

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR EDUARDO JULIANI
CAMPOI E APROVADA
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 12/07/2011


.....
ORIENTADOR

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

Eduardo Juliani Campoi

**Procedimento para Integração de
Produção e Projeto no Desenvolvimento
de um Motor Diesel**

Campinas, 2011.

Eduardo Juliani Campoi

Procedimento para Integração de Produção e Projeto no Desenvolvimento de um Motor Diesel

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Automobilística

Área de Concentração: Projetos
Orientador: Prof. Dr. Irany de Andrade Azevedo

Campinas

2011

i

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

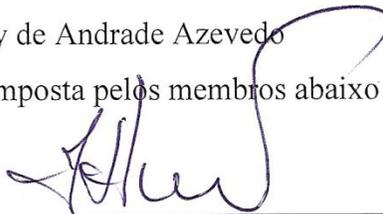
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL

Procedimento para Integração de Produção e Projeto no Desenvolvimento de um Motor Diesel

Autor: Eduardo Juliani Campoi

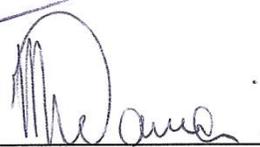
Orientador: Prof. Dr. Irany de Andrade Azevedo

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



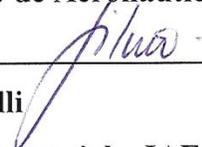
Prof. Dr. Irany de Andrade Azevedo

Instituto Tecnológico de Aeronáutica



Prof. Dr. José Henrique de Sousa Damiani

Instituto Tecnológico de Aeronáutica



Prof. Dr. Sílvio Fazolli

Centro Técnico Aeroespacial – IAE

Campinas, 12 de julho de 2011

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, José Campoi e Ana Maria Juliani Campoi, a minha querida esposa Carla Adriana de Moraes Juchimiuk Campoi, as minhas filhas Maria Eduarda Juchimiuk Campoi e Maria Luiza Juchimiuk Campoi.

AGRADECIMENTOS

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

A minha família pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, que me mostrou os caminhos a serem seguidos.

A todos os professores da UNICAMP e do ITA que ajudaram para a conclusão deste trabalho.

A MWM International Motores Diesel e seus colaboradores pelo apoio e incentivo.

Ao conhecimento, pois nele encontra-se a
evolução e a vida.

RESUMO

As técnicas geralmente usadas na manufatura enxuta (*lean manufacturing*), que visam reduzir desperdícios e melhorar o fluxo de materiais ao longo de um processo de produção, são analisadas e aplicadas ao processo de desenvolvimento de produto (PDP) de um motor diesel. O objetivo principal reside no atendimento às necessidades presentes no desenvolvimento e no lançamento de novos produtos, com garantia de custo competitivo e no menor tempo possível. No trabalho é proposto um encadeamento de atividades, consolidado em um procedimento para a integração da produção e projeto, representado por um diagrama operacional, que enfatiza a importância da participação da manufatura desde o início do projeto para compartilhar sua experiência, e incorporar suas necessidades e restrições. O diagrama permite a visualização de todo o fluxo operacional a ser considerado no PDP, e permite explicitar a criação de valor segundo a percepção do cliente e dos demais interessados no projeto. Para avaliar a proposta, o procedimento é aplicado a um projeto real, implementado na forma clássica na empresa em que o autor atua. O resultado da aplicação do procedimento proposto mostra sua viabilidade, as reduções de desperdícios, de retrabalhos e do tempo de projeto, a serem conseguidos com a adoção do procedimento proposto. Um dos resultados mais significativos está em tornar natural o compartilhamento de conhecimento e experiência da manufatura, particularmente no uso dos conceitos da manufatura enxuta com os demais participantes do projeto de desenvolvimento de produto.

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

ABSTRACT

The general techniques used on Lean Manufacturing that aims to reduce waste and improve materials flow throughout a production process, are analyzed and applied to Product Development Process (PDP) of a diesel engine. The main goal of Lean Manufacturing lies in meeting the present needs in developing and launching new products in the market, with guaranteed competitive cost and in the shortest possible time. This work suggests a chaining of activities, consolidated in a procedure for the integration of production and design, represented by an operating diagram, that emphasizes the importance of the manufacturing team's participation since the beginning of the project to share its experience, and to incorporate its requirements and constraints. The proposed diagram allows the visualization of all operational flow to be considered on PDP, and allows to explicit the creation value according to the customer perception and other stakeholders on project. To test the procedure usefulness a simulation is made considering an actual project that is presently implemented in a classic way in an industrial plant where diesel engines are manufactured. The results of the simulation show its feasibility, reworks and development spent time reductions. One of the most significant results consists in turning joint share of manufacturing knowledge and experience into a formalized routine followed by teams of all the areas involved, especially concerning the use of lean manufacturing concepts.

Key words: Lean Development; Production Participation, Product Development, Production Flow.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1. Abordagens para a gestão do PDP..... | 8 |
| Figura 2. Processo tradicional de desenvolvimento de produto..... | 11 |
| Figura 3. Processo de desenvolvimento de produto..... | 11 |
| Figura 4. O sistema <i>NextGen Stage-Gate</i> TM | 15 |
| Figura 5. Fases do DFSS (<i>Design for Six Sigma</i>). | 17 |
| Figura 6. Tipos de perdas no PDP..... | 23 |
| Figura 7. Círculo vicioso para “apagar incêndios” | 26 |
| Figura 8. Abordagem do SBCE. | 28 |
| Figura 9. Metodologia para implementação dos princípios enxutos no PDP. | 32 |
| Figura 10. Fluxograma de Projeto..... | 37 |
| Figura 11. Estratégia do produto..... | 43 |
| Figura 12. Preparação da produção: Informações principais e dependência entre as atividades... 56 | |
| Figura 13. Passos para solução de problemas. | 68 |
| Figura 14. Relatório A3 para solução de problemas | 69 |
| Figura 15. Diagrama Operacional para Participação da Produção no Desenvolvimento de Produto | 73 |
| Figura 16. Encadeamento das Fases do Diagrama Operacional | 73 |
| Figura 17. Componentes envolvidos no projeto Cabeçote e Bloco com bucha guia. | 81 |
| Figura 18. Representação da necessidade do Cliente..... | 82 |
| Figura 19. Montagem do Cabeçote com auxílio da Régua. | 83 |
| Figura 20. Especificação dimensional da Bucha-Guia. | 83 |
| Figura 21. Especificação dimensional do alojamento da bucha-guia no Bloco do Motor..... | 84 |
| Figura 22. Especificação dimensional do alojamento da bucha-guia no Cabeçote. | 84 |
| Figura 23. Dispositivo de usinagem do Bloco. | 85 |
| Figura 24. Cabeçote montado com bucha guia. | 86 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Tipos de desenvolvimento de produto..... | 10 |
| Tabela 2. Princípios da engenharia simultânea..... | 13 |
| Tabela 3. Cinco princípios do desenvolvimento enxuto..... | 19 |
| Tabela 4. Cinco leis do desenvolvimento enxuto..... | 20 |
| Tabela 5. Sete soluções de projeto causadoras de perda..... | 22 |
| Tabela 6. Causas dos desperdícios..... | 25 |
| Tabela 7. Oito valores primários para os clientes..... | 26 |
| Tabela 8. Princípios do SBCE..... | 27 |
| Tabela 9. Critérios para escolha ou não do SBCE..... | 29 |
| Tabela 10. Elementos do PDP da Toyota segundo vários autores..... | 30 |
| Tabela 11. Princípios comuns entre os vários autores..... | 31 |
| Tabela 12. Método para planejamento de desenvolvimento de produto..... | 33 |
| Tabela 13. Propostas de ações para melhoria do PDP..... | 34 |
| Tabela 14. Resumo dos 14 princípios do Modelo Toyota..... | 49 |
| Tabela 15. Práticas “capacitadoras” da Produção Enxuta..... | 50 |
| Tabela 16. Princípios do pensamento enxuto..... | 52 |
| Tabela 17. Critérios de avaliação das alternativas de processo..... | 59 |
| Tabela 18. Vinte alavancas para o custo do produto..... | 64 |
| Tabela 19. Seminário <i>Kaizen</i> | 66 |

LISTA DE ABREVIATURAS

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 | 5 |
| 1.3 | ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 6 |
| 2 | ABORDAGENS PARA GESTÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO | 8 |
| 2.1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 2.2 | DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS | 9 |
| 2.3 | DESIGN FOR SIX SIGMA | 15 |
| 2.4 | DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTOS | 16 |
| 2.5 | ENGENHARIA SIMULTÂNEA BASEADA EM CONJUNTOS - SBCE | 26 |
| 2.6 | PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO DA TOYOTA | 29 |
| 2.7 | PROPOSTAS PARA APLICAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO | 32 |
| 2.8 | GERENCIAMENTO DE PROJETOS | 35 |
| 3 | PREPARAÇÃO DA PRODUÇÃO NA VISÃO ENXUTA | 42 |
| 3.1 | PRODUÇÃO NA VISÃO ESTRATÉGICA DA EMPRESA | 42 |
| 3.2 | DETALHAMENTO DO VALOR PARA O PRODUTO | 44 |
| 3.3 | ENTENDIMENTO DAS MÉTRICAS DO PROJETO | 46 |
| 3.4 | MANUFATURA ENXUTA | 47 |
| 3.5 | MENTALIDADE ENXUTA | 51 |
| 3.6 | PREPARAÇÃO PARA PRODUÇÃO PILOTO | 54 |
| 3.7 | PROCESSO DE PREPARAÇÃO DA PRODUÇÃO (3P) | 57 |
| 3.8 | MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR | 60 |
| 3.9 | MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR COM VISÃO DE CUSTOS | 62 |
| 3.10 | EVENTO KAIZEN | 65 |
| 3.11 | PROCESSO A3 | 66 |
| 4 | PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA INTEGRAÇÃO DA PRODUÇÃO E PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO | 70 |
| 4.1 | PARTICIPAÇÃO DA PRODUÇÃO | 70 |
| 4.2 | FASES DO DIAGRAMA OPERACIONAL | 73 |
| 4.2.1 | Concepção | 74 |
| 4.2.2 | Propostas | 74 |
| 4.2.3 | Construção | 75 |
| 4.2.4 | Integração e Testes | 77 |
| 4.2.5 | Finalização | 78 |
| 5 | APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PROPOSTO A UM PROJETO REAL | 81 |
| 5.1.1 | Fase de Concepção | 81 |
| 5.1.2 | Fase de Propostas | 82 |
| 5.1.3 | Fase de Construção | 85 |
| 5.1.4 | Integração e Testes | 86 |
| 5.1.5 | Finalização | 86 |
| 6 | CONCLUSÕES E DESDOBRAMENTOS | 87 |

| | |
|--|-----------|
| 6.1 AVALIAÇÃO DO ATINGIMENTO DOS OBJETIVO | 87 |
| 6.2 PRINCIPAIS RESULTADOS DO TRABALHO..... | 88 |
| 6.3 DESBOBRAMENTOS..... | 89 |

1 INTRODUÇÃO

A velocidade com que os produtos são desenvolvidos e colocados no mercado é 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.

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. (ROZENFELD, 2006).

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, atendendo aos objetivos de qualidade, custos e prazo.

As ações realizadas com o produto já desenvolvido sempre alcançarão preços mais elevados do que aquelas feitas durante o projeto. Mesmo que tivesse havido maior participação dos interessados na produção ou dos afetados pelo desenvolvimento do novo produto, fatores imprevisíveis podem comprometer o sucesso final do projeto, como alterações nos requisitos solicitadas pelos clientes, tornando necessária a redução de custos para manutenção da competitividade.

O objetivo principal deste trabalho é propor um Procedimento para Integração de Produção e Projeto no Desenvolvimento de um Motor Diesel, representado por um Diagrama Operacional.

O Diagrama Operacional mostra a correlação das fases do PDP, 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, o procedimento foi aplicado a um projeto, realizado para uma empresa multinacional do setor automotivo, aplicando as etapas representadas no diagrama operacional proposto.

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. As empresas – principalmente por terem um aumento de vendas por conta destes novos produtos lançados – alcançam maior faturamento, melhores posição de mercado e maior retorno sobre o investimento. (KAPLAN & NORTON, 2004).

No desenvolvimento de produto, 44% dos projetos falham em atingir seus objetivos de custo; mas vale lembrar que, de cada sete idéias de novos produtos, apenas uma tem sucesso. 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. (COOPER, 2001).

No ambiente de produção foram encontrados três tipos de atividades (antes de qualquer melhoria *lean*), na seguinte proporção, em média: 5% agregam valor, e o consumidor ficaria feliz em pagar por elas; 60% não agregam valor e são desnecessárias em qualquer circunstância; e 35% 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. (HINES & TAYLOR, 2000).

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, assim como é importante haver preocupação com a prevenção de problemas, causados principalmente pelo desenvolvimento de produto difícil de ser manufaturado. (BAUCH, 2004).

Atualmente está muito difundida a Manufatura Enxuta, bem como suas técnicas, popularizadas 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. No meio acadêmico, a discussão sobre o pensamento enxuto ainda está focada no chão de fábrica. (HINES, HOLWEG & RICH, 2004).

O desenvolvimento enxuto, igualmente baseado no PDP da Toyota, ainda é pouco aplicado. CORRÊA (2007) afirma 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) afirma 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, embora seja uma linha de pesquisa recente, com poucos trabalhos de análise conforme MACHADO (2006), o interesse para o processo de desenvolvimento enxuto de produto aumentou 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. Observou, ainda, 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 com o aumento da quantidade de produtos importados, desenvolver produtos inovadores passou a ser preocupação, aliada a 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 – têm importante papel, tanto no cenário do processo de desenvolvimento de novos produtos quanto nos projetos de modificações dos produtos 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 privilegia a 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: 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 procedimento 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 procedimento 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 está baseada no fato de a Manufatura – que em várias situações é envolvida tardiamente ou não adequadamente no PDP – tem que 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 Procedimento para Integração de Produção e Projeto no Desenvolvimento de um Motor Diesel, para correlacionar, nas fases do PDP, o desempenho do produto e a capacidade do processo, 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 Manufatura Enxuta e sua aplicação tanto na Manufatura quando no PDP;
- 2) Levantamento bibliográfico sobre preparação da produção no PDP;
- 3) Proposição de um procedimento para participação da produção no PDP utilizando conceitos enxutos;
- 4) Validação através da aplicação a um projeto real.

