para o comprometimento do custo final do produto e são responsáveis por 85% deste valor.

Hines & Taylor (2000) afirmaram que em ambiente de produção foram encontrados três tipos de atividades (antes de qualquer melhoria *lean*), na seguinte proporção em média: 5% das atividades que agregam valor, na qual o consumidor ficaria feliz em pagar por elas; 60% das atividades que não agregam valor e que são desnecessárias em qualquer circunstância; e 35% das atividades que não agregam valor, porém são necessárias. Ou seja, há muita oportunidade para redução de desperdícios com a eliminação das atividades que apenas geram custos e atrapalham o fluxo do produto.

O tempo gasto desde o início do projeto até o lançamento do produto, o custo e o atendimento do produto obtido conforme solicitado pelo mercado, provaram ser fatores críticos para o sucesso das empresas (BAUCH, 2004), assim como é importante haver preocupação com a prevenção de problemas, causados principalmente pelo desenvolvimento de produto difícil de ser manufaturado.

Atualmente está muito difundida a Manufatura Enxuta, bem como suas técnicas, popularizada principalmente pelos resultados obtidos pela Toyota nos últimos anos. Muitas empresas têm implantado projetos para otimização de seus processos, eliminação de desperdícios e criação de valor ao longo da cadeia de produção. Porém essa difusão dos conceitos enxutos não é encontrada de forma semelhante na área de desenvolvimento de novos produtos ou mesmo em modificação de produtos existentes. Segundo Hines, Holweg &

Rich (2004), no meio acadêmico, a discussão sobre o pensamento enxuto ainda está focada no chão de fábrica.

O desenvolvimento enxuto, igualmente baseado no PDP da Toyota, ainda é pouco aplicado. Corrêa (2007) afirmou que embora o Sistema Toyota de Produção (STP) seja amplamente estudado e documentado, o Sistema Toyota de Desenvolvimento de Produto (STDP) permanece obscuro, embora seja fato que um bom sistema de produção depende fortemente de um bom sistema de desenvolvimento de produto. Também Ward (2007) afirmou que o desenvolvimento enxuto é pouco conhecido fora do círculo da Toyota. No entender de Pessoa (2006), os trabalhos recentes são mais focados em identificar técnicas, ferramentas e práticas do sistema Toyota de desenvolvimento, sem contemplar a visão de como operacionalizá-las no ambiente de desenvolvimento.

Portanto, mesmo que essa seja uma linha de pesquisa recente, com poucos trabalhos científicos (MACHADO, 2006), aumentou o interesse para o processo de desenvolvimento enxuto de produto, por ser crucial que as empresas alcancem suas metas quanto a vendas, lucros e demais objetivos definidos no plano estratégico.

Contudo, traduzir os princípios da manufatura enxuta para o desenvolvimento de produto passou a ser outro desafio. Na manufatura o processo está focado na produção de partes, produtos, serviços que são mais tangíveis. No desenvolvimento, o trabalho é mais voltado a dados e informações e com forte presença do fator humano, ou seja, intangíveis. Como então traduzir esta visão do *Lean Manufacturing* para o processo de desenvolvimento de produtos?

Wicker (2004) desenvolveu uma pesquisa-ação para traduzir e ensinar princípios enxutos a grupos de engenharia, mas não teve sucesso em obter uma linguagem que fosse apreendida e usada por eles. Ela constatou que o grupo de engenharia preferia o uso de termos como produto, requisito, cliente e processo às terminologias da manufatura enxuta, e percebeu, também, haver grande dificuldade em fazer com que os princípios da manufatura enxuta sejam aceitos e usados pela engenharia. A autora (*op.cit.*) referiu que a liderança precisa melhorar o processo de desenvolvimento da mesma forma como melhorou a manufatura, pois os princípios enxutos no PDP auxiliam a aumentar a produtividade, a qualidade e a velocidade para colocação do produto no mercado. Tal como Ward (2007) alertou, muitos líderes de projeto buscam mais satisfazer e responder à gerência do que aos clientes; mostram preocupação maior com a administração do projeto, preenchimento de formulários e atendimento de especificações, do que em desenhar o sistema e o fluxo de valor para o produto.

Com o aumento da competição no mercado brasileiro, principalmente de produtos importados, não foi apenas desenvolver produtos inovadores que passou a ser preocupação, mas também tornar os produtos existentes mais competitivos. Projetos que repensem os produtos e busquem alternativas para reduzir os custos passaram igualmente a ser prioritários.

A Manufatura – entendida como a equipe envolvida na produção, não somente os operadores, mas também sua chefia e engenheiros de processo – tem importante papel, tanto no cenário do processo de desenvolvimento de produto quanto nos projetos de modificações dos existentes, pois tornar o processo produtivo mais simples e previsível garante, à manufatura, o atendimento de metas como custo, entrega e qualidade. Isto não apenas por ela ser fortemente afetada, mas pela contribuição que pode dar, baseada no histórico dos produtos que tem registrado e no conhecimento acumulado do processo produtivo.

Esta dissertação focou na visão da manufatura dentro do PDP, na busca de passar sua experiência com as técnicas enxutas para a fase em que tem maior participação neste processo, que é a preparação da produção para o lote piloto e como resultado, a liberação do produto para início de produção e lançamento. A elaboração de um método para participação da produção é justificada pela dificuldade que a equipe de produção enfrenta para introduzir um novo produto com fluxo já otimizado. Esta dificuldade é causada pelo fato de muitas vezes a Manufatura entrar tardiamente no projeto de desenvolvimento do novo produto; o método vem contribuir para a revisão de aspectos importantes e necessários para a Manufatura, com base nos princípios enxutos, principalmente de criação de valor e de fluxo operacional. A referida elaboração também se faz necessária devido a uma deficiência – normalmente demonstrada pela Engenharia – em entender e aplicar o pensamento enxuto em seus projetos, bem como compreender as necessidades e/ou restrições da Manufatura.

1.2 Proposta e objetivo

A proposta desta pesquisa centrou na necessidade da Manufatura – que em várias situações é envolvida tardiamente ou não adequadamente no PDP – em participar efetivamente e contribuir para que o novo produto, ou produto modificado, entre em fluxo de produção e atenda às métricas dos projetos e/ou às suas próprias. O objetivo principal deste trabalho é propor um método para participação da produção, utilizando conceitos enxutos, quando da introdução de um novo produto ou em projeto de modificação de produto existente.

Isso foi feito, basicamente, por meio das seguintes etapas:

- 1) Levantamento bibliográfico dos conceitos relativos à mentalidade enxuta e sua aplicação tanto na Manufatura quanto no PDP;
- 2) Levantamento bibliográfico sobre preparação da produção no PDP;
- 3) Proposição de um método para participação da produção utilizando conceitos enxutos;
- 4) Validação em um projeto de desenvolvimento.
- 5) Envio de questionário para avaliação do método proposto.

As etapas foram programadas para responder a seguinte questão de pesquisa:

Como a aplicação de um método de participação da produção para introdução de um novo produto, utilizando conceitos do pensamento enxuto, pode contribuir para a melhoria de um projeto de desenvolvimento de produto?

Este trabalho foi realizado a partir da experiência em uma divisão de uma empresa, portanto, a generalização dos resultados fica restrita a situações semelhantes. Não foi buscado, também, o entendimento de todo o processo de desenvolvimento de produto, mas apenas da parte de transferência da Engenharia para a Manufatura, na fase de preparação para a produção.

A contribuição desta dissertação é mostrar que a Manufatura pode ter importante papel no PDP e contribuir com sua visão enxuta, porque ela, conforme afirma Ward (2007), é o primeiro cliente do fluxo de valor do desenvolvimento.

1.3 Visão geral e estrutura do trabalho

A figura 1.1 apresenta o esquema geral do trabalho, com as ligações entre os capítulos. Pelo fato de este ser um trabalho voltado para os conceitos enxutos, foi utilizado um fluxo para que as informações colocadas sejam relevantes e agreguem valor ao tema. Com esta abordagem é esperado que os resultados obtidos contribuam para o entendimento da metodologia proposta, sejam aplicáveis no ambiente industrial e auxiliem no trabalho de outros pesquisadores.

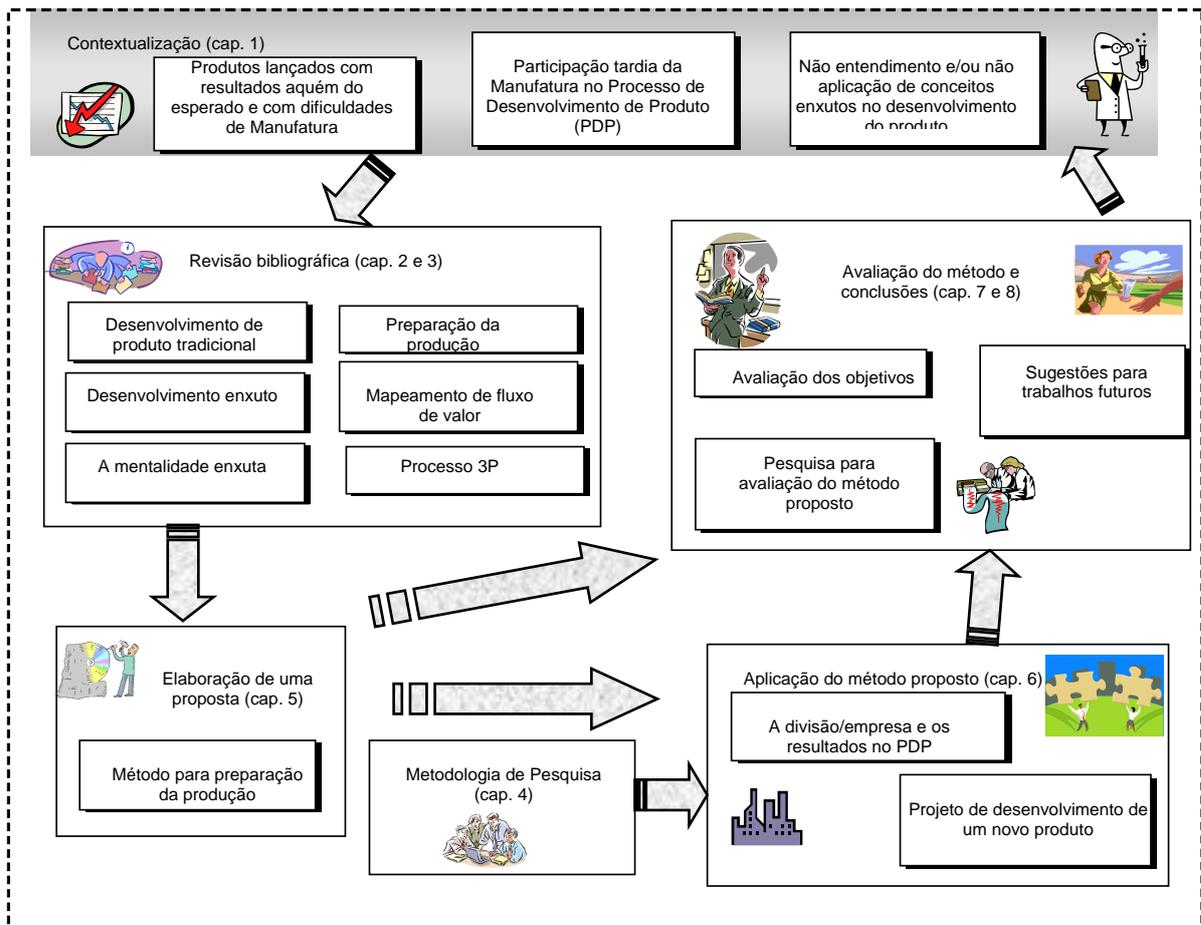


FIGURA 1.1 - Esquema ilustrativo da dissertação.

O trabalho está estruturado em oito capítulos.

O capítulo 1, introdutório, apresenta a contextualização do tema de pesquisa e a justificativa para a realização deste estudo, bem como os seus objetivos e a proposta da contribuição a ser alcançada.

Os dois capítulos seguintes reportam a revisão bibliográfica realizada. O capítulo 2 discorre sobre o desenvolvimento de produtos em sua forma tradicional e ainda sobre novas abordagens – como o *Design for six sigma* (DFSS) – que têm semelhanças com o Desenvolvimento Enxuto, base para este trabalho. Este capítulo continua a revisão bibliográfica com apresentação da Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (SBCE – *Set-based concurrent engineering*), considerada como importante ferramenta dentro do desenvolvimento enxuto. Depois apresenta uma visão geral sobre o desenvolvimento de produto na Toyota – empresa referência para vários estudos e livros publicados sobre o pensamento enxuto – e termina com exemplos de propostas apresentadas para aplicação do desenvolvimento enxuto de produto.

O capítulo 3, após uma abordagem sobre a produção no contexto da visão estratégica da empresa, apresenta conceitos sobre a manufatura enxuta e a mentalidade enxuta. É apresentado o processo de preparação da produção (3P), utilizado pela Toyota, para desenvolvimento de um processo adequado às necessidades da manufatura. Na seqüência é discutida a preparação para a produção piloto e o mapeamento de fluxo de valor, aqui incluída a visão de custos. Este capítulo conclui com uma breve abordagem sobre o evento *kaizen* e o processo A3, cujo uso está em grande evidência ultimamente.

O capítulo 4 apresenta e justifica a metodologia de pesquisa adotada.

No capítulo 5, referenciado pelos capítulos 2 e 3, é apresentada a proposta de um método para participação da produção no desenvolvimento de um novo produto, que é o objetivo deste trabalho.

O capítulo 6, após uma visão geral da empresa e a divisão em que foi ambientado o projeto de desenvolvimento de produto, utilizado como referência, é feita a aplicação do método proposto no capítulo anterior, para avaliação de sua viabilidade.

No capítulo 7 estão relatadas as avaliações do método proposto – as quais foram feitas por profissionais de outras divisões da empresa estudada – para verificação da abrangência dentro da empresa. Finalmente, no capítulo 8 são apresentadas as conclusões do trabalho e as propostas para futuros estudos.

No final são listadas as 87 referências para esta dissertação, classificadas da seguinte forma (figuras 1.2 e 1.3):

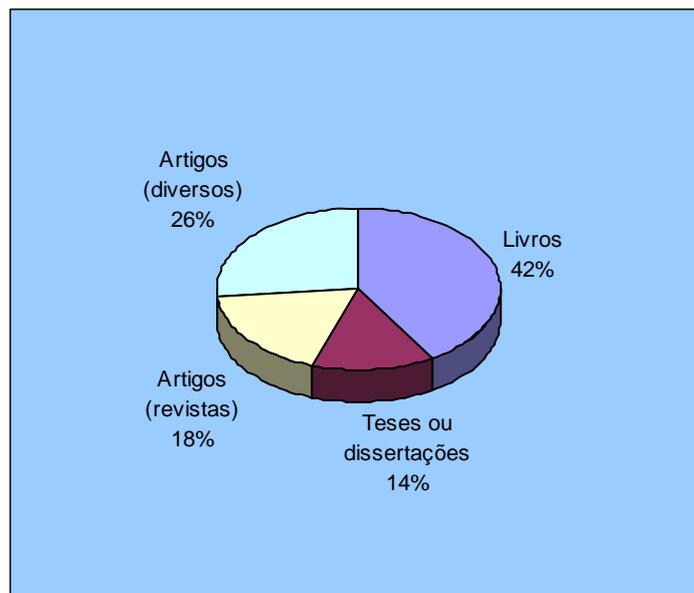


FIGURA 1.2 - Tipos de referências.

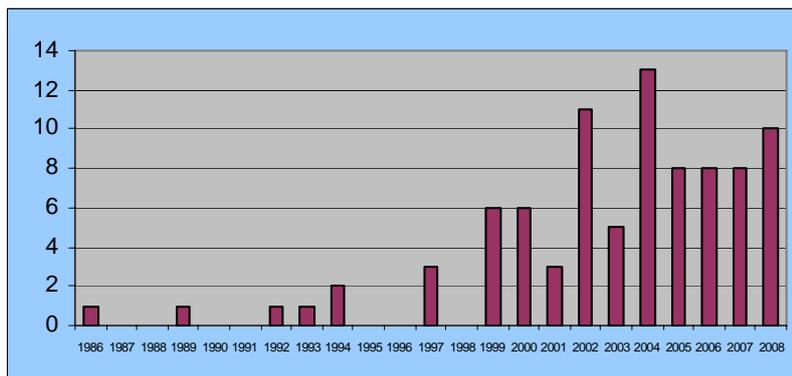


FIGURA 1.3 – Ano de publicação das referências.

Ou seja, em sua maioria, as referências utilizadas foram publicadas no período de 2002 a 2008, portanto, são publicações recentes para um tema também atual, as quais compuseram principalmente a revisão bibliográfica apresentada na seqüência.

2 ABORDAGENS PARA GESTÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Para apresentar o assunto, este capítulo aborda sucintamente o escopo do processo de gestão do desenvolvimento de produto, incluindo o desenvolvimento enxuto.

2.1 Introdução

A figura 2.1 apresenta uma visão geral das abordagens para gestão do PDP; de início mostra sua evolução desde seu desenvolvimento tradicional e seu modelo seqüencial, passa pelo desenvolvimento integrado e chega às novas abordagens, na qual é destacado o desenvolvimento enxuto, que compartilha muitas práticas com o Desenvolvimento Integrado de Produtos, assim como com o *Design for Six Sigma* (ROZENFELD *et al.*, 2006).

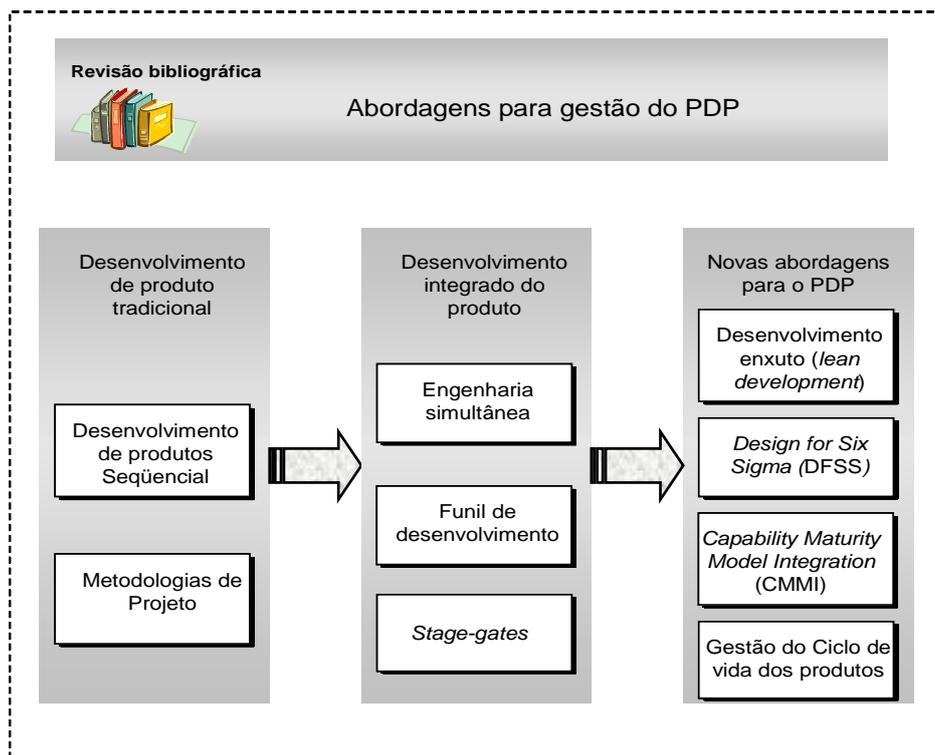


FIGURA 2.1 – Abordagens para a gestão do PDP.
Fonte: ROZENFELD *et al.* (2006).

A abordagem adotada por uma empresa dependerá do ambiente competitivo em que ela está inserida, da forma de sua organização interna e, também, da complexidade dos produtos que desenvolve e do desempenho de seu PDP (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Atualmente existe preocupação com uma abordagem integrada para todos os aspectos da vida do produto, desde o projeto inicial, passando pela manufatura, até a sua disposição final. É a gestão do ciclo de vida dos produtos, que só tem sentido se houver o foco nos primeiros estágios do DP, colaborando para capturar, organizar, coordenar e/ou controlar todos os aspectos das informações sobre o desenvolvimento de produto, incluindo os requisitos funcionais, especificações, características e processos de manufatura (GRIEVES, 2006).

O PDP deve buscar, não somente custo e desempenho técnico do produto mas, também, a colocação do produto no mercado no menor tempo possível (antes da concorrência), com diferencial competitivo, de modo a atender os diferentes requisitos dos clientes e que seja o mais simples possível de produzir. (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Cooper (2001) aponta três fatores críticos para o sucesso do PDP considerados como direcionadores do desempenho do novo produto no negócio. São eles: a alta qualidade do processo de desenvolvimento de produto, a definição da estratégia de novos produtos para o negócio e a adequação dos recursos necessários, tanto os financeiros quanto os de pessoal. Portanto, para contribuir com o aumento da competitividade da empresa é de fundamental importância que o desenvolvimento de produto esteja alinhado com as estratégias de mercado, de produto e de desenvolvimento tecnológico definidas pela alta direção (ROZENFELD *et al.*, 2006). Assim, antes do início do projeto para desenvolvimento de um novo produto, deve-se responder a três perguntas: “Será que os consumidores precisam do produto? Será que o produto é diferente e melhor do que as ofertas dos concorrentes? Será que os possíveis compradores estarão dispostos a pagar o preço?” (KOTLER, 2003). O projeto somente deve ser iniciado se todas as respostas forem positivas.

2.2 Desenvolvimento de produtos

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), “desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo” (p.3). Ou seja, o desenvolvimento deve considerar a posição da manufatura como um cliente do resultado obtido do projeto do produto.

Um novo produto não é necessariamente um produto sem similar no mercado ou uma grande inovação; muitas vezes pode ser uma adaptação de um existente para novas exigências ou para um novo tipo de processo ou localidade de fabricação, um novo uso ou mesmo ser um produto já existente no mercado que a empresa quer começar a produzir. O quadro 2.1 destaca os tipos de projetos de desenvolvimento de produto.

QUADRO 2.1 Tipos de desenvolvimento de produto.

Tipos	Ação
Derivativos ou incrementais	Produtos derivados ou pequenas modificações em projetos existentes, como redução de custos dos produtos em linha, melhorias no processo produtivo, novo empacotamento.
Radicais ou de ruptura	Mudanças significativas nos produtos ou processos existentes, podendo criar uma nova família de produtos, com novas tecnologias e materiais.
Plataforma ou de próxima geração	Mudanças grandes que causam impacto no custo, qualidade e desempenho, suportando uma geração de produtos, mas sem a introdução de novas tecnologias ou materiais.
Projetos de desenvolvimento avançado	Criação de tecnologia. Tem por objetivo criar conhecimento para projetos futuros.
Parceria ou aliança	Projeto em conjunto com outra empresa, em qualquer dos outros quatro tipos comentados.
Seguir a fonte (<i>follow-source</i>)	Adequação de projetos recebidos da matriz ou de clientes, sem a introdução de alterações significativas.

Fonte: Clark & Wheelwright (1993) e de Rozenfeld *et al.* (2006).

O processo de desenvolvimento de produto era, e em muitos casos ainda é, uma seqüência de atividades que teve início com a área de Marketing, responsável por trazer uma solicitação para desenvolvimento. Solicitação essa normalmente baseada em um pedido de cliente, fruto de observação de um produto concorrente ou de nova oportunidade de negócio levantada no mercado. As informações, muitas vezes, são passadas, de forma incompleta para a área de Engenharia ou de Laboratório de Desenvolvimento que, após várias tentativas, idas e vindas com Marketing, desenvolve um protótipo e especificações consideradas aceitáveis. O protótipo do produto é levado para a Manufatura – que normalmente ainda não participou do projeto – para que esta o produza em tempo para o lançamento, no custo e na qualidade esperada. O resultado quase sempre é o retorno para a Engenharia, conflitos, atrasos, custos acima do projetado e qualidade não constante (MASCITELLI, 2007; ROZENFELD *et al.*, 2006). Estima-se que em torno de 85% do custo do produto final são determinados no início do ciclo do desenvolvimento (ROZENFELD *et al.*, 2006); assim a Manufatura fica com poucas possibilidades de reverter a situação. Este processo, também conhecido como *over-the-wall*, é mostrado na figura 2.2.

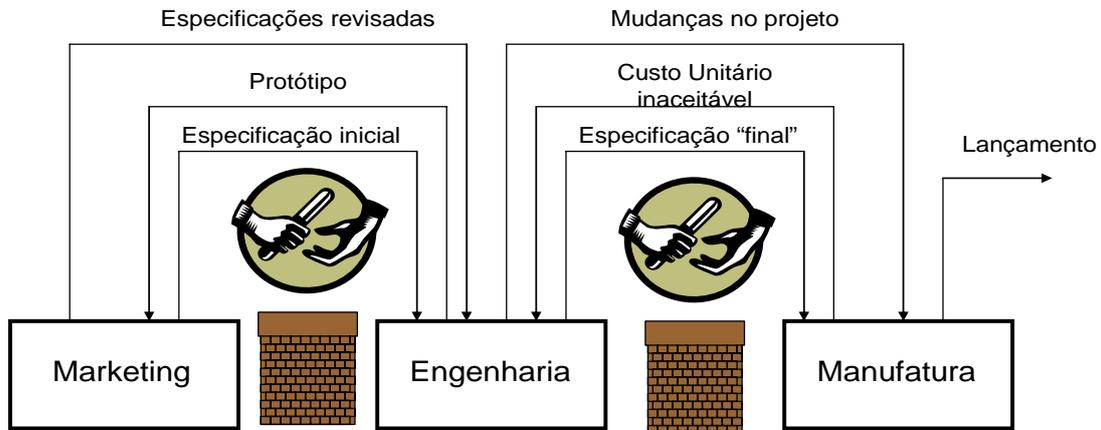


FIGURA 2.2 - Processo tradicional de desenvolvimento de produto
 Fonte: Mascitelli (2007).

Para modificar esta situação, foram elaborados novos modelos para o PDP, que estão descritos na bibliografia. Como referência, é apresentado na figura 2.3 o modelo proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), que destaca a preparação da produção como uma de suas fases.

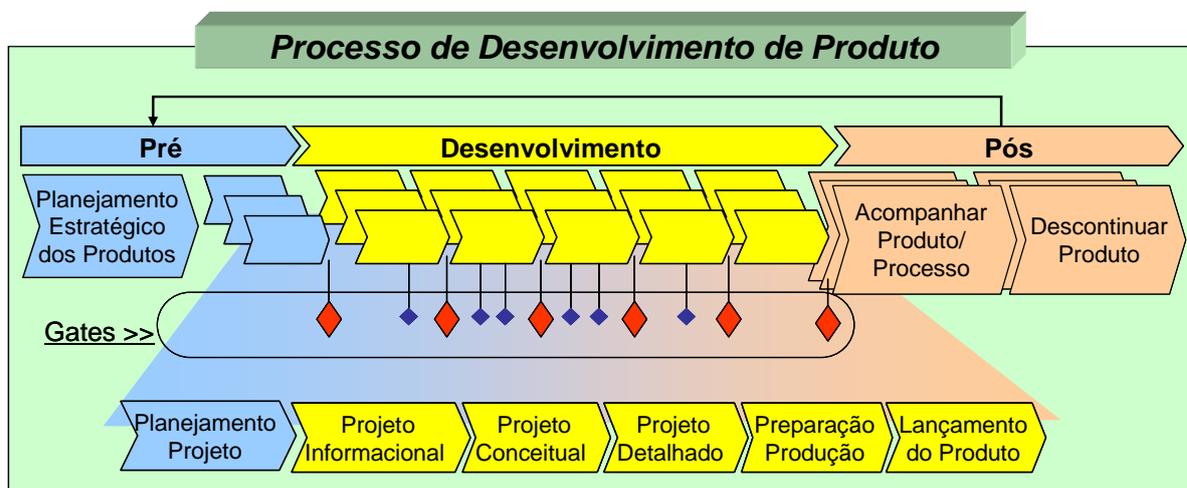


FIGURA 2.3 - Processo de desenvolvimento de produto.
 Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006).

Este modelo apresenta macro-fases, que são explicadas por Rozenfeld *et al.* (2006) como:

- Pré-desenvolvimento: recebimento e seleção das idéias vindas de várias fontes, verificação de seu alinhamento com a estratégia da empresa e colocação em um *portfolio* de projetos.

- Desenvolvimento: local em que acontece o desenvolvimento do produto propriamente dito, desde o teste do conceito e montagem do protótipo, até o lançamento do produto já qualificado pela Manufatura.

- Pós-desenvolvimento: compreende o acompanhamento da vida do produto após o seu lançamento até o fim de seu ciclo.

As fases de um projeto podem ser realizadas de forma seqüencial, ou em paralelo, considerada a mais recomendada e evidenciada no desenvolvimento integrado de produto, por ter entre suas características o fato de os projetos serem conduzidos por times multifuncionais, o que lhe confere maior capacidade e intensidade de comunicação entre as áreas, com envolvimento dos fornecedores. O estímulo à participação das áreas envolvidas deve ocorrer em todas as fases dos projetos de desenvolvimento, particularmente no início, quando ela é fundamental para que haja consenso sobre os parâmetros básicos dos projetos, para evitar divergências posteriores (ROZENFELD *et al.*, 2006).

No Desenvolvimento Integrado do Produto – formado também pelas abordagens do Funil e *Stage-Gates* – destaca-se a Engenharia Simultânea. Essa abordagem ajudou a difundir novas propostas, como a utilização de times multifuncionais e, ainda, o trabalho conjunto de algumas técnicas como o Desdobramento da Função Qualidade (QFD – *Quality Function Deployment*), Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA – *Failure Mode and Effects Analysis*) e Análise do valor (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Anderson (2004), que define Engenharia Simultânea como a prática para desenvolver simultaneamente o produto e seu processo de manufatura, afirmou que, se o processo já existe, o produto deve ser desenvolvido para esse processo. Ele diz ainda, que o custo total será reduzido se visualizarmos e atacarmos todos os custos, e não apenas os de materiais, como de costume. O time de desenvolvimento não pode ter como único objetivo obter um produto que vá funcionar; adiando os trabalhos com custo, qualidade, serviço e todos os aspectos da cadeia de suprimento.

Duas características essenciais são apontadas por Clausing (1994) para a Engenharia Simultânea: ser um processo simultâneo e ser conduzido por times de desenvolvimento de produto multifuncionais.

Os maiores benefícios da engenharia simultânea básica provêm de poucos princípios (Quadro 2.2), necessariamente assegurados pela gerência, para que os esforços sejam alocados corretamente e nos projetos que realmente irão dar retorno à empresa.

QUADRO 2.2 – Princípios da engenharia simultânea.

Autores	Princípios da Engenharia Simultânea
Clausing (1994)	<ul style="list-style-type: none"> - Iniciar todas as tarefas tão logo quanto possível. - Utilizar todas as informações relevantes o mais cedo possível. - Encorajar os indivíduos e os times a participarem na definição dos objetivos de seus trabalhos. - Alcançar o entendimento operacional para todas as informações relevantes. - Aderir às decisões e utilizar todos os trabalhos relevantes anteriores. - Tomar as decisões com uma só saída, isto é, tratar projeto, produção e suporte de campo como um sistema único dentro do qual pode ser feita a busca de um equilíbrio ou decisão integrada. - Tomar decisões duradouras, sobrepondo-se à tendência natural de ser rápido e original. - Desenvolver confiança entre os componentes do time. - Empenhar-se por um consenso do time. - Usar um processo simultâneo visível.
Hartley (1992)	<ul style="list-style-type: none"> - Oferecer o preço que os clientes querem pagar. - Alcançar o mercado no tempo correto, sem exceder o orçamento previsto. - Ser projetado com o mais alto nível de qualidade e confiabilidade. - Ser fácil de ser produzido em alto volume e em máquinas que são flexíveis o suficiente para enfrentar possíveis mudanças. - Conter o menor número de componentes e ser projetado para ser fácil de montar. - Alcançar o volume de produção de ponto de equilíbrio rapidamente.
Koufteros, Vonderembse & Doll (2001)	<ul style="list-style-type: none"> - Envolvimento dos participantes logo no início do projeto; - Abordagem de time e; - Trabalho simultâneo nas diferentes fases do desenvolvimento de produto.

Fonte: Elaborado pelo autor

Esta abordagem apresenta um diferencial, quando comparada à forma tradicional de desenvolvimento de produto, principalmente na simultaneidade das ações, forma de constituição dos times e sua participação efetiva, que pode até mesmo incluir fornecedores e clientes. Nela há, também, uma preocupação maior com as condições de processamento e participação da produção desde o início do projeto.

Uma das mais efetivas abordagens para a implementação da Engenharia Simultânea é o DFX (*Design for X*, Projeto para X), em que “X” representa uma das várias considerações ao longo do ciclo de vida do produto (ROZENFELD *et al.*, 2006). Um exemplo é o Projeto para Manufatura (DFM - *Design for Manufacturing*) definido por Anderson (2004) como um processo pró-ativo para projetar produtos que otimizem todas as funções de manufatura e assegurem melhor custo, qualidade, confiabilidade, segurança e satisfação do cliente. Rozenfeld *et al.* (2006), por sua vez, apresentaram o DFM como uma abordagem que visa chegar a um produto de baixo custo sem sacrificar a qualidade, enfatizando aspectos da manufatura ao longo do processo de desenvolvimento do produto. Os autores afirmaram ainda, que o projeto do produto e o projeto do processo de modo algum podem ser tratados como entidades separadas. Outro exemplo é o Projeto para Montagem (DFA - *Design for Assembly*) que tem como principal objetivo simplificar a estrutura do produto a fim de reduzir custos, direcionando para que o produto tenha menor número de peças, cuja união seja mais

eficiente. Busca, ainda, maior padronização e “modularização” dos componentes, assim como simplificar os processos de montagem, manipulação, número de ajustes e redução dos problemas de tolerância (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Outra abordagem desenvolvida na mesma época da Engenharia Simultânea é a do modelo *Stage-Gate*, proposto por Cooper (2001), que o definiu como um modelo conceitual e operacional de conduzir um projeto de um novo produto da idéia até o lançamento. A proposta principal é estabelecer paradas para revisão (*gates*) entre as fases do projeto quando, com os dados levantados do progresso do projeto, o time decidir por sua continuidade ou não (COOPER, 2001; ROZENFELD *et al.*, 2006).

Cooper (2006) apresentou uma nova geração para este método. Dependendo da complexidade do projeto, há uma seqüência diferente das fases e há, também, outra freqüência para os *gates*, pois em alguns casos, eles também podem ser considerados como desperdício, pelo fato de tomarem tempo. A fig. 2.4 mostra o Sistema *NextGen Stage-Gate*TM.

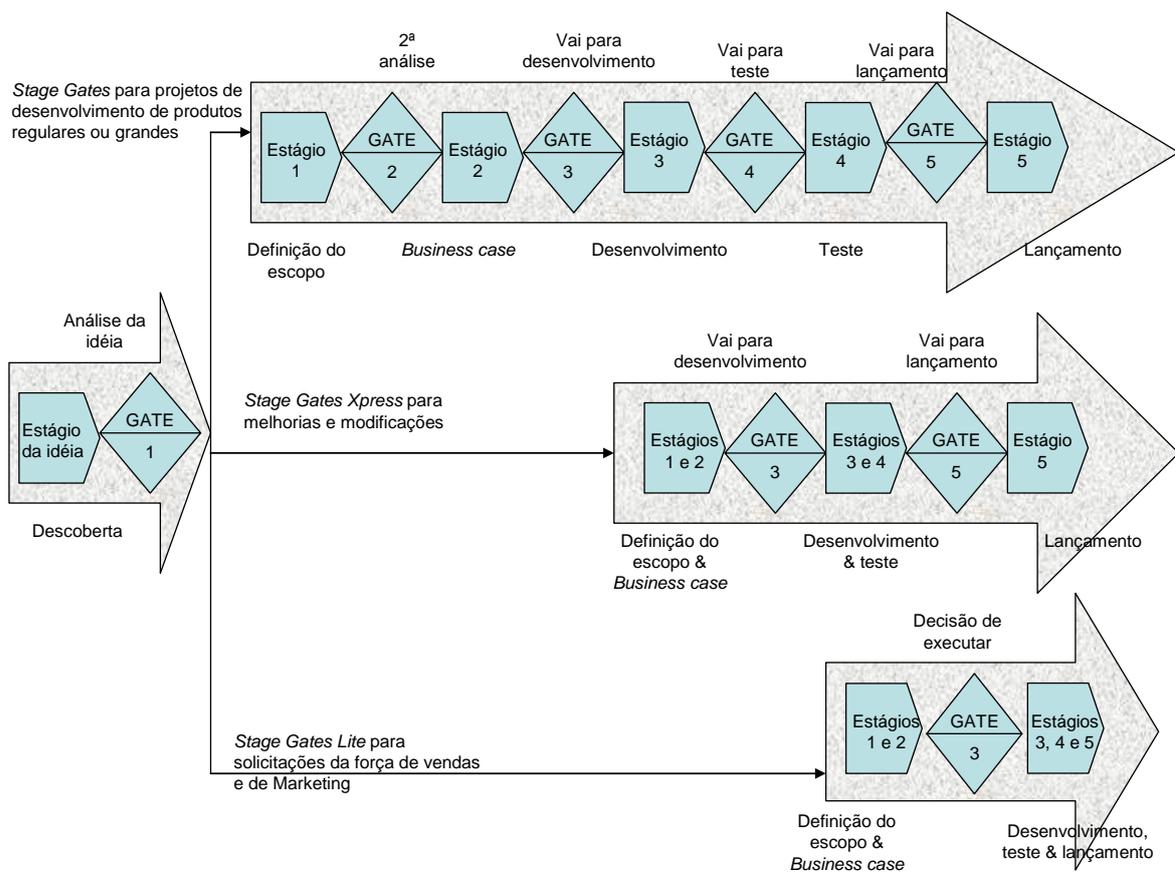


FIGURA 2.4 – O sistema *NextGen Stage-Gate*TM.

Fonte: Cooper (2006).

Esta forma de paradas para revisão, também é adotada por abordagens mais recentes, como o *Design For Six Sigma* (DFSS).

2.3 *Design for six sigma*

Antes de abordar o *Design for Six Sigma* (DFSS), é necessário apresentar a definição de *Six Sigma*. Para Yang & El-Haik (2003), *Six Sigma* é uma metodologia que fornece ferramentas para melhorar a capacidade do processo de negócio. Essa metodologia tem o propósito de aumentar o desempenho e reduzir sua variação. Segundo Rotondaro (2002), é uma filosofia de trabalho para alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio da compreensão das necessidades do cliente (interno ou externo). Lançado inicialmente pela Motorola em 1987, o programa *Six Sigma* popularizou-se bastante após a sua implantação na General Electric (GE). Sua utilização segue o modelo chamado DMAIC, ou seja, Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, aplicado para resolver problemas observados na empresa ou em projetos para melhoria.

O DFSS tem por objetivo, segundo Yang & El-Haik (2003), projetar certo na primeira vez, evitando experiências dolorosas posteriores. Os autores afirmam, ainda, que ele é constituído por quatro fases:

1. Identificação dos requisitos – na qual é escrito o contrato do projeto, identificada a forma como obter e traduzir a voz do cliente, finalizar os requisitos, identificando o que é crítico para qualidade, custo e entrega.
2. Caracterização – na qual são traduzidos os requisitos dos clientes para as características funcionais de produto e processo, geradas e avaliadas as alternativas de projeto.
3. Otimização – nesta fase o projeto é entregue com todos os requisitos no nível de desempenho *Six Sigma*.
4. Validação do projeto – na qual é feito o teste piloto e os refinamentos necessários, validação do produto, confirmação das condições e controle do processo, e ainda todo o processo comercial para liberação do produto.

