

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

Gledson Nakamura

**INCLUSÃO DOS CONCEITOS ENXUTOS NAS FASES
INICIAIS DO PROCESSO DE PROJETO DE PRODUTOS**

Florianópolis

2010

Gledson Nakamura

**INCLUSÃO DOS CONCEITOS ENXUTOS NAS FASES
INICIAIS DO PROCESSO DE PROJETO DE PRODUTOS**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-graduação em Engenharia
Mecânica da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia
Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Fernando
Antônio Forcellini

Florianópolis

2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da
Universidade Federal de Santa Catarina

N163i Nakamura, Gledson

Inclusão dos conceitos enxutos nas fases iniciais do processo de projeto de produtos [dissertação] / Gledson Nakamura ; orientador, Fernando Antônio Forcellini. - Florianópolis, SC, 2010.
155 p.: il., grafs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Inclui referências

1. Engenharia mecânica. 2. Projetos. 3. Desenvolvimento de produtos. 4. Conceitos enxutos. I. Forcellini, Fernando Antonio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

CDU 621

Gledson Nakamura

TÍTULO: INCLUSÃO DOS CONCEITOS ENXUTOS NAS FASES
INICIAIS DO PROCESSO DE PROJETO DE PRODUTOS

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mecânica, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 29 de Março de 2010.

Prof. Eduardo Alberto Fancello, D.Sc.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.
Presidente
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Osmar Possamai, Dr. (EPS/UFSC)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Fernando Antônio Forcellini
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico esta dissertação àquela que
sempre me apoiou e torceu por mim.
Obrigado mãe. Eterna saudade.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a Deus pela vida, à minha família pela fraternidade, à Carol com quem tenho a felicidade de compartilhar a vida todos os dias, ao Professor Forcellini pelas orientações sem as quais este trabalho não seria possível.

Tudo deveria se tornar o mais simples possível, mas não simplificado.

Albert Einstein

RESUMO

O desenvolvimento de produtos deve se ajustar à nova realidade da globalização, onde novos produtos são desenvolvidos cada vez mais rápido e o aumento da concorrência gera a necessidade de produtos com maior qualidade e menores custos.

Desta forma este trabalho propõe a associação dos conceitos enxutos com um modelo de referência de processo de desenvolvimento de produtos para que os produtos possam se beneficiar da simplificação dos processos, aumento da qualidade e redução do tempo necessário para desenvolvimento.

Para realizar esta associação foram estudados os conceitos da manufatura enxuta e proposto uma adaptação dos princípios que direcionam a manufatura enxuta para o desenvolvimento de produtos.

A partir de um modelo de processo de desenvolvimento de produtos (PDP), esta adaptação proposta foi associada às fases iniciais do PDP para organizar o desenvolvimento enxuto.

A importância que o valor para o cliente possui para o desenvolvimento de produtos é enfatizada nos trabalhos de forma que a compreensão das necessidades, problemas e restrições dos clientes para o produto resultam em especificações-meta alinhadas com o propósito de adicionar valor para estes.

A melhoria da comunicação entre as várias equipes envolvidas no PDP também garante que o valor para o cliente seja considerado ao longo de todo o processo e assegura o estímulo para que a informação correta seja entregue no momento certo e quando necessária, evitando uma avalanche de notificações e mensagens inúteis.

O processo também se beneficia com o estímulo à simplificação das ferramentas utilizadas nas atividades e com o estímulo às práticas de aprendizado, retenção de conhecimento e reuso de conhecimento prévio, que gera ganhos através da redução de desperdício e do aumento de valor para o cliente.

Além disso, os conceitos e ferramentas enxutas associados ao modelo de PDP possibilitam que a organização do desenvolvimento enxuto evolua de um processo a outro, através do mapeamento de processos para que se alcance um resultado com menos desperdícios nos trabalhos futuros.

Desta forma, foi proposta uma melhoria no PDP de uma indústria, baseando-se nos conceitos, práticas e ferramentas enxutas. Esta proposta identificou e eliminou do fluxo o desperdício de espera,

que caracterizava um documento parado, aguardando análise. Também se utilizou conceitos e ferramentas enxutas para se reduzir as interrupções no fluxo de desenvolvimento além de aumentar o valor para o cliente ao possibilitar a redução do tempo necessário para manutenção do produto desenvolvido.

Todo o aprendizado da proposta foi documentado em uma estrutura organizada para que todos os participantes pudessem encontrar os documentos em um local único, reduzindo-se a duplicação de documentos e os erros de versões diferentes entre as áreas.

Portanto o valor para o cliente guiou o desenvolvimento enxuto, e a organização deste desenvolvimento possibilitou a simplificação do PDP para que os esforços resultassem num projeto de produtos realizado corretamente, sem a necessidade de retrabalhos e os atrasos e aumentos de custos resultantes destes retrabalhos.

Palavras-chave: Projeto. Desenvolvimento de Produtos. Conceitos Enxutos.

ABSTRACT

Product development shall fit to globalization reality, where new products are developed faster and higher competition creates needs for products with higher quality and lower costs.

This research seeks the association of lean concepts with a reference model of a product development process, in order to provide benefits such as process simplification, quality levels improvements and reduction of required time of development.

To perform this association, it was developed a research about lean concepts and it was proposed an adaptation of the principles that drives lean manufacturing to product development.

From a Product Development Process model (PDP), the proposed adaption helped to organize the initial phases of the PDP. Furthermore, the importance that value for clients has to product development is emphasized in the work so that the understanding of the needs, problems and restrictions of customers to the product specifications results in goals that adds value to product development.

Enhancing communication between the various teams among PDP also ensures that customer value is considered throughout the process and provide a stimulus to deliver the right information on time and when necessary, to avoid a flood of notifications and useless messages.

The process also get benefits from the stimulus to the simplification of the tools used in the activities and the encouragement of practical learning, knowledge retention and reuse of prior knowledge, which generates profits by reducing waste and increasing customer value.

In addition, lean concepts and tools associated with the PDP model enables the evolution of lean development, from one process to another, since processes mapping drives to less waste in future works.

Thus, it was proposed an improvement in the PDP of an enterprise based on the concepts, practices and lean tools. This proposal identified and eliminated from the value stream the waste of waiting, which characterized a document still, awaiting analysis. It was also used lean tools and concepts to reduce interruptions in the flow of development, increasing value to customer by enabling the reduction of required time for maintenance of the designed product.

All the learning of the proposal was documented in an organized structure so that all stakeholders could find the required

documents in a single location, reducing the duplication of documents and mistakes due to different versions of documents between departments.

So the value to the customer guided the lean development and organization of this development enabled the simplification of the PDP so that the efforts resulted in a product design done correctly, without the need of rework and delays and cost increases resulting from these reworks.

Keywords: Design. Product Development. Lean Concepts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Valor para o consumidor.	32
Figura 2: Ferramentas enxutas.	42
Figura 3: Sistema de desenvolvimento enxuto de produtos Toyota.	44
Figura 4: Sistema de Desenvolvimento Enxuto da Toyota.	45
Figura 5: Princípios do Sistema de Desenvolvimento Enxuto Toyota.	47
Figura 6: Distorção no Sistema de Desenvolvimento Enxuto.	64
Figura 7: Desenvolvimento de produtos com ferramentas enxutas.	64
Figura 8: Quadro resumo - propostas de desenvolvimento enxuto.	66
Figura 9: Modelo de referência do PDP.	66
Figura 10: Projeto Conceitual.	70
Figura 11: Modelo de iteração pontual.	74
Figura 12: Integração de esforços no PDP enxuto.	76
Figura 13: Avaliação SBCE da Toyota.	77
Figura 14: Tipos de “Kaizen”.	80
Figura 15: Exemplo de um MFV.	81
Figura 16: Métrica de tempo.	83
Figura 17: Ícones comuns no VSM.	84
Figura 18: Representação de inventário.	85
Figura 19: Métrica de desempenho geral.	85
Figura 20: Exemplo de relatório para proposta.	88
Figura 21: Exemplo de relatório para histórico.	89
Figura 22: Exemplo de relatório para resolução de problema.	89
Figura 23: Vários protótipos para compreensão do sistema.	91
Figura 24: Curva correlação - ajuste de meta de velocidade e consumo.	91
Figura 25: Matriz de decisão.	92
Figura 26: Hierarquia de plataforma.	93
Figura 27: Matriz de plataforma.	95
Figura 28: Cronograma de integração de plataforma.	96
Figura 29: Roteiro de resultados.	98
Figura 30: Associação de ferramentas.	101
Figura 31: Destaque de parte das informações principais e dependências entre atividades da fase de Projeto Conceitual.	109
Figura 32: Critério de estágio para parceria com fornecedores.	118
Figura 33: Resumo da associação dos conceitos enxutos com as fases do modelo de PDP.	122
Figura 34: Modelo de PDP da empresa.	126
Figura 35: Mapa do estado atual.	127
Figura 36: Avaliação do mapa do estado atual: kaizen do fluxo.	128
Figura 37: Avaliação do mapa do estado atual: kaizen do processo.	129
Figura 38: Mapa do estado futuro.	130
Figura 39: Configurações de trabalho.	131

Figura 40: Princípios de solução do sinalizador.	134
Figura 41: Configuração de sinalizador existente em outro produto.	135
Figura 42: Alternativas de sinalizador.	136
Figura 43: Alternativa de mola.	136
Figura 44: Nova alternativa de sinalizador.	137
Figura 45: Curva de correlação – faces em contato x combinação de variação dimensional.	138
Figura 46: Peças do sistema de sinalização.	139
Figura 47: Montagem do sinalizador.	140
Figura 48: Detalhe de painel informativo.	141
Figura 49: Exemplo de caderno técnico.	142
Figura 50: Conceitos, práticas e ferramentas enxutas adotadas.	144

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AV – Agrega Valor

CE – Engenheiro Chefe

DP – Desenvolvimento de Produtos

ETO – Produção sob encomenda

MFV – Mapeamento de Fluxo de Valor

NAV – Não Agrega Valor

NNAV – Necessária, Mas Não Agrega Valor

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos

QFD – Desdobramento da Função Qualidade

SBCE – Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos de Possibilidades

SSCs – Sistemas, Subsistemas e Componentes

TDM – Time de Desenvolvimento de Módulos

TIPS – Teoria da Solução de Problemas Inventivos

TPS – Sistema de Produção Toyota

SUMÁRIO

1 Introdução	21
1.1 Objetivos	22
1.1.2 Objetivos Específicos	22
1.2 Justificativas	22
1.3 Metodologia de pesquisa	23
1.4 Estrutura do trabalho	24
2 Revisão bibliográfica: Filosofia enxuta e desenvolvimento enxuto de produtos	27
2.1 Filosofia enxuta	27
2.2 Desenvolvimento enxuto	28
2.3 Processo de Desenvolvimento de Produtos	66
2.4 Conclusões do capítulo	71
3 Ferramentas enxutas	73
3.1 Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (SBCE)	73
3.2 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)	79
3.3 Relatório A3	87
3.4 Curvas de correlação	90
3.5 Matrizes de decisão	92
3.6 Hierarquia de plataformas	92
3.7 Planejamento de plataformas	94
3.7.1 Matriz de plataformas	94
3.7.2 Cronograma de integração de plataformas	96
3.8 Roteiro de resultados (“ <i>Deliverable roadmaps</i> ”)	96
3.9 Padronização na formação de pessoas	99
3.10 Conclusões do capítulo	100

4 Associação dos conceitos enxutos com as fases iniciais do modelo de PDP	103
4.1 Conceitos enxutos no modelo de PDP	103
4.1.1 Fase de projeto informacional	105
4.1.2 Fase do projeto conceitual	108
4.2 – Conclusões do capítulo	120
5 Proposta de melhoria para o PDP de uma empresa com base nos conceitos, práticas e ferramentas enxutas	123
5.1 Apresentação da empresa	123
5.2 Proposta de melhoria no PDP da empresa	124
5.3 – Conclusões do capítulo	143
6 Conclusões e recomendações	147
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151

1 Introdução

A globalização gerou um novo cenário que resultou no aumento de qualidade dos produtos, redução do ciclo de vida e acréscimo de funcionalidades para agregar maior valor aos produtos. Além disso, o tempo de desenvolvimento destes produtos se reduziu e se tornou um processo cada vez mais crítico para a competitividade das empresas.

Desta forma, devido à dinâmica do mercado, o desenvolvimento de produtos ajusta-se de acordo com as mudanças para atender às novas necessidades dos consumidores de forma a satisfazê-los.

Mesmo com o princípio de que cada projeto é único, o processo de projeto pode ser sistematizado de modo a possibilitar melhorias para o desenvolvimento de produtos, estabelecendo etapas e fases para melhorar a organização e a qualidade do desenvolvimento para que as necessidades dos clientes sejam atendidas sem erros de interpretação de requisitos, com o menor tempo de desenvolvimento necessário. Logo, esta nova concepção fez com que o desenvolvimento de produtos deixasse de ser seqüencial - com projetos voltados somente ao produto, divisões de tarefas e de áreas funcionais - para utilizar abordagens como a engenharia simultânea, com o uso de equipes multidisciplinares, além de atividades realizadas em paralelo e a introdução de sistemáticas para avaliação e transição de fases do desenvolvimento.

O fenômeno da aceleração da globalização gerou um ciclo de mudanças que além do aumento da competitividade entre empresas e das exigências cada vez maiores dos consumidores, elevou a necessidade de um projeto de produtos mais eficaz, ajustado à redução do ciclo de vida dos produtos e, sob o aspecto econômico, eficaz de modo a evitar o desperdício de matéria-prima, o trabalho desnecessário durante a montagem e as modificações de projetos executadas após o início da produção.

Além destes desafios, a globalização também resultou em outra grande mudança no modo como o desenvolvimento de produtos é realizado. Atualmente ele ocorre em uma rede complexa de empresas e cadeias de produção, envolvendo um número maior, mais diversificado e disperso de participantes, aumentando as dificuldades de integração, comunicação e compatibilidade de decisões.

Neste contexto, uma abordagem propondo mudanças no desenvolvimento de produtos surgiu, conhecida como desenvolvimento enxuto. Esta proposta deriva dos processos de produção enxuta que

procuram simplificar processos e eliminar desperdícios durante a realização de atividades de manufatura.

Ainda que a manufatura enxuta esteja muito bem documentada e compreendida, ainda há uma lacuna para o processo de desenvolvimento enxuto, visto que este ainda não se encontra devidamente organizado.

Um dos principais problemas do processo de desenvolvimento enxuto é ainda a falta de organização ou sistematização na associação do processo de desenvolvimento de produtos com as ferramentas enxutas.

1.1 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal propor a simplificação e organização das primeiras fases do processo de projeto de produtos utilizando os conceitos, práticas e ferramentas enxutas.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Determinar quais conceitos e práticas podem ser aplicados nas fases iniciais de processo de projetos, através do estudo e interpretação destes para o desenvolvimento de produtos;
- Propor uma sistematização dos conceitos, práticas e ferramentas nas primeiras fases do processo de projeto de produtos para um modelo de referência de PDP;
- Promover a melhoria do PDP de uma empresa com base nos conceitos, práticas e ferramentas enxutas, com a inclusão destes no PDP da empresa.

1.2 Justificativas

Após o início dos estudos sobre o processo de produção da Toyota, verificou-se que os conceitos enxutos superavam os métodos de produção em massa, resultando em produtos com qualidade superior devido às características de flexibilidade, agilidade e inovação do

processo de produção. Esta constatação fez com que as empresas buscassem o aumento da sua competitividade focando essencialmente os processos de manufatura.

Desta forma, muito esforço foi empregado para se compreender o método de manufatura enxuta desenvolvido na montadora de automóveis japonesa. Os frutos destes estudos se disseminaram nas indústrias ao redor do mundo, sendo que o conceito de manufatura enxuta transpôs a indústria automotiva e foi adotado por outras indústrias interessadas nos benefícios desta nova abordagem.

Todavia, grande parte do sucesso do sistema de produção enxuto tem origem em processos anteriores à produção. O início dos conceitos enxutos define o que é valor para os clientes e transforma-os em soluções, ou seja, os conceitos enxutos podem e devem ser utilizados no processo de projeto de produtos já que, segundo Rozenfeld, et al.(2006), o projeto de produtos busca, a partir das necessidades de 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.

Entende-se que explorar os conceitos enxutos e aplicá-los nas fases iniciais do processo de projeto de produtos justifica-se pelo fato destes conceitos não estarem totalmente organizados no processo de projetos de produtos.

O desenvolvimento enxuto de produtos carece de uma abordagem sistemática, pois a sua discussão ainda encontra-se sem a devida sistematização e sem modelos disseminados, deixando uma lacuna nesta área de conhecimento que deve ser preenchida para ajustar os processos de projeto às mudanças econômico-sociais do mercado provocadas pela globalização.

1.3 Metodologia de pesquisa

Para se incluir a filosofia e os conceitos enxutos sob a ótica do desenvolvimento de produtos, optou-se pela busca e aprofundamento no tópico através de pesquisa bibliográfica de livros, artigos, dissertações e teses com temas sobre a manufatura enxuta (“*lean manufacturing*” ou *TPS “Toyota Production System”*) e o desenvolvimento enxuto de produtos (também denominado “*lean design*”, “*lean development*”, “*lean development system*” ou “*lean product development*”).

Com base no material disponível sobre a filosofia e conceitos enxutos, avaliou-se o material obtido para se encontrar aqueles que apresentavam maior relevância para o desenvolvimento enxuto, através de coerência com a filosofia e com os conceitos enxutos, além de proposições de ferramentas enxutas para o PDP.

Nesta pesquisa também se identificou que determinados autores e centros de pesquisa se destacavam na produção de material a respeito do desenvolvimento enxuto e que os mesmos eram constantemente referenciados em diversos trabalhos acadêmicos. Devido a isto, muitos trabalhos destes autores e centros de pesquisa foram avaliados para se verificar como o desenvolvimento enxuto estava sendo tratado.

Contudo, como se constatou que ainda faltava a devida organização ao desenvolvimento enxuto, concluiu-se que era necessária a associação de um modelo de referência de PDP com a filosofia, conceitos e ferramentas enxutas para se obter um desenvolvimento de produtos sistematizado com os benefícios da filosofia e dos conceitos enxutos, apto ao desenvolvimento de qualquer tipo de produto.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado segundo a distribuição dos capítulos: (1) Introdução. (2) Revisão Bibliográfica: Filosofia enxuta e desenvolvimento enxuto de produtos. (3) Ferramentas enxutas. (4) Associação dos conceitos enxutos com as fases iniciais do modelo de PDP. (5) Proposta de melhoria para o PDP de uma empresa com base nos conceitos, práticas e ferramentas enxutas. (6) Conclusões e recomendações.

No capítulo dois – Revisão Bibliográfica: Filosofia enxuta e desenvolvimento enxuto de produtos aborda-se o conceito enxuto e o desenvolvimento enxuto, para a melhor compreensão da teoria sobre a filosofia enxuta. Com base nesta e a partir de um modelo de referência de PDP selecionado, identifica-se as lacunas existentes para a aplicação dos conceitos enxutos no PDP.

No capítulo três – Ferramentas enxutas detalham-se as ferramentas enxutas alinhadas com o propósito da dissertação, de agregar valor ao PDP eliminando desperdícios no processo de organização das ferramentas enxutas apresentadas associadas ao modelo de PDP selecionado.

No capítulo seguinte: Associação dos conceitos enxutos com as fases iniciais do modelo de PDP ocorre a análise da inclusão dos conceitos, práticas e ferramentas enxutas com o modelo de PDP. Esta proposição visa organizar o desenvolvimento enxuto de produtos e implementar o desenvolvimento de produtos com as contribuições que o conceito enxuto pode oferecer às fases iniciais de um modelo de referência de PDP.

O capítulo cinco trata de uma proposta de melhoria baseada nos conceitos, práticas e ferramentas enxutas no PDP de uma indústria atuante no ramo eletromecânico. Esta proposta de melhoria ocorre no PDP de um projeto complexo, que envolve conceitos de várias áreas de conhecimento em um desenvolvimento de um novo produto para a indústria.

O capítulo seis – “Conclusões e recomendações”, trata da avaliação dos objetivos propostos, das dificuldades enfrentadas e avanços obtidos com o trabalho, além de também fornecer futuras sugestões para trabalhos nesta área.

2 Revisão bibliográfica: Filosofia enxuta e desenvolvimento enxuto de produtos

Neste capítulo é tratada a abordagem da filosofia enxuta (também conhecida como pensamento enxuto, conceito enxuto, “*lean concepts*” ou “*lean thinking*”) direcionando-a ao desenvolvimento enxuto de produtos para se identificar quais as lacunas do desenvolvimento enxuto devem ser tratadas nesta dissertação.

A base para o início dos estudos dos processos enxutos é a filosofia enxuta que direciona os cinco princípios básicos identificados por Womack, et al.(1996), que servem como ponto de partida para conceituar o desenvolvimento enxuto de produtos e respaldam a adaptação das ferramentas enxutas no PDP.

Outro foco deste capítulo é detalhar um modelo de referência do PDP para se aplicar os conceitos e ferramentas enxutas nas fases iniciais para a organização da sistemática de desenvolvimento enxuto de produtos.

Desta forma, pretende-se realizar a organização do desenvolvimento enxuto a partir da associação das práticas e ferramentas provenientes da filosofia e princípios enxutos com o modelo de referência de PDP selecionado.

2.1 Filosofia enxuta

A filosofia enxuta foi amplamente divulgada através dos resultados de uma pesquisa que culminou no livro “*The machine that changed the world*” de Womack, Jones & Ross (1990).

O significado da filosofia enxuta deve ser muito bem compreendido antes de se prosseguir para o desenvolvimento enxuto de produtos. Segundo Mascitelli (2004), o conceito enxuto possui uma conotação específica: é o ato de eliminar o “desperdício” sem valor agregado de uma organização para possibilitá-la a atingir uma maior produtividade, aumentando as margens de lucro e melhorando a competitividade da empresa.

Womack & Jones (2004) definem a filosofia enxuta como “...uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz. Em suma,

o pensamento é enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam” .

As teorias e os princípios deste método focam no fluxo de tarefas que agregam valor para o cliente, ou seja, antes do início das tarefas de desenvolvimento de produtos, a equipe deve ter em mente os atributos que realmente importam a este cliente. Desta forma, além de procurar eliminar o desperdício, ou seja, toda tarefa que consome tempo, recursos e custo sem retorno na avaliação do cliente, a equipe também deve procurar atuar com maior qualidade e no prazo planejado correto para conseqüentemente gerar menos custo no PDP e atender os requisitos dos clientes com mais eficácia.

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

Sendo um processo dinâmico, entende-se que o conceito está em constante evolução. A palavra “*kaizen*”, ou seja, a melhoria contínua do desenvolvimento baseada na utilização do conhecimento de todas as pessoas envolvidas no processo, de gerentes a operários - e não apenas limitada aos especialistas, envolve o aprendizado através da realização de tarefas, utilizando o pensamento baseado em processos para o alcance do fluxo contínuo de melhorias.

Segundo Battaglia (2005), grande parte do sucesso atribuído ao TPS (“*Toyota Production System*” – Sistema de Produção Toyota) tem sua origem em fases anteriores à produção. Porém, mesmo que os conceitos enxutos tenham se consolidado nas áreas de manufatura, estes estão migrando de forma lenta para os escritórios, tendo, ainda, pouca influência nos projetos de produtos.

Daí surge a necessidade de se associar os conceitos enxutos ao PDP, para que o PDP possa gerar produtos de forma mais eficiente, com menor custo, menor tempo de desenvolvimento e com maior qualidade.

2.2 Desenvolvimento enxuto

O Processo de Desenvolvimento Enxuto de Produtos segundo Millard (2001) consiste na identificação e no aumento do valor para o cliente, na redução de desperdício e no processo de melhoria contínua -

o qual possibilita a viabilidade de um negócio em um ambiente competitivo, globalizado e repleto de informações.

2.2.1 Os cinco princípios enxutos

O valor para o cliente, a redução de desperdício e o processo de melhoria contínua são os pilares do desenvolvimento enxuto e acabam por resultar na simplificação do processo de desenvolvimento.

O processo de desenvolvimento enxuto deve ser guiado partindo-se das propostas de Womack, et al.(1996), através de cinco princípios básicos, direcionados pela filosofia enxuta e que podem ser interpretados para o desenvolvimento de produtos, tornando-se fundamentais para combater o desperdício e possibilitar a melhoria contínua no PDP, sob os preceitos do que é valor para o cliente.

Desta forma, como o foco dos princípios concentra-se na definição do valor, na redução de desperdícios e na melhoria contínua, estes se tornam uma base para a aplicação dos conceitos enxutos no PDP:

- Princípio do valor: definir exatamente o problema do cliente e identificar as funções que devem ser executadas para resolvê-lo;
- Princípio da identificação do fluxo de valor: identificar o processo mais eficiente para que as funções definidas sejam convertidas em um produto de alta qualidade e baixo custo, no menor prazo;
- Princípio do fluxo de valor: garantir que o processo identificado flua efetivamente e que sejam retirados os itens que ocasionem custo desnecessário ou atividades redundantes, de modo a otimizar a solução ou o produto;
- Princípio do sistema puxado: ouvir os clientes internos e externos com frequência e de modo repetitivo durante o processo de desenvolvimento do produto para se garantir que o que efetivamente gera valor para os clientes seja desenvolvido e entregue ao mesmo;
- Princípio da perfeição: Incluir ferramentas e métodos de redução de tudo o que causa desperdício no processo de projeto de produto identificado no fluxo de valor, buscando sempre a melhoria contínua.

2.2.1.1 Princípio do valor

O primeiro princípio é muito importante, pois trata da questão da busca pela compreensão do que os clientes realmente precisam,

proporcionando a promoção de melhorias para solucionar cada barreira na direção da satisfação do cliente.

O princípio do valor propõe o entendimento e a definição dos problemas do cliente para que possam ser consideradas no processo de desenvolvimento de produtos as soluções que resolvam estes problemas, agregando valor ao produto.

Desta maneira, para a compreensão exata do que os clientes desejam é necessário definir o que é exatamente o valor para o cliente, afinal neste primeiro princípio enxuto o valor para o cliente é um dos pilares do desenvolvimento enxuto.

No ambiente altamente competitivo nos quais as empresas estão inseridas, a definição e identificação de valor para o consumidor é essencial, pois segundo Possamai (2002), embora os desejos dos consumidores sejam quase ilimitados, seus recursos são limitados. Isto os obriga à escolha de produtos com maior valor e satisfação pelo dinheiro gasto.

Desta forma, de uma maneira simples, Hamilton (2002) definiu que valor para o consumidor pode ser representado como sendo o conjunto de benefícios, ou seja, as vantagens que o produto oferece ao seu comprador confrontado com o esforço gasto para realizar a aquisição do produto, ou seja:

$$\text{Valor para o consumidor} = \frac{\text{benefícios}}{\text{preço}}$$

Assim, para maximizar a percepção de valor no domínio do PDP pelo cliente, deve-se atuar no custo, na qualidade e nos benefícios oferecidos pelo produto, além de se levar em conta o momento ideal de desenvolvimento.

De acordo com Slack (1998), os custos referentes à aquisição, manutenção, operação e sucateamento – que representam cerca de 90% do custo do ciclo de vida do produto – devem ser cuidadosamente considerados durante o desenvolvimento.

Segundo Forcellini (2004), o custo do produto fica praticamente comprometido com as tomadas de decisão nas primeiras fases do ciclo de vida. Ou seja, 80% do custo do produto fica comprometido com 20% da fase de projeto realizada.

Portanto, a importância deste princípio sob a visão de custos nos trabalhos iniciais do projeto é muito relevante para se evitar que ocorra um acréscimo de custo desnecessário ao produto final, que pode ocorrer sob a forma de uma má compreensão do que é valor para o cliente, gerando o aumento de custo no produto através de requisitos e

funções que não adicionam valor ao produto desenvolvido. Outro desperdício que deve ser evitado é o custo que o retrabalho adiciona ao PDP, ou seja, custos provenientes de necessidade de ajustes, correção de projetos, estudos paralelos ao longo do PDP e alterações de escopo após as tomadas de decisões.

Ainda sobre o primeiro princípio enxuto, segundo Slack (1998), o valor também é determinado através da qualidade que um produto específico ou serviço representa para o cliente, sendo que a qualidade em termos de valor pode ser definida através de:

- Propriedades funcionais e de desempenho: funções ofertadas pelo produto e desempenho para cada função do produto.

- Grau de excelência: capacidade de atender o desempenho desejado e as funções requeridas no produto final.

Assim, a qualidade de um produto em termos de valor significa que o atendimento dos requisitos do cliente para o produto e uma garantia de que este produto apresente um desempenho satisfatório, geram uma melhor avaliação do produto final em relação ao preço que o consumidor se dispõe a pagar para obter um bem que atenda funções consideradas indispensáveis.

Da mesma forma que a qualidade em termos de valor para o cliente - o tempo pode ser decomposto em dois tópicos:

- Tempo de entrega do produto: é o tempo de disponibilização do produto ao mercado a partir da venda até a entrega do produto. Aspecto importante em casos de projeto de produtos sob encomenda (ETO), nos quais marcos de andamento do projeto e a data de entrega dos trabalhos de desenvolvimento são definidos através de um contrato com o cliente, que pode incluir cláusulas prevendo multas devido a atrasos de execução e conclusão dos trabalhos.

- Tempo do ciclo de desenvolvimento do produto: é a quantidade de tempo necessária desde a identificação de nova necessidade de um produto no mercado até a disponibilização deste produto para o mercado.

Assim como para a qualidade, o tempo influencia no valor para o consumidor ao proporcionar uma avaliação do cliente para o produto dependendo do momento de entrega do produto. Esta avaliação se dá conforme os requisitos ou os valores para os consumidores se alteram. Como exemplos das variações destes requisitos citam-se o preço dos

combustíveis, a conscientização ambiental, lançamento de produtos concorrentes com emprego de novas tecnologias disruptivas.

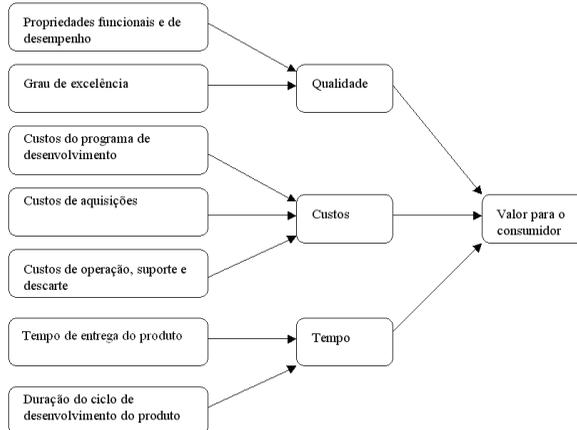


Figura 1: Valor para o consumidor. Fonte: Slack (1998).

Slack (1998) contribuiu ao interpretar o princípio do valor com o foco no PDP. Porém não fica claro na contribuição de Slack qual é a importância da informação no princípio do valor. Ou seja, como no desenvolvimento de produtos, o “produto” - ou o resultado - não é um artefato em si, mas um conjunto de instruções, especificações e modelos que juntos definem o produto e a sua produção através da manufatura. Assim o valor criado no PDP deve levar em conta não só o custo, o tempo e a qualidade, mas também o valor da informação.

Segundo Bauch (2004), no desenvolvimento de produtos a adição de valor consiste na criação de informações novas e úteis para desenvolver novos dados de produtos, especificações e instruções que podem ser enviados para confecção pela manufatura. Porém a proposta de se utilizar apenas um meio para aumentar o valor da informação - que é a redução do desperdício na informação - não se mostra ideal por não explorar completamente a aproximação do valor da informação com o PDP.

Graesbsch (2005) propõe um estudo específico para aproximar o conceito de informação com o conceito de valor e do PDP. Segundo o autor, a informação é valiosa ao propiciar decisões que aumentam o valor para o consumidor. Assim como a informação possibilita a criação de valor se for utilizada para garantir a qualidade, agilizar o processo ou repassar a redução de custos aos preços. Em todo caso, Graesbsch destaca que a informação é importante se ela é requerida. Qualquer

tarefa que direciona uma informação desnecessária é desperdício. Porém o autor não disponibiliza uma metodologia de PDP para a aplicação dos conceitos desenvolvidos.

Desta forma, faz-se necessária a inclusão destes conceitos sobre a informação na metodologia selecionada para o desenvolvimento de produtos, de forma a eliminar o desperdício nas informações geradas e otimizar a divulgação das informações geradas durante o PDP.

Portanto, além de ser importante para a redução dos desperdícios nas informações e na melhora da divulgação e retenção destas informações, este primeiro princípio também é importante para a identificação e divulgação aos envolvidos no processo de desenvolvimento, sobre o que é valor para o cliente desde as fases iniciais do PDP. Assim, busca-se que o foco no desenvolvimento de produtos esteja sempre orientado ao que realmente importa aos clientes.

Além disso, os dados sobre valor para os clientes tornam-se parâmetros essenciais para resolver conflitos durante as tomadas de decisões importantes ao longo do desenvolvimento do produto.

2.2.1.2 Princípio da identificação do fluxo de valor

Ao identificar os requisitos dos clientes, um procedimento deve ser tomado para levá-los ao mercado na forma de um novo produto. O PDP é regido pelo tempo de resposta ao mercado, portanto um processo enxuto e eficiente é crucial para sustentar a competitividade de uma empresa.

Assim este princípio rege a identificação de oportunidades de melhoria do fluxo de conversão dos requisitos chave num produto que leve em conta o que é valor para os clientes, ou seja, um produto de sucesso que é projetado de modo otimizado através da redução de desperdícios no processo de desenvolvimento e na otimização do fluxo do PDP.