As etapas foram programadas para responder a seguinte questão: Como a aplicação de um procedimento para integração da produção e projeto no desenvolvimento de 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, e 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 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 1, introdutório, busca contextualizar o 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. No capítulo 2 é tratado o desenvolvimento de produtos, tanto em sua forma tradicional, como através de novas abordagens – como o *Design for six sigma* (DFSS) – que têm semelhanças com o Desenvolvimento Enxuto, base para este trabalho. O capítulo continua com a revisão bibliográfica através da 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 é apresentada para aplicação do desenvolvimento enxuto de produto. Por fim são apresentados os benefícios do Gerenciamento de Projetos.

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 sequência é discutida a preparação para a produção piloto e o mapeamento de fluxo de valor, aqui incluída a visão de custos. O capítulo conclui com uma breve abordagem sobre o evento *kaizen* e o processo A3, cujo uso está em grande evidência ultimamente.

No capítulo 4, é apresentada a proposta de um procedimento para integração da produção e projetos no desenvolvimento de um novo produto, representado por um diagrama operacional, que é o objetivo deste trabalho.

No Capítulo 5 é feita a aplicação do procedimento proposto no capítulo anterior, para avaliação de sua viabilidade.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho e as propostas para futuros estudos.

2 ABORDAGENS PARA GESTÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

É feita uma abordagem sucinta do escopo do processo de gestão do desenvolvimento de produto, incluindo o desenvolvimento enxuto.

2.1 INTRODUÇÃO

A Figura 1 apresenta uma visão geral das abordagens para gestão do PDP, mostrando sua evolução desde seu desenvolvimento tradicional e seu modelo sequencial, passando pelo desenvolvimento integrado e chegando às novas abordagens, sendo destacado o desenvolvimento enxuto, que compartilha muitas práticas com o Desenvolvimento Integrado de Produtos, assim como com o *Design for Six Sigma* (ROZENFELD, 2006).

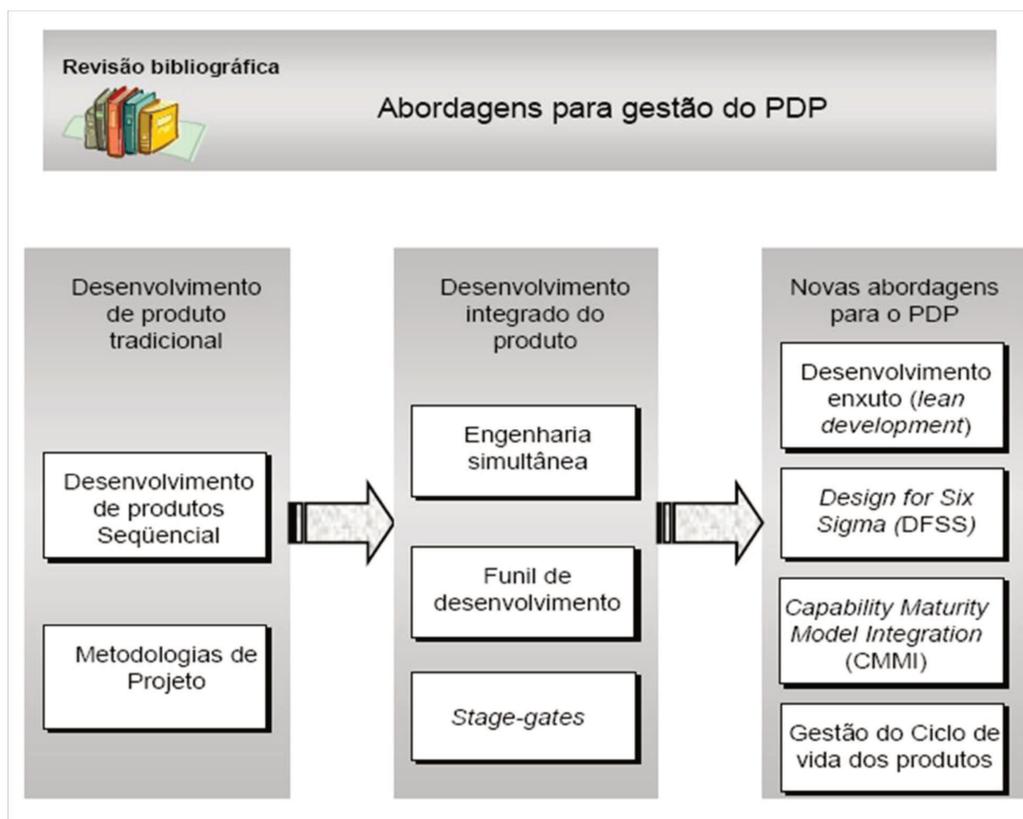


Figura 1. Abordagens para a gestão do PDP.

Fonte: (ROZENFELD, 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, 2006).

Atualmente existe preocupação com uma abordagem integrada para todos os aspectos da vida do produto, desde o projeto inicial, passando pela manufatura, até o seu descarte. 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, 2006).

O 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. (COOPER, 2001).

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, 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 (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”. 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 produto existente adequando-o a novas exigências ou a 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. A Tabela 1 destaca os tipos de projetos de desenvolvimento de produto.

Tabela 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: (ROZENFELD, 2006).

O processo de desenvolvimento de produto era, e em muitos casos ainda é, uma sequência 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 ao Laboratório de Desenvolvimento que, após várias tentativas, idas e vindas com o 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 esperados. O resultado quase sempre é o retorno para a Engenharia, conflitos, atrasos, custos acima do projetado e qualidade não constante (MASCITELLI, 2007; ROZENFELD, 2006). Estima-se que em torno de 85% do custo do produto final são determinados no início do ciclo do desenvolvimento (ROZENFELD, 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.

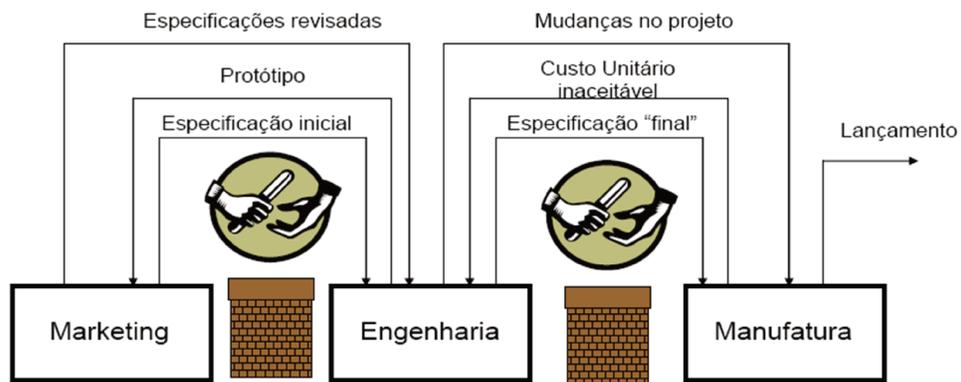


Figura 2. Processo tradicional de desenvolvimento de produto.

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 3 o modelo proposto por ROZENFELD (2006), que destaca a preparação da produção como uma de suas fases.

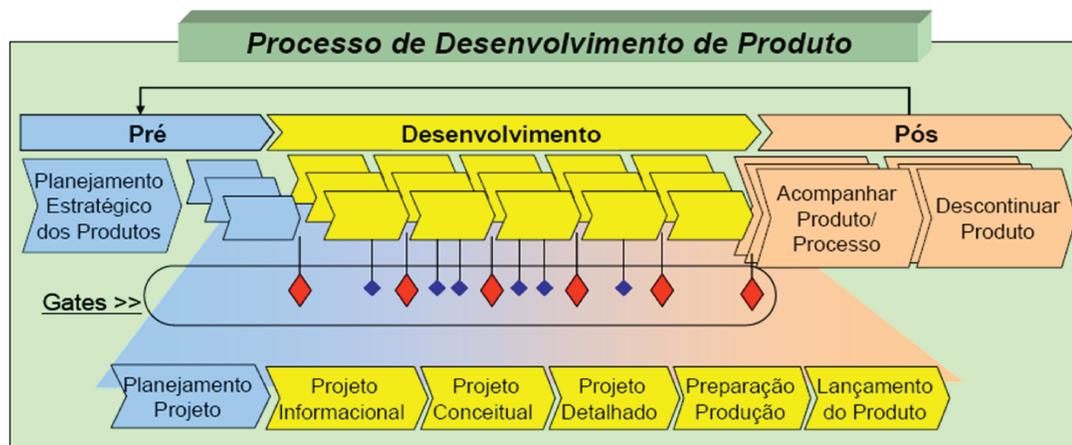


Figura 3. Processo de desenvolvimento de produto.

Fonte: (ROZENFELD, 2006).

Este modelo apresenta macro-fases, que são explicadas por ROZENFELD (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 sequencial, 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, 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, 2006).

A Engenharia Simultânea é a prática para desenvolver simultaneamente o produto e seu processo de manufatura, e se o processo já existe, o produto deve ser desenvolvido para utilizar esse processo. O custo total será reduzido se visualiza e ataca 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. (ANDERSON, 2004).

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.

A Tabela 2 mostra, na opinião de três autores, que os maiores benefícios da engenharia simultânea básica provêm de poucos princípios, necessariamente assegurados pela gerência, para que os esforços sejam alocados corretamente e nos projetos que realmente irão dar retorno à empresa.

Tabela 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. |

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, 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.

O DFM é 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. (ROZENFELD, 2006).

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, 2006).

Outra abordagem desenvolvida na mesma época da Engenharia Simultânea é a do modelo *Stage-Gate*, que define 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).

COOPER (2006) apresentou uma nova geração para este método. Dependendo da complexidade do projeto, há uma sequência diferente das fases e há, também, outra frequência para os *gates*, pois em alguns casos, eles também podem ser considerados como desperdício, pelo fato de tomarem tempo. A Figura 4 mostra o Sistema *NextGen Stage- Gate*TM.

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

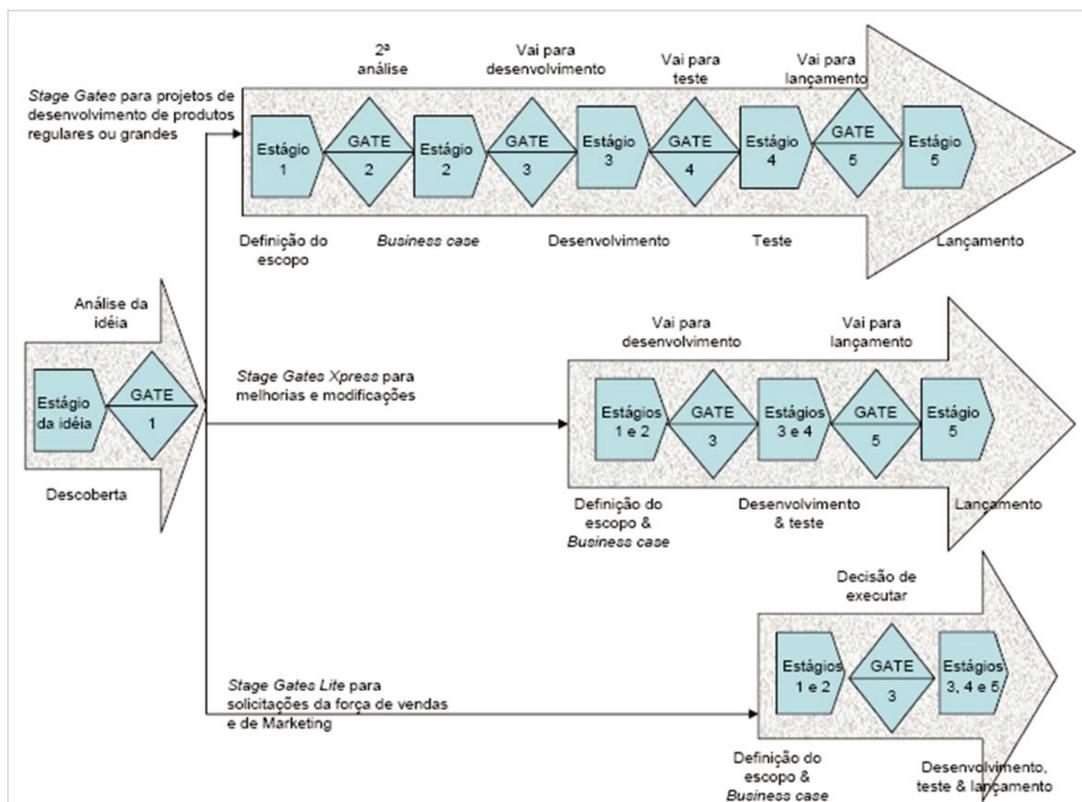


Figura 4. O sistema *NextGen Stage-Gate™*.

Fonte: (COOPER, 2006).

2.3 DESIGN FOR SIX SIGMA

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. 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. (YANG & EL-HAIK, 2003).

O DFSS tem por objetivo, 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 Figura 5 mostra o desdobramento destes dois tipos e os estágios percorridos pelo DFSS.

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 (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” WOMACK (1990), obra que 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, afirma que o problema inicial era como cortar custos e, ao mesmo tempo, produzir pequenas quantidades de muitos tipos de

carros. O tema Manufatura Enxuta está abordado em 3.4, assim como uma discussão sobre a mentalidade enxuta em 3.5.