Yang & El-Haik (2003) sugerem dois tipos de projeto:

- Tipo 1: mais aplicado para redefinição de produto.
- Tipo 2: em projetos com visão mais abrangente e criativa, considerando todo o ciclo de vida do produto.

A fig. 2.5 mostra o desdobramento destes dois tipos e os estágios percorridos pelo DFSS.

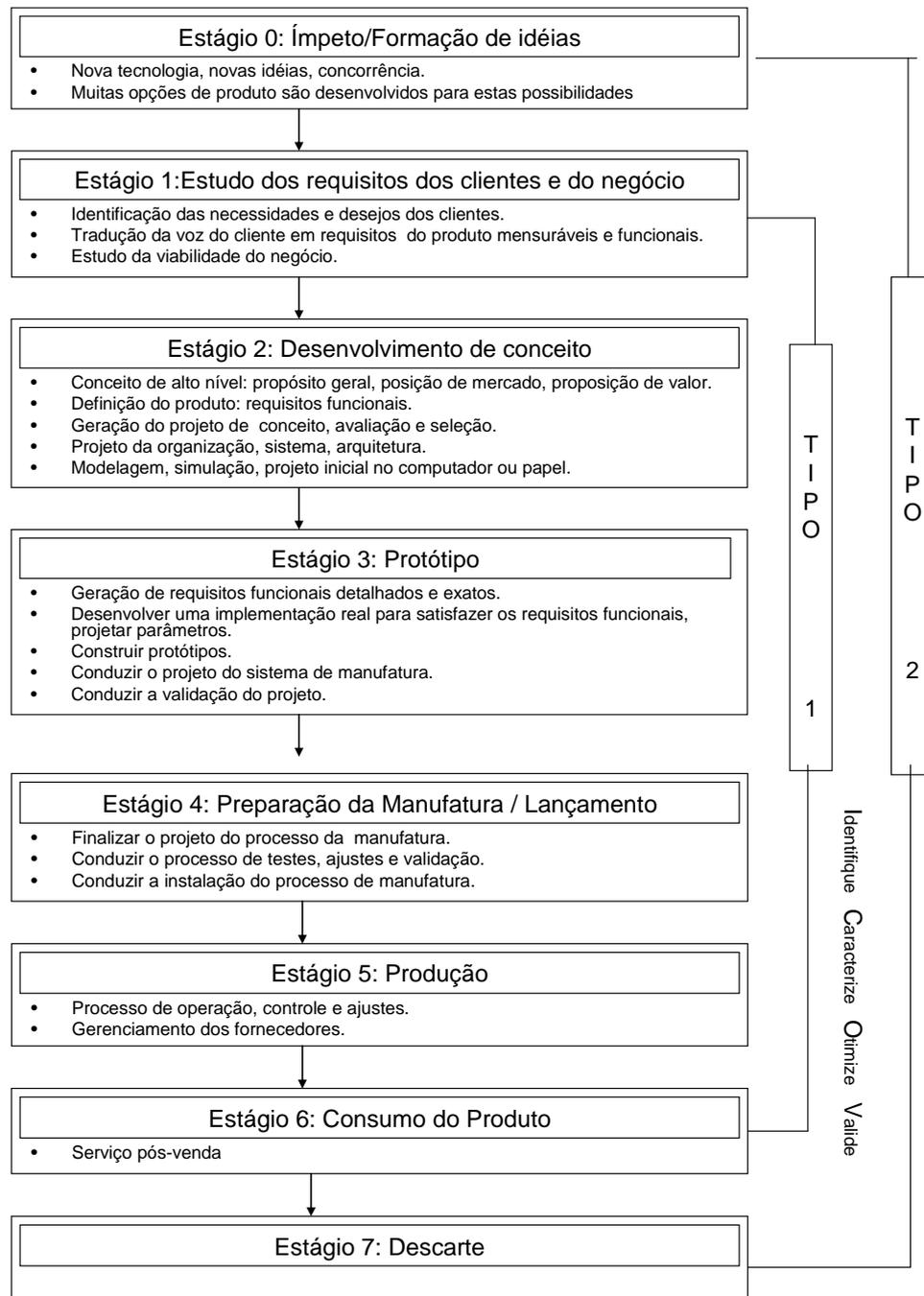


FIGURA 2.5 – Fases do DFSS (*Design for Six Sigma*).

Fonte: Yang & El-Haik (2003)

Tal como o *Six Sigma* para a manufatura, o DFSS também exige grande treinamento, com a formação de *Black Belts* e outras classificações. Esta abordagem faz

grande uso de técnicas estatísticas e, segundo ROZENFELD *et al.* (2006), a atividade não é simples nem barata.

2.4 Desenvolvimento Enxuto de Produtos

A utilização das técnicas do Sistema Toyota de Produção (STP) está difundida entre as empresas brasileiras, com vários trabalhos publicados sobre o assunto. A difusão do conceito de Manufatura enxuta aconteceu com o lançamento do livro “A máquina que mudou o mundo” em 1990, de autoria de James P. Womack, Daniel T. Jones & Daniel Roos. Essa obra relata como a indústria automobilística japonesa – mais especificamente a Toyota, após a Segunda Grande Guerra Mundial – se preparou para enfrentar a concorrência da produção em massa, comum na indústria norte-americana, que então dominava o mercado. Ohno (1997), o responsável pela implantação do STP, afirmou que o problema inicial era como cortar custos e, ao mesmo tempo, produzir pequenas quantidades de muitos tipos de carros. O tema Manufatura Enxuta será abordado em 3.2, assim como uma discussão sobre a mentalidade enxuta em 3.3.

Traduzir os princípios da manufatura enxuta para o desenvolvimento de produto passou a ser outro desafio. Na manufatura o processo está focado na produção de partes, produtos, serviços, objetos mais tangíveis. No DP, o trabalho é mais com dados e informações (FIORE, 2005) e há mais incertezas, pois muitas vezes se começa um processo sem saber ao certo qual a saída desejada (McMANUS, HAGGERTY & MURMAN, 2005).

Apesar de incluir práticas semelhantes às do Desenvolvimento Integrado, o Desenvolvimento Enxuto de Produtos (DEP) se diferencia pela visão mais orgânica do processo, visão que deve ser atingida por meio da máxima simplificação e diminuição da formalização do processo, valorização dos trabalhos dos times, foco na prototipagem e testes – além de retardar ao máximo as decisões de detalhes específicos (ROZENFELD *et al.*, 2006).

O DEP vai além dos princípios da manufatura enxuta e dos métodos da engenharia simultânea, segundo Ward (2007), que enfatizou que o desenvolvimento existe para criar fluxo operacional no qual a produção é o cliente principal. Afirmou também que os departamentos operacionais são os primeiros clientes do desenvolvimento o qual somente terá valor se permitir que a fábrica libere os melhores produtos para o cliente externo.

Mas esta transferência de visão enxuta e mesmo o entendimento das técnicas e conceitos enxutos não são bem assimilados pela Engenharia. Wicker (2004) desenvolveu

uma pesquisa-ação para traduzir e ensinar estes princípios a grupos de engenheiros, e constatou que esses grupos preferiam o uso de termos como produto, requisito, cliente e processo às terminologias da manufatura enxuta; e que existe grande dificuldade em fazer com que os princípios da manufatura enxuta sejam aceitos e usados pela engenharia.

Como então traduzir a terminologia do *Lean Manufacturing* para o processo de desenvolvimento de produtos? Esta ainda é uma linha de pesquisa recente, com poucos trabalhos científicos (MACHADO, 2006).

Segundo McManus, Haggerty & Murman (2005), aplicar o *lean* no PDP tem três objetivos:

- Criar os produtos certos: criar famílias de produtos que aumentem o valor para toda a empresa e interessados;
- Ter efetivo ciclo de vida e integração da empresa: criar valor para todo o ciclo de vida do produto e da empresa;
- Usar eficientes processos de engenharia: aplicar o pensamento enxuto para eliminar desperdícios e melhorar o tempo de ciclo e qualidade na engenharia.

Segundo Mascitelli (2004), o Desenvolvimento Enxuto (*Lean Design*), tem como objetivo principal, alcançar uma integração entre as atividades de desenvolvimento de produto e de processo de fabricação, ou seja, um tipo de co-desenvolvimento. Esse autor salientou a necessidade de que o novo produto deve, preferencialmente, procurar e usar materiais do inventário atual da fábrica, a mesma base de fornecedores, poucos componentes e/ou montagens, fluxo de processo semelhante aos existentes e que permita pequenos lotes, tolerâncias conforme as capacidades atuais de processo e que seja fácil de ser testado. Ele apresentou os cinco princípios (Quadro 2.3) para o desenvolvimento enxuto.

QUADRO 2.3 – Cinco princípios do desenvolvimento enxuto.

Princípio 1	Defina precisamente o problema do cliente e identifique a função específica que deve ser executada para resolver o problema.
Princípio 2	Identifique o processo mais rápido pelo qual as funções identificadas possam ser integradas em um produto de baixo custo e alta qualidade.
Princípio 3	Tire fora qualquer item de custo redundante ou desnecessário, para revelar uma solução ótima de produto.
Princípio 4	Ouçá a voz do cliente freqüentemente e interativamente durante todo o processo de desenvolvimento.
Princípio 5	Introduza métodos e ferramentas de redução de custo tanto em suas práticas de negócios quanto em sua cultura, para permitir redução de custo contínua.

Fonte: Mascitelli (2004)

Segundo Huthwaite (2004) desenvolvimento enxuto é o poder de fazer menos daquilo que não importa e mais do que realmente tem valor, em uma constante luta entre as forças do valor e as da perda. Ele apresentou as cinco leis do DEP, conforme quadro 2.4.

QUADRO 2.4 – Cinco leis do desenvolvimento enxuto.

Lei 1	Lei do Valor Estratégico - orienta para a entrega do mais importante para todos os <i>stakeholders</i> durante todo o ciclo de vida do produto.
Lei 2	Lei da Prevenção de Perda - ajuda a prevenir perda no produto, também em todo ciclo de vida.
Lei 3	Lei de valor puxado pelo Mercado - mostra como antecipar as forças de mudança que devemos saber para ter produtos certos, prontos no tempo certo.
Lei 4	Lei do Fluxo de Inovação - guia na criação de um fluxo de novas idéias para atender aos clientes e criar diferencial ao produto.
Lei 5	Lei do <i>Feedback</i> rápido - mostra como obter rapidamente um retorno significativo para tomada de decisões inteligentes de projeto.

Fonte: Huthwaite (2004).

Os princípios de Mascitelli (2004) têm maior foco na busca de redução de custo do produto durante o projeto, enquanto as leis de Hutwaite (2004) buscam um fluxo do produto no desenvolvimento para atendimento do prazo. Mas ambos ressaltam a importância da definição do valor para o cliente e a eliminação ou prevenção de desperdícios.

A eliminação dos desperdícios pode aumentar a eficiência da operação, por passar a produzir apenas a quantidade necessária (OHNO, 1997). No desenvolvimento de produtos também há desperdícios, categorizados por vários autores, porém mais direcionados à informação e ao conhecimento. Estes autores iniciam seus trabalhos sempre mencionando os mesmos desperdícios definidos por Ohno (1997) para a Manufatura enxuta, adaptando-os para o DP, e alguns acrescentam novos tipos mais direcionados para o PDP:

– Superprodução: muitas vezes é completar um projeto de desenvolvimento sem saber da manufaturabilidade do produto. Significa projetar sem nunca produzir o produto, criação duplicada da mesma informação, impressão de relatórios extras, muitos detalhes e informações desnecessárias. Também pode ser considerada como perda, a criação de muitos detalhes de projeto, que nem sempre agregam valor ou nem mesmo serão usados. (McMANUS & MILLARD, 2002; BAUCH, 2004; FIORE, 2005; KATO, 2005; MORGAN & LIKER, 2006).

– Espera: processamento feito em base mensal; informação criada muito cedo mas com entrega tardia, espera pela distribuição da informação, espera por decisões, revisões, aprovações, compras de material, dados, resultados de testes; espera pela conclusão de

atividades anteriores; espera pela disponibilidade de equipamentos para testes, produções piloto etc. (McMANUS & MILLARD, 2002; BAUCH, 2004; FIORE, 2005; KATO, 2005; MORGAN & LIKER, 2006).

– Transporte: carregar, transportar e descarregar material ou informação de um lugar a outro sem agregar valor durante o processo; movimentação desnecessária entre um departamento e outro; passagem de informação de mão em mão; busca por várias aprovações; comunicação ineficiente e excessivo tráfico de dados e informações (BAUCH, 2004; FIORE, 2005; KATO, 2005; MORGAN & LIKER, 2006; PESSOA, 2008).

– Processamento incorreto: criação de informações baseadas em dados defeituosos; projetar além do objetivo das especificações; verificação de dados e informações excessiva, muitas iterações, aprovações desnecessárias; uso não apropriado de métodos, ferramentas, recursos e competências (McMANUS & MILLARD, 2002; BAUCH, 2004; FIORE, 2005; KATO, 2005; MORGAN & LIKER, 2006).

– Inventário: estocagem desnecessária de dados, relatórios e outros que nem sempre são utilizados; informação em excesso; estocagem de amostras, protótipos que podem ou não ser usados. (McMANUS & MILLARD, 2002; BAUCH, 2004; FIORE, 2005; MORGAN & LIKER, 2006; PESSOA, 2008).

– Movimento: qualquer movimento realizado por falta de acesso direto à informação necessária; atendimento a reuniões desnecessárias; viagens entre fábricas ou visitas a fornecedores e clientes para atividades não bem planejadas (McMANUS & MILLARD, 2002; BAUCH, 2004; KATO, 2005; MORGAN & LIKER, 2006).

– Defeitos: dados incorretos, incompletos, ambíguos. Erros de projeto, de conversão; não execução de testes requeridos ou testes e verificações deficientes; projeto de produtos e serviços que não atendem às necessidades dos clientes (McMANUS & MILLARD, 2002; BAUCH, 2004; WOMACK & JONES, 2004; MORGAN & LIKER, 2006).

Bauch (2004) acrescentou mais três desperdícios ao PDP:

– Reinvenção: não utilização de informações, soluções ou dados existentes; baixa utilização de especialistas; não uso do conhecimento sobre o processo ou produto existente.

– Falta de disciplina: falta de clareza para os objetivos, metas, papéis, responsabilidades, direitos e regras; assim como falha no treinamento, na disciplina no atendimento ao planejado e na pronta cooperação com o time de projeto.

– Recursos de tecnologia de informação limitados: recursos em termos de hardware e software limitados, obsoletos ou lentos; problemas de compatibilidade entre

sistemas; baixa capacidade para armazenamento ou troca de informações; treinamento deficiente ou falta de habilidade dos profissionais em usar os recursos de tecnologia de informação.

Outros autores também apresentaram situações que consideraram desperdícios para o PDP, como por exemplo:

– Acontecimentos: inclui todas as reações de eventos inesperados no ambiente em que está inserido o projeto, como o efeito de uma má previsão de vendas ou da situação do mercado (PESSOA, 2008).

– Retrabalho: correção dos projetos que falharam nas revisões, ou completar/atualizar relatórios ou outros arquivos devido a mudanças no mercado (KATO, 2005).

Hutwaite (2004), por sua vez, tem o foco mais no processo produtivo e nas perdas que afetam tanto o custo quanto a qualidade do produto, causadas por soluções incorporadas no projeto, conforme mostra o quadro 2.5.

QUADRO 2.5 – Sete soluções de projeto causadoras de perda.

Complexidade	Uso de muitos passos de processo e componentes para atender aos requisitos: processos não padrão ou ferramentas especiais.
Precisão	Soluções de projeto com necessidade de alta precisão, tolerâncias no limite da capacidade da produção.
Variabilidade	Componentes e processos com resultados altamente imprevisíveis e inconsistentes, com dificuldade de manter a qualidade no padrão Seis Sigma.
Sensitividade	Processo e componentes não robustos ou funções facilmente danificados ou perturbada.
Imaturidade	Processos novos ou não devidamente testados e conhecidos, ou tecnologia não bem entendida ou totalmente aprovada para uma aplicação específica.
Perigo	Processos, partes ou funções que requerem proteção ambiental ou das pessoas, tanto na manufatura quanto no campo.
Alta Habilidade	Necessidade de habilidades, conhecimentos ou experiência muito além da capacidade para a entrega do resultado correto.

Fonte: Huthwaite (2004).

Contudo, Ward (2007) considerou que o pior desperdício no desenvolvimento é a perda de conhecimento. Segundo este autor, o desenvolvimento cria um fluxo de valor operacional – sai do fornecedor, atravessa a fábrica e vai para o cliente. Portanto, a diferença entre um fluxo lucrativo e um não lucrativo está em quanto conhecimento útil foi criado e entregue pelo desenvolvimento; e categorizou as perdas em três tipos conforme figura 2.6:

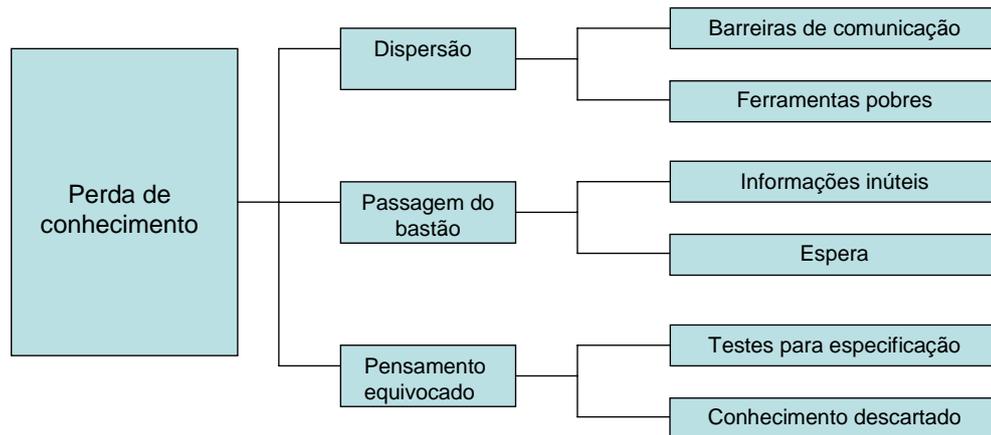


FIGURA 2.6 – Tipos de perdas no PDP.
Fonte: Ward (2007)

Como dispersão (*scatter*) o autor entende as ações que fazem o conhecimento não efetivo, por romper o fluxo. Uma causa fundamental para isso é o fato de a gerência tradicional assumir que seja possível criar uma estrutura organizacional ao usar manuais de métodos, gráficos corporativos e diretrizes. Assim, o tempo é utilizado para encontrar as informações, responder a notas, fazer mais relatórios, atender “urgências” e muitas outras atividades que, na verdade, não aproveitam o conhecimento dos profissionais, além de causarem perda de tempo. Duas perdas estão associadas a esta:

- barreiras para a comunicação, que podem ser físicas (distância); sociais (comportamentos gerenciais que evitam a comunicação ou não saber ouvir os operadores); de habilidades (não saber interpretar dados) e dos canais de informação (cópias conflitantes em papel).

- ferramentas inadequadas ou pobres, quer dizer, uso de técnicas ineficientes.

A passagem do bastão (*hand-off*) ocorre sempre que se separa conhecimento, responsabilidade, ação e *feedback*. Ou seja, há muita divisão nas atividades e responsabilidades do projeto, cada qual fazendo sua parte sem conhecer a outra, apenas passando o bastão. Nesta situação, as perdas são:

- a informação sem uso ou inútil, como por exemplo, as apresentações estilo *Power point* apenas para mostrar andamento do projeto ou de forma política, relatórios do andamento do projeto apenas para justificar tempo de trabalho, ferramentas usadas sem conhecimento apenas porque definiram seu uso.

- a espera, que pode ser por especificações, projeto do produto etc., geralmente motivada por trabalhos em sistema de “lotes”, ou seja, as informações e decisões são transferidas em batelada depois de terminada uma parte do processo.

E finalmente, por pensamento equivocado (*wishful thinking*). Ward (2007) citou tomar decisões sem dados ou operar cegamente. Ele comentou que normalmente no início do projeto o cliente nem sempre sabe o que quer; por isso definir as especificações nesse momento pode conduzir a fracassos. O autor adicionou também duas perdas:

- testar contra especificações, ou seja, achar que o produto está pronto para o mercado apenas pelo fato de ele passar nos testes especificados.

- descartar conhecimento, é o fato de após o término de um projeto simplesmente desconsiderar o conhecimento adquirido durante o seu acontecimento.

De forma geral, a perda acontece quando não são envidados esforços para que o processo de desenvolvimento flua normalmente, gerando trabalhos excessivos e pontuais que não agregam valor.

Conhecidas as perdas, o próximo passo é conhecer as causas, para que a equipe possa atacá-las. Segundo Pessoa (2008) elas vêm de quatro fontes: gerenciamento de projetos e execução, recursos, ambiente externo e ambiente interno. O quadro 2.6 mostra como essas fontes estão categorizadas. A relação apresentada das causas dos desperdícios é abrangente, mas pode ser constatado que parte delas está ligada à cultura comportamental e à falta de treinamento apropriado.

QUADRO 2.6 – Causas dos desperdícios.

A m b i e r n t e	Mercado	Falta de habilidade no entendimento das necessidades do cliente / mercado, suas constantes mudanças de requisitos, necessidades regionalizadas e o fato de não haver ainda um produto definido na mente do consumidor. A redução do tempo de vida dos produtos, que obriga redução do tempo gasto no DP.
	Negócio	Restrições existente no mercado, como leis, patentes, mudanças no cenário político e econômico, fatores trabalhistas e ambientais.
A m b i e n t e i n t e r n o	Cultura Organizacional	Abordagem incorreta das falhas e informações, falta de comprometimento com o cronograma, não existência de uma cultura de aprendizado, escuta e participação. Clima competitivo, objetivos pessoais e falta de incentivo apropriado.
	Estratégia corporativa	Falta de uma estratégia ou uma com: objetivos não claros, sem conhecimento do mercado, de curto prazo, sem previsão dos avanços da tecnologia e da manufatura. Pouco comprometimento com o ambiente de trabalho e plano deficiente de outsourcing
	Estrutura organizacional	Estrutura dispersa, inflexível, excesso de burocracia, centralização das decisões. Líder de projeto com pouco poder, pouco conhecimento técnico da gerência. Especialização excessiva, desencontro entre responsabilidades e direitos.
	Funções de negócio	Funções relacionadas ao negócio (recursos humanos, marketing, vendas, manufatura, finanças, atendimento ao cliente, etc.) não estão integradas ou com baixo comprometimento com o DP, afetando a entrega no prazo e qualidade esperada. Dificuldade de acesso aos fornecedores e sua participação nos projetos.
	Processo de apoio	Processo de melhoria contínua não implantada e medido de forma contínua e abrangente. Plano de treinamento não bem definido ou cumprido. Sistema de gerenciamento do conhecimento inexistente, não confiável, inacessível, ou sem disciplina de uso e controle.
G e r e n c i a m e e n t e c o u ç ã o	Início	Objetivos iniciais do projeto não bem definidos, desalinhados com os valores e objetivos corporativos. Posicionamento do produto baseado em suposições internas e estratégia deficiente de custo e preço.
	Plano de desenvolvimento	Deficiências na definição do planejamento, integração entre as partes, escopo do projeto, tempo de duração, estimativa de custo, requisitos da qualidade, alocação de recursos humanos, compras, comunicação e identificação do risco. Falta de comprometimento ou envolvimento dos interessados.
	Gerenciamento da execução	Plano sem entendimento, faltando ou não seguido. Prioridades não definidas claramente, multi-tarefas, recursos abaixo do necessário. Transferência de conhecimento e Informação inadequada. Seleção incorreta de fornecedores, plano de ação corretiva não efetiva e gerenciamento de mudanças não efetivo.
	Controle do desenvolvimento	Deficiências na verificação do escopo, acompanhamento do projeto, controle de qualidade, coordenação do time, gerenciamento do risco e na administração do contrato entre comprador e vendedor.
	Comunicação	Comunicação não bem entendida, ambígua. Reuniões não efetivas.
	Execução do desenvolvimento	Requisitos incompletos, incorretos, conflitantes e mal traduzidos para as especificações. Requisitos negligenciados, solução complexa, não uso de ferramentas apropriadas, falta da engenharia simultânea e baixa flexibilidade da tecnologia escolhida. Validação prematura e verificação tardia.
R e c u r s o s	Pessoas	Falta de conhecimento, experiência, confiança, pensamento crítico. Baixo comprometimento, motivação e disciplina. Deficiência no trabalho em equipe e má comunicação.
	Ferramentas	Ferramentas inadequadas, obsoleta, com manutenção inadequada, não conhecidas. Apoio para solução de problemas não disponível.
	Procedimentos	Inexistente, incompleto ou inadequado. Não bem comunicados.

Fonte: Pessoa (2008).

Liker & Meier (2008) afirmaram que na maioria das organizações existe uma sucessão de problemas, ações para “apagar incêndios”, um tipo de alívio temporário e o

aparecimento repentino de novos problemas, o que gera mais dificuldades e mais incêndios, que ocorre na forma de um círculo vicioso, como mostra a figura 2.7. Os autores acreditam que o referido círculo tenha início com o treinamento inadequado. A maneira para sair desse círculo, segundo Liker & Meier (2008), é encontrar tempo para trabalhar no desenvolvimento de pessoas altamente capacitadas, porque serão elas que propiciarão a saída.

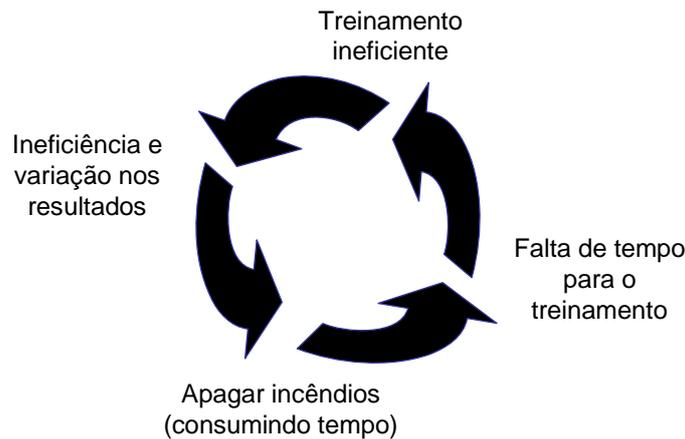


FIGURA 2.7 – Círculo vicioso para “apagar incêndios”.
Fonte: Liker e Meier (2008)

A mudança para o desenvolvimento de produto acontecerá quando o time realizar apenas as atividades que adicionam valor, ou seja, aquelas que geram conhecimento e ajudam a definir o produto que atenda à necessidade do cliente (FIORE, 2005). Segundo Huthwaite (2004), essa necessidade é expressa em oito valores primários, apresentados no quadro 2.7.

QUADRO 2.7 – Oito valores primários para os clientes.

Desempenho	Quais são os valores de desempenho mais importantes para o cliente? Como defini-los e medi-los?
Acessibilidade	Como o cliente define custo e valor? O produto está dentro da expectativa de preço?
Características	Há características no produto que tragam diferencial e benefícios adicionais para o cliente?
Entrega	Como o cliente mede a pontualidade na entrega? O produto estará sempre disponível quando o cliente precisar?
Uso	É fácil a aprendizagem para uso do produto?
Manutenção	Como projetar para simplificar o uso, reduzir a necessidade de assistência técnica ou o custo do desgaste dos componentes?
Durabilidade	É o produto robusto o suficiente para suportar excessos no uso?
Imagem	Como criar um senso profundo de orgulho para o cliente em ter e usar o produto?

Fonte: Huthwaite (2004).

Para Rozenfeld (2004), porém, a verdadeira nova ferramenta para o desenvolvimento enxuto é “*set-based concurrent engineering*” (SBCE - engenharia simultânea baseada em conjuntos), usado pela Toyota, considerado também por Kennedy (2003) como um elemento chave para mudança.

2.5 Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos

Segundo Sobek, Ward & Liker (1999), SBCE é uma engenharia simultânea baseada em grupo de possíveis soluções que gradualmente vão estreitando até convergir para a solução final. Os princípios do SBCE apontados pelos autores são apresentados no quadro 2.8.

QUADRO 2.8 – Princípios do SBCE.

(1) Mapear o espaço do projeto	- Defina as regiões viáveis.
	- Explore os <i>trade-offs</i> projetando múltiplas alternativas.
	- Comunique o conjunto de possibilidades.
(2) Integrar pela intersecção	- Procure por intersecções entre alternativas viáveis.
	- Imponha o mínimo de restrições
	- Busque o conceito de robustez.
(3) Estabeleça viabilidade antes do comprometimento	-Estreite as alternativas gradualmente enquanto aumenta o detalhamento.
	- Permaneça dentro das alternativas, uma vez comprometido.
	- Controle pelo gerenciamento das incertezas utilizando os portões de processo.

Fonte: Sobek, Ward & Liker (1999).

A Toyota, segundo Sobek, Ward & Liker (1999), acredita que raciocinar e comunicar sobre um grupo de alternativas conduz a um sistema mais robusto e otimizado, com maior eficiência geral do que trabalhando com apenas uma alternativa por vez.

Ward (2007) afirmou que se a engenharia de desenvolvimento trabalhar com apenas uma solução por vez, e a modificar quando enfrentar problema, os projetistas do sistema de manufatura também serão forçados a fazer mudanças para ajustarem-se à nova situação. Assim, com o SBCE o time de projeto:

- simultaneamente explora múltiplas soluções;
- agressivamente ataca estas soluções com rapidez, análise de baixo custo e testes, progressivamente eliminando as soluções fracas;

- usa os resultados da análise e testes para criar uma base de conhecimento, que define os limites do possível;

- converge para uma solução somente depois de ela ter sido provada.

A fig. 2.8 mostra uma visão geral deste processo de desenvolvimento, na qual há o afunilamento das opções, levando a uma solução de consenso.

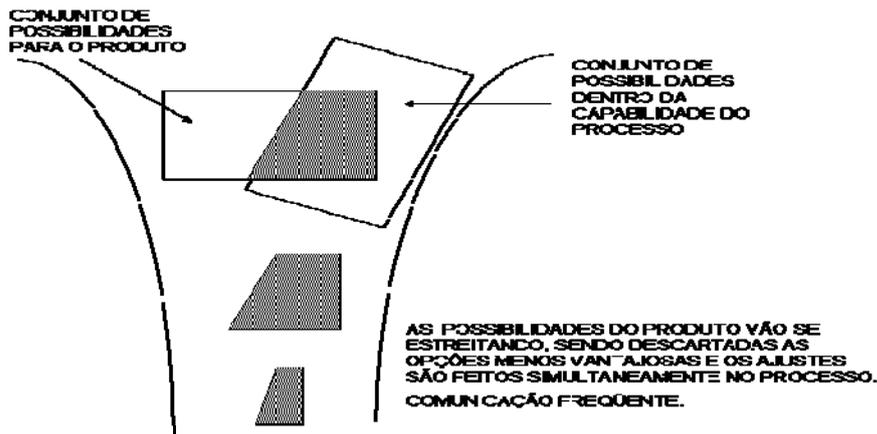


FIGURA 2.8 – Abordagem do SBCE.

Fonte: Sobek, Ward & Liker (1999).

Um ponto importante a ser enfatizado é a constante troca de informações sobre o andamento do projeto e, principalmente, o fato de fazer com que o desenvolvimento de produto e o processo de fabricação caminhem juntos dentro de suas capacidades e possibilidades, evitando a obtenção de um ótimo produto sem ser possível produzi-lo.

Ward (2007) enfatizou que o sistema de gerenciamento de projetos da Toyota, ou desenvolvimento SBCE, está assentado em quatro conceitos:

- Cadência: tudo se move em um ritmo repetitivo, como a batida do coração e evita o caos no desenvolvimento, nivelando a carga dos recursos e continua e rapidamente melhorando as operações;

- Fluxo: o material e o conhecimento estão prontamente disponíveis;

- Puxar: todos respondem diretamente para as necessidades dos clientes, produzindo conforme requerido;

- Gerenciamento de criação de valor: os supervisores diretamente criam valor, desenvolvendo sistemas, adicionando e espalhando conhecimento.

Para Pessoa (2006) o SBCE não é aplicável a qualquer situação, e apresenta alguns critérios para sua escolha, conforme quadro 2.9. Ele afirma que a aplicação do SBCE

pode não ser necessária, por ser mais benéfica a reutilização ou adaptação de projetos anteriores, pode mesmo, não ser possível por insuficiência de recursos da empresa.

QUADRO 2.9 – Critérios para escolha ou não do SBCE.

<i>Se um desenvolvimento é caracterizado por:</i>	<i>Então aplique</i>
Um grande número de variáveis de engenharia. Um grande acoplamento entre as variáveis de projeto de engenharia. Requisitos conflitantes. Flexibilidade nos requisitos, o que permite o balanceamento do projeto de engenharia. Tecnologias e problemas de projetos de engenharia que não são bem compreendidos e que conseqüentemente, requerem um aprendizado rápido.	SBCE
Requisitos para uso de tecnologias específicas. Requisitos para otimização do projeto de engenharia em apenas uma ou duas dimensões ou parâmetros. Tecnologias e problemas de projetos de engenharia bem dominados.	Desenvolvimento de uma única alternativa

Fonte: Pessoa (2006)

Portanto, segundo Pessoa (2006), o uso de múltiplas alternativas, conforme proposto pelo SBCE, não se justifica em projetos que utilizem tecnologias conhecidas e dominadas pela empresa. Porém, o SBCE é considerado por Ward (2007) como um dos pilares do DEP, praticado pela Toyota.

2.6 Processo de Desenvolvimento de Produto da Toyota

Liker (2005) destacou que a Toyota apresenta o mais rápido processo de desenvolvimento de produtos no mundo, com um tempo inferior à metade da utilizada por seus concorrentes. Para Sobek, Ward & Liker (1999) algumas práticas contribuem para gerar este diferencial no desenvolvimento:

- utilização de registros de projetos anteriores;
- envolvimento dos fornecedores;
- identificação de uma solução que seja aceita por todos;
- definição das tolerâncias conforme a capacidade do processo e definidas pelos engenheiros ligados à manufatura do produto.

Apesar de vários dos princípios adotados pela Toyota serem conhecidos desde os anos 80, de muitos tentarem usá-los, poucos têm sucesso e resultados em sua aplicação (BALLÉ & BALLÉ, 2005).

Corrêa (2007) elaborou um resumo dos elementos do PDP na Toyota segundo vários autores, mostrado no quadro 2.10.

QUADRO 2.10 – Elementos do PDP da Toyota segundo vários autores

Autores	Princípios
MORGAN (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem sistêmica • O cliente em primeiro lugar • Solução antecipada de problemas • Integração entre aprendizagem e melhoria contínua • Processos padronizados para execução simultânea • Padronização com flexibilidade • Engenharia na fonte
BALLÉ & BALLÉ (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • Foco nas necessidades do cliente e na sua satisfação • Eliminação de mudanças tardias com a solução antecipada de problemas • Domínio sobre a fase de detalhamento do projeto • A ênfase na produção enxuta começa no desenvolvimento
KENNEDY (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • PDP baseado no conhecimento • Planejamento e controle baseados em responsabilidade • Liderança técnica forte, integrativa e sistêmica • Exploração de múltiplas alternativas de projeto • Times de especialistas responsáveis e com excelência técnica
CUSUMANO & NOBEOKA (1998)¹	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão de múltiplos projetos de forma coordenada e integrada • Maximização do número de modelos por plataforma • Economia de escala e escopo com o compartilhamento de componentes e tecnologias entre vários projetos
WARD et al. (1995; 1995b) e SOBEK et al. (1998; 1999)	<ul style="list-style-type: none"> • Exploração de várias alternativas de projeto de subsistemas aumentando a probabilidade de que a solução final seja otimizada • Alternativas de projeto concebidas com base em padrões ou guias de engenharia • Emprego de mecanismos de integração que permitam especialização funcional e coordenação interfuncional • Estratégia de melhorias incrementais, com inovação nos aspectos visíveis e reaproveitamento dos aspectos não visíveis ao cliente
MORGAN & LIKER (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de valor sob a ótica do cliente • Solução antecipada de problemas e ampla exploração das alternativas • Separação entre criação e execução para gerar um fluxo de desenvolvimento nivelado • Padronização para reduzir variabilidade e possibilitar previsibilidade • Liderança forte para conduzir o programa do início ao fim • Balanceamento entre especialização funcional e integração interfuncional • Engenheiros com excelência técnica • Integração dos fornecedores no PDP • Cultura de aprendizagem e melhoria contínua • Cultura de suporte à excelência • Tecnologia adaptada às pessoas e ao processo • Alinhamento pela comunicação simples e visual • Ferramentas de padronização e aprendizagem organizacional

Fonte: Corrêa (2007)

Corrêa (2007) também listou os pontos comuns referidos por esses autores, conforme mostrado no quadro 2.11, no qual destaca três autores que apresentam maior ênfase na participação da manufatura no PDP.

¹ CUSUMANO, M. A., NOBEOKA, K. Thinking Beyond Lean: how multi-project management is transforming product development at Toyota and other companies. New York: Free Press, 1998. 248p.

QUADRO 2.11 – Princípios comuns entre os vários autores.

Princípios	Autores
• Foco no cliente	Morgan (2002); Ballé & Ballé (2005); Morgan & Liker (2006)
• Liderança de projeto forte e sistêmica	Morgan (2002); Kennedy (2003); Morgan & Liker (2006)
• Exploração de múltiplas alternativas de projeto e solução antecipada de problemas	Morgan (2002); Kennedy (2003); Ballé & Ballé (2005); Ward <i>et al.</i> (1995 ; 1995b) ; Sobek <i>et al.</i> (1998; 1999) ; Morgan & Liker (2006)
• Economia de escala e escopo com o compartilhamento sistemático de tecnologias, subsistemas e componentes	Cusumano & Nobeoka (1998); Ward <i>et al.</i> (1995 ; 1995b) e Sobek <i>et al.</i> (1998; 1999)
• Separação entre criação e execução para permitir a padronização com flexibilidade para inovação	Morgan (2002); Ballé & Ballé (2005); Morgan & Liker (2006)
• Equipe com excelência técnica	Kennedy (2003); Morgan & Liker (2006)
• Balanceamento entre especialização funcional e integração interfuncional	Cusumano & Nobeoka (1998); Ward <i>et al.</i> (1995 ; 1995b) e Sobek <i>et al.</i> (1998; 1999); Morgan & Liker (2006)
• Ênfase na manufatura	Morgan (2002); Ballé & Ballé (2005); Kennedy (2003)
• Cultura de excelência voltada para a aprendizagem e melhoria contínua	Morgan (2002); Kennedy (2003); Morgan & Liker (2006)

Fonte: Corrêa (2007)

Morgan (2002) enfatizou que o DP deve entregar um projeto que atenda não somente às necessidades dos clientes, mas que possa ser manufaturado de forma eficiente. Disse ainda que a agilidade de colocação do produto no mercado deve ser alcançada maximizando a efetividade tanto do DP quanto da manufatura.

Ballé & Ballé (2005) comentaram que, na Toyota, a ênfase em produção enxuta e redução de perda tem início quando começa o desenvolvimento do produto. Kennedy (2003) enfatizou a participação da Manufatura no processo de mudança de uma empresa para alinhar-se à forma usada pela Toyota em seu desenvolvimento de produto.

Essas abordagens procuram mostrar que durante o projeto deve ser obtido um produto preferencialmente com poucos componentes e passos da produção, de fácil controle, mas robusto, atendendo o que o cliente ou mercado deseja, com diferencial, mas sem excessos que levem a um custo maior.

Como aplicar efetivamente estes conceitos?

2.7 Propostas para Aplicação do Desenvolvimento Enxuto de Produto

Machado (2006) coletou informações sobre o desenvolvimento de produto e seu alinhamento com as práticas enxutas em três empresas. Com estas informações, propôs uma metodologia para implementação dos princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produto, conforme mostra a figura 2.9.