Para auxiliar a realização deste princípio, Womack, et al. (1996) propõem a classificação de três campos de tarefas principais aplicáveis a qualquer tipo de negócio:

- Tarefas de resolução de problema: Da concepção ao projeto de produto e da engenharia ao lançamento do produto;
- Tarefas de gestão da informação: Do pedido até o cronograma detalhado para entrega;

- Tarefas de transformação física: Da matéria-prima ao produto acabado para os consumidores.

Desta forma, nesta dissertação foca-se a divisão que cabe à resolução do problema de acordo com a filosofia enxuta, ou seja, esta se concentra desde o momento da concepção até o lançamento do produto, aplicando a filosofia enxuta ao PDP. Porém, de acordo com Bauch (2004), o ponto crucial na análise do fluxo de valor de um produto ou uma família de produtos está no processo como um todo, desde o início com os fornecedores até o cliente final. Desta forma, o processo deve ser visto além de uma única empresa, visando toda a cadeia de produção, entre todos os fornecedores chave para que ocorra uma completa sinergia e transparência das atividades, além de sincronizar as tarefas entre as empresas.

Para a avaliação do valor das tarefas, adota-se a classificação de acordo com as três categorias propostas por Monden (1993). Estas categorias são: 1) Agrega Valor, 2) Não Agrega Valor e 3) Necessária, mas Não Agrega Valor. As duas últimas categorias identificam todo o desperdício no sistema. Todavia como as categorias de Monden foram desenvolvidas originalmente para a manufatura, estas definições se aplicadas desta forma têm pouca utilidade no domínio do PDP. Portanto, a interpretação proposta por Francis (2004) é considerada mais relevante para este propósito:

1) Agrega valor (AV)

Este tipo de tarefa resulta no acréscimo direto de valor sob a perspectiva do consumidor. Por exemplo, em uma produção de automóveis uma das tarefas AV, ou seja, aquela que é considerada essencial para o cliente é a qualidade da pintura. Uma tarefa AV é aquela tarefa considerada imprescindível de ser realizada em uma avaliação de cenário futuro;

2) Não Agrega Valor (NAV)

São as tarefas que claramente não criam valor e provavelmente adicionam custos. Tarefas NAV podem ser removidas imediatamente com um custo mínimo e sem impacto significativo no valor final. Por isso também se caracterizam por ter um mínimo impacto se removidas. De acordo com Womack, et al.(1996) são classificadas como “Muda tipo 2”. São interpretadas como puro desperdício e devem ser foco para

eliminação imediata. Um exemplo de tarefa NAV são os documentos parados em um porta-arquivo aguardando leitura;

3) Necessária, mas Não Agrega Valor (NNAV)

São as tarefas que não criam valor, mas são inevitáveis devido às restrições de tecnologias vigentes, de bens de produção e de procedimentos de operações do sistema. De acordo com Womack, et al.(1996) classificam-se como “Muda tipo 1”. Por exemplo, o movimento físico de documentos entre departamentos. Esta tarefa deve ser idealmente eliminada no longo prazo, mas será preciso investir capital ou mesmo uma tarefa de reengenharia para alterá-la.

Para facilitar a identificação dos desperdícios, este princípio traz implícito um fator muito importante que é a necessidade de familiarização com o processo de desenvolvimento de produto. Isto proporciona melhoria contínua, ou seja, de um programa de desenvolvimento para o próximo, os processos são analisados através deste princípio e os desperdícios no PDP são mais facilmente identificados.

Desta forma, através deste princípio, adota-se uma postura de análise crítica do PDP, para se identificar pontos de melhoria ou redução de desperdício e também para que o valor para o cliente seja efetivamente aplicado desde a concepção até o lançamento do produto.

2.2.1.3 Princípio do fluxo de valor

O terceiro princípio foca a redução de custo e a eliminação de desperdício através de um fluxo ótimo de valor, ou seja, busca a cadência ou a sincronização das informações e a transmissão destas sem interrupções. Ao longo do desenvolvimento do projeto, muitas oportunidades para melhorar um produto aparecem como uma chance de reduzir o tempo de documentos aguardando para serem analisados; reduzir a confecção de protótipos não essenciais; melhorar o aproveitamento de conhecimento prévio e eliminar entregas de documentação sem utilidade.

Na manufatura, o princípio da propagação do fluxo de valor é definido pelo LEI (“*Lean Enterprise Institute*”) como: “Dentro do possível, produzir e mover um item de cada vez (ou um pequeno lote de itens) em uma série de etapas da manufatura, com cada etapa realizando apenas o que foi requerido pela etapa seguinte”.

Bataglia, et al. (2005) determinou que mesmo no PDP deve haver uma garantia de fluxo de informação e conhecimento com tempo “*takt*” ou sincronismo. Tempo “*takt*” em um contexto de PDP significa distribuir a informação e o conhecimento no momento preciso em que esta é requerida, ou seja, sincronizada com a demanda.

De acordo com Womack, et al.(1996), o objetivo deste princípio consiste na redefinição do trabalho de funções, departamentos e empresas de modo que estes contribuam de modo positivo na criação de valor, além de atingirem as verdadeiras necessidades dos participantes do processo em cada ponto do fluxo de valor para que estes se mantenham motivados a fazer o valor fluir.

Além disso, segundo McManus (2005) a informação gerada no desenvolvimento do produto deve ser transmitida de maneira suave, sem interrupções entre emissores e receptores. Desta forma, a comunicação eficiente em PDP com vários participantes significa facilitar o fluxo de informações valiosas.

Ao focar o fluxo de valor no PDP, este princípio beneficia-o ao aproximar os envolvidos no processo e estimular uma comunicação mais eficiente entre os seus participantes, sem interrupções e com cadência, ou seja, sincronizadas para que as informações possam fluir sem ficarem paradas aguardando análise. O desenvolvimento de produtos basicamente trabalha com informações e estas geram um conjunto de especificações para a manufatura. Desta forma, as informações – como, por exemplo, a definição de valor para o consumidor - deve se disseminar entre todos os participantes do PDP para que todos os envolvidos fiquem sintonizados e compartilhem os mesmos objetivos, sem perder tempo em tarefas que não agregam valor ao cliente.

2.2.1.4 Princípio do sistema puxado

Levar em conta a opinião do cliente pode melhorar significativamente um projeto, ao proporcionar melhor desempenho do produto na avaliação do cliente ou ao revelar maneiras de reduzir custos através de restrições a funções que não agregam valor ao cliente.

Na manufatura, determinar o princípio do sistema puxado constitui-se num método de controle da produção no qual a célula de trabalho sucessora registra necessidade de novo lote para as células antecessoras, através de envio de informações requisitando peças e materiais, as quantidades requeridas e o exato local e o momento para fornecê-las. Nada é produzido pela atividade antecessora até que o

“cliente”, ou seja, a atividade sucessora envie um aviso de solicitação. Este método caracteriza-se por ser oposto ao método tradicional de produção, no qual os produtos são processados e imediatamente enviados ao processo seguinte, sem uma identificação de necessidade de mais fornecimento, acabando por gerar volume no estoque e também permitindo que as eficiências individuais possam mascarar o andamento do processo.

O princípio do sistema puxado no PDP busca garantir que a informação correta seja entregue no momento certo, no local correto e na quantidade necessária. Além disso, em um ambiente que leve em consideração a relação cliente-empresa, também deve garantir que um produto possua apenas funções que o consumidor procura – e que esteja disposto a pagar por isso.

Torna-se, desta forma, necessário um ambiente de projeto de produtos com foco num PDP eficiente e rentável. Considerar processos de manufatura durante o projeto é vital para reduzir o desperdício e o custo, de forma que as necessidades da manufatura, que é um cliente da engenharia de produtos, possam guiar o projeto de produtos.

O princípio, quando voltado ao PDP, deve ser interpretado com ênfase à informação, mas o foco aqui não é a simples distribuição destas. O foco deste princípio é o momento no qual as informações são disseminadas, pois a troca prematura ou tardia de informações ao longo do PDP pode gerar erros ou atrasos nos processos de desenvolvimento.

2.2.1.5 Princípio da perfeição

Finalmente neste último princípio, determina-se que apesar de toda a importância das ferramentas no PDP, elas não são suficientes para se atingir um processo perfeito, de modo que uma cultura consciente de redução de custo e melhoria contínua torna-se necessária na empresa. Processos e políticas não substituem a iniciativa e o trabalho em equipe, além de não existir um atalho para o processo de redução de custos.

A filosofia Enxuta não é um movimento único, ela requer melhorias contínuas para que todos os processos se tornem cada vez mais eficientes. Como uma consequência de se melhorar constantemente estes princípios, cita-se a possibilidade do time de projetos começar a identificar novas maneiras de interagir com os clientes.

Além disso, a perfeição leva a uma relativa estabilidade nos processos, ou seja, por ser padronizado, o processo de desenvolvimento possibilita que seja realizado o trabalho em equipe, pois todos os

membros das equipes têm noção de como o trabalho de cada um irá evoluir.

Com a adoção deste princípio, o PDP deixa de ser estático e passa a evoluir constantemente. Este movimento de melhoria contínua do processo de PDP pode gerar uma vantagem competitiva da empresa em relação aos concorrentes, pois os resultados do processo de desenvolvimento tendem a satisfazerem cada vez mais os seus clientes.

2.2.2 Tipos de desperdício no PDP

Da mesma forma que foi realizada a revisão dos conceitos enxutos com o foco no PDP, ocorre à necessidade de se reinterpretar os sete tipos de desperdício da manufatura. De acordo com Womack, et al. (1996), na manufatura Taiichi Ohno classificou os desperdícios em sete tipos que são listados a seguir:

- Espera pela próxima operação;
- Transporte de materiais ou partes;
- Movimento desnecessário dos operadores ao procurar partes, peças ou assistência durante o trabalho;
- Processamento excedente em componentes devido a ferramentas inadequadas ou projeto de produtos;
- Níveis de estoque excedentes;
- Produção excessiva de peças e componentes antes da requisição;
- Produtos com defeito.

Com base nesta lista, Bauch (2004) revisou outras aproximações para o desperdício no PDP e realizou uma análise de causa e efeito de agentes de desperdício para formalizar dez causadores de desperdício com foco no desenvolvimento de produtos:

- Produção excessiva. Representa o excesso de distribuição de documentos, ou seja, pessoas sem necessidade de participar de determinadas tarefas recebem documentos, convocações ou relatórios com informações para a tarefa. Também representa a falta de sincronismo entre tarefas ou processos, o que gera trabalhos duplicados ou sem diferença significativa que justifiquem a repetição do processo. É resultante de um processo de desenvolvimento ineficiente;
- Espera ou pessoas aguardando informação ou dados. Representa o tempo desperdiçado devido ao processo de desenvolvimento ineficiente,

a oportunidade de se trabalhar a informação adiada devido à falta de sincronismo ou pessoas aguardando algo que está atrasado ou que não foi feito. Também se caracteriza por uma informação aguardando as pessoas. Como no caso anterior, reflete a falta de sincronismo no processo, que resulta em um atraso na oportunidade de se trabalhar a informação;

- Transporte. Este tipo de desperdício no PDP representa a falta de eficiência na transmissão de dados entre os sistemas e entre as tarefas do PDP devido a um processo de desenvolvimento ineficiente. Nos sistemas de informática ocorre a dificuldade de integrar a variedade de programas utilizados no PDP, por exemplo, dois programas de análise de sistemas de engenharia que não são compatíveis, mas são utilizados em tarefas seqüenciais e geram a necessidade de criação de adaptações para que as análises necessárias possam ser realizadas. Também pode ocorrer a falha de comunicação entre as pessoas, ou seja, a transmissão de dados entre as tarefas pode ser ineficiente e possibilitar interpretações erradas e suas conseqüências indesejadas. Ainda sobre a transferência de dados entre as tarefas, podem ocorrer transferências de responsabilidade ao longo do desenvolvimento de produtos que geram uma perda de conhecimento e tempo no PDP. O conhecimento é perdido, pois tudo o que foi gerado anteriormente pode não ser transferido adiante. O tempo por sua vez é desperdiçado pela parte que recebe a responsabilidade sobre a nova tarefa e tem que recuperar as informações já geradas para poder atuar na tarefa;

- Processos desnecessários ou informação e precisão desnecessárias. O excesso de detalhes, características ou precisão de uma peça ou informação torna-se desnecessário se todos os dados da peça ou da informação não forem aproveitados. Assim, um processo ineficiente faz com que o tempo e o esforço gastos para gerar os detalhes da peça ou as informações (e até mesmo o nível de precisão do detalhamento) tornem-se sem utilidade, sendo classificados como desperdício. Outro processo desnecessário é o excesso de autorizações requeridas para determinados procedimentos, que limitam o andamento dos processos e tornam-se muitas vezes um desperdício de tempo;

- Movimento. Este desperdício pode ser decorrente tanto de um processo ineficiente quanto de um projeto ruim. É caracterizado pela necessidade de busca por uma informação, uma ferramenta, autorizações de acesso e mesmo pessoas para solucionar dúvidas oriundas da falta de qualidade ou desempenho;

- Defeitos ou dados e informações incorretas. Num projeto de baixa qualidade, os dados e informações incorretas resultam em necessidade

de retrabalhos e correções no PDP. Por essa razão a acuracidade possui grande importância para eliminar este tipo de desperdício no PDP. O resultado do PDP é um conjunto de informações que instruem os departamentos fabris a “criar” o produto. Daí surge a necessidade destas informações terem coerência e chegarem às pessoas certas e no momento certo para que não ocorra o desperdício;

- Reinvenção ou baixa reutilização de conhecimento prévio. A utilização de partes, peças e do conhecimento gerado em projetos anteriores podem elevar a qualidade e a eficiência do PDP. Portanto, deixar de utilizar os projetos anteriores como referência nos novos desenvolvimentos de produtos gera este tipo de desperdício e caracteriza um projeto de baixa qualidade. Administrar o conhecimento, ou seja, reter e disseminar o conhecimento de maneira adequada pode solucionar esta tarefa NAV;

- Estoque ou caça de informação. Neste tipo de desperdício, o tempo utilizado na busca por uma informação quando esta não se encontra disponível para a utilização no momento que ela é necessária, é resultado da falta de estruturação no arquivamento dos documentos e caracteriza um processo ineficiente. Outras características deste tipo de desperdício são:

a) A ocorrência de grande quantidade de protótipos em estoque que são subutilizados ou até mesmo desnecessários;

b) Informações em duplicidade que acabam por dificultar a atualização e podem até gerar conflitos de informações e desperdício na busca pela informação correta;

c) Grandes quantidades de informações paradas, aguardando processamento ou liberação para seguirem no fluxo de desenvolvimento.

- Falta de disciplina ou objetivos e metas mal interpretados. A falta de disciplina no PDP pode gerar muita desorganização, atrasos se o cronograma não for respeitado e até falta de cooperação entre os envolvidos no PDP. Metas e objetivos obscuros podem gerar interpretações erradas e desviar o desenvolvimento de produtos do verdadeiro objetivo. Outro agravante é a falta de treinamento ou a qualidade do treinamento, que faz com que os envolvidos desperdicem o tempo ao lidar de forma errada com ferramentas, métodos, processos e pessoas. Este tipo de desperdício é resultado tanto da baixa qualidade dos projetos quanto do processo ineficiente;

- Integração de TI ou recursos de TI limitados. Este tipo de desperdício decorre dos casos de processo ineficiente, onde a baixa capacidade de processamento dos computadores utilizados no PDP aumenta o tempo para disponibilizar e processar análises e estudos. Outro tipo de

desperdício ocorre durante a migração de dados de um sistema antigo para um novo. Nestes casos, dados transferidos de forma errada ou transferidos com erro geram a necessidade de correção – muitas vezes manual – o que corresponde a muito tempo e esforço desperdiçado.

Os princípios identificados por Womack e os tipos de desperdício reavaliados para o PDP descritos por Bauch são um ponto de partida significativo para o início dos estudos para o desenvolvimento enxuto, por auxiliarem a compreensão da filosofia que norteia os conceitos enxutos. Todavia, uma aplicação consistente destes princípios se faz necessária no PDP, pois a proposta de Bauch (2004) busca eliminar o desperdício na informação, mas o desenvolvimento enxuto deve ter como base uma metodologia de desenvolvimento de produtos enxuta, que abrange muito mais que apenas uma ferramenta enxuta que foca na redução do desperdício na informação.

2.2.3 Proposta de Mascitelli para o Projeto de Produtos utilizando a filosofia enxuta

Mascitelli (2004, 2007) aborda o projeto de produtos utilizando a filosofia enxuta. Esta proposta consiste em uma série de ferramentas enxutas e o autor destaca que estas ferramentas devem ser utilizadas desde o início do projeto de produtos, sendo o benefício da utilização do desenvolvimento enxuto a redução do custo e do tempo necessário para o desenvolvimento no processo de PDP. Entretanto, o autor não associa as ferramentas a um modelo e fases do PDP. Todavia, destaca-se que além destes benefícios citados pelo autor, as possibilidades de melhorias ao utilizar o desenvolvimento enxuto vão além do custo e da redução do tempo de desenvolvimento. A história mostra que os produtos manufaturados sob a filosofia de produção enxuta são também beneficiados com menores prazos de produção, maior índice de qualidade, maior satisfação do cliente e aumento da competitividade. Daí a motivação para se utilizar os conceitos enxutos no PDP.

Outra ferramenta apresentada pelo autor nesta série é o Mapeamento de Fluxo de Valor ou MFV (*“Value Stream Mapping”*) que é uma representação das tarefas, fluxos de informação e material do processo atual e que tem o propósito de possibilitar avaliações de melhorias futuras no fluxo de valor.

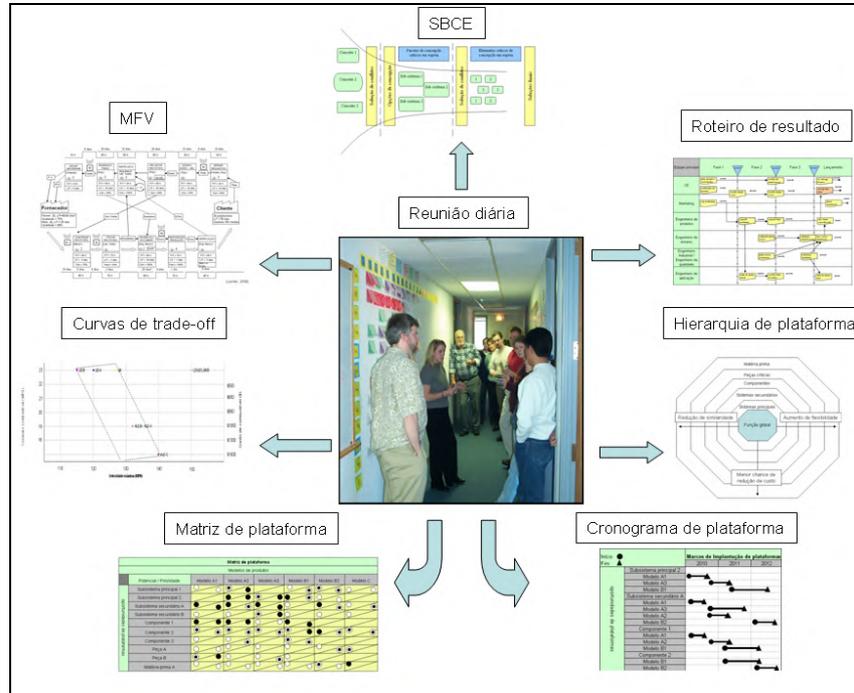


Figura 2: Ferramentas enxutas. Fonte: Mascitelli (2004, 2007)

Mas a proposta de Mascitelli (2007) não aponta como tratar os inventários, ou seja, o acúmulo de resultados a serem processados devido a um fluxo não contínuo de tarefas. O inventário é um tipo de desperdício que aumenta o tempo de espera ao longo do processo e deve ser identificado e reduzido para se evitar que documentos fiquem parados num porta-arquivo aguardando a sua vez de serem analisados.

A proposta de Mascitelli (2007) também deixa de detalhar como implementar o MFV no PDP, pois apenas retrata um mapa de estado atual de um processo de mudança de engenharia. Desta forma, ao não detalhar o MFV aplicado ao PDP, não há uma visão de todo o processo de desenvolvimento e perdem-se possibilidades de efetuar melhorias no processo como um todo, realizando apenas melhorias pontuais que podem não ser tão importantes sob o ponto de vista de valor para o cliente.

O conceito enxuto procura simplificar e reduzir ao mínimo os processos que não agregam valor e dão ênfase à aprendizagem e à experimentação. Além disso, há uma preocupação maior no trabalho em conjunto e na interação entre os modelos concebidos e os processos de manufatura, incluindo ferramentas para avaliação desta interação, contribuindo para a redução de erros em fases avançadas de projeto.

Outras ferramentas enxutas interessantes são apresentadas no quadro da figura 2 e detalhadas no próximo capítulo, porém por hora deve ficar claro que nesta série de Mascitelli (2004, 2007), as ferramentas enxutas apresentadas não são relacionadas com um modelo de PDP, de forma que pode se observar que fica aberta uma lacuna entre os conceitos enxutos e o modelo de PDP de Rozenfeld, et al. (2006) apresentado no final deste capítulo. Fatores importantes ao processo de projeto como sistemáticas de tomada de decisão, clara distinção e definição das fases do processo de projeto e lógica cronológica de uso de ferramentas não se fazem presentes na proposta apresentada pelo autor.

2.2.4 Representação de Ballé (2005) para o desenvolvimento enxuto

O desenvolvimento enxuto apresentado por Ballé (2005) representa o sistema de desenvolvimento enxuto da Toyota e destaca os principais pontos do sistema da empresa automobilística.

Desta forma, o autor divide o sistema de desenvolvimento da Toyota em quatro fases: a fase conceitual que resulta no documento de concepção do produto desenvolvido pelo engenheiro chefe (CE – “*Chief Engineer*”), a fase de desenvolvimento de sistemas utilizando a

engenharia simultânea, a fase de projeto detalhado utilizando padronização de projeto e a fase de desenvolvimento de protótipos e ferramental utilizando a manufatura enxuta.

Além destas quatro fases, o autor também representa o sistema de desenvolvimento enxuto da Toyota suportado por centros de desenvolvimento baseado por plataformas de produtos. De acordo com Ballé (2005) estes centros possuem a função de minimizar custos através da transferência de recursos e componentes entre projetos de mesma plataforma. Além disso, melhoram a coordenação entre os projetos, otimizam a utilização de recursos humanos e estimula a padronização de produtos através da reutilização de peças e componentes entre plataformas (ver figura 3).

O autor também aponta outros fatores como suporte ao desenvolvimento Toyota, como o conhecimento e a manufatura enxuta, a carreira técnica, a adoção de comunicações puxadas, a melhoria contínua e a integração de fornecedores, porém não apresenta detalhes das ferramentas enxutas que suportam este sistema.

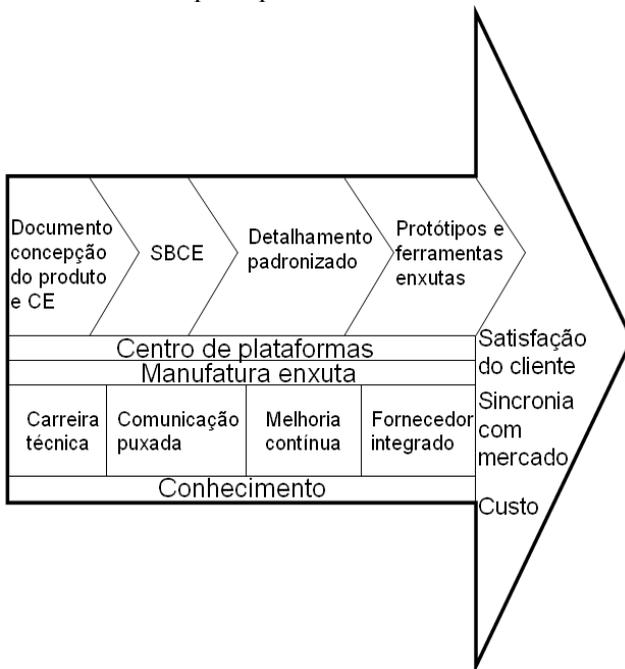


Figura 3: Sistema de desenvolvimento enxuto de produtos Toyota. Fonte:

Ballé (2005)

2.2.5 Sistema de Projeto de Produtos utilizando a filosofia enxuta apresentado por Morgan e Liker (2006)

O sistema de desenvolvimento enxuto de produtos praticado pela Toyota descrito por Morgan e Liker (2006) é composto por três subsistemas que se encontram inter-relacionados e dependentes uns dos outros. Esta representação sistêmica é extremamente interessante, porém o sistema proposto concentra-se no detalhamento de treze princípios propostos e em algumas ferramentas enxutas relacionadas aos princípios, mas como na proposta verificada anteriormente, não ocorre uma estruturação para distinção e definição das fases do PDP e não se explora uma lógica cronológica no uso das ferramentas, pois os autores não focam a evolução do desenvolvimento de produtos.



Figura 4: Sistema de Desenvolvimento Enxuto da Toyota. Fonte: Morgan e Liker (2006).

Neste sistema Toyota de desenvolvimento enxuto, os autores definiram 13 princípios que se distribuem entre os três subsistemas, caracterizando o sistema de desenvolvimento enxuto de produtos.

Desta forma, o subsistema “Processo” contempla os princípios 1 a 4, que procuram orientar o PDP na associação com os conceitos enxutos:

1 – Estabelecer valor na perspectiva do consumidor e separar valor agregado do desperdício;

- 2 – Antecipar o processo de desenvolvimento de produtos para explorar completamente soluções alternativas enquanto há espaço para o desenvolvimento de produtos;
- 3 – Criar um fluxo de desenvolvimento de produtos balanceado;
- 4 – Utilizar normas rígidas para reduzir a variação e criar resultados flexíveis e previsíveis.

O subsistema “Pessoas / organização” foca os princípios 5 a 10:

- 5 – Desenvolver um sistema de “engenheiro chefe” para integrar o desenvolvimento do início ao fim;
- 6 – Organizar para obter um balanceamento entre a experiência funcional e a integração matricial;
- 7 – Desenvolver elevada competência técnica entre todos os engenheiros;
- 8 – Integrar os fornecedores ao desenvolvimento de produtos;
- 9 – Implantar a cultura do aprendizado e da melhoria contínua;
- 10 – Desenvolver uma cultura para a excelência e a melhoria contínua;

O subsistema de “Ferramentas e tecnologias” abrange os seguintes princípios:

- 11 – Adaptar a tecnologia para as pessoas e os processos;
- 12 – Alinhar a organização através de comunicação visual simples;
- 13 – Usar ferramentas para padronização e aprendizado.

2.2.5.1 Subsistema de Processo

Os princípios 1 a 4 apresentam relação direta com o propósito desta dissertação, pois derivam diretamente dos cinco princípios enxutos básicos citados no início deste capítulo.

A seguir esses princípios serão descritos em detalhes para completo entendimento da relação destes, com a organização do desenvolvimento enxuto e a associação das práticas provenientes destes princípios com o PDP.

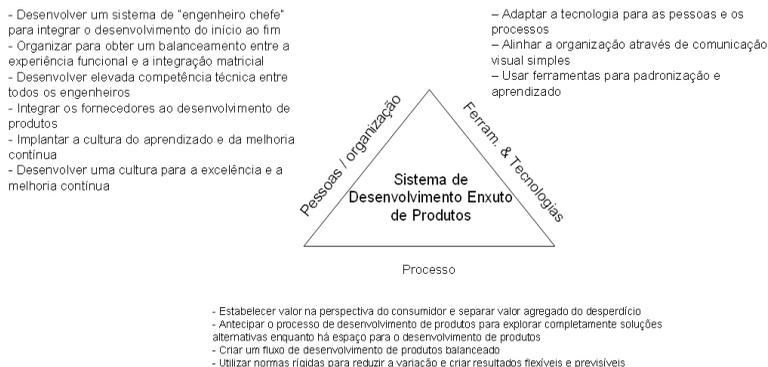


Figura 5: Princípios do Sistema de Desenvolvimento Enxuto Toyota. Fonte: Morgan e Liker (2006).

Princípio 1: Estabelecer valor na perspectiva do consumidor e separar valor agregado do desperdício

Para os autores, em um sistema enxuto, o cliente sempre deve ser o ponto de partida, desta forma, a definição do desperdício inicia com a definição dos valores do cliente. Mais adiante, deve-se comunicar de modo efetivo e operacionalizar as definições de valor do cliente ao longo da empresa para alinhar os objetivos, focar energia no cliente e eliminar o desperdício no sistema.

Os autores também definem que existem duas categorias principais para o desperdício no DP:

- o desperdício causado pela engenharia de produtos com pouca qualificação que resulta em produtos com pouca qualidade ou desempenho abaixo do desejável;
- o desperdício no próprio processo de desenvolvimento de produto.

O desperdício devido à engenharia de produtos com pouca qualificação causa mais danos e o melhor modo de prevenir este tipo de

desperdício é o profundo e concreto conhecimento de como criar o valor para o cliente em cada nível da organização.

Já o tipo de desperdício do processo de desenvolvimento pode ser combatido com a garantia de um fluxo de valor e o uso de ferramentas enxutas como o Mapeamento de fluxo de valor aplicado ao desenvolvimento de produtos conforme será visto posteriormente.

Desta forma, estabelece-se o valor na perspectiva do cliente conforme o princípio do valor e pode-se partir para a separação do valor agregado do desperdício através da promoção de melhorias para obter a satisfação do cliente.

Uma prática da Toyota descrita pelos autores é a adoção do CE para o PDP. Esta prática consiste na alocação de um funcionário que além de grande conhecimento técnico possua também a compreensão do que é valor para o cliente e como este valor se relaciona com o desenvolvimento do produto.

A função do CE é entregar valor ao cliente, mesmo com todas as atividades e pessoas envolvidas no PDP. Para auxiliar neste trabalho, o CE deve elaborar um documento de concepção do produto que divulga aos envolvidos a definição do que é valor para o consumidor, níveis de desempenho requeridos para o produto e metas de desempenho para o time de desenvolvimento. Após a aprovação deste documento de concepção do produto, o valor para o cliente é desdobrado em objetivos específicos e mensuráveis junto aos times funcionais, para serem seguidos ao longo do PDP.

As práticas citadas na Toyota para realizar melhorias no PDP através deste primeiro princípio não são demonstradas através de uma associação a uma metodologia de projeto de produtos, o que resulta na falta de sistematização aplicável a um desenvolvimento de produto.

Princípio 2: Antecipar o PDP para explorar completamente soluções alternativas enquanto há espaço para o desenvolvimento de produtos

A maior oportunidade de explorar alternativas ocorre no início do processo de desenvolvimento de produtos. Solucionar problemas no momento em que os projetos possuem menos restrições permite que a empresa explore soluções potenciais no desenvolvimento de produtos. Isto minimiza o alto custo de modificações ao longo do andamento do DP.

Através deste princípio os envolvidos no processo podem visualizar potenciais problemas e criar alternativas de soluções sem prejudicar ou alterar outras características ou partes do produto. Desta

forma, evita-se que ferramentas tenham que sofrer alterações no início da manufatura e a execução do projeto é realizada mais rapidamente.

De acordo com os autores, a Toyota tenta antecipar e minimizar a variação no processo de duas maneiras:

- a) Padronizando a arquitetura, os processos, atividades específicas e estabelecendo metas específicas;
- b) Elevando a importância e a prioridade para a fase de concepção do produto (“*kentou*”), por meio de intenso estudo das propostas de projeto e dos modelos de ferramentas e máquinas, para resolver conflitos e eventuais problemas.

Um tipo de padronização para reduzir os erros é a utilização de soluções para subsistemas já desenvolvidos e devidamente catalogados, conforme será descrito no princípio 4. Desta forma, o conhecimento e os estudos anteriores são reaproveitados e reduzem o tempo de desenvolvimento. Este reuso amplo procura padronizar certos aspectos críticos para a manufatura durante a concepção do produto para que a manufatura possa se concentrar apenas na fabricação, sem ter de se preocupar em ajustes e resolução de problemas durante a fabricação do lote piloto.

De acordo com este princípio, verifica-se conforme o tópico “Princípio do sistema puxado” apresentado no início do capítulo, que a antecipação da busca por soluções alternativas depende das necessidades dos clientes. Desta forma, a antecipação das necessidades da manufatura torna-se essencial para o desenvolvimento de partes e conjuntos críticos para a produção, ao fornecer alternativas de projeto que evitam a necessidade de modificações bruscas no projeto e no ferramental após a conclusão do projeto.

Esta antecipação de necessidades é realizada pelo time de desenvolvimento de módulos (TDM ou MDT – “*Module Development Team*”) que é composto de representantes seniores de algumas áreas funcionais, que tem a responsabilidade de desenvolver e realizar intensa avaliação e estudos junto a especialistas de produção de determinados subsistemas, considerando cada proposta de projeto e de modelos de ferramental dos envolvidos no desenvolvimento.

As avaliações e estudos possuem a finalidade de identificar e resolver problemas técnicos e mapear estratégias para alcançar os objetivos dos componentes / sub-sistemas para que os processos seguintes se preocupem apenas com a execução das atividades, sem

precisar parar o desenvolvimento para verificar a viabilidade das concepções.

As tarefas deste aumento da importância e prioridade para a fase de concepção do produto (“*kentou*”) exigem que grande parte do trabalho seja feito no estudo das interfaces do projeto, para garantir que as diferentes concepções de peças e componentes sejam compatíveis e viáveis antes do término do projeto.