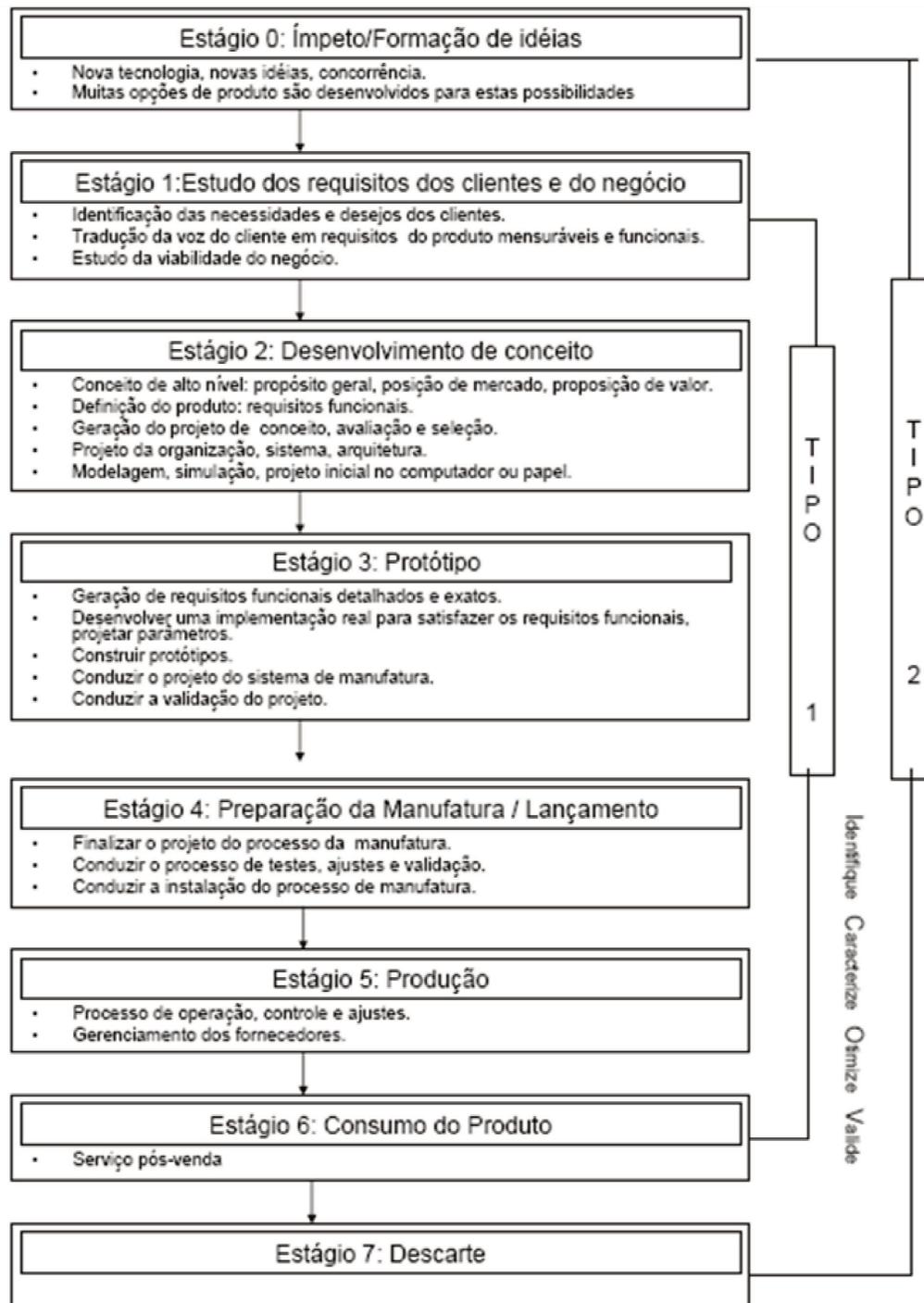


Figura 5. Fases do DFSS (*Design for Six Sigma*).

Fonte: (YANG & EL-HAIK, 2003).

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 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, 2006).

O DEP vai além dos princípios da manufatura enxuta e dos métodos da engenharia simultânea, segundo WARD (2007), que enfatiza 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.

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. 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. Os cinco princípios para o desenvolvimento enxuto estão apresentados na Tabela 3. (MASCITELLI, 2004).

Tabela 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).

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, apresentadas na Tabela 4.

Os princípios apresentados por MASCITELLI (2004) têm maior foco na busca de redução de custo do produto durante o projeto, enquanto as leis apresentadas por 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.

Tabela 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).

A eliminação dos desperdícios pode aumentar a eficiência da operação, por persistir 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 para a Manufatura enxuta, adaptando-os para o DP, e alguns acrescentam novos tipos mais direcionados para o PDP: (McMANUS & MILLARD, 2002; BAUCH, 2004; FIORE, 2005; KATO, 2005; MORGAN & LIKER, 2006).

– 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.

– 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.

– 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 tráfego de dados e informações.

- 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.

- 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.

- 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.

- 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.

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).

HUTHWAITE (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 a Tabela 5.

Tabela 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) considera 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 ilustrado na Figura 6.

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 admitir 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 à dispersão:

– 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.

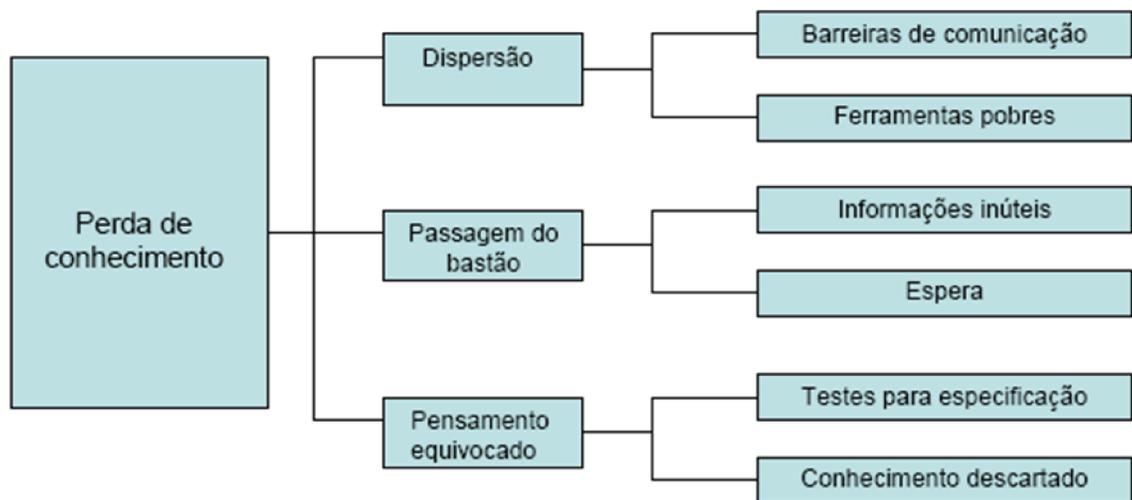


Figura 6. Tipos de perdas no PDP.

Fonte: (WARD, 2007)

E finalmente, por pensamento equivocado (*wishful thinking*). WARD (2007) exemplifica como 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 - achar que o produto está pronto para o mercado apenas pelo fato de ele passar nos testes especificados.

- descartar conhecimento - 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. Elas vêm de quatro fontes: gerenciamento de projetos e execução, recursos, ambiente externo e ambiente interno. A Tabela 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. (PESSOA, 2008).

LIKER & MEIER (2008) afirmam 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 7. Acreditam que o referido círculo tenha início com o treinamento inadequado. A maneira para sair desse círculo, é encontrar tempo para trabalhar no desenvolvimento de pessoas altamente capacitadas, porque serão elas que propiciarão a saída.

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 na Tabela 7.

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.

Tabela 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 | 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 n t e d 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).



Figura 7. Círculo vicioso para “apagar incêndios”.

Fonte: (LIKER E MEIER, 2008).

Tabela 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).

2.5 ENGENHARIA SIMULTÂNEA BASEADA EM CONJUNTOS - SBCE

Segundo SOBEK, WARD & LIKER (1999), SBCE é um tipo de engenharia simultânea que se baseia em grupos de possíveis soluções que gradualmente vão estreitando até convergir para a solução final. Os princípios do SBCE apontados pelos autores são apresentados na Tabela 8.

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

- explora simultaneamente múltiplas soluções;
- ataca agressivamente estas soluções com rapidez, análise de baixo custo e testes, progressivamente eliminando as soluções fracas;
- usa os resultados da análise e dos 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 Figura 8 mostra uma visão geral deste processo de desenvolvimento, na qual há o afunilamento das opções, levando a uma solução de consenso.

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 caminham juntos dentro de suas capacidades e possibilidades, evitando a obtenção de um ótimo produto sem ser possível produzi-lo.

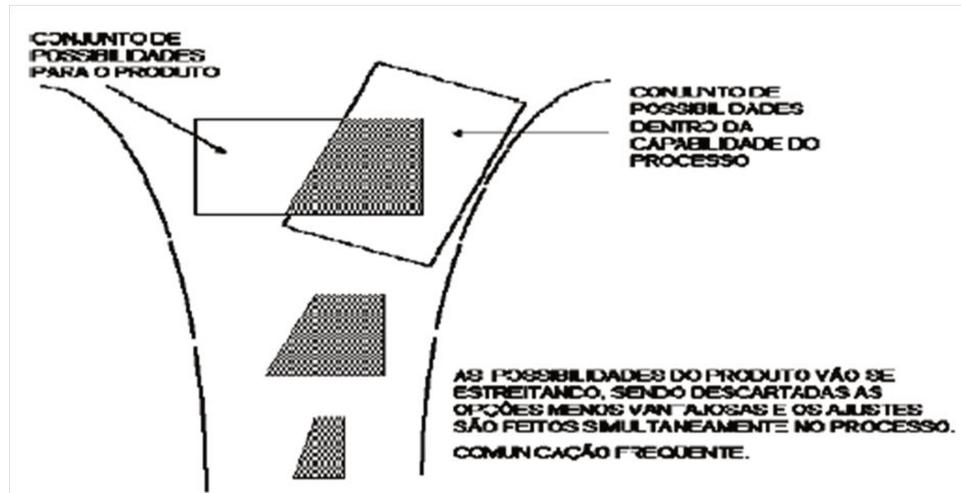


Figura 8. Abordagem do SBCE.

Fonte: (SOBEK, WARD & LIKER, 1999).

WARD (2007) enfatiza que o sistema de gerenciamento de projetos da Toyota, o 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;
- Puxamento: 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.

O SBCE não é aplicável a qualquer situação, e apresenta alguns critérios para sua escolha, apresentados na Tabela 9. A aplicação do SBCE pode até não ser necessária, por ser mais benéfica a reutilização ou adaptação de projetos anteriores, ou por não ser possível dada insuficiência de recursos da empresa. (PESSOA, 2006).

Tabela 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. 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, e de muitos tentarem usá-los, poucos têm sucesso em sua aplicação. (BALLÉ & BALLÉ, 2005).

CORRÊA (2007) elaborou um resumo dos elementos do PDP na Toyota segundo vários autores, mostrado na Tabela 10.

Tabela 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) ⁴ | <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 na Tabela 11, no qual destaca três autores que apresentam maior ênfase na participação da manufatura no PDP.

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

BALLÉ & BALLÉ (2005) comentam que, na Toyota, a ênfase em produção enxuta e redução de perda tem início quando começa o desenvolvimento do produto.

KENNEDY (2003) enfatiza 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 9.

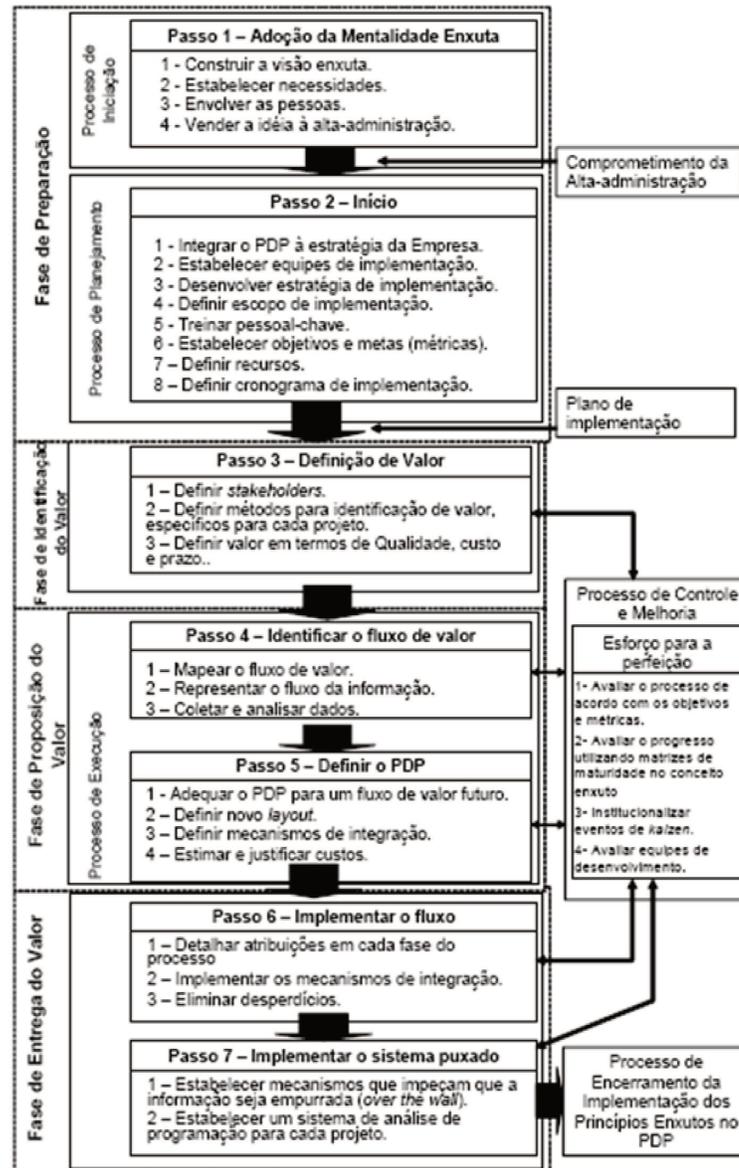


Figura 9. Metodologia para implementação dos princípios enxutos no PDP.

Fonte: (MACHADO, 2006).

O objetivo de MACHADO (2006) era propor uma sequência 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 a Tabela 12.

Tabela 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 a Tabela 13.

Tabela 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. |
| | Enfátizar 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, 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 sequência para as atividades de criação de valor. No outro, 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) mostra 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 ele, 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 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. (SWINK, 1999).

2.8 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A sua natureza temporária indica um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos tiverem sido atingidos ou quando se concluir que esses objetivos não serão ou não poderão ser atingidos e o projeto for encerrado, ou quando o mesmo não for mais necessário. (PMBOK, 2008).

Projetos podem ser realizados em qualquer nível das organizações, envolver inúmeras pessoas, durar vários anos e envolver uma ou mais organizações.

Segundo o PMBOK (2008), os projetos são frequentemente utilizados como meio de atingir o plano estratégico de uma organização.

Sendo assim, para que um projeto seja bem-sucedido, a organização deve sempre alinhar os objetivos do projeto com os objetivos da organização e que esses objetivos estejam bem definidos e sejam claros para todos.

O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos.

Pode-se dizer que gerenciar um projeto é assumir a liderança do gerenciamento das atividades de um projeto, atuando durante todo o seu ciclo de vida, buscando atingir os objetivos inicialmente propostos e obedecendo ao que foi planejado e previamente estabelecido no plano do projeto, através da integração dos seguintes grupos de processos: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle, Encerramento. Cada fase do projeto define qual é o trabalho a ser realizado e quem deve estar envolvido.