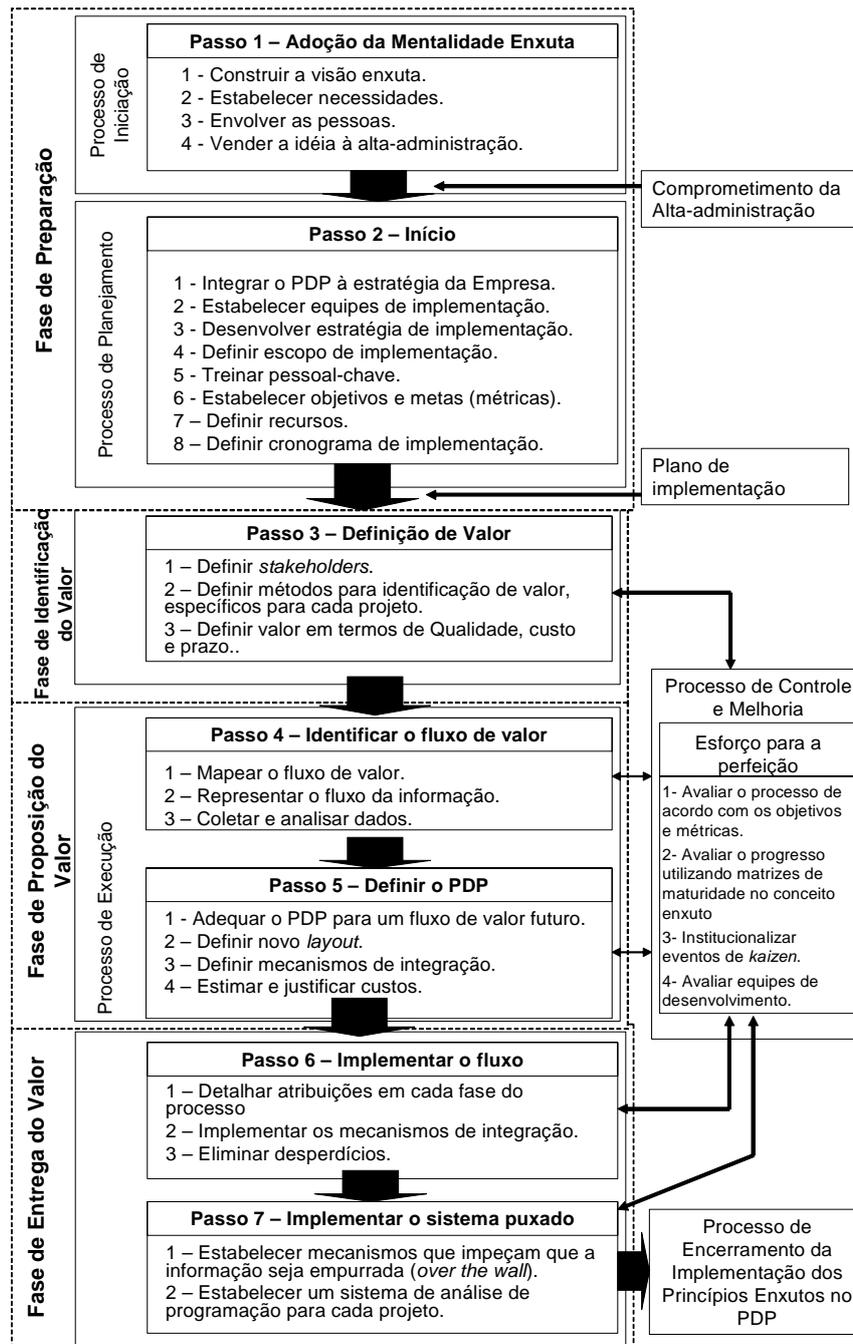


FIGURA 2.9 – Metodologia para implementação dos princípios enxutos no PDP. Fonte: Machado (2006)

O objetivo de Machado (2006) era propor uma seqüência de passos, que pudessem ser aplicados total ou parcialmente, para conduzir o PDP a um estado considerado enxuto. Para validar, ele aplicou a metodologia desenvolvida em uma quarta empresa, do setor aeronáutico que – segundo o autor citado – contribuiu para melhorar o fluxo de valor, mas sem informações sobre ganho real em custo.

Quanto à participação da manufatura no PDP na aplicação de sua proposta, Machado (2006) detectou que, na empresa avaliada, a produção era envolvida apenas eventualmente. Como resultado da aplicação realizada, concluiu que a interação inicial no projeto entre a Engenharia e a Manufatura proporcionou um projeto sem retrabalho.

Pessoa (2006) também propôs um método para planejamento do desenvolvimento enxuto de produtos, com um trabalho também desenvolvido na área aeronáutica. Seu método, que foi proposto com o objetivo de criar valor e reduzir desperdícios no PDP, é constituído de quatro processos, com atividades, conforme mostra o quadro 2.12.

QUADRO 2.12 - Método para planejamento de desenvolvimento de produto

Processos	Atividades
Definir Valor	Determinar os interessados
	Analisar os itens de valor
	Priorizar os itens de valor
	Definir as medidas de efetividade
	Identificar as curvas de compromisso
Determinar a estratégia de SBCE	Estruturar os subsistemas de entrega de valor
	Calcular a criticidade dos subsistemas
	Definir a estratégia de desenvolvimento paralelo
Determinar eventos puxadores	Definir os eventos puxadores preliminares
	Relacionar os eventos aos itens de valor
	Refinar conjunto de eventos puxadores
Puxar as atividades	Determinar as atividades puxadas
	Identificar dependências entre atividades
	Definir a rede de atividades do projeto

Fonte: Pessoa (2006).

Pessoa (2006) aplicou o método, em uma empresa, de forma mais completa na análise de um projeto feito anteriormente que tinha consumido um tempo 70% superior ao estimado, validando a aplicabilidade do método por ele proposto.

Corrêa (2007), baseado no PDP da Toyota, fez uma avaliação do PDP de uma empresa fabricante de implementos agrícolas e apresentou 15 propostas para melhoria do processo, mas não chegou a implementá-las. Essas propostas foram agrupadas em três categorias: aspectos organizacionais, melhoria de desempenho e abordagens integradoras, conforme mostra o quadro 2.13.

QUADRO 2.13 – Propostas de ações para melhoria do PDP.

Grupo	Proposta	Síntese
Aspectos Organizacionais	Formalizar o PDP e Consolidar a Estrutura Matricial	Formalização do modelo de processo e das revisões de fases para melhor integração. Tomada de decisões compartilhadas entre gerentes de projeto e gerentes funcionais.
	Separar os Estágios de Criação e Execução	Disponibilizar mais tempo para a concepção do projeto e fazer com que a execução seja rápida e simultânea.
	Expandir o Conceito de Engenharia na Fonte	Incentivar a realização de atividades práticas. Desenvolver a competência de relatar os fatos de forma clara e objetiva.
	Ampliar a Participação de Fornecedores no PDP	Homologar fornecedores de acordo com a capacidade de produção e desenvolvimento. Estabelecer momentos para realização de análise <i>make-or-buy</i> .
Melhoria de Desempenho	Aumentar a Taxa de Conclusão de Projetos	Reduzir o número de projetos simultâneos e maximizar o número de recursos por projeto.
	Estruturar as Atividades de Planejamento e Controle de Projeto	Planejar as metas agregadas e os eventos de integração, prevalecendo a data de lançamento. Planejamento multifuncional.
	Ampliar a Reutilização de Projetos	Utilizar projetos plataforma. Melhorar os critérios de busca e análise para reutilização de projetos e criar metas para reduzir a criação de componentes prioritários.
	Empregar uma Visão de Projeto para Manufatura	Considerar os aspectos de manufaturabilidade durante o desenvolvimento e conceber produtos adequados ao sistema de produção enxuta.
	Padronizar Produtos, Processos e Competências	Padronizar para aumentar escala e reduzir riscos, aumentar a previsibilidade dos processos e melhorar a qualidade e a velocidade da solução de problemas.
	Melhorar o Processo de Testes	Ampliar o emprego de testes parciais de ferramentas usadas pela empresa para diminuição de incertezas. Estruturar uma área experimental auto-sustentável.
Abordagens Integradoras	Implantar a Sala de Comando	Criar um “quartel general” onde os gerentes de projeto possam se reunir com a equipe para planejar e acompanhar o projeto. Implantar sistema de gestão visual.
	Adotar a Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (SBCE)	Conceber pelo menos duas alternativas de solução para os principais subsistemas, de forma multifuncional e antecipando a solução de problemas.
	Reforçar o Papel da Engenharia de Processo	Estruturar, capacitar e dar maior poder de intervenção à engenharia de processo, vetando projetos caros e de difícil produção e montagem.
	Melhorar a Integração Intra e Inter-projetos	Estabelecer mecanismos de integração entre os grupos funcionais e entre os segmentos (famílias) de produtos.
	Enfatizar a Gestão do Conhecimento	Sistematizar a criação, disseminação e reutilização do conhecimento explícito e tácito. Estabelecer momentos de aprendizagem antes, durante e após o projeto.

Fonte: Corrêa (2007)

O interesse sobre o tema tem aumentado, o que pode ser evidenciado pelo fato da publicação de dois artigos (dos nove artigos publicados) sobre desenvolvimento enxuto na edição de dezembro de 2008 da revista “*Product: Management & Development*”, publicada

pelo Instituto de Gestão de Desenvolvimento do Produto (IGDP). Em um deles, Pessoa, Loureiro & Alves (2008) descrevem um método sistemático para planejamento de atividades no PDP composto de quatro processos: determinação de valor, priorização do SBCE, determinação de eventos puxadores e seqüência para as atividades de criação de valor. No outro, Possamai & Ceryno (2008) propõem um método com o objetivo de reduzir desperdícios nos estágios iniciais do PDP.

Todas estas abordagens visam o PDP de forma geral, ou seja, verificar como funciona todo o processo, mas Corrêa (2007) mostrou preocupação com a participação da engenharia de processos quando da presença de um PDP voltado para a manufatura – como na empresa por ele estudada. Segundo este autor, a engenharia de processo deve atuar como um elo entre a engenharia de produto e a manufatura, e tem que ter a possibilidade de impedir que produtos sejam desenvolvidos sem atender aos requisitos de manufaturabilidade.

Manufaturabilidade, segundo Swink (1999), é uma qualidade do projeto do produto que indica a facilidade e a confiabilidade com que um produto pode ser produzido usando os recursos de manufatura da organização. Ela é demonstrada pelo tempo de *ramp-up* ou *scale-up*, (que significa aumento de produção conforme uma taxa definida) para atingir o volume de produção esperada e, também, os níveis de custo, qualidade e perdas.

2.8 Conclusão do capítulo

As propostas apresentadas neste capítulo em 2.7 – mesmo que de modo geral busquem a melhoria de todo o PDP – contribuem para avaliar o papel da Manufatura no PDP, assim como a importância de sua participação. Machado (2006) constatou a melhora dos resultados com a participação da manufatura no projeto avaliado. Pessoa (2007) destacou a importância da aplicação do SBCE, que considera a troca de informações entre a engenharia e a manufatura, a qual também é ressaltada por Corrêa (2007). Este último, inclusive, considerou o uso de uma visão de projeto para a manufatura como um dos passos de sua proposta – referenciada no PDP da Toyota – também apresentada neste trabalho em 2.6, pois inclui elementos importantes como visão de melhoria contínua, integração da equipe, liderança e foco no cliente.

A importância desta participação da manufatura no PDP é descrita pelo referencial teórico apresentado, segundo Rozenfeld *et al.* (2006) que destacaram a preparação da manufatura no modelo de PDP (2.2), também considerada como uma fase do DFSS, discutida em 2.3.

Esta participação deve ser iniciada no projeto o mais cedo possível, pelo menos logo após a definição do conceito do produto, para que o desenvolvimento do processo produtivo caminhe lado a lado com o desenvolvimento do produto, e que o fim do projeto possa ser atingido com ambos desenvolvidos, conforme visão da Engenharia Simultânea e do Desenvolvimento Enxuto.

O ponto principal para alinhar a Manufatura ao PDP enxuto é trabalhar com a visão da criação de fluxo operacional, procurando entregar o que realmente significa valor para o cliente e eliminar desperdícios, tanto na visão da manufatura quanto para todo o processo de desenvolvimento de produto (2.4).

Também é criar, documentar e compartilhar o conhecimento nos projetos, em uma participação efetiva e colaborativa, tanto da engenharia de desenvolvimento quanto da manufatura e, certamente, com todas as outras atividades envolvidas. Isso é o que a abordagem do SBCE auxilia a implantar, assim como a visão do trabalho com um grupo de alternativas, eliminando as mais fracas no decorrer do projeto, com o objetivo de obter um produto mais robusto e em um tempo menor (2.6).

Portanto, o objetivo para a Manufatura dentro do PDP é fazer a sua preparação para a produção do novo produto com as especificações e tolerâncias bem definidas, ter processos e equipamentos adequados para o atendimento no prazo, qualidade e custo esperados – para que haja uma menor possibilidade de retrabalhos após o lançamento do produto. Objetiva também gerar, documentar e compartilhar seu conhecimento e experiência em produção, visando a entrega de um fluxo operacional para o novo produto. A maneira de fazer esta preparação da produção na visão enxuta será abordada no próximo capítulo.

3 PREPARAÇÃO DA PRODUÇÃO NA VISÃO ENXUTA

Neste capítulo é abordada a preparação da produção no PDP. Ele tem início com comentários sobre a ligação da produção com a estratégia da empresa (3.1), passa por uma visão geral sobre manufatura enxuta (3.2) e mentalidade enxuta (3.3), para depois abordar a preparação da produção para introduzir um novo produto (3.4), que é o tema deste trabalho. Como parte do método de participação da produção – objetivo deste trabalho – também é apresentada a metodologia 3P (3.5 - Processo de Preparação da Produção), evento *kaizen* (3.8), mapa de fluxo de valor (3.6) e este com a visão em custos (3.7). No final é feita uma abordagem sobre o processo A3 (3.9), cuja utilização tem sido enfatizada recentemente e, por ser a abordagem mais utilizada para solução de problemas, pode ser aplicada tanto no PDP e na preparação da produção, como em outros projetos das empresas.

Antes de iniciar essas abordagens, é necessário apresentar a definição de produção. Slack *et al.* (2002) fazem a distinção entre dois significados de “produção”:

- produção como função, que significa a parte da organização que produz os bens e serviços para os consumidores externos da organização;
- produção como atividade, que significa qualquer transformação de recursos de *input* para produzir bens e serviços para clientes internos ou externos.

Ou seja, eles usam o termo produção para produzir bens ou serviços; distinguem os processos para os setores de manufatura (projeto, lotes ou bateladas, produção em massa, contínua) e serviços (serviços profissionais, lojas de serviços, serviços de massa). Neste trabalho, o foco está na área de manufatura e seus processos e, quando do uso do termo produção, ele se refere à área de manufatura e não a de serviços.

3.1 Produção na visão estratégica da empresa

Segundo Slack *et al.*(2002), em qualquer organização há três funções centrais: marketing (inclui vendas), desenvolvimento de produto/serviço e produção. Esses autores definem a função produção como a “responsável por satisfazer às solicitações de consumidores por meio da produção e entrega de produtos e serviços” (p.32) e, também, com os papéis de implementar, apoiar e impulsionar a estratégia empresarial.

A produção desempenha importante papel no desenvolvimento de produto e na rotina normal de uma empresa com planta fabril. Por isso, ela deve estar ligada à estratégia da organização e ao ambiente competitivo em que está inserida. Estratégia, segundo Slack *et al.*

(2002), “é o padrão geral de decisões e ações que posicionam a organização em seu ambiente e que pretendem alcançar suas metas de longo prazo” (p.107).

A estratégia definida pela corporação, considerando as necessidades dos *stakeholders*, chega à Produção que a ela deve se alinhar. Isto significa ter objetivos, programas e iniciativas, visão a longo prazo, evitando o gerenciamento apenas por intuição ou experiência. A Manufatura deve ser considerada como arma estratégica para a empresa e não como máquina de produzir (VAUGHN, FERNANDES & SHIELDS, 2002).

A Manufatura é apoiada e está interligada a outras funções, ou seja, interage continuamente na busca pelo cumprimento da estratégia de produto definida, como apresentado na figura 3.1: este relacionamento permitirá no PDP entender as necessidades do cliente e a viabilidade de atendê-las de maneira eficaz. A Manufatura dentro desta estratégia é colocada no mesmo nível das demais funções da empresa e o relacionamento entre elas (Manufatura, Marketing e Engenharia) leva ao melhor conhecimento das necessidades dos clientes e à viabilidade técnica de atendê-las (VAUGHN, FERNANDES & SHIELDS, 2002).

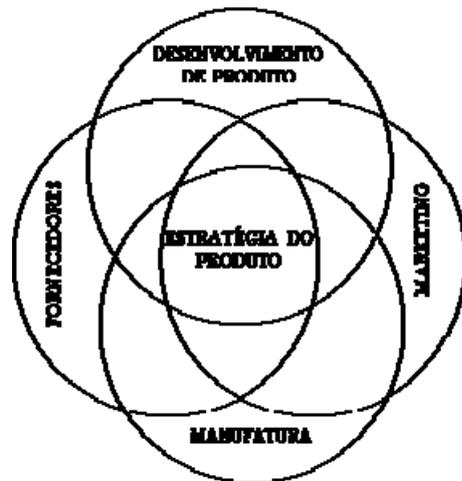


FIGURA 3.1 – Estratégia do produto.
Fonte: Vaughn, Fernandes & Shields (2002)

Segundo Vaughn, Fernandes & Shields (2002), uma bem elaborada estratégia de Manufatura ajuda a empresa a aumentar a venda dos produtos existentes e traz os seguintes benefícios:

- alinhar a manufatura com a estratégia corporativa e de negócio;
- tomar decisões baseado em objetivos a longo prazo da empresa;
- assegurar uma diferenciação a longo prazo de seus concorrentes em termos de produto, capacidade e processo.

- fazer a Manufatura ser parte integral da estratégia da empresa;
- permitir clara comunicação entre os níveis gerenciais;
- auxiliar na seleção das atividades de melhoria e construção de capacidade que contribuirá com o sucesso da empresa a longo prazo;
- criar conhecimento da concorrência.

Assim, alinhado com a estratégia da empresa, é importante que o desenvolvimento do processo de manufatura ocorra simultaneamente ao processo de desenvolvimento de produto, devido à influência das decisões tomadas em fases iniciais do projeto no custo total do produto final. Também é importante haver troca constante de informações entre todas as funções envolvidas no projeto.

3.2 Manufatura Enxuta

A base do Sistema Toyota de Produção (STP), conforme relata Ohno (1997), é a absoluta eliminação do desperdício, ou seja, de todos os elementos da produção que apenas aumentam custo, sem agregar valor. Segundo Womack & Jones (2004), valor só pode ser definido pelo cliente final.

O STP tem dois pilares para sua sustentação (OHNO,1997):

- *Just-in-time*, que é um sistema de produção e entrega dos produtos certos no momento certo e na quantidade certa (WOMACK & JONES, 2004);
- Automação, ou automação com um toque humano (OHNO,1997), é a transferência da inteligência humana para equipamentos automatizados de modo a permitir que as máquinas detectem a produção de um única peça defeituosa e suspendam imediatamente seu funcionamento enquanto se solicita ajuda (WOMACK & JONES, 2004).

Por desperdício é entendido qualquer atividade humana que absorva recursos, mas não cria valor (WOMACK & JONES, 2004). Ohno (1997) identificou sete tipos de desperdício na manufatura:

- superprodução, ou produzir além do solicitado pelo mercado;
- espera ou tempo disponível, que causa ociosidade da mão de obra;
- transporte, que é o movimento desnecessário de pessoas, informações ou equipamentos;
- processamento, com a utilização de equipamentos e passos não apropriados para o processo;
- estoque, com armazenamento excessivo;

– movimento, com a movimentação desnecessária de pessoas, materiais e informações,

– produção de produtos defeituosos.

Jobo (2003) acrescentou um desperdício que afeta a produção: os acidentes que causam lesões e afastamento dos funcionários.

Liker (2005) inseriu mais outro: o desperdício da criatividade dos funcionários, causado principalmente por não envolvê-los ou não ouvi-los adequadamente. Segundo este autor, a identificação de desperdícios pode ser aplicada não apenas na linha de produção mas, também, no desenvolvimento de produto (Item 2.4), no recebimento de pedidos e no escritório.

Para Liker (2005) o Modelo Toyota – do qual ele apresenta os 14 princípios (Quadro 3.1) – é um sistema criado para oferecer ferramentas para as pessoas continuamente melhorarem seu trabalho. Afirma, ainda, que o modelo significa mais dependência das pessoas, pois são elas que lhe dão vida, trabalhando, comunicando-se, resolvendo questões e crescendo juntas.

QUADRO 3.1 – Resumo dos 14 princípios do Modelo Toyota.

Seção I: Filosofia de longo prazo	
Princípio 1	Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo.
Seção II: O processo certo produzirá os resultados certos	
Princípio 2	Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona
Princípio 3	Usar sistema puxado para evitar a superprodução.
Princípio 4	Nivelar a carga de trabalho (<i>heijunka</i>). (Trabalhar como a tartaruga, não como a lebre).
Princípio 5	Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa.
Princípio 6	Tarefas padronizadas formam a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários.
Princípio 7	Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
Princípio 8	Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e aos processos.
Seção III: Valorização da Organização mediante o desenvolvimento de seus funcionários e parceiros	
Princípio 9	Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros.
Princípio 10	Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
Princípio 11	Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.
Seção IV: A solução contínua de problemas na origem estimula a aprendizagem organizacional	
Princípio 12	Ver por si mesmo para compreender completamente a situação (<i>genchi genbutsu</i>).
Princípio 13	Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez.
Princípio 14	Tornar-se uma organização de aprendizagem por meio de reflexão incansável (<i>hansei</i>) e da melhoria contínua (<i>kaizen</i>).

Fonte: Liker (2005)

Da observação de como a Toyota produz, veio a expressão *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), que Womack *et al.* (2004) afirmaram que reúne o melhor da produção artesanal e da produção em massa, ou seja, a capacidade de reduzir custos unitários e aumentar qualidade, com variedade maior de produtos e trabalho cada vez mais estimulante. Ela tem, portanto, dois objetivos primários: eliminar desperdício e criar valor para os clientes usuários. Também possui dois princípios: melhoria contínua e respeito às pessoas (EMILIANI & STEC, 2005).

A manufatura enxuta busca facilitar o fluxo unitário das peças de um produto, a uma razão determinada pelas necessidades do cliente com o mínimo de atraso e espera (LIKER, 2005). Grande parte do ganho vem da redução, ou eliminação, dos vários passos que não agregam valor, ou mesmo reduzindo o tempo dos que agregam.

Meirelles (2007) listou as técnicas, ferramentas e métodos utilizados na Manufatura enxuta, denominando-as práticas “capacitadoras”, que são mostradas no Quadro 3.2. As duas primeiras citadas no quadro, na verdade são os pilares do STP, conforme comentado anteriormente.

QUADRO 3.2 - Práticas “capacitadoras” da Produção Enxuta.

Práticas capacitadoras	Definição
Produção <i>Just-in-time</i>	Produzir somente os itens necessários, na quantidade necessária, no tempo necessário com a qualidade requerida.
Autonomiação (<i>Jidoka</i>)	Controle autônomo de defeitos. Técnica para detectar e corrigir defeitos de produção.
Mapeamento de fluxo de valor	Seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e, cuidadosamente desenha-se uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação.
5S	Trata-se de um programa de organização, limpeza e arrumação do local de trabalho, orientado por cinco palavras japonesas: <i>Seiri</i> : significa seleção, classificação; <i>Seiton</i> : significa arrumação e identificação; <i>Seiso</i> : significa limpeza, zelo; <i>Seiketsu</i> : significa asseio, higiene; <i>Shitsuke</i> : significa autodisciplina, autocontrole.
<i>Layout</i> celular	O layout celular possibilita que o fluxo seja simplificado e facilite que o produto siga o fluxo minimizando o desperdício. Visa a otimização do transporte entre os equipamentos e a maximização da utilização da mão-de-obra.
Trabalhadores multifuncionais/rodízio de funções	Principalmente devido ao arranjo físico celular, os trabalhadores devem ser treinados em várias funções (uns nas funções dos outros) para haver troca das funções.
Trabalho em fluxo contínuo/redução do tamanho de lote	Na Produção Enxuta a meta colocada é chegar ao lote unitário, buscando minimizar ao máximo o tamanho do lote, possibilitando diminuição do estoque em processos, ganhos de qualidade e diferenciação dos produtos podendo atender ao cliente no momento e com os produtos exatos.
Controle visual	Quando as informações são vistas por aqueles que precisam delas é obtida uma série de benefícios. São utilizados gráficos para medidas de desempenho de entrega, qualidade, custos, entre outros. Assim, os operadores conseguem identificar seus esforços com mais facilidade e mais motivados, eliminando controles ineficazes.

Trabalhar de acordo com o <i>takt-time</i>	O <i>takt-time</i> sincroniza o ritmo da produção para acompanhar o ritmo das vendas no “processo puxador”. Indica a frequência com que deve ser produzida uma peça ou produto para atender à demanda dos clientes.
Sistema de controle <i>kanban</i>	Sistema em que um cartão age como gatilho da produção (ou movimentação) por parte de centros produtivos presentes no processo, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais.
Balanceamento da produção	Sincronização dos tempos de operação, visando equalização das cargas de trabalho, bem como reduzir os tempos que não agregam valor, como os tempos de espera
Nivelamento da produção (<i>Heijunka</i>)	Nivelamento do planejamento da produção, de modo que o <i>mix</i> e o volume sejam constantes ao longo do tempo. A meta é diminuir inventários, tanto de matéria-prima, como de produtos acabados.
Padronização do trabalho	Padronização de ações ou rotinas de operação principalmente a fim de minimizar diferenças de tempo de ciclo.
Manutenção preventiva	Tem como objetivo diminuir os desperdícios associados à baixa disponibilidade dos equipamentos por motivo de quebra. A confiabilidade dos equipamentos tem que ser aumentada e os tempos de quebra reduzidos. Quando elas ocorrem, os operadores ficam esperando os equipamentos serem consertados.
Redução dos tempos de troca (<i>set-up</i>)	Os tempos de preparação de máquinas são vistos como desperdícios e, portanto, devem ser combatidos. A redução do <i>set-up</i> permite que os tamanhos dos lotes sejam diminuídos, diminuindo-se também os estoques intermediários.
Melhoria contínua (<i>kaizen</i>)	Prática relacionada à idéia que a perfeição será alcançada pela melhoria contínua, formada por inúmeras etapas de mudança. Para alcançara melhoria, vários métodos são adotados, como por exemplo, a caixa de sugestões de funcionários e círculos de qualidade.
Qualidade total (zero defeito)	Para a Produção Enxuta, os métodos de controle da qualidade são de extrema importância, para assegurar que as operações estão sendo feitas da maneira correta e, portanto, assegurar a própria qualidade do produto. O Controle da Qualidade Zero Defeito é um método racional e científico cujo objetivo é eliminar a ocorrência de defeitos, identificando e controlando suas causas.
Recebimento <i>just-in-time</i>	Receber produtos na empresa no momento necessário para a produção, eliminando desperdícios de inventários, operações de controle, espaço de armazenagem, capital imobilizado etc.
Redução da base de fornecedores	Reduzir o número de fornecedores visando basicamente o estabelecimento de compromissos de longo prazo e a limitação de esforços no desenvolvimento dos mesmos.
<i>Empowerment</i>	Delegar decisões para as pessoas que estão mais próximas do problema, ou seja, dar autoridade ao pessoal para fazer mudanças no trabalho em si e na forma como ele é desempenhado.

Fonte: Meirelles (2007)

A utilização apenas de ferramentas e técnicas não assegurará vantagem competitiva sustentável, a qual somente virá com o conjunto completo dos princípios. O Modelo Toyota é mais que um conjunto de técnicas, é uma cultura que deve ser levada a todos os funcionários para que eles tenham o sentido de urgência e de trabalho em equipe para resolver os problemas (LIKER, 2005). Sua aplicação precisa estar alinhada à estratégia da empresa, havendo necessidade de uma mentalidade para longo prazo e não apenas a adoção de técnicas como ondas que surgem. Portanto, o *Lean* existe em dois níveis, o estratégico e o operacional, sendo que a estratégia focada no cliente pode ser aplicada em qualquer empresa, mas a utilização das ferramentas de chão de fábrica nem sempre é possível (HINES, HOLWEG & RICH, 2004).

Empresas que já haviam implantado o *Six Sigma* e que passaram a adotar também a Manufatura Enxuta aliaram a aplicação das ferramentas destas duas abordagens com o nome de *Lean Six Sigma*. Liker & Hoseus (2008) criticaram esta abordagem por considerá-la uma compilação de ferramentas e treinamento focada em projetos isolados direcionados à redução de custo, com resultados não sustentáveis. Segundo estes mesmos autores, no *Lean Six Sigma* não há a mesma abordagem do Modelo Toyota, que postula iniciar por uma filosofia de melhoria contínua, com respeito às pessoas – atitudes que darão resultados mais abrangentes e a longo prazo.

Liker & Hoseus (2008) também afirmaram que o Modelo Toyota e o *Lean Six Sigma* têm linguagens diferentes e que a linguagem reflete a cultura. Para estes autores, *Lean Six Sigma* é o desdobramento da metodologia por *black belts* que coletam dados, lideram eventos, conduzem projetos e definem os objetivos em métricas. A linguagem do Modelo Toyota é crescimento das potencialidades das pessoas, ensinamento, ida ao local do problema para compreendê-lo, grupo de estudo voluntário, é dar autoridade para os grupos de trabalho e não apenas para uma pessoa que, no caso do *Lean Six Sigma*, é o *black belt*. Melhor dizendo, há necessidade de mudar a mentalidade da organização para que todas as pessoas trabalhem juntas em direção a uma visão comum.

3.3 Mentalidade Enxuta

O *Lean* não é simplesmente um conjunto de práticas utilizadas no chão de fábrica, mas uma mudança fundamental dentro da empresa, afetando o modo de as pessoas pensarem e ao que elas valorizam, logo, transformando comportamentos (BOZDOGAN *et al.*, 2000).

Womack & Jones (2004) definiram o pensamento enxuto como “uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz” (p.3). Identificaram cinco princípios, mostrados no quadro 3.3, que eles acreditam poderão ajudar as empresas a se aproximarem cada vez mais dos clientes e a agirem contra o desperdício.

Ou seja, a busca é para converter as empresas e os fluxos de valor de um caminho tortuoso do desperdício para um de fluxo rápido, definido e, em seguida, puxado pelo cliente, ser conduzido eficientemente para a busca da perfeição (WOMACK & JONES, 2004).

QUADRO 3.3 – Princípios do pensamento enxuto.

1- Valor	Só pode ser definido pelo cliente final. Expresso em termos de um produto específico que atenda às necessidades do cliente a um preço específico em um momento específico.
2- Fluxo de Valor	Conjunto de todas as ações específicas necessárias para levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas, que são: <ul style="list-style-type: none"> - a tarefa de solução de problema; - a tarefa de gerenciamento da informação; - a tarefa da transformação física.
3- Fluxo	Fazer com que as etapas que criam valor fluam.
4- Puxar	Estabelecer a produção puxada. Deixar o cliente puxar o produto.
5- Perfeição	Perseguir a perfeição, pois ao obter os quatro princípios anteriores, será mais fácil ver e eliminar os obstáculos e desperdícios. Estimular a transparência, para que todos os envolvidos possam ter uma visão geral e descubram melhores formas de criar valor.

Fonte: Womack & Jones (2004)

Para Bozgodan *et al.* (2000), adotar o paradigma *lean* requer visitar novamente cada suposição, prática e processo associados à interação com o cliente, projeto de produto, produção, qualidade assegurada, recursos humanos, supervisão de trabalho, estrutura organizacional, sistema de negócio e relação com os fornecedores. Segundo estes autores, é preciso aprender a fazer negócio, comportar e ver valor de maneira fundamentalmente diferente.

A discussão maior está, portanto, em criar valor para os interessados no processo. Valor, na definição dada por Slack (1999) é:

Valor é uma medida da importância de um produto específico ou serviço para um cliente, e é uma função da (1) utilidade do produto em satisfazer uma necessidade do cliente, (2) a importância relativa da necessidade a ser satisfeita, (3) da disponibilidade do produto relativo a quando ele é necessário e (4) e o custo de troca para o cliente. (Slack, 1999 p.5).

Esta mentalidade enxuta também procura oferecer um modelo diferente de custos, pois parte do princípio de que as empresas convencionais definem os preços de vendas baseados naquilo que acreditam que o mercado possa suportar; em seguida, trabalham de trás para frente, determinando os custos aceitáveis para uma margem de lucros adequada. Por sua vez, as empresas enxutas vêem os preços e as características dos produtos que têm sido oferecidos aos clientes pelas empresas convencionais e se perguntam: qual é o custo deste produto, livre de desperdícios e com as etapas desnecessárias eliminadas? Este passa a ser o custo-alvo. (WOMACK & JONES, 2004).

Na busca pela implantação dos princípios e técnicas do STP, muitas empresas abandonaram o modelo de produção em lotes e buscaram uma “*lean transformation*”, adotando principalmente as técnicas e ferramentas da Manufatura enxuta. Mesmo engajada neste processo de transformação por cinco ou mais anos, muitas empresas conseguiram

apenas resultados modestos, entre outros motivos, por terem focado apenas na manufatura, não ter havido um envolvimento alto da liderança, devido a mudanças na gerência, cortes de pessoal e não ligação à estratégia da empresa (EMILIANI & STEC, 2005). A implantação da visão de empresa enxuta ficou relegada apenas ao chão de fábrica, com aplicação de ferramentas do *Lean*, perdendo a empresa a possibilidade de maior transformação. (BOZDOGAN *et al.*, 2000).

Mas para se ter uma empresa enxuta, segundo Howardell (2005), antes é preciso haver pessoas enxutas, que são formadas pela convergência de três esferas: experiência, conhecimento e habilidades. Experiência no negócio ou na indústria em que atuam, conhecimento em ferramentas e técnicas, e habilidades para colocar essa experiência e conhecimento em prática.

As pessoas, então, devem ter o conhecimento tácito das operações e da filosofia, saber a quem buscar em suas dificuldades, conhecer seus clientes e suas necessidades, ou seja, uma conexão direta cliente-fornecedor. Para isto, todas as operações devem estar bem especificadas e detalhadas, para que todos os operadores tenham conhecimento pleno do trabalho que executam em termos de conteúdo, tempo necessário e saída esperada, fazendo-o de maneira semelhante. (SPEAR & BOWEN, 1999).

Howardell (2005) apresentou sete habilidades que, para ele, tornam as pessoas enxutas:

1. Ter consciência de quem é o cliente, suas necessidades e expectativas;
2. Ter um pensamento na empresa como um todo, e não apenas localizado em seu departamento ou função;
3. Adaptar-se facilmente às mudanças;
4. Tomar iniciativa (por exemplo, para eliminar desperdícios, definir objetivos, resolver problemas);
5. Saber inovar;
6. Ser colaborativo, entre as pessoas e entre os grupos;
7. Ter influência, liderar as decisões operacionais para atingir os objetivos estratégicos da empresa.

Para Bozdogan *et al.* (2000), os incentivos para o comportamento *Lean*, devem estar ligados às métricas informadas visualmente. Os autores dizem que, pelo fato de as pessoas estarem organizadas em equipes, a atenção deve ser dada para o incentivo tanto aos indivíduos quanto às equipes.

Uma lição a ser aprendida, de acordo com Liker (2005), é não implementar equipes de trabalho antes de estarem implantados o sistema e a cultura que as sustentam. Esse autor afirmou também que não são as equipes que fazem o trabalho com agregação de valor – são os indivíduos. Assim, embora seja fundamental o trabalho de equipe, ter indivíduos trabalhando juntos em um grupo não compensa a falta de excelência individual ou do entendimento do Sistema da Toyota. Por isto, a Toyota destina um grande esforço na procura, triagem e treinamento dos funcionários (LIKER, 2005).

O desenvolvimento da tecnologia deve ser realizado de forma a melhorar a participação das pessoas e a utilizar seu conhecimento sem o objetivo de substituí-las (MORGAN & LIKER, 2006). As pessoas devem ser adaptadas ao processo produtivo, quando possível, evitando mudanças que levam à instabilidade, variação e confusão entre os usuários dessa nova tecnologia (MORGAN & LIKER, 2006). Nesta visão, a preparação da produção é uma fase importante dentro do PDP, integrando a tecnologia, o produto e as pessoas.

3.4 Preparação para produção piloto

Pode parecer a alguns que o desenvolvimento termine na fase de produção do protótipo, muitas vezes ainda em laboratório; mas isso não acontece. Rozenfeld et al. (2006) afirmaram que, ainda que produções tenham sido feitas em outros equipamentos para acelerar o processo de aprovação do produto, a homologação do processo deve ser feita nos equipamentos finais, mesmo com volumes de produção ainda baixos.

Romano (2003) iniciou a fase de preparação da produção recomendando a atualização da equipe em relação ao plano de projeto e nela incluiu o planejamento, a produção e a avaliação do lote piloto.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), a fase de preparação da produção engloba a produção do lote piloto, a definição dos processos de produção e manutenção, ou seja, todas atividades do ponto de vista interno da cadeia de suprimentos. Afirmaram também que o objetivo desta fase é garantir que a empresa consiga produzir no volume definido na Declaração de Escopo do projeto, possa entregar produtos com a mesma qualidade do protótipo e que atendam aos requisitos dos seus clientes durante o seu ciclo de vida. Mas a participação da Manufatura deve começar em fases anteriores a esta. Os mesmos autores enfatizaram que durante o PDP deve ser incorporada a “voz da fábrica” para assegurar a manufaturabilidade do produto desenvolvido. Afirmaram também que para maximizar a qualidade das primeiras decisões e minimizar as mudanças de engenharia nas fases

subseqüentes, é necessário levar em conta as informações relativas às atividades dos sistemas de manufatura, tanto quanto possível, no começo do processo do projeto. A Fig. 3.2 mostra como os autores caracterizam esta fase.