A adoção de uma estratégia de inovação também é importante para o PDP, pois a padronização e o compartilhamento de arquitetura são parte do desenvolvimento enxuto, mas o uso de arquiteturas, peças e componentes padronizados em excesso podem gerar novos produtos com pouca atratividade para o consumidor.

Esta estratégia de inovação cadenciada está atrelada a um cronograma para a avaliação de novas tecnologias, seleção de idéias, desenvolvimento de novos conceitos e lançamento de projetos inovadores. Desta forma a empresa garante que ocorra um fornecimento de inovações sem variações e focados em cada linha de produto. Durante este processo, as idéias e tecnologias são avaliadas em relação à maturação e adequação aos requisitos corporativos estabelecidos no projeto, manufatura, marketing e planejamento do produto.

Ainda que cada tecnologia seja testada severamente antes de ser aprovada, esta estratégia de inovação sustenta que a adoção de uma tecnologia inovadora para um novo produto depende da opinião do CE, pois este entende o que o cliente deseja e sabe se a utilização da inovação agrega valor ao produto.

A origem destas novas tecnologias e inovações surge de pesquisas e desenvolvimentos internos, times dedicados à inovação dos negócios, fornecedores e até mesmo de concorrentes.

Os times dedicados à inovação dos negócios são pequenos e focam tecnologias inovadoras endereçadas a necessidades existentes ou opiniões de clientes ou mesmo antecipação de requisitos.

Os principais fornecedores fazem parte de uma estratégia de relacionamento de fornecedores e devem participar nas revisões tecnológicas para continuarem sendo considerados parceiros principais.

Outra forma de antecipar problemas do DP é a utilização da ferramenta SBCE, que procura desenvolver e avaliar mais de uma solução ao mesmo tempo para que a decisão final seja definitiva e livre de alterações durante o início dos processos de construção de ferramental para a fabricação, conforme será detalhada no próximo capítulo.

Esta ferramenta possui grande valia no trabalho de concepção do produto, pois auxilia o desenvolvimento de sistemas mais confiáveis e menos suscetíveis a alterações.

Outra contribuição do Princípio do sistema puxado aplicado ao PD é a determinação do melhor modo para que as requisições de informações necessárias sejam enviadas no momento correto, para a pessoa correta. Para Morgan e Liker (2006) este princípio se aplica nesta antecipação do PDP, porém este princípio deve-se aplicar em todo o PDP, não só no início dos trabalhos, já que todo o desenvolvimento consiste de trabalhos sobre informações que são recebidas e transmitidas.

Princípio 3: Criar um fluxo de desenvolvimento de produtos balanceado

Uma vez definido o valor para o cliente e o meio para a resolução da maioria dos desafios de engenharia e desenvolvimento de produtos, o desenvolvimento enxuto requer um processo livre de desperdícios para acelerar a entrega do produto ao mercado.

Conforme será tratado adiante, o uso da ferramenta enxuta MFV auxilia a identificar o fluxo atual do desenvolvimento de produtos e a encontrar os desperdícios que interrompem o fluxo de desenvolvimento.

Para eliminar os desperdícios, Morgan e Liker (2006) citam os sete tipos de desperdício identificados por Taichi Ohno (1988), para através deste tópico definir sob o ponto de vista do PDP a melhor maneira para tratar o desperdício e criar diretivas para eliminá-lo do processo sem prejuízos ao PDP.

Também é citada a importância do trabalho de eliminação de desperdícios em três desperdícios classificados como “*muda*” - que não agrega valor, “*muri*” – sobrecarga e “*mura*” – irregularidade. Os sete tipos de desperdícios citados no parágrafo anterior fazem parte dos desperdícios “*muda*”.

Um exemplo para desperdícios no PDP classificados como sobrecarga é o excesso de alocação e trabalho do time de projetos, que resulta em trabalhos sem qualidade. A sobrecarga do processo resulta em longas filas de espera que eleva o tempo de processamento do desenvolvimento ou até mesmo geram tomadas de decisões antecipadas, que resultam em erros e retrabalhos futuros.

A irregularidade ou “*mura*” pode ser compreendida como sendo a variação da necessidade de trabalho durante um processo de desenvolvimento. Ora encontra-se muito trabalho a ser feito, por

exemplo, gerados pela proximidade de marcos de entrega de metas que são seguidos por períodos mais calmos, com pouca pressão no trabalho, após a conclusão destes. Esta variação nas atividades acaba gerando desperdícios “*muda*”, ou seja, a “*mura*” resulta em “*muda*”. Segundo os autores, para enfrentar os níveis de irregularidades no processo é necessário ter equipamentos, materiais e pessoas preparadas para os picos de atividades, mesmo que a média de atividades requerida seja muito menor.

Segundo o tópico da garantia do fluxo de valor, este deve fluir sem interrupção, porém além de eliminar os desperdícios, deve-se buscar também um fluxo de desenvolvimento de produtos balanceado para se evitar a variação no fluxo de trabalho e desta forma, evitar que a equipe se dedique somente à resolução de imprevistos.

Para isto, na execução do desenvolvimento, deve-se manter o processo de engenharia simultânea sincronizado entre as equipes, para se evitar problemas de retrabalhos. Neste caso o trabalho do TDM apresentado anteriormente reúne condições para que os trabalhos sejam sincronizados e não sofram retrabalhos, pois o projeto dos subsistemas é definido antes da execução do desenvolvimento, nos trabalhos de antecipação de necessidades do TDM.

Outra forma de balancear o fluxo durante a execução é a alocação de recursos. Utilizar mais ou menos recursos conforme a demanda dos trabalhos também faz com que o fluxo de trabalho permaneça balanceado. Uma das formas de se alocar mais ou menos recursos é a utilização de engenheiros altamente capacitados dedicados a um programa de desenvolvimento trabalhando em conjunto com vários técnicos especializados em projetos de conjuntos e peças, que não possuem uma dedicação exclusiva a um programa de desenvolvimento específico. Esta alocação de recursos também pode ser feita utilizando-se recursos especializados de fornecedores.

Todavia a padronização também contribui para que o tempo de variação necessário para os trabalhos sejam reduzidos, já que os processos padronizados avançam de acordo com o planejado, reduzindo a variação das tarefas subsequentes.

Outra importante contribuição para que ocorra um balanceamento adequado no fluxo de trabalho é a utilização de cronogramas precisos, que possibilitam a melhor utilização de recursos que atuam em diversos projetos, através de tarefas que realmente cumprem os objetivos necessários para a conclusão do trabalho, evitando o excesso de informação e a sensação de falso controle do processo.

Para facilitar o balanceamento do fluxo de trabalho, os autores deste princípio também citam a possibilidade dos times entrarem em um acordo para que ocorra uma liberação de projetos escalonada, para que os conjuntos e peças que exijam mais tempo de dedicação e trabalho de ferramental possam ser liberadas antes das peças mais simples ou menores.

Outro artifício utilizado para balancear o fluxo de valor é o cadenciamento ou a sincronização do fluxo de valor. Conforme apresentado anteriormente em “Princípio da garantia do fluxo de valor”, este cadenciamento no PDP torna-se realidade ao sincronizar as informações geradas, primeiro através de eventos simples designados para dar suporte a eventos de alto nível do programa, verificados em reuniões periódicas.

Posteriormente a construção de protótipos e eventos de coordenação de subsistemas são utilizados para a sincronia de informações para fornecer dados críticos para os times de desenvolvimento e manufatura de ferramental no momento em que estas equipes precisam de informações cruciais para o projeto.

Neste mesmo período, os autores mencionam a utilização de reuniões com o CE a cada dois dias para fazer uma avaliação do andamento das tarefas, discutir novos assuntos e verificar o andamento do processo de acordo com as métricas expostas num quadro de informação.

Segundo Morgan e Liker (2006), os mecanismos de sincronismo acima beneficiam o PDP ao reduzirem o tempo de atuação dos gestores, ou seja, permitem ações de correção mais rápidas e mais tempo para que os times atuem nos trabalhos pendentes, sem gastarem este tempo em correções de projetos realizados.

Ainda que Morgan e Liker (2006) tenham citado que neste processo todos os envolvidos tenham que necessariamente saber onde devem obter as informações que precisam, o real benefício da sincronização com a associação do PDP com o princípio do sistema puxado, no qual as informações não são simplesmente enviadas adiante e informadas em massa através de um comunicado único, é o fato de que por atuarem em um fluxo de desenvolvimento sincronizado, as informações necessárias podem ser disponibilizadas e encontradas no momento em que elas realmente são necessárias, sem serem produzidas em excesso ou deixarem outros processos subsequentes parados em função da falta de informação.

Princípio 4: Utilizar padronização rígida para reduzir a variação e criar resultados flexíveis e previsíveis

O desafio no PDP é limitar a variação e preservar a criatividade ao mesmo tempo. Conforme descrito anteriormente, o princípio enxuto da perfeição auxilia a promoção deste sistema ao se padronizar as tarefas de baixo nível que são classificadas em três grupos:

- Padronização de arquitetura: Utilização de arquiteturas comuns, modularidade e componentes reutilizados e compartilhados;
- Padronização de processos: Desenvolver produtos e guias para instalações fabris baseados em processos padronizados de tarefa, instruções e seqüenciamento de tarefas;
- Padronização de habilidades técnicas: Este padrão busca equalizar o conhecimento das pessoas envolvidas no processo em competências necessárias.

Padronizações de arquiteturas são incorporadas em componentes e peças específicas, além de “*checklists*” de processos, componentes reutilizados e subsistemas padrões.

A padronização de arquitetura em peças e componentes é descrita pelos autores no princípio anterior. Neste princípio Morgan e Liker (2006) dão ênfase à padronização de “*checklists*”.

Para os autores, “*checklists*” devem reunir o conhecimento que a empresa acumulou ao longo da sua existência, sobre boas e más práticas de projeto, desempenho, interfaces críticas, características críticas de qualidade, requisitos de manufatura e regras para padronização de projetos.

Segundo Morgan e Liker (2006), a padronização de processos é realizada para se uniformizar os trabalhos de cada time funcional de engenharia de desenvolvimento de produtos, para que estes possam atingir os marcos ou objetivos de cada fase do processo de desenvolvimento sob a mesma orientação, propiciando o nivelamento das tarefas e a alocação de recursos.

Além disso, para que a alocação de recursos seja realizada com sucesso os recursos devem ter o conhecimento técnico equalizado. Esta padronização de capacidades é atingida com utilização de mentores para guiar os engenheiros menos experientes e com muito treinamento aplicado durante os trabalhos.

As padronizações descritas buscam o desenvolvimento de soluções previsíveis e estáveis com qualidade e no prazo planejado em

um ambiente complexo. Ainda que os desafios do desenvolvimento de produtos sejam geralmente únicos e específicos, as tarefas a serem executadas e seu seqüenciamento geralmente são similares ao longo do programa.

Para se obter melhorias expressivas no projeto do produto e na manufatura, além de se reduzir a necessidade de correções e ajustes posteriores ao término do projeto, acelerando o início da fabricação do produto e garantindo a redução de erros e retrabalhos, deve-se garantir que o aprendizado e a melhoria contínua sejam aplicados para que o PDP possa ter um ganho real de um projeto para outro.

2.2.5.2 Subsistema de Pessoas / Organização

Os princípios 5 a 10 dedicam maior ênfase à estrutura organizacional, às práticas para aprendizado e retenção de conhecimento e às práticas relacionadas à cultura da Toyota. Ainda que relacionado neste capítulo, vale lembrar que neste subprocesso descrito por Morgan e Liker (2006), falta uma relação entre a gestão de conhecimento e o PDP.

Esta relação será tratada no capítulo 4, cuja meta é estabelecer uma fusão dos conceitos enxutos com os processos iniciais do PDP.

Princípio 5: Desenvolver um sistema de “engenheiro chefe” para integrar o desenvolvimento do início ao fim

Em muitas empresas, as responsabilidades por diferentes partes do PDP em vários departamentos funcionais resultam em uma falta de responsabilidade geral sobre o desenvolvimento de produto.

O conceito de CE faz com que a responsabilidade pelo projeto e o acompanhamento do andamento deste seja realizado do início ao fim pela mesma pessoa. Desta forma, ele não é apenas um gestor de projetos, mas um integrador de sistemas técnicos, que foca mais atenção às decisões para integração entre os sistemas, subsistemas e componentes (SSCs).

Outra vantagem do CE acompanhar o andamento do projeto do início ao fim é a possibilidade dele divulgar a todos os envolvidos o que é valor para o cliente. O CE também dá início aos processos de orientação dos funcionários, solicitação de recursos e busca de metas de qualidade, segurança, custo e tempo.

O acompanhamento do CE e o seu time de projeto beneficiam o PDP em empresas com organização matricial forte e com produtos do

tipo plataforma, pois o foco no que é valor para o cliente se mantém do início ao fim do desenvolvimento e questões pertinentes ao DP que possam impactar a manufatura podem ser antecipadas para que não ocorra a necessidade de modificação de ferramental após o projeto e confecção destes.

Princípio 6: Organizar para obter um balanceamento entre a experiência funcional e a integração entre as áreas

Uma das tarefas mais difíceis no desenvolvimento de um PDP de alto desempenho é o balanceamento entre a excelência funcional e a integração destes técnicos altamente especializados entre os departamentos. Esta sinergia é necessária para o sucesso de qualquer programa da Toyota. Assim, são necessários departamentos com leiaute funcionais altamente qualificados e a utilização de engenheiros funcionais integradores em conjunto com os TDMs.

Estes engenheiros funcionais integradores que atuam nos TDMs são engenheiros de produção com muita experiência que orientam os trabalhos do TDM no qual estão trabalhando a respeito do desenvolvimento de produto sob os aspectos de fabricação de sua especialidade, como por exemplo, estampo, solda, etc. Em paralelo a esta atividade, também exercem a função de orientar os engenheiros industriais responsáveis pelo desenvolvimento do processo de fabricação. O resultado destes trabalhos é a sincronização das atividades, a redução de erros e retrabalhos, além da cooperação entre as áreas.

Outra prática que auxilia o balanceamento entre as áreas funcionais e promove a integração entre as áreas é o uso de uma “sala de guerra”, ou “*obeya*”, disponível para as equipes TDMs e o CE conduzirem os trabalhos ao longo do projeto.

Os especialistas de várias áreas de projeto, avaliação e manufatura participam de reuniões com o CE para formular idéias, tomar decisões imediatas e endereçar tarefas urgentes. A finalidade de promover reuniões nesta sala é a coleta de informações e a administração destas, de maneira que as decisões tomadas com outros líderes são compartilhadas imediatamente.

A adoção deste princípio possibilita que as informações sejam compartilhadas de modo eficaz entre as pessoas chave do projeto e promovem a troca de idéias entre as pessoas com visões e especialidades diversas que participam do desenvolvimento.

Princípio 7: Desenvolver elevada competência técnica entre todos os engenheiros

A excelência técnica em engenharia e desenvolvimento de produtos é fundamental no desenvolvimento enxuto de produtos. Morgan e Liker (2006) afirmam que a excelência começa na própria seleção de admissão e segue ao longo da carreira dos engenheiros ao voltá-los para especialização em uma disciplina específica utilizando mentores para orientá-los.

Para a Toyota, a palavra “*genchi genbutsu*” é interpretada como “ir ao campo para verificar a situação atual para entender profundamente a realidade”, esta prática é muito importante no desenvolvimento enxuto, pois faz com que a equipe se envolva com o produto e perceba o que é valor para o cliente. Para colocar em execução esta prática, os engenheiros de produtos visitam o chão de fábrica freqüentemente, executam trabalhos de montagem de peças durante o processo de manufatura e confecção de protótipos, trabalham como vendedores em concessionárias e realizam estudo de produtos concorrentes. A equipe que trabalha diretamente com o CE também faz visitas aos clientes, avalia veículos concorrentes e analisa comparativos de qualidade entre estes concorrentes e os veículos da empresa.

Ao realizar estudo de produtos concorrentes, os engenheiros avaliam as peças e componentes em termos de qualidade, desempenho e facilidade de fabricação. Cada peça desmontada é colocada em um quadro ao lado da peça correspondente feita pela empresa e este quadro é apresentado a todos os participantes, inclusive para fornecedores. As avaliações também são apresentadas aos participantes do desenvolvimento para comentários e estudos.

Os engenheiros também participam da montagem virtual e real dos protótipos, visitam as áreas de fabricação das peças e participam das reuniões de fechamento diárias que ocorrem durante a confecção dos protótipos. A troca de experiência entre os engenheiros de produtos, engenheiros da qualidade, líderes de produção e especialistas em protótipos gera muito aprendizado.

Estas reuniões de fechamento diárias servem para a discussão de questões levantadas ao longo do dia e também estimulam a troca de experiência entre a manufatura e os engenheiros de produtos.

Elevar a competência técnica dos engenheiros ajuda a evitar erros de desenvolvimento de produtos e tende a elevar a qualidade dos produtos desenvolvidos.

Princípio 8: Integrar os fornecedores ao desenvolvimento de produtos

Os fornecedores devem ser avaliados tecnicamente em função do seu conhecimento, experiência e capacidade de fornecimento. Outro ponto importante é envolver os fornecedores chave nos primeiros estágios do desenvolvimento de produtos, utilizando técnicas como engenheiros dos fornecedores alocados em tempo integral no escritório de desenvolvimento de produtos.

O envolvimento dos fornecedores no início das atividades do desenvolvimento enxuto exige que estes saibam interpretar os requisitos e valor do cliente e que ofereçam soluções alternativas a estes requisitos. Desta forma, a Toyota realiza um desenvolvimento de fornecedor de forma lenta e contínua, uma aproximação passo a passo, para ensinar ao fornecedor a terminologia e os requisitos do DP.

O processo exige muito tempo e um novo fornecedor selecionado trabalha inicialmente com projetos menos importantes para ser monitorado e também para entender o funcionamento do desenvolvimento enxuto na Toyota, pois a empresa procura ensinar o fornecedor a atingir o nível de qualidade exigido, orientando sobre a maneira correta de coletar dados para análise de uma peça e desenvolvendo ações corretivas para melhorar a qualidade na manufatura.

Uma prática utilizada com os fornecedores chave que procura integrá-los ao DP é alocar alguns engenheiros do fornecedor no escritório de desenvolvimento da Toyota por dois ou três anos. Esta prática proporciona o aprendizado do modo como o desenvolvimento enxuto é realizado para melhorar o desenvolvimento do produto a ser fornecido.

Obter esta sinergia ajuda o PDP a antecipar problemas de fornecimento de peças e componentes, além de reforçar o comprometimento do fornecedor com o produto terceirizado.

Princípio 9: Implantar a cultura do aprendizado e da melhoria contínua

As habilidades de aprendizado e melhoria podem ser uma das vantagens competitivas de uma empresa. Deste modo, o aprendizado e a melhoria contínua devem fazer parte do dia-a-dia das operações para que a busca, disseminação e aplicação das informações ocorram.

Segundo Morgan e Liker (2006), a Toyota possui várias práticas para garantir o aprendizado no PDP, como por exemplo, os “*checklists*” que organizam e retêm o conhecimento gerado para a organização.

Outro exemplo é o relatório A3 que será detalhado adiante. Segundo Morgan e Liker (2006), este método para melhoria do processo proporciona o aprendizado durante a investigação por uma solução.

Uma forma de garantir o aprendizado a partir da experiência é a reunião de reflexão ou “*hansei kai*”. Estas reuniões geralmente ocorrem próximas dos marcos mais importantes do PDP e procuram discutir assuntos específicos como, por exemplo, os motivos de um atraso na liberação de desenhos para confecção de protótipos. Durante a reunião procura-se discutir quais eram os objetivos da tarefa, como estes foram atingidos, quais foram os motivos que afetaram a execução e como melhorar o desempenho na próxima vez.

Outra fonte de aprendizado são os problemas que ocorrem ao longo do processo. Desta maneira, através de investimento em tempo, recursos e mecanismos de identificação, registro e divulgação das soluções encontradas para os problemas como o período de estudo intenso, ou “*kentou*”, a utilização de “*checklists*” e as reuniões de reflexão auxiliam o aprendizado proporcionado pelos problemas.

Ainda sobre o aprendizado a partir de problemas, uma prática da Toyota conhecida como “*cross-checking*” utilizada para detectar problemas e verificar a qualidade em protótipos destina-se à compreensão das condições destas peças em relação à acuracidade do sistema de medição da peça. O “*cross-checking*” pode ser realizado por diversos grupos que verificam os protótipos independentemente.

Outra prática citada pelos autores que é utilizada na Toyota são as reuniões de fechamento diárias - que também visam o aprendizado a partir de problemas - e são conduzidas durante as revisões de projeto, construção de protótipos físicos e virtuais, fabricação de ferramental e lançamento do produto. São realizadas no final de cada dia com a participação dos fornecedores e da equipe de desenvolvimento para capturar as lições aprendidas, esclarecer tarefas e proporcionar decisões de suporte para correções imediatas.

O princípio em questão é um ponto importante nos processos de desenvolvimento. Aplicá-lo produz comprometimento com a qualidade dos produtos e com a busca por um PDP enxuto e eficiente.

Princípio 10: Desenvolver uma cultura para a excelência e melhoria contínua

Os princípios de uma empresa devem ajudá-la a trabalhar em harmonia para se atingir objetivos comuns. Valores que suportem a excelência e que estejam devidamente explicitados devem ser adotados por todos os membros da equipe.

Através deste princípio entende-se que um desenvolvimento enxuto de produtos não funciona somente com ferramentas enxutas e algumas pessoas tentando implementá-la. O que deve ocorrer é uma mudança cultural, ou seja, as pessoas devem acreditar nos princípios e devem procurar agir e trabalhar de acordo com eles.

Essa mudança cultural – muitas vezes radical – deve ter início nos líderes para que estes valores e princípios sejam disseminados e adotados. Somente desta forma as ferramentas farão sentido para as pessoas e o processo se estabelecerá naturalmente.

2.2.5.3 Subsistema de Ferramentas e Tecnologias

Os princípios 11, 12 e 13 descrevem os fatores que devem motivar a utilização de ferramentas no PDP. Morgan e Liker (2006) não relacionam como as ferramentas devem ser utilizadas ao longo do PDP, mas contribuem com os fatores que devem guiar a adoção de ferramentas no PDP, conforme será analisado no capítulo 4.

Princípio 11: Adaptar a tecnologia para as pessoas e os processos

Muitas empresas enganam-se ao adotar tecnologias de ponta para atingir elevados níveis de desenvolvimento de produtos, especialmente se elas o fazem sem considerar o impacto que estas tecnologias podem causar nos processos atuais ou nas pessoas. Um PDP eficiente deve considerar os processos efetivos e as pessoas em primeiro lugar.

Morgan e Liker (2006), dividem este princípio em cinco passos para melhor compreensão de seu uso na Toyota:

- As tecnologias devem estar integradas num sistema único. Muitas tecnologias utilizadas no PDP como ensaios de peças e projetos, montagens virtuais, simulação e base de dados de aprendizado encontram-se em um único sistema computacional, que possibilita ao engenheiro alternar o trabalho de projeto para simulação rapidamente e

que a atualização da base de dados de aprendizado seja instantânea e disponibilizada a todos os envolvidos no processo o mais rápido possível;

- A tecnologia deve suportar o processo ao invés de guiá-lo. Alterar um processo para que este fique de acordo com uma nova tecnologia leva a instabilidade, variação no processo, confunde as pessoas e cria muito desperdício;

- As tecnologias devem melhorar as pessoas, não substituí-las. Em muitas empresas a adoção de novas tecnologias é realizada com o propósito de cortar custos de mão de obra, mas o desenvolvimento de produtos é direcionado e depende do talento técnico das pessoas, portanto a adoção de novas tecnologias deve melhorar a atuação das pessoas;

- Soluções orientadas. A tecnologia somente pode prover resultados satisfatórios se houver um propósito bem definido para seu uso. Seu potencial é suportar e acelerar o trabalho de desenvolvimento enxuto e pessoas capazes apropriadamente treinadas;

- Dimensionar as necessidades corretamente. O uso da tecnologia deve ser empregado conforme a necessidade, sem excesso. Por exemplo, os engenheiros da Toyota utilizam blocos de notas simples para os “*checklists*” ao invés de sistemas complexos de computação para armazenar os dados. Afinal nenhum sistema substitui engenheiros que adquirem conhecimento com o tempo, criam “*checklists*” para registrar este conhecimento e acreditam nestes ““*checklists*”” para garantir que o trabalho esteja sendo realizado perfeitamente.

Para ilustrar o uso deste princípio na Toyota, segue um exemplo desta adaptação da tecnologia para os processos através do uso de um programa de análise de elementos finitos, que a empresa utiliza somente em casos especiais de peças únicas, pois estas análises requerem muito tempo e como o processo da empresa é rigorosamente padronizado, a necessidade de sua utilização é muito rara.

Outro exemplo é a medição de peças em três dimensões com um leitor óptico. As peças são varridas pelo leitor no próprio local onde são produzidas e uma montagem virtual é realizada antes que estas sejam enviadas para a montagem física. Ao invés de focar na inspeção da peça, a empresa procura focar mais no controle do processo e no monitoramento da origem com o uso da tecnologia, pois esta varredura em três dimensões gera uma leitura da superfície completa ao invés de controlar pontos de medição independentes. De forma que esta

tecnologia possibilita a comparação da peça produzida com o projeto gerado em ambiente CAD simultaneamente.

A empresa também adota a montagem virtual de peças desde a fase de estudo intenso ou “*kentou*”, o que permite que os engenheiros avaliem como os componentes serão montados, verificando interferências antes que os projetos destes componentes estejam prontos, ou verificando os efeitos de modificações de projeto na ergonomia para a montagem dos componentes ou avaliando processos de manufatura detalhadamente.

Este princípio leva em conta a necessidade das pessoas e dos processos guiarem as implementações tecnológicas para se evitar que ocorra uma mudança drástica na empresa que faça com que os processos e as pessoas parem para entender as mudanças causadas pelas novas diretrizes tecnológicas.

Princípio 12: Alinhar a organização através de comunicação visual simples

A comunicação no PDP é muito importante, mas o excesso de comunicação é um desperdício que deve ser combatido. Por isso, o uso de uma comunicação visual simplificada pode contribuir com a eficiência da disseminação de parâmetros e especificações.

A utilização de um escritório para reunião da equipe de projetos com painéis informativos sobre os detalhes de cada componente do produto facilita o acesso à informação e o compartilhamento de idéias e opiniões a respeito de diferentes soluções durante o PDP. Segundo Mascitelli (2007), o painel deve exibir roteiros de resultados, relatórios, listas de ação atualizadas a cada duas semanas e os problemas e assuntos pendentes levantados durante o desenvolvimento.

Além disso, o trabalho em uma “sala de guerra” para a reunião da equipe facilita o rastreamento do estado de desenvolvimento de cada componente do projeto.

A comunicação para alinhar a equipe também se dá com documento de concepção do produto elaborado pelo CE, no qual informações contidas num documento de quinze a vinte e cinco páginas, com textos, tabelas, gráficos e desenhos possuem a intenção de direcionar vários especialistas funcionais ao mesmo objetivo.

Ainda que elaborado pelo CE, este documento conta com decisões tomadas em consenso, ou “*nemawashi*”, e vários conceitos de diversas áreas da empresa que são obtidos através de muitas reuniões e

debates. Além disso, o CE também observa, aprende e vivencia as atividades do dia a dia do público alvo do produto.

Outra forma de promover a comunicação de forma padronizada é o documento A3, no qual as informações são dispostas num único lado de uma folha de papel de tamanho A3, seguindo uma técnica padronizada de preenchimento. Este documento possui a função de guiar a solução de um problema ou estabelecer uma comunicação clara entre vários especialistas funcionais.

No desenvolvimento enxuto há um estímulo para que os problemas sejam compartilhados entre os participantes com o objetivo de melhorar as soluções encontradas.

Este princípio auxilia a compreensão da importância da informação no desenvolvimento de produtos. Deve-se disponibilizá-la e equalizá-la com todas as pessoas que precisam de determinada informação, mas deve-se tomar o cuidado para que esta não seja distribuída para quem não precisa delas.

Princípio 13: Usar ferramentas para padronização e aprendizado

O conhecimento deve ser transmitido de um programa de desenvolvimento a outro, mas para que isto ocorra, as ferramentas disponibilizadas para o aprendizado devem ser utilizadas pela equipe e devem estar padronizadas para que não ocorram incompatibilidades e informações inconsistentes ou contraditórias.

Como tudo o que é relativo à cultura enxuta, as ferramentas para padronização e aprendizado no desenvolvimento enxuto devem ser simples e focar nas pessoas. Desta forma, ferramentas que partem de simples listas de verificação servem para se evitar enganos ou omissão de conceitos no projeto de produtos. Outras ferramentas buscam captar a evolução das concepções e notas técnicas ao longo do desenvolvimento e determinam a ocorrência de uma verificação final antes do envio dos documentos para a manufatura. Desta maneira, os envolvidos no processo podem equalizar o conhecimento sobre o projeto de produtos e o documento gerado servirá para a transmissão de lições aprendidas ao próximo desenvolvimento.

O benefício que este princípio pode agregar ao desenvolvimento de produtos é a criação de um senso de propriedade das informações colhidas e geradas ao longo do PDP pela equipe de desenvolvimento. A satisfação de transmitir o conhecimento gerado por cada um ao resto da equipe e as melhorias potenciais que estes conhecimentos podem gerar,

acabando estimulando o uso das ferramentas e principalmente o aprendizado das pessoas no PDP.

Os princípios listados por Morgan e Liker (2006) são muito importantes para o desenvolvimento enxuto de produtos. Porém, deve-se atentar ao fato de que devido à inter-relação e influência entre os subsistemas, um sistema de desenvolvimento enxuto de produtos deve ser balanceado e possuir harmonia. Ou seja, as três frentes devem ser constantemente monitoradas e equalizadas para que não ocorra uma diferença significativa no processo que possa distorcer o PDP e comprometer o objetivo final do desenvolvimento de produto.

Por exemplo, a falta de atenção ao subsistema “Pessoas / Organização” pode levar a uma deficiência no aprendizado e no processo de melhoria contínua que é essencial ao sistema de desenvolvimento enxuto de produtos.

A favor da associação de um modelo de referência ao sistema de desenvolvimento da Toyota (TDS – “*Toyota Development System*”) descrito por Morgan e Liker (2006) é que este último foca apenas o desenvolvimento de produtos automobilísticos. Ainda que grande parte dos conceitos enxutos tenha como origem a indústria automobilística, realizar uma associação com um modelo de referência permite que estes conceitos possam ser aplicados em qualquer tipo de processo de PDP.



Figura 6: Distorção no Sistema de Desenvolvimento Enxuto.

2.2.6 Proposta de Crow (2007) para o Desenvolvimento de Produtos

Crow (2007) propõe relacionar os cinco princípios enxutos a algumas ferramentas para o desenvolvimento de produtos e se refere ao princípio da produção puxada aplicado ao PDP como sendo um princípio para atribuir maior autoridade à equipe de desenvolvimento. Porém o princípio da produção puxada determina que deve ser feito apenas o que o cliente requisita, ou seja, ouvir o cliente com frequência

para se evitar desperdícios devido ao trabalho sem necessidade e não sincronizado, para desta forma, evitar inventários ou excesso de informações e resultados aguardando avaliação.

O desenvolvimento enxuto realmente deve focar as pessoas, porém o esforço deve ser realizado no sentido de padronizar a formação destas, para desenvolver excelência de conhecimento entre os seus participantes.

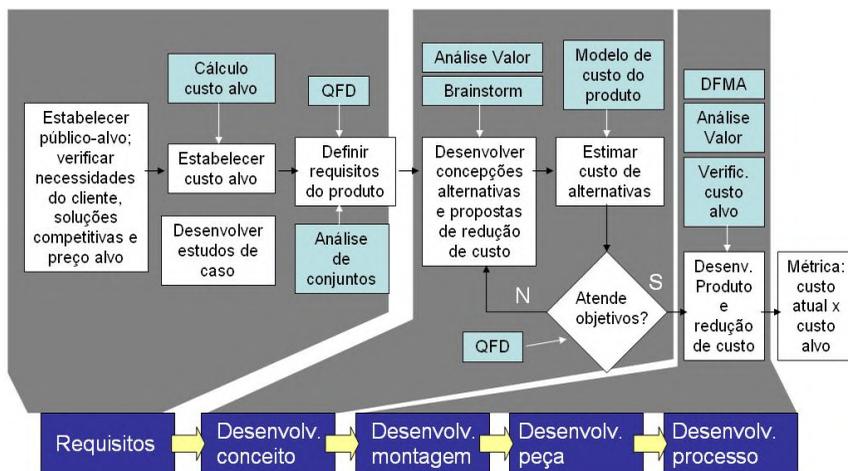


Figura 7: Desenvolvimento de produtos com ferramentas enxutas. Crow (2007).

Ainda que o Crow (2007) tenha associado ferramentas a um processo de desenvolvimento de produtos para caracterizar o desenvolvimento enxuto, este não utiliza os conceitos enxutos neste trabalho. O desenvolvimento enxuto realmente carece de uma organização através de uma associação com um modelo de PDP, porém esta associação não é restrita somente às ferramentas, pelo contrário, o desenvolvimento enxuto baseia-se nos princípios enxutos que orientam práticas relacionadas às pessoas capacitadas, processos e ferramentas e tecnologias enxutas.

Todavia, verifica-se a importância que a associação dos conceitos e ferramentas enxutas a um modelo de PDP possibilita, visto que através desta associação o desenvolvimento enxuto é devidamente organizado em um processo com lógica cronológica no uso das ferramentas, além de definição e distinção de fases do processo de projeto.