O processo de gerenciamento de projetos requer envolvimento, comprometimento e condições ambientais e estruturais para a realização das atividades. Alguns procedimentos internos são fundamentais para o bom desempenho da equipe e do projeto em si. Serão considerados na sequência alguns dos principais requisitos a serem adotados pela organização, para colher os benefícios esperados do gerenciamento de projetos, levando-se em conta que o bom gerenciamento compreende o envolvimento da equipe, cliente e fornecedores de tal forma que todos se sintam comprometidos e responsáveis pelo sucesso do projeto.

Para que o resultado do projeto seja eficaz, é fundamental a presença de um bom Gerente de Projeto, que deve possuir habilidades e conhecimento gerenciais, habilidades de comunicação e liderança, conhecimento técnico dos produtos a serem produzidos, conhecimento da organização onde o projeto será executado e habilidades de flexibilidade, criatividade e persistência.

O gerente do projeto será o responsável por planejar, implementar e concluir o projeto, iniciando suas atividades tão logo o projeto seja divulgado e iniciado. Deve estar sempre atento às ocorrências do projeto e buscar subsídios para a tomada de decisões, reportando-se sempre ao plano inicial do projeto. Esse reporte auxilia para se manter o controle do que foi previamente estabelecido e monitorar as divergências.

Para apoio do gerente e de todos os envolvidos, conforme demonstrado na Figura 10, todo projeto possui um fluxograma que permite uma visão sequencial do encadeamento das atividades a serem realizadas. Apesar de ser sequencial, percebe-se que as fases de planejamento, execução e controle são cíclicas. Isto demonstra que um projeto é algo dinâmico e algumas atividades podem voltar à sua fase anterior para ajustes e correções.

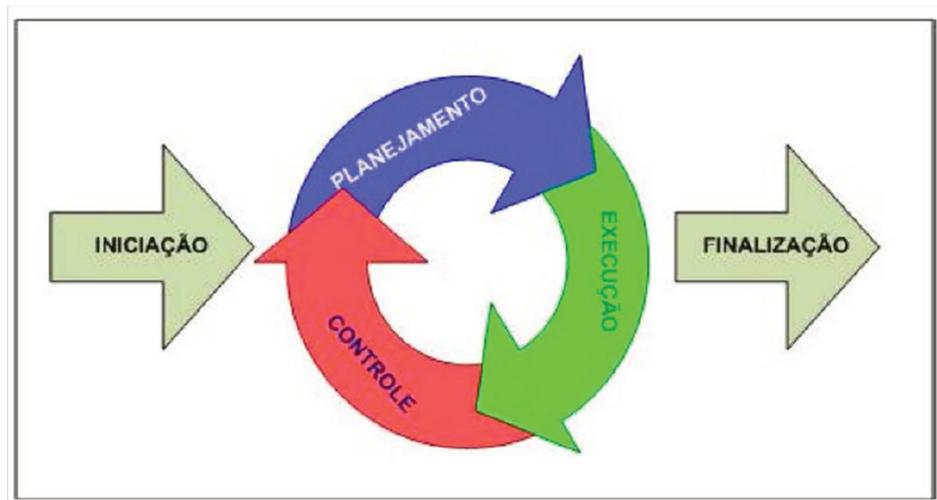


Figura 10. Fluxograma de Projeto

Organizações e profissionais da área de projetos estão sempre em busca de recursos que permitam o aperfeiçoamento de suas competências e habilidades e proporcionem um gerenciamento de projetos mais eficaz. O que a organização precisa estar atenta é com a convicção que alguns gestores têm de que a aquisição de um software de planejamento pode resolver todos os problemas da organização e garantir o sucesso imediato dos projetos.

Para que ocorra o alinhamento dos objetivos do projeto com os objetivos da organização, é fundamental que se crie o ambiente apropriado para as atividades do gerenciamento de projetos e que todos os envolvidos tenham uma visão clara e concisa dos objetivos do projeto, direcionando os esforços para alinhar os resultados ao objetivo da organização.

Para se iniciar um processo de gerenciamento de projetos, adotar uma metodologia e uma ferramenta são requisitos fundamentais para o sucesso do projeto. A metodologia é a definição de um processo a ser seguido que estabelece claramente os objetivos do negócio e permite um maior

controle sobre os recursos disponíveis. Deve ser adotada e aplicada de acordo com as características e necessidades de cada organização e do projeto a ser desenvolvido e, se bem aplicada, evita a incidência de práticas que podem levar um projeto ao fracasso. Com uma metodologia adequada e com uma base histórica de lições aprendidas, buscar as práticas e experiências mal sucedidas em projetos já implantados auxilia a transformá-las em fatores de sucesso para projetos futuros, assim como boas práticas e experiências bem sucedidas podem beneficiar ainda mais os novos projetos.

Para que a equipe do projeto esteja bem direcionada no que deve ser feito, um dos primeiros passos é ter o escopo do projeto bem definido, com os objetivos a serem alcançados. Para tanto é preciso identificar exatamente o que deverá ser feito no projeto.

Definir o escopo é processo de desenvolvimento de uma descrição detalhada do projeto e do produto. A preparação detalhada da declaração do escopo é crítica para o sucesso e baseiam-se nas entregas principais, premissas e restrições que são documentadas durante a iniciação do projeto. (PMBOK, 2008).

Quanto mais enxuto, claro e conciso o escopo, maiores as chances de conclusão sem grandes alterações e de aumentar a eficácia das atividades a serem realizadas. Quanto mais extenso o escopo, maiores as chances de mudança e conseqüentemente alterações no plano do projeto. Por isto, para que o escopo do projeto seja bem delimitado, é importante a participação do cliente do projeto, afinal, ele é quem sabe o que espera do produto final.

Tendo em mãos a lista de tarefas a serem realizadas, através da definição do escopo, é preciso estimar um tempo de duração para cada tarefa. Essa estimativa de tempo deve ser realizada por um membro da equipe qualificado para tal e com o profissional ou equipe que realizará o trabalho, pois além de serem as pessoas mais indicadas para estimar o prazo, são envolvidas no processo desde o início e comprometem-se com o prazo de execução.

Outro requisito importante, parte da trilogia de gerenciamento de projetos é a estimativa de custos do projeto. De relação estreita com o escopo e o tempo de execução, apenas após esses dois quesitos estarem predefinidos, pode-se partir para o levantamento dos custos, que envolve identificar as possíveis alternativas de custos, de modo a estabelecer uma estimativa, a mais acertada possível.

Gerenciar os custos tem por objetivo garantir que o capital disponível será suficiente para a realização do projeto. Desta forma, é fundamental que se considerem todos os aspectos do projeto, no momento de formalizar os orçamentos e que o plano orçamentário do projeto seja validado ao longo da sua execução, para que eventuais problemas não causem grandes danos ao orçamento. Devemos considerar ainda que o controle efetivo dos custos do projeto fornece informações estratégicas aos dirigentes e auxilia a tomada de decisão.

Todo projeto deve ser iniciado formalmente na organização, ressaltando-lhe a devida importância e a autoridade do gerente na condução das atividades.

Comunicar o projeto para a organização é a melhor forma de tornar público e explícito o objetivo de um projeto e de evitar boatos sem fundamentos e a ocorrência de situações constrangedoras e desnecessárias. A boa comunicação é uma qualidade indispensável para o gerente de projetos, afinal ele é o ponto focal e em quem convergem todas as informações que deverão ser processadas e posteriormente divulgadas e conseqüentemente, as ações a serem tomadas.

No gerenciamento de um projeto é importante se conhecer os envolvidos com o projeto e principalmente os interesses dos envolvidos, em especial o patrocinador, afinal, essa é a figura que cria as condições para a realização ou não do projeto.

Segundo o PMBOK (2008), as partes interessadas são pessoas ou organizações (por exemplo, clientes, patrocinadores, organização executora ou o público) ativamente envolvidas no projeto ou cujos interesses podem ser positiva ou negativamente afetados pela execução ou término do projeto. Elas também podem exercer influência sobre o projeto, suas entregas e sobre os membros da equipe do projeto. A equipe de gerenciamento do projeto precisa identificar as partes interessadas, tanto internas quanto externas, a fim de determinar os requisitos e as expectativas de todas as partes envolvidas em relação ao projeto. Além disso, o gerente do projeto precisa gerenciar a influência das várias partes interessadas em relação aos requisitos do projeto para garantir um resultado bem-sucedido. As partes interessadas podem ter influência positiva ou negativa em um projeto. Algumas se beneficiam de um projeto bem-sucedido, enquanto outras enxergam resultados negativos oriundos do sucesso de um projeto.

Segundo o guia PMBOK (2008), os objetivos do gerenciamento dos riscos são aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e reduzir a probabilidade e o impacto dos eventos negativos no projeto.

A formalização do início de um projeto é um momento solene e de grande importância para a equipe do projeto. Cabe ao patrocinador do projeto anunciar a todos os envolvidos que o projeto está iniciado e que deve ser concluído dentro do prazo estimado. É importante que o gerente do projeto tenha apoio e autoridade para fazer cumprir as condições do projeto e consiga alcançar os objetivos previamente definidos.

A finalização de um projeto é outro momento significativo para a equipe. É o momento de deixar claro a todos os envolvidos que o projeto está concluído.

Serviços de manutenção, ampliação ou qualquer outra demanda deverão ser tratadas como outro projeto, iniciando-se um novo processo, um novo ciclo de vida.

Ao final de cada projeto, com todas as ocorrências registradas, faz-se imprescindível a avaliação dos erros e acertos tanto do projeto quanto da equipe, gerando uma listagem de melhores práticas que contribuirão para a formação de uma base histórica que poderá ser muito útil em projetos futuros.

Difícilmente um projeto se inicia e termina exatamente como foi planejado. Problemas, falhas e desvios normalmente acontecem. Algumas falhas são decorrentes de obstáculos externos, fora do controle da organização e outros gerenciais, mas que podem ser mitigados ou até mesmo evitados com um gerenciamento de projetos eficaz.

Uma grande vantagem do gerenciamento de projetos é que ele não está restrito apenas a projetos grandiosos, complexos e de alto custo. Pode ser aplicado a empreendimentos de todos os tamanhos e níveis de complexidade.

As empresas são reconhecidas pelo mercado pelo seu profissionalismo, flexibilidade e capacidade de atender as necessidades e expectativas de seus clientes. O sucesso de um projeto está ligado à forma como as atividades do projeto estão relacionadas e são realizadas e também com a capacidade da organização de favorecer o ambiente para a execução do projeto, de forma a alcançar resultados positivos e conseqüentemente à satisfação do cliente.

Os benefícios que a organização obtém com o gerenciamento de projetos, destacam-se o comprometimento com os objetivos e a melhoria da tomada de decisão.

Outros principais benefícios do gerenciamento de projetos são:

- Evita surpresas durante a execução das atividades;
- Permite desenvolver diferenciais competitivos através do uso de metodologia;
- Antecipa situações desfavoráveis que poderão ocorrer, permitindo ações preventivas e corretivas;
- Adapta os trabalhos às expectativas do mercado e do cliente;
- Favorece e auxilia a tomada de decisões;
- Disponibiliza orçamentos antes do início dos gastos;
- Aumenta o controle gerencial de todas as fases do projeto a serem implementadas;
- Facilita e orienta eventuais revisões da estrutura do projeto;
- Otimiza a alocação de pessoas, materiais e equipamentos;
- Reduz ociosidades e sobrecargas;
- Fornece mecanismos para a medição do desempenho do projeto;
- Documenta os acontecimentos do projeto facilitando as estimativas para outros projetos, através de lições aprendidas.

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), depois é feito o detalhamento do valor para o produto (3.2), na sequência vem o entendimento das métricas do projeto (3.3), passa por uma visão geral sobre manufatura enxuta (3.4) e mentalidade enxuta (3.5), para depois abordar a preparação da produção para introduzir um novo produto (3.6). Como parte do método de participação da produção – objetivo deste trabalho – também são apresentados a metodologia 3P (3.7 - Processo de Preparação da Produção), o evento *kaizen* (3.10) e o mapa de fluxo de valor (3.8) incorporando a visão de custos (3.9). No final é feita uma abordagem sobre o processo A3 (3.11), cuja utilização tem sido enfatizada recentemente. Além de ser uma abordagem muito utilizada para solução de problemas, ela pode ser aplicada tanto no PDP, como na preparação da produção, e em outros projetos das empresas.

Antes de tratar do material citado é necessário apresentar algumas considerações sobre o conceito 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.

O conceito de produção associada a bens ou serviços distingue 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, cujo foco está na área de manufatura e seus processos, quando o termo produção é usado, ele se refere à área de manufatura e não à área de serviços.

3.1 PRODUÇÃO NA VISÃO ESTRATÉGICA DA EMPRESA

Em qualquer organização há três funções centrais: marketing (que inclui vendas), desenvolvimento de produto ou serviço, e produção. A função produção é definida como a responsável por satisfazer as solicitações de consumidores por meio da produção e da entrega de

produtos e de serviços, exercitando, também, os papéis de implementar, apoiar e impulsionar a estratégia empresarial. (SLACK, 2002).

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. Entende-se como estratégia o padrão geral de decisões e ações que posicionam a organização em seu ambiente e que pretendem alcançar suas metas de longo prazo. (SLACK, 2002).

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, e visão de 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.

A Manufatura é apoiada e está interligada a outras funções, e o conjunto interage continuamente na busca pelo cumprimento da estratégia de produto definida, como apresentado na Figura 11. Este relacionamento permitirá ao 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 11. Estratégia do produto.

Fonte: (VAUGHN, 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 baseadas em objetivos de longo prazo;
- assegurar a diferenciação, em relação a 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 DETALHAMENTO DO VALOR PARA O PRODUTO

A Manufatura deve se preocupar com o valor considerado para o produto e para seus *stakeholders*, que são todos os interessados neste processo, ou seja, empregados, acionistas, clientes, fornecedores, etc. Esta atitude poderá evitar as “armadilhas”, que podem levar ao fracasso do projeto. (MURMAN, 2002 e PESSOA, 2006).

Essas “armadilhas” são:

- as “soluções pré-concebidas” – que funcionaram no passado e foram institucionalizadas como “monumentos” e 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.