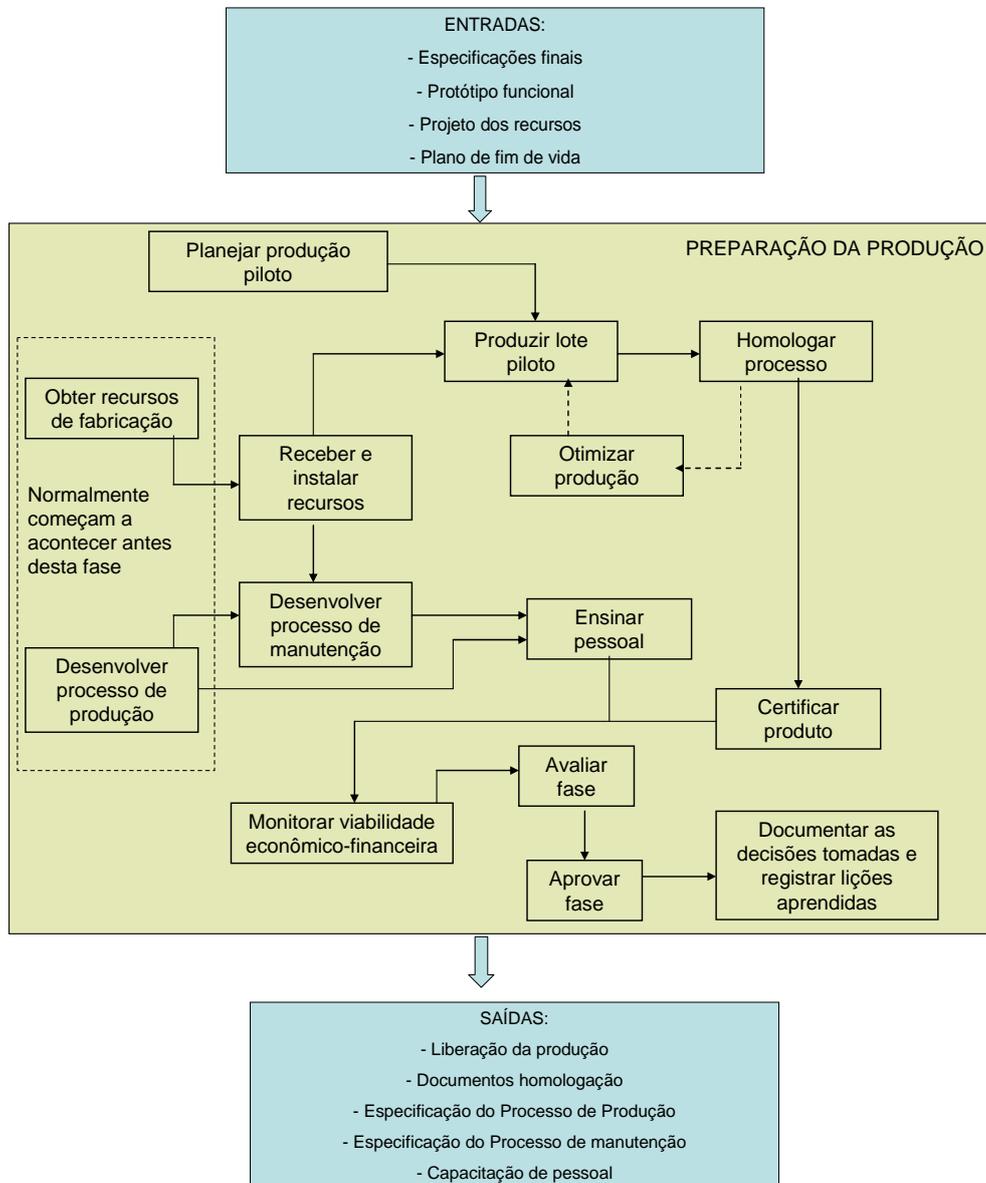


FIGURA 3.2 – Preparação da produção: Informações principais e dependência entre as atividades. Fonte: Rozenfeld et al. (2006)

Quando da fabricação de um novo produto podem ser consideradas três situações distintas, conforme Rozenfeld *et al.* (2006):

- produção realizada em uma nova instalação, com novos equipamentos;
- produção realizada em instalações existentes, com novos equipamentos (mesmo incompletos);

– produção realizada em instalações e equipamentos existentes, exigindo-se o compartilhamento desses equipamentos com produtos existentes.

Estes autores apontaram maior dificuldade para esta terceira situação, devido à dificuldade de parar a produção para realização do lote piloto, quando não há capacidade ociosa. Eles mencionaram a necessidade de aquisição de recursos pode ocorrer em qualquer um dos casos, desde a simples necessidade de compra de matérias primas até o investimento maior em novos equipamentos e linhas de produção. Também pode haver a decisão de buscar o recurso produtivo fora da empresa.

É importante que a produção piloto seja bem planejada e que, para homologar o processo produtivo, pelo menos um lote do produto tenha sido fabricado nos equipamentos de linha, mesmo que em quantidade inferior à esperada (ROZENFELD *et al.*, 2006). Vale dizer, isto é necessário para garantir o entendimento por parte da Manufatura das necessidades, cuidados e capacidades para obtenção de um fluxo contínuo de produção. Assim, é possível gerar toda a documentação, métodos, controles, meios de medição, treinamento, índices de capacidade e capabilidade dos processos, necessários para o início da produção do novo produto e, também, dados e informações para o acompanhamento da vida do produto.

3.5 Processo de preparação da produção (3P)

A forma de preparar a produção, dentro da visão enxuta, é denominada Processo de Preparação da Produção (3P) a qual segundo Torres Jr. (2007), é um método para desenhar processos de produção enxuta, ou, simplesmente, obter soluções aos problemas de fluxo de criação do valor na produção.

Mascitelli (2004) afirmou que na aplicação deste método, os desenvolvedores do processo da manufatura são guiados por um funil que, de início, parte de conceitos ainda preliminares os quais vão sendo refinados, conforme as opções adotadas durante o projeto, até chegar a um processo qualificado e apropriado para o lançamento do produto. Vaughn, Fernandes & Shields (2002) afirmaram que o 3P é mais aplicado no projeto do processo de produção e que, como saídas há o processo de manufatura, a seqüência de montagem, requisitos dos equipamentos entre outras.

A ênfase neste método é criar um processo naturalmente *lean* logo nas primeiras fases do processo de desenvolvimento. Ou seja, é ter um produto final que em seu processo não

apresente limitações ao fluxo e ao sistema puxado de produção (MASCITELLI, 2004; TORRES JR., 2007).

Mascitelli (2004) dividiu o 3P em fases, acompanhando o processo de desenvolvimento de produto:

- Fase de informação: executada em paralelo à fase conceitual do produto, na qual são coletadas informações iniciais do produto, identificação dos componentes e matérias primas necessários e, ainda, uma estimativa inicial de como será o processo produtivo.

- Fase criativa: à medida do amadurecimento do produto, são elaboradas alternativas para o processo produtivo.

- Fase de redefinição: o processo produtivo final é estabelecido, são comprados os equipamentos e, quando necessário, é feita a qualificação do processo e acertado o *layout*. Isto é possível, pois do lado do desenvolvimento de produto já existe a definição da constituição do produto.

Segundo Mascitelli (2004), se tudo seguir de acordo com o planejado pela equipe, produto e processo chegarão juntos para a produção piloto.

Torres Jr. (2007) apresentou algumas fases para desenvolver o processo produtivo alinhado aos princípios enxutos, no qual é necessária a participação de um grupo multiprofissional das áreas afins, para que os diferentes enfoques sobre produto/processo/custos/equipamentos sejam integrados:

- O grupo desenha no mínimo 7 alternativas de processamento que venham a facilitar os elementos básicos do sistema: Fluxo contínuo, Produção puxada e Automação.

- Os processos são avaliados (notas de 1 a 5, em que 5 é excelente ou atende plenamente ao conceito *lean*) utilizando uma tabela com 14 quesitos, dentro da visão de sistema enxuto. As três melhores alternativas passam para a etapa seguinte.

- É realizada uma simulação, preferencialmente em uma escala real, é escolhido aquele que está mais próximo do atendimento pleno dos quesitos do sistema e que tenha tido desempenho superior.

Segundo Torres Jr.(2007), isto é feito baseado apenas no conceito de processo enxuto, sem a definição prévia do tipo de máquina. Para este autor, a definição de quaisquer equipamentos é uma consequência do conceito desenvolvido e escolhido na simulação, pois, antes da máquina, é preciso haver preocupação com: posição do produto, movimentos relativos entre produto e ferramentas, formas de carga e descarga, agentes físicos empregados, superfícies e características geradas.

Mascitelli (2004) também propôs uma avaliação similar às sete alternativas (uma é o processo de referência conhecido e mais seis alternativas), mas com 16 fatores críticos e seguindo o Método Pugh². Mascitelli (2007) incluiu também a possibilidade de ser utilizado um fator de peso, para uniformizar a importância dos critérios e, desta vez, sugeriu a utilização de uma pontuação 10-5-0 para avaliação dos fatores.

O quadro 3.4 lista os fatores de avaliação, considerando as propostas dos dois autores citados, totalizando 17 critérios.

QUADRO 3.4 – Critérios de avaliação das alternativas de processo.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1 - Atendimento ao objetivo de <i>takt time</i>. 2 - Compatibilidade com o fluxo de peça única. 3 - Mínima necessidade de operação. 4 - Sistema a prova de erros (<i>Poka-Yoke</i>). 5 - Fácil carregamento (<i>Chaku-chaku</i>), com reduzido número de toques. 6 - Auto-descarregamento (<i>Hanedashi</i>), sem a necessidade da intervenção do operador. 7 - Mínimo investimento necessário. 8 - Requer tempo mínimo para desenvolvimento ou está prontamente disponível. 9 - Operação que agrega valor, que reduz desperdícios ou que dá a característica exigida pelo cliente. 10 - Permite troca rápida (<i>set-up</i>) 11 - Simplicidade, solução que exige poucos elementos e conhecido do pessoal técnico. 12 - Processo conhecido pelo pessoal técnico da empresa ou de fácil aquisição. 13 - Autonomia (<i>Jidoka</i>), equipamento dotado de "inteligência" para desligar-se quando apresenta problema. Impede que problemas de qualidade sigam no processo. 14 - Operação limpa, ou seja, com auto-limpeza ou de fácil limpeza, com reduzidas emissões de resíduos. 15 - Ergonômico e seguro 16 - Requer tempo mínimo de manutenção e também custo baixo das peças de reposição. 17 - Exige tempo mínimo de treinamento. |
|---|

Fonte: Torres Jr. (2007) e Mascitelli (2004 e 2007).

Este método é usado para desenvolver uma ferramenta ou equipamento no tamanho certo, evitando desperdícios, em busca de processos naturalmente enxutos, com velocidade para atendimento à demanda (TORRES JR., 2007). Mas é importante haver boa previsão feita por Marketing, pois se a escolha for de um processo dimensionado para demanda conservadora, rapidamente haverá problemas de capacidade. Se for considerada uma estimativa muito alta que não venha a se concretizar, haverá perda de dinheiro devido aos altos investimentos feitos nos equipamentos, os quais ficarão ociosos (MASCITELLI, 2004).

²Método Pugh é uma abordagem para filtrar e priorizar as saídas de uma reunião para coleta de idéias. As alternativas propostas são comparadas com uma referência e classificadas conforme os benefícios que podem trazer (MASCITELLI, 2007).

A visão para a definição de um novo equipamento ou tecnologia não deve ser voltada à redução de custo de mão de obra, mas para atingir o *takt time* de forma consistente, confiável, com baixo custo homem-máquina (LIKER & MEIER, 2006). *Takt time* é o tempo de produção disponível dividido pelo índice da demanda do cliente, ou seja, o tempo que define o ritmo de produção de acordo com o ritmo de demanda do cliente (WOMACK & JONES, 2004).

Conforme Liker & Meier (2006), qualquer nova tecnologia deve ser avaliada para atender a esta filosofia enxuta, ou seja, considerar:

- como a tecnologia vai contribuir na adição de valor ao processo?
- como a tecnologia vai ajudar a eliminar desperdício?
- como a tecnologia irá contribuir para obtenção de um sistema flexível ajustado economicamente às variações de demanda?
- como a tecnologia irá apoiar as pessoas na melhoria contínua do processo?
- como as pessoas são desafiadas para obter a tecnologia mais flexível e menos complexa?
- como as pessoas utilizarão a tecnologia? Como uma “muleta” para evitar que tenham que pensar em como melhorar o processo?

A tecnologia é uma peça crítica do sistema, mas sistema é mais que simplesmente o modo como as peças se ajustam. O sistema inclui o processo fazendo o trabalho e as pessoas que trabalham no processo (LIKER & MEIER, 2006).

Definida a tecnologia, tem início a fase da produção do lote piloto para confirmação da manufaturabilidade do produto desenvolvido e da capacidade para entregá-lo a um custo competitivo, com a qualidade esperada e no tempo certo. Após esta

Outro resultado é permitir ao time o conhecimento do fluxo operacional, que pode ser mapeado nesta situação inicial e direcionar as ações para os projetos de melhoria.

3.6 Mapeamento do fluxo de valor

O mapeamento do fluxo de valor (MFV), da forma como desenvolvida por Rother & Shook (1999), é a área que atingiu maior aprendizagem, segundo Womack & Jones (2004), após o lançamento inicial do livro sobre o Pensamento Enxuto. Estes autores afirmaram que os mapas retratam os fluxos de informação e de material e podem ser feitos em qualquer escala – para um simples processo administrativo até para um fluxo global de um produto, do fornecedor ao consumidor.

Rother & Shook (1999) definiram fluxo de valor como toda a ação que agregue valor ou não, necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais de sua fabricação. O objetivo é visualizar e melhorar o todo e não apenas otimizar as partes. Estes autores explicaram que o mapeamento segue a trilha da produção de um produto – desde o consumidor até o fornecedor – com a representação visual de cada processo do fluxo de material e de informação. Após isto, é elaborado um conjunto de questões e desenhado o mapa de como o valor deverá fluir, mapa este conhecido como mapa futuro.

O MFV é uma ferramenta essencial, conforme Rother & Shook (1999), porque:

- ajuda a enxergar o fluxo, visualizando mais do que simplesmente os processos individuais;
- ajuda a identificar as fontes de desperdício (e não apenas os desperdícios) no fluxo de valor;
- fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- torna visíveis as decisões sobre o fluxo;
- reúne conceitos e técnicas enxutas o que ajuda a evitar a implementação de apenas algumas técnicas isoladamente;
- forma a base de um plano de implementação para a mentalidade enxuta;
- mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- é uma ferramenta qualitativa usada para descrever como a unidade produtiva deveria operar para criar o fluxo de valor.

O sucesso da aplicação do MFV na Manufatura é grande e recentemente tem sido usado em várias atividades das empresas – desde contas a pagar até serviço ao cliente – mas tem uma lacuna: a sua aplicação no desenvolvimento de produto. Mascitelli (2007) creditou este problema ao fato de o PDP ser um processo muito mais complexo que os demais no negócio da manufatura, ou talvez ele tenha origem em restrição ao uso de novas técnicas por parte dos engenheiros de desenvolvimento. Isto é similar ao verificado por Wicker (2004), comentado anteriormente.

Porém a criação do MFV no DP tem características diferentes das características da manufatura, pois enquanto esta trabalha com um fluxo de um produto físico, com um tempo em segundos e minutos, o DP envolve conhecimento que está na cabeça das pessoas e os tempos gastos são meses ou anos (MORGAN & LIKER, 2006).

Morgan & Liker (2006) consideraram que o mapeamento do fluxo de valor no DP é até mais útil do que na Manufatura pois, entre outros motivos, no DP:

- a variabilidade das entradas e tarefas, comumente acarreta longas filas, trabalhos desnecessários e inventários de dados em processo;
- as atividades que não geram valor e desperdícios são constantes;
- há pressão para redução do tempo necessário para projetos;
- as tarefas devem ser sincronizadas;
- os gargalos devem ser identificados e administrados;
- deve ser criado um fluxo.

Se a aplicação do MFV em sua forma original no DP é difícil (MORGAN & LIKER, 2006), devido ao foco maior no fluxo de informações e dados, a utilização do MFV como aplicado na Manufatura pode contribuir para o entendimento do fluxo do novo produto. Com ele podem ser identificados os pontos de desperdícios que contribuem para o aumento do custo do produto em desenvolvimento.

3.7 Mapeamento do fluxo de valor com visão de custos

As técnicas e ferramentas para análise de processo do negócio podem ser utilizadas em conjunto com a construção do mapa do fluxo de valor, para dar maior suporte e credibilidade ao processo de implantação do sistema de Produção enxuta (NAZARENO, RENTES & SILVA, 2002). Assim, além da análise tradicional do mapa de fluxo de valor, pode ser incluída uma visão de custos, para auxiliar a Manufatura no entendimento das oportunidades de projetos de redução de custo de produto - tanto em desenvolvimento, quanto em linha de produção. Conforme afirmaram Murman *et al.* (2000), a redução de custos não pode ser obtida apenas com a implementação do *Lean* na Manufatura, pois há altos custos no Desenvolvimento de Produto e em outras áreas de apoio.

As decisões tomadas durante todo o desenvolvimento, segundo Freixo (2004), causam impacto nos custos de cada fase do ciclo de vida do produto; de início para a empresa (desenvolvimento, fabricação, distribuição), depois para o cliente (aquisição, operação, manutenção e descarte) e também para a sociedade (descarte, poluição).

Campos e Silva (2007) referiram que no desenvolvimento do produto nem sempre existe preocupação com seu custo total, ela se concentra apenas em alcançar as características solicitadas pelo mercado. Assim, terminada a fase de desenvolvimento pela Engenharia, a Manufatura passa a enfrentar diversos desafios para conseguir que os produtos desenvolvidos atinjam custos competitivos. Mesmo em produtos maduros, devido à concorrência cada vez mais crescente, há necessidade de reduzir custo para manter sua venda;

pode ser necessário executar modificações no produto para adequá-lo às novas exigências do mercado ou, até mesmo criar diferenciais, para torná-lo ainda mais atraente e lucrativo.

Normalmente são tomadas ações: na busca de matérias primas alternativas mais baratas; no aumento de produtividades; em projetos para redução de perdas nas fases de processo e, também, redução de inventários. Essas ações são importantes e necessárias mas, geralmente, são tomadas separadamente e em ações pontuais. A visão do todo que o mapeamento do fluxo de valor pode oferecer, fica esquecido (CAMPOS & SILVA, 2007). O mapeamento do fluxo de valor permite visualizar mais do que simplesmente processos individuais, ele ajuda a identificar os desperdícios e auxilia na tomada de decisões sobre fluxo (ROTHER & SHOOK, 1999).

Campos & Silva (2007) propuseram o uso do mapeamento de fluxo de valor pensando no custo do produto, com uma análise que utilize os conceitos do Desenvolvimento Enxuto. As análises de mapas de valor também podem ser executadas da mesma forma que na manufatura, mas com a inserção dos dados de custo em cada fase do processo, considerando materiais, mão de obra e equipamento. Isto pode ser feito de forma cumulativa – com percentual e/ou valores monetários – até atingir o valor do custo total do produto. Quando o mapa estiver montado e permitir a visão de todo o processo, deve ser feita uma análise das oportunidades de melhorias, usando como referência as vinte alavancas para o custo do produto propostas por Mascitelli (2004), mostradas no quadro 3.5.

Apesar de o nome do quadro sugerir apenas um enfoque em custos, na verdade ele apresenta muitas abordagens úteis e aplicáveis nas análises de processo, na simplificação de fluxo e na redução de desperdícios. Afinal, agindo neste sentido, o custo será certamente reduzido. Como roteiro, podem ser evidenciados oito pontos para avaliação do quadro 3.5:

1. Identificar quais são as fases do processo que realmente agregam valor ao produto;
2. Ver quais são as fases/materiais que mais afetam negativamente o custo final do produto;
3. Avaliar a possibilidade de eliminar, reduzir ou unir algumas fases, ou mesmo verificar a possibilidade de serem feitas algumas externamente;
4. Verificar a possibilidade de substituir algumas matérias primas por alternativas de mais baixo custo;
5. Eliminar componentes que não agreguem valor a função principal ou secundária do produto;
6. Reduzir movimentação de material e estoques intermediários;

QUADRO 3.5 – Vinte alavancas para o custo do produto.

Mão de obra direta	Simplifique o processo de manufatura	Pode o processo ser simplificado reduzindo a complexidade de montagens, reduzindo número de trocas, usando ferramentas padronizadas etc.
	Reduza o nível de habilidades requeridas	Se o projeto prever montagem e teste que sejam simples e fácil, as horas gastas e de treinamento podem ser reduzidas.
	Automatize o processo de manufatura	Automatização deve ser usada de forma inteligente, avaliando os prós e contras. Mas pode ser um caminho para reduzir custos de mão de obra.
	Reduza os requisitos de teste/inspeção	Projetar produtos que sejam fáceis de testar, ou se possível, eliminar os testes e necessidade de inspeção.
Materiais Diretos	Reduza a perda	A taxa de perda pode ser dada por problema de capacidade do processo e/ou robustez do produto.
	Reduza o número de partes	Elimine, padronize ou combine partes.
	Use componentes e/ou matérias primas com mais baixo custo	Evite especificar componentes com requisitos além do necessário.
	Use componentes com alto volume de produção	Use materiais comuns, permitindo a redução de custos no manuseio, compras, gerenciamento de inventário etc. Maior poder para negociação.
Capital investido	Elimine os processos de lote	Equipamentos menores, compatíveis com o conceito de fluxo contínuo, uma peça por vez, são mais econômicos e flexíveis, quando possível.
	Busque fora processos ou equipamentos	Por que não buscar fora a operação de novos produtos até se ter certeza do mercado e a experiência com o produto permitir o investimento?
	Otimize o custo das ferramentas	Avaliar outros processos produtivos que sejam mais apropriados e que permitam uma produção mais econômica.
	Evite equipamentos dedicados	Equipamento dedicado a um simples produto apresenta maior risco, a menos que seja o processo chave da empresa. Outros, melhor opção é buscar fora.
Projetos não-repetitivos	Reutilize processos e projetos existentes	Utilizar dados de outros projetos para agilizar o processo.
	Elimine complexidade desnecessária	Um produto com alto desempenho, qualidade e satisfação do cliente é alcançado de uma maneira simples e a um baixo custo.
	Evite projetos exagerados	Evite oferecer mais do que o cliente necessita, pois ele não irá pagar por isto.
	Otimize fazer <i>versus</i> comprar	Comprar pode significar a não necessidade de projetar. Fornecedores têm maior conhecimento do que produzem. Mantenha interno o que realmente pode e deve ser feito internamente.
Máquina	Evite muitas mudanças do <i>layout</i> da fábrica	Preferencialmente usar máquinas, células de fabricação, locações, logística existente.
	Reduza o inventário de matéria prima e de material em processo	Inventário significa custo e deve ser uma preocupação no projeto. Evite materiais com alto tempo para entrega, que necessita estoque de segurança. Projete produtos com fluxo rápido e baixo tempo de ciclo, com poucas fases de produção.
	Reduza a necessidade de manuseio de material	Manuseio de material significa horas de trabalho, espaço para operação e necessidade de investimento em capital. Requisitos especiais para manuseio devem ser eliminados.
	Reduza o uso de materiais auxiliares	Materiais auxiliares (material para limpeza, lubrificantes, dispositivos específicos etc.) também representam custos e também devem ter seu uso reduzido ou eliminado.

Fonte: Mascitelli (2004)

7. Verificar se há equipamentos de uso exclusivo, preparações especiais, retrabalhos, geração de resíduos etc.
8. Verificar se há gargalos em termos de fornecimento (especificações, limitações de quantidades, tipos de embalagem), de manufatura

(limitações de produção, produtividade, capacidade) e de produto (especificações, requisitos).

Após analisar o processo, o mapa futuro pode ser montado de uma forma mais enxuta, estimando-se o custo do produto nessa nova realidade. Coloca-se novamente a participação de cada fase, no que respeita a materiais, mão de obra, gastos com equipamentos e outros que houver na empresa (CAMPOS & SILVA, 2007).

Um modo de discutir as propostas para melhorias é em uma reunião do time, que pode ser na forma de um evento *kaizen*.

3.8 Evento *kaizen*

A palavra *kaizen* é traduzida como melhoria contínua e para Peterson (2004), melhoria contínua não pode ser confundida com evento *kaizen*, que ele define como um grupo focado na solução de problemas durante um período de tempo. Outros autores também apresentaram definição para evento *kaizen*, como:

– Araújo & Rentes (2006): time dedicado a rápida implantação de método ou ferramenta da manufatura enxuta, em uma área em particular e em curto período de tempo.

– Phoenix (2007): quantidade de tempo destinada a uma área da manufatura para produzir melhorias, como redução do tempo de ciclo, dos estoques etc.

Araújo & Rentes (2006) afirmaram que o evento *kaizen* deve fazer parte de uma visão estratégica de médio e longo prazo da empresa, para não ser apenas um plano de ações dispersas e desconexas. Esses autores concluíram ainda que, como benefício desta iniciativa, há redução do desperdício de talentos e idéias, devido ao espaço aberto para participação tanto dos operadores da linha de produção como de outros especialistas e interessados no processo.

Portanto, são ações mais voltadas para a manufatura, as quais não são comumente utilizadas para melhoria de produto (PETERSON, 2004).

Contudo, para Mascitelli (2004), o evento *kaizen* é uma atividade dentro do processo 3P, com o objetivo de interrogar a abordagem proposta para a manufatura nos primeiros estágios do desenvolvimento do produto, que será refinado no decorrer do projeto.

O objetivo é sempre a melhoria contínua. Liker (2005), com o nome de Seminário *kaizen*, sugeriu três fases para sua realização, conforme mostrado no quadro 3.6.

QUADRO 3.6 – Seminário *Kaizen*.

PREPARAÇÃO	Definir claramente o escopo.
	Estabelecer objetivos.
	Criar um mapa preliminar do estado atual.
	Coletar todos os documentos relevantes.
	Afixar um mapa preliminar do estado atual na sala da equipe.
REALIZAÇÃO	Quem é o cliente? (escopo, valor, objetivos mensuráveis).
	Analisar o estado atual (identificar fases que agregam ou não valor).
	Desenvolver a visão do estado futuro.
	Implementação: ação.
	Avaliação: mensurando o desempenho.
MANUTENÇÃO	Sustentação da melhoria contínua.

Fonte: Liker (2005)

Esta abordagem do seminário trabalha mais com a visão enxuta, considerando o valor para o cliente e dirige um trabalho de análise que utiliza, principalmente, o mapa de fluxo. Por outro lado, Mascitelli (2004) foca mais na manufaturabilidade, com questões sobre custo, qualidade assegurada, tempo de ciclo, taxa de perda etc. O autor propõe essencialmente um caminhar ao longo do processo de manufatura.

Em resumo, a proposta principal é ter uma visão do processo de produção e a partir disto propor, e se possível executar, os ajustes necessários para que o produto tenha um fluxo sem desperdícios na produção. Desta forma o time pode participar, entender e propor ações que visem colocar o projeto dentro de uma visão enxuta. Ou seja, todas as áreas envolvidas podem participar do desenho do modo de a empresa criar valor para o cliente e, utilizando uma representação gráfica, compreender os problemas e priorizar as mudanças em direção à criação de fluxo e à busca da perfeição (TORRES JR., 2008). Uma forma de registrar o plano estabelecido de comum acordo e partilhar as ações planejadas é usar o formulário A3 (TORRES JR., 2008), também conhecido como processo A3.

3.9 Processo A3

Uma abordagem estruturada, utilizada para soluções de problemas de uso bastante disseminado na Toyota, é o processo A3, nome que tem origem no formato de papel utilizado para montar esse relatório. Segundo Liker (2005) esse era o tamanho máximo que poderia ser usado em um fax. No A3 – de forma concisa e objetiva – devem ser colocadas as informações que darão visão geral do projeto ou das ações de melhorias, de forma a permitir o compartilhamento com todos os envolvidos (SOBEK, 2008).

Segundo Lovro (2008), o objetivo principal é relatar um problema e apresentar sua solução, utilizando preferencialmente a metodologia PDCA, ou seja, Planejar (*Plan*), Fazer (*Do*), Verificar (*Check*) e Agir (*Act*). Para Sobek & Smalley (2008), porém, o A3 não tem seu uso limitado à solução de problemas; ele pode ser utilizado também como:

- relatório de proposta geralmente para políticas, práticas gerenciais, processos organizacionais ou qualquer outra situação em que a empresa deseja que existam atividades de planejamento, consenso antes da tomada de decisão de agir;

- relatório de revisão de projeto ou para mostrar sua situação atual.

Estes tipos podem apresentar algumas diferenças em sua abordagem ou estilo do documento (SOBEK & SMALLEY, 2008) mas, de forma geral, a utilização do A3 representa uma linguagem comum que compartilha o conhecimento sobre o processo atual e auxilia o consenso sobre o que mudar (TORRES JR., 2008). Também representa uma forma de registrar o aprendizado obtido dos projetos, permitindo ser consultado e utilizado em outros projetos, assim como padronizar e agilizar sua apresentação para a gerência (LOVRO, 2008).

Como pesquisado por Sobek & Smalley (2008), o sistema A3 tem sete elementos:

- 1- Processo de pensamento lógico: pensar e então agir racionalmente na tomada de decisão e resolução de problema.

- 2- Objetividade: usar fatos relevantes e verificar os diferentes pontos de vista.

- 3- Resultados e processo: processo pode ser refinado e repetido para obter melhores resultados no futuro.

- 4- Síntese, destilação e visualização: relatório breve, mostrando os pontos mais vitais para serem entendidos e comunicados.

- 5- Alinhamento: comunicação horizontal pela organização, vertical pela hierarquia e entre o time.

- 6- Coerência e consistência: coerência dentro da abordagem de resolução de problema e consistência entre as unidades da organização.

- 7- Sistema de ponto de vista: entender a situação num contexto mais abrangente e a recomendação deve trazer benefício para toda a organização.

Estes elementos auxiliam a entender como o A3 trabalha, conforme afirmam Sobek & Smalley (2008), que também descrevem os passos desta metodologia para solução de problemas mostrados na figura 3.3.

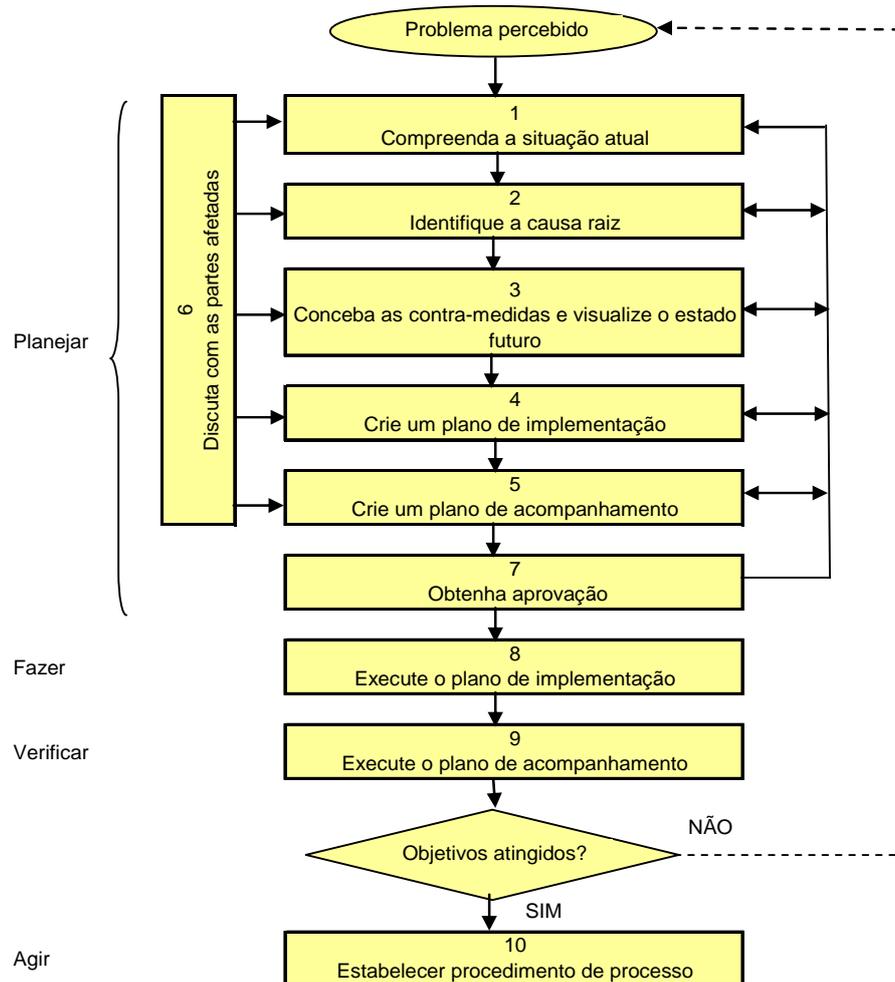


FIGURA 3.3 – Passos para solução de problemas.

Fonte: Sobek & Smalley (2008)

O relacionamento existente entre o passo 7 e os anteriores, garante que o aprovador vá ao local onde acontece a abordagem, questione e oriente o time. O passo 6 reforça a necessidade do envolvimento na solução do problema de todos os interessados ou afetados. Caso, ao final, o objetivo não tenha sido atingido, é preciso retornar ao início para verificar novamente o problema percebido. Importante ressaltar que a seqüência de passos segue a abordagem do PDCA.

Um modelo deste relatório para solução de problemas é mostrado na figura 3.4, conforme apresentado por Sobek & Smalley (2008), com os pontos-chave que devem ser verificados quando de sua elaboração. Vale recomendar a utilização de gráficos, tabelas e outros recursos que sintetizem o projeto, mostrando claramente as razões e objetivos do projeto.

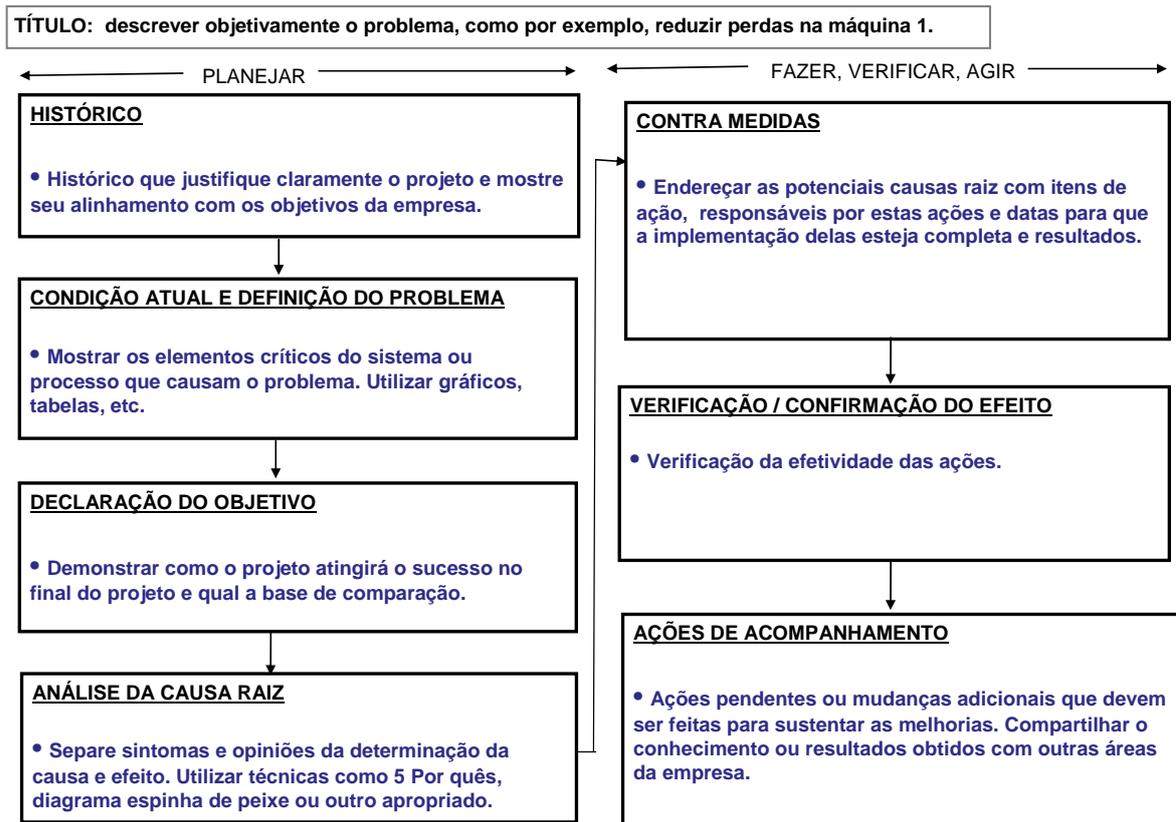


FIGURA 3.4 – Relatório A3 para solução de problemas

Fonte: Sobek & Smalley (2008).

O relatório representa o ciclo PDCA, com o lado esquerdo normalmente destinado ao ato de Planejar e o lado direito para as partes: Fazer, Verificar e Agir. Portanto, reflete a descrição de como é buscada a solução de problemas na Toyota, na qual pelo menos metade do esforço deve ser voltada ao entendimento da situação.

3.10 Conclusão do capítulo

O objetivo principal deste capítulo foi apresentar as várias alternativas das quais a Manufatura pode-se valer para preparar-se adequadamente para a produção de um novo produto e assim participar efetivamente do projeto em andamento, aplicando sua visão enxuta de produção e métodos que vão contribuir para que o produto tenha fluxo constante de produção. Ou seja, é tomar as ações necessárias para permitir a produção progressiva do novo produto (*scale up* ou *ramp up*), ainda com acompanhamento especial pela equipe do projeto. A decisão de liberar para venda ou não, fica a critério da empresa ou time envolvido.

As abordagens apresentadas neste capítulo visam permitir que o produto seja introduzido sem desperdícios (3.2) que causam aumento de custo e do tempo de produção, com conseqüente redução do ganho da empresa. Para isto é importante que ele esteja alinhado

com a estratégia de negócio definida pela empresa (3.1) e que seja concebido dentro de uma mentalidade enxuta (3.3). Ou seja, é entregar um fluxo de produção (3.2) que assegure a entrega do produto na quantidade e data desejada pelo cliente; é ter equipamentos adequados à necessidade da produção (3.5), com desempenho conhecido (3.4) para a obtenção de um produto dentro das características esperadas pelo usuário final.

A obtenção destes resultados acontecerá mediante a participação efetiva da equipe, no mapeamento do fluxo de valor (3.6 e 3.7), no entendimento dos problemas/limitações, na divulgação das ações propostas e realizadas para a solução dos problemas (3.8 e 3.9).

Esses são pontos importantes para criar um método para participação da produção, o qual será apresentado no capítulo 5, após a abordagem sobre a metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho que será discutida no próximo capítulo.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Este capítulo aborda a metodologia de pesquisa adotada para a execução deste trabalho, com uma breve revisão bibliográfica de cada tema para justificar as escolhas feitas para seu desenvolvimento.

4.1 Objetivo da pesquisa

Segundo Gil (2002), considerando os objetivos gerais da pesquisa, ela pode ser classificada como:

- pesquisa exploratória: tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, para torná-lo mais explícito, aprimorar idéias ou descobrir intuições. Na maioria dos casos, essa pesquisa envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que “estimulem a compreensão”.

- pesquisa descritiva: visa descrever as características de determinada população ou fenômeno, ou estabelecer relações entre variáveis.

- pesquisa explicativa: tem como objetivo identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, para aprofundar o conhecimento da realidade e procurar o porquê das coisas.

Este trabalho apresenta os elementos descritos acima para caracterização como uma pesquisa exploratória, assim como expõe as características de determinado fenômeno como a pesquisa descritiva, mas tem um caráter prescritivo, pois é o objetivo propor um método para participação da produção no PDP, ou seja, prescrever uma seqüência de passos para um determinado processo.

4.2 Abordagem da pesquisa

Na realização de uma pesquisa podem ser considerados dois tipos de abordagem: qualitativa e quantitativa.

O método qualitativo não admite regras precisas – como problemas, hipóteses e variáveis antecipadas; difere do quantitativo pela forma de coleta e análise de dados, pelo não emprego de instrumentos estatísticos, pela ênfase na perspectiva do objeto em estudo e por sua proximidade a ele. No método quantitativo, os pesquisadores usam grandes amostras e informações numéricas; isso lhes permite, dentro de certos limites, a generalização dos

resultados e sua replicação, enquanto no qualitativo as amostras são reduzidas e os instrumentos de coleta não são estruturados; a preocupação está antes voltada em analisar e interpretar aspectos mais profundos e mais detalhadamente (BRYMAN, 1989; MARCONI & LAKATOS, 2004).

Martins (1999) sugere critérios para escolha da abordagem de pesquisa, conforme mostra o quadro 4.1.

QUADRO 4.1 – Critérios para escolha da Abordagem de Pesquisa.

Critério	Características da Pesquisa	Abordagem Quantitativa	Abordagem Qualitativa
Adequação aos conceitos	Necessidade de presença do pesquisador Necessidade de captar percepção das pessoas Variáveis difíceis de quantificar Tamanho da amostra pequeno	incomum impossível inadequado insuficiente	comum possível possível possível
Adequação aos objetivos	Contribuição para formulação de teoria Compreensão profunda sobre o uso da informação Elucidar relações de causa e efeito	inadequado inadequado possível	adequado adequado possível
Validade de construção		possível	possível
Validade interna		possível	possível
Validade externa	Generalização da teoria	possível	possível
Confiabilidade		possível	possível

Fonte: Martins (1999)

Considerando os critérios mostrados no quadro 4.1, no qual pode ser ressaltada a necessidade da presença do pesquisador e o tamanho pequeno da amostra, a abordagem qualitativa é a mais adequada.