	Síntese	Problema
Mascitelli (2004, 2007)	Consiste em uma série de ferramentas enxutas utilizadas no projeto de produtos.	As ferramentas não são associadas a um modelo e fases do PDP.
Ballé (2005)	Representa o sistema de desenvolvimento enxuto da Toyota e destaca os principais pontos do sistema.	Não apresenta os detalhes das ferramentas enxutas que suportam o sistema.
Morgan e Liker (2006)	Faz uma representação sistemática do desenvolvimento de produtos praticado na Toyota, composto por três subsistemas inter-relacionados e dependentes uns dos outros.	Não ocorre uma estruturação para definição das fases do PDP e não se explora uma lógica cronológica no uso das ferramentas.
Crow (2007)	Propõe relacionar os cinco princípios enxutos a algumas ferramentas para o desenvolvimento de produtos.	Não utiliza os conceitos enxutos na associação das ferramentas com o PDP.

Figura 8: Quadro resumo - propostas de desenvolvimento enxuto.

Na figura 8, as propostas apresentadas buscam organizar o desenvolvimento enxuto, porém apresentam carência no detalhamento das ferramentas enxutas e na associação com os conceitos enxutos ou não são associadas a um modelo de PDP, que leva à falta de organização do desenvolvimento enxuto.

2.3 Processo de Desenvolvimento de Produtos

Todo desenvolvimento tem antecedentes e amadurecem à medida que aumenta a necessidade desse processo, ou que a tecnologia necessária esteja disponível, e a partir do momento que eles se tornam economicamente viáveis. Esta lógica também se aplica no PDP.

O desenvolvimento de projetos de novos produtos é um trabalho muito complexo, pois além das soluções técnicas, também fazem parte do processo muitos outros aspectos como, por exemplo, a necessidade de estimular o envolvimento das equipes com domínios de conhecimento variados e diversificados para se obter meios mais eficazes de se atingir as metas estabelecidas no projeto, evitar problemas

de comunicação e organização durante os trabalhos, garantir a retenção e a disseminação do conhecimento gerado, entre outros aspectos.

O objetivo deste tópico é verificar a adequação do modelo de referência de Rozenfeld, et al.(2006) para uma associação com os conceitos e ferramentas enxutas para que o desenvolvimento enxuto fique devidamente organizado.

Entende-se que a utilização dos conceitos enxutos nas fases iniciais do projeto de produtos proporciona um ajuste para que o desenvolvimento de produtos resulte em soluções inovadoras, com alta qualidade e valor para o cliente, através de processos que respondam rapidamente aos requisitos do mercado. Ainda que a estrutura e as ferramentas utilizadas no modelo de PDP descrito a seguir sejam relacionadas ao conceito enxuto - no sentido de auxiliar um processo de projeto de produto mais eficiente, estas não foram definidas dentro da filosofia enxuta, pois não levam em conta os cinco princípios que guiam o pensamento enxuto, de modo que uma adaptação faz-se necessária para que os benefícios da abordagem enxuta sejam totalmente obtidos.

São muitas as proposições de estruturas de procedimentos ou metodologias de desenvolvimento de projeto de produtos. A partir de 1980, a complexidade dos produtos aumentou e novas necessidades no projeto de produtos surgiram, estimulando o desenvolvimento de novas metodologias de desenvolvimento em ambientes de engenharia simultânea ou de equipes integradas.

O Processo de Desenvolvimento de Produtos segundo Rozenfeld, et al. (2006), pode ser representado por três macro-fases que se definem como o Pré-desenvolvimento, o Desenvolvimento e o Pós-desenvolvimento conforme a figura 9. No início do projeto, ocorre o Planejamento Estratégico dos Produtos para se definir a carteira de produtos que interessa à empresa para o desenvolvimento e a venda no mercado, considerando a estratégia de negócios.

Nesta primeira macro-fase, ocorrem pesquisas para se obter informações de mercado, dos clientes e tecnologias para verificar as possibilidades de novos produtos poderem resultar em grandes oportunidades de negócio, gerando retorno financeiro satisfatório.

Na seqüência do modelo aplicam-se os conceitos de gerenciamento de projetos, a partir da definição dos produtos. Segundo Rozenfeld, et al. (2006), a fase de planejamento do projeto trata do desenvolvimento de produto em particular da carteira de projetos, em que o escopo do produto e do projeto, os recursos necessários, o tempo, o custo, as responsabilidades, etc., são definidos em detalhes. Se esse planejamento for aprovado, o projeto tem início na macro-fase seguinte.

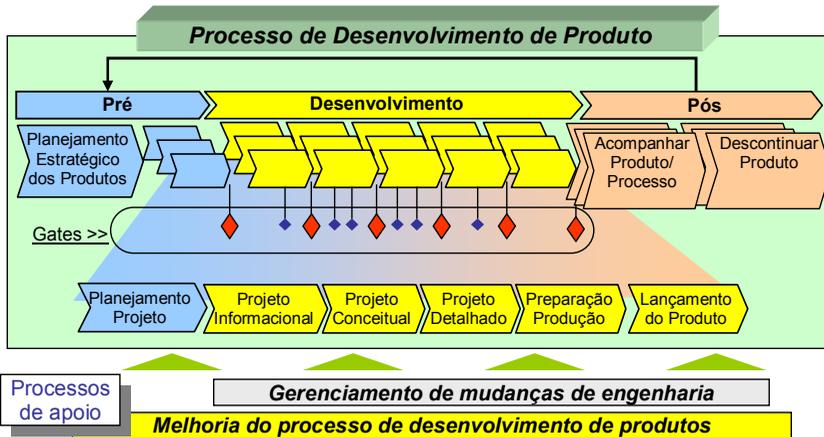


Figura 9: Modelo de referência do PDP. Fonte: Rozenfeld, et al. (2006).

A partir deste ponto, o desenvolvimento de produtos ocorre em três fases definidas como Projeto Informacional, Conceitual e Detalhado. A metodologia procura reduzir o tempo de desenvolvimento e proporciona o desenvolvimento da concepção de produto ideal, ou seja, aquela que melhor atende aos requisitos identificados no início do projeto.

Segundo Rozenfeld, et al. (2006), por mais que se procure tomar decisões e acertar as definições no início do desenvolvimento, sempre ocorrem mudanças no projeto ao longo do desenvolvimento, uma vez que as decisões tomadas envolvem muitas incertezas. Desta maneira, entende-se que a proposta enxuta difere do modelo de referência do PDP apresentado, ao propor que se retardem as decisões críticas e de conceitos de projetos até a macro-fase do projeto detalhado, para que ocorra uma maior compreensão do projeto e conseqüentemente se assumam as decisões apropriadas em consenso e sem possibilidades de modificações futuras.

Desta forma, retardar as decisões críticas propicia que as concepções sofram uma convergência ao longo do desenvolvimento e reduz a influência dos gastos adicionais devido a modificações de decisões anteriores no custo do projeto já que segundo Rozenfeld, et al.(2006), o custo de modificação de uma decisão anterior de projeto aumenta ao longo do ciclo de desenvolvimento, pois, para se efetivar

uma mudança, as decisões já tomadas e as ações conseqüentes já realizadas podem ser invalidadas.

Outro aspecto positivo resultante da associação entre o modelo de referência apresentado e o desenvolvimento enxuto é o fato de que como as decisões críticas são adiadas, há possibilidade de utilização de ferramentas para avaliação do processo de manufatura das concepções antes da decisão final, entre mais de uma concepção, já durante o projeto detalhado. O resultado desta interação resulta em uma redução dos retrabalhos devido à descoberta de erros graves em estágios mais avançados do processo de projeto. Conseqüentemente também se obtém uma redução no cronograma de PDP, pois o time de projetos pode dedicar-se mais às concepções, ao invés de ter de se preocupar com retrabalhos e ajustes. Esta dedicação às concepções gera, por sua vez, maior foco na convergência de concepções – ao contrário da sistemática do modelo de referência em questão que prega o ajuste na melhor concepção para otimizá-la.

Em relação ao modelo de referência do PDP apresentado, apresenta-se neste trabalho um breve descritivo, com ênfase maior à fase do projeto do produto, mais especificamente ao projeto conceitual.

A fase de projeto Conceitual é uma das mais importantes no processo de projeto de um produto, pois nesta fase muitas decisões influenciam o resultado final do PDP. A sistematização da busca pela concepção de um produto a partir de necessidades detectadas na fase do Projeto Informacional auxilia o processo de criação ao organizar, valorar de acordo com o cliente e estruturar estas informações.

Além disso, a utilização de ferramentas que estimulam a criatividade da equipe para a proposição de princípios de solução a partir dos requisitos reduz o tempo de concepção e proporciona uma lista de soluções adequada para a concepção final do produto, conforme a figura 10.

Neste modelo apresentado na figura 10, o uso de ferramentas de auxílio para o projeto de produtos é muito útil em cada uma das várias tarefas que fazem parte da concepção do produto. Porém destaca-se a busca da proposta enxuta em simplificar e reduzir a formalização do processo, principalmente para se otimizar as tarefas que agregam valor ao produto para obter os resultados em menor tempo, com maior qualidade e maior lucro.

O conceito enxuto também difere ao propor mais de uma concepção ao final da fase do projeto conceitual para se garantir que outras avaliações possam ser executadas nas fases posteriores, para se

garantir efetivamente que a solução com maior atendimento aos requisitos dos clientes seja obtida.

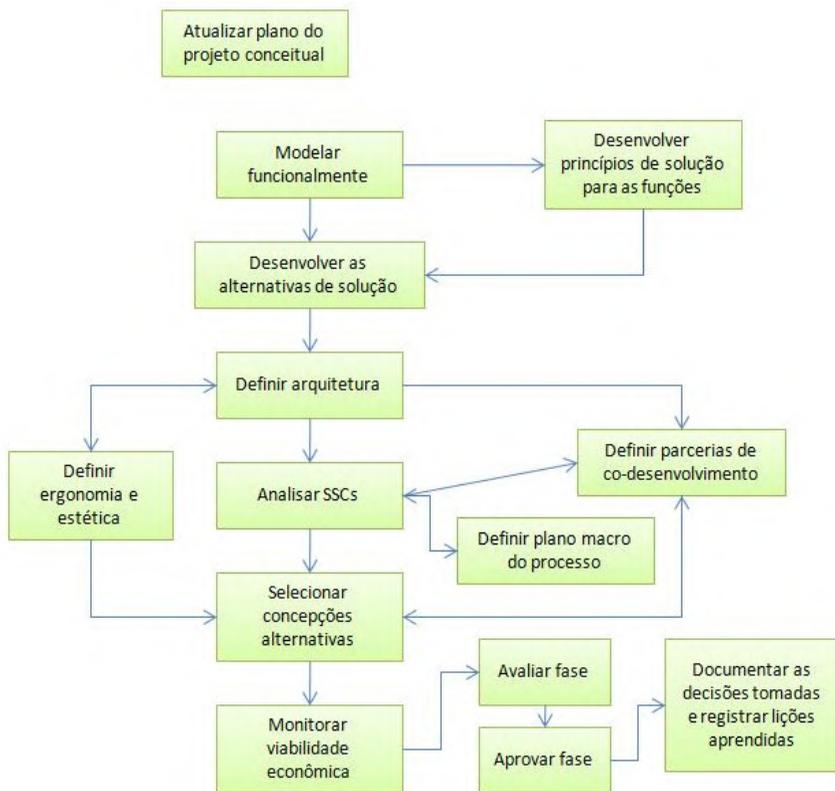


Figura 10: Projeto Conceitual. Fonte: adaptado de Rozenfeld, et al. (2006).

Outra diferença entre o modelo de referência em questão e o desenvolvimento enxuto é que este último dá muita ênfase à construção de protótipos. De acordo com Ballé (2005), ainda que os gastos com a construção de protótipos sejam mais elevados no desenvolvimento enxuto, obtêm-se resultados satisfatórios com a redução de retrabalhos.

O conceito enxuto difere do modelo de referência deste tópico ao utilizar a avaliação dos processos de produção das alternativas de solução simultaneamente com a sua concepção. Este procedimento visa reduzir os problemas decorrentes do processo de manufatura ao

desenvolver uma nova concepção, além de prover uma maior discussão sobre as concepções e promover uma maior integração de soluções.

No desenvolvimento enxuto, o retrabalho é considerado um tipo de tarefa que deve ser evitado por consumir o tempo disponível para o desenvolvimento do produto. A forma de evitá-los e melhorar o produto segundo os conceitos enxutos é investir mais tempo nas fases iniciais do processo, valorizando o trabalho dos times de projeto e, no caso da descoberta de um problema grave, parar todas as tarefas e envolver todo o time para resolver o problema de projeto.

Segundo Rother e Shook (2003), considerar a perspectiva do fluxo de valor significa levar em conta o quadro mais amplo. Melhorar o todo, não só otimizar as partes. McManus (2005) define que uma das metas do desenvolvimento enxuto é integrar de forma eficaz o ciclo de vida do produto e a empresa, utilizando os conceitos enxutos para criar valor ao longo do ciclo de vida do produto e da empresa.

Portanto verifica-se que o modelo de referência de Rozenfeld, et al. (2006) mostra-se adequado à associação com os conceitos e ferramentas enxutas, pois este abrange todo o ciclo de vida do produto, desde as concepções iniciais até a descontinuidade do produto. Esta abrangência é essencial para que o valor para o cliente possa ser agregado ao desenvolvimento de produto, pois a abrangência possibilita que todo o fluxo de valor para o desenvolvimento de produto seja considerado.

2.4 Conclusões do capítulo

Para se compreender o significado do termo enxuto e visualizar os benefícios que podem ser obtidos com a associação proposta neste trabalho, deve-se compreender a filosofia enxuta, pois esta filosofia guia todas as atividades conforme os três pilares listados a seguir: o valor para o cliente, a redução do desperdício e o processo de melhoria contínua.

A filosofia enxuta é suportada pelos cinco princípios enxutos e estes são a base para a aplicação dos conceitos enxutos no PDP:

- Princípio do valor: define exatamente o problema do cliente e identifica as funções que devem ser executadas para resolvê-lo;

- Princípio da identificação do fluxo de valor: identifica o processo mais eficiente para que as funções definidas sejam convertidas em um produto de alta qualidade e baixo custo, no menor prazo;
- Princípio do fluxo de valor: garante que o processo identificado flua efetivamente e que sejam retirados os itens que ocasionem custo desnecessário ou atividades redundantes, de modo a otimizar a solução ou o produto;
- Princípio do sistema puxado: ouve os clientes internos e externos com frequência e de modo repetitivo durante o processo de desenvolvimento do produto para se garantir que o que efetivamente gera valor para os clientes seja desenvolvido e entregue ao mesmo.

Também faz-se necessário compreender os tipos de desperdício no PDP, pois estes, em conjunto com os conceitos enxutos, são um ponto de partida significativo para o entendimento do desenvolvimento enxuto.

Desta forma, com base no que foi visto ao longo do capítulo pode-se dizer que as propostas para o desenvolvimento enxuto não satisfazem completamente as necessidades de um PDP orientado pela filosofia enxuta, pois falta uma organização do próprio desenvolvimento enxuto, já que algumas propostas não relacionam as ferramentas e conceitos enxutos com um modelo de PDP e outras deixam de detalhar as ferramentas enxutas que suportam o sistema. Portanto faz-se necessário detalhar as ferramentas enxutas no próximo capítulo para posteriormente relacioná-las a um modelo de PDP no capítulo 4.

Outra conclusão importante deste capítulo é o fato de que um modelo de PDP associado aos conceitos enxutos possibilita que o processo de projeto que leve em consideração a filosofia enxuta possibilitando sua utilização para o desenvolvimento de qualquer produto, não se restringindo somente a um determinado tipo de produto.

Esta inclusão dos conceitos enxutos no modelo de PDP também deve levar em consideração a associação dos conceitos enxutos com as práticas relativas às pessoas, processos e ferramentas, para que a filosofia enxuta seja abordada de forma balanceada, para possibilitar a sincronia entre as atividades de desenvolvimento e para que todos os cinco princípios enxutos sejam considerados no PDP, resultando na adição de valor para o cliente, na redução de desperdício e na oportunidade de melhoria contínua.

3 Ferramentas enxutas

Este capítulo detalha as ferramentas enxutas que estão alinhadas com o propósito da dissertação, ao proporcionarem muitos benefícios ao PDP, através da adaptação dos processos de desenvolvimento de produtos com os conceitos enxutos para agregar valor ao desenvolvimento e eliminar desperdícios no processo.

As ferramentas enxutas auxiliam a busca pela adição do que é valor para o cliente e ao mesmo tempo facilitam o processo de desenvolvimento por serem simplificadas - para se evitar excessos de variáveis e tempo gasto na sua utilização. Porém como visto no capítulo anterior as propostas apresentadas até o momento carecem de uma organização para o PDP, já que não se encontram as ferramentas e os conceitos enxutos associados a um modelo de PDP simultaneamente.

Desta forma, além de se detalhar os conceitos enxutos e associá-los ao PDP, entende-se que estas ferramentas enxutas apresentadas possuem diferencial suficiente para merecerem destaque na sistemática de PDP enxuta. Partindo-se dos cinco princípios enxutos básicos e do sistema de desenvolvimento enxuto de produtos descrito no capítulo anterior, conclui-se que a adaptação destas ferramentas constitui um eficiente suporte para a melhoria do PDP e traz benefícios significativos ao processo.

3.1 Engenharia Simultânea Baseada em Conjuntos (SBCE)

Para se demonstrar com mais clareza os benefícios da utilização dos conceitos enxutos no Desenvolvimento Integrado de Produtos, será apresentada uma ferramenta citada por Ward, et al. (1995). Esta foi proposta pela Toyota, com o objetivo de antecipar a identificação de todas as possibilidades de problemas para resolvê-los nos estágios iniciais do PDP. O processo exige muita negociação e iteração entre a equipe do projeto e geralmente utiliza como critério a satisfação do cliente para a solução de conflitos.

Outro benefício proporcionado pela ferramenta é a equalização do conhecimento entre os engenheiros juniores e seniores. Conforme detalhado a seguir, a utilização de documentação e literatura produzida em projetos anteriores faz com que o conhecimento seja distribuído para toda a equipe de desenvolvimento.

Assim esta ferramenta possui muita importância no processo de desenvolvimento enxuto, pois reduz o tempo de desenvolvimento ao evitar correções e retrabalhos da engenharia de produtos nos processos finais do DP, além de estimular o aprendizado e a melhoria contínua na empresa.

Conforme identificado por Ward, et al. (1995), a SBCE difere da ocorrência do projeto de produtos com iteração pontual – a qual geralmente considera muitas alternativas de solução, que são avaliadas para se determinar a melhor opção que guiará o projeto.

A dificuldade neste processo pontual ocorre após a determinação da alternativa de solução, em que durante o andamento do processo de desenvolvimento identificam-se problemas em estágios avançados. Por exemplo, casos verificados pelo autor na indústria constata problemas identificados durante a construção de ferramentas para a fabricação da alternativa de solução selecionada, que levaram a retrabalhos que acabaram consumindo quantidades significativas de tempo, dinheiro e esforço humano.

Desta maneira, tais constatações geram um processo de negociação entre a engenharia industrial e a engenharia de produtos para solucionar o problema detectado e muitas vezes resultam em um novo conceito para a alternativa de solução por parte da engenharia de produtos. Como descrito anteriormente, além de este fato representar um desperdício de tempo, recursos, esforço e dinheiro, muitas vezes pode ocorrer o desgaste das equipes devido a discussões, conflitos de interesses e perspectivas diferentes sobre o produto.

Uma prática cultural que suporta esta ferramenta é a adoção de tomadas de decisões em consenso, ou “*nemawashi*”. Este conceito faz parte da cultura nipônica, mas para a Toyota o conceito é determinante para a solução de qualquer problema.

Para ilustrar o processo de iteração pontual descrito acima, segue uma ilustração na figura 11 para facilitar a compreensão deste.

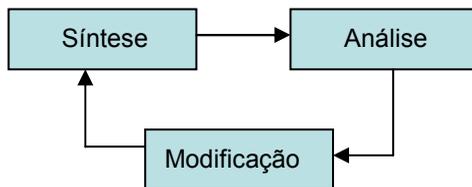


Figura 11: Modelo de iteração pontual. Fonte: Morgan et al. (2006).

Já a utilização da ferramenta SBCE também parte de vários conceitos criados pela engenharia de produtos para solucionar problemas. Porém a análise para eleger a melhor alternativa de solução consiste na convergência da solução, através da intensa avaliação e discussão sobre os diferentes conceitos pela equipe do gestor de projetos e as equipes cujos trabalhos futuros dependem das alternativas de solução selecionadas.

A SBCE considera as diferentes necessidades para o projeto presentes numa equipe de áreas funcionais com conhecimento diferentes. Assim as áreas funcionais devem negociar as definições necessárias, pois cada uma possui uma tolerância para o projeto da solução que possibilita que se forme um consenso sobre o projeto vencedor.

Desta forma, se obtém mais informações sobre as restrições, problemas e vantagens de cada alternativa de solução proposta com os participantes do processo, o que reduz as incertezas na tomada de decisão.

Vale lembrar que o papel do CE é muito importante durante os trabalhos com a SBCE, pois ele “guia” as equipes para que as alternativas de solução levem em consideração os requisitos dos clientes, gerando valor ao novo produto.

Nos casos em que mais de uma equipe de desenvolvimento contribui com um conceito para a alternativa de solução, a equipe do CE faz com que as informações sobre as alternativas de soluções concorrentes sejam compartilhadas entre as equipes.

Como ocorre a interação entre os vários departamentos listados na figura 12 e as alternativas de solução e as informações são compartilhadas mesmo nos casos de mais de uma equipe de desenvolvimento, os resultados finais tendem a apresentar soluções para o projeto que não implicam em necessidade de retrabalho das outras frentes de desenvolvimento.

Por isso, conforme o projeto progride, os engenheiros se comprometem a permanecer com as decisões de alternativas de soluções tomadas para que as outras frentes que estão trabalhando em paralelo tenham confiabilidade nas informações divulgadas e não desperdicem tempo e esforço refazendo o trabalho já desenvolvido.

A ferramenta estimula o descarte de concepções após a fase em que os processos de PDP tradicionais normalmente elegem a melhor concepção. Conseqüentemente ocorre uma redução progressiva de especificações e muitas ambigüidades são resolvidas, reduzindo o tempo

do PDP mesmo com o maior número inicial de propostas de soluções e com o retardamento de decisões importantes.



Figura 12: Integração de esforços no PDP enxuto. Fonte: Morgan et al. (2006).

Em alguns casos, o refinamento destas concepções é deixado sob a responsabilidade de alguns fornecedores. Isto faz com que a equipe se concentre nas alternativas de solução mais importantes.

Uma vez refinadas as concepções principais, os subsistemas e os componentes são processados no mesmo modelo conforme a figura 13, resultando em soluções de projeto de alto nível sem sacrificar o tempo de resposta ao mercado.

Durante a fase crítica da SBCE, membros da engenharia de produtos, engenharia industrial, manufatura, suprimentos e qualidade ficam alocados em uma sala comum para facilitar e estimular a comunicação entre as equipes.

Segundo Sobeck (1999), a SBCE assume que a comunicação e a argumentação sobre os conjuntos de idéias geram sistemas mais robustos, otimizados e com eficiência geral maior. Além disso, segundo o mesmo, o foco na convergência, ao invés de ajustes na idéia eleita para sofrer melhorias, pode reduzir drasticamente a quantidade de reprojeto no processo.

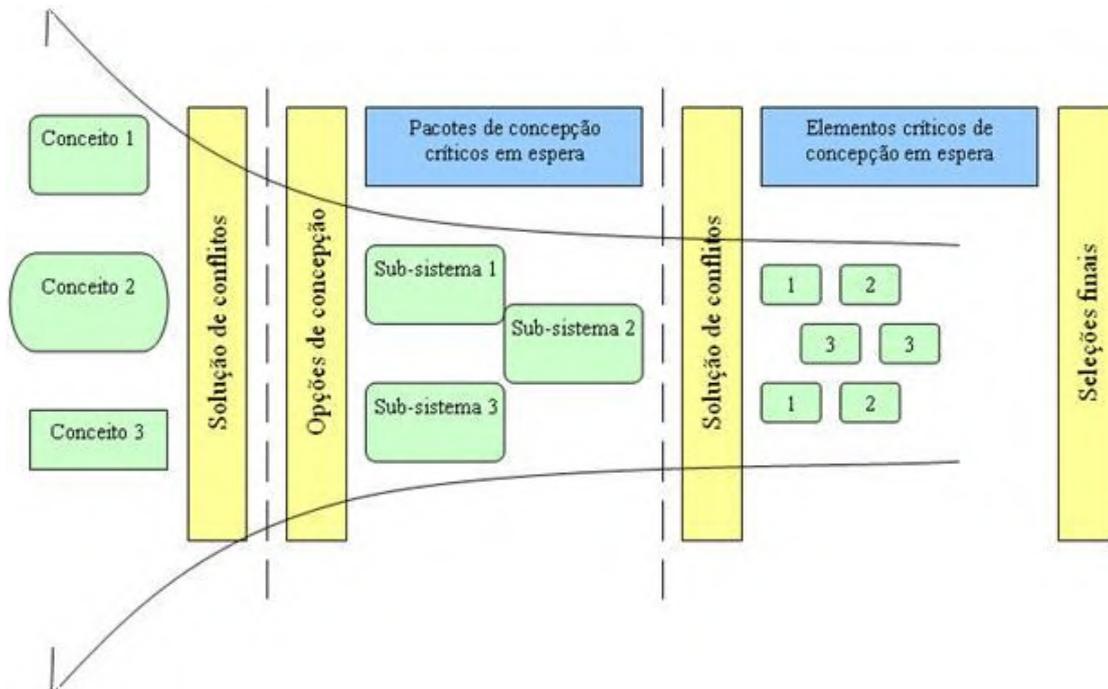


Figura 13: Avaliação SBCE da Toyota. Fonte: Mascitelli (2004).

Segundo Ballé (2005), para o sucesso da SBCE, os engenheiros industriais devem produzir – a partir de experiências em projetos anteriores - listas de processos padronizados, cadernos com seções de construções comuns e “*checklists*” detalhados sobre o que é possível ou não produzir, para definir o campo de trabalho da engenharia de produtos.

Os parâmetros de limitação são debatidos e servem aos engenheiros de produtos como uma estrutura de trabalho, além das “*checklists*” servirem como uma base para a comunicação entre as engenharias de produtos, engenharia industrial e manufatura.

Outro benefício na elaboração destas listas é a familiarização dos engenheiros industriais juniores encarregados de revisá-las e atualizá-las a cada projeto. Esta iniciativa faz com que não só os engenheiros de produtos se beneficiem destes cadernos técnicos, mas também os engenheiros industriais juniores sejam beneficiados ao se familiarizarem com as limitações e capacidades fabris.

Com os maiores desafios resolvidos e os conjuntos refinados, a equipe deixa de se reunir na mesma sala e as reuniões se tornam menos frequentes, movendo o processo para meios mais formais de comunicação.

Morgan e Liker (2006) enfatizam que a premissa para a ferramenta é o foco do produto como um sistema. Conseqüentemente isto exige um esforço maior no desenvolvimento das interfaces entre os componentes e nos processos para a fabricação destes.

Desta forma, o foco não deve ser a velocidade de conclusão do desenvolvimento de componentes isoladamente, ao contrário, deve-se concentrar na compatibilidade, ou seja, em como cada um dos desenvolvimentos de componentes vão interagir antes que os trabalhos de desenvolvimento sejam concluídos.

A adoção da ferramenta enxuta conhecida como SBCE traz benefícios ao PDP ao estimular a troca de experiências e informações entre as equipes envolvidas no processo de desenvolvimento logo no início do PDP. Por ser um processo intenso e de interação entre as diferentes equipes, ocorre a redução de retrabalhos no processo, além de possibilitar o adiamento dos trabalhos de processos industriais.

Outro benefício resultante da interação das equipes de processos e de produtos é a redução de erros devido ao uso dos cadernos de seções construtivas e listas de padronização de processos. Estas também auxiliam na elevação do aprendizado sobre o projeto de produtos e a melhoria contínua no desenvolvimento de produtos. Além disso, reduzem o tempo de desenvolvimento ao possibilitar a adoção de

andamento de processos em paralelo, ao mesmo tempo em que mantém a confiabilidade deste.

Desta forma, a ferramenta SBCE possui grande valia no PDP quando aplicada na fase de projeto conceitual, pois auxilia na redução das deficiências do processo de desenvolvimento oriundas da falta de comunicação adequada entre os vários departamentos (e pessoas) envolvidos ao longo do desenvolvimento de novos produtos e influencia positivamente o PDP na determinação da concepção do produto.

Além disso, a ferramenta também dissemina o conhecimento gerado nos projetos à equipe de desenvolvimento e auxilia no nivelamento do conhecimento técnico dos membros mais inexperientes da equipe com os mais experientes.

3.2 Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)

Assim como os conceitos enxutos, a ferramenta conhecida como mapeamento do fluxo de valor (MFV) foi desenvolvida e aplicada inicialmente na manufatura. De acordo com a definição de Shook (2003) para o “*Lean Enterprise Institute*”, o MFV é um diagrama simples de todos os passos que envolvem o fluxo de materiais e informações necessárias para que um produto seja fabricado e entregue ao cliente.

De acordo com Morgan e Liker (2006), o MFV é uma técnica efetiva para se representar graficamente os processos, assim como o fluxo de informações e produtos entre estas.

Essa representação do estado atual serve de parâmetro para comparação com uma segunda representação do estado futuro, que é a formulação de como o valor deveria fluir idealmente. Esta comparação entre o estado atual e o futuro possibilita a melhoria contínua, ou “*kaizen*”, pois à medida que se eliminam os desperdícios, o processo progride até atingir o estado futuro. Neste momento, faz-se necessário um novo mapeamento do estado futuro.

Segundo Rother (2003), o “*kaizen*” se caracteriza em dois tipos diferentes, porém necessários de melhoria contínua em uma empresa, de forma que um melhora o outro: o “*kaizen*” do fluxo e o “*kaizen*” de processo. O “*kaizen*” do fluxo centra-se no fluxo de material e de informação, já o “*kaizen*” do processo focaliza no fluxo das pessoas e dos processos (ver figura 14).

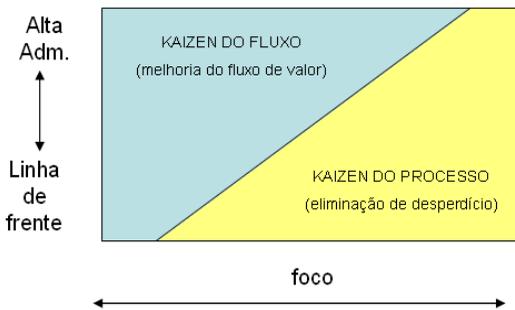


Figura 14: Tipos de “Kaizen”. Fonte: Rother (2003).

Originalmente, ou seja, para a manufatura, o MFV inicia através de um diagrama denominado mapa do estado atual, que segue os passos do produto desde a ordem de produção até a entrega do produto. Este mapa serve como ponto de partida para se conhecer os pontos fracos do processo, ou seja, aqueles pontos que apresentam desperdício sob a perspectiva de valor para o cliente.

Portanto, torna-se interessante aplicar esta ferramenta no PDP para se identificar os desperdícios e suas causas. Para isso, após o momento no qual o valor do produto para o cliente é identificado através da análise de valor agregado, inicia-se o desenho do mapa de estado atual conforme exemplo da figura 15. A simplicidade deste mapa faz com que a sua confecção seja preferencialmente manual, com a utilização de uma folha de papel A3, papéis adesivos para recados e lápis de cores. Esta simplicidade busca aperfeiçoar o processo para reduzir o tempo de construção do mapa e para que as atividades e tarefas que realmente agregam valor sejam estudadas com maior ênfase.

McManus (2005) propõe que o nível de detalhamento da estrutura do MFV dependa da quantidade de informação que se deseja avaliar, sendo que o autor indica a utilização de dez a trinta tarefas por processos para que não ocorra um excesso de detalhamento e informações a serem avaliadas.

O primeiro passo para a criação do mapa consiste no desenho das tarefas do desenvolvimento de produtos, o qual deve ser realizado de acordo com a seqüência de trabalho.

No MFV aplicado à manufatura, as setas representam o fluxo de material e informações entre as estações de trabalho da produção. Porém o PDP se caracteriza pelo desenvolvimento e reunião de informações que funcionam como instruções para a confecção do produto pelo departamento de produção. Portanto o MFV aplicado ao PDP apresenta setas que representam o fluxo de informações.

Em casos em que se adota um fluxo FIFO (*“first in, first out”*, primeiro a entrar, primeiro a sair) entre dois processos, deve-se considerar o FIFO como um fluxo com capacidade de armazenamento limitado, ou seja, se houver acúmulo de resultados ou informações, o processo fornecedor deve parar de produzir até que ocorra uma redução na quantidade de resultados acumulados no FIFO.

Para uniformizar a comunicação entre as várias pessoas envolvidas ao longo do PDP e facilitar o entendimento do MFV, a definição de cores para cada componente do mapa deve ser pré-definida. Desta forma, toda a equipe identificará facilmente as informações contidas no mapa. Por exemplo, uma seta vermelha pode indicar um desperdício como o atraso na transferência de informações entre departamentos e atividades. Já a seta preta pode representar uma transferência de informações de acordo com o planejado.

Além da representação dos processos e do fluxo de informações, também se deve representar as métricas necessárias - que servem para visualizar os processos, medir e avaliar o progresso em relação aos objetivos - e os pontos do PDP no qual ocorrem os arquivamentos do conhecimento gerado e as revisões e ensaios planejados.