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, é recomendado que os fabricantes procurem uma forma adequada para conversar com os clientes e entender qual é realmente o valor para o produto em desenvolvimento. Este é o primeiro passo a ser dado neste diagrama: 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. 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 a destino errado. (WOMACK & JONES, 2004).

A maneira de conhecer quais 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 possíveis; porém é fundamental para o time definir precisamente qual é esse valor. Esta definição é feita em termos de determinado produto, com capacidade especificada, oferecido a preço competitivo, mediante diálogo com determinado cliente.

Uma forma de obter esta definição consiste em consultar os clientes sobre quais atributos e níveis de desempenho eles desejam ao fazer a opção por um produto e como hierarquizam as importâncias dos diferentes atributos. 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). (KOTLER, 2000).

O valor só pode ser definido pelo cliente final e é preciso trabalhar junto ao cliente ou ao mercado para compreender o que realmente eles consideram valor, pois o cliente é sempre o ponto de partida em um sistema enxuto. (MORGAN & LIKER, 2006).

Contudo, 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 sugere-se dar um peso para os interessados, dependendo de sua capacidade de parar ou não o projeto. Para esta avaliação, considerar 9 (para um alto envolvimento ou interesse no produto), 3 (médio), 1 (baixo) e 0 (nenhum). (PESSOA, 2006).

A correta identificação dos interessados também propiciará o balanceamento adequado de suas necessidades, traduzidas em um “pacote de valor” que atenderá às expectativas de todos. (MACHADO, 2006).

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 do cliente ou do mercado, ambos considerados usuários finais, explicitadas 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.

3.3 ENTENDIMENTO DAS 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.

É 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. (MORGAN & LIKER, 2006).

Nesta fase, no entanto, ainda não é esperada precisão pontual dos valores definidos, mas podem ser estabelecidas restrições quanto a mínimo/máximo e faixas de tolerância, que serão estreitadas com o andamento do projeto. (PESSOA, 2006).

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 ou avaliação do produto, para ser possível relacionar corretamente com o que foi definido pelos interessados do projeto. Esta é uma fase importante, pois deixar de avaliar alguma característica necessária para o produto pode levar à rejeição e ao retrabalho.

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

3.4 MANUFATURA ENXUTA

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

O STP tem dois pilares para sua sustentação:

- *Just-in-time*, que é um sistema de produção e entrega dos produtos certos no momento certo e na quantidade certa;

- Autonomia, ou automação com um toque humano, que é a transferência da inteligência humana para equipamentos automatizados de modo a permitir que as máquinas detectem a produção de uma única peça defeituosa e suspendam imediatamente seu funcionamento enquanto é solicitada ajuda.

O objetivo é identificar qualquer desperdício, que é entendido como qualquer atividade humana que absorva recursos, mas não cria valor.

Os sete tipos de desperdício associados à manufatura são:

- superprodução, ou produção acima 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 um desperdício: o da criatividade dos funcionários, causado principalmente por não envolvê-los ou não ouvi-los adequadamente. Segundo ele, a identificação de desperdícios pode ser aplicada não apenas na linha de produção mas, também, no desenvolvimento de produto, no recebimento de pedidos e no escritório. Para ele, o Modelo Toyota – com seus 14 princípios mostrados na Tabela 14 – 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.

Da observação de como a Toyota produz, resultou o conceito de *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), que WOMACK & JONES (2004) afirmam 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 de espera (LIKER, 2005). Grande parte do ganho vem da redução, ou eliminação, dos vários passos que não agregam valor, ou da redução e o tempo dos passos que agregam valor.

Tabela 14. 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).

MEIRELLES (2007) listou as técnicas, ferramentas e métodos utilizados na Manufatura enxuta, denominando-as práticas “capacitadoras”, que são mostradas na Tabela 15. As duas primeiras citadas no quadro, na verdade são os pilares do STP, conforme comentado anteriormente.

A utilização apenas de ferramentas e técnicas na Manufatura 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 voltada para o 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).

Tabela 15. 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. |
| Autonomia (Jidoka) | 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. |
| Layout 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 alcançar 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).

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 treinamentos focada em projetos isolados direcionados à redução de custo, com resultados não sustentáveis. Consideram que no *Lean Six Sigma* não se encontra 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 no longo prazo. Afirmam, ainda, que o Modelo Toyota e o *Lean Six Sigma* têm linguagens diferentes e que a linguagem reflete a cultura. Para eles, o *Lean Six Sigma* é apenas o desdobramento da metodologia por *black belts* que coletam dados, lideram eventos, conduzem projetos e definem os objetivos em métricas, enquanto a linguagem do Modelo Toyota está centrada no crescimento das potencialidades das pessoas, no ensinamento, na ida ao local do problema para compreendê-lo, no trabalho do grupo de estudo voluntário que tem a autoridade do grupo e não apenas de uma pessoa que, no caso do *Lean Six Sigma*, é o *black belt*.

3.5 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 das pessoas pensarem e agirem, logo, transformando comportamentos. (BOZDOGAN, 2000).

WOMACK & JONES (2004) definem o pensamento enxuto como “uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência 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”. Identificam cinco princípios, apresentados na Tabela 16, que acreditam poderem ajudar as empresas a se aproximarem cada vez mais dos clientes e a agirem contra o desperdício. A busca visa 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.

Tabela 16. 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: - 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 (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. Na concepção de SLACK (1999), “valor é uma medida da importância de um produto específico ou de um serviço para um cliente, sendo uma função: (1) da utilidade do produto em satisfazer uma necessidade do cliente; (2) da importância relativa da necessidade a ser satisfeita; (3) da disponibilidade do produto em relação à necessidade de tê-lo à disposição; e (4) do custo de troca para o cliente”.

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 engajadas 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, 2000).

Mas para se ter uma empresa enxuta, 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. (HOWARDELL, 2005).

As pessoas 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, deve haver 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, de tempo necessário e de saída esperada. (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. Pensar a empresa como um todo, e não apenas focalizar seu departamento ou sua 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.

Os incentivos para o comportamento *Lean* devem estar ligados às métricas informadas visualmente; pelo fato de as pessoas estarem organizadas em equipes, a atenção deve ser dada para o incentivo tanto aos indivíduos quanto às equipes. (BOZGODAN, 2000).

Uma lição a ser aprendida, é não implementar equipes de trabalho antes de estarem programados os sistemas e a cultura que as sustentam. Outra lição é 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. As pessoas devem ser adaptadas ao processo produtivo, quando possível, evitando mudanças que levam à instabilidade, à variação e à confusão entre os usuários dessa nova tecnologia. Nesta visão, a preparação da produção é uma fase importante dentro do PDP, integrando a tecnologia, o produto e as pessoas. (MORGAN & LIKER, 2006).

3.6 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. 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. (ROZENFELD, 2006).

A fase de preparação da produção engloba a produção do lote piloto, e a definição dos processos de produção e manutenção, ou seja, todas as atividades do ponto de vista interno da cadeia de suprimentos.

O objetivo da fase de preparação da produção 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: durante o PDP deve ser incorporada a “voz da fábrica” para assegurar a manufaturabilidade do produto desenvolvido.

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 Figura 12 mostra as características desta fase.

Quando da fabricação de um novo produto podem ser consideradas três situações distintas (ROZENFELD, 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.

Esta ultima é reconhecida como a que apresenta maior dificuldade, devido aos problemas associados à parada da produção para realização do lote piloto, quando não há capacidade ociosa. 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. Isto é necessário para garantir o entendimento por parte da Manufatura das necessidades, cuidados e capacidades para obtenção de um fluxo contínuo de produção.

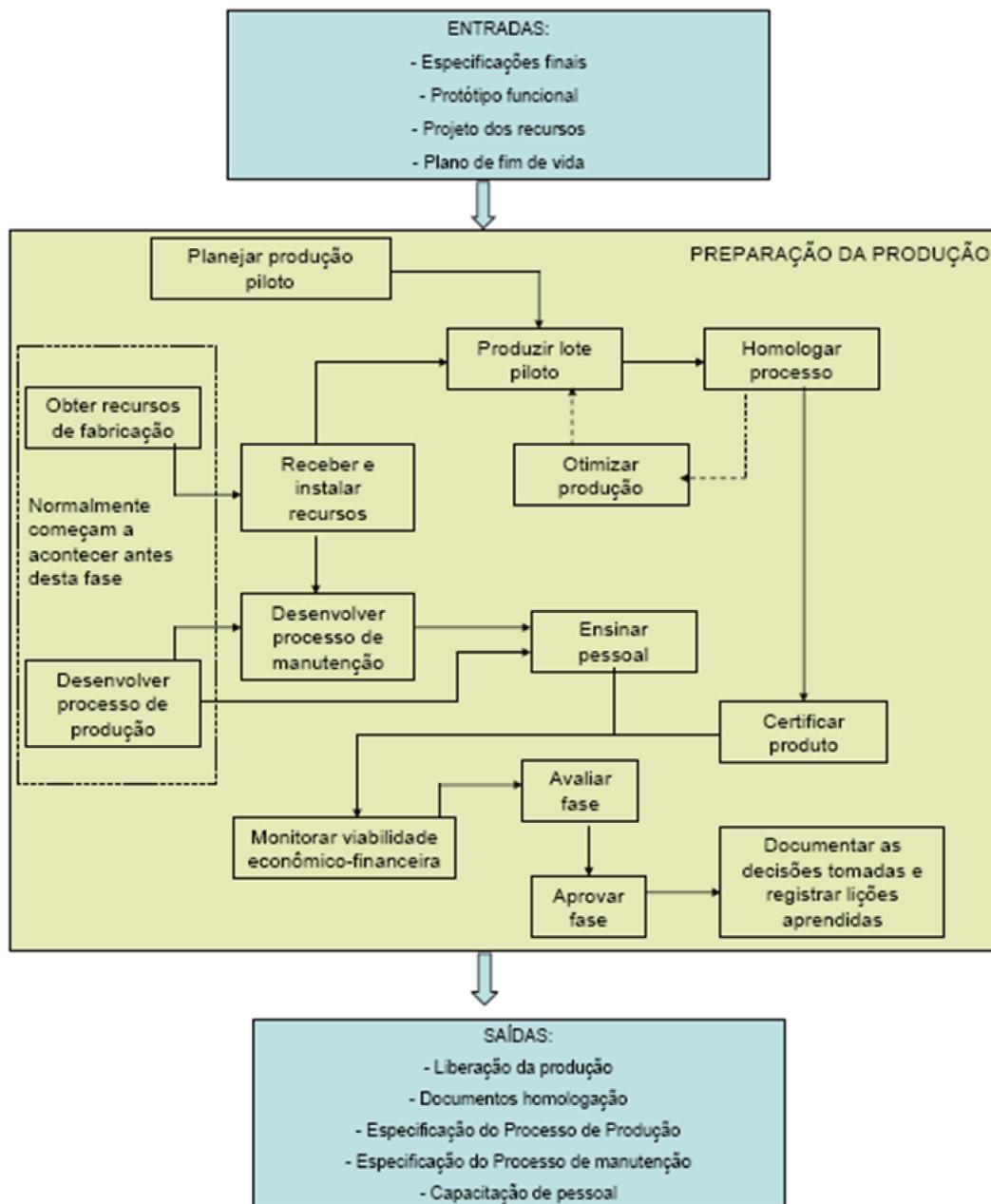


Figura 12. Preparação da produção: Informações principais e dependência entre as atividades.

Fonte: (ROZENFELD, (2006).

Assim, é possível gerar documentação, métodos, controles, meios de medição, treinamento, índices de capacidade e capacidade dos processos, necessários para o início da produção do novo produto e, também, dados e informações para o acompanhamento da vida do produto.

3.7 PROCESSO DE PREPARAÇÃO DA PRODUÇÃO (3P)

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

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. (MASCITELLI, 2004).

O 3P é mais aplicado ao projeto do processo de produção que tem como saídas: o processo de manufatura, a sequência de montagem, e os 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).

O 3P pode ser dividido em três 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.

Se tudo seguir de acordo com o planejado pela equipe, produto e processo chegarão juntos para a produção piloto.

O desenvolvimento do processo produtivo alinhado aos princípios enxutos, pode ser dividido em fases, nas quais é necessária a participação de um grupo multiprofissional das áreas

afins, para que os diferentes enfoques sobre produto, processo, custos e equipamentos possam ser naturalmente integrados: (TORRES JR, 2007)

- 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.

Isto é feito baseado apenas no conceito de processo enxuto, sem a definição prévia do tipo de máquina. A definição de qualquer equipamento é consequência do conceito desenvolvido e escolhido na simulação, pois, antes da máquina, é preciso haver preocupação com aspectos como: posição do produto, movimentos relativos entre produto e ferramentas, formas de carga e descarga, agentes físicos empregados, superfícies e características geradas.

Uma proposta de avaliação similar às sete alternativas (processo de referência conhecido e mais seis alternativas) consiste de 16 fatores críticos e segue o Método Pugh (abordagem para filtrar e priorizar as saídas de uma reunião para coleta de idéias).

No procedimento, as alternativas propostas são comparadas com uma referência e classificadas conforme os benefícios que podem trazer.

Também é incluída a possibilidade de ser utilizado um fator de peso, para uniformizar a importância dos critérios, como a utilização de uma pontuação 10-5-0 para avaliação dos fatores. (MASCITELLI, 2007).

A Tabela 17 lista os fatores de avaliação, considerando as propostas dos dois autores citados, totalizando 17 critérios.

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).

Tabela 17. Critérios de avaliação das alternativas de processo.

| |
|---|
| 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. |

Fontes: (TORRES JR., 2007) e (MASCITELLI, 2007).

É importante haver boa previsão feita pelo 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 investimentos feitos nos equipamentos, que ficarão ociosos. (MASCITELLI, 2004).

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).

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 o sistema é mais do que simplesmente o modo como as peças se ajustam; inclui o processo fazendo o trabalho e as pessoas que nele trabalham.

Definida a tecnologia, tem início a fase da produção do lote piloto para confirmação da manufaturabilidade do produto desenvolvido e da capacidade de entregá-lo a um custo competitivo, com a qualidade esperada e no tempo certo. Outro resultado esperado está na oportunidade de permitir ao time o conhecimento do fluxo operacional, que pode ser mapeado nesta situação inicial e direcionar as ações para os projetos de melhoria.

3.8 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

O mapeamento do fluxo de valor (MFV) é a área que atingiu maior aprendizagem, após o lançamento inicial do livro sobre o Pensamento Enxuto. 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.