Bryman (1989) classifica quatro tipos de pesquisa qualitativa, conforme pode ser visto no quadro 4.2.

QUADRO 4.2 – Tipos de pesquisa qualitativa.

Tipos	Características
Participante total	Pesquisador é amplamente observador de uma ou mais organizações
Semi-participante	Pesquisador é um observador de uma ou duas empresas de forma indireta
Baseada em entrevistas	A observação pode ocorrer mais entre os intervalos das entrevistas
Várias localidades	Ênfase na entrevista ou observação em seis ou mais diferentes organizações

Fonte: Bryman (1989).

Pela característica deste trabalho, no qual o pesquisador teve e tem amplo acesso à organização, ela é do tipo participante total.

4.3 Natureza da pesquisa

Silva & Menezes (2001) propõem a seguinte classificação, quanto à natureza da pesquisa:

- pesquisa básica: com o objetivo precípua de gerar inovações no pensamento científico, sem a preocupação de convertê-las em aplicações práticas imediatas;
- pesquisa aplicada: com o objetivo de gerar inovações para aplicação imediata em problemas práticos específicos

Como este trabalho está direcionado para a solução de um problema específico em uma organização, a ele está mais adequada a pesquisa aplicada.

4.4 Método da pesquisa

Marconi & Lakatos (2004) apresentam quatro tipos de método: indutivo, dedutivo, hipotético-dedutivo e dialético.

No método indutivo, a partir de dados particulares, suficientemente constatados, pode ser inferida uma verdade, geral ou universal, não contida nas partes examinadas. Vale lembrar que esse método permite apenas conclusões prováveis ou genéricas. Os autores reportam a existência de três etapas para o método indutivo: observação dos fenômenos, descoberta da relação entre eles e generalização da relação.

No método dedutivo, teorias e leis aceitas – denominadas premissas – elas são aplicadas em situações específicas na busca de soluções; o resultado é uma nova premissa ou conclusão do problema de pesquisa (SILVA, 2002).

O método hipotético-dedutivo considera que a partir de um problema, são buscadas soluções, as quais devem ser apresentadas por meio de testes de falseamento.

O método dialético procura evidenciar contradições em casos específicos para os quais não são apresentadas propostas de solução para as questões; existem críticas contra as concepções propostas.

Para este trabalho, focado em apenas uma empresa, no qual apenas podem ser atingidas conclusões genéricas, o método indutivo é o mais apropriado.

4.5 Técnica da pesquisa

A literatura apresenta várias técnicas de pesquisa, conforme mostra o quadro 4.3, baseado em Bryman (1989), Yin (1994), Thiollent (1997), Thiollent (2000), Freitas *et al.* (2000), Coughlan & Coughlan (2002), Forza (2002), Gil (2002), Voss *et al.* (2002).

QUADRO 4.3 – Técnicas de pesquisa.

Experimentos	Mais usado em laboratório e quando se quer saber a influência de uma ou mais variáveis em outra variável que é o objeto de estudo.
Pesquisas (<i>survey</i>)	Obtenção de dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas que representa uma população-alvo, por meio de um instrumento de pesquisa, normalmente um questionário. Pode ser: (1) exploratória, quando busca gerar conhecimento preliminar e providenciar uma base para um estudo ou pesquisa mais aprofundada; (2) confirmatória, para testar a adequação dos conceitos desenvolvidos em relação a um fenômeno; (3) descritiva, para entender a importância de um fenômeno e sua distribuição em uma população. Dependendo do tempo em que acontece a coleta de dados, pode ser longitudinal, quando ela ocorre ao longo do tempo ou corte transversal quando ela ocorre em um só momento.
Pesquisa qualitativa	Ênfase dada às interpretações individuais do ambiente e de seu próprio comportamento ou de outros.
Estudo de caso	Usado para diferentes tipos de propósitos de pesquisa como, exploração, construção de teoria, teste de teoria e refinamento ou extensão da teoria. É usado quando o investigador tem pequeno controle sobre os eventos e quando o foco está em um fenômeno contemporâneo em contexto real. Há projetos de caso único e de múltiplos casos, este último permite visão mais abrangente e robusta, mas pode demandar mais tempo e outros recursos, o primeiro pode ser mais esclarecedor. Menor número de casos implica em maior número de oportunidades para aprofundar na observação, mas menor a possibilidade de generalização das conclusões.
Pesquisa-ação	É uma abordagem de pesquisa usada tanto para tomar uma ação quanto para criar conhecimento ou teoria sobre esta ação. É apropriada para descrever uma série de ações durante um tempo, com o entendimento do problema pelo pesquisador como um membro do grupo que atua na busca da solução e participa das ações empregadas. É realizada de modo cooperativo ou participativo. Necessita as seguintes condições: (1) A iniciativa parte de um grupo de pessoas que não ocupam altos cargos dentro da organização. (2) Os objetivos são definidos com autonomia. (3) Todos os grupos implicados no problema a ser estudado devem participar do projeto. (4) Todos os grupos têm liberdade de expressão. (5) Todos os grupos são mantidos informados. (6) Todas as ações são negociadas. (7) As equipes internas que promovem a pesquisa são auxiliadas por consultores ou pesquisadores externos.
Pesquisa bibliográfica	Desenvolvida por meio de estudo em livros, artigos científicos e outras publicações de trabalhos já realizados e publicados.
Pesquisa documental	Semelhante à pesquisa bibliográfica, difere apenas no tratamento analítico maior e no tipo de material estudado que também pode incluir levantamento em arquivos de órgãos públicos, instituições privadas e outras fontes ainda não disponíveis ao público.
Pesquisa <i>ex-post facto</i>	O estudo é realizado sobre fatos passados; nele o pesquisador procura identificar as situações que aconteceram naturalmente e trabalha sobre elas como se elas tivessem algum tipo de controle. É mais usada nas ciências de saúde.
Estudo de coorte	Também mais utilizado por ciências da saúde para estudo de grupo de pessoas que tenham alguma característica comum e o que se deseja, após acompanhamento por certo período, observar e analisar o que acontece nesse grupo.
Estudo de campo	Foco em uma comunidade de trabalho, de estudo, de lazer ou voltada para qualquer outra atividade humana. É necessária a presença do pesquisador no campo de estudo pelo maior tempo possível, para ser realmente possível entender como se comporta o grupo em estudo.
Pesquisa participante	É baseada na metodologia de observação participante na qual os pesquisadores estabelecem relações comunicativas com pessoas e grupos da situação investigada com o intuito de serem melhor aceitos. Nem sempre há uma ação planejada, com caráter informal e dialético, com resultados pouco conclusivos e tendência a gerar novos problemas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Algumas técnicas apresentadas no quadro 4.3 são direcionadas a trabalhos em áreas diferentes da Engenharia de Produção, como pesquisa *ex-post facto*, estudo de coorte e estudo de campo. As pesquisas bibliográfica e documental são voltadas ao estudo de livros, artigos e outros documentos – mas também não se aplicam a este trabalho.

O quadro comparativo (4.4) proposto por Martins (1999) considera quatro tipos mais comuns da área, com critérios para escolha do método de pesquisa.

QUADRO 4.4 – Critérios para escolha do Método de Pesquisa.

Característica da Pesquisa	Pesquisa Experimental	Pesquisa de Avaliação	Estudo de caso	Pesquisa-Ação
Presença do pesquisador	possível	incomum	comum	comum
Construção de teoria	possível	incomum	adequado	possível
Tamanho de amostra pequeno	possível	incomum	comum	comum
Variáveis difíceis de quantificar	possível	possível	possível	possível
Fronteiras não pré-definidas	incomum	difícil	adequado	possível
Elucidar casualidade entre as variáveis	adequada	incomum	adequado	possível
Responder à pergunta de pesquisa "como?"	possível	difícil	adequado	possível
Dificuldade de manipulação das variáveis	difícil	possível	adequado	inadequado

Fonte: Martins (1999)

Para definir a técnica a ser usada neste trabalho, foi decidido que:

- haveria a presença do pesquisador durante todas as fases do projeto, devido ao seu livre acesso, fato que não é comum em uma pesquisa de avaliação (*survey*), mas comum ao estudo de caso e pesquisa-ação;

- o tamanho da amostra seria pequeno, incomum para uma pesquisa tipo *survey*, mas não era objetivo deste trabalho a elaboração e o envio de questionários, então a pesquisa de avaliação (*survey*) também foi descartada;

- não foi prevista pesquisa em laboratório nem tão pouco comparar variações de uma característica em relação à outra, portanto também o método experimental não seria adequado; para tanto, deveria ter havido melhor definição da fronteira do trabalho.

- devido à limitação do tempo, a validação do método será baseada em projeto já realizado, sem a possibilidade de interferência no andamento do projeto, que é característica da pesquisa-ação que, por estes motivos também não foi utilizada neste trabalho.

Portanto, considerando o exposto, a técnica escolhida foi o estudo de caso.

4.6 Métodos de coleta de dados

Entre os métodos de coleta de dados, segundo Bryman (1989), os principais são:

- entrevista estruturada: na qual o entrevistador dirige diretamente ao entrevistado perguntas precisamente formuladas;
- entrevista não estruturada: neste caso, uma entrevista informal;
- questionário auto-administrado: o respondente preenche o questionário;
- arquivos de fontes de dados: realizada mais em material existente;
- observação participativa: nela o pesquisador despende tempo fazendo as observações no contexto organizacional;
- observação estruturada: o pesquisador grava as observações dentro de um esquema pré-definido;
- simulação: as pessoas representam a situação real.

Por se tratar de um estudo de caso, a forma de coleta de dados utilizada, além da observação participativa, foi o envio de questionários para avaliação do método proposto para este trabalho.

4.7 Desenvolvimento do estudo de caso

As etapas do estudo de caso, segundo Gil (2002) são as seguintes:

- formulação do problema;
- definição da unidade-caso;
- determinação do número de casos;
- elaboração do protocolo;
- coleta de dados;
- avaliação e análise dos dados;
- preparação do relatório.

O problema a ser estudado foi definido e comentado no capítulo 1 deste trabalho. Quanto à unidade-caso, o problema em estudo está limitado aos resultados do PDP de uma divisão de negócio de uma empresa multinacional.

Os estudos de caso podem ser constituídos tanto de um único quanto de múltiplos casos (GIL, 2002). Para Voss *et al.* (2002), quando se trabalha com menor número é maior a oportunidade de uma observação mais profunda. Yin (1994) afirmou que para confirmar, desafiar ou ampliar uma teoria deve existir um caso com as condições necessárias

para tanto. Ou seja, caso único deve ser usado para determinar se a proposição apresentada é ou não correta. Porém, caso único requer uma investigação cuidadosa para minimizar a possibilidade de ele se tornar rapidamente não representativo (YIN, 1994). Por outro lado, uma pesquisa com múltiplos casos requer mais tempo, metodologia mais acurada para coleta e análise de dados (Gil, 2002), assim como requer mais recursos, bem por isso ela é considerada mais robusta (YIN, 1994).

No estudo de caso único é limitada a possibilidade de generalização de suas conclusões, modelos ou teorias desenvolvidas, mas o estudo de múltiplos casos pode ter sua profundidade de estudo reduzida devido à limitação de recursos e tempo.

Voss *et al* (2002) também fizeram distinção entre caso retrospectivo ou longitudinal, que consideraram como mais valioso, por permitir observação direta enquanto acontece o problema.

Para aplicar o método de participação da produção proposto neste trabalho – devido à limitação do tempo – foi usado um único estudo de caso, retrospectivo, ou seja, pautado em um desenvolvimento terminado.

Após ser definido o número de casos, o passo seguinte é a elaboração do protocolo, que contém o instrumento de pesquisa, métodos, regras gerais e também contém as questões usadas pelos entrevistadores (GIL, 2002 e VOSS *et al.*, 2002). As questões citadas constituem essencialmente as informações que devem ser coletadas na pesquisa (GIL, 2002). As questões levantadas – que ajudaram a justificar a necessidade da elaboração do método da participação da produção – estão descritas como objetivos (tópico do cap. 1) deste trabalho.

No estudo de caso os dados podem ser obtidos pela análise de documentos, entrevistas, depoimentos pessoais, observação participante, entre outros (GIL, 2002; VOSS *et al.*, 2002).

Neste trabalho, para elaboração da proposta (cap. 5), com base na pesquisa bibliográfica (cap. 2 e 3), foi levada a efeito a observação participante natural, visto que o autor trabalha na empresa estudada e, como tal, foi participante do projeto que é objeto do estudo de caso. A verificação da abrangência do método proposto foi realizada por meio de questionários, tanto com perguntas fechadas tricotômicas, quanto com perguntas abertas.

A etapa seguinte, análise dos dados coletados, está apresentada no capítulo 7. A etapa final, preparação do relatório escopo deste trabalho – que neste caso se trata de redação e defesa de monografia denominada Dissertação de Mestrado – consta, principalmente, dos capítulos 5, 6, 7 e 8, por meio da apresentação do método proposto, sua aplicação, verificação de sua abrangência e das conclusões do trabalho.

Yin (1994) propõe critérios para avaliar a qualidade do estudo, que são:

- Validade do constructo: estabelecimento de medidas operacionais corretas para os conceitos em estudo.
- Validade interna (apenas para estudos explanatórios): estabelecimento de relações causais entre as condições propostas.
- Validade externa: estabelecimento do domínio onde os resultados do estudo podem ser generalizados.
- Confiabilidade: demonstração que se as operações do estudo forem repetidas deverão apresentar os mesmos resultados.

A validação interna para as relações causais não é o objetivo deste trabalho e a validação externa para verificação da abrangência do método proposto foi levada a efeito com uso dos questionários. Quanto ao critério de confiabilidade, ele foi apresentado como sugestão para trabalho futuro.

Para validação do constructo, Yin (1994) propõe selecionar o tipo da modificação proposta em relação à situação original; propõe, ainda, que a avaliação efetuada reflita o resultado obtido. O desenvolvimento deste trabalho seguiu essa proposição, pois o método proposto foi avaliado por comparação dos resultados reais obtidos em um projeto com resultados que seriam possíveis, se fosse seguida a proposta apresentada.

4.8 Conclusão do capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as justificativas para as escolhas metodológicas. O quadro 4.5 apresenta o resumo das opções feitas.

Considerando a contextualização e justificativa apresentada em 1.1, foi realizada uma pesquisa bibliográfica (capítulos 2 e 3) e com base nela foi desenvolvido um método para preparação na produção utilizando o desenvolvimento enxuto de produto, descrito no capítulo 5.

No capítulo 6 é descrito um caso de desenvolvimento (6.3) ocorrido em uma divisão de uma empresa química multinacional, chamado de projeto “fita verde”, que não apresentou o resultado esperado em termos de vendas. A seguir é realizada a aplicação do método proposto (6.4) na forma de um estudo de caso único e retrospectivo, ou seja, como seria o desenvolvimento da “fita verde” caso o método proposto tivesse sido aplicado.

QUADRO 4.5 – Resumo das escolhas do Método de Pesquisa

Métodos de Pesquisa	indutivo dedutivo hipotético-dedutivo dialético
Natureza da pesquisa	básica aplicada
Abordagem do problema	quantitativa qualitativa
Objetivos gerais da pesquisa	exploratória descritiva explicativa
Técnica de pesquisa	pesquisa experimental pesquisa de tipo <i>survey</i> ou levantamento estudo de caso pesquisa-ação
Instrumentos de pesquisa	análise de documentos e registros de arquivos entrevistas estruturadas entrevistas não estruturadas questionários observação participativa observação estruturada simulação

Para que a avaliação não ficasse restrita a apenas um caso e uma divisão, foi elaborado e enviado um questionário (apêndice B) a profissionais da mesma empresa, mas em sua maioria de outras divisões, para que pudessem comparar com projetos realizados e verificar a abrangência do método proposto. Os resultados desta pesquisa são apresentados no capítulo 7.

Estes capítulos são apresentados a seguir, assim como as conclusões finais deste trabalho no capítulo 8.

5 MÉTODO DE PARTICIPAÇÃO DA PRODUÇÃO UTILIZANDO O DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO

Este capítulo tem como objetivo propor um método para participação da produção, bem como descrever suas etapas.

A elaboração de um método auxilia a obter uma linguagem comum para comunicação entre as várias funções envolvidas no projeto, além de propiciar o não esquecimento de questões importantes para a manufatura (VAUGHN, FERNANDES & SHIELDS, 2002).

5.1 Método para participação da produção

É desejável que a Produção atue ao longo de todo o processo de desenvolvimento de produto e, até mesmo, que ela tenha um poder maior, inclusive para definir se existe capacidade para manufaturar o produto para, somente então, assumir o fato perante a diretoria ou clientes (SOBEK, 1997). Com base no que está exposto e discutido no referencial teórico, nem sempre é essa a realidade encontrada, o que corrobora a proposta deste trabalho: apresentar um método para participação da produção no desenvolvimento de produto, com visão enxuta, para que a Produção possa avaliar e propor modificações no novo produto uma vez que para ela é transferida tal responsabilidade.

Ward (2007) enfatizou que a entrega de um fluxo operacional pela equipe de desenvolvimento é o principal resultado a ser apresentado e deve orientar o trabalho de preparação da produção; essa visão está discutida em 2.4. Este fluxo operacional deverá acontecer com a eliminação de desperdícios da manufatura, conforme apresentado em 3.2, porém, durante as atividades do PDP, os desperdícios referentes a esse processo também devem ser eliminados porque atrasos e decisões tomadas podem afetar o sucesso do produto – também discutida em 2.4. Essas decisões serão mais eficazes se forem tomadas com base: nas informações compartilhadas pelos integrantes da equipe, consideradas as necessidades dos clientes/mercado, especificações definidas por normas ou outras fontes e consideradas, também, as limitações do processo (2.5).

Alguns trabalhos realizados com propostas de melhoria do PDP (2.7), com a introdução da visão enxuta e as abordagens do STP focam principalmente a necessidade de criar valor; mas também enfatizam a necessidade de criação de fluxo operacional e de adoção do SBCE, durante o desenvolvimento. A participação da manufatura no PDP é considerada

importante; porém, nem sempre é apresentada a forma como isso acontece, como também não há referência do método para preparar a introdução de um novo produto. A existência desta lacuna serviu como motivação para a elaboração de um método específico para a participação da produção, com o propósito de contribuir para que ele ocorra de forma coordenada e alinhada com a mentalidade enxuta.

O desenvolvimento deste método – alinhado aos princípios enxutos, principalmente na visão de criação de valor, entrega de um fluxo operacional, eliminação de desperdícios e melhoria contínua – está referenciado no levantamento bibliográfico exposto nos capítulos 2 e 3 deste trabalho.

A definição de valor, na visão dos interessados no projeto, é um dos pontos principais das propostas apresentadas por Machado (2006) e Pessoa (2007), além de ser um dos princípios do pensamento enxuto (WOMACK & JONES, 2004) e serviram de base para o desenvolvimento enxuto discutido em 2.4. Certamente o ponto inicial para um projeto é o entendimento do que seja valor para os interessados, bem como a definição das métricas que permitirão ao time direcionar o trabalho para a entrega do produto. A equipe busca o entendimento do problema do cliente e a ação a ser executada para resolver este problema, em conformidade com princípio do desenvolvimento enxuto proposto por Mascitelli (2004). Considerando que o projeto está alinhado com a estratégia da empresa (3.1), este deve ser o primeiro passo a ser dado pelo time da Manufatura, vale dizer: entender o objetivo do projeto, o que realmente é valor para o produto e o que deve ser controlado para atingir essa expectativa dos interessados. Por este motivo, esta abordagem foi considerada como inicial (A) para o método proposto.

O resultado de um projeto é a entrega do fluxo operacional (WARD, 2007); para atingir esse resultado, o passo seguinte é buscar o conhecimento desse fluxo, considerando a proposta apresentada pela engenharia para o produto. Essa visão de fluxo operacional (2.4) deve ser a base para avaliar se o projeto irá trabalhar com apenas uma ou com várias alternativas para desenvolvimento; no segundo caso, as mais fracas devem ser descartadas à medida que o projeto avançar em sua execução (2.5).

Após o consenso sobre o número de alternativas que serão avaliadas no projeto piloto, é necessário avaliar, também, se as alternativas de processo existentes são as mais adequadas para o produto, conforme apresentado em 3.4. Depois que os equipamentos estiverem definidos, deverão ser realizados os lotes pilotos para serem executados os ajustes de processo e para que seja permitida a obtenção de produto em equipamento de linha, não em laboratório – conforme recomendado por Rozenfeld *et al.* (2006).

O conhecimento do fluxo operacional e das alternativas de processo, assim como a produção de um lote piloto em equipamento de linha para obtenção de um protótipo, foi considerado como segunda etapa (B) do método proposto, porque estas ações fazem parte do entendimento do produto e processo, que permitirão mapear seu fluxo e planejar a introdução deste novo produto.

Uma vez de posse do conhecimento de uma produção real, o time pode ser reunido (3.8) para mapeamento do fluxo de valor para o produto (3.6 e 3.7); avaliação da sua manufaturabilidade (3.5); verificação dos desperdícios existentes (3.2 e 2.4) e direcionamento das ações para eliminação desses desperdícios e melhoria do fluxo (3.9). Esta foi considerada a terceira etapa (C) do método proposto, para que, ao iniciar a produção de um novo produto, este já esteja integrado à visão enxuta da manufatura, eliminando previamente alguns desperdícios que poderiam comprometer a entrega do resultado desejado para o projeto.

Para assegurar a capacidade do processo e realizar o treinamento para desenvolvimento do pessoal de produção nele envolvido (3.3), deve ser iniciado o *scale up* (ou *ramp up*) de produção. Nesta etapa, considerada a última do método proposto (D), a validação do produto é feita com os interessados no projeto; o qual é concluído com a liberação do produto para lançamento, com a necessária documentação, registro e divulgação do conhecimento adquirido (3.9). Com o produto lançado, tem início o trabalho de melhoria contínua (3.3).

Baseado nesta seqüência foi desenvolvido o método para participação da produção, apresentado na figura 5.1, o qual será explicado nas páginas seguintes.

Procedimento de Preparação da Produção	<p>A – Entender o valor do produto e as métricas do projeto. 1- Detalhar o valor para o produto. 2- Entender as métricas do projeto.</p> <p>B - Analisar fluxo operacional e alternativas de processo e produto. 1- Analisar fluxo operacional. 2- Avaliar as alternativas de processo (3P). 3- Realizar produção piloto para ajustes de processo e validação do produto.</p> <p>C – Avaliar o fluxo de processo. 1- Mapear o fluxo. 2- Verificar manufaturabilidade e eliminar desperdícios.</p> <p>D - Homologar e certificar o produto/processo. 1- Verificar a capacidade do processo. 2- Validar o produto.</p>
---	---

FIGURA 5.1 – Método para Participação da Produção.

Fonte: Elaborado pelo autor

O objetivo do método é realçar pontos que devem ser verificados para que, ao entrar em linha de produção, o novo produto alcance os resultados esperados e não necessite de acompanhamentos e ações especiais após seu lançamento; e que sua produção siga um fluxo simples, coerente com a visão enxuta da Manufatura, sem retrabalhos, estoques intermediários e outros pontos que não agregam valor.

Outro objetivo da proposta é o compartilhamento desta visão enxuta com o time de projeto, para que no trabalho alinhado rapidamente possa ser atingida a meta estabelecida para o projeto de desenvolvimento do novo produto.

O método traz, de uma forma geral, a idéia de envolvimento do time para entendimento do que é valor para o cliente e envolvimento também, na proposição, implantação e avaliação de um plano para eliminar desperdícios e trabalhar em busca de melhoria contínua.

5.2 Detalhamento do método

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), entende-se por fase de preparação da produção aquela fase na qual vai ser verificada a possibilidade de serem fabricados produtos nos volumes definidos nas fases anteriores do PDP, fases essas nas quais o projeto detalhado já foi elaborado, o protótipo foi produzido e homologado e os recursos de fabricação estavam definidos. Ou seja, existe certeza da necessidade dessas atividades e, dado à sua natureza, elas devem ser realizadas anteriormente por serem atividades como adaptações nas máquinas, compra de peças e desenvolvimento de partes componentes do produto. Esta situação pode ser considerada ideal, pois a Manufatura teria participado efetivamente do DP desde o início do projeto. Isto é o que Ward (2007) recomendou: que engenheiros de manufatura sejam designados para trabalhar desde o início do projeto, visto que para esse autor, inovação em manufatura é tão importante quanto inovação no produto. Nem sempre tem sido essa a realidade dos projetos de DP.

Quando a manufatura efetivamente passa a participar do projeto, é necessário que ela tenha acesso às informações referentes às ações anteriores, porque é preciso evitar desperdício de tempo e recursos que, normalmente, são limitados em projetos não alinhados com a estratégia da empresa e/ou sem mercado. Para isso, a manufatura deve fazer uso de documentação e experiência de outros projetos, conforme recomendado por Mascitelli (2004) e mostrado no quadro 3.5 e, também, por Corrêa (2007) em sua proposta de ação para melhoria do PDP, apresentado no quadro 2.13.

A seguir estão comentadas as fases do método, assim como a sua fundamentação.

5.2.1 Entender o valor do produto e as métricas do projeto (A)

O passo inicial para a Manufatura é definir quem, entre seus representantes, irá trabalhar com os demais membros da equipe de desenvolvimento proveniente de outras áreas da empresa; definição essa que deve ser feita desde o início do projeto, aqui o fato é mencionado como reforço, para o caso de ela ainda não ter sido realizada. A principal função do líder da parte da Manufatura é fazer fluir as atividades para que, ao final, seja entregue um produto manufaturável e previsível em termos de custo e qualidade. A Manufatura deve também compartilhar, com toda a equipe do projeto, as limitações, tolerâncias, gargalos, necessidades de investimento e outros pontos importantes na sua visão para desta forma, contribuir na definição do produto e no atendimento às métricas do projeto.

A1 – DETALHAR O VALOR PARA O PRODUTO

Valor é a base do pensamento enxuto, porém, o desenvolvimento somente entregará este valor – traduzido para parâmetros mensuráveis – se atender às expectativas dos interessados (PESSOA, 2006).

A Manufatura deve preocupar-se com o valor considerado para o produto e para seus *stakeholders* (também considerado por Machado (2006) e Pessoa (2006) na proposição de suas metodologias – 2.7), que são todos os interessados neste processo, ou seja, empregados, acionistas, clientes, fornecedores etc. Esta atitude poderá evitar as “armadilhas”, conforme descrito por Murman *et al.* (2002)³ *apud* Pessoa (2006), que podem levar ao fracasso do projeto. Essas “armadilhas” são:

- as “soluções pré-concebidas”, vale dizer, soluções que funcionaram no passado e foram institucionalizadas como “monumentos”, não podem ser alteradas;
- a existência de um poderoso defensor com um interesse pessoal em uma solução;
- a tendência em subestimar as dificuldades para desenvolver uma nova tecnologia, especialmente se isto ocorrer simultaneamente ao desenvolvimento do novo produto ou sistema baseado na referida tecnologia.

³MURMAN, E.M. *et al.* Lean Enterprise Value: Insight New York: Polgrave, 2002

Womack & Jones (2004) afirmaram que, de início, é difícil definir corretamente o valor porque a maioria dos produtores apenas quer fabricar o que já tem produzido e, por outro lado, porque muitos consumidores sabem pedir apenas alguma variação do que têm usado. Por isto, esses autores recomendam que os fabricantes procurem uma forma adequada para conversar com os clientes e entender qual é realmente o valor para o produto em desenvolvimento.

Portanto, este é o primeiro passo a ser dado neste método: entender qual é realmente o valor para o produto. Na realidade, esta informação deveria ter sido obtida pelo solicitante do projeto, normalmente a área de Marketing e já deveria ter sido considerada pela Engenharia na definição inicial do projeto. Mas se esta informação não estiver completa, compete à Manufatura procurar obtê-la com a equipe. Caso o entendimento do que é valor para o cliente, ou para os demais interessados, não esteja adequadamente compreendido, o projeto terá início em lugar errado e chegará em destino errado, conforme alertaram Womack & Jones (2004).

A maneira de conhecer quais são as necessidades e qual o valor esperado para um produto, deve ser feita de acordo com o padrão de cada empresa, uma vez que há várias abordagens disponíveis; porém é fundamental para o time definir precisamente qual é esse valor. Segundo Womack & Jones (2004), esta definição é feita em termos de produtos específicos com capacidades específicas oferecidas a preços específicos mediante diálogo com clientes específicos. Uma forma de obter esta informação, conforme sugere Kotler (2000), é perguntar aos clientes quais atributos e níveis de desempenho eles procuram ao fazer a opção por um produto e como classificam a importância dos diferentes atributos. Segundo este autor, o valor entregue para o cliente é a diferença entre o valor total para o cliente (conjunto de benefícios provenientes do produto, serviços, pessoal e imagem) e o custo total para o cliente (avaliação, obtenção, utilização e descarte do produto).

Segundo Womack & Jones (2004), o valor só pode ser definido pelo cliente final. Portanto, por isso é preciso trabalhar junto ao cliente/mercado para compreender o que realmente eles consideram valor, pois para Morgan & Liker (2006) o cliente é sempre o ponto de partida em um sistema enxuto.

Contudo, Pessoa (2006), afirmou que não basta apenas analisar valor para o cliente, visto que outros interessados (acionistas, órgão reguladores, fornecedores etc.) podem influenciar decisivamente no sucesso no projeto, motivo pelo qual ele sugeriu dar um peso para os interessados, dependendo de sua capacidade de parar ou não o projeto. De acordo com sua proposta, para esta avaliação, considerar 9 (para um alto envolvimento ou interesse no

produto), 3 (médio), 1 (baixo) e 0 (nenhum). Machado (2006) reporta que a correta identificação dos interessados também propiciará o correto balanceamento de suas necessidades, traduzidas em um “pacote de valor” que atenderá às expectativas de todos.

De forma geral, além do cliente principal ou usuário final, é importante não negligenciar a existência de outros interessados, que têm requisitos próprios e que podem afetar o resultado final do desenvolvimento.

Assim, o valor para o cliente pode ser conhecido e detalhado se a equipe tiver:

- a necessidade explicitada do cliente (ou mercado, usuário final) não somente em termos do produto e suas especificações, mas também quanto a custo, condições de entrega etc.

- o entendimento da aplicação, assim como as demais informações relativas ao ciclo de vida do produto.

- os requisitos de outros interessados, principalmente aqueles que podem afetar o resultado do projeto.

Como resultado desta análise são obtidas as principais métricas para o projeto, alinhadas às reais necessidades dos interessados para aquilo que realmente consideram valor.

A2 – ENTENDER AS MÉTRICAS DO PROJETO

Conhecido o valor para o produto, as métricas para o projeto são as características que permitem traduzir este valor de forma mensurável e direcionar as ações da equipe. O acompanhamento e medição dessas métricas irão garantir um produto dentro das expectativas verificadas junto ao cliente ou mercado. Morgan & Liker (2006) afirmaram ser importante comunicar e operacionalizar o valor definido pelo cliente de forma eficiente, por meio da organização de produto, a fim de alinhar todos os objetivos, focar as energias no cliente e eliminar os desperdícios do sistema.

Como referiu Pessoa (2006), nesta fase, ainda não é esperada precisão pontual dos valores definidos, mas restrições quanto a mínimo/máximo e faixas de tolerância, que serão estreitadas com o andamento do projeto.

Considerando que o produto já tinha sido homologado com base na avaliação do protótipo (ROZENFELD *et al.*, 2006), a manufatura deve ter conhecimento dos resultados obtidos na fabricação desse protótipo – no caso ele ter sido feito em laboratório ou em local diferente daquele da produção, ou em qualquer outra situação na qual a Manufatura não esteve envolvida. Além dessas características do produto, para a manufatura se preparar adequadamente e ter uma expectativa de custo e da capacidade de produção, ela precisa ter

algumas informações adicionais, como a demanda prevista, custo objetivo e outras solicitações feitas pelo cliente, mercado ou pelo solicitante.

De posse de todos esses dados, a equipe estabelece a forma como será feita a coleta das informações e como serão realizados os testes de liberação/avaliação do produto, para ser possível relacionar corretamente com o que foi definido pelos interessados do projeto e apresentado em A1. Esta é uma fase importante, pois deixar de avaliar alguma característica necessária para o produto pode levar à rejeição e retrabalho.

A correta definição, entendimento e tradução das métricas facilitarão o andamento do projeto, guiando todo o time em direção ao objetivo.

5.2.2 Analisar o fluxo operacional e as alternativas de processo e produto (B)

Ward (2007) afirmou que no desenvolvimento tradicional, o Marketing cria as especificações; a Engenharia projeta produtos para atender às especificações; a Engenharia da Manufatura define como fazer os produtos; e a Produção tenta executar os planos de manufatura; e cada área reclama que a posterior não executou como solicitado.

A visão do desenvolvimento enxuto é a entrega de um fluxo de valor operacional lucrativo, do qual a Produção é o primeiro cliente (WARD, 2007). Por outras palavras, do ponto de vista do desenvolvimento enxuto, o objetivo é entregar um produto que atenda às necessidades ou que realmente representa valor ao cliente e demais interessados, mas que seja possível de ser feito com consistência e sem desperdícios.

B1 – ANALISAR FLUXO OPERACIONAL

Muitas vezes o foco do projeto está na definição do produto e não no desenvolvimento do fluxo operacional, que é o resultado esperado de um PDP na visão enxuta, conforme descrito por Ward (2007). É necessário identificar o fluxo de valor na tarefa de transformação física, que vai da matéria prima ao produto acabado nas mãos do cliente (WOMACK & JONES, 2004). A figura 5.2 ilustra esta visão enxuta, que é mais abrangente, contrastando com a visão tradicional, na qual a preocupação maior é desenvolver um produto para atender à determinada especificação. Isto pode causar a perda de oportunidades de uma maior abordagem do processo de produção e das alternativas para o produto.

Com o foco dirigido a toda a cadeia, a equipe pode questionar se o projeto será conduzido com apenas uma solução já definida (protótipo) ou se haverá oportunidade de

avaliar outras alternativas. Conforme proposta do SBCE, discutido em 2.5, deve-se trabalhar com um conjunto de alternativas, descartar as mais fracas conforme o andamento do projeto, para poder escolher a melhor. Esta ação deve ser feita preferencialmente antes da chegada de um conceito definitivo para ser introduzido na produção, pois como afirmaram Morgan & Liker (2006), a maior oportunidade para explorar alternativas está no começo do PDP, quando ainda é permitido estudar situações potenciais em projeto, engenharia e manufatura.



FIGURA 5.2 – Visão no fluxo operacional.
Fonte: Ward (2007)

Ainda que esta ação ocorra com atraso, devido ao não envolvimento anterior da produção, esta ação, segundo Morgan & Liker (2006), ela pode conferir benefícios ao resultado do projeto, pois minimiza a necessidade de dispendiosas mudanças de engenharia no decorrer de etapas mais adiantadas do fluxo.

Pessoa (2006) apresentou alguns critérios para adoção ou do SBCE, conforme mostrados no quadro 2.9, que podem ser utilizados para avaliar se convém usá-los neste ponto de andamento do projeto. Mas, se for possível, conduzir o trabalho de qualificação com mais de uma alternativa, para mais tarde selecionar a melhor (ou descartar as mais fracas); isso pode reduzir o tempo para conclusão do projeto e aumentar o conhecimento adquirido pela equipe.

Nesta fase, se ainda não houver participação de fornecedor, ela deve ser estimulada, pois eles podem contribuir com seu conhecimento, desenvolvimento de algum material específico ou com liberação de alternativas de insumos para testes. Também pode ser desenvolvida mais de uma fonte de suprimento, como também mais de uma opção de material do mesmo fornecedor; é recomendável evitar o uso de materiais exclusivos, caso não seja realmente necessário.

Como complemento nesta visão da cadeia, o entendimento das forças competitivas, conforme proposto por Porter (1986) também auxiliam no projeto, por chamar a atenção da equipe para serem verificadas as ações dos concorrentes ou a possível existência de produtos substitutos.

A escolha posterior da melhor opção será dada em função do processo produtivo; obviamente sem esquecer que no final o projeto tem que entregar um produto que atenda à necessidade do cliente final.

Como forma de compartilhar as informações, comprometer o time e planejar as ações, a abordagem A3, apresentada em 3.9, pode ser usada para fornecer uma visão macro do projeto. Segundo Liker (2005), o relatório A3 é uma abordagem disciplinada para a solução de problemas que ajuda a realizar reuniões de maneira eficiente, por ser uma forma de comunicação com o mínimo possível de palavras e com o maior uso de recursos visuais.

Assim, com a visão de todo o fluxo operacional, o trabalho com múltiplas alternativas permitirá que o valor possa fluir por toda a cadeia produtiva com o menor número de desperdícios.

B2 – AVALIAR AS ALTERNATIVAS DE PROCESSO (3P)

O processo de produção deve ser desenvolvido paralelamente ao desenvolvimento do produto, seguindo a proposta do SBCE, ou seja, com troca constante de informações e avaliação de opções possíveis para a manufatura do produto – para atingir o final do projeto com produto e processo desenvolvidos. As especificações devem ser definidas de acordo com aquilo que a manufatura pode produzir, considerando suas tolerâncias, restrições etc.

No caso de já haver um processo estabelecido para a fabricação, conforme tecnologia padrão adotada pela empresa, esta discussão durante o desenvolvimento deve restringir-se à capacidade existente, registros internos e experiência em projetos similares. No entanto, podem ser propostas modificações ou processos alternativos, pois o objetivo é encontrar a melhor maneira de produzir, tanto na visão de qualidade, quanto na de custo.

Como alertaram Morgan & Liker (2006), a compra de novas tecnologias não pode ser justificada apenas na possibilidade de redução de custos, pois as tecnologias devem valorizar as pessoas, jamais substituí-las. O resultado esperado é a introdução de novo produto em fluxo constante, com poucas perdas e paradas de produção.

A avaliação das opções deve seguir o exposto neste trabalho no item 3.4, quando foi abordado o processo 3P e mostrado no quadro 5.1, apenas como exemplo.

QUADRO 5.1 – Critérios de avaliação das alternativas de processo.

	ALTERNATIVAS						
	1	2	3	4	5	6	7
1 - Atendimento ao objetivo de <i>takt time</i> .	9	9	3	3	3	3	1
2 - Compatibilidade com o fluxo de peça única.	9	9	9	3	3	3	9
3 - Mínima necessidade de operação.	9	3	9	1	1	1	9
4 - Sistema a prova de erros (<i>Poka-Yoke</i>).	3	9	3	1	1	1	9
5 - Fácil carregamento (<i>Chaku-chaku</i>), com reduzido número de toques.	3	1	1	9	3	9	1
6 - Auto-descarregamento (<i>Hanedashi</i>), sem a necessidade da intervenção do operador.	3	1	1	3	3	9	1
7 - Mínimo investimento necessário.	9	9	1	9	9	1	1
8 - Requer tempo mínimo para desenvolvimento ou está prontamente disponível.	9	9	1	9	9	1	1
9 - Operação que agrega valor, que reduz desperdícios ou que dá a característica exigida pelo cliente.	9	9	9	9	9	9	9
10 - Permite troca rápida (<i>set-up</i>)	9	9	9	3	3	3	1
11 - Simplicidade, solução que exige poucos elementos e de conhecimento do pessoal técnico.	9	9	9	9	9	9	1
12 - Processo conhecido pelo pessoal técnico da empresa ou de fácil aquisição.	9	9	3	9	9	3	3
13 - Autonomiação (<i>Jidoka</i>), equipamento dotado de "inteligência" para desligar-se quando apresenta problema. Impede que problemas de qualidade sigam no processo.	1	9	1	1	9	1	9
14 - Operação limpa, ou seja, com auto-limpeza ou de fácil limpeza, com reduzidas emissões de resíduos.	9	9	1	3	1	9	1
15 - Ergonômico e seguro	3	9	1	3	9	1	1
16- Requer tempo mínimo de manutenção e também baixo custo das peças de reposição.	9	1	3	9	1	3	9
17 - Exige tempo mínimo de treinamento.	3	1	3	3	1	3	9
TOTAL	115	115	67	87	83	69	75

Fonte: Torres Jr. (2007) e Mascitelli (2004 e 2007).