Locher (2008) lista dez tipos de métricas para utilização no MFV, sendo: métricas de tempo (tempo de processamento e tempo de espera), tempo de troca, lote ou prática padrão, taxa de demanda, percentual de término e acuracidade, confiabilidade, número de pessoas, inventário, tecnologia da informação utilizada e tempo disponível.

O tempo de processamento (P/T) é o tempo que uma tarefa leva para ser concluída. Este tempo pode ser medido por observação da equipe, sendo que o tempo pode sofrer uma variação e, dependendo da causa desta variação, deve ser avaliada a sua consideração nos dados a serem apresentados.

O tempo de espera (L/T) é o tempo que uma atividade (e todas as tarefas que compõem esta atividade) leva para ser concluída, ou seja, o tempo de espera geralmente é maior que o tempo de processamento, pois, por exemplo, pode ocorrer uma fila de espera antes que um

documento preenchido à mão seja cadastrado no sistema de banco de dados (ver figura 16).

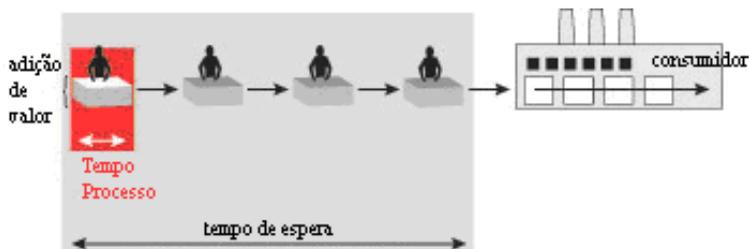


Figura 16: Métrica de tempo. Fonte: Locher (2008).

O tempo de troca é o tempo de duração entre uma troca de atividade por outra. Por exemplo, se assumir-se que o padrão de um escritório é utilizar uma mesma impressora para imprimir desenhos técnicos em folhas de tamanho A3 e relatórios em folhas A4 e que para cada operação é necessário se deslocar até o aparelho, trocar o tamanho da folha e alinhar o papel e que esta operação leva 5 minutos, então o tempo de troca será de 5 minutos.

O lote ou prática padrão representa a quantidade ou a frequência que um trabalho é realizado. Por exemplo, num escritório de contabilidade há uma rotina de trabalho determinada pelos dias da semana: na segunda-feira trabalham com as faturas, na terça-feira com os pagamentos, na quarta-feira com os cálculos de impostos, na quinta-feira com as folhas de pagamento e na sexta-feira com os relatórios. Como uma atividade é desempenhada uma vez por semana, considera-se a prática padrão como sendo uma semana.

A taxa de demanda é o volume de transações verificadas em algum processo num determinado período de tempo, como por exemplo, ordens por dia. Esta métrica pode ser utilizada para dimensionar a capacidade de um sistema em responder a demanda.

O percentual de término e acuracidade (C&A%) é uma métrica da qualidade do processo e descreve com que frequência uma atividade recebe uma informação que está completa e correta na perspectiva do receptor. É uma maneira de quantificar desperdícios como falta de informação em documentos recebidos que levam ao aumento do tempo de processamento e do tempo de espera.

A confiabilidade é o percentual de tempo que um equipamento fica disponível quando é requerido. Um exemplo é o tempo de espera até obter sucesso em iniciar uma aplicação de TI.

O número de pessoas representa a quantidade de pessoas habilitadas para executar determinada tarefa. Já a tecnologia da Informação utilizada é a descrição do programa de computador utilizado para o processamento de uma informação. Não é propriamente uma métrica, mas auxilia na descrição do fluxo de valor.

O tempo disponível é a quantidade de tempo que uma empresa fica funcionando para executar um processo ao longo de uma jornada de trabalho. Neste caso, a variabilidade também deve ser levada em conta nos cálculos para que o tempo disponível calculado seja compatível com a realidade.

Com os dados obtidos pelas observações das operações registradas no mapa, algumas informações podem ser resumidas com o uso da linha do tempo, das caixas de processo para registrar os tempos de espera, processamento e inventário, conforme mostrado na figura 17. Para o cálculo do tempo de espera total (Total L/T) e tempo de processamento total (Total P/T), deve-se utilizar o caminho mais longo para a soma dos tempos.

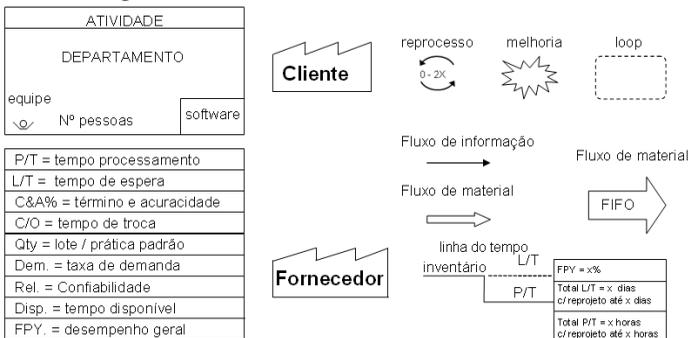


Figura 17: Ícones comuns no VSM. Fonte: Locher (2008).

O inventário conforme ícone da figura 18, representa um documento ou tarefa que fica parado aguardando a sua vez de ser processado. Este desperdício de espera é uma atividade NAV que deve idealmente ser eliminado do fluxo de valor o mais rápido possível.



Figura 18: Representação de inventário. (Locher, 2008).

Uma métrica calculada para se determinar o desempenho geral da equipe é o índice de primeira aprovação (FPY ou “*First Pass Yield*”) que representa a probabilidade do trabalho ter todos os passos executados sem encontrar problemas de qualidade. Este índice é calculado a partir da multiplicação das métricas de qualidade de cada processo, conforme exemplo mostrado na figura 19.

Cálculo do FPY	
Processo	Métrica qualidade
Entrada ordem % C&A	0.60 (60%)
Concepção de desenhos técnicos % C&A	0.95 (95%)
Concepção lista de materiais % C&A	1.00 (100%)
Índice fabricação	0.99 (99%)
Índice acabamento	0.99 (99%)
Índice montagem	0.99 (99%)
Montagem % C&A	0.80 (80%)
Ajustes (1.6%)	0.984 (98%)
FPY	0.44 (44%)

Figura 19: Métrica de desempenho geral. Fonte: Locher (2008).

Para Rother (2003), o MFV é essencial, pois:

- Ajuda a visualizar mais do que os processos individuais, pode-se enxergar o fluxo;
- Ajuda a enxergar mais do que os desperdícios, ao possibilitar a identificação das fontes de desperdício no fluxo de valor;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que se pode discutilas;
- Junta conceitos e técnicas enxutas, que ajuda a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente;
- Forma uma base para um plano de implementação.

De acordo com Morgan e Liker (2006), ao realizar o mapeamento do fluxo de valor pode-se visualizar o processo como um

todo, o que funciona como suporte para a reinvenção do processo, ao possibilitar o desenvolvimento de um mapa do estado futuro.

Ou seja, o segundo diagrama que consiste no mapa do estado futuro, representa as oportunidades de melhoria identificadas no mapa do estado atual. Este mapa de estado futuro beneficia o PDP ao servir como um guia para se atingir as melhorias propostas em um determinado período no futuro.

Para auxiliar na elaboração do mapa de estado futuro e estabelecer uma seqüência de prioridades para os processos do mapa atual que devem ser avaliados, os processos representando as tarefas devem assumir cores diferentes para indicar tarefas AV, NAV ou NNAV. Por exemplo, caixas verdes podem indicar que a tarefa agrega efetivamente valor para o para o consumidor. Por outro lado, as caixas amarelas e vermelhas podem indicar a necessidade de atenção, por serem atividades NNAV e NAV respectivamente.

Mascitelli (2007) propõe que se adote o uso do método de “*brainstorming*” para determinar as oportunidades de melhoria nos processos identificados como prioridade para melhoria no mapa do estado atual. Estas idéias para melhorias devem ser avaliadas segundo uma pontuação baseada na sua complexidade de implantação e potencial de melhoria do fluxo.

Kato (2005) desenvolveu uma aplicação do MFV em alguns projetos de produto e utilizou os indicadores de desperdício propostos por Bauch (2004) para o PDP. A partir deste estudo, verificou-se que a apresentação gráfica destes tipos de desperdícios facilita a compreensão das causas ou fontes de desperdício e a visualização dos pontos de melhoria futuros no PDP.

A redução de desperdícios otimiza o tempo necessário para o desenvolvimento, permitindo que os processos de desenvolvimento enxuto resultem em produtos com maior qualidade e desenvolvidos com prazos menores.

Por exemplo, no fluxo da informação estabelecido através de setas, as setas de retorno – que indicam o retrabalho – devem ser evitadas no mapa futuro, pois dificultam o estabelecimento de atividades e tarefas, gerando altos índices de desperdícios de tempo e esforço sobre outras tarefas.

Uma vez identificados os desperdícios, deve-se estabelecer a sincronização das atividades e eliminar os gargalos do processo. Estes gargalos são as tarefas que requerem mais tempo para serem executadas ou que possuem menos recursos disponíveis para sua execução, em relação ao resto do processo.

Por fazer parte dos conceitos enxutos, o MFV trata-se de um esforço contínuo, ou seja, uma vez que um mapa de estado futuro torna-se realidade, a ferramenta deve ser utilizada novamente para se determinar um próximo mapa futuro.

No trabalho de Kato (2005), identificou-se que três fontes de desperdício listadas por Bauch (2004) foram consideradas mais significativas: retrabalho, processamento excedente e informação defeituosa. Porém, Kato não utilizou a ferramenta em uma sistemática de desenvolvimento de produtos. Por definição, cada projeto é único e tem um ciclo de vida definido, daí surge a necessidade de se utilizar esta ferramenta associada ao PDP para que as oportunidades de melhoria possam ser empregadas continuamente na sistemática.

Desta forma, a aplicação da ferramenta no PDP mostra-se benéfica ao proporcionar a redução do tempo de desenvolvimento como consequência direta da redução de desperdícios. Além disso, se for considerado o esforço dos recursos (pessoas) envolvidos no PDP e também os custos do desenvolvimento, verifica-se que o MFV traz muitas vantagens que justificam a sua utilização.

Conforme McManus (2005) propõe, a aplicação do MFV em uma fase específica de um projeto é interessante para obter dados detalhados para a avaliação da fase. Desta forma, torna-se interessante a aplicação desta ferramenta a partir do projeto conceitual do modelo de PDP selecionado, para a identificação de desperdícios nas tarefas de determinação da concepção do produto.

Portanto, verifica-se que as ferramentas apresentadas possuem o diferencial de auxiliarem o PDP com os conceitos enxutos, possibilitando um ganho substancial de tempo, custos e qualidade no desenvolvimento de novos produtos.

3.3 Relatório A3

O relatório A3 é uma técnica padronizada de preencher uma folha de tamanho A3 e tem a função de guiar a equipe na resolução de problemas e também auxiliar a comunicação entre os vários membros do time de desenvolvimento. Existem quatro tipos de relatórios A3:

Relatório para proposta. Utilizado para propor um plano ou uma nova iniciativa, ainda que nem sempre ele termine com uma conclusão. Requer um planejamento claro, identificação de assuntos que

devem ser resolvidos e um cronograma. A figura 20 ilustra esquematicamente o relatório A3 para proposta.

TEMA											
<p><u>INTRODUÇÃO</u></p> <p>Conceito básico, histórico, estratégia</p>		<p><u>PLANEJAMENTO</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Condição requerida</th> <th>Motivo da condição requerida</th> <th>Efeitos esperado</th> <th>Responsabilidade</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>O que? Como?</td> <td>Por que?</td> <td>O que?</td> <td>Quem?</td> </tr> </tbody> </table>		Condição requerida	Motivo da condição requerida	Efeitos esperado	Responsabilidade	O que? Como?	Por que?	O que?	Quem?
Condição requerida	Motivo da condição requerida	Efeitos esperado	Responsabilidade								
O que? Como?	Por que?	O que?	Quem?								
<p><u>PROPOSTA</u></p> <p>Como realizar o lançamento</p> <p>Conceito básico (pontos cruciais)</p>		<p><u>ASSUNTOS PENDENTES</u></p> <p>Assuntos pendentes</p> <p>Como superar obstáculos</p>									
		<p><u>PLANO DE AÇÃO</u></p> <p>Como efetivar lançamento</p> <p>Cronograma / Linha do tempo</p>									

Figura 20: Exemplo de relatório para proposta. Fonte: Morgan e Liker (2006).

Relatório para histórico. Utilizado para encaminhar o estado de uma iniciativa, os objetivos iniciais e a situação em relação a eles, a execução planejada em relação ao cronograma e os assuntos pendentes e ações futuras planejadas. A figura 21 ilustra esquematicamente o relatório A3 para histórico.

Relatório para informação. Conforme descrito por Morgan e Liker (2006) é utilizado para compartilhar uma informação, por exemplo, um desenvolvimento de produto na concorrência ou mesmo interno. Não possui um formulário e conteúdo específico, sendo o seu preenchimento sujeito ao autor do relatório.

Relatório de resolução de problema. Utilizado quando um planejamento, objetivo ou padrão existe e a empresa não consegue atingir esta meta, ou seja, indica um problema que precisa ser comunicado. Neste relatório deve ficar claro qual o objetivo, os dados do problema atual, a análise detalhada de causa, as medidas preventivas, o plano de ação e o resumo com a verificação das medidas preventivas que funcionaram, considerações futuras e o aprendizado que ocorreu

durante o processo de verificação. A figura 22 ilustra esquematicamente o relatório A3 para proposta.

TEMA												
<p style="text-align: center;"><u>HISTÓRICO</u></p>	<p style="text-align: center;"><u>EFEITO TOTAL</u></p>											
<p style="text-align: center;"><u>OBJETIVOS</u></p>	<p style="text-align: center;"><u>ASSUNTOS PENDENTES</u></p>											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;"><u>IMPLANTAÇÃO</u></th> </tr> <tr> <td style="width: 25%; height: 20px;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		<u>IMPLANTAÇÃO</u>										
<u>IMPLANTAÇÃO</u>												

Figura 21: Exemplo de relatório para histórico. Fonte: Morgan e Liker (2006).

TEMA													
<p style="text-align: center;"><u>SITUAÇÃO DO PROBLEMA</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Descrição do padrão • Situação atual • Discrepância / Existência do problema <p>Motivo para verificar o problema (Importância para o negócio da empresa, objetivos ou valores da organização)</p>	<p style="text-align: center;"><u>MEDIDAS PREVENTIVAS</u></p> <p>(Resultante da análise de causa)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prevenção temporária • Prevenção de longo prazo 												
<p style="text-align: center;"><u>OBJETIVO / META</u></p> <p>Descrição mensurável do se quer modificar, quantidade, tempo.</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;"><u>IMPLANTAÇÃO</u></th> </tr> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">O que</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Onde</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Quem</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">Quando</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ação a ser tomada</td> <td style="text-align: center;">Local da atividade</td> <td style="text-align: center;">Pessoa responsável</td> <td style="text-align: center;">Datas, horas</td> </tr> </table>	<u>IMPLANTAÇÃO</u>				O que	Onde	Quem	Quando	Ação a ser tomada	Local da atividade	Pessoa responsável	Datas, horas
<u>IMPLANTAÇÃO</u>													
O que	Onde	Quem	Quando										
Ação a ser tomada	Local da atividade	Pessoa responsável	Datas, horas										
<p style="text-align: center;"><u>ANÁLISE DE CAUSAS</u></p> <p>Problema:</p> <p>Causas potenciais</p> <p>Causas mais parecidas</p> <p>Causa principal</p>	<p style="text-align: center;"><u>RESUMO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Assuntos não resolvidos e ações endereçadas • Responsáveis pela verificação dos efeitos • Data de verificação dos efeitos • Modo de relatório da solução • Data de liberação do relatório 												

Figura 22: Exemplo de relatório para resolução de problema. Fonte: Morgan e Liker (2006).

Os relatórios A3 devem ter comentários breves, fáceis de compreender e que agreguem valor. O excesso de informação desnecessária faz com que as pessoas acabem perdendo pontos importantes do relatório.

Estes relatórios promovem a comunicação rápida e precisa para que a informação seja bem compreendida. Além disso, a base de dados de conhecimento será atualizada em caso de mudança de algum padrão ou aprendizado adicional proveniente do processo A3.

Desta maneira o relatório padronizado A3 pode ser adotado tanto no projeto informacional quanto no projeto conceitual, pois ambas as fases geram muita informação entre várias áreas funcionais e as concepções geradas devem ser divulgadas para todos os interessados no projeto.

3.4 Curvas de correlação

As curvas de correlação são utilizadas para entender o relacionamento entre várias características ou variáveis de projeto. Numa curva de correlação uma característica do desempenho de um subsistema é impressa no eixo das ordenadas e a outra característica é impressa no eixo das abscissas.

Uma curva de correlação pode ser utilizada para avaliar, por exemplo, a relação entre a velocidade e a economia de combustível ou o tamanho de um radiador e sua capacidade de refrigeração. As variações de diferentes fatores nos subsistemas geram dados que podem ter a relação melhor interpretada com o uso destas curvas. Segue na figura 23 um exemplo da Toyota fornecido por Morgan e Liker (2006), onde o CE pretendia entender a relação entre o silenciador do escapamento e o ruído do motor.

Estas curvas de correlação são um meio rápido e efetivo de demonstrar o desempenho de um sistema técnico complexo num processo baseado em conjuntos. Como exemplo, segue a curva 24 traçada no desenvolvimento do primeiro Lexus LS400, na qual o CE avaliou e estabeleceu a meta para a relação entre a velocidade máxima e o consumo de combustível entre veículos de luxo americanos (US-A e US-B), alemães (ALE-A, ALE-B e ALE-C) e britânico (UK).

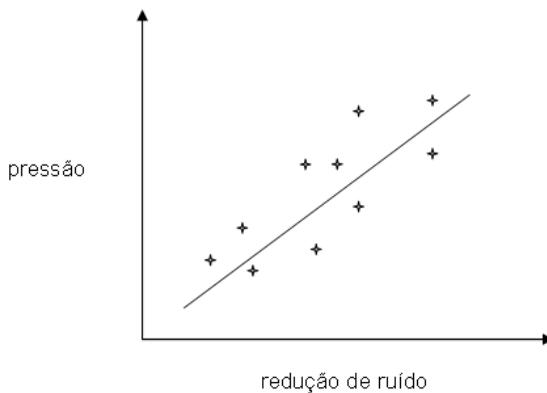


Figura 23: Vários protótipos para compreensão do sistema. Fonte: Morgan e Liker (2006).

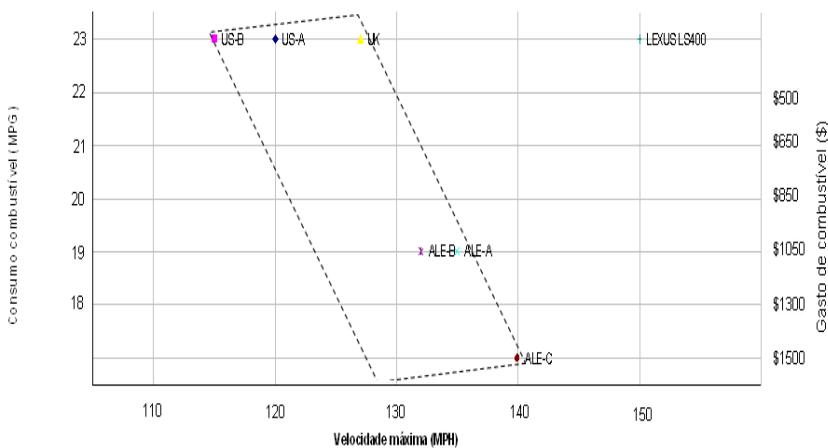


Figura 24: Curva correlação - ajuste de meta de velocidade e consumo.

Fonte: Morgan e Liker (2006).

Esta prática demonstra muito potencial quando utilizada no projeto conceitual, pois auxilia a equipe a entender o relacionamento entre características de um subsistema e auxilia na definição das novas concepções.

3.5 Matrizes de decisão

As matrizes de decisão são muito utilizadas na Toyota para a divulgação de várias alternativas de concepção e sugestões ou respostas a desafios de projeto. Ainda que de forma simples esta ferramenta auxilia na visão das várias possibilidades de solução para um problema.

As alternativas de projeto são listadas na primeira coluna e os critérios de avaliação são expostos nas colunas seguintes para que cada alternativa seja avaliada de forma quantitativa ou qualitativa.

Como exemplo, Morgan e Liker (2006) listam uma matriz com três alternativas de concepção - A, B e C - que são avaliadas segundo o custo, o peso, a durabilidade e a funcionalidade (ver figura 25).

Alternativa de concepção	Custo	Peso	Durabilidade	Desempenho funcional	Total
A	1	2	2	2	7
B	3	2	3	1	9
C	2	3	1	3	9

Os valores 1, 2 e 3 representam um sistema de pontuação simples.

Figura 25: Matriz de decisão. Fonte: Morgan e Liker (2006).

Assim como as curvas de correlação, esta matriz de decisão facilita a comunicação e a apresentação efetiva de dados para várias alternativas, que são ideais para trabalhos baseados em conjuntos no projeto conceitual.

Apesar da simplicidade destas duas ferramentas, ambas abrem espaço para o aprendizado e o registro do conhecimento adquirido durante o PDP. Desta forma, esta ferramenta pode ser utilizada na fase de projeto conceitual para facilitar o SBCE.

3.6 Hierarquia de plataformas

O objetivo desta ferramenta é estabelecer um projeto intercambiável, através da identificação de plataformas para se obter uma redução de custos no PDP. Para se identificar uma hierarquia de plataformas, deve-se em primeiro lugar estabelecer a função central do sistema, ou seja, a função global que o produto deverá desempenhar.

A partir da função global, pode-se expandir a hierarquia ao redor desta em camadas para indicar a padronização dos subsistemas,

componentes e matérias-primas (ver figura 26). De acordo com Mascitelli (2004), conforme esta hierarquia se afasta da função central, os benefícios de redução de custo se reduzem e a possibilidade de flexibilizar a padronização aumenta.

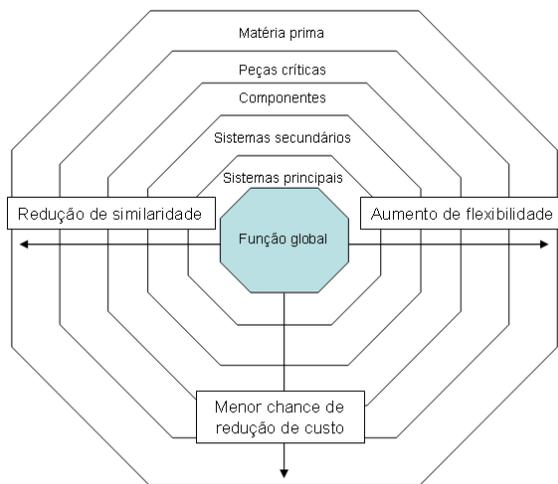


Figura 26: Hierarquia de plataforma. Fonte: Mascitelli (2004).

Para facilitar a compreensão da ferramenta, Mascitelli (2004) expõe um exemplo de um atuador hidráulico, que deve converter a pressão de um fluido num movimento linear através de três subsistemas principais: eletrônica de controle, bomba e guia cilíndrico. Para se estabelecer uma similaridade significativa entre os modelos, estes três subsistemas principais deveriam ser comuns em toda a linha de produtos.

Para modelos diferenciados devem ocorrer mais alterações em um ou mais parâmetros, como por exemplo, aumentar o guia cilíndrico ou configurar a precisão da eletrônica de controle sob medida para o novo modelo. Mas caso o mercado exija uma diferenciação mais significativa, a saída seria estabelecer um dos subsistemas como uma plataforma como, por exemplo, padronizar o sistema de controle e oferecer maior variedade de comprimentos de guias, capacidade de trabalho e pressão de operação.

Caso esta solução ainda não seja suficiente para o mercado, deve-se seguir pela hierarquia na direção subsequente de sistemas secundários, componentes e peças ou matéria-prima. Porém, determinar

uma peça como, por exemplo, um selo como plataforma para a linha de atuadores, não terá o mesmo impacto na redução de custos do que ter um cilindro definido como uma plataforma. Ainda que padronizar um selo em uma configuração seja muito mais fácil.

Esta ferramenta apresentada por Mascitelli (2004) torna-se interessante para associar a estratégia enxuta de plataforma de produtos ao PDP. Sua utilização na fase de projeto conceitual gera concepções que possibilitam a adoção de uma estratégia de plataforma de produtos desde o primeiro produto da linha a ser desenvolvida.

3.7 Planejamento de plataformas

O planejamento de plataformas consiste numa ferramenta que permite identificar, executar e rastrear o estado do esforço para redução de custo baseado em plataformas. Esta ferramenta é constituída por dois componentes: a matriz de plataformas e o cronograma de integração de plataformas.

3.7.1 Matriz de plataformas

A matriz de plataformas oferece uma forma relativamente simples de se organizar visualmente oportunidades de plataformas potenciais. Nesta matriz, dispõe-se na primeira linha vários modelos de uma linha de produtos e na primeira coluna da matriz deve-se expor as oportunidades potenciais de plataforma em todos os níveis de hierarquia.

Para cada um dos pontos, deve-se avaliar o potencial que a plataforma possui de fazer parte do modelo de produto específico, obedecendo a uma pontuação que estabelece que quanto mais escuro for o marcador, maior é potencial. A segunda avaliação que deve ser disposta no canto inferior direito reflete a prioridade para implantar a plataforma no modelo do produto. A escala de prioridade deve obedecer o mesmo padrão de pontuação anterior, ou seja, quanto mais fácil for incorporar a plataforma ao modelo, mais escura deve ser a marcação. Portanto, um campo com dois círculos escuros representa uma oportunidade de plataforma que deve ser integrada em primeiro lugar no modelo do produto (ver figura 27).

Matriz de plataforma							
Modelos de produtos							
Potencial / Prioridade	Modelo A1	Modelo A2	Modelo A3	Modelo B1	Modelo B2	Modelo C	
oportunidades de plataformas	Subsistema principal 1	○	○	◐	●	○	○
	Subsistema principal 2		●	●	◐	●	○
	Subsistema secundário A	●	●	◐	●	○	○
	Subsistema secundário B	○	○	◐	●	○	○
	Componente 1	●	●	○	●	○	○
	Componente 2	◐	◐	◐	◐	○	○
	Componente 3	○	○	◐	◐	○	○
	Peça A	○	○	○	○	○	○
	Peça B	◐	●	○	○	○	○
	Matéria-prima A	○	○	○	○	○	○

Figura 27: Matriz de plataforma. Fonte: Mascitelli (2004).

3.7.2 Cronograma de integração de plataformas

O segundo componente do planejamento de plataformas é o cronograma de integração de plataformas, conforme a figura 28, que rastreia a implantação de oportunidades de alto potencial / grande prioridade. Desta forma, o cronograma considera as oportunidades destacadas com dois círculos escuros na matriz de plataforma.

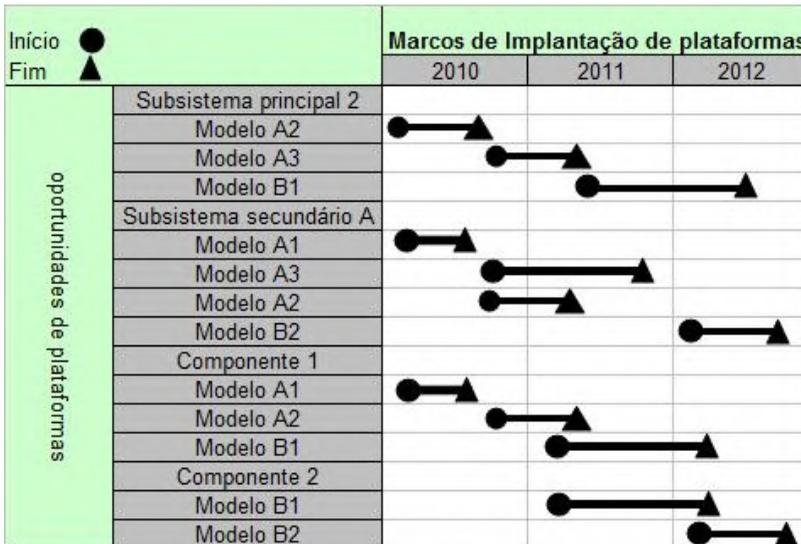


Figura 28: Cronograma de integração de plataforma. Fonte: Mascitelli (2004).

Esta combinação de matriz e cronograma de plataformas faz com que o planejamento de plataformas seja útil na orientação do time de desenvolvimento nos trabalhos da fase de projeto conceitual, auxiliando a orientação do desenvolvimento de produtos enxuto.

3.8 Roteiro de resultados (“*Deliverable roadmaps*”)

Esta ferramenta procura exibir informações importantes para o PDP em uma única folha de papel, dentre elas os principais marcos do

projeto, as dependências, responsabilidades, revisões de fase, o caminho crítico e os resultados do projeto.

Estes resultados do projeto podem ser documentos, desenhos, uma decisão, um relatório, um protótipo, uma peça ou software, ou seja, qualquer coisa que possa ser encaminhada de uma pessoa para outra. Desta forma, estes resultados são fruto de uma tarefa e estes resultados direcionam o PDP para o que é valor para o cliente.

Primeiro os resultados do projeto devem ser listados em conjunto com a equipe de projeto. Esta listagem pode partir de um padrão pré-definido para todos os projetos da empresa, para em seguida serem discutidos, alterados e organizados em uma ordem cronológica. Para cada resultado do projeto deve ser atribuído um responsável para só então se determinar as dependências entre estes resultados, além de se exibir as revisões e os principais marcos relacionados com os resultados do projeto.

Se possível, o roteiro de resultados também deve exibir as datas das entregas destes resultados e o caminho crítico, ou seja, todos os resultados que por acaso sofram atraso e acabem por gerar um atraso na data de entrega final do projeto, devem ser destacados e identificados com uma cor pré-acordada.

Para facilitar a comunicação com a equipe, o roteiro de resultados pode ser atualizado conforme exemplo na figura 29, com as cores dos resultados representando verde para o estado “entregue”, amarelo para “não entregue” e vermelho para “atrasado ou incompleto”. Desta forma obtém-se uma visão do que está de acordo com o planejamento inicial.

A associação desta ferramenta a partir da fase de projeto informacional garante que o planejamento seja comunicado de forma simples e clara para a equipe, conforme a prática enxuta de comunicar de modo eficiente por meio visual, além de padronizar o desenvolvimento e de se definir os resultados do projeto em consenso.

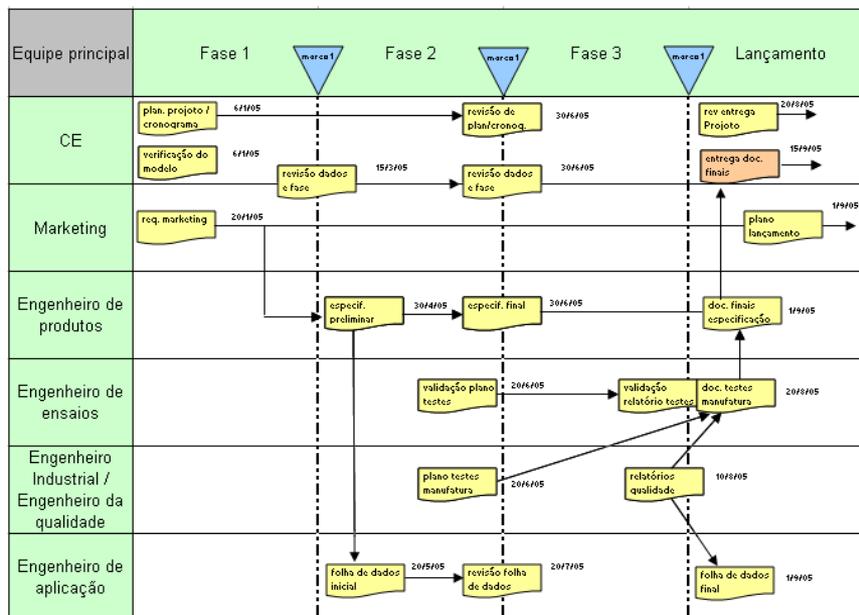


Figura 29: Roteiro de resultados. Fonte: Mascitelli (2007).

3.9 Padronização na formação de pessoas

A formação de pessoas no desenvolvimento enxuto deve consistir num conjunto de práticas padronizadas que devem ser utilizadas em todos os departamentos diariamente. No desenvolvimento enxuto liderar um time também significa lecionar, ensinar, ou seja, os gerentes são responsáveis por guiar tecnicamente os engenheiros e sua aprendizagem.

Para auxiliar a formação de pessoas, o desenvolvimento enxuto conta com algumas práticas voltadas para o aprendizado a partir de experiências e erros.

O “*genchi genbutsu*” que significa “ir ao campo para verificar a situação atual para entender profundamente a realidade”, faz com que a equipe se envolva com o processo de desenvolvimento ao visitar a manufatura e os consumidores para perceber o que é valor para o cliente.

Desta forma, os engenheiros de produtos visitam o chão de fábrica freqüentemente e executam trabalhos de montagem de peças durante o processo de fabricação e confecção de protótipos para entender como o produto será manuseado na manufatura.

Segundo Morgan e Liker (2006), na Toyota os engenheiros chegam até a trabalhar como vendedores em concessionárias por um período para entender o que os consumidores desejam. A equipe que trabalha diretamente com o CE também faz visitas aos clientes, avalia veículos concorrentes e analisa comparativos de qualidade entre estes concorrentes e os veículos da empresa.