O fluxo de valor é conceituado como o fluxo formado pelo conjunto de todas as ações necessárias para fazer um produto passar por todos os processos essenciais à sua fabricação, agreguem valor ou não. Seu uso permite visualizar e melhorar o todo e não apenas otimizar as partes.

O mapeamento do fluxo de valor 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. (ROTHER & SHOOK, 1999).

O MFV é uma ferramenta essencial, 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. Seu uso tem sido estendido a várias outras atividades das empresas – desde contas a pagar até serviço ao cliente – mas uma lacuna permanece: sua aplicação no desenvolvimento de produto.

Esta lacuna pode ser explicada pelo fato de o PDP ser um processo muito mais complexo que os demais no negócio da manufatura; outra explicação pode ser uma possível restrição ao uso de novas técnicas por parte dos engenheiros de desenvolvimento. (MASCITELLI, 2007).

É certo, porém, que a aplicação do MFV ao DP tem características diferentes das atividades tradicionais da manufatura, pois enquanto esta trabalha com o fluxo de um produto físico, medindo o tempo em segundos e minutos, o DP envolve conhecimento que está na cabeça das pessoas e os tempos envolvidos são das ordens de meses ou anos. O mapeamento do fluxo de valor no DP é até mais útil do que na Manufatura, entre outros motivos, pelo fato de: (MORGAN & LIKER, 2006).

- 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;
- a pressão existente para redução do tempo necessário para os trabalhos;
- as tarefas deverem ser sincronizadas;

- os gargalos deverem ser identificados e administrados;
- um fluxo ter que ser criado.

Se a aplicação do MFV em sua forma original no DP é difícil, 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.

3.9 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. 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 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).

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. (CAMPOS & SILVA, 2007).

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.

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).

O uso do mapeamento de fluxo de valor pensando no custo do produto pode ser utilizado como uma análise dos 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 – através de percentuais 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, apresentado na Tabela 18.

Apesar do nome da tabela sugerir apenas um enfoque em custos, na verdade ela 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 da Tabela 18:

1. Identificar quais são as fases do processo que realmente agregam valor ao produto;
2. Ver quais as fases ou 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 realizar algumas fases externamente;
4. Verificar a possibilidade de substituir algumas matérias primas por alternativas de mais baixo custo;
5. Eliminar componentes que não agreguem valor às funções, principal ou secundária, do produto;

6. Reduzir movimentação de material e estoques intermediários;
7. Verificar se há equipamentos de uso exclusivo, preparações especiais, retrabalhos e geração de resíduos, entre outros;
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).

Tabela 18. 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 |
| 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 versus 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 layout 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).

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 através de uma reunião do time, que pode ser na forma de um evento *kaizen*.

3.10 EVENTO KAIZEN

A palavra *kaizen*, traduzida como melhoria contínua, não pode ser confundida com evento *kaizen*, que é um grupo focado na solução de problemas durante um período de tempo, e que pode ser definido como:

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

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

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. 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. (PHOENIX, 2007).

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

Para outros, 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. (MASCISTELLI, 2004).

O objetivo é, sempre, a realização de melhoria contínua.

LIKER (2005), usando o nome de Seminário *kaizen*, sugeriu três fases para sua realização, conforme mostrado na Tabela 19.

Tabela 19.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, foca mais na manufaturabilidade, com questões sobre custo, qualidade assegurada, tempo de ciclo, taxa de perda, etc.

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, também conhecido como processo A3.

3.11 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 e que, segundo LIKER (2005) 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).

O objetivo principal do Processo A3 é relatar um problema e apresentar sua solução, utilizando preferencialmente a metodologia PDCA - Planejar (*Plan*), Fazer (*Do*), Verificar (*Check*) e Agir (*Act*).

O Processo A3, contudo, não tem seu uso limitado à solução de problemas, podendo ser utilizado também como: (SOBEK & SMALLEY, 2008).

- 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, 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. 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.

O sistema A3 é constituído por sete elementos: (SOBEK & SMALLEY, 2008).

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: preparação de relatório resumido, mostrando os pontos vitais para que possam ser 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, que também descrevem os passos desta metodologia para solução de problemas apresentados na Figura 13.

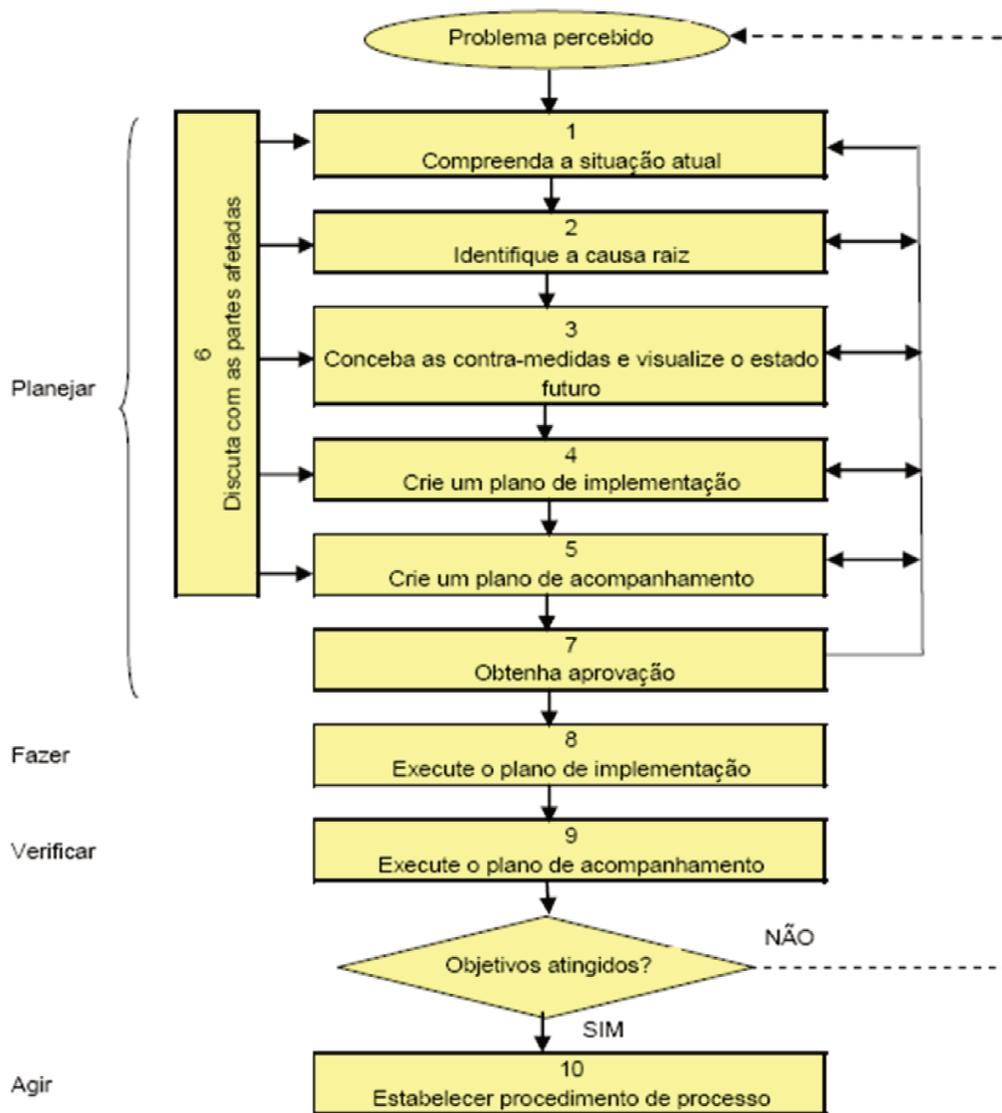


Figura 13. Passos para solução de problemas.

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 sequência de passos segue a abordagem do PDCA.

Um modelo deste relatório para solução de problemas é apresentado na Figura 14, 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.

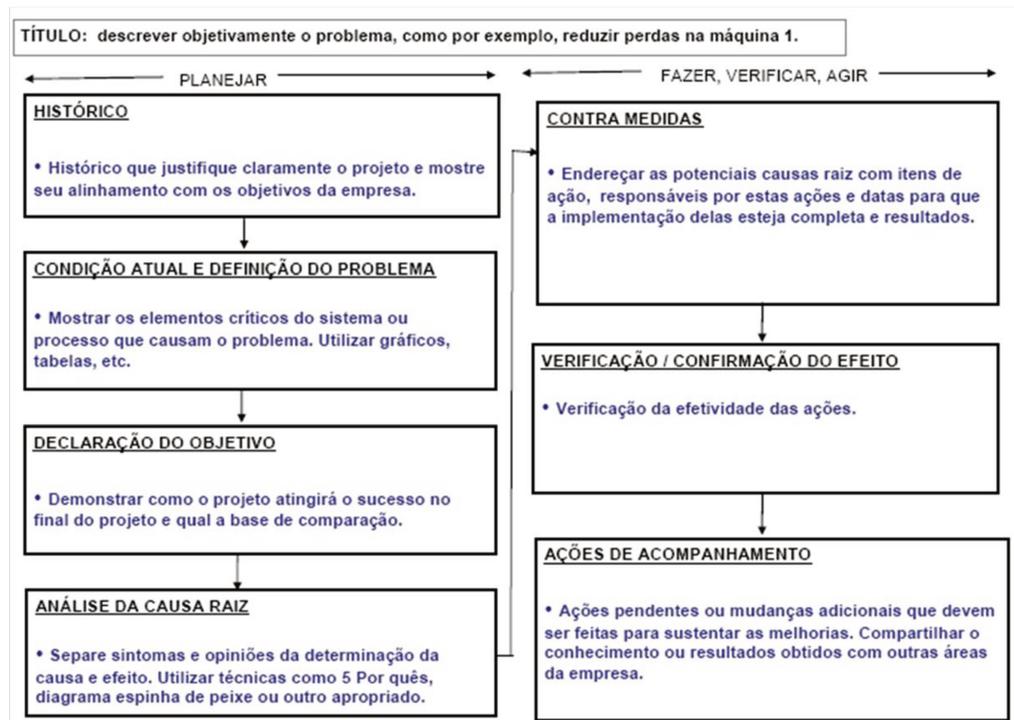


Figura 14. Relatório A3 para solução de problemas

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 o Fazer, Verificar e Agir, descrevendo como é buscada a solução de problemas na Toyota onde, pelo menos metade do esforço envolvido, deve estar voltado ao entendimento da situação.

4 PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA INTEGRAÇÃO DA PRODUÇÃO E PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Neste capítulo é proposto um procedimento, para garantir a integração da produção e projeto no desenvolvimento de produto.

A consolidação do procedimento proposto na forma de um diagrama facilita o entendimento das ações necessárias a serem desenvolvidas pelos participantes, por ser uma espécie de linguagem comum para comunicação entre as várias funções envolvidas no projeto.

Além disso, explicita as questões importantes para a produção.

4.1 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 naquilo discutido no referencial teórico, nem sempre é essa a realidade encontrada, o que vem a justificar a importância da proposta: apresentar um procedimento para garantir a participação da produção no desenvolvimento de produto, com visão enxuta.

Um aspecto essencial da proposta reside na Produção poder avaliar cada etapa do processo e propor modificações no novo produto, uma vez que se propõe transferir para ela tal responsabilidade.

WARD (2007) enfatiza 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 3.4, porém, durante as atividades do PDP, os desperdícios referentes a esse processo 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 diagrama operacional específico para correlacionar as fases do PDP com as atividades de desempenho do produto e capacidade do processo, com o propósito de contribuir para que ele ocorra de forma coordenada e alinhada com a mentalidade enxuta.

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 e serviram de base para o “desenvolvimento enxuto” discutido em 2.4.

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 ponto inicial para o diagrama proposto na fase de concepção.

A segunda etapa do diagrama consiste na definição, pela Engenharia, das especificações para o produto. Essa fase deve ser a base para avaliar se o projeto irá trabalhar com apenas uma ou com várias alternativas para desenvolvimento. No segundo caso, as alternativas 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 3.6.

O conhecimento das alternativas do projeto e do processo, assim como a produção de um lote piloto em equipamento de linha para obtenção de um protótipo, foi considerado como terceira fase do diagrama proposto, porque estas ações permitirão mapear os fluxos e planejar a introdução do novo produto.

Uma vez de posse do conhecimento de uma produção real, o time pode ser reunido (3.10) para mapeamento do fluxo de valor para o produto (3.8 e 3.9), para avaliação da sua manufaturabilidade (3.7), para verificação dos desperdícios existentes (3.4 e 2.4), para direcionamento das ações para eliminação desses desperdícios e para tomada de decisões visando à melhoria do fluxo (3.11). Esta é a quarta fase do diagrama proposto para que, ao se 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. Nesta fase busca-se assegurar a capacidade do processo e realizar o treinamento para desenvolvimento do pessoal de produção nele envolvido (3.5).

Na fase de finalização, a última do diagrama proposto, a validação do produto é feita com os interessados no projeto. Validado, é feita a liberação do produto para lançamento, com a necessária documentação, registro e divulgação do conhecimento adquirido (3.11). Com o produto lançado, tem início o trabalho de melhoria contínua (3.5).

Baseado nesta sequência foi desenvolvido o procedimento para integração da produção e projeto no desenvolvimento de produto, apresentado em forma de diagrama operacional na Figura 15, e detalhado nas páginas seguintes.

O principal objetivo a ser atingido com a utilização do procedimento 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 a ser atingido é o compartilhamento desta visão enxuta com o time de projeto, para que no trabalho alinhado envolvendo todas as equipes, rapidamente possa ser atingida a meta estabelecida para o projeto de desenvolvimento do novo produto. O diagrama

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.