A pontuação sugerida é para a capacidade de a alternativa atender ao critério, em que: 1 quando esta capacidade é baixa, 3 para média e 9 para alta.

Avaliando o resultado do quadro, são escolhidas as três alternativas com maior pontuação para simulação e avaliação da mais adequada para a produção do processo e atendimento ao fluxo operacional desenhado.

A busca de mais alternativas de processo e a utilização dos fatores de avaliação, mesmo que não resultem em novo processo, poderão ajudar à melhoria do processo existente e aumentar a mentalidade enxuta do time do projeto. Isto porque, o uso dos fatores de avaliação faz com que o processo atual seja questionado e comparado quanto a sua adequação à demanda prevista e, também, a vários outros aspectos como ergonomia, segurança, limpeza, necessidade de treinamento, troca rápida, carregamento e descarregamento etc.

Portanto, o objetivo desta fase é verificar se existe um processo mais adequado para a produção do produto desenvolvido, sem se ater, necessariamente, ao processo existente ou a outro que manufatura produtos similares, pois a melhor alternativa pode ser algo diferente do conhecimento existente para o time até então.

Importante enfatizar que as definições dos processos de fabricação e as especificações dos recursos de fabricação (máquinas, equipamentos e ferramental) têm sua realização recomendável anteriormente à fase de preparação da produção (ROZENFELD *et al.*, 2006), em paralelo ao desenvolvimento do produto. No caso de definições e especificações não terem sido feitas, é recomendável discutir e propor uma alternativa que assegure a forma mais enxuta para a produção.

B3 – REALIZAR PRODUÇÃO PILOTO PARA AJUSTES DE PROCESSO E VALIDAÇÃO DO PRODUTO

Uma vez definido o processo, é o momento de fazer o produto em equipamento de produção, preferencialmente no local em que ele será de fato produzido (ROZENFELD *et al.*, 2006). Esta produção permitirá avaliar o desempenho das alternativas de produto em situação real, assim como permitirá a coleta de dados tanto para análise das características do produto, quanto do comportamento no processo produtivo. Ou seja, poderão ser coletadas informações quanto à produtividade, perdas e outros índices definidos pela equipe.

Esta é uma oportunidade para levar ao conhecimento da equipe de produção os objetivos do projeto, para que ela o entenda e também possa contribuir com sugestões baseadas principalmente em sua experiência com equipamentos e em produtos similares. Conforme Liker (2005), são as pessoas que dão vida ao sistema; a mais efetiva participação delas mais facilmente permitirá a resolução de problemas e a busca de melhoria contínua.

Para realização da produção piloto, deve-se programar o tempo de máquina e obter os materiais previamente listados; também é preciso elaborar um plano para a qualificação do produto considerando as métricas previamente definidas. Isto visa assegurar a cobertura das necessidades da produção e demais pontos importantes para obtenção do produto pronto para lançamento.

A preocupação com os aspectos de segurança, ergonômicos e ambientais também precisa estar garantida neste planejamento, pois são fatores fundamentais para que o produto, após aprovado, possa seguir seu ciclo de vida. Isto porque, conforme afirmou Grievés (2006), a operação deve ser consistente com os métodos de segurança, para permitir que as pessoas realizem seu trabalho várias vezes, com baixo risco de acidente.

Após estas ações, é possível produzir o lote piloto, ou seja, colocar o produto em desenvolvimento em máquinas e equipamentos da produção normal com o intuito de homologar o processo produtivo (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Portanto, os objetivos desta fase são:

- ter um produto produzido em condições normais de operação, ou seja, nos equipamentos que farão a produção normal para os clientes;
- permitir a coleta de parâmetros de processo, que darão subsídios para estudos de capacidade, proposição de melhorias, estimativa de custo e entendimento pela produção do produto em desenvolvimento.
- ter um produto produzido em condições normais de operação para testar e analisar o atendimento às características definidas como de valor;
- avaliar as alternativas escolhidas, para ser feita a opção não apenas com base em características técnicas, mas com mais ampla visão do fluxo operacional.

Os resultados obtidos nesta fase permitirão o mapeamento do fluxo de valor e a avaliação da manufaturabilidade da opção de produto.

5.2.3 Avaliar o Fluxo de Processo (C)

Como comentado anteriormente, a Manufatura é aquela atividade na qual têm sido mais intensos o entendimento e a aplicação das ferramentas do *Lean*. Portanto, ao iniciar a produção de um novo produto, este deve ser adequado ao ambiente enxuto vivido pela Manufatura. Neste ponto, de posse do conhecimento do processo produtivo e do produto por meio da produção piloto, o time poderá avaliar os pontos de melhoria do produto e do processo proposto. Uma forma de realizar essa tarefa é utilizar a idéia do evento *kaizen*,

apresentado em 3.6, ou seja, reunir a equipe para propor ações para melhorar o fluxo. A reunião pode tomar algumas horas, desde que elas sejam suficientes para, após a montagem do mapa de fluxo, ser possível discutir as possibilidades de redução ou eliminação dos desperdícios.

C1 – MAPEAR O FLUXO

Conhecido o processo inicial para o produto em desenvolvimento, o primeiro passo desta fase é construir um mapa do fluxo atual. A função do mapa é permitir que a equipe tenha visão geral do fluxo do novo produto e que possa enxergar as possíveis restrições. A recomendação para fazer mapeamento de fluxo de valor também foi sugerida por Machado (2006) na proposição de sua metodologia e por Hines, Francis & Found (2005) quando estes autores apresentaram uma metodologia para gerenciamento do ciclo de vida do produto.

Essa construção segue o modelo tradicional adotado para a Manufatura enxuta, tendo como referência principal o livro de Rother & Shook (1999) – “Aprendendo a Enxergar”. Mas, conforme proposta apresentada por Campos & Silva (2007), a inclusão da participação das parcelas de custos auxiliam a equipe a ter uma visão mais detalhada das fases de processo e materiais que causam maior impacto no custo final do produto e que representam as maiores oportunidades de ação.

Para incluir essas informações sobre custos, primeiramente deve ser estimado o custo do produto e a participação das matérias primas e das fases de processo. A seguir, esta participação é colocada em cada fase, tanto dos custos de mão de obra e de equipamento, quanto dos materiais usados. Isto é feito com um valor referencial ao custo final do produto. Em uma linha inferior ao mapa, devem ser colocados os valores acumulados, tanto do monetário quanto do percentual, para fazer o acompanhamento e melhorar a visualização pela equipe. A fig. 5.3 exemplifica esta proposta.

Após a análise pela equipe, são colocados também os comentários sobre o fluxo e as alternativas de melhorias, próximo aos locais de ação. Esta análise é feita considerando o que foi comentado neste trabalho em 3.8. Ou seja, a proposta é eliminar o máximo possível daquilo que não agrega valor ao produto, que não faz parte da sua função principal, que apenas agrega custo e reduz sua lucratividade e competitividade.

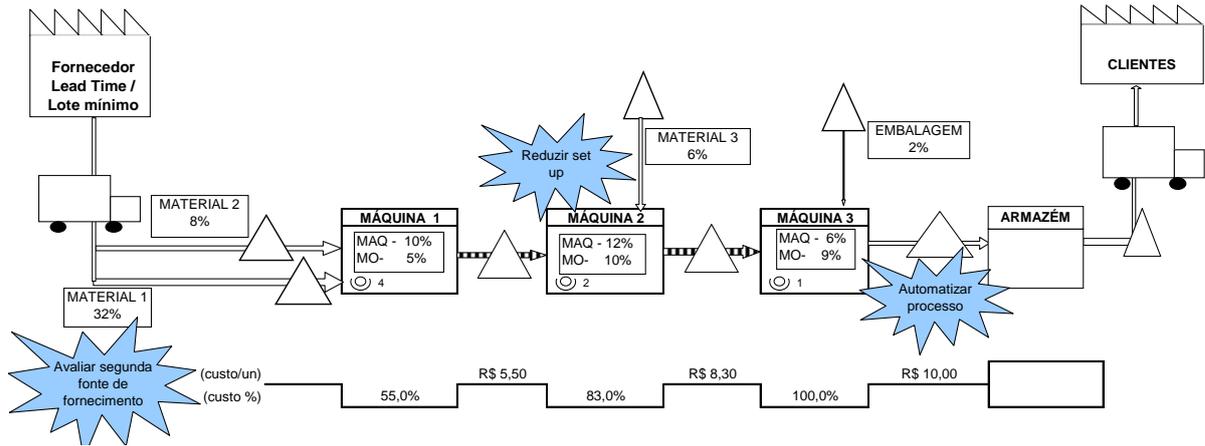


FIGURA 5.3 – Mapeamento com informações de custo.
 Fonte:Elaborado pelo autor.

Também para auxiliar a análise dos pontos de desperdício, pode ser feito o mapeamento das atividades de processo, conforme proposto por Hines & Taylor (2000). Nesse mapeamento podem ser vistos de forma mais clara: passos do processo, tempo gasto, distância percorrida, número de pessoas envolvidas e tipo de fluxo, ou seja, se é operação, inspeção, movimentação ou estocagem. Muitas vezes essa visão de movimentação não é levada em consideração no desenvolvimento, mas afeta diretamente no fluxo, no custo e no tempo total do ciclo produtivo. Um exemplo é mostrado no quadro 5.2.

Passo	Descrição	Equipamento	Distância (m)	Tempo (min)	Pessoas	Tipo de Fluxo			
						Operação ○	Transporte ⇒	Inspeção □	Estoque ▽
1	Cortar peça	Cortadeira		60	1	○			
2	Transportar	Carrinho	20	5	2		⇒		
3	Medir comprimento	Caliper		10	2			□	
4	Armazenar	Saco		70	2				▽
5	Transporte	Carrinho	20	5	2		⇒		
6	Polir face exterior	Politriz		15	1	○			
7	Medir diâmetro	Caliper		5	2			□	
8	Mover para estoque	Carrinho	20	5	2		⇒		
9	Estocar			50					▽
Total	9 passos		60 m	225 min	14	2 vezes	3 vezes	2 vezes	2 vezes
						75 min	15 min	10 min	120 min

QUADRO 5.2 – Mapeamento das atividades de processo.
 Fonte: Hines e Taylor (2000).

Esse quadro apresenta uma visão geral do processo e de alguns desperdícios existentes nas atividades que não agregam valor ao produto, os quais muitas vezes permanecem escondidos, mas afetam custo, tempo de atendimento e qualidade.

Outra análise que deve ser feita é sobre o tipo de equipamento/processo usado e as possibilidades de melhoria que podem ser implantadas, com o objetivo de eliminação de desperdícios e melhoria de fluxo.

C2 – VERIFICAR A MANUFATURABILIDADE E ELIMINAR DESPERDÍCIOS

É necessário assegurar a manufaturabilidade do novo produto. Mascitelli (2004) considera que a reunião do time (evento *kaizen*) para esta avaliação é uma excelente ferramenta para melhorar a comunicação e quebrar as barreiras entre os projetistas de produto e do processo. Esta revisão, conforme proposto por Mascitelli (2004) pode responder às seguintes questões:

1. Quais os processos críticos requeridos para o novo produto?
2. Quais especificações/tolerâncias são difíceis de serem atendidas?
3. Qual a necessidade para novos equipamentos, *layout*, controles?
4. Qual o *takt time*?

Esta revisão pode evitar atrasos no atendimento do projeto e prevenir problemas que poderiam ser vistos apenas quando do início da produção

Com estas informações e conhecido o mapa de fluxo de valor, o time deve avaliar as possibilidades para melhorar o fluxo do produto e eliminar desperdícios. Para direcionar esta atividade, segundo Campos & Silva (2007), a equipe precisa:

1. Identificar quais são as fases do processo que realmente agregam valor ao produto;
2. Ver quais são as fases/materiais que mais afetam negativamente o custo final do produto;
3. Avaliar a possibilidade de eliminar, reduzir ou unir algumas fases, ou mesmo verificar a possibilidade de fazer algumas externamente;
4. Verificar a possibilidade de substituir algumas matérias primas por alternativas mais baratas;
5. Eliminar componentes que não agregam valor à função principal ou secundária do produto;
6. Reduzir movimentação de material e estoques intermediários;
7. Verificar se existe uso de equipamentos exclusivos, preparações especiais, retrabalhos, geração de resíduos etc.

8. Verificar se há gargalos em termos de fornecimento (especificações, limitações de quantidades, tipos de embalagem), manufatura (limitações de produção, produtividade, capacidade) e de produto (especificações, requisitos).

Para organizar o trabalho de levantamento das oportunidades e endereçamento das ações, pode ser usado o método A3 (3.9). Com ele, em apenas uma folha, as ações específicas para resolução de alguns problemas verificados no projeto podem ser compartilhadas por todos os que nele estão envolvidos.

Com todas as ações planejadas, pode ser construído o mapa futuro, que visa dar um direcionamento para onde a equipe quer chegar. As ações devem ser executadas conforme disponibilidade de recursos, mesmo que feitas após o lançamento do produto, mas a sua conclusão é necessária para garantir o fluxo de processo do novo produto.

Esta fase é, portanto, baseada na mentalidade enxuta já comentada no capítulo 3 deste trabalho. A meta é sempre a busca da simplicidade, ou seja, obter um fluxo contínuo, sem desperdícios. Produzir de forma adequada ao processo existente ou a um novo implantado, não restringe inovações, elas são sempre bem-vindas e necessárias, mas apenas busca – quando houver um processo conhecido e equipamentos disponíveis – tornar a produção mais previsível.

Com o mapa de fluxo pronto e ações planejadas para eliminar os desperdícios, a próxima etapa é certificar tanto o produto quanto o processo, agora em maior escala de produção.

5.2.4 Homologar e certificar o produto/processo (D)

Esta fase é tratada em separado por Rozenfeld *et al.* (2006), que consideraram como fase de homologação as atividades de avaliação do lote piloto, dos meios de medição e da capacidade do processo. Na certificação, são descritas como atividades a avaliação das exigências de regulamentação e dos serviços associados, a obtenção da aprovação da documentação e a validação do produto pelo cliente.

Neste trabalho, esta fase é considerada como início da escala de produção, na qual com lotes maiores de produção podem ser coletados dados suficientes para assegurar a capacidade do processo para entregar um produto com características previsíveis e que atenda às expectativas dos clientes.

D1 – VERIFICAR A CAPABILIDADE DO PROCESSO

Rozenfeld *et al.* (2006) descreveram capacidade como a capacidade de um equipamento obter os mesmos resultados (produtos), com a mesma variação de tolerância ao longo do tempo, que aqueles desejados na especificação do produto.

Portanto, apenas uma produção piloto não é suficiente para garantir a capacidade do processo e nem mesmo, assegurar a qualificação do produto. Novas produções em condições similares são necessárias para obtenção de mais dados de processo produtivo para análise e também para permitir melhor treinamento da equipe de produção e demais envolvidos no processo. As quantidades dessas produções dependem da realidade de cada empresa, das características do produto e do conhecimento da equipe em produtos e processos semelhantes. Elas permitem, além de criar esta familiaridade do produto e do processo com a equipe, a execução de pequenos ajustes de adequação no equipamento – se isto for observado como necessário.

Nesta fase, além da medição da capacidade do processo, pode ser analisado o sistema de medição quanto à sua confiabilidade e à avaliação/certificação de fornecedores (ROZENFELD *et al.*, 2006). Também, com dados mais abrangentes, é realizada a revisão das estimativas de custos e a liberação para produção normal.

A Manufatura deve concluir toda a documentação necessária para liberação do produto e processo, como métodos de operação, especificações de produto e outros que garantam o ciclo de vida normal para o novo produto. Todas estas informações devem ser arquivadas para servirem de referência para novos projetos, compartilhando o conhecimento adquirido.

Outra necessidade é a obtenção dos recursos necessários para atendimento às ordens de produção e à adequação ao tipo de programação implantado na área, principalmente se esta já trabalhar com a produção puxada pelo mercado.

D2 – VALIDAR O PRODUTO

Antes da liberação final para produção deve ser feita a validação do produto juntos aos clientes. Validação é a obtenção do cliente final, além da confirmação de atendimento às especificações, da aprovação dos demais atributos esperados por ele, que podem não ter sido escritos ou verbalizados. Muitas vezes estas características apenas são verificadas quando da aplicação com o usuário final. Por isto, é importante que a quantidade produzida durante a fase de aprovação do lote piloto e/ou *scale up* seja suficiente para toda

verificação e validação do produto pelo cliente, no atendimento à aplicação a que foi destinada.

O time deve ser freqüentemente informado das mudanças que acontecem no cenário externo ou nos requisitos dos clientes, para que possa fazer os ajustes necessários para manter a atualidade do projeto. Mudanças não devido a vontades pessoais, mas justificadas por levantamento de dados, resultados de testes, dificuldades observadas e constatação de fatos, que justifiquem a mudança de um rumo acertado pelo time.

Quando da realização do projeto ou mesmo quando das mudanças solicitadas, é preciso haver constante preocupação do time em assegurar o atendimento às exigências de segurança (do produto e da operação), ergonomia e riscos ao meio ambiente, tanto durante sua produção quanto em seu ciclo de vida.

O produto entra no chamado *scale up* ou *ramp up* de produção, ou seja, em um crescente de produção, mas ainda nos primeiros momentos é necessário um acompanhamento principalmente para assegurar o atendimento das métricas do projeto. Após isto, acontece o acompanhamento normal do produto que, por conseqüência de um ambiente dinâmico em que estão inseridas, as empresas/clientes certamente vão requerer novos atributos ou melhorias, que podem vir de novos tipos de uso não imaginados, concorrência, ou mesmo de reclamações. Não se postula voltar à prancheta para correções, mas em obter subsídios para novos produtos ou novas gerações de produtos, provenientes desse retorno do mercado.

5.3 Conclusão do capítulo

A participação da Manufatura no PDP é necessária e deve acontecer no projeto, o mais cedo possível, para que ela traga a visão de criação de fluxo operacional eficiente. A proposta apresentada visa orientar e facilitar a introdução de um novo produto na produção – mesmo que a participação seja tardia – focando os principais pontos da visão enxuta para o desenvolvimento. O time de projeto deve decidir pela melhor forma de implantar o método proposto, conforme a realidade da empresa e do projeto em execução.

As empresas normalmente têm suas práticas de desenvolvimento, mas o objetivo precípua deste método é alertar para alguns pontos que devem ser considerados, principalmente quando da introdução de um novo produto na manufatura; outro objetivo é reforçar a importância de planejar bem, antes de começar a fazer.

6 APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Neste capítulo inicialmente será dada uma visão da empresa/divisão na qual foi feita a aplicação da metodologia proposta. Na sequência será mostrada a aplicação do método em um projeto realizado na empresa.

6.1 Visão geral da divisão/empresa estudada

O local do estudo para aplicação do método proposto é uma empresa química multinacional, que atua em vários segmentos do mercado e está dividida em 6 grupos de negócios. Ela tem subsidiárias em vários países, atua em vários segmentos de mercado com milhares de produtos, sendo que 6% de suas vendas são investidas em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

No Brasil, trabalham mais de 3000 funcionários em suas unidades fabris; o faturamento de 2007 foi superior a 1,7 bilhão de reais. Atualmente cerca de 90 profissionais trabalham na área de Pesquisa, Desenvolvimento e Serviço Técnico no Brasil, a qual está estruturada para atender a divisões das áreas de negócio. O trabalho desses profissionais contribuiu de maneira decisiva para o lançamento de mais de 80 novos produtos em 2006.

Este trabalho está restrito a uma divisão de negócio, na qual o autor tem maior interação. Essa divisão, responsável por aproximadamente 7% das vendas da empresa no país, atua no mercado eletro-eletrônico fabricando tanto produtos vendidos diretamente no varejo como produtos específicos para outras indústrias. Do total de seu faturamento 70 a 80% são provenientes de duas famílias de produtos.

6.2 O PDP na divisão estudada e a participação da manufatura

A área de desenvolvimento desta divisão está dividida em duas áreas de atuação, ou famílias de produtos, com um profissional responsável por cada uma.

Os projetos são conduzidos no modelo de fases, com os *gates* para decidir por sua continuidade ou não, em função de seu alinhamento com os objetivos definidos pelo time quando do início de cada projeto.

Nos últimos dois a três anos não houve lançamento de novos produtos com vendas representativas, fato que preocupou a divisão, devido à dependência de seu faturamento em produtos já bastante maduros.

Se compararmos a realidade da condução dos projetos com o proposto pelo desenvolvimento enxuto, alguns pontos podem auxiliar no entendimento deste cenário. Estes pontos foram obtidos por meio de questionamento (via *e-mail*) a três profissionais da área de desenvolvimento da divisão e apresentados a seguir:

- o que é valor para o produto está mais ligado ao atendimento aos requisitos técnicos e econômicos do produto.

- a identificação da necessidade de desenvolvimento é feita normalmente pelas áreas que têm contato direto com clientes, como vendas, marketing ou serviço técnico. Ou eventualmente, pelas próprias pessoas da área de desenvolvimento.

- no desenvolvimento foca-se basicamente em uma só alternativa, após definido o conceito;

- não é prática utilizar dados de projetos anteriores;

- as condições de processamento são consideradas durante a produção do protótipo em duas situações – quando ele é feito diretamente em equipamentos de produção; ou quando é executado logo após esta fase, na produção piloto.

- a integração efetiva da Manufatura no PDP normalmente ocorre na fase de lote piloto ou mesmo apenas no *scale up* de produção.

- o envolvimento dos fornecedores é mais voltado para fornecimento de materiais.

- o envolvimento dos clientes normalmente acontece somente na validação de protótipo.

Portanto, há oportunidades da inclusão de conceitos enxutos no PDP da divisão, os quais podem contribuir nos resultados. Uma delas é a maior integração da Manufatura no PDP, com a consideração de suas condições de processamento, limitações e capacidade. Muitos outros pontos podem ser considerados como oportunidades de melhorias, como: utilização de dados de outros projetos, trabalho com mais alternativas no início do projeto, envolvimento maior dos fornecedores e clientes. Também um melhor entendimento de desperdício e principalmente de valor no PDP.

Estas reflexões colaboram para a justificativa deste trabalho, pois mesmo sem o envolvimento inicial da Manufatura, esta pode contribuir significativamente não só para melhorar todo o processo mas, quando de sua participação, atuar de forma a corrigir distorções no processo e entregar um produto que atenda aos requisitos do mercado/cliente.

Como exemplo de um projeto desenvolvido recentemente pela divisão, a seguir é mostrado o desenvolvimento da “fita verde”, nome este conferido apenas para referenciar o projeto, dada a necessidade de ter um apelo ambiental, conforme solicitação do cliente.

6.3 O projeto “fita verde”

Em 2005 foi iniciado o desenvolvimento de um produto, chamado aqui de “fita verde”, para o mercado automobilístico. Fita é constituída basicamente de um filme que pode ser de papel, polietileno, polipropileno, PVC, tecido entre muitas outras opções, sobre o qual é aplicada uma camada de adesivo.

A oportunidade surgiu com a solicitação de uma empresa do setor automobilístico para desenvolver um produto que fosse competitivo em termos de custo e tivesse um apelo ambiental. O responsável pelo desenvolvimento após avaliar materiais oriundos de várias fontes naturais, optou por um material proveniente da reciclagem de um material plástico.

O produto final tinha como requisito atender às especificações do já existente produto concorrente além de apresentar os diferenciais já comentados, como custo e apelo ambiental. O resultado obtido do protótipo desenvolvido em laboratório apresentou características próximas às do concorrente, algumas delas superiores, outras não.

A concepção original do produto era:

- recebimento do filme de material reciclado do fornecedor desenvolvido;
- aplicação de um adesivo sobre esse filme em equipamento existente na empresa;
- aplicação de um tratamento antiaderente para evitar o bloqueio da fita, ou seja, impedir que o adesivo aplicado em uma face do filme ficasse aderido à outra, dificultando seu desenrolamento e uso.

Foi solicitada a produção de um protótipo em equipamento de produção, com a aplicação do adesivo por um processo de transferência e com tratamento antiaderente nesta mesma fase de processo. O produto obtido em experiência de produção foi testado no campo pelo cliente, que o aprovou apesar de alguma reclamação quanto ao manuseio. Assim, a equipe liberou o produto para produção inicial e atendimento dos primeiros pedidos.

Nessa produção inicial, realizada em um equipamento diferente daquele usado na obtenção do protótipo, foi constatado ser necessária uma quantidade de adesivo muito superior que o estimado inicialmente e, mesmo assim, não foram obtidas as características

esperadas, além de dificuldades no manuseio do produto final. A causa principal desses problemas era a grande absorção do adesivo pelo filme. Outro problema encontrado foi a aplicação do tratamento antiaderente, realizada agora em uma segunda etapa, insuficiente para evitar o bloqueio do material, ou seja, ainda permaneceu a dificuldade no desenrolamento da fita quando da sua aplicação, gerando a reclamação pelo cliente.

Na produção seguinte para solucionar o problema após a aplicação do adesivo, o material foi transferido para que outra unidade fabril da empresa processasse a aplicação do material antiaderente em quantidade superior ao aplicado na produção anterior, para evitar problemas de manuseio da fita.

Neste processo de aplicação, como o equipamento disponível tinha largura menor que a do filme, houve necessidade de um processo adicional que consistiu em refilar as laterais do filme para ser compatível com o equipamento. Essa situação implicou em processos e perdas adicionais e, por consequência, resultou um produto final com custo muito acima do estimado.

Todas estas complementações ao projeto inicial, além de não produzirem bons resultados no tocante às características de adesão e desenrolamento, implicaram em maior tempo de ciclo e aumento de custo. Esses fatos permitiram que um concorrente apresentasse outra solução mais competitiva, focada principalmente na parcela de custo, o que praticamente eliminou a oportunidade, até então existente para o projeto.

Esse cenário levou a constituição de uma equipe para analisar o problema e apresentar sugestões de mudança. O trabalho realizado serviu de referência para o desenvolvimento da proposta apresentada nesta dissertação, pois a ferramenta usada para análise foi a elaboração de um mapa do fluxo do processo, inserindo os valores de custo nas fases e materiais, para permitir o melhor entendimento.

Foi desenhado o mapa de fluxo do processo, com inclusão dos custos de cada fase e material usado. A finalidade principal foi permitir uma visão geral do processo e identificar os principais componentes/processos com maior impacto no custo final do produto, e mostrar as oportunidades a serem trabalhadas.

Com o mapa montado foram feitas as análises das oportunidades para redução de custo, e as ações propostas foram: eliminar ou unificar fases de processo, substituir filme base para reduzir a quantidade de antiaderente usado e alterar os dimensionais do filme para permitir ganhos de produtividade. Então, sob esta visão, foi montado o mapa futuro.

Em sua maioria, as ações propostas, foram realizadas e as modificações novamente foram validadas pelo cliente; porém como o negócio principal já havia sido

perdido para a concorrência, a escala de produção era pequena, fato esse que impossibilitou que o produto saísse de uma situação de prejuízo – apesar de atender à qualidade e demais métricas da aplicação final. A área de Negócio da Divisão decidiu, então, pela parada de produção desse produto.

6.4 Aplicação do método

O método proposto, neste trabalho, para participação da produção vem ao encontro da necessidade que a Manufatura tem de introduzir um novo produto sem comprometer seu fluxo normal de produção.

Um ponto importante é evitar a ocorrência de retrabalhos que, além de causarem despesas não previstas, comprometem o tempo de projeto e – se os concorrentes forem mais rápidos – podem mesmo levar a perda do negócio.

Considerando o método proposto por este trabalho, descrito no capítulo 5, o projeto fita verde foi reexaminado a fim de verificar a viabilidade e a aceitação desse método como ferramenta útil dentro do processo de desenvolvimento de produto, principalmente na parte de participação da produção. Ou seja, esta é uma aplicação do método de forma teórica, com o objetivo de mostrar sua exequibilidade.

A primeira ação foi a definição da equipe de trabalho, assim composta para a fase de avaliação do produto pelo:

- autor desta dissertação, que atua na área de engenharia de processos e produto, responsável pela família de produtos que inclui a fita verde;
- especialista da área de desenvolvimento de produto e responsável pelo desenvolvimento da fita verde;

Como o método proposto está focado na introdução do novo produto na produção, foram selecionadas estas duas pessoas, por estarem mais relacionadas à proposta e por serem os responsáveis por este projeto na fase avaliada. Ademais, o especialista da área de desenvolvimento participou do projeto original em todas as suas fases, incluindo reuniões com o cliente, validação do produto e realização dos experimentos e ajustes requeridos, e o autor desta dissertação liderou principalmente a adequação do produto original, conforme relatado em 6.3.

A seguir, está apresentado o projeto revisado seguindo as etapas propostas pelo método apresentado no capítulo 5.

6.4.1 Entender o valor e as métricas do projeto (A)

A participação da Manufatura é importante desde o início da concepção do produto, quando a necessidade é trazida do mercado para a empresa. Nem sempre é essa a realidade, freqüentemente a entrada da Manufatura acontece efetivamente na fase de produção do lote piloto. Portanto, neste momento é importante haver uma reunião da equipe envolvida no projeto (Engenharia/Desenvolvimento e Marketing) para que ela compartilhe as informações com a Manufatura, para lhe oferecer uma visão geral do projeto e apresentar as métricas estabelecidas. Essas informações são necessárias para que todo o time compreenda bem qual é o valor para o produto de modo a poder avaliar as alternativas para o processo, conforme o método proposto neste trabalho.

A1 – DETALHAR O VALOR PARA O PRODUTO

Inicialmente é preciso saber qual ou quais são os principais interessados no projeto. A empresa e os fornecedores são interessados no sucesso do produto, mas obviamente o cliente é o principal interessado: no caso estudado o cliente é uma empresa do ramo automobilístico. Então, é importante buscar informações junto aos interessados sobre o valor desejado para o produto em desenvolvimento. Após organizar estas informações, é o momento de dar um peso para os interessados em função de sua capacidade de parar ou não o projeto, e também o relacionamento ao longo do ciclo de vida do produto (PESSOA, 2006).

Neste projeto, os interessados são, principalmente:

- Cliente, que solicitou o desenvolvimento e é informado de seu andamento;
- Área de Negócio, que tem interesse em aumentar a venda em novos produtos para atingir os resultados prometidos à diretoria;
- Desenvolvimento/Engenharia, que tem como sua métrica a entrega de produtos desenvolvidos com resultados financeiros;
- Fornecedor, por ter uma nova alternativa para aumentar vendas;
- Manufatura, para aumento de suas operações, que também contribuem para seus resultados.

Como o projeto partiu de uma oportunidade levantada pelo cliente, para ele foi considerado o maior peso (9), pois todo o foco estava no atendimento a uma aplicação realizada por ele. Outra área com peso alto (9) e com poder de decisão sobre o projeto é a área de Negócio, pois a continuidade ou não está alinhada à estratégia da divisão e ao atendimento das condições de lucratividade. O time de Desenvolvimento/Engenharia pode parar se não

obtiver o produto requerido, conferindo a ele um peso menor (3) nesta decisão, pois sua meta é o desenvolvimento de novos produtos. No caso da Manufatura, o peso é ainda menor (1), porque ela está limitada a sua capacidade de produzir, embora possa haver a alternativa de produção em outras empresas, considerações que valem também para o Fornecedor.

Assim, foi considerado como de valor para o produto, os seguintes itens definidos pelo cliente:

- atendimento às características definidas em três normas de montadoras;
- apelo ambiental;
- custo competitivo, com ganho para o cliente em torno de 20% em relação a solução atual,
- facilidade de aplicação.
- prazo de entrega.

Para a área de Negócio o valor principal era a venda de um produto com a lucratividade atendendo à margem mínima definida pela divisão.

Desta forma, o projeto deve ser direcionado em atender aos pontos considerados de valor para o cliente e para Negócio e que irão compor as métricas do projeto.

A2 – ENTENDER AS MÉTRICAS DO PROJETO

A solicitação do cliente foi pelo desenvolvimento de uma fita como alternativa a uma existente e que, além de um custo menor, trouxesse como diferencial algum apelo ambiental.

No entanto, algumas informações são importantes para direcionar o trabalho da equipe que não estão necessariamente contidas nesta solicitação do cliente. Elas são definidas pela área de Negócio, responsável pelo projeto, e são:

1. Demanda prevista: rolos / ano
2. Custo objetivo: R\$ / rolo (para atender a lucratividade necessária definida).
3. Prazo objetivo: 6 meses.
4. Informações sobre serviço (frequência de entrega e outras solicitações): o cliente solicitou empacotamento a granel e deseja fornecimento semanal.

Foram definidas algumas características dimensionais e, além delas, o produto precisa atender a outras 11 características.

Assim, as métricas do projeto – além do apelo ambiental são: prazo para entrega do produto, custo objetivo e margem de lucratividade, facilidade de aplicação e o atendimento de 11 características técnicas, das quais apenas duas são dependentes do processo; as demais dependem do filme desenvolvido. Nenhuma dessas características está diretamente relacionada ao manuseio do material, ou seja, à aplicação direta, por isso é necessária a inclusão de um teste para reproduzir a forma de uso pelo cliente, e que preferencialmente o teste possa ser feito durante o processo produtivo.

Assim, se ainda não tiverem sido considerados testes que simulem o uso do produto, é importante que eles sejam considerados nesta fase. Estes testes permitem melhor compreensão da necessidade do cliente (definida por ele como facilidade de aplicação) e ensejam a inclusão de controles antes do início da produção piloto.

Como resultado da avaliação do que realmente seja valor para o cliente, foram incluídos dois testes: o teste de desenrolamento mecânico, porque ele simula a aplicação do produto; e um teste de envelhecimento acelerado, isto é, para refletir as condições de transporte e armazenagem o produto é colocado em estufa em uma determinada temperatura e tempo. Esta avaliação deve ser feita durante o desenvolvimento/lote piloto, porque o tempo de estocagem e as condições de transporte podem afetar o manuseio do produto de forma perceptível ao cliente, desse modo, pode levar à sua rejeição.

Ou seja, no total, o produto tem que atender a 16 métricas. As métricas foram colocadas em uma tabela, com suas unidades e valores de objetivo, com a especificação de máximo ou mínimo, conforme a característica. Por serem informações confidenciais para a empresa, esta tabela não é apresentada, além do que em grande parte contém dados técnicos, não necessários para a presente discussão.

O próximo passo é analisar todo o fluxo operacional para atender a estas métricas.

6.4.2 Analisar o fluxo operacional e as alternativas de processo e produto (B)

Conhecidas as métricas para o produto, a nova etapa é entender todo o fluxo operacional para a fita verde, para ser possível à equipe entregar valor ao cliente e aos demais interessados no projeto.

B1 – ANALISAR FLUXO OPERACIONAL

O resultado do PDP, na visão enxuta, deve ser a entrega de um fluxo operacional; a Produção, na qualidade de cliente, deve verificar o que realmente está recebendo – se um fluxo operacional, um produto para fazer ou para tentar produzir. O entendimento de todo o fluxo operacional é fundamental para o sucesso do projeto, uma vez que podem ser exploradas alternativas ainda não estudadas. Por este motivo a fig. 6.1 apresenta uma visão geral do fluxo para este projeto, com o objetivo de apenas mostrar a cadeia de suprimento, visto que informações mais detalhadas são consideradas confidenciais pela empresa.

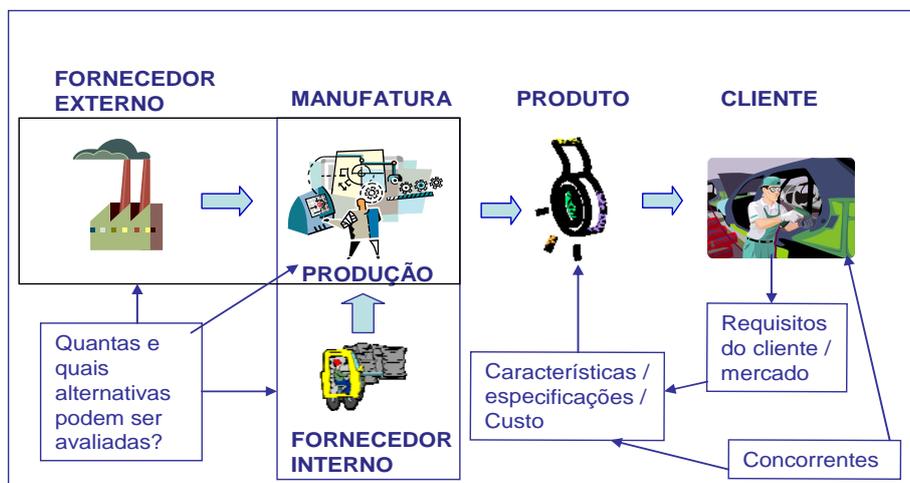


FIGURA 6.1 – Fluxo operacional para o projeto fita verde
Fonte: Elaborado pelo autor.

O entendimento da aplicação e as opções para solução do problema do cliente devem ser vistas logo no início do projeto; da mesma forma, é preciso conhecer o produto em uso do concorrente e, se houver possibilidade, verificar se ele está propondo modificações para o seu produto, ou se está em busca de outra solução. É conveniente pesquisar, também, se existe alguma outra empresa trabalhando com o mesmo objetivo. Todas essas atitudes fornecem informações que podem contribuir para a definição do produto.

Contudo nesta fase, com as métricas do projeto já conhecidas, o objetivo é viabilizar sua produção. No entanto, o time deve considerar mais que uma alternativa para a avaliação em produção para, no andamento do projeto, conforme proposto, poder descartar a(s) mais fraca(s).

Este projeto trata de um material com características especiais – como exigência quanto ao aspecto ambiental – motivo pelo qual a opção recaiu em um fornecedor apenas porque, à ocasião, somente ele era conhecido como possuidor de tecnologia para

produzir e entregar o filme com as propriedades desejadas. Houve, porém, a decisão de serem avaliadas duas alternativas, uma primeira usual na produção desse fornecedor e uma segunda com algumas características específicas solicitadas pelo especialista da área de desenvolvimento.

Também quanto ao adesivo fornecido internamente, para ser possível fazer uma avaliação foram escolhidas duas opções de linha da empresa. O adesivo é responsável por três das características finais do produto, uma delas é muito percebida pelo usuário final – o desenrolamento na aplicação pelo cliente. Por isso, foram realizadas quatro experiências – as duas alternativas de filme combinadas com as duas opções de adesivo – para ser possível optar por aquela que melhor atendesse às características técnicas e ao fluxo operacional.

No caso do tratamento antiaderente, a opção recaiu na avaliação de apenas uma alternativa, por ser tratar de material conhecido e de uso comum em várias outras fitas semelhantes produzidas pela empresa.

Planejadas as alternativas de materiais, é possível, então, avaliar as alternativas de processo, para compor todo o fluxo operacional. Essas opções têm por objetivo reduzir o tempo do desenvolvimento e para abreviar o tempo de introdução na produção. Para melhorar a comunicação e compartilhamento dos objetivos com a equipe, foi montado um A3 para o projeto, mostrado na figura 6.2.