Ao realizar estudo de produtos concorrentes, cada peça desmontada é colocada num painel ao lado da peça correspondente feita pela empresa junto com as avaliações das peças. Este painel é apresentado a todos os participantes, inclusive para fornecedores e ficam disponíveis para comentários e estudos. Desta maneira o conhecimento gerado pelo estudo dos produtos concorrentes não fica restrito apenas à equipe que realizou o estudo, mas é disseminado até mesmo entre os fornecedores.

As ferramentas de curvas de correlação, matrizes de decisão e relatórios A3 descritas anteriormente também são fonte de aprendizado, pois capturam o conhecimento gerado durante o DP e o disponibilizam para toda a empresa. Além disso, este conhecimento gerado faz com que os “*checklists*” sejam atualizados constantemente para assegurar que as informações sejam utilizadas nos próximos desenvolvimentos.

Outra forma de atuar na formação técnica das pessoas através do conhecimento gerado na prática é o uso da SBCE, que avalia e discute intensamente as propostas de concepção dos SSCs, além das reuniões diárias de fechamento que ocorrem durante a confecção dos protótipos. A troca de experiência entre os engenheiros de produtos, engenheiros da qualidade, líderes de produção e especialistas em protótipos gera muito aprendizado, pois estas reuniões servem para a discussão de questões e estimulam a troca de experiência entre a manufatura e os engenheiros de produtos.

Esta padronização da formação de pessoas no desenvolvimento enxuto deve ser aplicada desde a fase de projeto informacional, pois esta irá garantir que o valor para o cliente seja assimilado no início dos trabalhos de desenvolvimento e que o conhecimento gerado durante a definição de novas concepções seja retido pelos engenheiros e utilizado nos próximos desenvolvimentos.

3.10 Conclusões do capítulo

Ainda que as ferramentas apresentadas estejam disponíveis em um grande número de publicações e trabalhos, estas não se encontram associadas a um modelo de PDP, deixando uma lacuna para uma melhor organização do desenvolvimento enxuto.

Neste capítulo foram tratadas várias ferramentas enxutas que procuram agregar valor ao desenvolvimento e eliminar os desperdícios do processo. Para isso, suas características foram descritas de forma a facilitar a compreensão dos conceitos de cada uma delas e a partir disto verificar onde cada ferramenta poderia agregar mais valor ao PDP, conforme quadro resumo da figura 30.

Algumas ferramentas citadas em trabalhos sobre o desenvolvimento enxuto como, por exemplo, o método de Pugh, o QFD e diagrama Mudge não são descritos neste capítulo por já terem sido descritos anteriormente aos trabalhos sobre o desenvolvimento enxuto. A contribuição dos trabalhos sobre desenvolvimentos enxutos para estas ferramentas limita-se à redução de variáveis como uma forma de simplificar a utilização destas ferramentas.

Mas além do detalhamento de ferramentas enxutas, ainda falta uma organização do desenvolvimento enxuto, através do relacionamento das ferramentas e conceitos enxutos com um modelo de PDP, conforme será tratado no próximo capítulo.

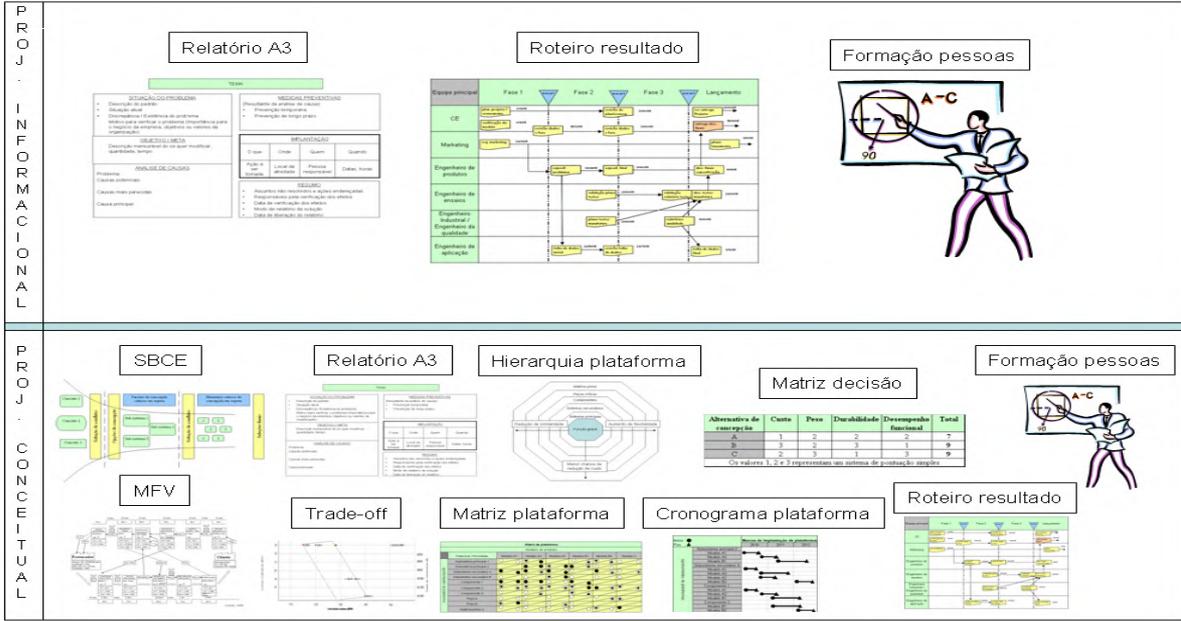


Figura 30: Associação de ferramentas.

4 Associação dos conceitos enxutos com as fases iniciais do modelo de PDP

O objetivo deste capítulo é associar os conceitos enxutos com o modelo de PDP. Para isso, nos capítulos anteriores foram revisados os conceitos teóricos sobre o desenvolvimento enxuto e as ferramentas enxutas para que a compreensão destes resulte na associação correta com as fases e tarefas do modelo de PDP.

Busca-se aqui adaptar o modelo de PDP com a inclusão dos conceitos enxutos e adaptá-lo para o novo cenário de desenvolvimento de produtos global, como a redução do tempo gasto e o aumento da necessidade de eficácia nos processos de desenvolvimento.

Portanto, ainda que muitos materiais a respeito dos conceitos enxutos encontrem-se disponíveis, falta ainda uma organização consistente do desenvolvimento enxuto de produtos. Desta forma, este deve ser objeto de pesquisa, por possuir muito campo para aprimoramento e apresentar aplicações que não se encontram devidamente sistematizadas, além de proporcionar benefícios que justificam sua inclusão no PDP.

4.1 Conceitos enxutos no modelo de PDP

A partir do modelo de PDP de Rozenfeld, et al. (2006) e da descrição do sistema de desenvolvimento enxuto da Toyota de Morgan e Liker (2006), realiza-se a associação dos conceitos enxutos com o PDP.

Ainda que o sistema de desenvolvimento enxuto da Toyota descrito por Morgan e Liker (2006) tenha estruturado os conceitos enxutos em um sistema de desenvolvimento, entende-se que a associação dos conceitos enxutos com um modelo de PDP é necessária, pois falta ao sistema descrito por Morgan e Liker (2006) a condução do PDP num processo lógico de utilização cronológica das ferramentas para o desenvolvimento de produtos de forma organizada.

Um segundo ponto a ser considerado é que apesar do sistema descrito por Morgan e Liker (2006) ser caracterizado apenas para o desenvolvimento de produtos na indústria automobilística, a associação com o modelo de PDP possibilitará que o mesmo possa ser aplicado para o desenvolvimento de produtos de bens de capital e não somente restrito ao desenvolvimento de automóveis.

Como visto anteriormente no modelo de PDP de Rozenfeld, et al. (2006), este possui uma orientação lógica para que ocorra o incentivo à investigação dos requisitos, aborda os conceitos de gestão de projetos e abrange todo o ciclo de vida do produto, portanto encontra-se a possibilidade de associação com os conceitos enxutos. Porém, para se justificar esta associação, devem-se avaliar os benefícios que esta pode trazer para o PDP.

O ponto de partida para esta associação é a filosofia enxuta definida por Womack e Jones (2004). Assim, os cinco princípios enxutos propostos por Womack, et al.(1990), que fazem parte da filosofia enxuta, orientam a associação dos conceitos enxutos com o PDP para que os participantes do processo de desenvolvimento saibam o que os clientes esperam do novo produto e para que consigam transformar estes desejos num produto que atenda a estas expectativas através de um processo sem desperdícios.

Tendo os cinco princípios enxutos como um ponto de partida, deve-se analisar o modelo de PDP de Rozenfeld et al. (2006) para se determinar quais são os conceitos mais adequados a cada fase do processo. Desta forma, procura-se avaliar as fases para se determinar onde e como a associação gera os melhores resultados no PDP.

O critério desta avaliação é a identificação das fases e tarefas onde a associação com os conceitos enxutos contribuem com a redução de desperdício e com a adição do valor para o cliente no desenvolvimento de produto.

Dentre as três macro-fases do modelo de PDP em questão, a macro-fase de desenvolvimento apresenta três fases de grande importância para as definições das especificações de um novo produto: o projeto informacional, conceitual e detalhado. Portanto, mostra-se interessante buscar a utilização dos os conceitos enxutos nestas fases, pois a redução de desperdícios nesta macro-fase aliada à adição de valor para os clientes nas especificações do produto produz melhorias consideráveis em todo o ciclo do PDP e conseqüentemente no produto final.

Além disso, o princípio da perfeição possibilita a promoção da melhoria contínua dos processos que geram valor ao projeto de produtos ao estabelecer que o mapeamento do fluxo de valor das tarefas destas três macro-fases do PDP seja redefinido toda vez que a meta estabelecida através do mapeamento anterior for atingida.

Destas três fases, a de projeto informacional e a de projeto conceitual são as fases que possuem maior influência nas concepções e definições das soluções para os problemas do projeto. No início destas

duas fases, os conceitos e especificações do novo produto ainda encontram-se muito abstratos e longe de definições para que a manufatura possa produzir um produto de sucesso. Desta forma, a aplicação dos conceitos enxutos nestas duas fases deverá propiciar um ganho significativo no processo de aproximação das definições e especificações do produto com as atribuições de valor para os clientes.

4.1.1 Fase de projeto informacional

A fase do projeto informacional procura definir as especificações técnicas para o projeto através da determinação dos requisitos dos clientes, da compreensão das necessidades destes, das restrições e problemas de projeto.

Segundo Morgan e Liker (2006), o cliente sempre é o ponto de partida no desenvolvimento enxuto. Desta forma o primeiro princípio enxuto - o princípio do valor – determina a busca da definição do que é valor para o cliente, ou seja, conhecer exatamente o problema do cliente e identificar as funções que devem ser executadas para resolvê-lo.

A associação do conceito do primeiro princípio enxuto com a fase do projeto informacional ressalta a importância que o valor para o cliente possui para o desenvolvimento de produtos. A total compreensão das necessidades, problemas e restrições dos clientes para o produto resultam em especificações-meta alinhadas com o propósito de adicionar valor para estes.

Para se determinar estas especificações-meta que adicionam ao produto final mais valor para o cliente, deve-se seguir práticas derivadas deste princípio enxuto do valor que auxiliam na compreensão dos valores para os clientes e contribuem para a determinação destes valores nas atividades do projeto informacional.

A adoção da prática do CE e sua equipe é muito importante para conduzir estes processos e direcionar o PDP para o que deve ser determinado como valor, pois eles contribuem para a agregação de valor ao PDP através da compreensão das necessidades dos clientes, realizando visitas e acompanhando clientes em potencial durante certo período para entender as necessidades destes.

A utilização de curvas de correlação também auxilia o entendimento do que é valor para o cliente, ao proporcionar ao CE e à sua equipe a compreensão das relações entre várias características de projeto.

Ao sair do escritório e vivenciar o dia a dia destes clientes, conforme a postura enxuta de analisar os fatos na prática, o CE e a sua equipe de engenheiros podem assimilar os detalhes destes valores para o cliente e adicioná-los à atividade de identificação de requisitos dos clientes do produto.

Nesta atividade também é válida a utilização da prática de elaboração do documento de concepção do produto, que serve para divulgar para todos os envolvidos no PDP os valores para os clientes e os objetivos e níveis de desempenho requeridos pelo CE para o novo produto.

O princípio do valor associado à fase do projeto informacional também deve identificar as funções que devem ser executadas para resolver o problema do cliente, portanto a utilização da ferramenta de roteiro de resultados elaborada sob a coordenação do CE com a participação da equipe de projetos auxilia o PDP no planejamento e execução dos processos.

Uma vez definido o que é valor para o cliente e os objetivos para o novo desenvolvimento, busca-se o comprometimento de todos os envolvidos no PDP com estas definições. Para isso, na atividade de definição de requisitos do produto, estes valores e objetivos devem ser desdobrados num conjunto de parâmetros específicos que possam ser medidos e acompanhados. Assim as equipes funcionais entendem, acompanham e procuram atingir os objetivos estabelecidos pelo CE durante as atividades seguintes.

Além disso, a incorporação da prática de times de desenvolvimento de módulos, ou TDMs, auxiliam no desdobramento dos valores e objetivos ao trabalharem para apresentar ao CE metas que possam ser medidas para os subsistemas alinhadas com estes objetivos gerais do produto.

Os TDMs também auxiliam na atividade de definição das especificações-meta do produto, contribuindo com o valor para o cliente através de trabalhos de análise de produtos concorrentes para avaliar os subsistemas sob a luz das metas estabelecidas.

Nestas avaliações de produtos concorrentes, outra prática enxuta deve ser associada à fase de projeto informacional: os relatórios A3 para informação. O objetivo desta prática é registrar as avaliações dos produtos concorrentes realizadas pelos TDMs e divulgar estas avaliações para as equipes funcionais envolvidas com o desenvolvimento do produto.

Assim, o primeiro princípio enxuto associado à fase do projeto informacional busca garantir que o valor para o cliente seja incorporado

ao PDP e que este valor seja compreendido e se torne uma especificação-meta para os participantes do processo.

Ao associar o segundo princípio enxuto – que busca agilizar o processo de agregar o que é valor para os clientes ao desenvolvimento de produtos - à fase de projeto informacional do modelo de PDP, o processo se beneficia do estímulo à simplificação das ferramentas utilizadas nas atividades de identificação dos requisitos dos clientes e nas definições dos requisitos do produto.

Desta forma, assim como Mascitelli (2004) propôs simplificações das ferramentas como o QFD e o diagrama de Mudge através da redução de variáveis consideradas, pode-se encontrar o nível ideal de simplificação para atender as necessidades do PDP de forma mais ágil, eliminando desperdícios para os clientes como os processos redundantes, os excessos de variáveis a serem analisadas e as tarefas com extensa duração que geram pouco valor no resultado final.

Porém, mais do que simplificar as ferramentas do PDP, a adição de valor para os clientes através das especificações-meta vai além da redefinição das ferramentas utilizadas na fase do projeto informacional.

A adoção de ferramentas e práticas enxutas padronizadas deve ter o comprometimento de estimular as práticas de aprendizado e retenção de conhecimento, pois o princípio da perfeição determina que as causas para o desperdício sejam eliminadas. Desta forma, uma equipe com maior conhecimento técnico gera ganhos de qualidade, custo e prazo, e uma forma de se aprender com a prática é utilizando-se os relatórios A3 para registrar de forma padronizada as informações e conhecimentos gerados na atividade de revisão e atualização do escopo do produto no projeto informacional. Assim as análises de tecnologias disponíveis, patentes, normas e produtos concorrentes podem ser acessadas pela equipe de desenvolvimento todas as vezes que forem necessárias.

Vale ressaltar que o foco de um sistema enxuto sempre é o cliente. Desta forma, a associação dos conceitos enxutos com o modelo de PDP selecionado permite adicionar o que é valor para o cliente a partir das especificações-meta da fase de projeto informacional e conseqüentemente ao PDP como um todo, eliminando desperdícios. Esta adição de valor é constatada através do aumento de produtividade, uma vez que um projeto de produto desenvolvido de acordo com os valores dos clientes possui menor necessidade de retrabalhos posteriores.

4.1.2 Fase do projeto conceitual

Seguindo pelo fluxo lógico de investigação do modelo de PDP, encontra-se a fase do projeto conceitual, que abrange as atividades da equipe de projeto de produtos que busca, cria, representa e seleciona soluções para o problema do projeto. Segundo Rozenfeld, et al. (2006) o processo de criação de soluções é livre de restrições, porém direcionado pelas necessidades, requisitos e especificações de projetos de produto, e auxiliado por métodos de criatividade. A seleção de soluções é feita com base em métodos apropriados que se apóiam nas necessidades ou requisitos previamente definidos.

A associação dos conceitos enxutos com a fase de projetos conceitual centraliza-se sobre dois dos processos descritos anteriormente: a criação e a seleção de soluções. Nestes dois processos os conceitos enxutos contribuem muito com a metodologia de PDP, devido aos princípios que caracterizam os conceitos na busca da redução de desperdício e no aumento de valor para o cliente, aliados ao aprendizado e reuso de conhecimento prévio.

A partir do momento no qual o valor para o cliente está identificado, a associação do projeto conceitual com os princípios do valor, da identificação do fluxo de valor, da garantia do fluxo de valor, do sistema puxado e da perfeição beneficia o PDP através da simplificação dos processos, adição de valor para os clientes e redução do tempo necessário para o desenvolvimento de produtos.

O CE e sua equipe também garantem que os trabalhos desenvolvidos no projeto conceitual não sofram desvios do que é valor para o cliente, além de estimularem as equipes funcionais a desenvolverem mais de uma alternativa de projeto, ao invés de buscarem eleger uma única arquitetura rapidamente para logo a seguir iniciarem as atividades de detalhamento.

Outra contribuição da associação dos conceitos enxutos com o modelo de PDP é a adoção de ferramentas enxutas para o PDP.

Desta forma, as atividades e tarefas do projeto conceitual do modelo de PDP - nas quais os conceitos enxutos agregam muitos benefícios quando associados com estas - serão analisadas a seguir para se verificar como as associações com os conceitos enxutos podem ser realizadas.

A antecipação das necessidades da manufatura para apoiar a definição dos conceitos é essencial para o desenvolvimento dos SSCs. Todavia, ainda que se tenha o objetivo de antecipar estas necessidades, a

tomada de decisões sobre projetos de peças e componentes é sistematicamente adiada com o uso da ferramenta SBCE.

Tal modificação deve-se ao fato de que a decisão pela concepção do produto deva ser adiada o máximo possível, para que as alternativas de concepção possam convergir gradativamente para resultarem em soluções estáveis que não necessitem de retrabalhos posteriores.

Esta convergência gradual das definições dos conceitos pode fazer com que os trabalhos se prolonguem mais na fase, porém ao avaliar o ciclo completo, o PDP acaba resultando em projetos desenvolvidos em menor tempo e com mais qualidade, pois o número de retrabalhos posteriores nas atividades de detalhamento e desenvolvimento da manufatura é menor, pois muitos problemas são antecipados nas fases iniciais do desenvolvimento.

Na figura 31 são mostradas parte das informações principais e dependências entre atividades da fase de projeto conceitual segundo o modelo de PDP de Rozenfeld, et al. (2006).

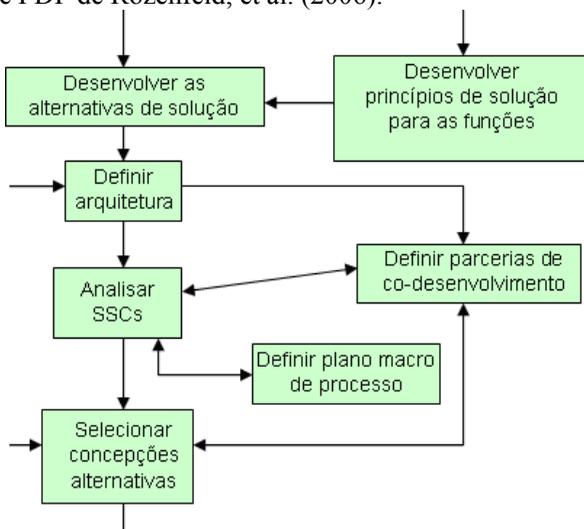


Figura 31: Destaque de parte das informações principais e dependências entre atividades da fase de Projeto Conceitual. Fonte: Rozenfeld, et al. (2006).

A seguir serão descritas as atividades da fase dentro do contexto da associação dos princípios enxutos.

4.1.2.1 Desenvolver princípios de solução para as funções / Desenvolver as alternativas de solução

Assim como na associação ocorrida no projeto informacional, estas atividades apresentam ganhos quando relacionadas ao primeiro princípio enxuto, que trata da identificação do que é valor para os clientes e da concentração de valor ao identificar as funções que devem ser incorporadas ao produto.

Uma vez que estas atividades concentram a interpretação inicial de informações que exercem grande influência nas atividades posteriores, em especial na determinação das soluções, a importância de se conhecer muito bem os problemas e o que é valor para os clientes é essencial.

Desta forma, a participação do CE e sua equipe nestas atividades asseguram que os valores para os clientes sejam garantidos e compartilhados nos trabalhos de especificação, por conhecerem e compreenderem profundamente os valores dos clientes, o CE pode orientar sua equipe durante a atividade para que os requisitos, as especificações-meta e o documento de concepção do produto identificados anteriormente, no projeto informacional, não sejam deixados de lado ao longo dos trabalhos e sirvam de parâmetros de decisões para eventuais conflitos. Já a sua equipe proporciona a garantia de que estes valores sejam seguidos e compartilhados pelo time de desenvolvimento.

Associar o princípio do sistema puxado, que procura garantir que a informação correta seja entregue no momento certo e quando solicitada, gera outra importante contribuição a estas atividades e tarefas através da padronização dos documentos e locais de armazenamento de informações. Esta padronização aliada à prática de organizar o ambiente (5S) propicia que as equipes que atuam no projeto possam compartilhar e buscar as informações somente quando necessárias, sem receber uma avalanche de notificações e mensagens desnecessariamente.

Para melhorar ainda mais a comunicação das informações, deve-se buscar o alinhamento visual do andamento do processo na “sala de guerra” (ou “obeya”), com o propósito de sincronizar as tarefas e estimular que a disponibilização de informações necessárias seja realizada e localizada facilmente quando procuradas.

As informações dispostas em painéis informativos sobre as decisões tomadas facilitam o acesso e o compartilhamento de idéias e opiniões a respeito de diferentes soluções durante o PDP.

Estes painéis informativos também disponibilizam os roteiros de resultados elaborados na fase de projeto informacional. Estes roteiros de resultados também disponibilizam informações importantes para a execução das atividades do projeto conceitual, sincronizando o processo e auxiliando o PDP na resolução dos problemas do cliente.

Além disso, o princípio enxuto da identificação do fluxo de valor, que determina a busca do processo mais eficiente para agregar valor ao processo, beneficia o PDP através da simplificação das ferramentas utilizadas – como o método morfológico, a TIPS e a análise de valor - na busca dos efeitos físicos que ocorre nesta fase. Assim como no projeto informacional, podem-se simplificar as ferramentas utilizadas na atividade através da redução de variáveis a serem analisadas e, conseqüentemente reduzir os trabalhos desnecessários, o tempo e os esforços gastos na atividade.

4.1.2.2 Definir arquitetura

Nesta atividade da fase, as tarefas focam na divisão em partes menores da estrutura do produto, a partir dos princípios de solução e de acordo com os elementos funcionais. Também possuem o objetivo de determinar o leiaute e as interfaces e arranjos da estrutura física do produto.

Desta forma, cada alternativa de solução, que é uma combinação específica de princípios de solução, deverá ter uma arquitetura específica desdobrada em sistemas, subsistemas e componentes (SSCs).

Para o desenvolvimento enxuto, recomenda-se a adoção de arquiteturas modulares para os SSCs, pois a modularidade gera ganhos para os trabalhos de detalhamento através da utilização de técnicas de projetos de peças e componentes paramétricos, devido aos menores impactos em caso de necessidade de mudanças nos parâmetros.

O princípio do sistema puxado estipula a antecipação da busca por soluções e esta antecipação de busca por soluções alternativas associada à atividade de definição de arquiteturas produz benefícios relacionados com a ferramenta da hierarquia de plataformas. Essa ferramenta oferece uma maneira de se identificar a possibilidade de reutilização de SSCs desenvolvidos em projetos anteriores através da identificação de plataformas para uma função global. Com base nesta hierarquia de plataformas, a ferramenta de matriz de plataformas organiza visualmente as potenciais plataformas segundo um critério de avaliação do potencial e da prioridade da plataforma, para que uma seleção posterior ocorra mais facilmente.

Outra vantagem da modularidade em compartilhar componentes, é que esta acaba gerando produtos mais confiáveis, com maior qualidade e custos reduzidos, além de também reduzir o tempo de desenvolvimento de produtos.

4.1.2.3 Analisar Sistemas, Sub-sistemas e Componentes (SSCs)

A partir desta atividade a associação com os conceitos enxutos ganha maior relevância, pois esta atividade dá início à definição dos aspectos críticos do produto. Portanto, é importante que estas definições levem em conta - desde o início - o que é valor para o cliente e o que vai adicionar valor para o produto sob o seu ponto de vista.

Segundo Morgan e Liker (2006), deve-se antecipar o processo de desenvolvimento de produtos para explorar completamente soluções alternativas enquanto há espaço para o desenvolvimento de produtos.

Assim, é importante que na transformação das alternativas de projetos em concepções de produtos seja consultado o conhecimento gerado em desenvolvimentos anteriores, através das “*checklists*” elaborados ao longo de DP anteriores.

Estas “*checklists*” são orientações condicionais de causa e efeito entre o projeto e a manufatura, do tipo “se, então”, ou seja, não limitam o projeto a soluções pontuais, mas estimulam as equipes à busca de soluções alternativas, baseados em componentes e peças detalhadas, SSCs reutilizáveis e arquiteturas comuns já desenvolvidas.

Outra importante contribuição também resulta deste mesmo princípio enxuto “princípio do sistema puxado”, o qual estipula que a antecipação da busca por soluções alternativas depende das necessidades dos clientes. Nesta atividade vale a utilização da experiência e das várias especialidades de cada membro do TDM, sendo que esta equipe multifuncional também ajuda a evitar futuras complicações em relação à manufatura e à qualidade ao iniciarem avaliações das concepções com alguns especialistas de produção.

O TDM e as equipes das áreas funcionais também se valem de “*checklists*” de requisitos de processos padronizados e cadernos com seções comuns disponibilizados pelos engenheiros da manufatura. Estes “*checklists*” são sempre atualizados e ficam disponíveis para serem acessados sempre que necessários.

Outra fonte de conhecimento prático acumulado útil são as “*checklists*” detalhadas sobre o que é possível ou não produzir pela manufatura, gerados a partir de experiências anteriores verificadas pelos engenheiros industriais, conforme proposto por Ballé (2005).

Em alguns casos, necessita-se do envolvimento dos fornecedores para que estes participem no programa de desenvolvimento e contribuam com o projeto do componente ou peça a ser fornecida no futuro. Este envolvimento de fornecedores no PDP auxilia a eficácia da execução dos trabalhos através do balanceamento da carga de trabalho entre a equipe.

Todavia esta relação só tem sucesso com o alto grau de padronização nas normas e processos do PDP e deve seguir critérios pré-estabelecidos conforme será visto no próximo tópico.

Desta forma, os conceitos enxutos beneficiam esta atividade do modelo de PDP ao estimular a busca por soluções já conhecidas e implementadas com sucesso, além de considerar a antecipação da incorporação dos processos de manufatura nas concepções do produto.

Outro ganho muito importante que tem início nesta atividade é obtido com a exploração e interação das várias alternativas de solução ao invés de apenas buscar a determinação da melhor alternativa. Esta exploração das várias alternativas de solução é suportada pela prática enxuta de realizar reuniões de reflexão para aprendizado com experiências e erros, ou eventos “*hansei*”.

A ferramenta SBCE proporciona esta interação entre as alternativas de solução e induz a um adiamento proposital na tomada de decisão sobre a escolha de uma alternativa final, conforme visto no capítulo anterior.

Ainda que a duração da atividade consuma mais tempo, esta postergação não significa que o desenvolvimento enxuto costume atrasar ou que este leve mais tempo que o PDP tradicional. Ao contrário, como os conceitos enxutos proporcionam confiança no sentido de que as equipes de desenvolvimento de outros componentes permanecem com as decisões tomadas - sem modificações radicais - ocorre um ganho nos trabalhos posteriores de projeto de recursos de fabricação e planejamento de processo de fabricação e montagem dos subsistemas, já que estes trabalhos podem iniciar mais cedo do que no PDP tradicional, além das definições tomadas poderem ser consideradas logo no início do processo, sem o risco de futuros retrabalhos.

O conceito enxuto da garantia do fluxo de valor também auxilia a evitar atrasos no desenvolvimento, ao incorporar o conceito de que todos os trabalhos de desenvolvimento devem parar em caso de uma identificação de um problema grave (“*andon*”). Nestes casos, todos os envolvidos no PDP auxiliam na resolução do problema e o processo volta a avançar somente após a resolução deste.

Este mesmo conceito também guia a alocação variável de recursos, para se garantir que o processo não tenha variações de avanço na execução dos trabalhos e também que os envolvidos não fiquem sobrecarregados pelo excesso de tarefas. Desta forma, o fluxo de avanço tornando-se previsível e beneficia os trabalhos de engenharia simultânea, já que as tarefas desenvolvidas em paralelo agregam valor entre si. Além disso, ao evitar a sobrecarga das equipes, evita-se que haja uma redução na qualidade dos trabalhos e que eventuais problemas ocasionem atrasos significativos no PDP.

O foco no desenvolvimento enxuto não é apenas determinar a melhor solução no menor prazo possível, mas principalmente criar uma solução que atenda as expectativas dos clientes, através da criação de valor nos produtos desenvolvidos. Este foco, por sua vez, leva a uma redução no tempo necessário para o desenvolvimento.

A utilização do SBCE nesta atividade visa melhorar o conceito através das interações entre os SSCs alternativos, que passam por estudos mais detalhados e acabam reduzindo os desperdícios no projeto, garantindo que o valor para os clientes sejam atendidos em prazos menores após as seleções posteriores. As interações do SBCE também são apoiadas pela utilização das curvas de correlação para que ocorra a compreensão da relação entre as variáveis, para que o valor para o cliente seja atendido no desenvolvimento dos SSCs.

Por exemplo, ao considerar-se o departamento de produção como um cliente da engenharia de produtos, um projeto enxuto de um novo produto deve resultar em menor necessidade de ajustes no início da manufatura. Ainda que as iterações entre as concepções tomem mais tempo, a consequência no PDP é a redução do tempo total gasto no desenvolvimento, pois não ocorre a necessidade de retrabalhos ou descobertas de grandes modificações nos ferramentais ou nas concepções iniciais quando o PDP atinge estágios avançados do cronograma de desenvolvimento.

Desta forma, a consideração dos fatores definidos como relevantes para a adição de valor para clientes nos processos iniciais do desenvolvimento de produtos também são vantajosas para o tempo e para os custos consumidos durante o desenvolvimento, pois no início dos trabalhos de projeto de produtos, as possibilidades de modificações sem consequências graves nos outros componentes ou partes do sistema se tornam muito menores, resultando em menores índices de trabalhos desperdiçados ou refeitos.

Portanto, ficam claros os benefícios dos conceitos enxutos em estimular a participação de várias pessoas oriundas de diversos

departamentos envolvidos nos processos de desenvolvimento nos trabalhos iniciais do PDP.

A interação entre estas pessoas gera maior compatibilidade nos SSCs, com menores índices de retrabalho e maiores oportunidades de se antecipar o início das tarefas relacionadas à fabricação, como por exemplo, a confecção de moldes e estampos, reduzindo o tempo de desenvolvimento do produto e resultando em produtos com alto valor percebido pelos clientes.

Outra característica da atividade de análise de SSCs são os resultados, que são uma série de informações que serão a base para as instruções da produção de um produto. Portanto, a utilização do mapeamento do fluxo de valor é essencial, uma vez que esta ferramenta enxuta busca mapear os processos, as tarefas e as informações entre os processos.

Com o processo mapeado, pode-se alcançar um melhor resultado nos trabalhos dos próximos desenvolvimentos, através de uma forma mais eficiente de se obter as concepções do produto, ou seja, apesar da intensa quantidade de informações que circulam nos processos do PDP, o fluxo de troca de informações entre departamentos e pessoas deve ser livre de desperdícios como, por exemplo, os atrasos e o excesso de informações aguardando processamento.

Portanto, com a adoção desta ferramenta enxuta pode-se melhorar o fluxo de informações no processo, ao eliminar as tarefas NAV e as interrupções no fluxo. Outro benefício que ocorre é o nivelamento das tarefas, para que não ocorram variações (picos e vales) na carga de trabalho da atividade.

Desta forma, os esforços empregados são concentrados nas tarefas que geram maior valor ao cliente. Assim as tarefas para a análise dos SSCs dos próximos desenvolvimentos que não geram valor sob o ponto de vista do cliente podem ser eliminadas ou reduzidas para que não ocorra o desperdício de tempo, esforço ou custo.

O conceito enxuto de valor para as tarefas também gera definições importantes para o PDP, uma vez que as tarefas que são consideradas NNAV para o cliente, como por exemplo, o registro das lições aprendidas e atualizações dos documentos padronizados para registro dos resultados são realizadas pelos engenheiros mais novos e com pouca experiência.

Assim, estes logo adquirem mais experiência e ganham conhecimento prático mais rápido, de acordo com o princípio da perfeição e também com o conceito de se desenvolver elevada competência técnica entre todos os engenheiros.

4.1.2.4 Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento

De acordo com o modelo de PDP selecionado, o envolvimento dos fornecedores no desenvolvimento de produtos é um dos fatores responsáveis pela melhora do desempenho desse processo em termos de produtividade, velocidade e qualidade do produto.