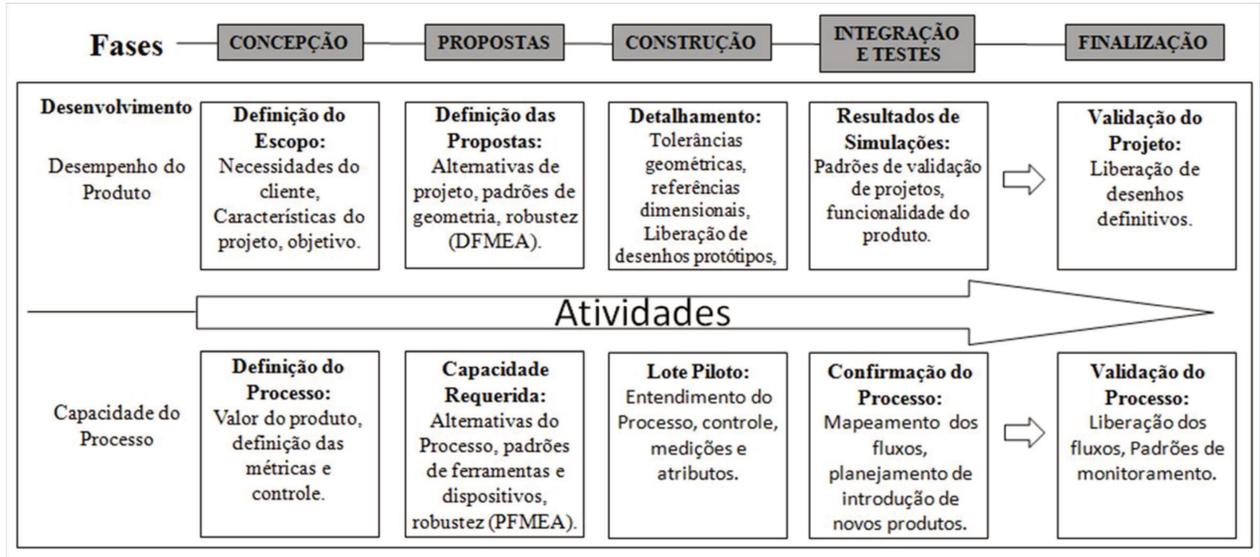


Figura 15. Diagrama Operacional para Participação da Produção no Desenvolvimento de Produto

4.2 FASES DO DIAGRAMA OPERACIONAL

As fases do diagrama operacional proposto são – concepção, propostas, construção, integração e testes, e finalização – e determinam a ordenação cronológica e sequencial das atividades do processo, indicando os resultados a serem obtidos ao final de cada fase de desenvolvimento, conforme mostrado na Figura 16.

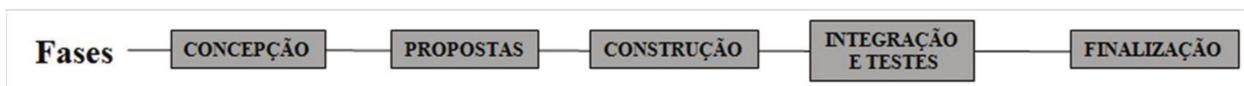


Figura 16. Encadeamento das Fases do Diagrama Operacional

4.2.1 Concepção

É a fase do diagrama operacional em que são levantadas as informações iniciais sobre as necessidades do cliente, a funcionalidade e os critérios de projeto a serem correlacionadas com o valor do produto, além de serem definidas as métricas e os controles operacionais do processo já instalado ou a ser definido para que venha a dispor da capacidade necessária.

Entender o valor do produto e as métricas do projeto

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. A definição deve ser feita desde o início do projeto.

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.

4.2.2 Propostas

São as alternativas tecnicamente viáveis para produto e processo, os padrões de geometrias do produto e das ferramentas, a robustez do projeto e dos dispositivos, que serão classificadas por ferramentas de qualidade em combinações de avaliações por integração e testes.

No desenvolvimento tradicional:

- o Marketing cria as especificações;
- a Engenharia projeta produtos para atender as especificações;
- a Engenharia da Manufatura define como fazer os produtos;
- a Produção tenta executar os planos de manufatura.

E é comum a queixa de cada área de que a área posterior, no processo, não executou o trabalho como solicitado.

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, sendo recomendável evitar o uso de materiais exclusivos, caso não seja realmente necessário.

A escolha posterior da melhor opção deve considerar o processo produtivo, sem esquecer que no final o projeto tem que entregar um produto que atenda as necessidades do cliente final.

O processo de produção deve ser desenvolvido paralelamente ao desenvolvimento do produto, seguindo a proposta do SBCE, 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, aos registros internos e à 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.

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.

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.

4.2.3 Construção

É a quantificação dos elementos variáveis do desenvolvimento de produtos e processo, realizando-se pela tolerância geométrica, referências dimensionais, liberação dos desenhos e dos

protótipos, controlada pelo planejamento de meios de processo, medições e controle do produto.

Uma vez definido o processo, é o momento de produzir o item usando o equipamento de produção, preferencialmente no local em que ele será de fato produzido.

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; podem ser coletadas informações quanto à produtividade, às perdas e a 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. 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, o que 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 aprovação, possa seguir seu ciclo de vida. A operação deve ser consistente com os requisitos de segurança, para permitir que as pessoas realizem seu trabalho tantas vezes quanto necessário, com baixo risco de acidente.

Após estas ações, é possível produzir o lote piloto, colocando o produto em desenvolvimento em máquinas e equipamentos da produção normal com o intuito de homologar o processo produtivo.

Os objetivos desta fase podem ser resumidos em:

- ter um produto produzido em condições normais de operação, usando os 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 produção.

4.2.4 Integração e Testes

Nos cenários de projeto, são os resultados estatísticos das simulações, dos percentuais de variação e das avaliações das propostas elaboradas, obtidos por meio de aplicação de ferramentas de qualidade, como Engenharia Robusta e *DFMEA*.

Para a confirmação do processo, são os mapeamentos dos fluxos, e o planejamento da produção para introdução de novos produtos.

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 de fazer mapeamento de fluxo de valor também é sugerida.

É necessário assegurar a manufaturabilidade do novo produto. 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, pode responder às seguintes questões:

1. Quais os processos críticos requeridos para o novo produto?
2. Quais especificações/tolerâncias 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

Para organizar o trabalho de levantamento das oportunidades e endereçamento das ações, pode ser usado o método A3. 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. A meta é sempre a busca da simplicidade e da obtenção de 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, busca-se, apenas – 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.

4.2.5 Finalização

Para o desenvolvimento de um produto, a finalização é a certificação dos trabalhos realizados, concluída por um processo de validação que documenta e libera o projeto para a fase definitiva, associados aos resultados de ferramentas de qualidade. Estes estão aliados à liberação dos fluxos para produção e aos padrões de monitoramento de processo, confirmando o potencial de qualidade para a fabricação do produto.

Esta fase é tratada em separado, consistindo de uma fase de homologação das 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.

Capabilidade na produção é definida 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.

Uma produção piloto não é suficiente para garantir a capabilidade do processo e nem mesmo, assegurar a qualificação do produto. Novos lotes de produção em condições similares são necessários para obtenção de dados do processo produtivo suficientes para análise, e para permitir treinamento adequado da equipe de produção e dos 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 familiaridade da equipe com o produto e com o processo, a execução de pequenos ajustes de adequação no equipamento, se necessários.

Nesta fase, além da quantificação da capabilidade do processo, o sistema de medição pode ser analisado quanto à sua confiabilidade e à avaliação/certificação de fornecedores. Também, com dados mais detalhados, é possível a realização da revisão das estimativas de custos e a liberação para produção normal.

A Manufatura deve concluir toda a documentação necessária para a liberação do produto e do 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.

Antes da liberação final para produção deve ser feita a validação do produto juntos aos clientes. Entende-se como validação a confirmação de atendimento às especificações e a aprovação dos demais atributos esperados, confirmados pelo cliente final, que podem não ter sido

escritos ou verbalizados. Muitas vezes estas características apenas são verificadas quando da aplicação do produto, no campo, pelo usuário final.

Pelas razões expostas, é importante que a quantidade produzida durante a fase de aprovação do lote piloto e/ou *scale up* seja suficiente para a verificação e validação do produto pelo cliente.

O time deve ser frequentemente 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. Tais mudanças devem ser justificadas por levantamento de dados, resultados de testes, dificuldades observadas e constatação de fatos, que justifiquem a mudança do rumo anteriormente acertado pelo time.

Quando da realização do projeto ou mesmo quando da realização de mudanças, é preciso assegurar o atendimento às exigências de segurança, tanto do produto como da operação, da ergonomia e dos riscos ao meio ambiente, tanto durante à produção quanto ao ciclo de vida.

O produto entra no chamado *scale up* ou *ramp up* de produção, correspondente a um ritmo crescente de produção, em cujos momentos iniciais é necessário realizar acompanhamento cuidadoso, visando assegurar o atendimento das métricas do projeto.

Após este período inicial, acontece o acompanhamento normal do produto que, em virtude de estarem em ambiente dinâmico, vão levar as empresas/clientes a requererem novos atributos ou melhorias, que podem vir de novos tipos de uso não imaginados, da concorrência, ou mesmo de reclamações.

Não se postula voltar à prancheta para correções, mas serão coletados subsídios para novos produtos ou novas gerações de produtos, provenientes desse retorno do mercado.

5 APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO PROPOSTO A UM PROJETO REAL.

Neste capítulo é realizada a aplicação do procedimento proposto a um projeto realizado em uma empresa de autopeças, multinacional, fabricante de motores diesel, a que está ligado o autor.

O procedimento proposto é aplicado ao conjunto Cabeçote e Bloco do Motor com Bucha-Guia, mostrado na Figura 17, que detalha os componentes envolvidos.

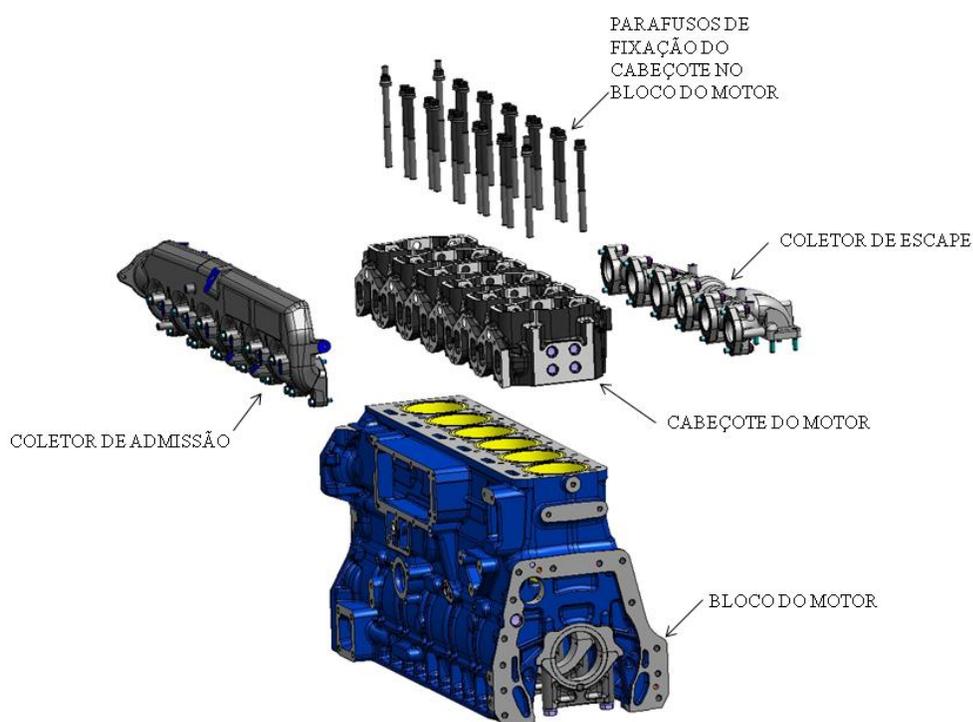


Figura 17. Componentes envolvidos no projeto Cabeçote e Bloco com bucha guia.

5.1.1 Fase de Concepção

O objetivo é garantir que, após a montagem do Cabeçote no Bloco, o desalinhamento da face de montagem do Coletor de Admissão e Escape entre Cabeçotes não ultrapasse o valor de 0,2 mm, garantindo a funcionalidade do conjunto e reduzindo drasticamente a possibilidade de vazamentos na montagem.

A posição final dos coletores na montagem está mostrada na Figura 18.

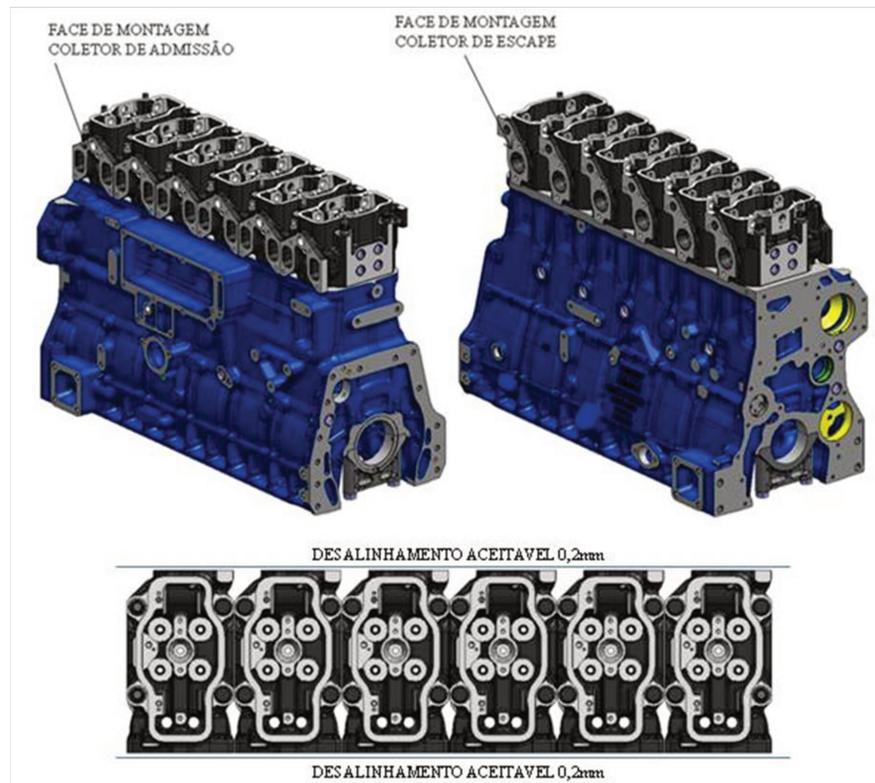


Figura 18. Representação da necessidade do Cliente.

Na fase de concepção a manufatura deve definir o valor do produto, as métricas, os controles operacionais e a capacidade do processo para atender os requisitos definidos por projetos.

5.1.2 Fase de Propostas

Nesta fase foram estudadas várias alternativas de projeto e de processo. Uma das alternativas do processo previa a utilização de régua para o alinhamento dos Cabeçotes durante a montagem, conforme mostrado na Figura 19.

A alternativa técnica para atender os requisitos do cliente foi o projeto do Bloco do Motor e Cabeçote com Bucha-Guia.

A Figura 20 mostra a especificação dimensional da bucha-guia a ser aplicada.



Figura 19. Montagem do Cabeçote com auxílio da Régua.