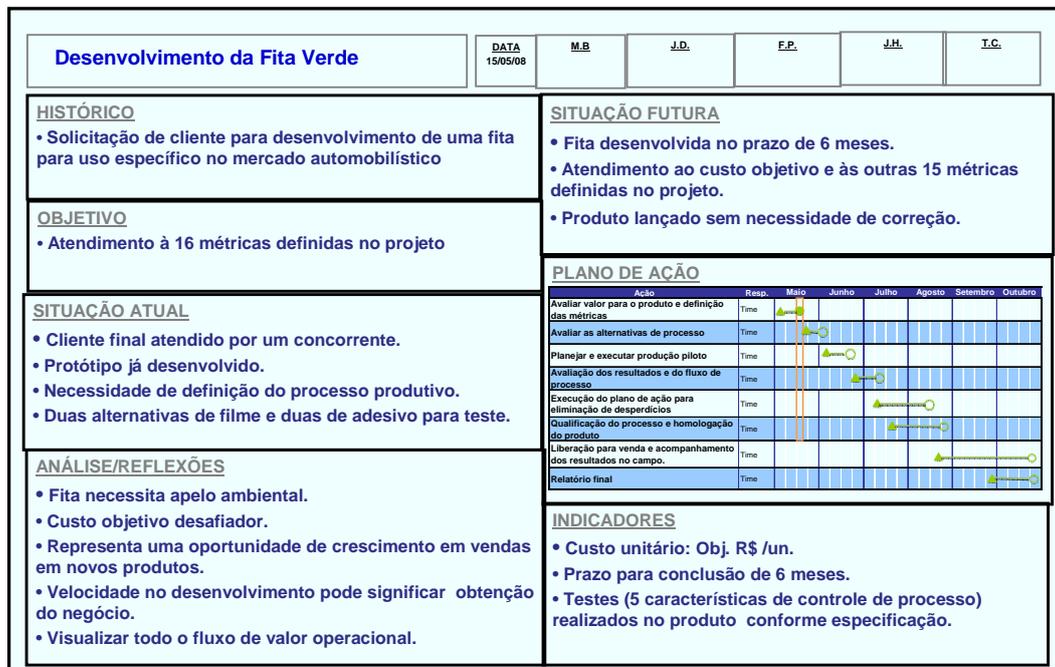


FIGURA 6.2 – A3 para o projeto fita verde.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

B2 – AVALIAR AS ALTERNATIVAS DE PROCESSO (3P)

Antes de iniciar a produção piloto é preciso avaliar qual a melhor alternativa para obter o produto, o que deve ser levado em conta mesmo que haja um processo padrão da empresa, porque o questionamento ou o levantamento de alternativa pode fornecer subsídios para ser obtido um processo mais econômico de produção, ou de um fluxo mais enxuto.

O processo de aplicação do adesivo é necessário para a produção da fita verde, porém ele pode ser feito de várias maneiras tais como: pela aplicação direta sobre o filme (três alternativas conhecidas); por transferência (também três alternativas); por espalmagem e por extrusão. Por se tratar de tecnologia da empresa, as alternativas serão descritas como método A, B e C, sem identificação explícita. A escala adotada é a mesma descrita em 5.2.2.

Realizada a avaliação das alternativas, os resultados são mostrados no quadro 6.1, no qual os processos com maior pontuação são os que usam o processo de transferência A e B. No terceiro, há a aplicação direta B. Estes foram, portanto, os processos escolhidos para simulação.

A simulação, caso haja disponibilidade de equipamentos apropriados, pode ser feita em laboratório, ou em alguns casos em planta piloto ou mesmo no próprio equipamento de produção.

Pelas características das duas opções de filme, a aplicação direta é inviável, porque, devido ao vazamento do adesivo no filme, o produto seria afetado e, assim, não seria possível atender às especificações; ademais haveria, também, maior consumo de adesivo. Vale dizer, essa condição inviabilizaria a introdução do produto na máquina, pois este vazamento, certamente, causaria paradas por quebras, necessidade de limpeza etc.

A aplicação por transferência é a melhor opção, por permitir a secagem do adesivo antes de sua laminação no filme. Como as duas formas de aplicação são viáveis, a escolha foi baseada na disponibilidade do equipamento, por não ser esperada diferença nos resultados entre as opções.

A alternativa 1 foi a escolhida para uma simulação em máquina, com o objetivo de comprovar a viabilidade do produto, por ser esta opção a mais disponível para uso e com menor tempo de preparação, o que justifica sua realização diretamente no equipamento de produção, como um lote piloto.

A necessidade de atender à característica de desenrolamento, a aplicação do material antiaderente no costado do filme será considerada para as duas alternativas de material e adesivo; convém salientar que, por conta das características do equipamento de produção, essa operação acontecerá em uma segunda passagem pelo equipamento. Para fins

de análise, este processo permitirá a retirada de amostras sem o antiaderente, para comprovar sua real necessidade, uma vez que a segunda opção de filme possui um tratamento antiaderente aplicado pelo fornecedor.

QUADRO 6.1 – Seleção das alternativas de processos.

	TRANSFERÊNCIA			DIRETO			EXTR	ESPAL
	A	B	C	A	B	C		
	1	2	3	4	5	6		
1 - Atendimento ao objetivo de <i>takt time</i> .	9	9	9	3	3	3	9	3
2 - Compatibilidade com fluxo de peça única.	9	9	9	3	3	3	9	3
3 - Mínima necessidade de operação.	9	9	9	1	1	1	9	1
4 - Sistema a prova de erros (<i>Poka-Yoke</i>).	3	9	3	1	1	1	9	1
5 - Fácil carregamento (<i>Chaku-chaku</i>), com redução do número de toques.	1	1	1	1	1	1	1	1
6 - Auto-descarregamento (<i>Hanedashi</i>), sem a necessidade da intervenção do operador.	1	1	1	1	1	1	1	1
7 - Mínimo investimento necessário.	9	9	1	9	9	1	1	1
8 - Requer tempo mínimo para desenvolvimento ou está prontamente disponível.	9	9	1	9	9	1	1	1
9 - Operação que agrega valor, que reduz desperdícios ou que dá a característica exigida pelo cliente.	9	9	9	9	9	9	9	9
10 - Permite troca-rápida (<i>set-up</i>)	9	9	9	3	3	3	1	1
11 - Simplicidade, solução que exige poucos elementos e de conhecimento do pessoal técnico.	9	9	9	9	9	9	1	1
12 - Processo conhecido pelo pessoal técnico da empresa ou de fácil aquisição.	9	9	3	9	9	3	3	3
13 - Automação (<i>Jidoka</i>), equipamento dotado de "inteligência" para desligar quando apresenta problema. Impede que problemas de qualidade sigam no processo.	1	9	1	1	9	1	9	1
14 - Operação limpa, ou seja, com auto-limpeza ou de fácil limpeza, e reduzidas emissões de resíduos.	3	1	1	3	1	1	1	1
15 - Ergonômico e seguro	3	9	1	3	9	1	1	1
16 - Requer tempo mínimo de manutenção e baixo custo das peças de reposição.	9	1	3	9	1	3	1	1
17 - Exige tempo mínimo de treinamento.	3	1	3	3	1	3	1	3
TOTAL	105	113	73	77	79	45	67	33

Fonte: Elaborado pelo autor.

A simulação auxilia a seleção e o entendimento do processo e, por sua vez, a realização de teste no ambiente de produção permite o conhecimento das dificuldades. Esta atividade permite ainda correção das opções feitas até o momento, pois o que se busca no

final do projeto, além do atendimento às métricas definidas, é obter uma produção capaz e previsível – que será verificado com a realização de lote piloto.

B3 – REALIZAR PRODUÇÃO PILOTO PARA AJUSTES DO PROCESSO E VALIDAÇÃO DO PRODUTO

A realização do lote piloto requer planejamento, com programação, solicitação de materiais, de tempo de máquina e outras atividades necessárias para evitar perda de tempo durante sua execução. Isto é algo importante porque normalmente esses lotes são realizados em máquinas que produzem outros produtos, cujas produções precisam acontecer nas datas programadas para atender aos pedidos de clientes ou reposição do estoque.

A programação do lote piloto seguiu o roteiro existente na área, ou seja:

- solicitação de tempo de máquina.
- solicitação de compra de material para a experiência, no caso, o filme de material reciclado. Antes de executar essa tarefa, o fornecedor foi avaliado quanto a sua capacidade de fornecimento e de manutenção da qualidade do produto; atividades estas que foram executadas pela área de Compras que, inclusive, avaliou a capacidade financeira da empresa. O fornecedor selecionado para este filme cumpriu todas as exigências necessárias.
- solicitação de produção e verificação de estoque dos materiais produzidos internamente.
- preparação de um método inicial de processo, com as informações de condições de processo, preparações e, também, os testes necessários. Caso não existam os métodos para execução de todos os testes requeridos, estes deverão ser elaborados pela área de Qualidade Assegurada ou outra responsável por tal atividade.

A quantidade estimada para esta produção ainda foi pequena, pois o objetivo principal era avaliar as alternativas existentes, para descartar as que fossem consideradas mais fracas. Outro objetivo era obter um protótipo produzido em linha normal de produção, para ser possível a melhor avaliação das condições de processamento e das características do produto final.

Então para este lote piloto foram consideradas 4 alternativas, combinando as duas opções de filme (descritas como 1 e 2 no quadro 6.2) com as duas de adesivo (também descritas como 1 e 2 no quadro 6.2). A aplicação do antiaderente aconteceu em uma segunda fase, por isso, puderam ser consideradas mais 4 alternativas: com e sem a aplicação do antiaderente. Foram avaliadas 8 amostras, todas com a alternativa de processo 1, a qual foi escolhida, conforme justificado em B2.

Após a realização do lote piloto, o material foi enviado para a fase seguinte do processo, para que, além da retirada das amostras para avaliação, fossem também definidas as condições de processamento para esta fase na qual é feita a conversão do material nas dimensões solicitadas pelo cliente.

Após a coleta das amostras e execução dos testes, foram obtidos os seguintes resultados, mostrados no quadro 6.2.

QUADRO 6.2 – Avaliação do lote piloto.

	FILME	ADESIVO	ANTIADERENTE	AVALIAÇÃO	APROVADO
1	1	1	não	Fita bloqueia. Não permite desenrolamento.	não
2	1	1	sim	Fita falha em um dos testes especificados.	não
3	1	2	não	Fita bloqueia. Não permite desenrolamento	não
4	1	2	sim	Fita não apresenta problema de bloqueio, mas falha em um dos testes especificados.	não
5	2	1	não	Dificuldade de desenrolamento. Necessita um controle muito rígido em uma fase de processo.	não
6	2	1	sim	Fita passa nos testes especificados, sendo que em um deles o resultado está próximo ao mínimo especificado.	avaliar
7	2	2	não	Dificuldade de desenrolamento. Necessita um controle muito rígido em uma fase de processo.	avaliar
8	2	2	sim	Fita passa nos testes especificados.	sim

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para melhor definir a escolha para atendimento às métricas definidas, as amostras foram colocadas em estufa para o teste de envelhecimento acelerado, conforme comentado em A2.

Após este teste, a alternativa 7 também foi reprovada, devido ao aumento da força de desenrolamento, o que certamente provocaria reclamação do cliente. A amostra 6 revelou que dificilmente atenderia de forma consistente a um dos testes especificado, por isso foi reprovada. Por sua vez, a amostra 8, mesmo após este período, manteve suas principais características, mas evidenciou que a característica de desenrolamento devia ser controlada, assim como os parâmetros de processo que a afetam. Por isto esta foi a alternativa que seguiu para validação, neste caso, pelo cliente, uma vez que este desenvolvimento estava sendo realizado em parceria e com o objetivo de atender a um projeto do cliente ainda em andamento.

Portanto, nesta fase foram descartadas as opções que não atendiam plenamente às métricas do projeto, considerando as características técnicas e de processamento.

6.4.3 Avaliar o fluxo de processo (C)

Com o processo e produto escolhidos, o próximo passo foi avaliar o fluxo de processo e buscar prever – antes de o produto ser colocado em ritmo de produção – os possíveis pontos causadores de desperdício que aumentariam o custo do produto; também era preciso propor as mudanças necessárias para que, ao entrar na linha de produção, o produto tivesse fluxo contínuo. Conforme proposto pelo método, esta avaliação pode ser feita na forma de evento *kaizen*; para tanto é muito importante reunir a equipe para mapear o fluxo produtivo, apresentar sugestões que eliminem desperdícios e verificar a manufaturabilidade do novo produto.

C1 – MAPEAR O FLUXO

O mapeamento do fluxo segue o padrão usado pela Manufatura Enxuta, porém ainda sem considerar todos os pontos, como o estoque, por se tratar de um produto em desenvolvimento. Os testes iniciais permitem a coleta de informações quanto ao tempo de processamento, à estimativa de perda de material e à inclusão das informações preliminares sobre custo.

A primeira ação foi montar o mapa atual baseado no conhecimento do time, considerando o processo escolhido. É importante prever os pontos de desperdício, como por exemplo, as fases que tem estoque ou necessidade de muita preparação e movimentação. Desta forma, é possível custear e verificar as oportunidades de redução e/ou eliminação dos desperdícios e, conseqüentemente, contribuir na redução do custo do produto.

No projeto em avaliação, o mapa do fluxo de processo é mostrado no apêndice A. Nele estão incluídas as fases principais do processo, com disponibilidade de tempo, tempo de ciclo, tempo de *set up* previsto, perda estimada e também custo estimado para cada fase. Também são mostrados os locais de estoque intermediário e as movimentações existentes.

Também foram avaliadas as atividades de processo, em uma visão geral da movimentação do produto no fluxo de processo proposto, apresentada no quadro 6.3, que mostra uma oportunidade de redução de movimentação e tempo de estocagem, pois as operações não acontecem na mesma fábrica.

A importância da elaboração do mapeamento do processo é de permitir a visualização de todo o fluxo e, com isto, buscar as oportunidades para eliminação de desperdícios, que foram consideradas na construção do mapa de fluxo futuro, também mostrado no apêndice A.

QUADRO 6.3 – Mapeamento das atividades de processo da fita verde.

Passo	Descrição	Equipamento	Distância (km)	Tempo (min)	Pessoas	Tipo de Fluxo			
						Operação ○	Transporte ⇒	Inspeção □	Estoque ▽
1	Enviar material	Empilhadeira	0,1	60	1				
2	Aplicar adesivo	Máquina 1		240	4	○	⇒		
3	Testar material	Laboratório		15	1			□	
4	Estocar		0,01	10	1				▽
5	Aplicar anti-aderente	Máquina 1		120	4	○	⇒		
6	Estocar		0,01	1440	1				▽
7	Transportar material	Caminhão	200	240			⇒		
8	Estocar			1440	1				▽
9	Mover área produção		0,1	30	1		⇒		
10	Estocar			120	1				▽
11	Enrolar produto	Máquina 2		3000	1	○	⇒		
12	Estocar		0,01	60	1				▽
13	Cortar/empacotar	Máquina 3		1800	1	○	⇒		
14	Inspeccionar	Laboratório	0,02	30	1			□	
15	Enviar para estoque	Empilhadeira	0,1	30	1		⇒		▽
16	Estocar			120	1				▽
Total	16 passos		200,35	8755	21	4 vezes 5160 min	4 vezes 360 min	2 vezes 45 min	6 vezes 3190 min

Fonte: Elaborado pelo autor

C2 – VERIFICAR MANUFATURABILIDADE E ELIMINAR DESPERDÍCIOS

Na avaliação do projeto, também deve ser considerada a manufaturabilidade do produto, verificando alguns pontos importantes para o fluxo do material em produção normal.

Conforme proposta do método, algumas questões podem ser respondidas pelo time, como a seguir:

1. Quais os processos críticos requeridos para o novo produto?

O processo mais crítico é o da aplicação do adesivo sobre o material, mas a aplicação do antiaderente, em uma fase diferente, também irá requerer atenção.

2. Quais são as especificações/tolerâncias difíceis de serem atendidas?

As principais características são dadas pelo material adquirido do fornecedor, portanto, deve ser implantado um controle de recebimento ou deve ser realizado um trabalho junto ao fornecedor para que a entrega seja feita com laudo de conformidade.

Quanto às características dadas pelo adesivo, o controle é normal de linha de produção, assim como o teste de desenrolamento mecânico.

3. Qual a necessidade para novos equipamentos, *layout*, controles?

Não há necessidade de novos equipamentos, modificação de *layout* ou controles adicionais.

4. Qual o *takt time*?

O *takt time* foi calculado e para a demanda prevista não há gargalo de produção.

Foi feita ainda a avaliação do mapa de processo, considerando as questões citadas em 5.2.3., conforme mostra o quadro 6.4.

QUADRO 6.4 – Avaliação do mapa de fluxo.

Questões para avaliação	Respostas / Oportunidades
1. Identificar quais são as fases do processo que realmente agregam valor ao produto.	Aplicação do adesivo.
2. Ver quais são as fases/materiais que mais afetam negativamente o custo final do produto.	O fato de necessitar duas passagens pelo mesmo equipamento (maq. 1), causa grande impacto no custo final. A produtividade desse equipamento é um fator decisivo no custo, afetado principalmente pela quantidade produzida.
3. Avaliar a possibilidade de eliminar, reduzir ou unir algumas fases, ou mesmo verificar a possibilidade de fazer algumas externamente.	Eliminar segunda fase do processo da máquina 1. Para isto, solicitar do fornecedor o filme com tratamento anti-aderente. Processos realizados nas máquinas 2 e 3 podem ser unificados (outro equipamento), mas antes deve ser verificado se não haverá perda de flexibilidade no atendimento aos clientes.
4. Verificar a possibilidade de substituir algumas matérias primas por alternativas mais baratas.	Não verificada oportunidade de melhoria.
5. Eliminar componentes que não agregam valor a função principal ou secundária do produto.	Não verificada oportunidade de melhoria.
6. Reduzir movimentação de material e estoques intermediários.	Mudar local de corte/empacotamento do material.
7. Verificar se há uso de equipamentos exclusivos, preparações especiais, retrabalhos, geração de resíduos etc.	Não verificada oportunidade de melhoria.
8. Verificar se há gargalos em termos de fornecimento (especificações, limitações de quantidades, tipos de embalagem), manufatura (limitações de produção, produtividade, capacidade) e produto (especificações, requisitos).	Pode ser alterada a metragem do produto para aumento de produtividade, reduzir uso de embalagem para reduzir custo. Há riscos de capacidade na máquina 3, devido ao seu compartilhamento com outras famílias de produtos de maior demanda.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com esta avaliação, o time do projeto fez as seguintes observações:

– A aplicação do material antiaderente no filme requer um processo adicional, feito depois da aplicação do adesivo. A situação ideal seria o recebimento deste material com tratamento mais eficiente do fornecedor ou fazer sua aplicação na mesma passagem para eliminar uma fase do processo.

– Após o processo na máquina 1, o material é transportado para outra unidade fabril, para realização do processo nas máquinas 2 e 3. Foi detectada a existência de muita movimentação e estocagem do material, conforme observado no quadro 6.3. A sugestão é a execução deste serviço na mesma unidade fabril, para evitar o transporte entre fábricas.

– Nesta mudança, comentada anteriormente, os processos realizados nas máquinas 2 e 3 poderiam ser substituídos por um processo único, o que reduziria também, o tempo de processo. Porém, antes é preciso avaliar se não haverá perda de flexibilidade para alterações de medidas do produto final, o que poderia afetar o negócio.

Com estas alternativas, foi montado o mapa futuro (apêndice A) que contém ações que serão executadas com a definição da prioridade da unidade e da estratégia da divisão para o produto.

6.4.4 Homologar e certificar o produto/processo (D)

Uma vez definidos o produto e o processo produtivo, é chegada a hora de homologar o produto, confirmando sua manufaturabilidade. Com o produto produzido em condições reais de produção é possível realizar os testes para comparação com o projetado, certificar a capacidade produtiva e dar atendimento aos requisitos estabelecidos pelo projeto.

D1 – VERIFICAR A CAPABILIDADE DO PROCESSO

Por se tratar de produto novo, mas com processo conhecido, e sem haver ainda previsão de alta demanda, a opção foi pela realização de duas produções com quantidade de 20 a 30% da demanda estimada. Outro motivo que pesou para esta opção foi o econômico – evitar a alocação de muitos recursos financeiros em um produto ainda novo e focado em apenas um cliente. Com estas produções foram obtidas:

– as condições do equipamento (velocidade, temperaturas) para aplicação do adesivo, e ainda as informações para produtividade e perda do processo, fatores críticos para o custo deste produto;

– as condições do equipamento (velocidade, temperatura) para aplicação do material auto-aderente no costado do filme, e ainda as informações para produtividade e perda do processo;

– as condições do equipamento para enrolamento (tensão de enrolamento considerada como ponto crítico para controle), corte (visual) e empacotamento do produto e, também, as informações para produtividade e perda do processo;

Assim, com os dados mais reais, foi possível:

– revisar o estudo de custo;

– avaliar a repetibilidade do processo;

– avaliar a capacidade do atendimento às características definidas pelo projeto.

Por serem processos conhecidos da empresa, não apresentaram problemas quanto as suas condições de operação, capacidade (considerando a demanda prevista) e repetibilidade. Os resultados obtidos permitiram conhecer condições de controle de processo importantes, que evitarão a ocorrência de problemas após a liberação para lançamento do produto, problemas esses que causam retrabalhos e por vezes, a perda do negócio.

Outro resultado importante foi a obtenção de amostras do produto em condições reais de produção.

D2 – VALIDAR O PRODUTO

Com o produto agora produzido em equipamentos normais de produção, devem ser feitos os testes requisitados pelo projeto/cliente/mercado. Muitos destes testes não são de linha de produção e são feitos em laboratórios específicos, internos ou externos. Eles são necessários para assegurar o atendimento do produto a todos os requisitos específicos definidos no início do projeto, como por exemplo, o atendimento às normas das montadoras.

A confirmação dos resultados dos testes no produto, obtidos nas produções de qualificação, garantiram o atendimento às métricas do projeto. Todas as modificações propostas durante o projeto asseguraram também fluxo mais constante com menor número de desperdícios no processo.

Por se tratar de uma análise de aplicação do método proposto – e considerados os resultados obtidos e discutidos neste capítulo – a fita obteve aprovação em todas as métricas definidas no início do projeto e em seu atendimento à necessidade de aplicação. O custo será atingido se demanda prevista for real.

Com estas informações, o produto foi liberado para produção, lançamento e venda. Todos os dados obtidos durante este processo devem ser armazenados como histórico e para futura consulta quando do acontecimento de novos projetos, evitando o desperdício do conhecimento.

6.5 Conclusão do capítulo

A utilização do método proposto mostrou que ele está em conformidade com a abordagem dos temas principais do desenvolvimento enxuto e demonstrou, também, ser capaz de agir para redução dos desperdícios de tempo e material durante a introdução de um novo produto na Produção – considerando o exemplo de aplicação proposto. Comparando o

desenvolvimento real e o revisto, levando-se em conta as fases propostas pelo método, as diferenças observadas são mostradas no quadro 6.5.

QUADRO 6.5 – Comparação entre o projeto real e o projeto revisto

		Real	Revisto
A1	Detalhar o valor para o produto.	Foi considerado o valor para o cliente, solicitante do produto.	Foi considerado o valor para o cliente (solicitante do produto) e área de negócio.
A2	Entender as métricas do projeto.	Considerados os requisitos definidos pelo cliente, demanda e custo objetivo.	Além destes considerados no real, foram apontados o prazo e os requisitos da aplicação.
B1	Analisar fluxo operacional.	Foco no produto. Apenas uma alternativa por vez	Foco no fluxo operacional. Múltiplas alternativas
B2	Avaliar as alternativas de processo (3P).	Processo existente e disponível.	Avaliação das alternativas, mas consideradas alternativas existentes e disponíveis.
B3	Realizar produção piloto para ajustes de processo e validação do produto	Piloto com apenas uma alternativa por vez.	Piloto com múltiplas alternativas. Descartadas as que não atenderam os requisitos.
C1	Mapear o fluxo	Realizado após conclusão do PDP. Para viabilizar continuidade do produto.	Realizado durante o PDP.
C2	Verificar manufaturabilidade e eliminar desperdícios.	Realizado após conclusão do PDP na tentativa de viabilizar continuidade do produto.	Realizado durante o PDP. Verificadas as oportunidades e tomadas as ações.
D1	Verificar a capacidade do processo.	Ajustes realizados à medida do surgimento dos problemas.	Realizado duas produções de qualificação. Definidas condições de processamento.
D2	Validar o produto.	Testes e validações realizados.	Testes e validações realizados.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Desta abordagem diferente para o projeto de desenvolvimento da fita verde, os benefícios principais encontrados são:

– redução do tempo: contra um tempo do projeto original de mais de um ano para a fase avaliada, o tempo estimado nesta nova abordagem é de 6 meses, devido principalmente ao tempo para:

- recebimento da matéria prima (20 a 30 dias);
- tempo para realização de lote piloto, limitado pela disponibilidade do equipamento (15 a 30 dias) e avaliação das amostras, visto que alguns testes são realizados em laboratório externo (30 a 45 dias);
- tempo para atividades de planejamento, mapeamento e outras realizadas para direcionar o projeto (15 a 30 dias);

- produção para homologação e certificação do produto (45 a 60 dias).

– redução de perdas e gastos com materiais e tempo de experiência: com a abordagem de múltiplas alternativas o gasto com experiências é menor, pois várias delas podem ser realizadas ao mesmo tempo aproveitando a preparação da máquina, utilizando uma quantidade menor de material;

– introdução de um novo produto com um processo mais ajustado à mentalidade enxuta da produção, com redução (ou plano de ação elaborado para isto) de estoque, de movimentação e outros desperdícios.

Os pontos principais do método proposto que colaboram com o resultado, avaliando as diferenças apresentadas no quadro 6.5, foram:

- entendimento das métricas, considerando a aplicação;
- abordagem com várias alternativas;
- visão do fluxo operacional;
- mapeamento do fluxo de valor.

Pelo exposto neste capítulo, a diminuição do tempo e a redução de possíveis defeitos na aplicação do produto, a fita verde poderia estar no mercado antes da reação da concorrência – fato que asseguraria o atendimento aos objetivos do projeto.

7 AVALIAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

O capítulo anterior narra que o método foi aplicado na revisão de um projeto realizado, com o objetivo de constatar sua viabilidade. Para que a avaliação do método não ficasse restrita a um caso específico e apenas a uma divisão da empresa, por meio de um questionário foi solicitada a opinião de profissionais de diversas divisões quanto a avaliação do método proposto, opinião essa baseada na experiência em projetos de desenvolvimento de produto dos quais tivessem participado. Portanto, objetivo deste capítulo é apresentar os resultados dessa pesquisa.

7.1 Pesquisa de avaliação do método

O estudo de caso (cap. 6) levou em consideração um projeto realizado em uma divisão da empresa em pauta, para avaliar os benefícios que o método – utilizando conceitos de desenvolvimento enxuto – poderia ter trazido em sua execução. Conforme salientado anteriormente, para a avaliação não ficar restrita a apenas um projeto e uma divisão, o artifício utilizado foi a confecção e aplicação de um questionário enviado a profissionais de diversas divisões da empresa, profissionais esses que, sabidamente, têm conhecimento das práticas do desenvolvimento de produto e/ou ambiente de manufatura. A eles foi solicitado que avaliassem a aplicabilidade da proposta apresentada, por meio de comparações, com um projeto recente, do qual tivessem participado ou dele tivessem conhecimento.

O questionário em questão foi respondido por onze profissionais, a saber: cinco atuam na área de Manufatura, cinco na área conhecida na empresa como Técnica (Laboratório / Desenvolvimento) e um integra a área de Marketing.

Aos onze profissionais que compõem a amostra selecionada, foi enviado via *e-mail* o referido questionário de avaliação baseado no método (Apêndice B) acompanhado do texto do capítulo 5 desta dissertação, para ser o norteador da temática. Com o objetivo de fornecer mais ferramentas aos respondentes, também lhes foram encaminhados os dois capítulos de Revisão Bibliográfica para, se necessário, ser referencial de consulta.

Este método teve o objetivo precípuo de verificar a aplicabilidade de cada fase do método, bem como seus benefícios e dificuldades, para haver mais subsídios quando da implantação em outros projetos de desenvolvimento. Outro objetivo era, com base nas respostas, propor modificações no método para sua melhor aplicação futura em projetos da divisão/empresa.

O questionário (Apêndice B) consta de duas questões fechadas com três alternativas e outras duas questões abertas. Os resultados são comentados no próximo item.

7.2 Resultados da pesquisa de avaliação do método

As respostas recebidas foram compiladas e são comentadas a seguir, passo a passo do método.

A1- DETALHAR VALOR PARA O PRODUTO

O detalhamento do valor para o produto foi considerado integralmente em projetos trabalhados em 36% das respostas e apenas parcialmente em 45%. No entanto, a aplicação integral é considerada viável por 100% dos respondentes da pesquisa. A figura 7.1 apresenta as respostas de avaliação da proposta para esta fase do método.

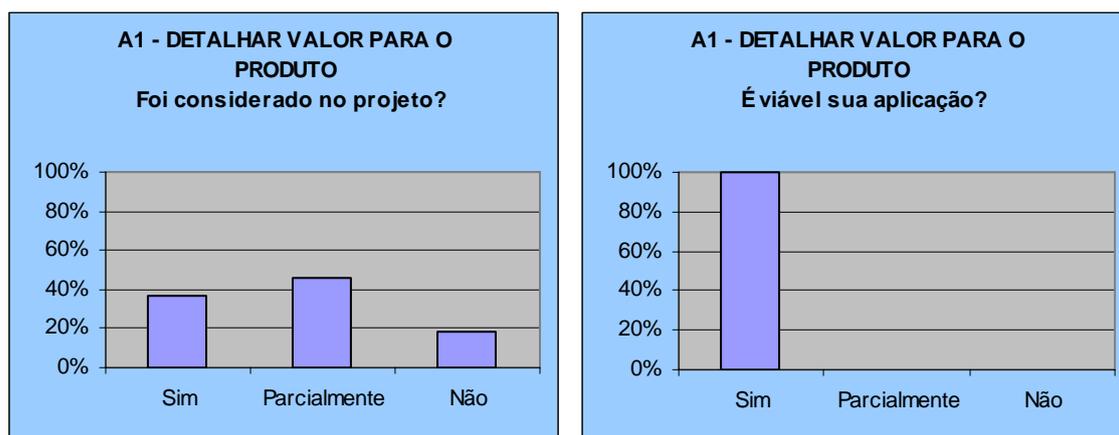


FIGURA 7.1 – Avaliação da fase de detalhamento de valor para o produto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A definição de valor pelo cliente é um dos princípios do pensamento enxuto, por isso é essencial o seu entendimento e aplicação em projeto de desenvolvimento de produto. Essa necessidade foi reconhecida pelos profissionais que responderam o questionário; os benefícios da aplicação dessa fase do método são apresentados a seguir, conforme as respostas recebidas:

- priorizar a necessidade de entendimento de valor pela equipe;
- permitir à empresa investir apenas no que será percebido como valor pelo cliente, reduzindo desperdícios de tempo e investimento;

- modificar a forma de surgimento de muitos projetos de novos produtos, que nascem com uma visão superficial da necessidade do cliente, o que reduz a chance de sucesso destes projetos;

- conduzir a uma definição de objetivo/métricas mais correta, visto que atualmente muitos atributos necessários para o novo produto são perdidos e, por consequência, o valor não é entendido;

- permitir o desenvolvimento de um produto que realmente atenda às necessidades dos clientes e que tenha, ainda, as características que internamente na empresa sejam julgadas mais adequadas;

- evitar desenvolvimento na forma de tentativa e erro;

- reduzir retrabalho;

- saber escutar e interpretar a voz do cliente;

- entender o valor para o cliente permite reduzir o tempo de validação e introdução no mercado.

O fato de esta fase ser reconhecida como viável, mas mesmo assim não ser aplicada integralmente, indica a existência de barreiras para sua execução, as quais, segundo os respondentes, são:

- dificuldade em quebrar o paradigma em usar soluções pré-concebidas do que seja valor para o produto/cliente;

- cultura de imaginar ter conhecimento pleno das necessidades dos clientes, muitas vezes sem conversar com eles;

- solicitações recebidas não contemplam todos os interessados e, por vezes, são dadas de forma simplificada, sem a devida especificação do que realmente seja valor para o produto/cliente/mercado.

- busca de redução dos prazos de desenvolvimento, podem, perigosamente, levar a equipe a falsas soluções;

- falta de ferramenta adequada para buscar e interpretar a informação;

- alterações da percepção de valor durante o projeto sem o devido conhecimento da equipe, ou mesmo sem que haja comunicação alguma;

Conforme as respostas do questionário, esta fase é necessária e está adequada para o método pois contribui para reduzir tempo e desperdícios, mas a principal barreira para a sua plena aplicação nos projetos advém do uso de soluções pré-concebidas ou da atuação de um forte defensor de uma idéia, que são as “armadilhas” descritas por Murman *et al.* (2002) *apud* Pessoa (2006) e comentadas neste trabalho em 5.2.1. Outras barreiras – como falta de

ferramenta adequada, alterações durante o projeto e solicitação incompleta – foram listadas como causas de desperdícios por Pessoa (2008) e mostradas no quadro 2.6.

A2- ENTENDER AS MÉTRICAS DO PROJETO

Conhecido o valor, o próximo passo é entender as métricas do projeto, que devem traduzir o que realmente seja esse valor na percepção do cliente/mercado. Esta abordagem foi considerada como integralmente utilizada em 45% das respostas; outras 45% apontaram o uso parcial e apenas 10% referiram que não fizeram uso dela no projeto considerado como referência para avaliação da proposta. A figura 7.2 apresenta as respostas tanto para a consideração em projeto como da viabilidade da fase do método. A aplicação parcial reportada por 20% dos respondentes foi devida ao fato de eles a considerarem mais adequada para produção contínua do que para produção em bateladas.

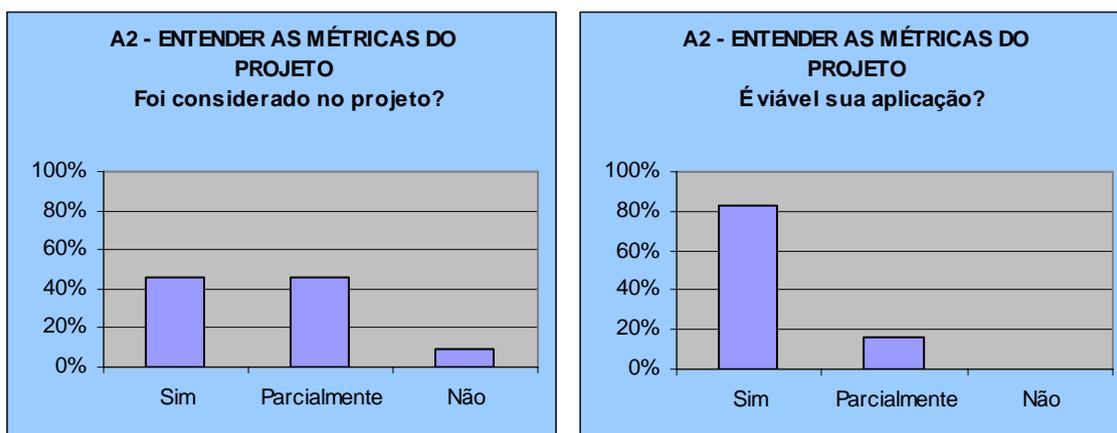


FIGURA 7.2 – Avaliação da fase de entendimento das métricas do projeto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na opinião dos entrevistados, são os seguintes os principais benefícios desta fase do método na introdução de um novo produto na produção são:

- conseguir mensurar exatamente o que seja valor para o produto, na percepção do cliente/mercado;

- poder incluir os objetivos da produção;
- permitir o projeto ser guiado para um objetivo definido;
- facilitar a introdução do produto na produção;

Como barreira para aplicação desta fase, as respostas foram para o fato de:

- haver valores não mensuráveis;

– as métricas virem do valor, se ele não for corretamente conhecido e traduzido, poderá indicar objetivos não condizentes com a necessidade do mercado/cliente;

Contudo, três respondentes afirmaram não terem encontrado dificuldades, o que nos permite concluir da necessidade deste passo, porém com poucas restrições, mesmo porque ele tem sido usado em grande parte dos projetos.

B1- ANALISAR FLUXO OPERACIONAL

O principal objetivo do desenvolvimento de produto – na opinião expressa por Ward (2007) – é a entrega do fluxo operacional. Apesar de a aplicação desta fase ter sido considerada viável por 100% dos entrevistados, em 55% dos projetos avaliados isto não ocorreu. A figura 7.3 apresenta as respostas na avaliação do proposto por esta fase.

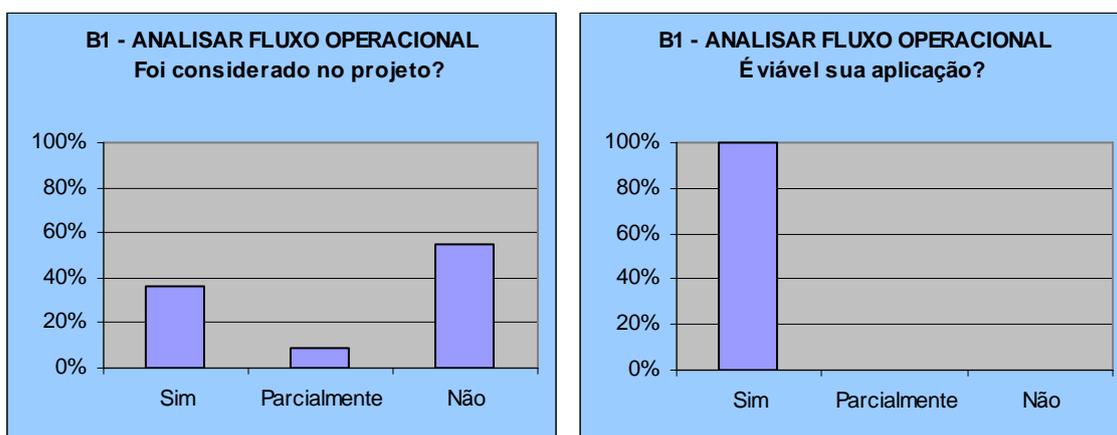


FIGURA 7.3 – Avaliação da fase de análise do fluxo operacional.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Isto demonstra a existência de barreiras para sua aplicação, conforme as respostas recebidas:

- falta de convencimento de que essa visão realmente possa ajudar no sucesso do projeto;
- falta de participação da manufatura, fornecedores e outros interessados desde o início do projeto;
- concentração da área de desenvolvimento que, normalmente, lidera o projeto apenas na obtenção de um produto, sem a visão do processo de fabricação;
- cobrança por tempo e resultados, que não permite a atenção para todos os pontos;
- mudanças durante o projeto, sem a devida revisão do processo produtivo.

A importância da participação da manufatura desde o início do projeto de desenvolvimento de um novo produto tem sido comentada em todo este trabalho, reforçando o proposto pela literatura. Quanto a participação do fornecedor no PDP, esta necessidade foi apresentada no capítulo 2, principalmente em 2.2 com base em Rozenfeld *et al.* (2006); em 2.6 em Sobek, Ward & Liker (1999) e, também, nos quadros 2.10 e 2.13. Por outro lado, os benefícios indicados pelos respondentes foram, principalmente, a:

- escolha racional e otimizada da cadeia de fornecimento do produto ao cliente;
- redução de desperdícios e de retrabalhos;
- visão geral do processo.

A visão do fluxo operacional permite o conhecimento de quais áreas devem ser envolvidas no projeto e, desta forma, permite entender o valor para todos interessados e melhor avaliar a alternativa para o processo produtivo.

B2- AVALIAR AS ALTERNATIVAS DE PROCESSO (3P)

A avaliação de alternativas de processo apesar de ter sido referida como não utilizada por 55% dos respondentes, foi considerada viável por 100% das respostas, conforme mostra a figura 7.4.