Segundo este modelo, durante a atividade de análise dos SSCs é identificado o maior número de possibilidades de parceria, sendo os parceiros definidos durante a atividade de seleção de concepções alternativas.

Todavia para garantir que o envolvimento dos fornecedores durante a participação no programa de desenvolvimento adicione valor ao projeto do componente ou peça a ser fornecida no futuro, deve-se buscar um alto grau de padronização nas normas e processos do PDP.

A contribuição na associação desta atividade de definição de fornecedores e parceiros de co-desenvolvimento com os conceitos enxutos parte da padronização de processos, que é realizada para se uniformizar os trabalhos de cada time funcional de engenharia de desenvolvimento de produtos, para que estes possam atingir os marcos ou objetivos de cada fase do processo de desenvolvimento sob a mesma orientação, propiciando o nivelamento das tarefas e a alocação de recursos.

Assim, o primeiro princípio enxuto do valor auxilia na determinação do que pode ser desenvolvido em parceria. Porém, isto não significa que as peças e componentes que possuem menos valor não são responsabilidade da empresa que lançará o produto, já que o valor para o cliente irá guiar o desenvolvimento de todo o produto, e no caso das peças e componentes fornecidos auxilia a estabelecer metas a serem atingidas durante o desenvolvimento.

Para melhor compreensão deste tema, cita-se como exemplo o efeito que um pneu tem sobre o ruído percebido no interior de um veículo. O valor atribuído ao ruído interno num veículo é alto, porém o pneu é um produto de pouco valor agregado que tem muita influência no valor do produto final.

Desta forma o contratante deve atuar para que o desenvolvimento do produto a ser fornecido permaneça com o foco no que é valor para o cliente.

Outra contribuição dos princípios enxutos nesta atividade é a utilização de normas rígidas para criar processos previsíveis. Desta maneira, o fornecedor e a equipe de desenvolvimento funcional

conseguem prever o andamento do desenvolvimento das peças e componentes.

Estas normas também incluem critérios pré-estabelecidos para se determinar onde cada fornecedor poderá atuar, conforme o seu estágio de parceria na tabela da figura 32.

Em casos de parcerias estratégicas, em que fornecedores alocam recursos no desenvolvimento de produtos do contratante, a adição de recursos auxilia o nivelamento das tarefas, para que ocorra um fluxo contínuo e sem picos e vales nas tarefas.

Desta forma, além de avaliar a empresa em função do perfil, da gestão, da responsabilidade sócio-ambiental, do compromisso com a qualidade, de sua logística de distribuição, do seu suporte ao produto vendido, das competências técnica, de P&D e de manufatura, de sua política de suprimentos e do seu desempenho, a candidata a uma parceria também deve obedecer a um critério rígido de estágio para parceria, que determina como o PDP irá interagir com o fornecedor.

Morgan e Liker (2006) descrevem um critério interessante utilizado no sistema de desenvolvimento enxuto da Toyota para adequar os fornecedores com os conceitos enxutos, conforme descrito no quadro acima e detalhado abaixo.

Estágio de parceria: Este é o mais alto nível, em que as empresas possuem porte de multinacionais e são tecnicamente autônomas. Podem criar seus próprios subsistemas e componentes, produzem protótipos completos e têm capacidade de realizar testes. Envolvidos no PDP desde o projeto informacional, podem desenvolver esboços ou mesmo desenvolver especificações formais para o subsistema antes de um contrato efetivo. Os parceiros têm um grande número de engenheiros alocados no escritório de projetos por longos períodos, próximos aos engenheiros do contratante. Esses recursos elevam a capacidade de realizar tarefas de desenvolvimento sem onerar custos para o projeto. Estes recursos colaboram no PDP e resolvem problemas de projeto, além de atuarem como elo entre o contratante e o fornecedor.

Estágio desenvolvido: A maioria destes fornecedores está a apenas um passo de se qualificar como parceiros. Possuem elevada capacidade técnica e fabril, mas são um pouco menos autônomos e dependem mais do contratante do que os parceiros. Seus produtos não são tão complexos, e eles contam com as especificações do contratante para desenvolvê-los. Estes fornecedores recebem especificações menos restritivas e utilizam o SBCE para desenvolver o produto, tendo a liberdade de tomar iniciativas e fazer sugestões.

	Contratual	Consultoria	Desenvolvido	Parceria
Responsabilidade pelo projeto	Contratante	Ambos	Fornecedor	Fornecedor
Complexidade do produto	Peças simples	Montagens simples	Montagens complexas	Módulos completos
Fornecimento de especificações do cliente	Especificação completa ou produto de catálogo	Especificação detalhada	Especificações críticas	Conceitos
Influência do fornecedor nas especificações	Nenhuma	Apresenta capacidades	Negociável	Colaborativa
Envolvimento no cronograma do fornecedor	Protótipo	Projeto detalhado	Projeto conceitual	Projeto informacional
Responsabilidade pelos testes	Contratante	Dados do fornecedor	Ambos	Fornecedor
Capacidade de desenvolvimento do fornecedor	Pequena	Significante	Forte	Independente

Figura 32: Critério de estágio para parceria com fornecedores. Fonte: Liker, et al. (1994).

Estágio de consultorias: Em geral são fornecedores de peças e componentes com baixo valor agregado, como por exemplo, pneus para veículos. Todavia a sua capacidade técnica é importante, pois algumas concepções ainda devem ser desenvolvidas. Esses produtos geralmente não são tecnicamente complexos, e há menos envolvimento técnico com este grupo de fornecedores, com exceção das etapas de teste de protótipo e início de produção.

Estágio contratual: Fornecem materiais normalizados tais como porcas e parafusos, e outras simples como suportes e em geral peças que não exigem uma grande parceria. Em muitos casos, especifica-se o que é requerido a partir de um catálogo ou projeto de um componente especial para, em seguida, selecionar um fornecedor. Com estes fornecedores é essencial o acompanhamento da qualidade, do custo e das datas de recebimento das peças.

4.1.2.5 Selecionar concepção

O objetivo desta atividade do modelo de PDP é determinar o melhor conceito a partir dos conceitos gerados nas atividades anteriores. Porém as dificuldades e limitações de se tomar uma decisão sobre qual conceito se tornarão o produto final fazem com que os conceitos enxutos e as ferramentas enxutas possam gerar ganhos no processo.

Conforme verificado na associação dos conceitos enxutos com a atividade de análise de SSCs, a partir do que é valor para o cliente, deve-se buscar uma interação entre os conceitos desenvolvidos aliados à utilização de uma gestão de conhecimento padronizada. Estes trabalhos são guiados pelo CE e os TDMs, para que os conceitos possam ser avaliados e sofram iterações sucessivas, sempre com foco no que é valor para o cliente. Desta forma, os processos de manufatura também são envolvidos logo no início dos trabalhos, para antecipar as necessidades dos clientes.

Caso mais de uma equipe trabalhe na definição de uma mesma alternativa de solução, as informações sobre as alternativas de soluções concorrentes são compartilhadas entre as equipes através de visitas frequentes do CE e de sua equipe. Nestas visitas o gestor também colhe dados importantes para o desenvolvimento e além de, por vezes, divulgar novos requisitos para as equipes.

Como visto anteriormente, o foco do SBCE é a concentração na compatibilidade para que cada desenvolvimento de subsistemas e componentes possa interagir antes que os trabalhos de desenvolvimento sejam concluídos. Assim, primeiro são refinadas as concepções

principais, e em seguida os subsistemas e os componentes são processados até que todas as decisões sejam tomadas.

Para apoiar as seleções de concepções e a utilização do SBCE, a ferramenta de matriz de decisão provê informações visuais de forma simples para facilitar a divulgação das várias alternativas de concepções.

Conforme as interações avançam, as atividades para planejar o processo de fabricação e montagem e também o projeto de recursos de fabricação podem iniciar mais cedo do que no PDP tradicional, pois as concepções adotadas são firmes e não se alteram, porque já passaram por um rígido processo de interação e avaliação.

Ou seja, esta proposta de seleção de concepção deixa de ser pontual para que as alternativas de solução desenvolvidas levem em conta a compatibilidade e estimulem a comunicação entre as equipes envolvidas no desenvolvimento. Daí a necessidade dos trabalhos serem sincronizados, para que toda informação gerada seja útil por estar disponível no exato momento em que ela é requerida. A utilização do cronograma de integração de plataformas também auxilia a sincronização do processo através da comunicação visual para que o desenvolvimento de produtos ocorra levando em consideração a carteira de projetos da empresa.

Para que a seleção, através da interação ocorra, a atividade acaba por requerer mais tempo, porém nas atividades posteriores este tempo é recuperado, pois ocorrem menos ajustes e a solução escolhida tende a ser a que melhor atende os requisitos dos clientes. Portanto, o tempo de processamento e espera total do PDP tende a diminuir devido à redução dos desperdícios.

4.2 – Conclusões do capítulo

A associação dos conceitos enxutos com o modelo de PDP focou o projeto informacional e o projeto conceitual, pois estas duas fases são as mais significativas para a criação e seleção de concepções para o produto.

Ainda sobre a criação e a seleção de concepções, devido à importância do projeto conceitual com estes objetivos, os conceitos enxutos foram associados às atividades mais relevantes desta fase específica, conforme os quadros na figura 33.

Apesar de alguns conceitos enxutos repetirem-se dentre as várias atividades das fases, concluiu-se que tal repetição deve ser

necessária, para representar uma continuidade da prática, ou seja, uma prática adotada pode, por exemplo, iniciar na fase do projeto informacional e prosseguir pelas atividades do projeto conceitual.

A associação dos conceitos enxutos, através das fases, proporciona a devida organização para o desenvolvimento enxuto e inclui os conceitos enxutos no modelo de PDP de Rozenfeld, et al. (2006). Esta organização aumenta o que é valor para os clientes, ao proporcionar maior qualidade no produto e ao possibilitar a redução do preço devido à redução do custo.

Resulta também no menor tempo de processamento e espera total devido à redução de desperdícios, além do ganho de produtividade devido ao projeto de produto gerado de acordo com o valor para os clientes, com menor necessidade de retrabalhos posteriores.

Projeto informacional

- Engenheiro chefe;
- Curvas de trade - off;
- Postura de colocar a mão na massa;
- Documento de concepção do produto;
- Desdobramento de requisitos;
- Time de desenvolvimento de módulos;
- Simplificação de ferramentas;
- Relatórios A3;
- Aprendizado padronizado;
- Busca de competência técnica profunda;
- Comunicação por meio visual;

Projeto conceitual

<p><u>Desenvolver princípios de solução para as funções / Desenvolver as alternativas de solução</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Engenheiro chefe; • Líder para ensinar e obter comprometimento; • Time de desenvolvimento de módulos; • Padronização ampla; • Organizar o ambiente (5S); • Escritório central de projetos (“obeya”); • Comunicação por meio visual; • Roteiro de resultados; • Sincronização de processos; • Simplificação de ferramentas; 	<p><u>Analisar SSCs</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Checklists; • Time de desenvolvimento de módulos; • Importância aos departamentos funcionais; • Reuso amplo; • Eventos “hansei” – reunião de reflexão para aprendizado com erros e experiências; • Padronização ampla; • Engenharia simultânea; • Engenheiro de produção chefe; • Aprendizado padronizado; • Competência técnica profunda; • Rede de aprendizado; • SBCE; • Reunião e consenso no processo de decisão; • Integridade com decisões tomadas; • Estratégia de relacionamento com fornecedores; • Trabalho eficaz com balanceamento da estrutura; • “Andon” – reconhecer um problema e solucioná-lo rapidamente; • Alocação de recursos variável; • Curvas de trade-off; • MFV; • Busca contínua por excelência, aprendizado e responsabilidade;
<p><u>Definir arquitetura</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • CAD paramétrico; • Antecipação de necessidades dos clientes; • Hierarquia de plataformas; • Reuso amplo; 	<p><u>Selecionar concepção</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Engenheiro chefe; • Time de desenvolvimento de módulos; • Ciclo virtuoso de apoio ao projeto; • SBCE; • Matriz de decisão; • Comunicação por meio visual; • Cronograma de integração de plataformas;
<p><u>Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Padronização ampla; • Padronização de atividades de desenvolvimento; • Estratégia de relacionamento com fornecedores; • SBCE; • Reunião e consenso no processo de decisão; • Integridade com decisões tomadas; 	

Figura 33: Resumo da associação dos conceitos enxutos com as fases do modelo de PDP.

5 Proposta de melhoria para o PDP de uma empresa com base nos conceitos, práticas e ferramentas enxutas

Neste capítulo se utiliza a associação dos conceitos, práticas e ferramentas enxutas com o PDP de uma indústria eletromecânica. Procurou-se aplicar os conceitos ao longo dos processos iniciais de desenvolvimento de um novo produto para melhorar o PDP da empresa.

5.1 Apresentação da empresa

Inicialmente faz-se uma breve apresentação da empresa do estudo de caso para a aplicação e da área de atuação desta para que seja situado o ambiente no qual o desenvolvimento do trabalho foi realizado.

A empresa na qual se desenvolveu o estudo é uma multinacional de capital nacional com sede em Santa Catarina, sendo um dos maiores produtores mundiais de equipamentos eletroeletrônicos de uso industrial e equipamentos relacionados, com um faturamento de aproximadamente R\$5,5 bilhões.

Esta empresa é especializada na fabricação e comercialização de motores elétricos, painéis elétricos, componentes para automação, transformadores, geradores e tintas. Sendo que possui cinco parques fabris em SC, no total de sete parques fabris no Brasil e mais sete ao redor do mundo.

A unidade fabricante de produtos de automação conta com uma divisão de comando e sinalização, com produtos voltados à aplicação industrial, com uma ampla linha de produtos de contatores, disjuntores, relés, botoeiras e sinalizadores, entre outros, detendo aproximadamente 30% do mercado nacional.

Esta divisão de comando e sinalização atua com dois grupos especializados de engenharia de produto, sendo o primeiro responsável pelos contatores, sinalizadores e botoeiras e o segundo responsável por disjuntores e relés. Conta também com um grupo especializado no planejamento de processos de fabricação e montagem e projeto de recursos de fabricação.

Estes grupos são organizados funcionalmente e contam com 32 funcionários, sendo um gerente da área, três coordenadores, dois especialistas e os demais cargos são divididos entre os analistas técnicos.

Uma característica comum a estes grupos é que, na sua maioria, são compostos por uma mescla de poucas pessoas com muita experiência e bagagem técnica atuando em conjunto com muitas pessoas jovens de diferentes áreas de formação, com pouca vivência em projetos de produtos, atuando sem uma sistemática formal de gestão de conhecimento.

A empresa desenvolve os seus produtos utilizando a decomposição de sistemas para organizar e agilizar as pesquisas de novas concepções, conforme o modelo da figura 34. Desta forma, o desenvolvimento de um novo produto inicia com a pesquisa de informações para o projeto e a partir dos requisitos definidos, avança para a determinação dos SSCs através de concepções baseadas nestas informações.

De acordo com a classificação de tipos de projetos de desenvolvimento de produtos de Rozenfeld, et al. (2006), as equipes em questão atuam em projetos plataforma, ou próxima geração, e também em projetos incrementais ou derivados.

O tipo de projeto relacionado a este trabalho é um projeto plataforma de contator, representando um novo produto para os clientes, que será fornecido ao mercado na forma de uma nova geração de produtos.

5.2 Proposta de melhoria no PDP da empresa

Para se identificar melhorias nos processos do PDP da empresa baseadas nos conceitos e práticas enxutas, foi realizado o mapeamento do estado atual destes processos, com o auxílio da ferramenta de mapeamento de fluxo de valor, conforme mostrado na figura 35.

Os processos envolvendo a engenharia de produtos foram mapeados com base na experiência e relatos das equipes de desenvolvimento baseando-se em desenvolvimentos de produtos anteriores a esta aplicação.

De acordo com o mapa do estado atual da figura 35, as informações sobre o que é valor para o cliente eram tradicionalmente apresentadas para a equipe de desenvolvimento de produtos pelas áreas de vendas e marketing, por estas manterem contato constante com os clientes.

Conforme as figuras 36 e 37, a partir do mapa do estado atual identificaram-se alguns desperdícios passíveis de eliminação para se

criar o mapa do estado futuro da figura 38. Por exemplo, o relatório enviado pelas áreas comerciais não era analisado imediatamente pela equipe de desenvolvimento, evidenciando um desperdício de inventário e identificado como espera antes do início da avaliação de concorrentes, sendo necessária a sua eliminação por não agregar valor ao cliente.

Outro desperdício eliminado no mapa futuro consistia na interrupção dos trabalhos de desenvolvimento ocasionada pelo auxílio à manufatura em problemas de produção de projetos antigos.

Conforme apresentado na figura 36, a solução proposta para o desperdício de inventário foi orientada pela postura enxuta de sair do escritório e analisar os fatos na prática e pela associação com o princípio do valor. Assim houve uma melhoria no fluxo através da inclusão da engenharia de produtos no processo de identificação de requisitos para que a equipe de desenvolvimento de produtos entendesse os requisitos dos clientes diretamente em contato com eles.

Desta forma, neste desenvolvimento uma equipe composta pelas áreas de engenharia de produtos, vendas e marketing foi a campo para procurar entender o que potenciais clientes do produto realmente precisavam. Logo, identificaram-se necessidades importantes para o produto que guiaram todo o desenvolvimento. Dentre estes requisitos do usuário final destacam-se a facilidade de instalação e manutenção, o dimensional compacto para se ganhar espaço nas montagens e o baixo custo operacional.

Os requisitos da manufatura também foram colhidos pela equipe de desenvolvimento e ficou clara a necessidade de um produto que possibilitasse uma montagem simplificada e sem ferramentas especiais.

Estes valores para os clientes orientaram toda a equipe ao longo do desenvolvimento e foram essenciais para estabelecer um padrão de referência para os processos posteriores.

A adoção de um gestor de projetos neste processo de desenvolvimento foi importante para se garantir que os valores para os clientes não fossem deixados de lado e permanecessem claros para as equipes de desenvolvimento.

Portanto verificou-se a importância da equipe de projetos sair dos escritórios para interagir com os clientes. Ao conhecer a realidade na aplicação e compreender a real necessidade existente, os projetos de produtos obtêm ganhos em termos de valor para o cliente e o produto tende a ter melhor recepção no mercado.

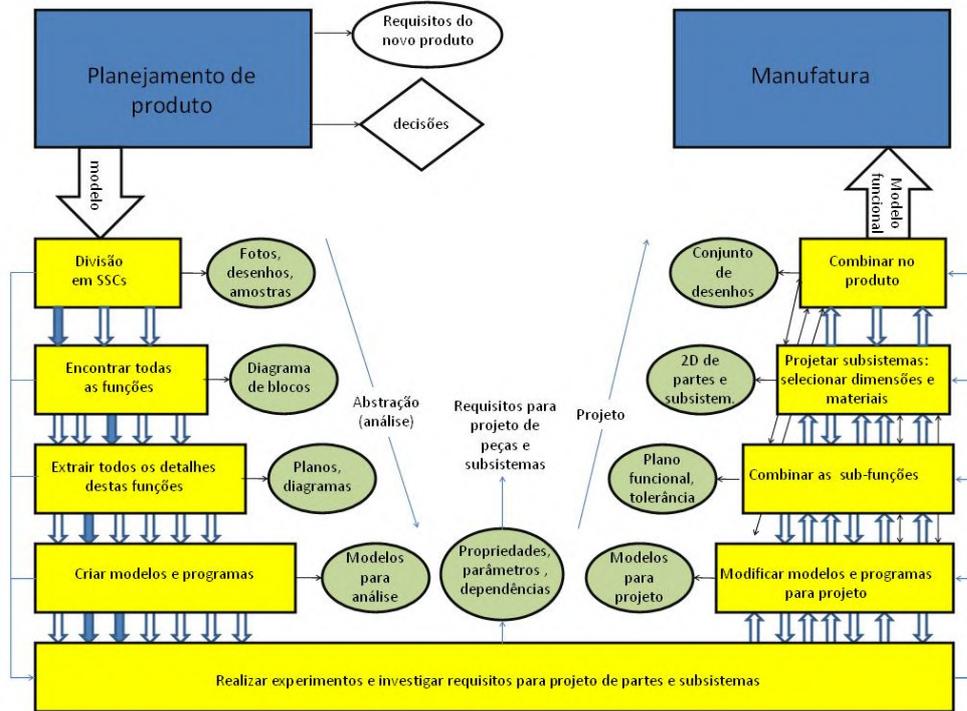


Figura 34: Modelo de PDP da empresa.

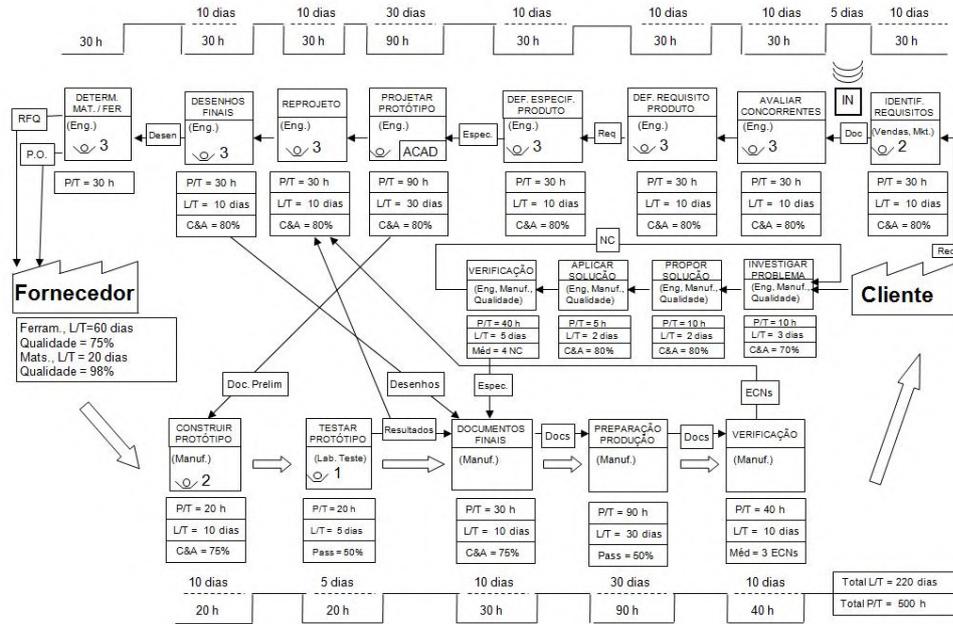


Figura 35: Mapa do estado atual.

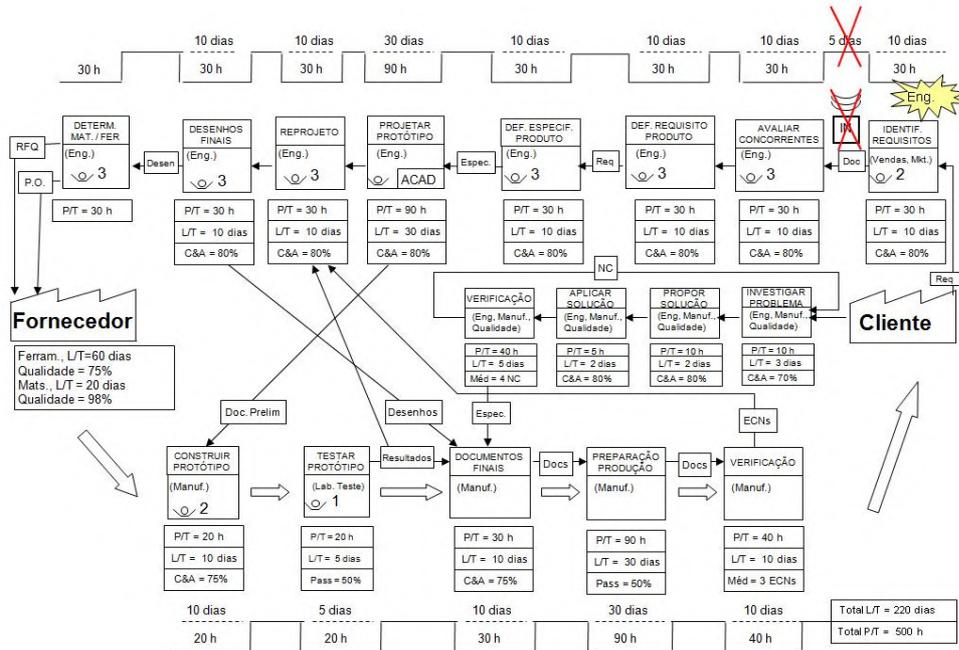


Figura 36: Avaliação do mapa do estado atual: kaizen do fluxo.

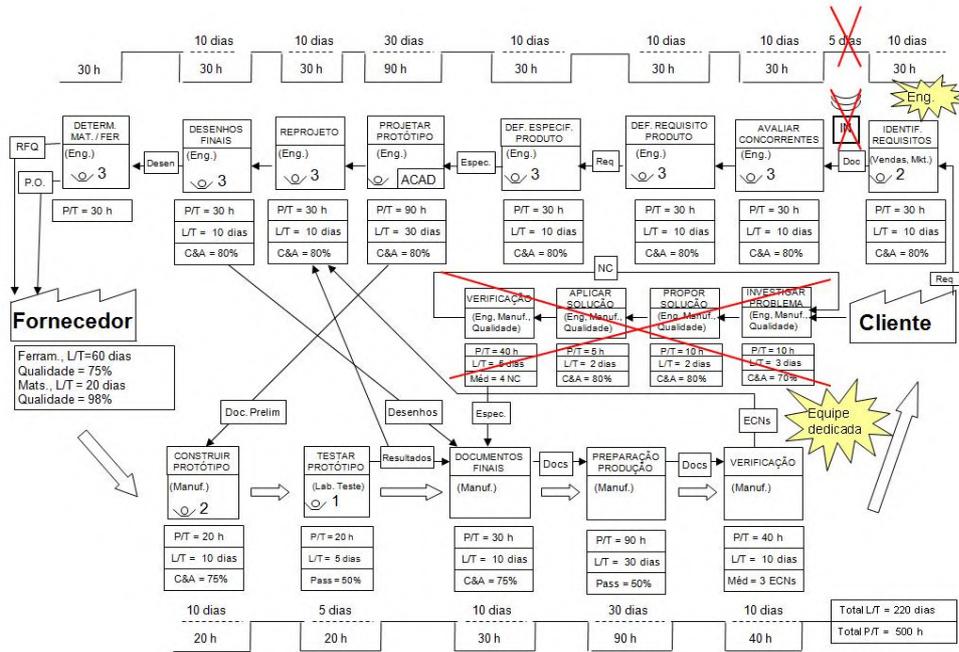


Figura 37: Avaliação do mapa do estado atual: kaizen do processo.

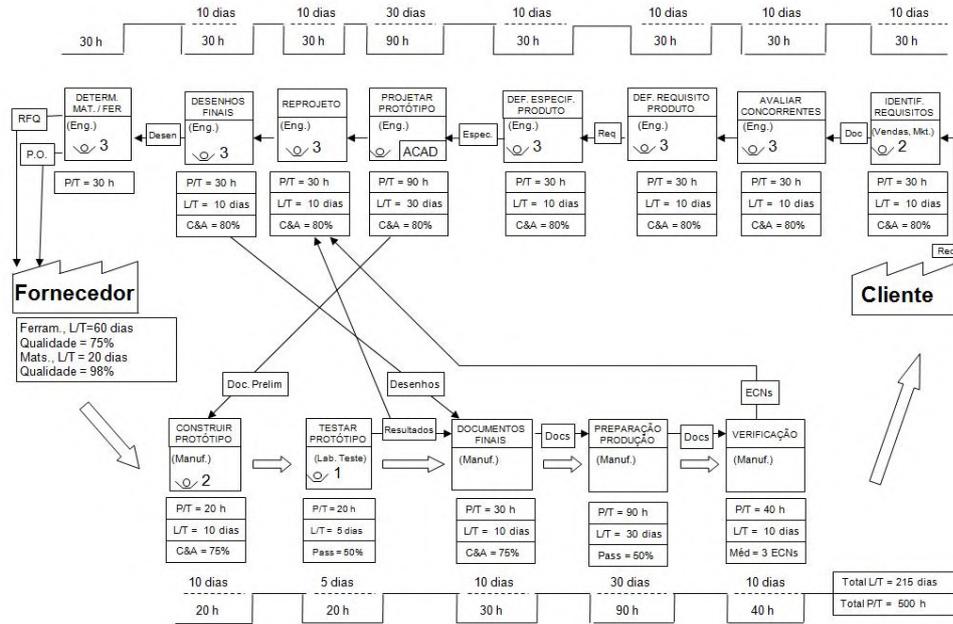


Figura 38: Mapa do estado futuro.

Outro ganho proporcionado pela associação do MFV, aliado ao princípio da identificação do fluxo de valor e do “kaizen” no processo de desenvolvimento foi um fluxo de processos sem interrupções conforme a figura 37, onde através da melhoria de processo, identificou-se a necessidade de se separar as atividades do processo de desenvolvimento das atividades de auxílio à qualidade e manutenção de projetos encerrados e que já se encontravam em produção.

Desta forma, foi proposta a adoção de times específicos para desenvolvimento de produtos e para suporte à manufatura de projetos em produção e migração de projetos CAD antigos para o sistema atualizado.

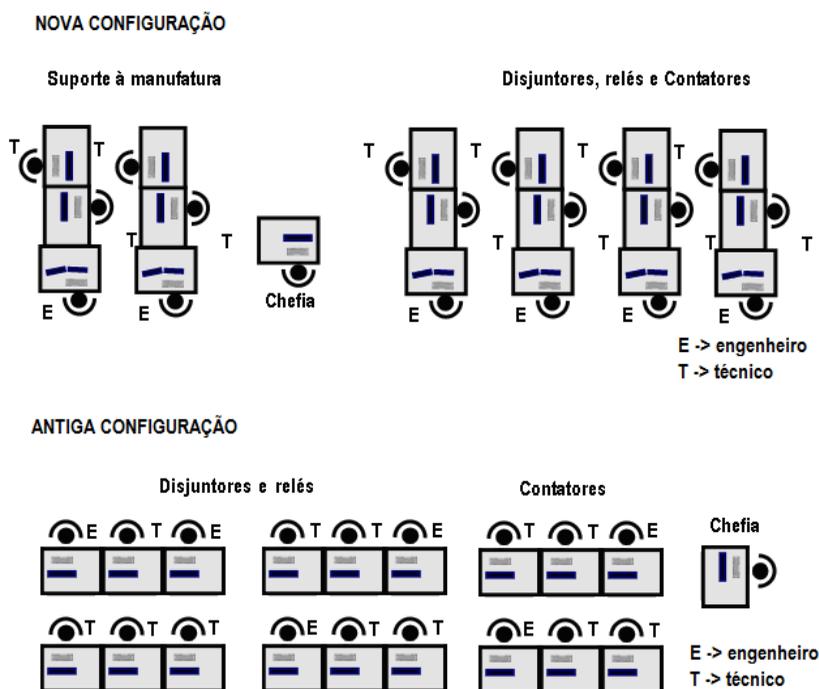


Figura 39: Configurações de trabalho.

A partir da melhoria de processo identificada no MFV, estes times distintos também tiveram o leiaute do local de trabalho alterado conforme a prática enxuta de organizar o ambiente (5S) para melhorar o fluxo, ou seja, otimizar o fluxo de materiais e informações entre cada time, conforme a figura 39.

Ainda que tenha ocorrido tal separação física, a possibilidade de alocar recursos de um grupo de trabalho para outro temporariamente, dependendo da carga de trabalho dos grupos é uma forma de se garantir que os trabalhos não sofram atrasos em caso de sobrecarga, conforme a prática enxuta de balancear a carga de trabalho.

Além do balanceamento durante a sobrecarga de trabalho, deve-se prever uma rotatividade de funções entre as equipes para se evitar a defasagem de conhecimento.

Este balanceamento da carga de trabalho e rotatividade entre equipes somente são possíveis devido à padronização de processos estabelecida pela filosofia enxuta, para que os trabalhos a serem desenvolvidos e as informações necessárias para o desenvolvimento estejam disponíveis para toda a equipe quando necessária.

Assim também se determinou com o apoio do princípio da garantia do fluxo do valor e da organização do ambiente virtual (5S) que o arquivamento das informações deveria ser padronizado para possibilitar fácil acesso a todos os envolvidos no processo de projeto.

O objetivo inicial foi elaborar uma estrutura de documentos padronizada e que não demandasse tempo na busca de informações, apresentando uma lógica o mais simples possível e de comum entendimento para os envolvidos no PDP. Desta forma, a proposta era que houvesse uma única fonte para arquivamento de informações do projeto para se evitar o desperdício de produção excessiva.

A solução encontrada para esta estrutura única foi uma mudança de paradigma na organização dos documentos, assim, para que as informações pudessem ser disponibilizadas de maneira comum a todos os envolvidos, a estruturação de documentos deixou de ser organizada funcionalmente, ou seja, ao invés de cada departamento ser responsável pelo arquivamento de documentos segundo sua própria pasta não compartilhada na rede de dados, todos os departamentos passaram a arquivar e acessar documentos na mesma pasta organizada para o projeto em desenvolvimento.

A mudança no arquivamento de informações eliminou problemas encontrados em projetos anteriores como a duplicidade de arquivos, a existência de diferentes versões de documentos entre as equipes, a falta de compartilhamento de informações importantes e a indisponibilidade de arquivos no momento em que estes eram necessários. Afinal, uma vez disponibilizado o arquivo na rede de dados pela engenharia de produtos, todos os outros departamentos podiam acessar este documento quando necessário.