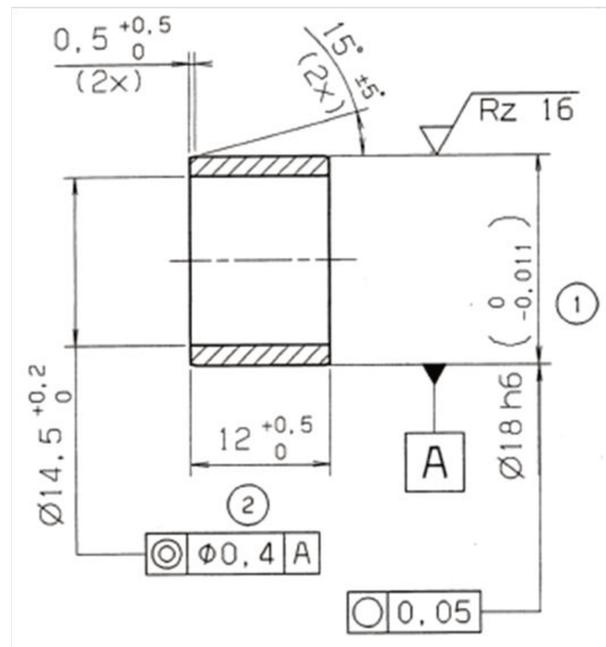


Figura 20. Especificação dimensional da Bucha-Guia.

A Figura 21 mostra a especificação dimensional do alojamento da bucha-guia no Bloco do Motor: O alojamento foi projetado visando atender a especificação da bucha-guia e garantir o atendimento das especificações e considerou todas as variações dimensionais do projeto.

A Figura 22 apresenta a especificação do alojamento da bucha-guia no Cabeçote.

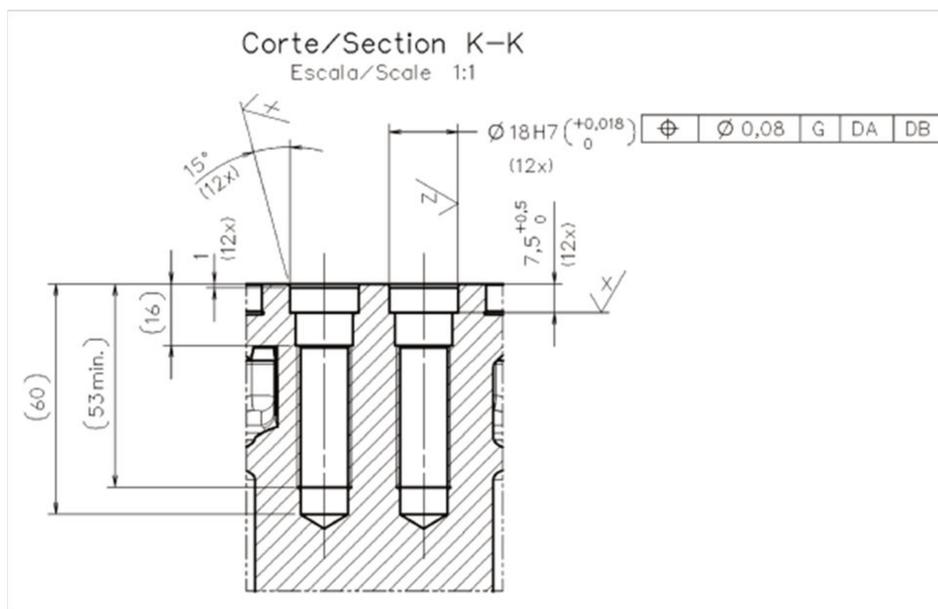


Figura 21. Especificação dimensional do alojamento da bucha-guia no Bloco do Motor.

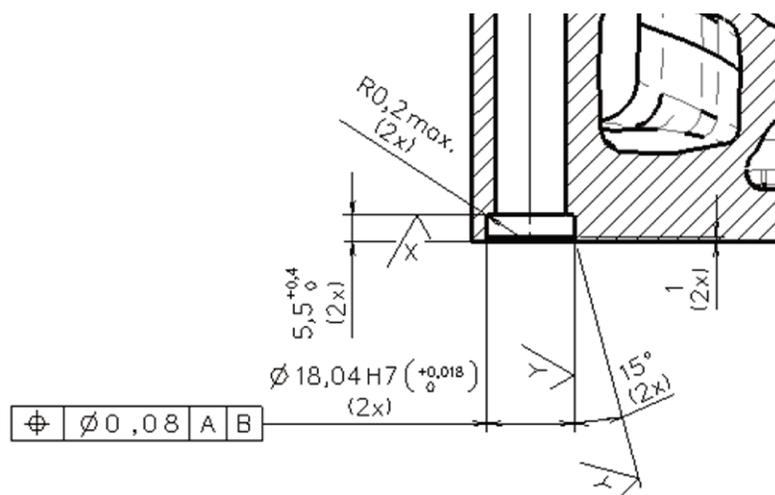


Figura 22. Especificação dimensional do alojamento da bucha-guia no Cabeçote.

Participante ativo desta proposta o time da Manufatura participou da definição do que foi considerado como: o melhor processo, as ferramentas mais adequadas e os dispositivos aptos a atender e garantir a manufaturabilidade desses componentes, considerando as devidas alterações com visão enxuta do fluxo operacional.

A Figura 23 ilustra a proposta do dispositivo para usinagem dos furos do alojamento da bucha-guia no Bloco do Motor adequada ao atendimento da tolerância especificada no projeto.

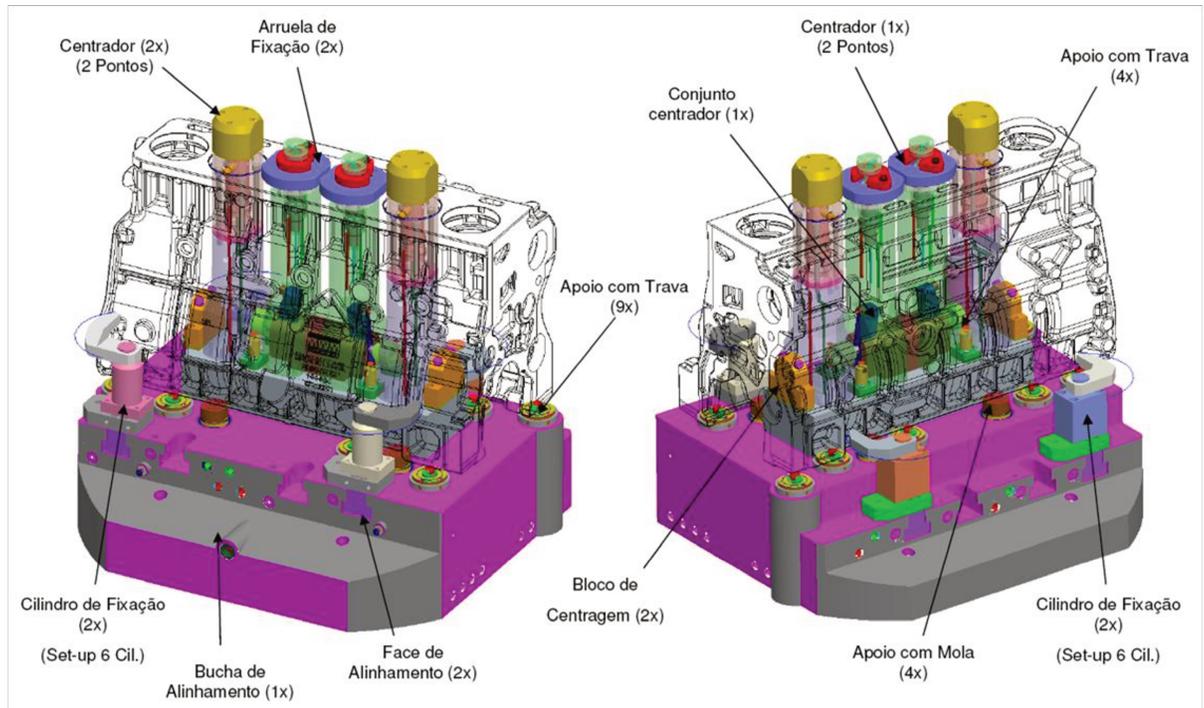


Figura 23. Dispositivo de usinagem do Bloco.

A participação ativa do time de manufatura nesta fase do PDP tornou possível planejar, de forma adequada, as características a serem incorporadas ao produto no processo de produção.

5.1.3 Fase de Construção

Com a fase de protótipo definida, foi possível iniciar a fase de construção com a liberação dos desenhos para a confecção dos protótipos.

Com estes desenhos o time envolvido no projeto acompanha a produção piloto na linha de montagem onde será de fato produzido após a implementação na produção.

A produção-piloto permite avaliar o desempenho do produto em situação real, assim como permite a coleta de dados tanto para análise das características do produto, quanto do comportamento no processo produtivo.

A Figura 24 mostra o Cabeçote montado com as buchas guias para controle das dimensões das faces de montagem do Coletor de Admissão e Escape.



Figura 24. Cabeçote montado com bucha guia.

5.1.4 Integração e Testes

Nesta fase foi executado um estudo de empilhamento de tolerâncias para validar a especificação dimensional do desenho protótipo.

Com o auxílio das ferramentas de qualidade, desenvolveu o *DFMEA* e *PFMEA* dos componentes envolvidos.

Para a confirmação do processo, o time da manufatura executou o mapeamento dos fluxos, e o planejamento da produção para introdução destes componentes.

5.1.5 Finalização

Após a integração finalizada iniciou-se a certificação dos trabalhos realizados, concluindo o processo de validação da documentação e a liberação do projeto para a fase definitiva.

A manufatura fez a liberação dos fluxos para produção e os padrões de monitoramento de processo, confirmando o potencial de qualidade para a fabricação do produto.

6 CONCLUSÕES E DESDOBRAMENTOS

As conclusões deste trabalho estão apresentadas em dois itens: no primeiro é analisado o atendimento ao objetivo geral apresentado, e no segundo são identificados os principais resultados obtidos.

O capítulo é concluído com a sugestão de possíveis trabalhos que completariam o tema discutido neste trabalho.

6.1 AVALIAÇÃO DO ATINGIMENTO DOS OBJETIVO

O objetivo geral de proporcionar a integração ativa do time da produção e do projeto no desenvolvimento de produto, baseado na visão enxuta, foi atingido com a implementação do procedimento proposto.

Observou-se que a aplicação do diagrama operacional ao exemplo escolhido:

- evidenciou várias oportunidades de discussão dos envolvidos permitindo a análise de diferentes visões para realização do projeto;
- levou a uma redução, que chegou próxima da eliminação do retrabalho e das ações de correção que acontecem no projeto;
- mesmo com as reduções estimadas do re-trabalho e do tempo total de projeto, o produto seria entregue com o atendimento das necessidades do cliente.

Ficaram claros alguns pontos que seriam os principais responsáveis por esses resultados:

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

O procedimento mostrou ser eficaz ao enfatizar os princípios da visão enxuta e incorporá-los ao projeto.

Com a aplicação do procedimento consolidado no diagrama operacional proposto, o time da Manufatura pôde participar do projeto e da implantação dessa abordagem, que muitas vezes já faz parte do seu cotidiano, mas que passa a ser compartilhada e enriquecida com as contribuições das equipes das demais áreas da empresa.

6.2 PRINCIPAIS RESULTADOS DO TRABALHO

A utilização do procedimento proposto, que apresenta conformidade com o desenvolvimento enxuto, demonstrou ser capaz ajudar a identificar e atender as necessidades do cliente.

No caso específico da aplicação analisada, garantiu a montagem do Cabeçote no Bloco do Motor atendendo plenamente as especificações.

Outra contribuição a ser destacada é a garantia de participação plena do time de manufatura no PDP, permitindo que a produção possa ser implantada em um fluxo constante – sem interferências que possam comprometer a fabricação de outros produtos da empresa.

O procedimento proposto utiliza conceitos e métodos do pensamento enxuto, que podem ser usadas não somente no PDP, mas também para avaliar um produto já em produção.

A introdução da filosofia da produção enxuta, de forma natural, através da implementação dos procedimentos previstos no diagrama, mostrou ser uma alternativa eficaz para introdução da visão enxuta em uma empresa.

Outro resultado percebido consistiu na disseminação da cultura *lean* para as demais áreas envolvidas no PDP.

A busca da simplificação de procedimentos e da eliminação dos desperdícios é transmitida em eventos *kaizen*, ou em reuniões da equipe, assim como outras abordagens associadas ao desenvolvimento enxuto.

O maior ganho para a empresa está no fato de o resultado do PDP ser a entrega de um fluxo operacional, que pode ser incorporado à cultura interna da empresa, e não apenas um produto que atenda a especificações definidas.

Quanto à aplicação real na empresa onde o autor atua, permitiu uma visão mais abrangente do PDP e o entendimento das necessidades da área da Manufatura pelos demais membros da equipe pertencentes a outras áreas.

O autor observou que mesmo quando não for possível implementar o procedimento completo, sua aplicação parcial contribuiria para que os resultados dos projetos fossem enriquecidos, pelo fato de os participantes usarem as abordagens:

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

6.3 DESBOBRAMENTOS

Pelo fato de não ter sido possível examinar alguns aperfeiçoamentos no presente trabalho, sugere-se o exame de alguns aspectos que o enriqueceriam, como:

- Revisão do procedimento proposto buscando simplificá-lo para aplicação a empresas fabricantes de produtos com características muito diferentes dos motores objeto deste estudo, visando reduções de tempo de desenvolvimento e de uso de recursos;
- Utilização do procedimento proposto em um projeto de desenvolvimento desde o seu início, aproveitando a oportunidade representada pela introdução de novo produto na produção;
- Complementação do diagrama para aplicação no processo total de desenvolvimento de produto utilizando a “visão enxuta”, não se atendo apenas à preparação da produção;
- Utilização do diagrama simplificado como ferramenta para disseminação do “pensamento enxuto” entre os profissionais de todos os níveis e áreas, envolvidos diretamente no PDP.

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: 2010.
- 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.
- EMILIANI, M. L.; STEC, D. J. Leaders lost in tranformation. Leadership & Organization Development Journal, v. 26, n.5, p. 370-387, 2005.

- FIGLIORE, 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.
- 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.
- 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.
- JOBBO, 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: apractical 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.
- 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.

- PMBOK Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®). Project Management Institute, 4. ed. , 2008.
- 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, 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, n°2, 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.