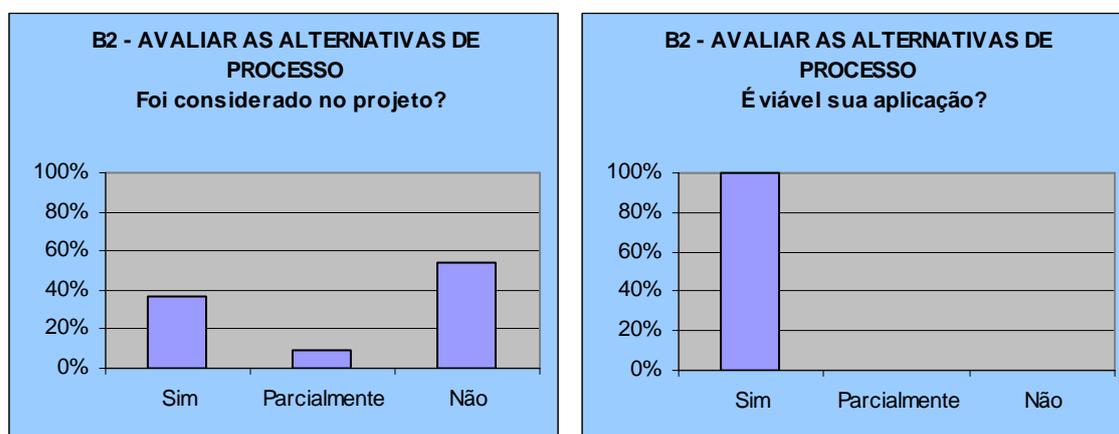


FIGURA 7.4 – Avaliação da fase de análise das alternativas de processo (3P).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Benefícios na sua aplicação:

- significativa redução de custo para o novo produto devido ao desenvolvimento de alternativas;
- otimização do processo;
- obtenção de um processo adequado para o novo produto.

As dificuldades para a aplicação, apontadas pelos entrevistados, foram:

– esta fase geralmente não é realizada no início do projeto, devido à falta de tempo;

– baixo envolvimento da manufatura nas fases iniciais do projeto;

– trabalhar com mais que uma solução pode demonstrar falta de confiança;

– subestimar a complexidade do projeto;

– não haver possibilidade de verificar todas as alternativas.

Via de regra, os projetos são mais focados nos equipamentos existentes e na tecnologia dominada pela empresa, motivo pelo qual costuma ser negligenciada a busca por alternativas. Nem sempre existe, por parte das empresas, a disposição de investir em equipamentos ou em tecnologias para um produto que não tenha sido suficientemente alardeado como de total sucesso.

B3- REALIZAR A PRODUÇÃO PILOTO PARA AJUSTE DE PROCESSO E VALIDAÇÃO DO PRODUTO

A realização de lote piloto é a atividade mais comumente empregada nos projetos de desenvolvimento de produto e mais utilizada nos projetos existentes (73% das respostas); esse método deve continuar em uso por ser considerado viável (80% das respostas), por contribuir para viabilizar a entrega do produto e por melhorar os resultados do projeto. A figura 7.5 apresenta as respostas na avaliação do proposto para esta fase.

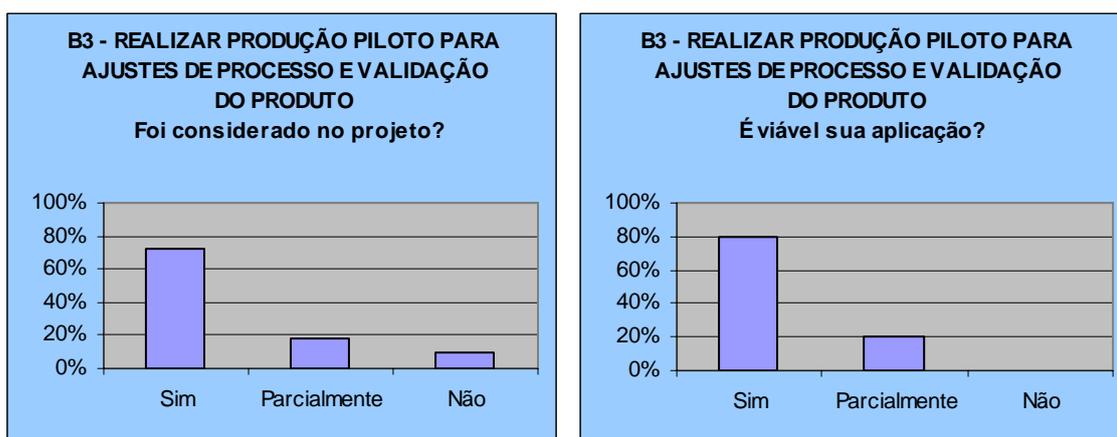


FIGURA 7.5 – Avaliação da fase da realização do lote piloto para ajuste de processo e validação do produto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O maior benefício, segundo as respostas ao questionário, é a possibilidade da obtenção do produto em equipamentos normais de fato que além de possibilitar conhecer a variabilidade do processo, permite planejar as próximas ações e estimativa de custo.

A maior dificuldade apontada pelos respondentes foi a falta de disponibilidade de equipamentos, porque eles costumam estar dedicados a outros produtos de linha, problema que foi antecipado por Rozenfeld *et al* (2006) e comentado neste trabalho em 3.5.

C1- MAPEAR O FLUXO

O mapeamento do fluxo é o passo do processo com menor uso (70%) nos projetos avaliados, mas 75% dos respondentes demonstraram interesse em utilizá-lo. A figura 7.6 apresenta as respostas na avaliação do proposto por esta fase.

Apesar de não ser uma atividade de rotina, o mapeamento foi reconhecido como uma oportunidade de melhorar o projeto de desenvolvimento de produto, por trazer como benefícios:

- visualizar antecipadamente as possíveis restrições do fluxo de processo;
- encontrar os desperdícios no fluxo e propor melhorias;
- entender o todo;
- garantir produção consistente em sua melhor configuração de processo, inventário, qualidade e custo.

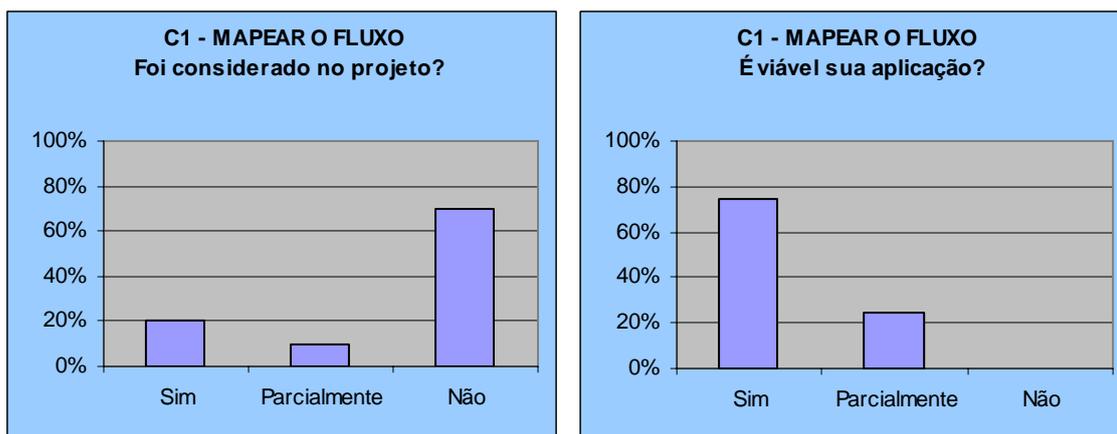


FIGURA 7.6 – Avaliação da fase de mapeamento do fluxo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A não realização desta fase nos projetos de DP atuais está relacionada à falta de hábito ou cultura para execução deste mapeamento nesse processo. Essa atividade mais

comumente é executada por engenheiros da manufatura naqueles produtos que já estejam em linha de produção.

C2- AVALIAR A MANUFATURABILIDADE E ELIMINAR DESPERDÍCIOS

A avaliação da manufaturabilidade e o trabalho de eliminação de desperdícios são ações já realizadas integral ou parcialmente nos projetos e, portanto, são considerados como viáveis. Isto está mostrado na figura 7.7.

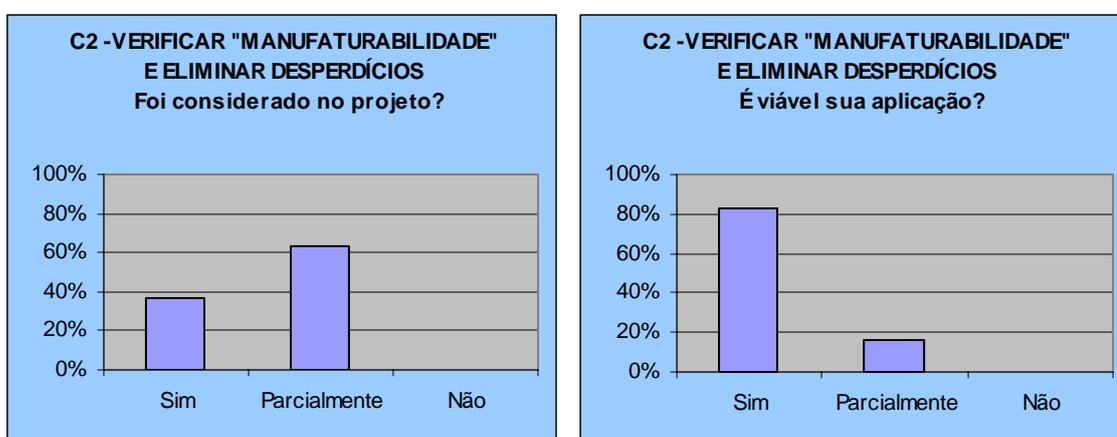


FIGURA 7.7 – Avaliação da fase de verificação da manufaturabilidade e eliminação de desperdícios. Fonte: Elaborado pelo autor.

O benefício desta abordagem é acelerar a curva de aprendizado da produção e torná-la mais robusta, permitindo uma visão concreta da viabilidade da produção, conforme respostas ao questionário.

A dificuldade apresentada para implementação integral desta fase está ligada à falta de um método específico para sua aplicação ou é devida ao fato de o foco estar mais voltado à entrega do produto. Ou seja, neste caso há falta da visão de entrega de todo o fluxo operacional como resultado do PDP.

Porém, esta fase é importante para garantir a consistência do processo de produção e por permitir atingir o fim do projeto com produto e processo desenvolvidos, conforme respostas recebidas e de acordo com o recomendado por Mascitelli (2004).

D1- VERIFICAR A CAPABILIDADE DO PROCESSO

A verificação da capacidade do processo foi considerada como viável por 100% dos respondentes, os quais apontaram como dificuldade realizar uma produção em grande escala antes do lançamento para obter dados mais abrangentes para este estudo. Por vezes, a necessidade do lançamento do produto leva a redução desta fase ou ela é levada a efeito de forma apressada. Os respondentes disseram que ela é usada em 55% dos projetos realizados, conforme apresenta a figura 7.8, e apontaram como benefício desta fase, a possibilidade de confirmar que os equipamentos são capazes de produzir e entregar ao mercado um produto dentro dos limites estabelecidos.

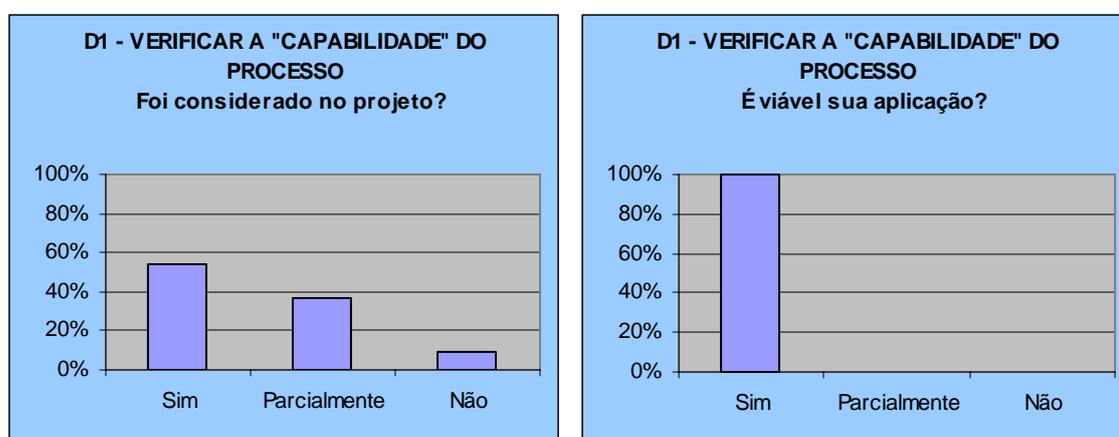


FIGURA 7.8 – Avaliação da fase de verificação da capacidade do processo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

D2- VALIDAR O PRODUTO

Esta é a fase mais praticável: 91% dos respondentes afirmaram ter utilizado a validação do produto em projetos realizados recentemente. Assim, obviamente, 100% dos respondentes classificaram como viável a implantação desta fase do método, conforme mostra a fig. 7.9.

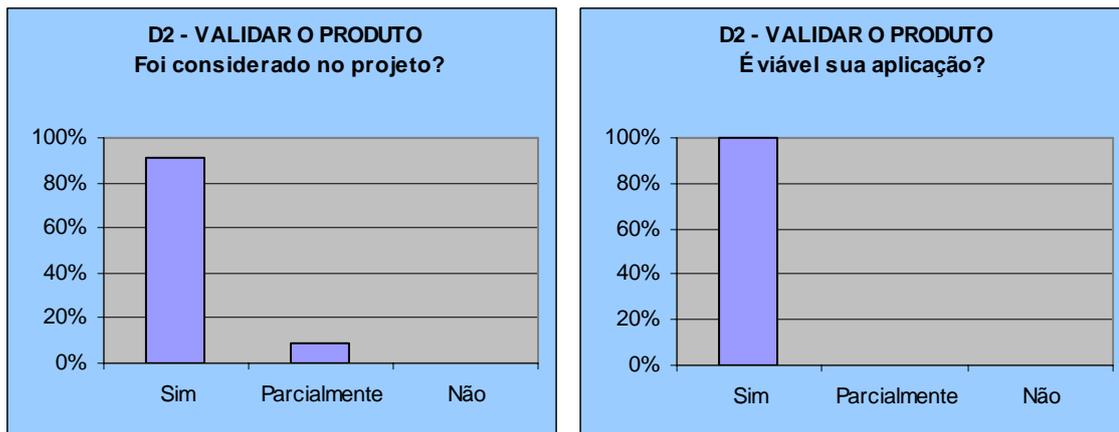


FIGURA 7.9 – Avaliação da fase de teste e validação do produto.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Como benefícios desta fase do método, foram indicados os seguintes pontos:

- verificar a necessidade de ajuste antes do lançamento do produto;
- garantir que o projeto atingiu o objetivo;
- garantir a participação do cliente no processo, o que além de poder confirmar o atendimento aos requisitos definidos, pode fazer aumentar o relacionamento.

Na realização dessa fase pode ocorrer a dificuldade de escolher clientes que realmente representem a necessidade geral do mercado. Pode haver, também, a amostra de tamanho insuficiente, quer por desconhecimento da clientela, quer por falta de recursos, quer ainda, pela metodologia de escolha da população amostrada ou do universo abarcado.

O fato importante é a realização desta fase, conforme apontado pelo resultado da pesquisa, com a validação conjunta do resultado do PDP.

7.3 Conclusão do capítulo

Não foi percebida grande divergência nas opiniões dos pesquisados da área de Manufatura e da área de Desenvolvimento. Exceção feita à pergunta sobre a análise do fluxo operacional que apresentou mais respostas negativas por parte da Manufatura, indicando que, na opinião dos respondentes desta área ou essa análise não foi realizada ou a visão do fluxo operacional não foi trabalhada como um todo.

Por outro lado, para a pergunta sobre avaliação das alternativas de processo há mais respostas negativas provenientes da área de Desenvolvimento, fato que pode sugerir que na área Técnica não foram estudadas outras alternativas para fabricação do produto em desenvolvimento, considerando os projetos avaliados.

A última questão da pesquisa arguiu sobre a viabilidade de aplicação do método proposto, com 100% das respostas positivas.

Os principais motivos apontados que justificam esta aprovação foram:

- ser uma sistemática de trabalho que engloba todos os pontos críticos para o lançamento de um novo produto;
- permitir o entendimento da cadeia como um todo, desde o fornecedor até o cliente;
- auxiliar no alinhamento entre manufatura e laboratório (engenharia);
- verificar a compatibilidade entre a voz do cliente e a voz do processo;
- definir de forma adequada as métricas em função de um “pacote de valor”;
- Conseguir aliar a velocidade da Manufatura Enxuta (conceitos *Lean*) com a consistência da Estatística (Seis Sigma).

Oportunidades de melhorias também foram sugeridas, pois a implantação do método proposto pode apresentar algumas dificuldades como: falta de disciplina ou de engajamento da equipe, custo elevado para experimentos ou realização de lote piloto, pressão para terminar o projeto mais rapidamente. Algumas das oportunidades apontadas foram:

- reduzir o número de fases, com a união das fases de verificação da manufaturabilidade e da capacidade;
- realizar atividades em paralelo;
- propor a verificação da eficácia após o lançamento do produto, listar os pontos fortes e fracos para uso em projetos futuros;
- criar um banco de dados para contemplar as fases do método, as quais formarão um histórico para posterior consulta.

O método proposto, conforme as respostas ao questionário, está coerente com os princípios enxutos, é viável e sua aplicação pode trazer benefícios para a empresa quanto à redução de desperdícios, alinhamento com a estratégia da empresa, busca da melhoria contínua, atendimento ao que realmente significa valor na percepção do cliente.

8 CONCLUSÕES

As conclusões deste trabalho serão apresentadas em três seções. Na primeira será verificado o atendimento ao objetivo apresentado inicialmente. Na segunda serão feitos os comentários finais sobre os principais resultados obtidos por este trabalho. E na terceira, serão sugeridas pesquisas futuras que têm relação ao tema discutido neste trabalho.

8.1 Avaliação geral do objetivo

Este trabalho teve como objetivo geral propor um método para participação da produção no desenvolvimento de produto, baseado na visão enxuta. Este objetivo foi atingido. A proposta está apresentada no capítulo 5 e sua aplicação no capítulo 6.

Uma questão foi colocada no início deste trabalho:

– Como a aplicação de um método de participação da produção para introdução de um novo produto, utilizando conceitos do pensamento enxuto, pode contribuir para a melhoria de um projeto de desenvolvimento de produto?

A aplicação do método apresentada no capítulo 6 evidenciou várias oportunidades para uma diferente visão do projeto, que o levaria a uma redução ou quase eliminação do retrabalho e ações de correção que aconteceram no projeto original. O seguimento do método para este projeto traria uma redução do tempo total gasto e permitiria a entrega do produto antes da ação da concorrência. Os pontos principais que reforçam esses resultados são:

- entendimento do que realmente é valor para o cliente e demais interessados;
- visão de todo fluxo de valor;
- mapeamento do fluxo operacional para eliminação de desperdícios.

O método enfatiza os principais princípios da visão enxuta e ao abordá-los no projeto, permite que a Manufatura participe e implante essa visão, que muitas vezes já faz parte do seu cotidiano, e que a compartilhe com as demais áreas da empresa.

8.2 Comentários finais sobre os principais resultados do trabalho

A contribuição a ser destacada deste trabalho é a apresentação de um método para participação da manufatura no PDP. Novos produtos representam boas oportunidades de crescimento para a empresa; para a Manufatura existe a possibilidade de novos investimentos, diluição de custos etc. A participação da Manufatura no PDP deve ser efetiva, para que estas

oportunidades sejam aproveitadas e tenham sua produção implantada em um fluxo constante – sem interferências que possam comprometer os demais produtos. A visão enxuta vem ao encontro desta necessidade, pois realça não somente a importância do entendimento de valor para o produto mas, também, de fluxo e busca de melhoria contínua.

O método proposto utiliza conceitos e métodos do pensamento enxuto, as quais podem ser usadas não somente no PDP, mas também para avaliar produto já em produção. Mesmo usadas separadamente, podem trazer benefícios, como a visão de todo o fluxo operacional e o mapeamento com visão em custos para direcionar ações da equipe na simplificação do processo produtivo e, evidentemente, na redução de custos. Não que elas devam ser usadas apenas como ferramentas ou técnicas, mas como alternativas para introdução da visão enxuta na empresa.

O método também contribui para a transferência do conhecimento sobre a cultura *lean* para as demais áreas envolvidas no PDP, pois ele é baseado em princípios enxutos, como valor (A1), fluxo (A3 e C1) e perfeição (C2). A visão na busca da simplificação e eliminação dos desperdícios é transmitida em evento *kaizen* ou em reuniões da equipe, assim como abordagens do desenvolvimento enxuto, em trabalho com múltiplas alternativas e na adequação do produto ao processo definido. O ponto principal é mostrar a importância de o resultado do PDP ser a entrega de um fluxo operacional e não apenas um produto que atenda a especificações definidas.

Quanto à aplicação na empresa estudada, as respostas ao questionário reforçam a necessidade do método e a atualidade da proposta, o que permitiu uma visão mais abrangente do PDP e o entendimento das necessidades da Manufatura pelos demais membros da equipe. Alguns comentários recebidos foram:

- “A metodologia consegue ir muito além do simples desenvolvimento do produto em si, convidando-nos a pensar no processo de agregação de valor ao longo da cadeia estendida”.
- “A metodologia é coerente e pode ser implantada”.
- “Considera todas as etapas de produção de um novo produto, fornecendo ferramentas e informações para se quantificar cada etapa”.

Portanto, a sugestão é a utilização do método proposto de forma completa como um complemento à metodologia para o PDP existente na empresa, na procura de reforço principalmente na questão de entendimento do valor para o cliente e demais interessados. Caso não seja possível, mesmo a aplicação parcial de tópicos do método proposto pode contribuir para os resultados dos projetos, destacando as seguintes abordagens:

utilização de várias alternativas durante o desenvolvimento com descarte daquelas que apresentam resultados inferiores ou não asseguram o atendimento às métricas definidas; mapeamento de fluxo e a busca da eliminação de desperdícios, principalmente com a simplificação do processo; redução de preparações especiais, materiais e/ou processos exclusivos etc.

Mas não só internamente este método pode ser aplicado, pois como comentado anteriormente, o tema “Desenvolvimento Enxuto de Produto” é atual e tem despertado interesse nas empresas. Isto pode ser comprovado pela inclusão deste tema como uma das sessões do *Lean Summit 2008*. As apresentações foram mais direcionadas para a aplicação do 3P para modificação de *lay-out* na manufatura e no projeto de uma nova unidade de produção; uso de engenharia simultânea; racionalização de processos administrativos; implantação de células de trabalho e controle visual de projetos. Mas demonstra o interesse pelo entendimento desse tema, ou seja, ir além do conhecimento limitado ao *Lean Manufacturing*, expandindo a Cultura *Lean* para outros processos da empresa.

8.3 Sugestões de pesquisas futuras

Considerando os resultados e os comentários apresentados neste trabalho, algumas possibilidades para pesquisas futuras poderão ser consideradas após a sua conclusão, como:

- Utilização do método proposto em um projeto de desenvolvimento desde o seu início e/ou na introdução do novo produto na produção;
- A aplicação do método em outras empresas para verificar a abrangência da proposta;
- Inserção deste método em uma abordagem mais ampla do processo de desenvolvimento de produto na visão enxuta, não apenas na preparação da produção;
- Realização de estudos sobre o conhecimento e a aceitação do pensamento enxuto entre os engenheiros e demais profissionais envolvidos diretamente no PDP, não apenas os que exercem suas atividades na área de Manufatura.

Outra sugestão de trabalho é a própria revisão do método proposto com sua simplificação, conforme sugestão recebida, para torná-lo ainda mais adequado à realidade do PDP e às necessidades das empresas para a obtenção de novos produtos com redução de

tempo e de uso de recursos. Principalmente, um método que resulte em entregar produtos que atendam ao que realmente significa valor na visão do cliente e sejam produzidos em um fluxo operacional que atenda a demanda do mercado.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, D. M. **Design for manufacturability & concurrent engineering**: how to design for low cost, design in high quality, design for lean manufacture, and design quickly for fast production. Cambria: CIM Press, 2004.

ARAÚJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta. **Revista Gestão Industrial**, v.02, n.2, p.133-142, 2006.

BALLÉ, F.; BALLÉ, M. **Lean Development**: a knowledge system. February, 2005. 31p. Disponível em <http://www.leaninstituut.nl/publications/lean_development_system.pdf>. Acesso em: 24/10/2007.

BAUCH, C. **Lean product development**: making waste transparent. 2004. 132p. Tese (Doutorado) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

BOZDOGAN, K. *et al.* **Transitioning to a lean enterprise**: a guide for leaders. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 2000.

BRYMAN, A.. **Research methods and organization studies**. London: Unwin Hyman, 1989.

CAMPOS, T. R.; SILVA, S. L. **Mapeamento do fluxo do produto para projetos de redução de custos**. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Outubro 2007, Foz do Iguaçu. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2007.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. **Managing new product and process development**: text and cases. New York: Free Press, 1993.

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

COOPER, R. G. **Winning at new products**: accelerating the process from idea to launch. 3.ed. New York: Perseus Publishing, 2001.

COOPER, R. G. **Winning at new products**: pathways to profitable innovation project. In: PMI Research conference, 2006, Montreal. Proceedings... Newton Square: Project Management Institute, 2006.

CORRÊA, F. C. **Propostas de melhoria para o PDP de uma empresa de máquinas agrícolas com base no modelo de PDP da Toyota**. 2007. 201p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n.2, p. 220-240, 2002.

EMILIANI, M. L.; STEC, D. J. Leaders lost in tranformation. **Leadership & Organization Development Journal**, v. 26, n.5, p. 370-387, 2005.

FIORE, C. **Accelerated product development**: combining lean and six sigma for peak performance. New York: Productivity Press, 2005.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.152-194, 2002.

FREITAS, H.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa survey. **Revista de Administração**, São Paulo, v.35, n.3, p.105-112, 2000.

FREIXO, O. M. **Incorporação da gestão dos custos do ciclo de vida ao processo de desenvolvimento de produto da Embraer**. 2004.188p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRIEVES, M. **Product Lifecycle Management**: driving the next generation of lean thinking. New York: McGraw-Hill, 2006.

HARTLEY, J. R. **Concurrent engineering**: shortening lead times, raising quality, lowering costs. Portland: Productivity Press, 1992.

HINES, P.; FRANCIS, M.; FOUND, P. Lean product lifecycle management. Cardiff, UK: **CUIMRC Working Paper Series**, 2005.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 24, n.10, p. 994-1011, 2004.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean**: a guide to implementation. Cardiff, UK: Lean Enterprise Research Center, 2000.

HOWARDELL, D. **Seven skills need to create a lean enterprise**. Arcadia, CA, 2005.

HUTHWAITE, B. **The lean design solution**. Mackinac Island: Institute for Lean Design, 2004.

JOBO, R. S. **Applying the lessons of “lean now” to transform US aerospace enterprise.** Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2003.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Mapas estratégicos: convertendo ativos intangíveis em resultados tangíveis.** 6. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

KATO, J. **Development of a process for continuous creation of lean value in product development organizations.** 2005. 206p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2005.

KENNEDY, M. N. **Product development for the lean enterprise: why Toyota’s system is four times more productive and how can implement it.** Richmond: The Oaklea Press, 2003.

KOTLER, P. **Marketing de A a Z: 80 conceitos que todo profissional precisa saber.** Rio de Janeiro: Campus, 2003.

KOTLER, P. **Administração de marketing: a edição do novo milênio.** 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KOUFTEROS, X.; VONDEREMBSE, M.; DOLL, W. Concurrent engineering and its consequences. **Journal of Operations Management**, v19, issue 1, p. 97-115, 2001.

LEAN SUMMIT 2008. São Paulo: Lean Institute Brasil. 2008. (CD de apresentação)

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K.; HOSEUS, M. **Toyota culture: the heart and soul of the Toyota way.** New York: McGraw-Hill, 2008.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **The Toyota way fieldbook: a practical guide for implementing Toyota’s 4Ps.** New York: McGraw-Hill, 2006.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O talento Toyota: o modelo Toyota aplicado ao desenvolvimento de pessoas.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

LOVRO, A. **Aplicação do pensamento lean no desenvolvimento de produtos.** Disponível em < http://www.lean.org.br/bases.php?interno=comunidade_artigos> Acesso em: 16/08/2008.

MACHADO, M. C. **Princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos: proposta de uma metodologia para implementação.** São Paulo, 2006. 247p. Tese (Doutorado

em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MARTINS, R. A. **Sistemas de medição de desempenho: um modelo para estruturação do uso**. 1999. 248p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MASCITELLI, R. **The lean design guidebook: everything your product development team needs to slash manufacturing cost**. Northridge: Technology Perspectives, 2004.

MASCITELLI, R. **The lean product development guidebook: everything your design team needs to improve efficiency and slash time-to-market**. Northridge: Technology Perspectives, 2007.

McMANUS, H.; HAGGERTY, A.; MURMAN, E. **Lean engineering: doing the right thing right**. In: 1st. International Conference on Innovation and Integration in Aerospace Science, Agosto 2005, Belfast. Proceedings... Belfast, CEIAT, 2005.

McMANUS, H. L.; MILLARD, R. L. **Value stream analysis and mapping for product development**. In: 23rd International Council of the Aeronautical Sciences Congress, Setembro 2002, Toronto, Proceedings... Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2002.

MEIRELLES, H. T. **O processo de capacitação para produção enxuta: estudo de caso na Volvo Brasil**. 2007. 197p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **The Toyota product development system: integrating people, process, and technology**. New York: Productivity Press, 2006.

MORGAN, J. **Applying Lean Principles to Product Development**. ASTM International's Business Link. Spring 2002. Disponível em: <<http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/BIZLINK/BusLinkA02/morgan.html?L+mystore+xkwz4376>>. Acesso em: 28/março/2008.

MURMAN, E. M.; WALTON, M; REBENTISCH, E. **Challenges in the better, faster, cheaper era of aeronautical design, engineering and manufacturing**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2000.

NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F.; SILVA, A. L. **Implantando técnicas e conceitos da produção enxuta integradas à dimensão de análise de custos**. Disponível em <http://www.numa.org.br/gmo/arquivos/artigo.doc>. Acesso em: 14/abril/2007.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PESSOA, M. V. P. **Proposta de um método para planejamento de desenvolvimento enxuto de produtos de engenharia**. 2006. 268p. Tese (Doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2006.

PESSOA, M. V. P. **Weaving the waste net**: a model to the product development system low performance drivers and its causes. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 2008.

PESSOA, M. V. P.; LOUREIRO, G.; ALVES, J. M. A method to lean product development planning. **Product: Management & Development**, v.6, n.2, p. 143-155, 2008.

PETERSON, L. G. **“Lean/flow design event” a manufacturing cost reduction case study**. Menomonie: University of Wisconsin – Stout , 2004.

PHOENIX, C. J. **Lean implementation across value stream in main rotor blade area**. Cambridge, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2007.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva**: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

POSSAMAI, O.; CERYNO, P. S. Lean approach applied to product development. **Product: Management & Development**, v.6, n.2, p. 157-165, 2008.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o desenvolvimento de máquinas agrícolas**. 2003. 266 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. New York: Lean Institute Brasil, 1999.

ROTONDARO, R. G. **Seis sigma**: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

ROZENFELD, H. Book review: The lean design guidebook. **Product: Management & Development**, v.2, n.2, p. 77-79, 2004.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001

SILVA, S.L. **Proposição de um modelo para caracterização das conversões do conhecimento no processo de desenvolvimento de produto**. 2002. 231p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, R. A. **The lean value principle in military aerospace product development**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 1999.

SOBEK II, D. K. **Product-process integration**: two models from de automobile industry, Bozeman: Montana State University, 1997.

SOBEK II, D.K. **A3 process**. Disponível em: <http://www.coe.montana.edu/IE/faculty/sobek/A3/index.htm>. Acesso em: 14/junho/2008.

SOBEK II, D. K.; SMALLEY, A. **Understanding A3 thinking**: a critical component pf Toyota's PDCA management system. Boca Raton: Productivity Press, 2008.

SOBEK II, D. K.; WARD, A. C.; LIKER, J. K. Toyota's principles of set-based concurrent engineering. **Sloan Management Review**, p. 67-83, 1999.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, p.95-106, set-out, 1999.

SWINK, M. Threats to new product manufacturability and the effects of development team integration processes. **Journal of Operations Management**, v.17, p. 691-709, 1999.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

THIOLLENT, M . **Pesquisa-ação em organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

TORRES JR., A.S. **Passaporte para a “universidade” do sistema Toyota de produção**”. Disponível em: < http://www.lean.org.br/bases.php?interno=comunidade_artigos> Acesso em: 11/11/2007.

TORRES JR., A.S. **Processo decisório na Toyota**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/bases.php?interno=comunidade_artigos> Acesso em: 17/08/2008.

VAUGHN, A.; FERNANDES, P.; SHIELDS, J. T. **Manufacturing system design framework manual**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2002.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Manageme**, V. 22, nº2, p.195-219, 2002.

WARD, A. C. **Lean product and process development**. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2007.

WICKER, A. L. **The language of lean**: system action research concerning design engineers' use of lean metaphors. Phoenix, 2004. 132 p. Tese (Doutorado em Gerenciamento e Liderança Organizacional) – Universidade de Phoenix, Phoenix, 2004.

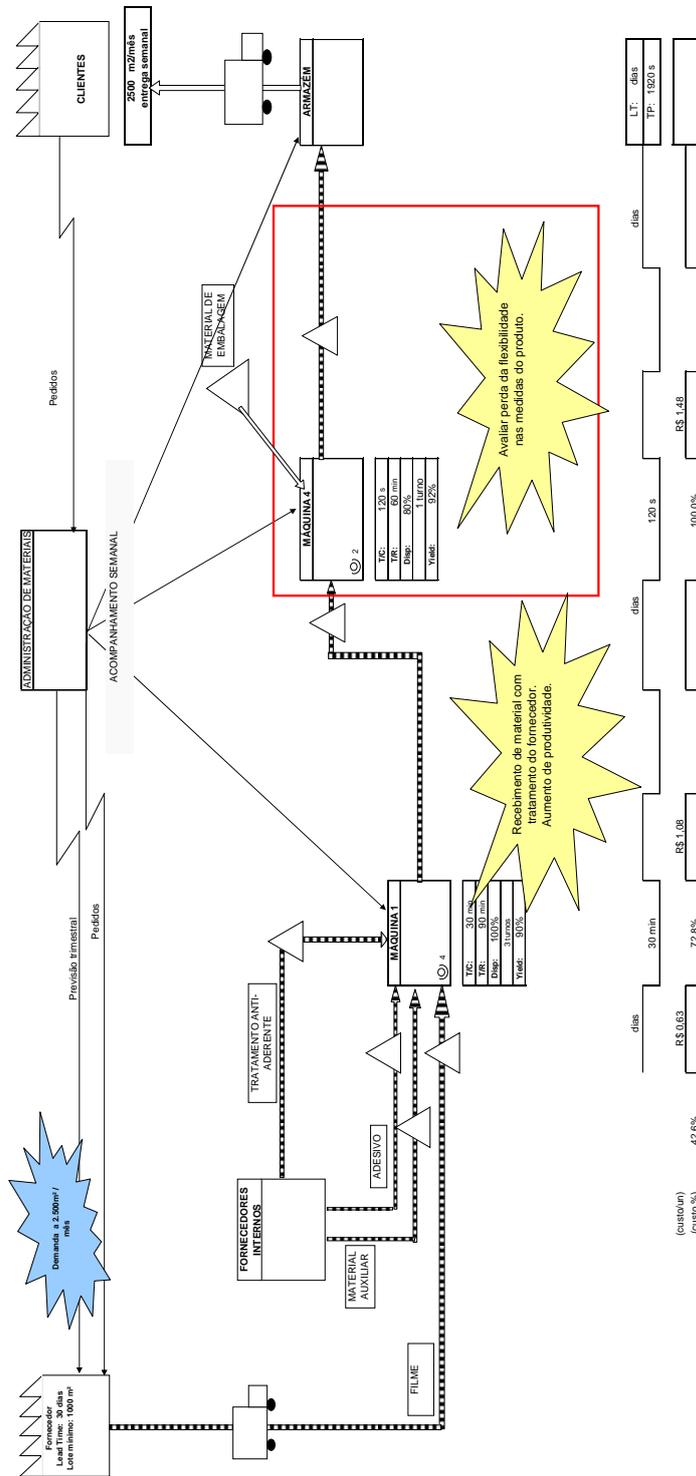
WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P; JONES, D. T; ROSS D. **A máquina que mudou o mundo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

YANG, K.; EL-HAIK, B. **Design for six sigma**: a roadmap for product development. New York: McGraw-Hill, 2003.

YIN, R. K. **Case study research**: design and methods. 2. ed. London: Sage, 1994.

MAPA FUTURO



APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO MÉTODO

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA PARTICIPAÇÃO DA PRODUÇÃO NO DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO

NOME:

ÁREA:

Este questionário tem por finalidade verificar se o método proposto é viável / aplicável e quais os benefícios e dificuldades para sua aplicação. Para respondê-lo, considere um projeto em que tenha participado efetivamente ou que tenha tido informações suficientes para avaliação, e **compare com o proposto no texto recebido** (capítulo 5). Esta avaliação se refere apenas a fase de introdução do novo produto na Produção, conforme a proposta do trabalho. Cada grupo de questões está relacionado a um passo do método.

1- Quanto ao detalhamento de valor para o produto (A1):

1.1 – Foi considerado no projeto? () sim () parcialmente () não

1.2 – Se não, é viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

1.3 – Quais os benefícios esperados com sua aplicação?

1.4 – Quais as dificuldades para sua aplicação?

2- Quanto ao entendimento das métricas do projeto (A2):

2.1 – Foi considerado no projeto? () sim () parcialmente () não

2.2 – Se não, é viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

2.3 – Quais os benefícios esperados com sua aplicação?

2.4 – Quais as dificuldades para sua aplicação?

3- Quanto a análise do fluxo operacional (B1):

3.1 – Foi considerado no projeto? () sim () parcialmente () não

3.2 – Se não, é viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

3.3 – Quais os benefícios esperados com sua aplicação?

3.4 – Quais as dificuldades para sua aplicação?

4- Quanto a avaliação das alternativas de processo (B2):

4.1 – Foi considerado no projeto? () sim () parcialmente () não

4.2 – Se não, é viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

4.3 – Quais os benefícios esperados com sua aplicação?

4.4 – Quais as dificuldades para sua aplicação?

5- Quanto a realização da produção piloto para ajustes de processo e validação do produto (B3):

5.1 – Foi considerado no projeto? () sim () parcialmente () não

5.2 – Se não, é viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

5.3 – Quais os benefícios esperados com sua aplicação?

5.4 – Quais as dificuldades para sua aplicação?

6- Quanto ao mapeamento de fluxo (C1):

6.1 – Foi considerado no projeto? () sim () parcialmente () não

6.2 – Se não, é viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

6.3 – Quais os benefícios esperados com sua aplicação?

6.4 – Quais as dificuldades para sua aplicação?

7- Quanto a verificação da manufaturabilidade e eliminação de desperdícios (C2):

7.1 – Foi considerado no projeto? () sim () parcialmente () não

7.2 – Se não, é viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

7.3 – Quais os benefícios esperados com sua aplicação?

7.4 – Quais as dificuldades para sua aplicação?

8- Quanto a verificação da capacidade do processo (D1):

8.1 – Foi considerado no projeto? () sim () parcialmente () não

8.2 – Se não, é viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

8.3 – Quais os benefícios esperados com sua aplicação?

8.4 – Quais as dificuldades para sua aplicação?

9- Quanto a validação do produto (D2):

9.1 – Foi considerado no projeto? () sim () parcialmente () não

9.2 – Se não, é viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

9.3 – Quais os benefícios esperados com sua aplicação?

9.4 – Quais as dificuldades para sua aplicação?

10- Quanto ao método proposto, avaliando-o como um todo:

10.1 – É viável a sua aplicação? () sim () parcialmente () não

10.2 – Quais são os pontos fortes?

10.3 – Quais são os pontos fracos ou oportunidades de melhoria?

OBRIGADO POR RESPONDER.

Telmo Ribeiro de Campos