Ao auditar as pastas de projetos anteriores, verificou-se que pelo menos um em cada dez documentos gerados pela engenharia de produtos apresentava um dos problemas listados anteriormente. Estes desperdícios ocorriam com frequência nos projetos anteriores, pois os desenhos e especificações técnicas gerados pela engenharia de produtos não eram atualizados automaticamente em todas as áreas, já que dependiam da engenharia de produtos encaminhá-los para os outros departamentos para que estes armazenassem os arquivos nas suas respectivas estruturas de pastas de arquivos.

A padronização no fluxo de trabalho e na retenção e divulgação de informações também facilitam a rotatividade entre os participantes do PDP, inclusive do CE, afinal, desde que haja a qualificação exigida para a função, qualquer substituição não gera muito esforço na busca de informações necessárias para o desenvolvimento do produto e evita este tipo de desperdício de busca por uma informação.

5.2.1 Subsistema de sinalização

O conceito enxuto que guia a antecipação da manufatura no processo de desenvolvimento também estimulou a visita da equipe de projetos à linha de produção para conhecer e analisar aspectos produtivos da linha de produtos existente. Em uma destas visitas, foi possível a verificação da dificuldade na montagem de um sistema de mola no sinalizador de um contator, devido à grande quantidade de molas desperdiçadas no chão da fábrica.

Apesar de ser aparentemente simples, este componente de sinalização que faz parte da tampa do contator possui muita importância para o usuário final, pois é vital na indicação do estado de funcionamento e está diretamente ligado às condições de manutenção. Além disso, o sistema verificado na manufatura de outro produto apresentava eventuais falhas no campo devido ao travamento do dispositivo.

Este componente de sinalização conforme o princípio de solução na figura 40 apresenta restrições de segurança quando montado no sistema, na qual se deve evitar que, ao ser apertado externamente, se acione o mecanismo dos contatos elétricos, o que poderia causar o risco de explosão e danos à saúde do usuário.

Esta postura enxuta de sair do escritório e analisar os fatos na prática, no caso, analisar o subsistema e sua interação com o processo de produção aliada à prática da reflexão para aprendizado com os erros

levou a equipe a buscar uma solução que atendesse tanto a necessidade do usuário final quanto a necessidade da manufatura.

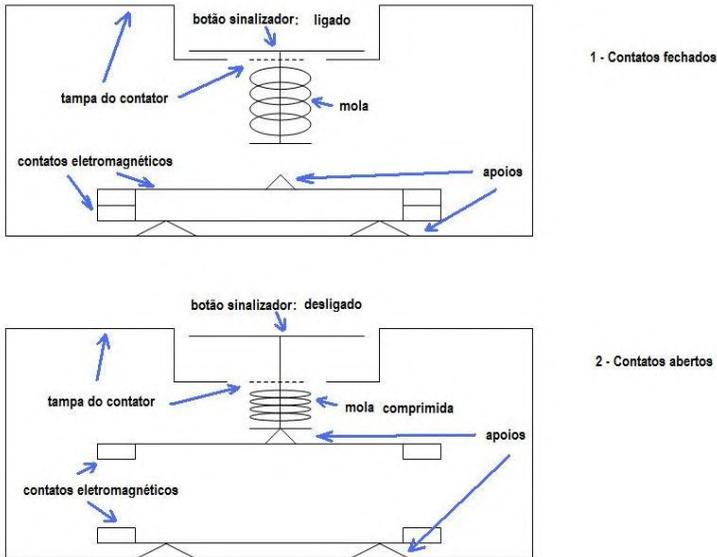


Figura 40: Princípios de solução do sinalizador.

Desta forma, a partir da definição da especificação do produto da figura 38 incorporou-se a prática enxuta de compartilhamento de subsistemas e o desenvolvimento iniciou-se a partir da representação de um sistema de sinalização existente em outro produto conforme a figura 41, e de posse da informação de que este sistema apresentava montagem complicada, eventuais problemas de queda da mola no campo e que era possível, em alguns casos extremos, ocorrer o travamento do sistema de sinalização, foi realizada uma reunião entre a equipe responsável pelo desenvolvimento do produto, engenharia industrial e manufatura para levantamento de idéias para o sistema de sinalização do novo produto.

As propostas obtidas para o sistema do sinalizador e da mola foram organizadas conforme a figura 42 e apresentadas numa reunião com o objetivo de avaliar e refinar os conceitos com a participação da equipe de desenvolvimento do novo produto e da equipe responsável pelo desenvolvimento dos processos de fabricação.

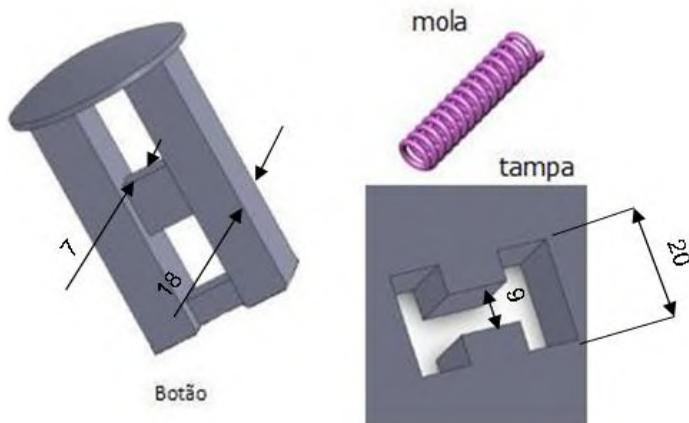


Figura 41: Configuração de sinalizador existente em outro produto.

Mola do subsistema

Na primeira reunião utilizando a SBCE, os debates sobre as propostas levaram em conta a dificuldade de montagem da mola no sinalizador no sistema utilizado em outro produto e a necessidade de se evitar uma possível queda da mola.

Houve consenso de que no sistema 1, a mola referenciada na figura 42 era difícil de ser montada, ao exigir que o operador da produção pressionasse o sinalizador contra a tampa do contator com somente uma mão para encaixar a mola comprimida no sinalizador utilizando uma pinça com a outra mão. Além disso, o formato da mola poderia facilitar a queda desta.

Na proposta do sistema 2, se considerou a mola mais estável, com reduzida chance de queda e devido ao seu formato. Porém a forma de se colocar a mola no sinalizador permanecia complicada por utilizar os mesmos passos de encaixe da proposta 1.

Para a proposta 3, concordou-se que a montagem da mola no sinalizador apresentava-se simples, porém a mola não apresentava uma característica de estabilidade devido ao seu formato e falta de apoio na tampa e no sinalizador do contator.



Figura 42: Alternativas de sinalizador.

No debate sobre a influência de cada proposta sobre uma possível queda da mola, refinou-se a proposta da mola 3 através de uma proposta da engenharia industrial para uma alteração conforme a figura 43.

Outro refinamento proposto pela engenharia de produtos após a visualização desta nova concepção foi que, ao aumentar a largura desta mola, reduziria-se a possibilidade de queda da mola.

Como a altura desta nova mola era menor do que a proposta anterior, refinou-se o sinalizador da proposta 2, formando um novo sistema 4 conforme a figura 44.



Figura 43: Alternativa de mola.

Botão sinalizador do subsistema

A partir das quatro propostas, uma nova reunião foi realizada para se avaliar a interação entre o projeto do sistema de sinalização e a tampa do contator. Desta forma, ocorreu um novo debate apoiado na utilização da curva de correlação conforme a figura 45 para se compreender a influência da geometria do botão do sistema de sinalização e a quantidade de combinações possíveis de variação dimensional no orifício da tampa que poderiam causar o travamento do sistema de sinalização.

Conforme a proposta 1 da figura 42, se considerou que o botão sinalizador e a abertura da tampa poderiam apresentar elevadas chances de travamento do sistema devido à quantidade de possíveis variações dimensionais na solução.

Para a proposta 2 da figura 42 concluiu-se que o travamento em função de elevadas possibilidades de variação no botão de sinalização e no orifício da tampa inviabilizava o conceito. Já nas propostas 3 da figura 42 e proposta 4 da figura 44, houve um consenso de que estas tinham melhores chances de evitar os possíveis problemas identificados devido à simplicidade geométrica que oferecia menores possibilidades de variação dimensional.



Figura 44: Nova alternativa de sinalizador.

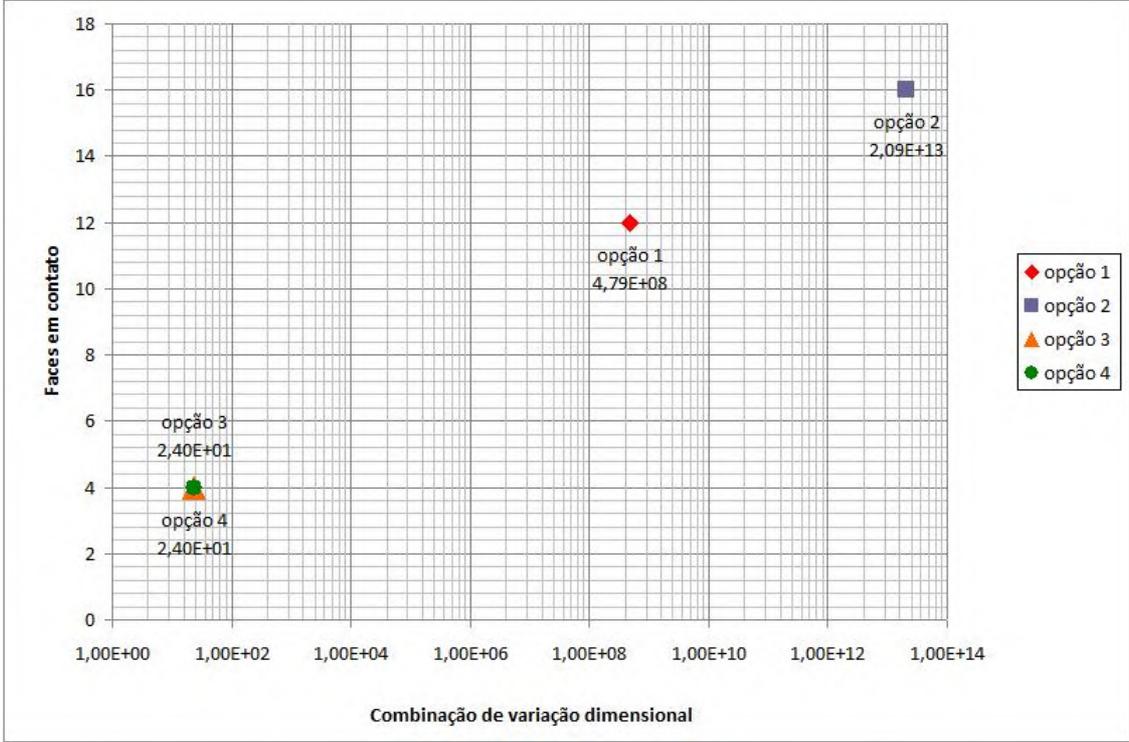


Figura 45: Curva de correlação – faces em contato x combinação de variação dimensional.

A utilização da SBCE e da curva de correlação auxiliou o desenvolvimento já que, a partir de um conjunto de idéias e debates sobre os possíveis problemas nos clientes internos e externos, elaborou-se um refinamento entre as opções de projeto que resultaram em uma solução mais robusta idealizada através de consenso com as pessoas participantes no PDP conforme a figura 46.

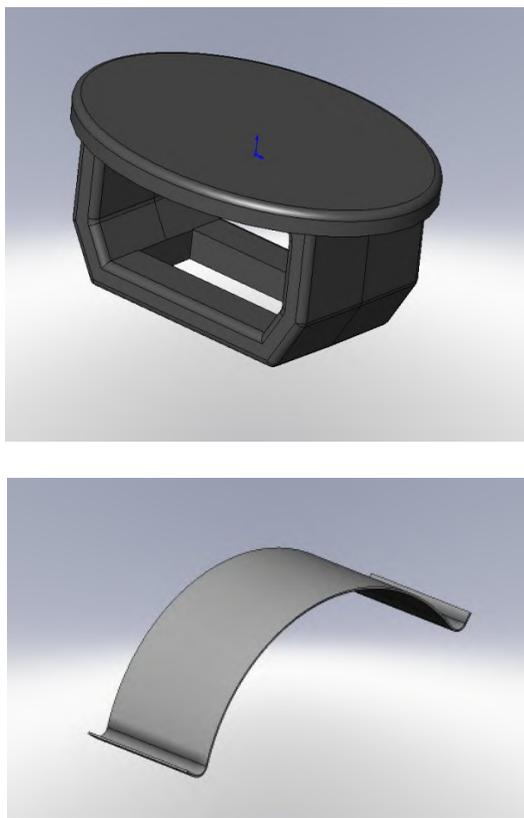


Figura 46: Peças do sistema de sinalização.

Para os clientes internos, a concepção conforme a figura 46 definida na SBCE de sinalizador e mola simplificou muito o trabalho de montagem do subsistema, pois na concepção existente de montagem deste subsistema em outro produto, era necessário encaixar o sinalizador na tampa, pressionar o sinalizador para baixo e com o auxílio de uma

pinça comprimir uma mola helicoidal e encaixá-la dentro do sinalizador pela parte interna da tampa.

Desta forma, a simplificação representada na figura 47 resulta da eliminação da necessidade de utilização de uma pinça para comprimir a mola para a montagem do conjunto.

Além disso, para os clientes externos o sistema desenvolvido considerou uma mola que apresenta menor chance de escapar com a ocorrência de um impacto no produto e um sinalizador e tampa de geometria simplificada que reduz a possibilidade de problemas de travamento do sinalizador.

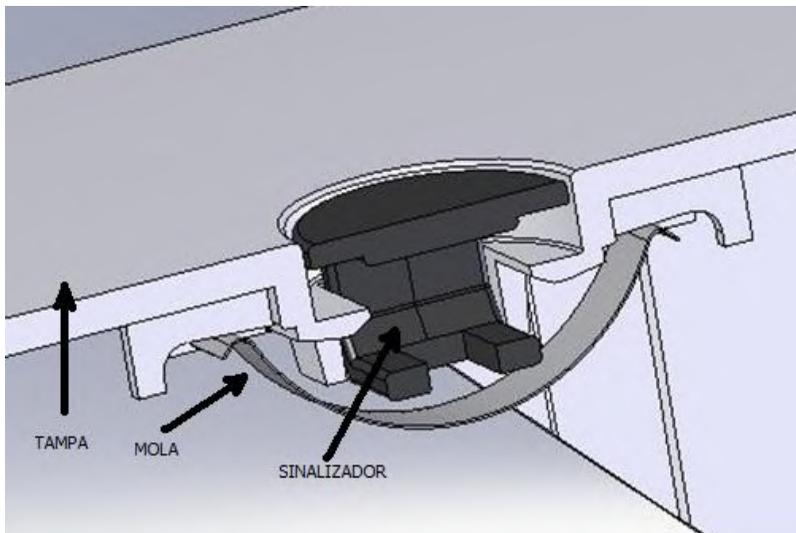


Figura 47: Montagem do sinalizador.

A atuação do gestor de projetos no processo de definição do sistema de sinalização também gerou ganhos para o PDP, pois o conhecimento do valor para os clientes como a necessidade de facilidade de manutenção gerou um aumento da qualidade do produto já que o sinalizador auxilia na detecção do estado de operação do contator, porém o eventual escape da mola deixa esta sinalização sem funcionar. Além disso, o travamento do sistema de sinalização prejudica o funcionamento do contator.

Ainda que neste ambiente de consenso as pessoas envolvidas no projeto tenham a tendência de eleger suas listas de prioridades no projeto segundo suas áreas de trabalho, o foco no que é valor para o cliente foi um parâmetro útil para resolver os conflitos.

Para melhorar ainda mais a equalização das informações, ao longo do andamento das atividades e tarefas, utilizou-se o painel informativo para alinhamento visual, que estimula a sincronização das tarefas e estimula a disponibilização de informações necessárias no momento certo.

As informações dispostas em painéis informativos conforme a figura 48 sobre as decisões tomadas facilitaram o acesso e o compartilhamento de idéias e opiniões a respeito de diferentes soluções durante o andamento do PDP, pois caso fosse necessário mais detalhes sobre a concepção, todos os envolvidos sabiam onde a informação estava disponível.

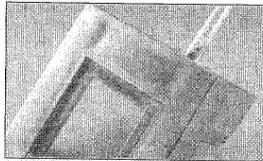


Figura 48: Detalhe de painel informativo.

Outro benefício significativo foi a padronização na gestão do conhecimento, através da padronização de documentos e procedimentos de arquivamento conforme exemplo na figura 49, de modo que esta melhoria possibilitou que o conhecimento fosse distribuído uniformemente entre a equipe e também que a organização evolua de forma contínua a cada processo de desenvolvimento.

DEFEITOS EM PEÇAS PLÁSTICAS INJETADAS

RECHUPES



O que é:

Se formam durante o resfriamento do produto injetado em regiões com concentração de massa, como nervuras ou mudanças de espessura. Ocorrem devido à contração do termoplástico durante a solidificação, quando não é possível a compensação desta contração durante o recalque.

Relação causa - efeito:

Para o ajuste do processo estão, em um primeiro nível ligados a quatro parâmetros:

- Temperatura do polímero fundido;
- Velocidade de injeção (vazão);
- Taxa de resfriamento;
- Pressão interna da cavidade do molde;

No projeto deve se verificar os seguintes parâmetros:

- a) Projeto de produto:
 - Alívio de material -> Verificar se há falta de alívio de material.
 - Ângulos e raios -> Assegurar o uso de ângulos e raios.
- b) Projeto do molde:
 - Ponto de injeção -> Pode estar mal definido.
 - Canal de alimentação -> Verificar se o dimensional está adequado.
- c) Processos:
 - Tempo de recalque -> Verificar se está suficiente.
 - Pressão -> Verificar se está adequado.

Figura 49: Exemplo de caderno técnico.

Desta forma, a atualização destes documentos realizada ao longo do desenvolvimento pelos engenheiros mais novos e menos experientes torna-se um trabalho que alinha as informações técnicas entre a equipe e disponibiliza material importante para os próximos desenvolvimentos.

5.3 – Conclusões do capítulo

A proposta de melhoria no PDP da empresa através da associação dos conceitos enxutos teve início com o mapeamento do fluxo de valor do PDP com o intuito de se identificar desperdícios do processo e promover a melhoria do fluxo.

Desta forma, identificou-se o desperdício de espera na análise do relatório sobre os requisitos dos clientes, pois os relatórios chegavam a aguardar análise por até duas semanas, dependendo da carga de trabalho vigente, até que a equipe de desenvolvimento iniciasse a sua avaliação.

O princípio do valor e a prática enxuta de sair do escritório e analisar os fatos na prática resultaram na inclusão da engenharia de produtos no processo de identificação de requisitos dos clientes e esta mudança fez com que os trabalhos de avaliação dos requisitos deixassem de ficar parados aguardando a análise da equipe de desenvolvimento. Este ganho é caracterizado como uma melhoria no indicador de tempo de espera total.

O MFV também auxiliou na identificação de desperdícios na atribuição das atividades de desenvolvimento e suporte à produção e qualidade, que eram distribuídas às mesmas pessoas, resultando em interrupções no fluxo de trabalho.

Estas interrupções foram eliminadas com a promoção de times específicos para o desenvolvimento de produtos e times dedicados ao suporte à produção. Estas divisões garantiram que os trabalhos de desenvolvimento pudessem seguir sem interrupções, pois a nova equipe dedicada à solução de problemas de produção de projetos antigos permitiu que a equipe de desenvolvimento passasse a se concentrar somente no PDP.

Com a adoção destes times distintos, o conceito enxuto de organizar o ambiente resultou na modificação do leiaute para melhorar o fluxo de trabalho entre as equipes e promover a redução de desperdícios provenientes da caça à informação, pois eram frequentes os problemas de busca de informações sobre atividades na ausência da pessoa responsável por determinado assunto ou projeto.

A utilização da SBCE também permitiu uma redução de custos no desenvolvimento do produto tratado neste trabalho. Como um exemplo desta redução cita-se a redução de 75% da quantidade de

parafusos de fixação de cada tampa de contator, quando comparado com produtos concorrentes disponíveis no mercado. Portanto houve um ganho de produtividade no PDP.

Esta redução também ganha importância quando avaliada sob o valor para o cliente, que determinou a facilidade de manutenção do produto como essencial. Em aplicações nas quais centenas de contadores encontram-se instalados em uma linha de produção, o tempo gasto para a execução da abertura e fechamento de cada contator pode ser reduzido drasticamente com 75% menos parafusos para manusear durante as atividades de manutenção.

Os conceitos enxutos, principalmente a determinação do que é valor para os clientes, foram disseminados e a utilização das ferramentas enxutas também se mostrou importante para o suporte ao projeto de produtos conforme o quadro da figura 50, que trata dos conceitos, práticas e ferramentas adotadas nesta proposta. Afinal, a proposta gerou maior qualidade no subsistema de sinalização ao evitar o retrabalho posterior neste subsistema.

- MFV;
- Sair do escritório e analisar os fatos na prática;
- Engenheiro chefe;
- Líder para ensinar e obter comprometimento;
- Eventos "hansei" – reunião de reflexão para aprendizado com erros e experiências;
- Eliminação de interrupções;
- Organizar o ambiente (5S);
- Alocação de recursos variável;
- Padronização ampla;
- Padronização de atividades de desenvolvimento;
- Antecipação de necessidades dos clientes;
- Engenharia simultânea;
- Reuso amplo;
- SBCE;
- Curva de correlação;
- Foco no valor para o cliente;
- Reunião e consenso no processo de decisão;
- Aprendizado padronizado;
- Comunicação por meio visual;

Figura 50: Conceitos, práticas e ferramentas enxutas adotadas.

Porém, mais importante que a redução na quantidade de parafusos de fixação ou o novo subsistema de sinalização, foi a

constatação de que a proposta guiada pela filosofia enxuta viabiliza um novo modo de desenvolver produtos, centrado na simplificação dos processos a partir do que é valor para os clientes.

Desta forma, a inclusão dos conceitos enxutos nas fases iniciais do PDP demonstrou que a organização desta abordagem proporciona a redução dos desperdícios e o aumento da produtividade dos processos de forma contínua.

6 Conclusões e recomendações

As mudanças decorridas da globalização alteraram definitivamente o comportamento dos clientes, pois o acesso à informação e aos novos produtos está mais fácil, alterando desta forma as necessidades dos clientes e suas exigências. Outras alterações se dão no campo da competitividade entre as empresas, que passaram a produzir e atuar globalmente, promovendo uma melhora na qualidade de seus produtos.

Tais alterações demandam um ajuste no processo de projeto de produtos para que este processo acompanhe as mudanças dos últimos anos e continue atendendo as demandas do mercado de modo adequado.

Desta forma, o desenvolvimento deste trabalho concentrou-se na associação dos conceitos enxutos com as fases iniciais do modelo de PDP de Rozenfeld, et al. (2006), através de um estudo da filosofia e dos conceitos enxutos sob a ótica do desenvolvimento de produtos.

O estudo da filosofia e dos conceitos enxutos sob a ótica do desenvolvimento de produtos buscou identificar as melhorias que os conceitos enxutos proporcionam ao PDP. A essência dos conceitos enxutos é a busca contínua pelas oportunidades de simplificação, ordenação e organização dos processos, sempre orientado pelos valores dos clientes.

O compromisso com o aprendizado e com a melhoria contínua também faz com que cada projeto de desenvolvimento de produto se torne uma oportunidade de identificar e divulgar os erros e acertos para adotá-los nos próximos desenvolvimentos. Esta prática possibilita que o conhecimento não se restrinja a um só engenheiro ou uma equipe de desenvolvimento, trazendo ganhos para a empresa e para o PDP.

O objetivo principal de simplificar e organizar as primeiras fases do processo de projeto de produtos utilizando os conceitos, práticas e ferramentas enxutas foi cumprido, visto que a organização realizada através da associação com o modelo de PDP de Rozenfeld, et al. (2006) proporcionou uma nova abordagem ao desenvolvimento enxuto, com uma estruturação para a definição de fases guiada pelos princípios enxutos e uma lógica cronológica na utilização de ferramentas enxutas.

Esta organização foi realizada a partir do estudo e da compreensão da filosofia enxuta e dos conceitos enxutos que derivam desta filosofia, onde se demonstrou a necessidade da organização do desenvolvimento enxuto, dada a falta às propostas até então

disponibilizadas de devida associação com um modelo de PDP para gerar o pleno benefício destes conceitos no desenvolvimento de produtos.

A associação foi realizada com base no modelo de PDP de Rozenfeld, et al. (2006) que apresenta a abrangência de todo o ciclo de vida do produto, desde as concepções iniciais até a descontinuidade do produto, possibilitando a consideração do fluxo de valor para o desenvolvimento de produto, focado no que é valor para o cliente e livre de desperdícios.

Desta forma, ocorreu também uma proposta de melhoria no PDP de uma empresa, onde se verificou uma série de melhorias decorrentes da aplicação, apesar das dificuldades enfrentadas devido a mudanças de paradigmas no processo da empresa.

Uma destas mudanças foi a inclusão da equipe de desenvolvimento de produtos na busca pela compreensão do valor para o cliente. Tradicionalmente a empresa entendia que apenas as áreas em contato diário com os clientes externos poderiam contribuir com a determinação de valor para os clientes.

O resultado desta mudança foi a redução do desperdício de espera na análise destas definições, com um ganho de até cinco dias em relação aos trabalhos desenvolvidos nos projetos anteriores.

Outra melhoria foi a organização na documentação do projeto. Esta organização possibilitou a eliminação de documentos duplicados entre os departamentos e a co-existência de versões diferentes de um mesmo desenho ao longo do processo. Estes problemas ocorriam ao menos em um documento de cada projeto.

A busca por um documento também melhorou, pois a partir do momento que todos os documentos estavam numa pasta única da rede, disponível para todos os participantes do PDP, o desperdício de caça de informação deixou de existir.

Conforme exemplificado no capítulo anterior, os projetos passaram a serem desenvolvidos sob intensa análise e discussão para se garantir que todos os possíveis problemas fossem resolvidos sem a necessidade de retrabalhos.

A participação do CE e da sua equipe também garantiu que estas análises mantivessem o foco no valor para o cliente, resultando em soluções que aumentaram o valor para o cliente.

O desenvolvimento desta dissertação confirmou que a filosofia enxuta aplicada a um modelo de PDP gera benefícios advindos da simplificação de processos, determinação de valor para o cliente, eliminação de desperdícios, antecipação de necessidades, adiamento de decisões para concepções de produtos através da utilização da SBCE e aprendizado com a prática.

A contribuição deste trabalho com o desenvolvimento enxuto foi a associação deste com um modelo de PDP, para melhor organização da sistemática de desenvolvimento. As propostas até então se concentravam na descrição deste sistema de desenvolvimento da Toyota ou nas ferramentas enxutas. Porém, além das ferramentas, o desenvolvimento enxuto necessita da compreensão da filosofia enxuta e dos conceitos enxutos para se alcançar o que é valor para o cliente.

A estruturação deste trabalho procurou propiciar uma leitura que conduza à compreensão gradual do desenvolvimento enxuto, a partir da simplicidade da filosofia enxuta, evoluindo para o desenvolvimento enxuto guiado pelos princípios enxutos e a definição de desperdícios no PDP para só então associar os conceitos enxutos com o modelo de PDP de Rozenfeld, et al. (2006).

A associação dos conceitos enxutos, conforme proposto, é válida para que o PDP seja guiado pelos valores dos clientes e evolua de um processo de desenvolvimento a outro, produzindo resultados com menos desperdício, aumento de qualidade e maior satisfação do cliente conforme os indicadores apresentados nas conclusões do capítulo 5.

Desta forma, a melhoria contínua suportada pelo MFV guia a melhoria do processo em cada projeto, ao eliminar desperdícios para se atingir o mapa de estado futuro, que acaba por resultar em um processo com tempo de espera ou de processamento menores, livres de desperdícios ou interrupções.

Ainda que os conceitos enxutos sejam oriundos de uma cultura muito diferente, e tenham ocorrido certas dificuldades de se disseminá-los durante o estudo de caso devido às resistências às mudanças, verificou-se na prática que a partir do momento que houve o comprometimento dos líderes o processo se estabeleceu mais suavemente.

Recomendações futuras

Como sugestão para trabalhos futuros, fica a possibilidade de adaptação da proposta para os projetos de produção sob encomenda

("Engineering to order" - ETO) para que se possa padronizar e simplificar as tarefas destes processos de desenvolvimento.

Os processos de produção sob encomenda utilizam o apoio da gestão de projetos, de modo que o papel do CE pode ser adaptado às atribuições do gerente de projetos para que o valor para o cliente seja incorporado aos pilares da gestão de projetos que são o tempo, os custos e o escopo.

Outra sugestão é a aplicação do desenvolvimento enxuto no processo de desenvolvimento de produtos têxteis, pois o ciclo de desenvolvimento destes produtos passou a se reduzir, já que costumava ser de duas coleções por ano e em alguns casos passou a ser de duas coleções por semana.

Além disso, com a adoção das práticas enxutas, os produtos tendem a ser desenvolvidos a partir do que é valor para os clientes, para obterem maiores sucessos nas vendas.

A utilização do desenvolvimento enxuto nos processos de desenvolvimento de produtos alimentícios processados também pode ser explorada como uma sugestão de trabalhos futuros.

As mudanças no estilo de vida da população, nos valores e conceitos sobre a saúde e impactos sócio-ambientais quando levados em consideração nos desenvolvimentos de produtos levam ao lançamento de produtos sintonizados com as novas necessidades dos clientes.

Uma última sugestão para a utilização do desenvolvimento enxuto se dá no campo de desenvolvimento de programas computacionais, visto que a interação entre o usuário e o programa pode sofrer melhorias como aplicações que não exijam a leitura de manuais de utilização complexos ou realização de cursos extensos para a utilização destes programas.

Ao considerar o valor para o cliente, um programa pode ser desenvolvido para atender as reais necessidades do usuário, sem provocar grandes alterações ou impactos na realização das tarefas suportadas pelos programas de computadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLÉ, F. & Ballé, M. **Lean development**. Business Strategy Review - London Business School, 2005.

BATAGLIA, F., Picchi, F. & Ferro, J. R., **Desenvolvimento lean de produtos**, Lean Institute Brasil, 2005.

BAUCH, C. **Lean Product Development: Making waste transparent**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2004.

CROW, K. **Capabilities with lean product development**. DRM Associates, 2007.

FORCELLINI, F. A. **Notas de aula disciplina Práticas Lean no PDP**. Pós Graduação Engenharia de Produção, UFSC, 2009.

FRANCIS, M. **Lean Information and Supply Chain Effectiveness**. Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School, University of Wales College of Cardiff, 2004.

GRAESBSCH, M. **Information and Communication in Lean Product Development**. Technical University of Munich, Munich, 2005.

HAMILTON, A. **Considering value during early project development: a product case study**. International Journal of Project Management, 2002.

KATO, J., **Development of a Process for Continuous Creation of Lean Value in Product Development Organizations**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2005.

LIKER, J. K. & Kamath R.. **A Second Look at Japanese Product Development**. Harvard Business Review, 1994.

LOCHER, D. A. **Value Stream Mapping for Lean Development – A How-To Guide for Streamlining Time to Market**. CRC Press, 2008.

MASCITELLI, R., **The lean design guidebook: *Everything Your Product Development Team Needs to Slash Manufacturing Cost***, 1st Edition, 2004.

MASCITELLI, R., **The lean product development guidebook: everything your design team needs to improve efficiency and slash time-to-market**, 1st Edition, 2007.

MCMANUS, H. **Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual**. Massachusetts Institute of Technology - Lean Aerospace Initiative, Cambridge, 2005.

MILLARD, R. L. **Value Stream Analysis and Mapping for Product Development**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2001.

MONDEN, Y. **The Toyota Production System**. Institute of Industrial Engineers, Atlanta, 1983.

MORGAN, J. M. & Liker J. K. **The Toyota product development system**. New York: Productivity Press, 2006.

MURMAN, E. M. et al. **Lean Enterprise Value: Insights**. New York: Polgrave. Massachusetts Institute of Technology - Lean Aerospace Initiative, Cambridge, 2002.

OHNO, T. **Toyota production system: beyond large-scale production**. New York: Productivity Press, 1988.

POSSAMAI, O. **Notas de aula disciplina Análise de valor**. Pós Graduação Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

ROTHER, M. & Shook, J. **Learning to see**. Editado em FERRO, J. R., *Aprendendo a enxergar* Prefácio da edição em português, Lean Institute Brasil, 2003.

SHOOK, J. & Marchwinsk, C. **Lean Lexicon: a graphical glossary for Lean Thinkers**. LEI – Lean Enterprise Institute, 2003.

SLACK, R. A. **The application of lean principles to the military aerospace Product development process.** Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1998.

SOBECK, D. K., Ward, A. C., Liker, J.K., **Toyota's principles of set-based concurrent engineering,** Sloan Management review, 1999.

ROZENFELD, H., Forcellini, F. A., Amaral, D. C., Toledo, J. C., Silva, S. L., Alliprandini, D. H., & Scalice, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos.** São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

WARD, A. C., Sobek, D. K., II, C., John, J., & Liker, J. K., **Toyota, Concurrent Engineering, and Set-Based Design.** Em Liker, et al., eds. Engineered in Japan Oxford Press, New York, 1995.

WOMACK, J. P., Jones, D. T. & Ross, D. **The Machine that Changed the World.** New York: Rawson Associates, 1990.

WOMACK, J. P. & Jones, D. T. **Lean Thinking.** Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, J. P. & Jones, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas.** São Paulo: Editora Campus, 2004.